



# Numerical and Experimental Study of the Effect of Construction of Amirkabir Highway (55 meters) in Arak City on Air Pollution Reduction

## ARTICLE INFO

### Article Type

Original Research

### Authors

Mostafavi Z.<sup>1</sup> PhD,  
Safikhani H.<sup>1</sup> PhD,  
Karimi A.<sup>1</sup> MSc,  
Salehfar S.<sup>1</sup> MSc

### How to cite this article

Mostafavi Z, Safikhani H, Karimi A, Salehfar S. Numerical and Experimental Study of the Effect of Construction of Amirkabir Highway (55 meters) in Arak City on Air Pollution Reduction. Modares Mechanical Engineering. 2021; 21(3):195-208.

<sup>1</sup> Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Arak University, Arak, Iran

### \*Correspondence

Address: Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Arak University, Arak, Iran  
Phone: -  
Fax: -  
h-safikhani@araku.ac.ir

### Article History

Received: January 09, 2019  
Accepted: November 22, 2020  
ePublished: March 17, 2021

## ABSTRACT

Arak is ranked 71st in the world's most polluted cities. Arak's air is more polluted than the Iranian capital in terms of pollutants. The influx of large amounts of pollution into the city shows that a high percentage of pollution is concentrated in a small town, and this volume of pollution is very dangerous for both humans and the environment. In order to reduce air pollution in the city, the Iranian government in 2007 approved a plan called the comprehensive plan to reduce air pollution in Arak. In this comprehensive plan, the construction of a highway called Amirkabir (55 meters) has been approved, which connects the east and west of Arak. In this article, numerically and experimentally, the effect of constructing this highway on the reduction of air pollution in Arak city has been investigated. In the results section, the details of changes in air pollution in Arak city before and after the construction of this highway have been compared. The results show that a 2.75 percent decrease is observed for Nox pollutants, 4 percent decrease is observed for Co, and a change is obtained for So2. As a result, the implementation of this project at a very high cost will not have a significant impact on improving air pollution in the city of Arak.

**Keywords** Air Pollution, Arak, Amirkabir Highway, Nox, Co, So2

## CITATION LINKS

[1] On the environmental effectiveness analysis of energy policies: A case study of air pollution in the megacity of Tehran. [2] <https://www.who.int/health-topics>. [3] Traffic data in air quality modeling: a review of key variables, improvements in results, open problems and challenges in current research. [4] Landfill reactions to society actions: The case of local and global air pollutants of Cerro Patacón in Panama. [5] Estimating exposure to fine particulate matter emissions from vehicle traffic: Exposure misclassification and daily activity patterns in a large, sprawling region. [6] The traffic flow effect modeling on the air pollution of Shiraz city. [7] Dispersion modeling of air pollutants from the Ilam cement factory stack. [8] Estimation of volatile organic compounds emissions from the fuel storage tanks using TANKS model and its distribution modeling by AERMOD model. [9] Dispersion modeling of CO with AERMOD in South Pars fourth gas refinery. [10] Dispersion modelling of SO2 pollution Emitted from Ramin Ahwaz power plant using AERMOD model. [11] Performance of AERMOD Under Different Building Forms and Dimensions. [12] An intercomparison of the AERMOD, ADMS and ISC dispersion models for regulatory applications. [13] Atmospheric Dispersion Modeling of the Emissions from the Logbaba Thermal Power Plant, Douala-Cameroon. [14] Investigating the Gaussian Model in Air Pollution Distribution Modeling Using Geographic Information System. [15] Fundamentals of direct inverse CFD modeling to detect air pollution sources in urban areas. [16] Impact of nitrogen and climate change interactions on ambient air pollution and human health. [17] Human health effects of air pollution. [18] Health risks of NO2, SPM and SO2 in Delhi (India). [19] Developing an odour emission factor for an oil refinery plant using reverse dispersion modeling. [20] Assessing particle dry deposition in an urban environment by using dispersion models. [21] An intercomparison of the AERMOD, ADMS and ISC dispersion models for regulatory applications: Dispersion over terrain. [22] Modeling urban background air pollution in Quito, Ecuador.

## بررسی عددی و تجربی تأثیر احداث بزرگراه امیرکبیر (۵۵ متری) در شهر اراک بر میزان کاهش آلودگی هوا

سید علیرضا مصطفوی Phd

استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

حامد صفی خانی Phd\*

دانشیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

علی کریمی MSc

کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

سیاوش صالح فرد MSc

کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

### چکیده

اراک در رتبه ۷۱ آلوده‌ترین شهرهای جهان قرار داشته و از نظر داشتن عوامل آلوده‌کننده از پایتخت ایران آلوده‌تر است. به منظور کاهش آلودگی هوای شهر و در طرح جامع کاهش آلودگی هوای اراک، احداث بزرگراهی به نام امیرکبیر (۵۵ متری) تصویب شده است که شرق و غرب اراک را به هم متصل می‌نماید. در این مقاله به صورت عددی، تأثیر احداث این بزرگراه بر میزان کاهش آلاینده‌های هوای شهر اراک بررسی شده است. در قسمت نتایج، جزئیات تغییرات میزان آلودگی هوا در شهر اراک قبل و بعد از احداث این بزرگراه مقایسه شده است. نتایج بیانگر آن است که برای آلاینده ناکس ۲/۷۵ درصد کاهش، برای مونوآکسید کربن ۴ درصد کاهش مشاهده شده است و برای دی اکسید گوگرد بدون تغییر حاصل شده است. در نتیجه اجرای این طرح با هزینه‌های تأسیس بسیار زیاد، تأثیر زیاد و قابل‌ملاحظه‌ای برای بهبود آلاینده‌های هوا در سطح شهر اراک را به همراه نخواهد داشت.

**کلیدواژه‌ها:** آلودگی هوا، اراک، بزرگراه امیرکبیر، خیابان ۵۵ متری اراک، NO<sub>x</sub>، SO<sub>2</sub>، CO<sub>2</sub>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۲

\*نویسنده مسئول: h-safikhani@araku.ac.ir

### ۱- مقدمه

هر آنچه که کیفیت طبیعی هوا را تغییر دهد آلودگی هوا نامیده می‌شود. به عبارتی آلودگی هوا ناشی از عواملی بوده که تأثیر مستقیم بر روی سلامت انسان، گیاه، جانوران و حتی ابنیه می‌گذارد. به عبارتی دیگر در هوایی که ما تنفس می‌کنیم ترکیبات گازی خاصی وجود دارند که تغییر در این ترکیبات باعث آلودگی می‌شود این ترکیبات گازی شامل نیتروژن، اکسیژن، دی اکسید کربن و غیره می‌باشد. منابع آلودکننده هوا: این منابع بسیار متنوع بوده و شامل وسایل نقلیه موتوری و غیر موتوری، کارخانه‌ها و منابع خانگی می‌باشند. هر فرد روزانه ۲۲ هزار بار دم و بازدم انجام می‌دهد که معادل با ۱۶ کیلو هوا استنشاق می‌کند. هوای سالم از

۷۸ درصد گاز نیتروژن ۲۰ درصد گاز اکسیژن و مابقی گاز آرگون، دی اکسید کربن و میزان کمی متان و گازهای بی‌اثر هیدروژن تشکیل شده است. مهم‌ترین آلاینده‌های هوا: شامل مونوآکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای گوگرد، ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون، ازن و هیدروکربن‌های نسوخته می‌باشند که هر یک از این آلاینده‌ها اثرات مختلفی بر روی سلامتی انسان دارند. اثرات آلودگی هوا بصورت بلندمدت و کوتاه مدت بوده و شامل مشکلات ریوی، عصبی، قلبی و عروقی می‌باشد.

امروزه پیامدهای مختلف آلودگی هوا باعث شده است که نظارت و کنترل کیفیت هوا به صورت امری گریزناپذیر در تمام جوامع در رأس مسائل مالی مطرح شود. مطالعه انجام شده توسط تکسیمی و همکاران رویکردهای مختلفی را برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی سناریوهای سیاست‌گذاری انرژی مقایسه کرده است. به عنوان یک مطالعه موردی، کلان‌شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت. یک سیاست اساسی در این شهر مهار غلظت بالای PM<sub>2.5</sub> و کاهش اثرات منفی ناشی از آن است. نتایج نشان داد که در مشاغل معمول، غلظت PM<sub>2.5</sub> اولیه و ثانویه به طور متوسط مکانی در تهران در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۰، ۳۰ درصد افزایش می‌یابد. اتخاذ برخی از سناریوهای سیاست‌گذاری شده برنامه‌ریزی شده و کاهش غلظت آلاینده‌های مربوطه در تهران نشان می‌دهد که کارآمدترین سناریو کاهش می‌تواند میانگین غلظت PM<sub>2.5</sub> را به میزان ۳۵ درصد در سال ۲۰۳۰ و تعداد روزهای آلوده را ۲۰ درصد کاهش دهد[1].

با توجه به افزایش استفاده از انرژی و رشد جمعیت و همچنین توسعه سریع و صنعتی شدن، مشکلات آلودگی هوا در بسیاری از کشورهای جهان امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. هر چند بر اساس گزارش‌های سازمان بهداشت جهانی ۹۱ درصد از جمعیت جهان در مناطقی که کیفیت هوا از حد استاندارد WHO بالاتر است زندگی می‌کنند ولی کیفیت هوای محیطی به حدی رو به وخامت گذاشته است که می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر سلامت و رفاه انسان داشته باشد، به طوری که طبق گزارش‌های سازمان جهانی در سال ۲۰۱۷ سالیانه ۴/۹ میلیون نفر در جهان بر اثر قرار گرفتن در معرض آلودگی هوای در محیط‌های باز جان‌شان را از دست داده‌اند. در ایران این آمار نزدیک به ۱۳ هزار نفر بوده که بیانگر نرخ مرگ میر به ازای ۱۰۰ هزار نفر ۴/۶۲ نفر است[2].

در تحقیق آنتونیو پینتو و همکاران به بررسی تأثیر داده‌های ترافیکی در مدل‌سازی کیفیت هوا پرداخته شد که در این مقاله بیان شده است که میزان آلاینده‌های از وسایل نقلیه جاده‌ای منبع اصلی آلودگی هوا در مناطق شهری است. انتشار منبع متحرک به طور قابل‌توجهی به آلودگی ذرات ریز (PM<sub>2.5</sub>) در محیط‌های جوی شهری کمک کرده است. در یک تحقیق اثرات بهداشتی ناشی از انتشار PM<sub>2.5</sub> از وسایل نقلیه در جاده در طول روزهای آخر هفته در پکن چین بر اساس داده‌های رانندگی به دست آمده از ۲۰۰۰۰

نفتی رها شده در فصل زمستان برای شهرهای اطراف منطقه مورد مطالعه (با توجه به اقلیم و توپوگرافی)، می‌تواند زمینه‌ساز تشکیل مه- دود فتوشیمیایی و خطرآفرین گردد. باز طراحی و بازسازی مخازن ذخیره نفت بر اساس فناوری‌های نوین و بکار گرفتن روش‌هایی که در آن کمترین انتشار آلودگی صورت گیرد، می‌تواند ضمن برگشت سرمایه اولیه توسعه پایدار محیط‌زیست و سلامت را در پی داشته باشد. این مطالعه به مهندسين طراح مخازن ذخیره نفت کمک می‌نماید تا راه‌برد مناسبی برای ذخیره نفت در پیش بگیرند<sup>[8]</sup>. مدل‌سازی نحوه پراکنش آلاینده مونوکسید با استفاده از نرم‌افزار AERMOD در پالایشگاه ۴ گازی پارس جنوبی توسط عتابی و همکاران انجام شده است. در این مقاله با استفاده از نرم‌افزار AREMOD پراکنش آلاینده مونوکسید در محدوده مطالعاتی پالایشگاه چهارم پارس جنوبی مدل شده و پس از صحت‌سنجی مدل به این نتیجه رسیده‌اند که غلظت آلاینده مونوکسید در ایستگاه‌های پایش و پذیرنده‌های شبیه‌سازی بالاتر از حد استاندارد است و در نهایت با توجه به ارزیابی‌های انجام شده عملکرد نرم‌افزار قابل قبول است<sup>[9]</sup>. مدل‌سازی پخش آلاینده گوگرد دی اکسید ناشی از نیروگاه رامین اهواز با استفاده از مدل AERMOD توسط مومنی و همکاران انجام شده است. در این مقاله سعی شده با استفاده از مدل AERMOD از مدل‌های سری گوسین به مدل‌سازی پراکنش دی اکسید گوگرد ناشی از نیروگاه رامین اهواز پرداخته شود و در نهایت نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت دی اکسید گوگرد ناشی از نیروگاه در تمامی موارد کمتر از استاندارد تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست و EPA هست<sup>[10]</sup>. بررسی تأثیر تغییر ابعاد و شکل سازه‌های صنعتی بر خروجی مدل AERMOD توسط عباسی و همکاران انجام شده است. آن‌ها نشان دادند که بیش‌ترین میزان غلظت مربوط به ساختمان‌های مکعبی بوده و نتایج مطالعه مذکور در زمینه شکل ساختمان نشان داد که در نسبت ارتفاع دودکش به ارتفاع ساختمان برابر با یک، نتایج مطالعه، حساسیت چندانی به عرض ساختمان ندارند، اما در نسبت ۱/۵ عرض ساختمان به عنوان عامل مهم بر نتایج اثر می‌گذارد. بالاترین غلظت اندازه‌گیری شده در سطح زمین برای ساختمان‌های بسیار عریض (عرض ساختمان چهار برابر ارتفاع ساختمان) بیش از دو برابر ساختمان‌های مکعبی شکل است. در این مطالعه تأثیر ابعاد و شکل ساختمان‌ها و سازه‌های موجود در سایت صنعتی بر خروجی مدل AERMOD مورد بررسی قرار گرفت. در زمینه بررسی تأثیر ابعاد، نتایج حاصل بیانگر آن است که صرف‌نظر از شکل ساختمان با افزایش ابعاد ساختمان غلظت آلاینده به میزان قابل‌ملاحظه‌ای در پایین‌دست ساختمان افزایش می‌یابد. در زمینه اشکال ساختمانی نیز نتایج نشان می‌دهد که شکل ساختمانی گسترده یا عریض (ساختمان‌هایی که در آن عرض ساختمان دو برابر طول و ارتفاع ساختمان است) تأثیر افزایشی بیشتری بر غلظت آلاینده نسبت به دو شکل

تاکسی مورد بررسی قرار گرفته است. میزان انتشار PM2.5 از وسایل نقلیه موتوری در روزهای معمولی هفته به طور کلی بالاتر از آخر هفته‌ها بوده است. این یافته‌ها، اطلاعاتی را برای کمک به تدوین سیاست‌های بهداشت عمومی معقول برای پرداختن به پیامدهای بهداشتی ناشی از انتشار PM2.5 فراهم می‌کند<sup>[3]</sup>. مطالعات زیادی نیز بر تأثیر آلودگی ناشی از صنایع متعدد در مناطقی از دنیا انجام شده است. در تحقیق انجام شده توسط تورنتو و همکاران به انتشار گازهای دفن زباله و خطرات زیست‌محیطی و بهداشتی مرتبط در شهر پاناما پرداخته و نشان دادند به طور متوسط ۴۷ گرم ضایعات جامد حاصل از ۱/۵ میلیون نفر از ساکنان شهر پاناما، سلامت ۷۳,۶۰۰ ساکنان جوامع اطراف را تحت تأثیر قرار می‌دهد<sup>[4]</sup>. در مطالعه تایرانی و همکاران قرار گرفتن در معرض ریز ذرات ناشی از ترافیک وسایل نقلیه در طول روز در یک منطقه بزرگ در آتلانتا، منطقه شهری جورجیا مورد تحقیق قرار گرفته است و اثبات شده است که جمعیت در معرض خطر قرار گرفته به ۵۱ درصد می‌رسد<sup>[5]</sup>. قنبری فرد و همکاران در مدل‌سازی تأثیرات جریان‌های ترافیکی بر آلودگی هوای شهر شیراز یک مدل شبکه عصبی و یک مدل غیرخطی مبتنی بر فضای حالت بر مبنای ترافیک شهر شیراز طراحی و غلظت آلاینده‌ها را بررسی کرده‌اند و نهایتاً با استفاده از فیلتر کالمن توسعه یافته برای یک دوره ۲۴ ساعته پیش‌بینی شده است. این مدل‌سازی بر مبنای رابطه بین غلظت آلاینده‌ها و ترافیک و آلودگی اولیه و اطلاعات هواشناسی می‌باشد. خطای مربعات دو روش ذکر شده آورده شده و نشان‌دهنده تطبیق نتایج مدل توسعه یافته با نتایج اندازه‌گیری شده است<sup>[6]</sup>.

در تحقیق و مدل‌سازی پراکنش آلاینده‌های هوا خروجی از دودکش کارخانه سیمان ایلام پخش و پراکنش ذرات معلق در منطقه توسط نورپور و همکاران اطراف مدل‌سازی شده است. با توجه به ورود ذرات معلق از غرب کشور به منطقه مورد مطالعه، به منظور تعیین و ارزیابی سهم کارخانه سیمان ایلام از کل گرد و غبار موجود، با استفاده از پمپ SKC میزان غبار محیطی در چهار نقطه اطراف کارخانه اندازه‌گیری شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهند مقدار آلودگی در هوای منطقه ناشی از خروجی‌های دودکش کارخانه بسیار پایین‌تر از حد استاندارد هوای پاک می‌باشد<sup>[7]</sup>. برآورد انتشار ترکیبات آلی فرار از مخازن ذخیره سوخت با استفاده از مدل TANKS و مدل‌سازی پراکنش آن با مدل AERMOD که توسط بهمن رماوندی و همکاران هدف این مطالعه بررسی و مدل‌سازی میزان انتشار ترکیبات آلی فرار از یک انبار نفت در ایران با استفاده از نرم‌افزار TANKs 4.0.9d و نحوه پراکنش این ترکیبات در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل AERMOD است. در نهایت این مطالعه نشان داد که بر اساس پیش‌بینی مدل TANKS سالانه مقادیر فراوانی از ترکیبات نفتی از مخازن مورد مطالعه به اتمسفر رها می‌شود که می‌تواند از دیدگاه بهداشتی- زیست‌محیطی و اقتصادی حائز اهمیت باشد. مدل AERMOD نشان داد که ترکیبات

ساختمانی دیگر دارد و در مجموع به نظر می‌رسد که خروجی مدل نسبت به عرض ساختمان حساسیت بیشتری را نشان می‌دهد<sup>[11]</sup>. حال و همکاران به مقایسه میان سه مدل AERMOD، ISC و ADMS پرداختند. در مطالعه مذکور دو دودکش با ارتفاع ۹۵ متر و ۱۰۵ متر در نظر گرفته شد که در سه حالت شرایط پایدار، خنثی و ناپایدار از لحاظ هواشناسی بررسی گردید. نتایج مطالعه به این صورت بود که ارتباط شکل و ابعاد دو شکل ساختمان مکعبی و ساختمان عریض، عرض ساختمان هفت برابر ارتفاع ساختمان و یک دودکش با ارتفاع ۹۵ متر نشان داده شد. ساختمان مکعبی شکل، در این مطالعه یک بار با ابعاد ۲۰ متر و بار دیگر با ابعاد ۳۰ متر در نظر گرفته شده است. مدل‌سازی با استفاده از این سه مدل در این دو حالت نشان داده شده است. هنگامی که ابعاد ساختمان مکعب شکل از ۲۰ به ۳۰ متر برسد، میزان حداکثر غلظت آلاینده در دو مدل AERMOD و ADMS افزایش می‌یابد، اما در مدل ISC واکنشی نسبت به این تغییر دیده نمی‌شود. در مقایسه میان دو شکل مکعبی و عریض، بررسی میان حداکثر غلظت‌ها در سه مدل نشان می‌دهد که دو مدل AERMOD و ADMS نسبت به این تغییر شکل ساختمان حساسیت نشان می‌دهند ولی مدل ISC حساسیتی نسبت به این تغییر ندارد<sup>[12]</sup>. تحقیقی که توسط ام بایک و همکاران انجام شده است به نتایج مورد اطمینانی رسیده‌اند که در آن با بررسی و اندازه‌گیری در زمان‌های مختلف بهترین فاصله زمانی را برای اندازه‌گیری از بین سالیانه، ماهیانه، ساعتی و روزانه، فاصله زمانی روزانه می‌باشد<sup>[13]</sup>. بررسی مدل گوس در مدل‌سازی پخش آلودگی هوا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی که توسط رحمانیان و همکاران انجام شده است و در نهایت به این نتیجه رسیده‌اند که مدل گوس نقطه‌ای مطرح‌شده در این پروژه برای تخمین روند تغییرات آلودگی هوا با تغییر پارامترهای محیطی می‌تواند نتیجه نسبتاً دقیقی را حاصل نماید. از سیستم اطلاعات GIS هم می‌توان در مدل‌سازی زیست‌محیطی بهره برد و همچنین مدیریت کارآمدتری در رفع بحران و نیز انتقال سریع اطلاعات ایجاد نمود. مدل گوس مقدار حقیقی غلظت آلاینده‌ها را نمی‌تواند مشخص نماید اما روند تغییرات با توجه به پارامترهای مختلف کاملاً قابل استناد می‌باشد<sup>[14]</sup>. در تحقیق محمود بدی در دپارتمان ژاپن- مصر انجام شده است از روش معکوس برای تشخیص منابع آلودگی در محیط‌های شهری استفاده شده است از این روش در سال ۱۹۹۵ در متروی توکیو و در سال ۲۰۰۱ در واشنگتن استفاده شده است روش معکوس از روش CFD استفاده می‌کند<sup>[15]</sup>. بر اساس تحقیق پیل و همکاران قرار گرفتن در معرض آلاینده NO<sub>x</sub> و تنفس آن عوارضی، از جمله: سیستم‌های دفاعی میزبان مختل شده، افزایش التهاب و حساسیت ریه به ویژه در بین بیماران دارای آسم، افزایش سرفه، خس‌خس سینه و عملکرد ریه کاهش یافته است<sup>[16]</sup>. بر اساس تحقیق کارمپا و همکاران مونوکسید کربن به هموگلوبین

متصل می‌شود و ترکیب آن را تغییر می‌دهد و ظرفیت انتقال اکسیژن را کاهش می‌دهد. این کاهش در دسترس بودن اکسیژن می‌تواند بر عملکرد اندام‌های مختلف (و به ویژه اندام‌های نیازمند اکسیژن بالا از جمله مغز و قلب) تأثیر بگذارد و منجر به اختلال در سیستم ریه شود<sup>[17]</sup>. اکسیدهای گوگرد می‌توانند اکسید شوند و اسید سولفوریک تشکیل دهند و از این طریق منجر به آسیب ریه‌ها و اختلالات مختلف ریه مانند خس‌خس و تنگی نفس شود<sup>[18]</sup>. مطالعه با استفاده از فن مدل‌سازی پراکندگی معکوس بو با AERMOD، یک مدل پراکندگی نظارتی ایالات متحده آمریکا، منابع مختلف OEF را برای منابع مختلف یک کارخانه مرجع روغن در کانادا به دست آورد. نتایج نشان داد که منابع اصلی بو در دودکش‌های پالایشگاه با سهم ۹۹٪ از انتشار بوی هستند<sup>[19]</sup>. ذرات ته نشین شده به طور بالقوه می‌توانند باعث افزایش ترکیبات مضر در محیط‌زیست شوند و می‌توانند باعث ایجاد اثرات مزمن برای جامع بشری شوند. نتایج آن‌ها را با یک سال از داده‌های تجربی میدانی به دست آمده در یک منطقه شهری با زمین دارای پستی بلندی مقایسه کرده است. با روش اعتبارسنجی مدل، و با استفاده از پارامترهای پیش‌فرض توصیه‌شده برای هر مدل، AERMOD توافق بهتری با داده‌های مشاهده نسبت به CALPUFF نشان داد<sup>[20]</sup>. حال و همکاران به مقایسه میان سه مدل AERMOD، ISC و ADMS پرداختند. در مطالعه مذکور دو دودکش با ارتفاع ۹۵ متر و ۱۰۵ متر در نظر گرفته شد که در سه حالت شرایط پایدار، خنثی و ناپایدار از لحاظ هواشناسی بررسی گردید، بررسی میان حداکثر غلظت‌ها در سه مدل نشان می‌دهد که دو مدل AERMOD و ADMS نسبت به این تغییر شکل ساختمان حساسیت نشان می‌دهند ولی مدل ISC حساسیتی نسبت به این تغییر ندارد<sup>[21]</sup>. تحقیقی که توسط بایک و همکاران انجام داده شده است نیز به نتایج مورد اطمینانی رسیده‌اند که در آن با بررسی و اندازه‌گیری در زمان‌های مختلف بهترین فاصله زمانی را برای اندازه‌گیری از بین سالیانه، ماهیانه، ساعتی و روزانه، به این نتیجه رسیدند که بهترین زمان را برای مقایسه را روزانه می‌باشد<sup>[13]</sup>. در تحقیق انجام‌شده توسط تورنتو و همکاران به انتشار گازهای دفن زباله و خطرات زیست‌محیطی و بهداشتی مرتبط در شهر پاناما پرداخته می‌شود. از مدل پراکندگی منبع AERMOD برای شبیه‌سازی پراکندگی در جهت خنثی جوی آن‌ها توسط سطوح غلظت در جوامع آسیب‌دیده در مجاورت استفاده شد. نتایج در Google Earth نقشه‌برداری شد. به طور متوسط ۴۷ گرم ضایعات جامد حاصل از ۱/۵ میلیون نفر از ساکنان شهر پاناما از طریق پراکندگی آلاینده‌های جوی خطرناک ناشی از دفن زباله، سلامت ۷۳،۶۰۰ ساکنان جوامع اطراف را تحت تأثیر قرار می‌دهد<sup>[4]</sup>. در مطالعه میزان آلودگی هوا در سطح پس زمینه شهری برای کویتو، اکوادور با استفاده از الگوی پیش‌زمینه شهری (UBM) تهیه‌شده در دانشگاه ارهوس، دانمارک تخمین زده شده است. غلظت ساعتی CO، NO<sub>2</sub>، NO<sub>x</sub>، O<sub>3</sub>، PM<sub>2.5</sub> و SO<sub>2</sub>

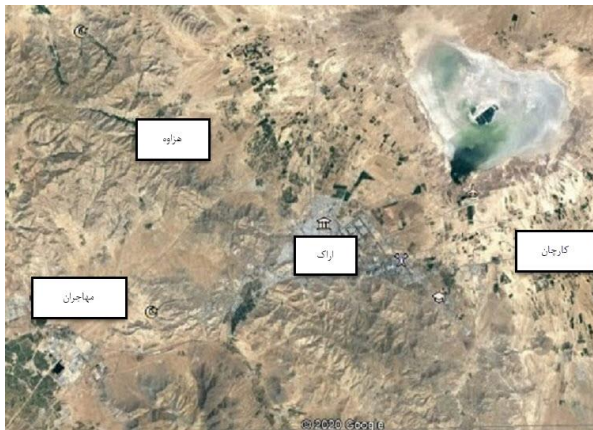
در این مقاله تأثیر احداث خیابان ۵۵ متری بر میزان کاهش آلودگی هوای شهر اراک بررسی شده است. نتایج ناشی از مدل‌سازی برای سه آلاینده  $CO$ ،  $NO_x$  و  $SO_x$  ارائه شده و با داده‌های اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های سنجش مختلف در سطح شهر مورد مقایسه قرار گرفته است.

## ۲- مدل‌سازی

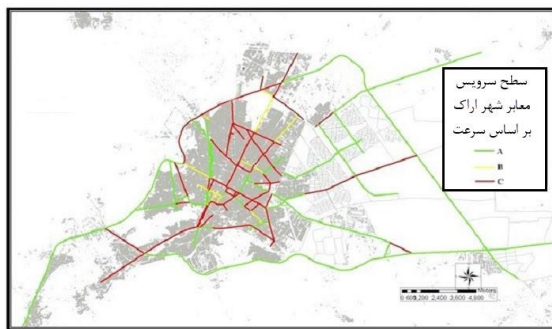
### ۲-۱- جغرافیای بزرگراه امیرکبیر (۵۵ متری)

در شکل ۱ نقشه و محدوده مورد نظر مدل‌سازی در شهر اراک نمایش داده شده است. در شکل ۲ نیز ترافیک تمامی معابر شهر اراک، قبل از اجرای طرح ۵۵ متری نشان داده شده است. همان‌گونه که در این شکل مشخص است، مرکز شهر دارای ترافیک سنگینی است که احداث خیابان ۵۵ متری ممکن است بتواند به کاهش این بار ترافیکی کمک نماید.

در شکل ۲ ترافیک معابر موجود در اطراف این معبر قبل از اجرای طرح ۵۵ آورده شده است. شکل ۳ نمای پیشنهادی بزرگراه امیرکبیر موسوم به ۵۵ متری را نمایش می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است این خیابان شرق و غرب شهر اراک را به هم وصل می‌نماید. این معبر جدید که از قبل میدان ولیعصر آغاز و تا خیابان میرزای شیرازی ادامه پیدا می‌کند از بافت مرکزی شهر اراک عبور کرده و کریدور مهمی را به وجود می‌آورد. عرض کلی این معبر در طرح تفصیلی حدود ۵۵ متر در نظر گرفته شده که شامل ۴ خط بزرگراه در



شکل ۱) نمای محدوده مورد مطالعه



شکل ۲) ترافیک مربوط به هر یک از معابر بدون معبر ۵۵ متری

برای سال ۲۰۰۹ محاسبه شده است. عملکرد UBM در شش ایستگاه ارزیابی شده است. موجودی انتشار آلودگی هوا با استفاده از فاکتورهای کالیبراسیون اندازه‌گیری شد، تا زمانی که غلظت مدل مطابق با مشاهدات باشد. یافته‌ها تأیید کاربرد UBM در پیش‌بینی آلودگی هوا در سطح پس زمینه شهری در کویتو نشان می‌دهد [24]. با توجه به تحقیقات دیگری که توسط افراد مختلف دیگر در زمینه آلودگی هوا انجام شده، بهترین نوع مدل‌سازی با خطای کم برای آلاینده‌های گوناگون با استفاده از داده‌های مختلف توسط نرم‌افزار AERMOD امکان‌پذیر بوده و بهترین زمان مورد بررسی به صورت سالیانه با استفاده از داده‌های ساعت به ساعت است. اراک یکی از کلان‌شهرهای ایران و از بزرگ‌ترین شهرهای مرکز ایران و مرکز استان مرکزی است. اراک از شهرهای صنعتی ایران است که از لحاظ وجود صنایع مادر، دومین و به طور کلی یکی از چهار قطب صنعتی کشور محسوب می‌شود. این شهر به واسطه وجود صنایع مادر، تولید ۸۰٪ تجهیزات انرژی کشور، وجود بزرگ‌ترین کارخانه تولیدکننده آلومینیوم کشور، بزرگ‌ترین ماشین‌سازی کشور، بزرگ‌ترین واگن‌سازی و لوکوموتیو‌سازی خاورمیانه، بزرگ‌ترین کمباین‌سازی خاورمیانه، بزرگ‌ترین تولیدکننده ماشین‌آلات سنگین در خاورمیانه، بزرگ‌ترین تولیدکننده جرثقیل در خاورمیانه، بزرگ‌ترین تولیدکننده بنزین کشور و بزرگ‌ترین صنایع معدنی کشور، به عنوان پایتخت صنعتی ایران شناخته شده است و به همین دلیل یکی از آلوده‌ترین شهرهای ایران است. ترافیک معابر و خیابان‌ها نیز یکی از چالش‌های مهم شهر اراک است. از جمله عوامل به وجود آورنده ترافیک در شهر اراک افزایش روزافزون تعداد خودروها، شرایط نامناسب خیابان‌ها، عدم تعیین تکلیف تملک اراضی و تعریض معابر شهری، ضعف فرهنگ ترافیک، ضعف شبکه ترابری شهری و نبود مدیریت واحد شهری است. تعداد خودروهای موجود در شهر اراک در سال ۲۰۱۴ برابر با ۱۴۸۹۵۰ خودرو بوده است و به ازای هر چهار نفر یک خودرو در شهر وجود دارد. برای ساماندهی به ترافیک، طرح‌های مختلفی پیشنهاد شده است که از جمله آن‌ها طرح جامع ترافیک شهر اراک، احداث بزرگراه درون‌شهری امیرکبیر (طرح ۵۵ متری)، آموزش فرهنگ ترافیک به مردم، سامانه کنترل هوشمند ترافیک اشاره کرد، اما اجرای بسیاری از این طرح‌ها بلا تکلیف مانده است. طبق مطالب ذکر شده با توجه به شرایط شهر اراک از نظر آلودگی هوای آن نیاز به بررسی دقیق دارد تا بتوان با سیاست‌های نتیجه‌گرفته‌شده از مدل‌سازی آلودگی هوای اراک سلامت شهروندان را تامین کرد. از این رو تحقیقی در زمینه کاهش آلاینده در شهر صورت گرفته است. در ابتدا شرایط کنونی شهر همراه با صنایع موجود در اطراف با استفاده از داده‌های ترافیکی کنونی منطقه مورد بررسی قرار گرفته است سپس با تغییر شرایط ترافیکی و معابر و انجام مدل‌سازی جدید، تأثیر احداث معابر جدید با استفاده از پیش‌بینی‌های ترافیکی مورد تأیید شهرداری بیان شده است [24].



از روی اطلاعات هواشناسی پایین جوی به صورت ساعت به ساعت و همچنین اطلاعات بالا جوی که توسط بالنهای هوایی اندازه‌گیری می‌شود و اطلاعات محیط لایه‌های مرزی هوایی (شامل لایه همرفتی اختلاط و لایه زمینی و اینورژن) نتایج حاصل شده و به ورودی مدل تبدیل می‌شود. این مدل حداقل به داده‌های زمانی، ضریب ابرناکی، دما، نسبت رطوبت، فشار، جهت باد و سرعت باد

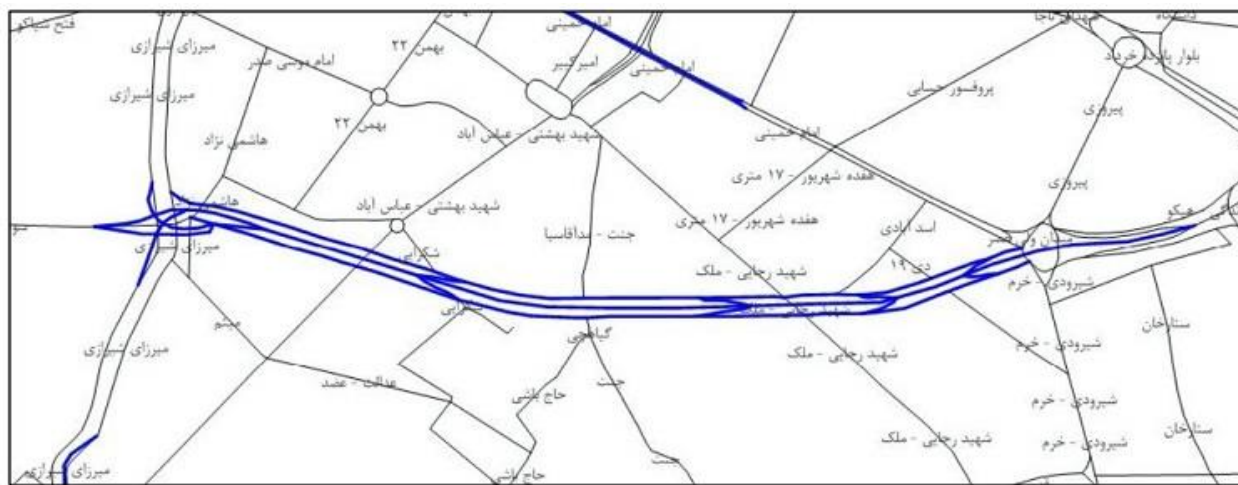
هر جهت و دو کندرو ۳ خطه در هر سمت می‌شود. شکل ۴ نیز میزان ترافیک تخمینی قبل و بعد از احداث خیابان ۵۵ متری را نمایش می‌دهد. همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود این معبر پس از احداث حجم زیادی از معابر اطراف خود را جذب می‌کند که همین میزان سطح سرویس را در معابر اطراف به میزان قابل‌ملاحظه‌ای بهبود می‌بخشد. به عنوان نمونه خیابان شریعتی حد فاصل میدان شریعتی تا میدان فرمانداری در صورت عدم احداث معبر ۵۵ متری در اکثر مواقع در سطح سرویس E یا F را در اوج صبح ۱۴۱۰ طرح خواهد داشت پس از احداث معابر حداقل سال افق سطح سرویس به میزان قابل‌ملاحظه‌ای افزایش پیدا می‌کند و در اکثر مقاطع B یا C خواهد بود. با توجه به نتایج بدست آمده از خروجی‌های نرم‌افزار این معبر در اوج صبح در مجموع دو طرف رفت و برگشت و در مقطع بحرانی حدود ۷۰۰۰ وسیله نقلیه معادل از خود عبور می‌دهد البته علاوه بر این حجم حدود ۳۰۰۰ وسیله نقلیه نیز از مقطع بحرانی کندورها این معبر گذر می‌کند که اکثر آن‌ها به کاربری‌های اطراف مربوط می‌باشد.

**۲-۲- اطلاعات ورودی مدل**

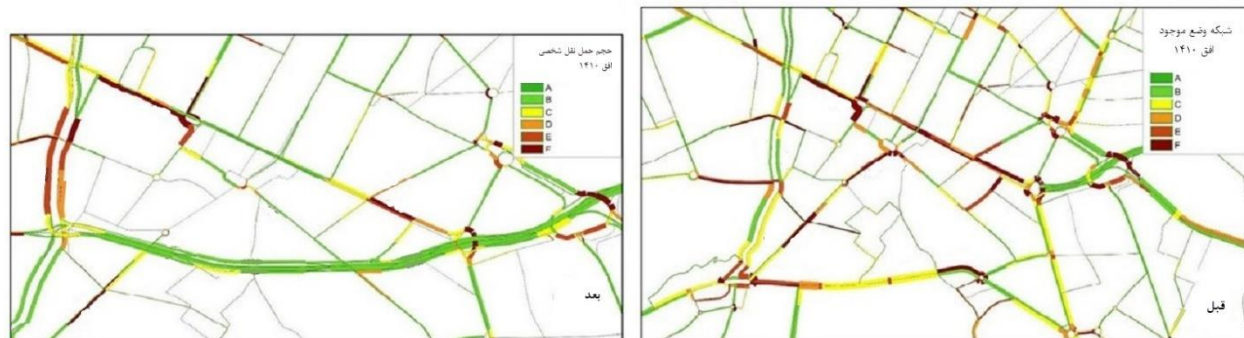
با توجه به تعدد پارامترهای تنظیم‌شده در مدل AERMOD، این پارامترها در جدول ۱ نشان داده شده است.

**جدول ۱) اطلاعات ورودی AERMOD**

اطلاعات هواشناسی	اطلاعات توپوگرافی	اطلاعات منابع آلاینده
زمان داده ثبت شده به صورت یک ساعته، نسبت رطوبت، جهت و سرعت باد، دمای محیط، ابرناکی	داده‌های SRTM1/SRTM3 یا دقت ۹۰ در ۹۰ متر که با استاندارد WGS 84	اطلاعات منابع ثابت شامل دودکش های صنعتی: دما و سرعت گاز خروجی موقعیت مکانی، ارتفاع دودکش
فشار، دما، نسبت اطلاعات رطوبت و سرعت و بالا جوی جهت باد در جوی بالا		اطلاعات منابع متحرک شامل تعداد خودرو، ابعاد خیابان‌ها نوع سوخت مصرفی و نوع خودروهای عبوری اعم از سبک و سنگین، متوسط کارکرد خودروها کیفیت خیابان‌ها



**شکل ۳) جزئیات در نظر گرفته شده برای معبر ۵۵ متری**



**شکل ۴) احجام عبوری و سطح سرویس معابر قبل (بالا) و بعد (پایین) از اجرای بزرگراه امیرکبیر**

### ۲-۳- مدل سازی انتشار

با توجه به مطالعات انجام شده و از آنجا که نوع رانندگی تأثیر زیادی در مدل سازی انتشار دارد در این مقاله از مدل انتشار IVE استفاده شده است. این مدل برای تخمین انتشار بر اساس نرخ انتشار پایه (B) و ضرایب تصحیح (K) عمل می کند. در معادله ۱ نرخ انتشار بدون احتساب نوع فناوری وسیله نقلیه با ضرب نرخ انتشار پایه در ضرایب تصحیح محاسبه می شود:

$$Q_t = B_t \times K(Base)_t \times K(Tmp)_t \times K(Hmd)_t \times K(IM)_t \times K(Fuel)_t \times K(Alt)_t \times K(Entry)_t \quad (1)$$

نرخ انتشار هر یک از وسایل نقلیه از رابطه ۲ محاسبه می شود.

$$Q_{running} = \bar{U}_{FTP} \times \left( \frac{D}{U_c} \right) \times \sum_t [f_t \times Q_t \times \sum_d (f_{dt} \times K_{dt})] \quad (2)$$

تشریح پارامترهای روابط مربوط در جدول ۲ نشان داده شده است.

مهم ترین پارامتر تعیین الگوی رانندگی در این مدل، قدرت مشخصه وسیله نقلیه (VSP) می باشد که از رابطه ۳ بدست می آید.

$$VSP = v[1.1a + 9.81(\text{atan}(\sin(\text{grade}))) + 0.132] + 0.000302v^3 \quad (3)$$

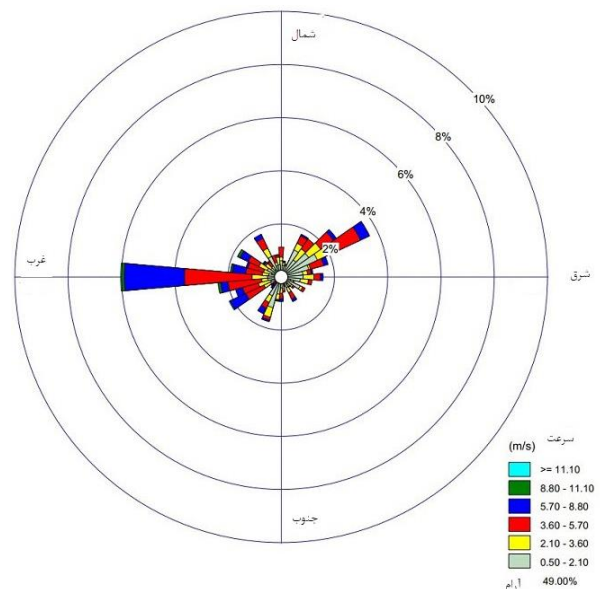
که در این رابطه  $V$  سرعت لحظه ای،  $a$  شتاب لحظه ای و  $\text{grade}$  شیب معبر می باشد. جهت مدل سازی تأثیر وسایل نقلیه بر آلودگی هوا نیاز به شناخت معابر پرتردد اراک و میزان تردد آن ها در ساعات اوج ترافیک می باشد. معیار کیفیت ترافیک از مقایسه سرعت طرح و سرعت شبکه بدست می آید. هر چه سرعت شبکه به سرعت طرح نزدیک تر باشد یعنی خیابان خلوت تر و رفت و آمد بصورت روان انجام می شود. وقتی این نسبت از یک بیشتر است رفت و آمد سریع و راحت است و با حرف A معرفی می شود. وقتی این نسبت بین (۰/۹-۱) است در حال بحرانی شدن و با حرف B نشان داده می شود و وقتی کمتر از (۰/۹) است نامناسب است و با حرف C معرفی می شود. در شکل ۲ در قسمت ۲-۱ کلیه معابر شهری اراک به تفکیک کیفیت تردد نشان داده شده است. برای مدل سازی آلودگی هوای

جدول ۲) تشریح پارامترهای معادلات ۱ و ۲

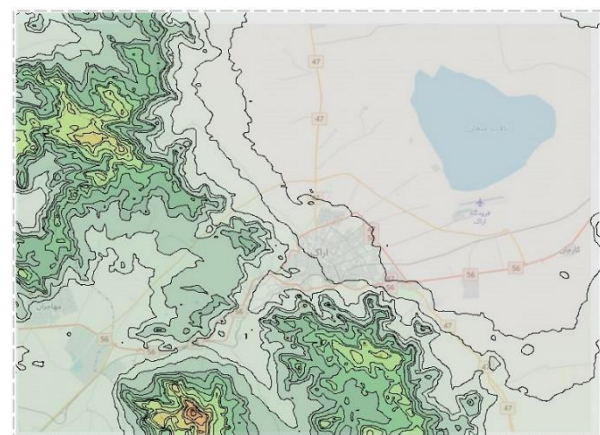
پارامتر	تشریح پارامتر
$B_{[t]}$	نرخ انتشار پایه برحسب g/start در حالت استارت یا g/Km در حالت رانندگی
$Q_{[t]}$	نرخ انتشار تنظیم شده برحسب g/start در حالت استارت یا g/Km در حالت رانندگی برای هر فناوری
Q	متوسط نرخ انتشار
$f_{[t]}$	کسر زمان سفر با یک فناوری خاص
$f_{[dt]}$	کسری از زمان هر نوع رانندگی در یک فناوری خاص
$\bar{U}_{FTP}$	سرعت متوسط چرخه رانندگی LA4 برحسب Km/h
D	مسافت طی شده
$\bar{U}_c$	سرعت رانندگی در چرخه رانندگی خاص برحسب Km/h
$K_{(Base)[t]}$	ضریب تصحیح تنظیم نرخ انتشار پایه
$K_{(Tmp)[t]}$	ضریب تصحیح دما
$K_{(Hmd)[t]}$	ضریب تصحیح رطوبت
$K_{(IM)[t]}$	ضریب تصحیح تعمیر و نگهداری
$K_{(Fuel)[t]}$	ضریب تصحیح کیفیت سوخت
$K_{(Alt)[t]}$	ضریب تصحیح ارتفاع
$K_{(Entry)[t]}$	ضریب تصحیح انتشارات پایه
$K_{[dt]}$	ضریب تصحیح توان و رانندگی

نیازمند است. همچنین داده های بالاجوی اطلاعاتی شامل فشار دما رطوبت و باد در جو بالا توسط بالن های مخصوص اندازه گیری می شود که در مدل لحاظ شده اند. این اطلاعات توسط مرکز هواشناسی استان اندازه گیری شده و در این تحقیق استفاده شده است. اطلاعات مربوط به سال ۲۰۱۷ است. با توجه به گلباد شهر اراک که در شکل ۵ نشان داده شده است، برای سال ۲۰۱۷ در ۴۹ درصد روزهای سال شرایط آرام داشته و در این روزها مدل بهترین نتیجه را در بر دارد.

در این تحقیق از داده های SRTM1/SRTM3 با دقت ۹۰ در ۹۰ متر که با استاندارد WGS 84 استفاده شده است نقطه مرجع با مشخصات ۳۵۰۰۷/۸۱ متر و ۳۷۵۵۸۳۴/۳ متر در زون ۳۹ انتخاب شده است که در نهایت ابعادی در اندازه ۵۰ در ۳۰ کیلومتر را شامل می شود. شبکه گیرنده ها نیز در ارتفاع ۵ متری از سطح زمین انتخاب شده است. شکل ۶ پستی و بلندی های شهر اراک را که در نرم افزار مدل شده است را نمایش می دهد.



شکل ۵) گلباد شهر اراک در سال ۹۷



شکل ۶) پستی و بلندی سطح زمین

### ۳- نتایج

با توجه به استاندارد کیفیت هوای آزاد سازمان محیط زیست مدل سازی نحوه پراکنش آلاینده NO<sub>x</sub> برای متوسط زمانی ۱ ساعته (استاندارد ۲۰۰ میکروگرم بر متر مکعب)، آلاینده SO<sub>2</sub> برای متوسط زمانی ۱ ساعته (استاندارد ۱۹۶ میکروگرم بر متر مکعب)، CO برای متوسط زمانی ۸ ساعته (استاندارد ۱۰۰۰۰ میکروگرم بر متر مکعب)، در ۳۶۵ روز سال ۹۶ شمسی بررسی شده است.

#### ۳-۱- استقلال حل از شبکه

برای استقلال حل از شبکه و به منظور به دست آوردن بهترین شبکه حل، ابتدا شبکه‌ای با ابعاد ۵۰ کیلومتر در ۳۰ کیلومتر مورد بررسی در حالت بدون طرح ۵۵ متری ایجاد کرده و تعداد این گره‌های شبکه ۱۰۰۰۰ بوده و نتایج خوانده شده است. در مرحله بعد تعداد گره‌های شبکه ایجاد شده بیشتر و ابعاد حجم کنترل به منظور دقیق‌تر شدن جواب به ۹۰۰۰۰ می‌رسد و نتایج خوانده می‌شود. در مرحله بعد، تعداد گره‌ها به مقدار ۲۵۰۰۰۰ رسانده و میزان غلظت در این حالت نیز به دست آمده است که تغییرات ناچیز مشاهده و این نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است.

#### ۳-۲- صحت‌سنجی مدل‌سازی

برای صحت‌سنجی مدل‌سازی مقادیر به دست آمده در روزهای مختلف سال به دست آمده و در همان روز مقادیر از روی داده‌ها گرفته شده از محیط‌زیست که شامل پایش ساعت به ساعت در ایستگاه‌های مختلف می‌باشد، خوانده شده و با نتایج حاصل از مدل‌سازی مقایسه شده است در جدول ۴ غلظت‌ها آورده شده است.

ناشی از وسایل نقلیه در اراک معابر با کیفیت B و C انتخاب شدند. تعداد خیابان‌های C، ۱۱ عدد و تعداد خیابان B، ۱۳ عدد است که در مجموع ۲۴ خیابان مدل‌سازی شده است. پس از مشخص شدن معابر جهت مدل‌سازی انتشار آلاینده‌ها از وسایل نقلیه اطلاعاتی شامل تعداد تردد، مدل و فناوری (اترکتور و کاربراتور) و وسایل نقلیه عبوری، نرخ انتشار پایه و وسایل نقلیه عبوری، طول معبر مورد نظر، سرعت متوسط تردد در معبر، مشخصات سوخت رایج شهری اعم از خودروهای بنزینی یا دیزلی و مشخصات محیطی شروع به مدل‌سازی می‌کنیم. در مدل‌سازی انتشار آلاینده‌ها اطلاعات مهم- تر و تأثیرگذارتری وجود دارند که بیش‌ترین تأثیر را در مقدار آلودگی تولیدی دارند. این داده‌ها شامل اطلاعات نحوه رانندگی در یک خیابان خاص می‌باشد. این اطلاعات بیانگر میزان ترافیک، توقف- ها مانند چراغ قرمزها و کاهش سرعت مانند سرعت‌گیرها می‌باشد. برای این منظور توسط دستگاه GPS و با استفاده از سرعت لحظه- ای، شتاب لحظه‌ای و شیب معبر قدرت مشخصه خودرو را بدست آورده و به کمک تنش موتور الگوی رانندگی در آن معبر مشخص می‌شود و در پایان نرخ انتشار هر معبر بر حسب g/s بدست می‌آید. تا اینجای کار بر اساس شرایط موجود بر شهر اراک مدل‌سازی انجام شده است. از این پس طرح ۵۵ متری را بررسی کرده و تمامی پارامترهای پیش‌بینی شده برای این طرح را با استفاده داده‌های بروز شده انجام داده و در ادامه مقایسه‌ای بین نتایج در حالت کنونی و شهر با وجود طرح ۵۵ متری انجام می‌شود.

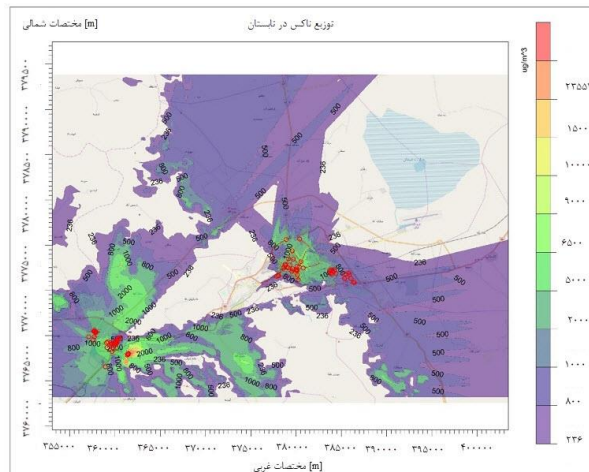
جدول ۳) استقلال حل از شبکه

ردیف	مکان غلظت اندازه‌گیری شده برای آلاینده NO <sub>x</sub>	x	y	غلظت در مش ترکیبی μg/m <sup>3</sup>	غلظت در مش ۱۰ هزار μg/m <sup>3</sup>	غلظت در مش ۹۰ هزار μg/m <sup>3</sup>	غلظت در مش ۲۵۰ هزار μg/m <sup>3</sup>	اختلاف مش ۲۵۰ و ترکیبی	اختلاف مش ۹۰ و ۱۰	اختلاف مش ۲۵۰ و ۹۰
۱	استاندارد	۳۸۲۷۲۶/۲	۳۷۷۴۲۳۹/۴	۹۸۵	۹۶۰	۹۹۵	۹۷۰	%۲	%۴	%۳
۲	محیط زیست	۳۸۴۹۷۱/۴	۳۷۰۴۷۲/۲	۷۱۹	۷۰۸	۷۱۰	۷۱۶	%۰	%۰	%۱
۳	میدان شریعتی	۳۷۷۸۷۶/۷	۳۷۷۱۵۳۸/۳	۱۵۵۰	۱۲۱۳	۱۳۶۰	۱۵۵۳	%۲	%۲۲	%۲
۴	پارک امیر کبیر	۳۷۸۰۲۹/۰۷	۳۷۷۱۹۱۴/۳۳	۱۵۳۰	۱۳۰۲	۱۳۶۰	۱۴۲۲	%۷	%۴	%۴
۵	میدان امام	۳۸۷۱۴۰/۸	۳۷۷۰۸۰۳/۴	۶۳۷	۶۴۴	۶۶۵	۶۴۵	%۱	%۳	%۳
۶	دانشگاه اراک	۳۷۳۹۵۷/۶	۳۷۷۱۵۴۹	۹۳۵	۱۱۵۰	۹۰۰	۹۶۳	%۳	%۲۲	%۷
۷	میدان ولی عصر	۳۸۰۰۳۹/۶	۳۷۷۲۱۷۸/۶	۵۱۰۰	۲۲۵۰	۴۱۲۰	۵۲۳۰	%۲	%۴۵	%۲۱
۸	ایستگاه هوربیا	۳۷۷۱۰۸/۹	۳۷۷۳۳۹۷/۷	۸۸۶	۸۶۹	۸۴۷	۸۸۱	%۱	%۳	%۴

جدول ۴) مقایسه غلظت اندازه‌گیری شده توسط ایستگاه و مدل‌سازی شده

ردیف	موقعیت	X	y	غلظت ماکزیمم مدل‌سازی شده μg/m <sup>3</sup>	غلظت ماکزیمم اندازه‌گیری شده μg/m <sup>3</sup>	تاریخ
ناکس	ایستگاه ۱	۳۸۲۷۲۶/۲	۳۷۷۴۲۳۹/۴	۴۰۷	۴۱۹/۵۵	۳۰ آذر
	ایستگاه ۲	۳۷۷۹۲۸/۴	۳۷۷۱۵۷۳/۸	۲۲/۷	۲۹/۶۹	۱۹ بهمن
	ایستگاه ۳	۳۷۹۸۱۴/۹	۳۷۷۴۷۴۶/۴	۱۸۴۰	۱۸۴۰/۹۶	۲ آبان
مونوکسید کربن	ایستگاه ۱	۳۸۲۷۲۶/۲	۳۷۷۴۲۳۹/۴	۲۱۴۰۰	-	۱۸ شهریور
	ایستگاه ۲	۳۷۷۹۲۸/۴	۳۷۷۱۵۷۳/۸	۶۴۴۸/۷۹	۶۴۵۸/۹	۲ بهمن
	ایستگاه ۳	۳۷۹۸۱۴/۹	۳۷۷۴۷۴۶/۴	۵۳۸۶/۸۶	۶۷۲۲/۲۹	۳ بهمن
دی اکسید گوگرد	ایستگاه ۱	۳۸۲۷۲۶/۲	۳۷۷۴۲۳۹/۴	۱۲۵/۶۹	-	۲۰ اردیبهشت
	ایستگاه ۲	۳۷۷۹۲۸/۴	۳۷۷۱۵۷۳/۸	۵۶/۴۶	۶۴/۹۷	۲۰ اردیبهشت
	ایستگاه ۳	۳۷۹۸۱۴/۹	۳۷۷۴۷۴۶/۴	۱۲۱/۳۶	-	۲۰ اردیبهشت





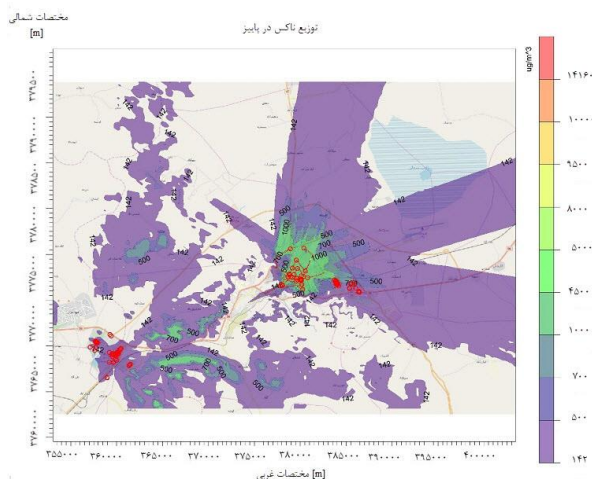
شکل ۸) توزیع NOx در فصل تابستان

### ۳-۳-۳- غلظت پیشینه NOx در فصل پاییز

با توجه به شکل ۹ در شهر اراک در فصل پاییز تغییرات بیشتری در نقاط بررسی شده را شاهد بوده به طوری که تنها ۲ نقطه بدون تغییر باقی مانده اند و باقی نقاط دستخوش تغییراتی شده اند. ۵ نقطه افزایش غلظت و ۳ نقطه کاهش را تجربه کرده اند. به صورت کلی میزان غلظت میانگین افزایش ۳ درصدی را در صورت انجام طرح ساخت معابر جدید در فصل پاییز تجربه می کند. غلظت پیشینه در شرایط کنونی و طرح ساخت معابر جدید در هر دو حالت مربوط به میدان ولی عصر بوده گرچه این میزان ۲۳ درصد کاهش پیدا می کند ولی این میزان ۱۳ برابر حالت استاندارد است.

### ۳-۳-۴- غلظت پیشینه NOx در فصل زمستان

با توجه به شکل ۱۰ در شهر اراک در فصل زمستان ۶ نقطه کماکان بدون تغییر در صورت انجام طرح ساخت معابر جدید باقی می ماند و فقط ۲ نقطه کاهش داشته اند و باقی موارد افزایش داشته اند. به طور کلی در ۱۲ نقطه مورد بررسی در حالت میانگین گیری تنها ۱ درصد کاهش آلودگی هوا داشته است. در صورت میانگین گیری تمامی نقاط به عدد ۱۰۰۸.۷۲ میکروگرم بر مترمکعب رسیده که این



شکل ۹) توزیع NOx در فصل پاییز

### ۳-۳-۳- توزیع آلاینده ها در کلان شهر اراک قبل و بعد از اجرای طرح ۵۵ متری

متری

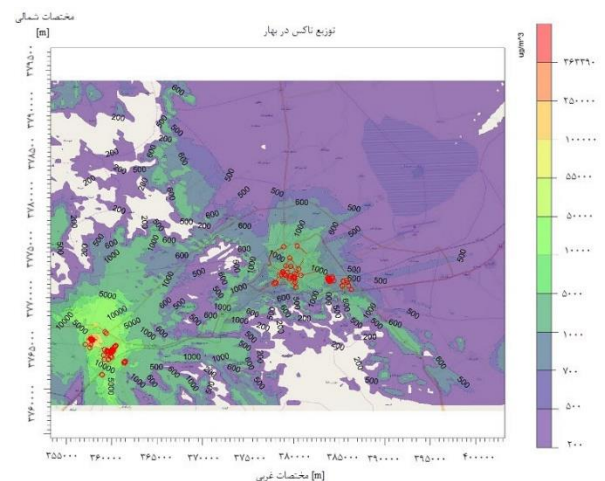
#### ۳-۳-۱- غلظت پیشینه NOx در فصل بهار

حال در ادامه کانتورهای مدل سازی آورده شده است که برای هر فصل به طور مجزا محاسبه شده است.

با توجه به شکل ۷ در شهر اراک در ۶ نقطه از ۱۲ نقطه بررسی شده هیچ تفاوتی ایجاد نشده و بدون تغییر باقی مانده اند. این طرح ساخت معابر جدید برای شهر اراک در این فصل باعث کاهش ۴۵ درصدی نقطه پیشینه در شرایط حاضر را در بر دارد و مقدار غلظت ۵۱۰۰ میکروگرم بر مترمکعب به مقدار ۲۸۱۴ میکروگرم بر مترمکعب می رسد و این یعنی در صورت انجام این طرح تأثیر قابل توجهی بر این نقطه که یکی از شریان های اصلی شهر است می گذارد ولی اگر به طور کلی برای ۱۲ نقطه بررسی شده میانگین گیری کرده به عددی همچون ۳ درصد کاهش رسیده و تأثیر کلی این طرح برای کاهش آلودگی هوا تنها ۳ درصد می باشد. نقطه ضعف این طرح در اینجا مشخص می شود که در صورت انجام این طرح، هیچ نقطه ای از شهر به حد استاندارد نرسیده و به طور کلی ۸.۴ برابر حد استاندارد بوده است و تفاوتی برای سلامت شهروندان ایجاد نمی کند.

#### ۳-۳-۲- غلظت پیشینه NOx در فصل تابستان

با توجه به شکل ۸ در شهر اراک کماکان نقاطی بدون تغییر داشته این تعداد به ۷ عدد رسیده است. نکته قابل توجه در جدول افزایش ۱۰۱ درصد در نقطه شریعتی است. این افزایش شدید در نتیجه ترافیک معابر جدید بر این نقطه است و این بزرگراه از این نقطه گذر می کند. البته در نقطه میدان ولی عصر این شرایط متفاوت بوده و کاهش ۴۸ درصدی را شاهد بوده و تبدیل غلظت ۵۰۲۰ میکروگرم بر مترمکعب به ۲۵۹۱ نتیجه این طرح بوده است. البته کماکان به صورت میانگین ۵.۶ برابر حالت مجاز در صورت انجام طرح بر شهر اراک آلاینده وجود دارد. نقطه پیشینه مربوط به میدان شورا با غلظت ۲۹۲۳ میکروگرم بر مترمکعب است.



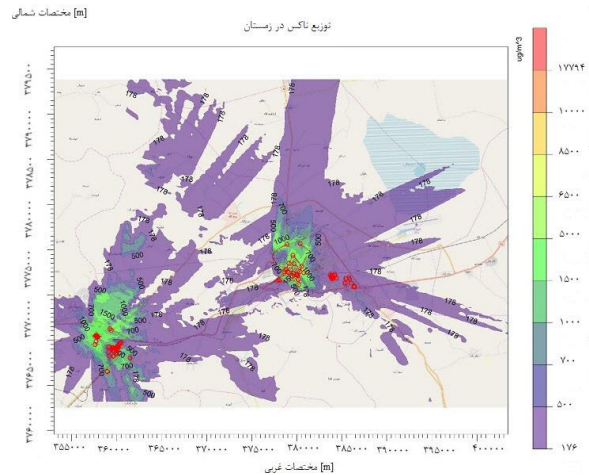
شکل ۷) توزیع NOx در فصل بهار

۳-۳-۶- غلظت بیشینه دی اکسید گوگرد در فصل تابستان

با مشاهده کانتور شکل ۱۲ و میزان غلظت آلاینده SO<sub>2</sub> در فصل تابستان می توان استنتاج کرد تمامی نقاط بررسی شده در وضعیت بحرانی قرارگرفته اند و تغییری در اعداد در مقایسه شهر با طرح ۵۵ متری و بدون آن مشاهده نمی شود به طور میانگین مقداری برابر ۲۶۵۶ میکروگرم بر مترمکعب را داراست که ۱۳ برابر حالت مجاز است در بدترین شرایط تا ۲۶ برابر در نقطه میدان شهدا (A2) می باشد با مقایسه میزان غلظت این آلاینده در صورتی که فقط منابع متحرک مدل شده باشد با حالت کلی، می توان گفت که خودرو در میزان غلظت تأثیری ناچیز دارد و تمامی آن مربوط به صنایع می باشد.

۳-۳-۷- غلظت بیشینه دی اکسید گوگرد در فصل پاییز

با بررسی کانتور شکل ۱۳ و میزان غلظت آلاینده SO<sub>2</sub> در فصل پاییز می توان گفت که استنتاج کرد تمامی نقاط بررسی شده در وضعیت بحرانی قرارگرفته اند و تفاوتی با شرایط قبل از احداث معابر جدید وجود ندارد. در برخی از نقاط در این فصل بهبود و سایر موارد اوضاع وخیم تر شده است. به طور میانگین ۸ درصد بهبود در تمامی نقاط می توان مشاهده نمود. با مقایسه میزان غلظت این فصل با فصول

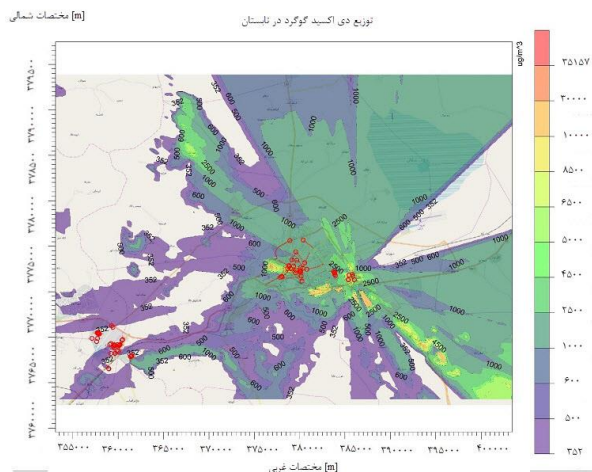


شکل ۱۰) توزیع NO<sub>x</sub> در فصل زمستان

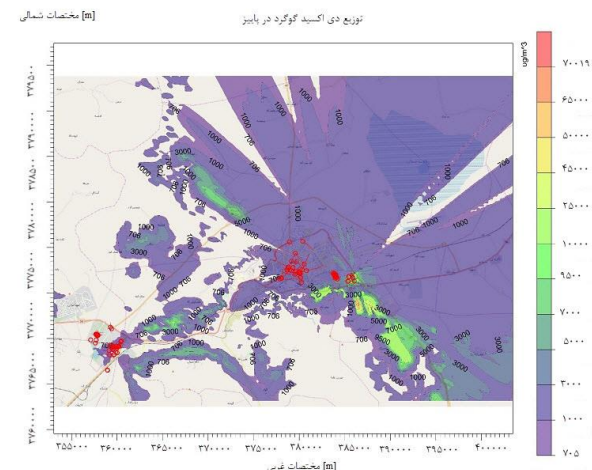
میزان ۵ برابر حالت استاندارد است و کماکان ضعف این طرح را نشان می دهد در فصل زمستان یک نقطه کمتر از میزان استاندارد موجود می باشد و باقی موارد بالای حد استاندارد است. نقطه بیشینه در شرایط کنونی مربوط به میدان ولیعصر بوده که در صورت انجام طرح با در نظر گرفتن کاهش ۲۷ درصدی کماکان نقطه بیشینه در فصل زمستان است.

۳-۳-۵- غلظت بیشینه دی اکسید گوگرد در فصل بهار

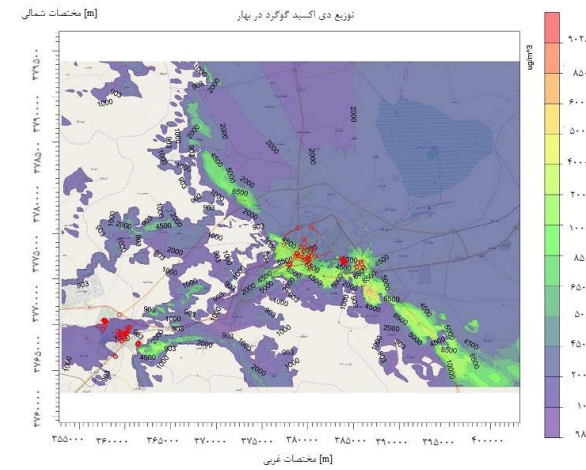
با توجه به شکل ۱۱ در شهر اراک SO<sub>2</sub> در فصل بهار تغییر خاصی صورت نگرفته است و تنها یک نقطه افزایش ۶ درصدی را داشته است. میانگین کلی غلظت ۱۱ نقطه ۷۶۸۰۳۶ میکروگرم بر مترمکعب بوده که این میزان بالاتر از حد استاندارد و ۳۹ برابر است. نقطه بیشینه مربوط به شریعتی بوده و میزان غلظت آن ۱۳۷۲۲ میکروگرم بر مترمکعب است که ۷۰ برابر حالت استاندارد است. با توجه به کانتور و جدول میزان آلاینده SO<sub>2</sub> در فصل بهتر می توان مشاهده نمود که تمامی نقاط در وضعیت خطرناک قرار دارند و این اعداد بالاترین حد آلودگی را در میان آلاینده های مورد بررسی شامل می شود و این فاجعه ایی برای سلامت شهروندان می باشد.



شکل ۱۲) توزیع دی اکسید گوگرد در فصل تابستان



شکل ۱۳) توزیع دی اکسید گوگرد در فصل پاییز



شکل ۱۱) توزیع دی اکسید گوگرد در فصل بهار



میانگین درصد کاهش غلظت بر اثر ساخت معابر جدید در نقاط بررسی شده ۳ درصد بوده است ولی بیشترین کاهش از غلظت ۷۸۰۲۷ میکروگرم بر مترمکعب به ۵۱۰۱۶ میکروگرم بر مترمکعب است که ۳۵ درصد در نقطه میدان ولیعصر است. به طور کلی میانگین غلظت نقاط بررسی شده ۳/۲ برابر حالت استاندارد است.

### ۳-۳-۱۰- غلظت پیشینه مونواکسید کربن در فصل تابستان

با مشاهده کانتور شکل ۱۶ و میزان غلظت آلاینده CO در فصل تابستان و مقایسه آن با شرایط بعد از احداث خیابان ۵۵ متری می‌توان نتیجه گرفت که میزان غلظت‌ها در ۸ نقطه بررسی شده در محدوده غیرمجاز قرار گرفته‌اند. و در ۷ نقطه مورد بررسی تغییر غلظت وجود نداشته است. در فصل تابستان نسبت به فصل بهار در نقاط بررسی شده کاهش آلودگی ۴۳ درصدی را شاهد هستیم که مربوط به تغییر الگوی آب‌وهوا و تغییرات در صنایع است. همچنان سهم خودرو تأثیری فزاینده می‌گذارد طبق کانتور این فصل در حومه کارخانه آلومینیوم‌سازی اوضاع وخیم‌تر بوده و این شرایط در فصل قبل هم دیده شده است. در میان نقاط بررسی شده بیشترین مقدار ۳۱۳۰۰ میکروگرم بر مترمکعب بوده که ۳/۱ برابر حالت استاندارد است. بیشترین کاهش از مقدار ۴۹۸۰۰ به ۲۶۰۱۳ میکروگرم بر مترمکعب رسیده که کاهش ۴۸ درصدی را دارد. این کاهش در اثر ایجاد معابر جدید است. ولی کماکان این میزان ۲/۶ برابر حالت استاندارد است. به طور میانگین کاهش ۹ درصدی در اثر ایجاد خیابان ۵۵ متری قابل دست یافتن است.

### ۳-۳-۱۱- غلظت پیشینه مونواکسید کربن در فصل پاییز

با بررسی کانتور شکل ۱۷ و میزان غلظت آلاینده CO در فصل پاییز و مقایسه آن با شرایط بعد از احداث خیابان ۵۵ متری می‌توان نتیجه گرفت که میزان غلظت‌ها در ۸ نقطه بررسی شده در محدوده غیرمجاز قرار گرفته‌اند. متوسط میزان غلظت در فصل پاییز نسبت به فصل بهار در نقاط بررسی شده کاهش آلودگی ۵۱ درصد را می‌توان مشاهده نمود. همچنین پیشینه میزان غلظت آلاینده CO در نقاط بررسی شده نیز به مقدار ۲۶۷۰۰ میکروگرم بر مترمکعب رسیده است. بیشترین کاهش در صورت انجام طرح ساخت معابر جدید

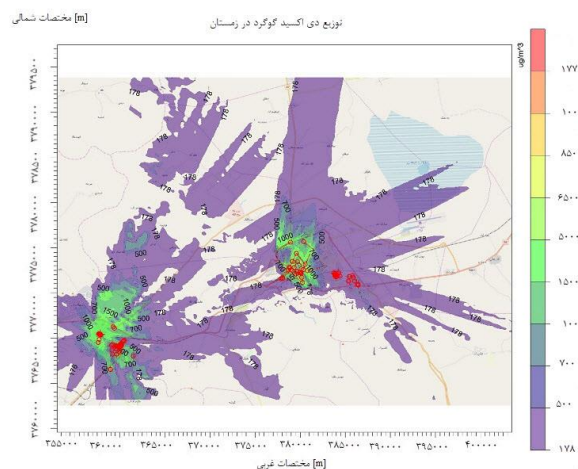
قبلی استنتاج می‌شود که میزان غلظت آلاینده کم‌تر از فصل تابستان است که گویای تأثیر الگوی آب‌وهوای منطقه بر پخش آلودگی است، مانند فصول قبلی تأثیر خودرو ناچیز بوده است.

### ۳-۳-۸- غلظت پیشینه دی‌اکسید گوگرد در فصل زمستان

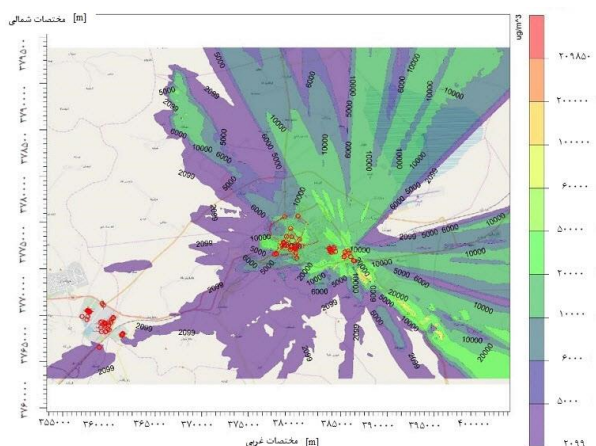
با بررسی کانتور شکل ۱۴ و میزان غلظت آلاینده SO<sub>2</sub> در فصل زمستان می‌توان نتیجه گرفت که میزان غلظت‌ها در نقاط بررسی شده در وضعیت بحرانی قرار گرفته‌اند و مانند فصول قبلی تغییر در بودن یا نبودن طرح ۵۵ متری ایجاد نمی‌شود. در ۸۳ درصد از نقاط در این فصل بهبود نسبت به فصل قبل و سایر موارد اوضاع وخیم‌تر شده است. به طور میانگین ۳۷ درصد بهبود در نقاط شهری می‌توان مشاهده نمود؛ مانند فصول قبلی تأثیر خودرو ناچیز بوده است.

### ۳-۳-۹- غلظت پیشینه مونواکسید کربن در فصل بهار

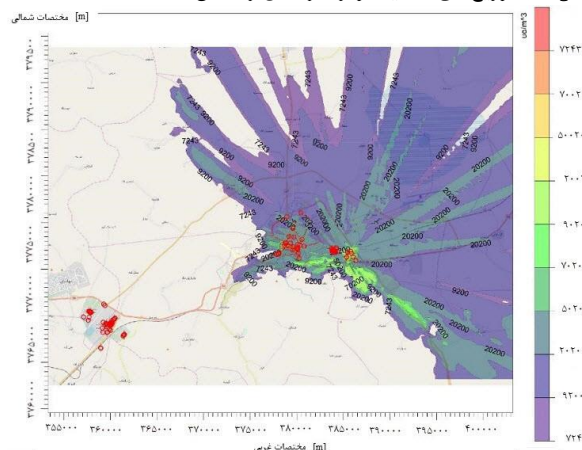
با بررسی کانتور شکل ۱۵ و میزان غلظت آلاینده CO در فصل بهار و مقایسه آن با شرایط بعد از احداث خیابان ۵۵ متری می‌توان نتیجه گرفت که میزان غلظت‌ها در ۸ نقطه بررسی شده بدون تغییر باقی مانده است. بیشترین غلظت در بین نقاط بررسی شده مربوط به نقطه میدان شهدا (A2) با غلظتی برابر با ۵۴۵۲۳ میکروگرم بر مترمکعب است که مقدار ۵/۴ برابری حالت استاندارد است.



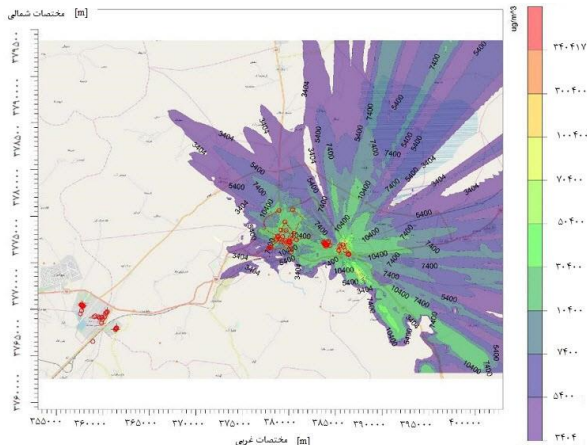
شکل ۱۴) توزیع دی اکسید گوگرد در فصل زمستان



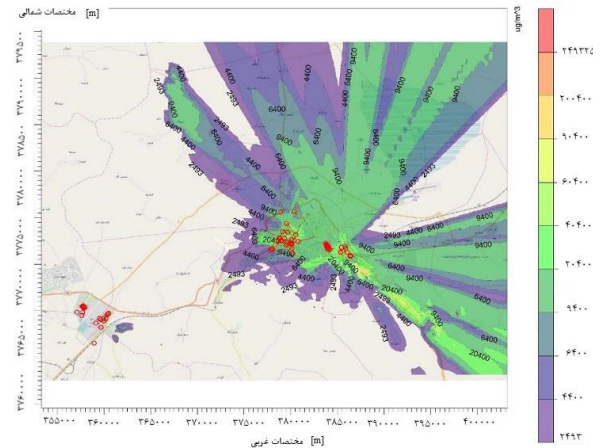
شکل ۱۶) توزیع مونواکسید کربن در فصل تابستان



شکل ۱۵) توزیع مونواکسید کربن در فصل بهار



شکل ۱۸) توزیع مونوکسید کربن در فصل زمستان



شکل ۱۷) توزیع مونوکسید کربن در فصل پاییز

تغییر باقی‌مانده‌اند به طور میانگین تأثیر این طرح بر کلیه نقاط ۴ درصد کاهش است. در پایان خاطر نشان می‌گردد، جزئیات کمی میزان آلاینده‌گی قبل و بعد از احداث بزرگراه امیرکبیر در جداول ۵ تا ۷ برای هر سه آلاینده مذکور ارائه و مقایسه شده است.

#### ۴- نتیجه‌گیری

هوای اراک از نظر داشتن عوامل آلوده‌کننده از پایتخت ایران آلوده‌تر است. ورود حجم زیادی از آلودگی‌ها به این شهر نشان می‌دهد که درصد بالایی از آلودگی در شهری با وسعت کم متمرکز شده است و این حجم از آلودگی هم برای انسان و هم برای محیط‌زیست بسیار خطرناک است. به منظور کاهش آلودگی هوای شهر، دولت ایران در سال ۲۰۰۷ طرحی با نام طرح جامع کاهش آلودگی هوای اراک را تصویب کرد. در این طرح جامع، احداث بزرگراهی به نام امیرکبیر (۵۵ متری) تصویب شد که شرق و غرب اراک را به هم متصل می‌نماید. در این مقاله تأثیر احداث این بزرگراه بر میزان کاهش آلاینده‌گی هوای شهر اراک بررسی شد. در

از مقدار ۴۹۸۰۰ به ۲۶۰۰۷ میکروگرم بر مترمکعب رسیده است. که کاهش ۳۸ درصدی را شاهد بوده البته ۸ نقطه بدون تغییر باقی‌مانده‌اند به طور میانگین تأثیر این طرح بر کلیه نقاط ۴ درصد کاهش است.

#### ۳-۱۲- غلظت بیشینه مونواکسید کربن در فصل زمستان

با توجه به کانتور شکل ۱۸ و میزان غلظت آلاینده CO در فصل پاییز و مقایسه آن با شرایط بعد از احداث خیابان ۵۵ متری می‌توان نتیجه گرفت که میزان غلظت‌ها در ۷ نقطه بررسی‌شده در محدوده غیرمجاز قرار گرفته‌اند. در فصل زمستان کاهش ۶۵ درصدی متوسط غلظت‌های نقاط بررسی‌شده به نسبت متوسط غلظت فصل بهار را می‌توان مشاهده کرد. همچنین بیشینه میزان غلظت آلاینده CO در نقاط بررسی‌شده نیز به مقدار ۲۲۰۱۱ میکروگرم بر مترمکعب رسیده است. بیش‌ترین کاهش در صورت انجام طرح ساخت معابر جدید از مقدار ۳۳۳۰۸ به ۱۴۰۰۰ میکروگرم بر مترمکعب رسیده است. که کاهش ۵۵ درصدی را شاهد بوده البته ۲ نقطه بدون

جدول ۵) میزان غلظت مونوکسید کربن قبل و بعد از اجرای طرح ۵۵ متری

ردیف	مکان غلظت اندازه‌گیری شده برای آلاینده NO <sub>x</sub>	x	y	بهار ۵۵ متری µg/m <sup>3</sup>	بهار ۴۱۸۰ µg/m <sup>3</sup>	درصد اختلاف بهار	تابستان ۵۵ متری µg/m <sup>3</sup>	تابستان ۳۰۹۱ µg/m <sup>3</sup>	درصد اختلاف تابستان	پاییز ۵۵ متری µg/m <sup>3</sup>	پاییز ۳۲۵۰ µg/m <sup>3</sup>	درصد اختلاف پاییز	زمستان ۵۵ متری µg/m <sup>3</sup>	زمستان ۲۳۸۰ µg/m <sup>3</sup>	درصد اختلاف زمستان	سهم خودرو
۱	میدان شورا	۳۷۸۸۴۵/۲	۳۷۷۲۸۱۴	۴۱۸۰	۴۱۸۰	۰٪	۲۹۲۳	۳۰۹۱	-۵٪	۲۲۸۰	۳۲۵۰	-۳۰٪	۲۵۱۴	۲۳۸۰	۶٪	۷۵٪
۲	باغ ملی	۳۷۹۰۳۹	۳۷۷۲۵۱۶	۲۰۱۰	۱۹۰۰	۶٪	۱۷۶۰	۱۷۶۰	۰٪	۱۳۲۴	۱۲۳۳	۷٪	۱۲۲۳	۱۴۱۳	-۱۳٪	۹۷٪
۳	استانداری	۳۸۲۷۲۶/۲	۳۷۷۴۲۳۹	۹۷۲	۹۸۵	-۱٪	۳۹۲	۳۹۲	۰٪	۱۱۳۲	۱۱۴۰	-۱٪	۴۱۶	۳۷۵	۱۱٪	۹۸٪
۴	محیط زیست	۳۸۴۹۷۱/۴	۳۷۷۰۴۷۲	۷۱۹	۷۱۹	۰٪	۷۰۹	۷۰۹	۰٪	۳۳۶	۳۲۸	۲٪	۲۷۴	۲۷۳	۰٪	۹۸٪
۵	میدان شریعتی	۳۷۷۸۷۶/۷	۳۷۷۱۵۳۸	۱۵۶۴	۱۵۵۰	۱٪	۱۱۹۰	۵۹۲	۱۰۱٪	۱۲۷۳	۸۱۳	۵۷٪	۵۲۴	۵۲۴	۰٪	۹۸٪
۶	پارک امیرکبیر	۳۷۸۰۲۹/۰۷	۳۷۷۱۹۱۴	۱۹۲۳	۱۸۷۰	۳٪	۱۳۷۰	۱۳۴۰	۲٪	۱۹۴۰	۱۸۸۱	۳٪	۱۲۱۰	۱۲۱۰	۰٪	۵۸٪
۷	میدان امام	۳۸۷۱۴۰/۸	۳۷۷۰۸۰۳	۶۳۷	۶۳۷	۰٪	۶۰۲	۶۰۵	۰٪	۳۰۲	۲۹۷	۲٪	۲۳۷	۲۰۷	۱۴٪	۹۶٪
۸	دانشگاه اراک	۳۷۳۹۵۷/۶	۳۷۷۱۵۴۹	۹۳۵	۹۳۵	۰٪	۴۱/۹	۴۱/۹	۰٪	۵۲/۳	۵۲/۳	۰٪	۱۹۲	۱۹۲	۰٪	۶٪
۹	سمنگان	۳۶۷۰۷۸/۹	۳۷۶۴۸۳۹	۱۸۸۰	۱۸۸۰	۰٪	۷۱۲	۷۱۲	۰٪	۳۲۵	۳۲۵	۰٪	۲۹۵	۲۹۵	۰٪	۰٪
۱۰	میدان ولی عصر	۳۸۰۰۳۹/۶	۳۷۷۲۱۷۹	۲۸۱۴	۵۱۰۰	-۴۵٪	۲۵۹۱	۵۰۲۰	-۴۸٪	۲۵۹۶	۳۳۶۰	-۲۳٪	۳۹۶۰	۵۴۲۰	-۲۷٪	۸۵٪
۱۱	ایستگاه هوربیا	۳۷۷۱۰۸/۹	۳۷۷۳۳۹۸	۸۸۶	۸۸۶	۰٪	۲۲۱	۲۲۱	۰٪	۲۶۳	۲۲۶	۱۶٪	۲۵۱	۲۵۱	۰٪	۲۴٪



جدول ۶) میزان غلظت دی اکسید گوگرد قبل و بعد از اجرای طرح ۵۵ متری

ردیف	مکان غلظت اندازه گیری شده برای آلاینده NO <sub>x</sub>	x	y	بهار ۵۵ متری $\mu\text{g}/\text{m}^3$	بهار $\mu\text{g}/\text{m}^3$	درصد اختلاف بهار	تابستان ۵۵ متری $\mu\text{g}/\text{m}^3$	تابستان $\mu\text{g}/\text{m}^3$	درصد اختلاف تابستان	پاییز ۵۵ متری $\mu\text{g}/\text{m}^3$	پاییز $\mu\text{g}/\text{m}^3$	درصد اختلاف پاییز	زمستان ۵۵ متری $\mu\text{g}/\text{m}^3$	زمستان $\mu\text{g}/\text{m}^3$	درصد اختلاف زمستان	سهم خودرو
۱	میدان شورا	۳۷۸۸۴۵/۲	۳۷۷۲۸۱۴	۱۰۷۰۰	۱۰۷۰۰	۰٪	۴۰۲۰	۴۰۲۰	۰٪	۲۶۵۰	۲۶۵۰	۰٪	۱۷۸۲	۱۷۸۳	۰٪	۱٪
۲	باغ ملی	۳۷۹۰۳۹	۳۷۷۲۵۱۶	۱۱۱۰۰	۱۱۱۰۰	۰٪	۵۲۸۰	۵۲۷۲	۰٪	۲۷۰۱	۲۷۰۲	۰٪	۱۷۷۲	۱۷۷۴	۰٪	۱٪
۳	استانداری	۳۸۲۷۲۶/۲	۳۷۷۴۲۳۹	۳۳۷۰	۳۳۷۰	۰٪	۲۰۹۲	۲۰۹۲	۰٪	۲۲۰۰	۲۲۰۰	۰٪	۱۷۲۰	۱۷۲۰	۰٪	۱٪
۴	محیط زیست	۳۸۴۹۷۱/۴	۳۷۷۰۴۷۲	۳۹۱۰	۳۹۱۰	۰٪	۳۱۰۴	۳۱۰۴	۰٪	۳۵۲۱	۳۵۲۱	۰٪	۱۶۷۰	۱۶۷۰	۰٪	۱٪
۵	میدان شریعتی	۳۷۷۸۷۶/۷	۳۷۷۱۵۳۸	۱۳۷۲۲	۱۳۷۲۲	۰٪	۱۹۴۴	۱۹۴۴	۰٪	۱۷۸۰	۱۷۸۰	۰٪	۱۱۸۲	۱۱۸۲	۰٪	۱٪
۶	پارک امیر کبیر	۳۷۸۰۲۹/۰۷	۳۷۷۱۹۱۴	۱۰۶۰۰	۱۰۶۰۰	۰٪	۲۶۲۱	۲۶۲۱	۰٪	۱۹۹۲	۱۹۹۲	۰٪	۱۱۷۰	۱۱۷۰	۰٪	۱٪
۷	میدان امام	۳۸۱۷۱۴/۰۸	۳۷۷۰۸۰۳	۴۶۴۰	۴۶۴۰	۰٪	۳۰۶۴	۳۰۶۴	۰٪	۳۵۱۰	۳۵۱۰	۰٪	۳۰۹۰	۳۰۹۰	۰٪	۱٪
۸	دانشگاه اراک	۳۷۳۹۵۷/۶	۳۷۷۱۵۴۹	۱۱۷۰	۱۱۷۰	۰٪	۸۰۴	۸۰۴	۰٪	۳۸۷	۳۸۷	۰٪	۶۸۰	۶۸۰	۰٪	۱٪
۹	سمنگان	۳۶۷۰۷۸/۹	۳۷۶۴۸۳۹	۲۰۹۰	۲۰۹۰	۰٪	۴۲۱	۴۲۱	۰٪	۶۵۶	۶۵۶	۰٪	۲۷۲۱	۲۷۲۱	۰٪	۱٪
۱۰	میدان ولی عصر	۳۸۰۰۳۹/۶	۳۷۷۲۱۷۹	۷۴۷۲	۷۴۷۲	۰٪	۳۳۵۰	۳۳۵۰	۰٪	۲۶۹۰	۲۶۹۰	۰٪	۱۶۷۰	۱۶۷۰	۰٪	۴٪
۱۱	ایستگاه هوربیا	۳۷۷۱۰۸/۹	۳۷۷۳۳۹۸	۱۵۵۰۰	۱۵۵۰۰	۰٪	۳۳۰۰	۳۳۰۰	۰٪	۲۴۳۰	۲۴۳۰	۰٪	۱۶۲۴	۱۶۲۴	۰٪	۱٪

جدول ۷) میزان غلظت NO<sub>x</sub> قبل و بعد از اجرای طرح ۵۵ متری

ردیف	مکان غلظت اندازه گیری شده برای آلاینده NO <sub>x</sub>	x	y	بهار ۵۵ متری $\mu\text{g}/\text{m}^3$	بهار $\mu\text{g}/\text{m}^3$	درصد اختلاف بهار	تابستان ۵۵ متری $\mu\text{g}/\text{m}^3$	تابستان $\mu\text{g}/\text{m}^3$	درصد اختلاف تابستان	پاییز ۵۵ متری $\mu\text{g}/\text{m}^3$	پاییز $\mu\text{g}/\text{m}^3$	درصد اختلاف پاییز	زمستان ۵۵ متری $\mu\text{g}/\text{m}^3$	زمستان $\mu\text{g}/\text{m}^3$	درصد اختلاف زمستان	سهم خودرو
۱	میدان شورا	۳۷۸۸۴۵	۳۷۷۲۸۱۴/۱	۴۹۲۰۰	۴۹۶۴۶	-۱٪	۳۰۷۰۰	۳۱۳۰۰	-۲٪	۲۶۷۰۰	۲۷۲۴۸	-۲٪	۲۲۰۱۱	۳۸۳۱۶	-۴۳٪	۶۸٪
۲	باغ ملی	۳۷۹۰۳۹	۳۷۷۲۵۱۵/۵	۵۴۵۲۳	۵۷۰۳۲	-۴٪	۲۵۵۰۴	۲۶۵۰۰	-۴٪	۲۱۲۴۱	۲۱۱۰۰	۱٪	۱۴۰۰۰	۳۳۳۰۸	-۵۸٪	۵۸٪
۳	استانداری	۳۸۲۷۲۶	۳۷۷۴۲۳۹/۴	۲۳۱۳۷	۱۹۲۰۰	۱۹٪	۲۱۳۰۰	۱۸۲۰۰	۱۳٪	۲۴۷۰۰	۱۳۵۰۰	۴۵٪	۹۶۸۰	۹۶۷۳	۰٪	۹۹٪
۴	محیط زیست	۳۸۴۹۷۱	۳۷۷۰۴۷۲/۲	۲۳۱۳۷	۲۳۱۳۷	۰٪	۲۱۳۰۰	۳۱۳۰۰	-۳۱٪	۲۴۷۰۰	۲۴۷۰۰	۰٪	۱۵۳۰۰	۱۵۳۰۰	۰٪	۲۷٪
۵	میدان شریعتی	۳۷۷۸۷۷	۳۷۷۱۵۳۸/۳	۴۷۰۰۰	۴۷۰۰۰	۰٪	۹۱۱۰	۹۱۲۰	-۱٪	۸۰۴۳	۸۰۶۰	-۰٪	۸۳۶۰	۷۲۵۴	۱۵٪	۵۰٪
۶	پارک امیر کبیر	۳۷۸۰۲۹	۳۷۷۱۹۱۴/۳	۴۷۸۰۰	۴۷۱۰۰	۱٪	۱۷۴۰۰	۱۷۴۰۰	۰٪	۱۶۶۰۰	۱۶۵۴۸	۰٪	۱۰۶۰۰	۷۷۰۱	۳۸٪	۲۹٪
۷	میدان امام	۳۸۱۷۱۴	۳۷۷۰۸۰۳/۴	۱۸۵۰۰	۱۸۴۴۸	۰٪	۲۲۸۲۲	۲۲۸۲۲	۰٪	۲۲۴۰۰	۲۲۴۰۰	۰٪	۱۳۴۰۰	۱۳۳۲۳	۱٪	۳۰٪
۸	دانشگاه اراک	۳۷۳۹۵۸	۳۷۷۱۵۴۹	۴۶۴۰	۴۶۴۰	۰٪	۳۹۷۰	۳۹۷۰	۰٪	۲۸۲۰	۲۸۲۰	۰٪	۴۰۳۴	۳۹۴۰	۲٪	۸٪
۹	سمنگان	۳۶۷۰۷۹	۳۷۶۴۸۳۸/۹	۱۹۷۱	۱۹۷۱	۰٪	۲۰۸۳	۲۰۸۳	۰٪	۱۵۱۲	۱۵۱۲	۰٪	۱۰۱۰	۱۰۰۴	۱٪	۰٪
۱۰	میدان ولی عصر	۳۸۰۰۳۹	۳۷۷۲۱۷۹/۶	۵۱۰۶	۷۸۰۲۷	-۳۵٪	۲۶۰۱۳	۴۹۸۰۰	-۴۸٪	۲۶۰۰۷	۴۹۸۰۰	-۴۸٪	۱۴۸۰۰	۱۵۳۴۷	-۴٪	۲۱٪
۱۱	ایستگاه هوربیا	۳۷۷۱۰۹	۳۷۷۳۳۹۷/۷	۳۶۸۰۰	۳۶۸۴۹	۰٪	۱۵۵۱۸	۲۸۴۱۴	-۴۵٪	۱۱۰۱۷	۱۱۰۲۶	-۰٪	۱۲۵۰۰	۱۱۸۰۰	۶٪	۱۱٪

سهم نویسندگان: سهم نویسندگان در گردآوری این مقاله برابر می‌باشد.

منابع مالی: نویسندگان این مورد را بیان نکردند.

#### منابع

- 1- Taksibi F, Khajepour H, Saboohi Y. On the environmental effectiveness analysis of energy policies: A case study of air pollution in the megacity of Tehran. *Science of The Total Environment*. 2020;705:135824.
- 2- Air pollution [Internet]. Who.int. 2020 [cited 9 June 2020]. Available from: [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1).
- 3- Pinto JA, Kumar P, Alonso MF, Andreão WL, Pedruzzi R, dos Santos FS, Moreira DM, de Almeida Albuquerque TT. Traffic data in air quality modeling: a review of key variables, improvements in results, open problems and challenges in current research. *Atmospheric Pollution Research*. 2020;11(3):454-468.
- 4- Torrente-Velásquez JM, Giampietro M, Ripa M, Chifari R. Landfill reactions to society actions: The case of local and global air pollutants of Cerro Patacón in

قسمت نتایج، جزئیات تغییرات میزان آلودگی هوا در شهر اراک قبل و بعد از احداث این بزرگراه مقایسه شد (جدول ۵ تا ۷). نتایج بیانگر آن است که برای آلاینده ناکس ۲/۷۵ درصد کاهش، برای مونواکسید کربن ۴ درصد کاهش مشاهده شده است و برای دی اکسید گوگرد بدون تغییر حاصل شده است. در نتیجه اجرای این طرح با هزینه‌های تأسیس بسیار زیاد، تأثیر زیاد و قابل‌ملاحظه‌ای برای بهبود آلودگی هوا در سطح شهر اراک را به همراه نخواهد داشت. بنابراین با توجه به درصدهای بدست آمده و هزینه ساخت این معابر و شرایط بعد از انجام این طرح، گویای این قضیه است که با توجه به تبلیغات انجام شده توسط دولت و پیمانکاران این طرح، آنچنان از اعتبار کافی برخوردار نبوده و باید روش‌های مطمئن تری با درصد تأثیرگذاری بیشتر همچون برقی کردن ناوگان عمومی و ایجاد محدودیت ترافیکی استفاده کرد.

تشکر و قدردانی: نویسندگان این مورد را بیان نکردند.

تأییدیه اخلاقی: نویسندگان این مورد را بیان نکردند.

تعارض منافع: نویسندگان این مورد را بیان نکردند.

- 18- Pandey JS, Kumar R, Devotta S. Health risks of NO<sub>2</sub>, SPM and SO<sub>2</sub> in Delhi (India). *Atmospheric Environment*. 2005;39(36):6868-6874.
- 19- Damuchali AM, Guo H. Developing an odour emission factor for an oil refinery plant using reverse dispersion modeling. *Atmospheric Environment*. 2020;222:117167.
- 20- de Ferreyro Monticelli D, Santos JM, Dourado HO, Moreira DM, Reis Jr NC. Assessing particle dry deposition in an urban environment by using dispersion models. *Atmospheric Pollution Research*. 2020;11(1):1-10.
- 21- Dunkerley F, Spanton AM, Hall DJ, Bennett M, Griffiths RF. An intercomparison of the AERMOD, ADMS and ISC dispersion models for regulatory applications: Dispersion over terrain. In 7th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Joint Research Centre, Environment Institute. 2001;52-56.
- 22- Valencia VH, Hertel O, Ketznel M, Levin G. Modeling urban background air pollution in Quito, Ecuador. *Atmospheric Pollution Research*. 2020;11(4):646-666.
- Panama. *Science of The Total Environment*. 2020;706:135988.
- 5- Tayarani M, Rowangould G. Estimating exposure to fine particulate matter emissions from vehicle traffic: Exposure misclassification and daily activity patterns in a large, sprawling region. *Environmental research*. 2020;182:108999.
- 6- Ghanbari Fard, R., Safavi, A., Setoodeh, P. The traffic flow effect modeling on the air pollution of Shiraz city. *Journal of Environmental Sciences Research Institute*. 2017;15(1):157-174.
- 7- Noorpoor A, Kazemi Shahabi N. Dispersion modeling of air pollutants from the Ilam cement factory stack. *Journal of Civil and Environmental Engineering*. 2014;44(74):107-116.
- 8- Ramavandi, B., Ahmadi Moghaddam, M., Shah Heidar, N., Bighami, M. Estimation of volatile organic compounds emissions from the fuel storage tanks using TANKS model and its distribution modeling by AERMOD model. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*. 2016;23(2):253-261.
- 9- Atabi F, Jafarigol F, Momeni M, Salimian M, Bahmannia G. Dispersion modeling of CO with AERMOD in South Pars fourth gas refinery. *Journal of Environmental Health Engineering*. 2014;1(4):281-92.
- 10- Momeni IM, Danehkar A, Karimi S, Khorasani NA. Dispersion modelling of SO<sub>2</sub> pollution emitted from Ramin Ahwaz power plant using AERMOD model. *Human & Environment*. 2011;9(3):3-8.
- 11- Abbasi Chaleshtori L, Nejadkoorki F, Ashrafi K. Performance of AERMOD Under Different Building Forms and Dimensions. *Environmental Sciences*. 2015; 13(1):15-24.
- 12- Hall DJ, Spanton AM, Dunkerley F, Bennett M, Griffiths RF. An intercomparison of the AERMOD, ADMS and ISC dispersion models for regulatory applications. In 7th international conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Joint Research Centre, Environment Institute. 2001;47-51.
- 13- Mbiaké R, Mfoumou E, Wakata AB, Ndjeuna E, Djamen JK, Leduc R, Bobda C. Atmospheric Dispersion Modeling of the Emissions from the Logbaba Thermal Power Plant, Douala-Cameroon. *Open Journal of Air Pollution*. 2017;6(4):117-134.
- 14- Rahmanian M, Sedighi K, Aminirad H. Investigating the Gaussian Model in Air Pollution Distribution Modeling Using Geographic Information System. Sixth National Congress of Civil Engineering. 2011.
- 15- Bady M. Fundamentals of direct inverse CFD modeling to detect air pollution sources in urban areas. *Computational Water, Energy, and Environmental Engineering*. 2013;2(2):30593.
- 16- Peel JL, Haeuber R, Garcia V, Russell AG, Neas L. Impact of nitrogen and climate change interactions on ambient air pollution and human health. *Biogeochemistry*. 2013;114(1-3):121-134.
- 17- Kampa M, Castanas E. Human health effects of air pollution. *Environmental pollution*. 2008;151(2):362-367.