



تحلیل مکانی ترکیبات آلی فرار در هوای شهر تهران با استفاده از نرم افزار Arcview

سیما اسعدی^۱، اسماعیل فاتحی فر^{۲*}، رسول علی اشرفی پور^۳ و محمد رستگاری^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز
^۲ استاد گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز
^۳ کارشناس بخش محیط زیست، استان تهران
^۴ مدیر مرکز پایش هوای استان تهران

تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۵

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۱۳

Location Analysis of Volatile Organic Compounds in Ambient air of Tehran with Arcview Software

Sima Asadi¹, Esmail Fatehifar^{2*}, Rasoul Ali Ashrafipour³ & Mohammad Rastgari⁴

¹MSc., Faculty of Chemical Engineering, Sahand University of Technology

² Professor, Faculty of chemical Engineering, Sahand University of Technology

³ Expert in the Field of Environment, Tehran

⁴ Director of Air Monitoring Center of Tehran

Abstract

Tehran suffers from high levels of air pollution which is negative point for human health. Volatile organic compounds, especially BTEX, are the main air pollutants that play a critical role in atmospheric chemistry of Tehran. Benzene is one of these and causes blood cancer and related diseases. In order to control volatile organic compounds, they should be monitored. To measure the amount of pollutants of VOC in the air of Tehran using mobile instruments, 32 stations were selected, including residential areas, areas of heavy traffic, industrial and controlled areas. The measurements were made over two stages (June and September 2010 and March 2011) and the VOC average concentrations at the first and second stages were 3.14 ppb and 3.67 ppb in the urban area, respectively. The results showed that pollutant emissions in high volume are emitted from refineries and oil storage, as demonstrated by location analysis of volatile organic compounds performed with Arcview software in the stations. According to such location analysis of VOCs, emission of VOCs occurred from refineries in huge quantities and some hotspots with high concentration of VOCs were seen.

Keywords: Tehran Air Pollution, Volatile Organic Compounds, Location Analysis, Arcview Software.

چکیده

کلان شهر تهران از نظر آلودگی هوا در رده‌ی بالایی قرار گرفته است و این امتیاز منفی، سلامتی ساکنان این منطقه را تهدید می‌کند. ترکیبات آلی فرار و به خصوص بتکس^۱ها، گروه بزرگی از آلاینده‌های هوا هستند که نقش بحرانی در شیمی اتمسفر شهر تهران بازی می‌کنند. بنزن، مهم‌ترین ترکیب این آلاینده‌ها بوده و موجب بروز سرطان خون و بیماری‌های مرتبط با آن می‌شود. ترکیبات آلی فرار بایستی در مکان‌های مختلف شهری شناسایی و سنجش شوند، تا بتوان آن‌ها را کنترل کرد. برای سنجش مقدار آلاینده‌های ترکیبات آلی فرار در هوای شهر تهران، ۳۲ ایستگاه شامل مناطق مسکونی، ترافیکی، صنعتی و شاهد انتخاب و با استفاده از دستگاه پرتابل، اندازه‌گیری شدند. این اندازه‌گیری‌ها در دو مرحله (مرداد و شهریور ۱۳۹۱ و نیز بهمن و اسفند ۱۳۹۱) انجام شدند. میانگین غلظت ترکیبات آلی فرار، در مرحله اول و دوم، در محیط شهری به ترتیب ۳/۱۴ پی‌پی‌بی^۲ و ۳/۶۷ پی‌پی‌بی می‌باشد. طبق نتایج تحلیل مکانی ترکیبات آلی فرار با استفاده از نرم‌افزار Arcview^۳، انتشار این آلاینده‌ها در حجم بالا از صنایعی مانند پالایشگاه اتفاق می‌افتد. پس به این ترتیب در شهر تهران، نقاطی که مقدار ترکیبات آلی فرار بالاست، شناسایی شدند.

کلمات کلیدی: آلودگی هوای تهران، ترکیبات آلی فرار، تحلیل مکانی، نرم افزار Arcview.

* Corresponding Author. E-mail Address: fatehifar@sut.ac.ir

۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های هوا، ترکیبات آلی فرار هستند که به دلیل خاصیت سمی و سرطانی از اهمیت خاصی برخوردارند. این ترکیبات آلودگی هوای شهر تهران را تشدید کرده‌اند و از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به بتکس‌ها اشاره کرد که به صورت بالقوه برای محیط‌زیست زیانبار هستند [۱]. طبق تعریف سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا، هر ترکیبی که فشاربخار بیش از ۰/۱ میلی‌متر جیوه یا ۰/۱۳ کیلوپاسکال داشته باشد، به عنوان ترکیب آلی فرار شناخته می‌شود [۲]. این ترکیبات، مایعات یا جامداتی هستند که دارای کربن آلی بوده و به سرعت تبخیر می‌شوند [۳].

پژوهش‌های انجام‌شده در سطح کشور و خارج از کشور به قرار زیر می‌باشد:

در سال ۱۳۸۲ برای بررسی میزان بتکس در هوای شهر تهران و چند جایگاه سوخت‌رسانی، پژوهشی انجام شد [۴]. بعد از آن در سال ۱۳۸۶، تحقیقی با عنوان بررسی توزیع ترکیبات آلی فرار هوای شهر تهران انجام شد و نتایج نشان دادند که آلودگی در جنوب شهر تهران بیشتر از شمال، و در شرق بیشتر از غرب می‌باشد [۵]. همچنین در سال ۱۳۹۰ در مورد ارزیابی و سنجش ترکیبات آلی فرار در هوای شهر تهران، تحقیقی انجام شد. در طی آن پژوهشگران توانستند، ۱۳ ترکیب آلی را در میدان انقلاب شهر تهران شناسایی کنند [۶].

در خارج از کشور نیز، در سال ۲۰۰۸ در کلکته‌ی هند، مقدار ترکیبات آلی فرار در ۵ پمپ‌بنزین بررسی شد [۷]. در سال ۲۰۰۹، در کره، محققان مقدار ترکیبات آلی فرار را در ایستگاه‌های شهری بررسی کردند [۸]. پژوهشگران در سال ۲۰۱۰، در شهر مورسیا، تحقیقاتی در مورد هوای شهر و پمپ‌بنزین‌ها از لحاظ مقدار هیدروکربن‌های آروماتیک انجام دادند [۹].

ترکیبات آلی فرار برای افراد آسیب‌پذیر در کوتاه‌مدت و برای سایر افراد در درازمدت بسیار خطرناک است. بنابراین باید مقدار این ترکیبات در مناطق مختلف شناسایی و کنترل شود.

هدف از انجام این تحقیق، تعیین و نحوه‌ی پخش آلودگی هوای ناشی از آلاینده‌های ترکیبات آلی فرار در محیط شهری تهران می‌باشد. در این پژوهش مقدار ترکیبات آلی فرار در ۳۲ ایستگاه در مناطق مختلف، مسکونی، ترافیکی، صنعتی و شاهد به‌دست آمد و همچنین توسط

دستگاه پرتابل سنجش ترکیبات آلی فرار کل اندازه‌گیری شد. پژوهش‌های انجام‌شده در سطح کشور و خارج از کشور برای تعیین مقدار ترکیبات آلی فرار بوده‌اند و تاکنون تحقیقی در مورد تحلیل مکانی این آلاینده‌ها انجام نشده است.

۲- مواد و روش‌ها

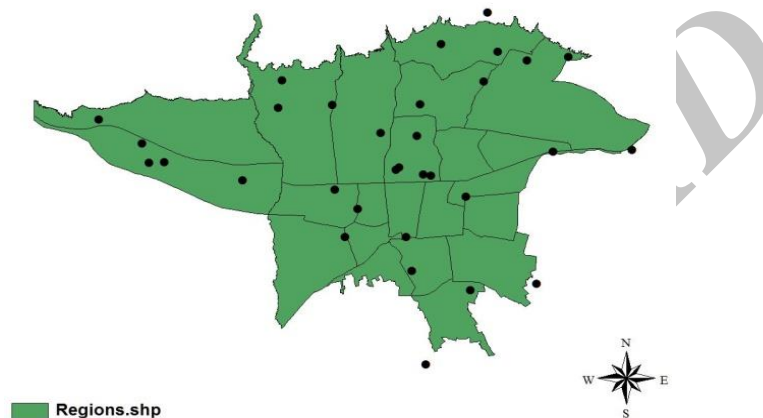
نقاط نمونه‌برداری در سطح شهر تهران به گونه‌ای انتخاب شده‌اند، که نماینده‌ای از منابع مختلف انتشار باشند و همچنین بتوانند سطح شهر و محیط‌های مسکونی که مردم در آن محیط‌ها زندگی می‌کنند، را تحت پوشش قرار دهند [۱۰]. با توجه به این نکات، چهار نوع ایستگاه برای این منظور تعیین شدند [۱۱]. این چهار ایستگاه عبارتند از:

- ایستگاه‌های نقاط ترافیکی شهر تهران برای اندازه‌گیری آلاینده‌های بتکس
- ایستگاه‌های نقاط مسکونی شهر تهران برای اندازه‌گیری آلاینده‌های بتکس
- ایستگاه‌های نقاط صنعتی برای اندازه‌گیری آلاینده‌های بتکس
- ایستگاه‌های نقاط شاهد برای اندازه‌گیری آلاینده‌های بتکس

به عنوان مناطق ترافیکی، در ابتدا دو مسیر اصلی غرب به شرق و جنوب به شمال در نظر گرفته شدند. در اطراف مسیر غرب به شرق، میدان آزادی، میدان فردوسی و تهرانپارس انتخاب شدند. در ادامه، در امتداد مسیر جنوب به شمال، میدان راه‌آهن، میدان ونک و میدان تجریش انتخاب شدند. در اطراف این مسیرها، چهار نقطه به نحوی انتخاب شدند که تقریباً گستردگی مناسبی از ایستگاه‌های نمونه‌برداری ترافیکی داشته باشیم. با توجه به این نکته، میدان نوبنیاد، چهارراه پونک، چهارراه یافت‌آباد و سه‌راه افسریه نیز به عنوان ایستگاه‌های نمونه‌برداری ترافیکی انتخاب شدند. البته دو نقطه‌ی خیابانی، یکی با ترافیک یک طرفه‌ی سبک (خیابان طالقانی بین استاد نجات‌الهی و پل حافظ) و دیگری با ترافیک دو طرفه‌ی معمولی (خیابان فاطمی بین کارگر و وصال)، نیز به نقاط نمونه‌برداری ترافیکی اضافه شدند.

به عنوان مناطق مسکونی، براساس ایده‌ای که در تعیین نقاط ترافیکی مطرح شد، در اینجا نیز سعی شده است، که مراکز جمعیتی تهران تحت پوشش قرار گیرند. بر این اساس، ۱۱ نقطه‌ی ایستگاهی در مناطق مسکونی در

انبارهای نفت، سالن‌های رنگ خودروسازی‌های بزرگ و صنایع رنگ و محصولات از این قبیل هستند. علاوه بر ایستگاه‌های اصلی که در بخش‌های قبل مورد بحث قرار گرفتند، سه ایستگاه شاهد نیز که احتمال پایین بودن ترکیبات آلی فرار در آنها وجود دارد، در نظر گرفته شدند. در این سه ایستگاه سعی شده است از محیط‌های پرتراфик، پرجمعیت و حتی از گیاهان پوسیده که ترکیبات آلی فرار تولید می‌کنند، اجتناب شود. در شکل ۱ ایستگاه‌های مختلف انتخاب شده برای تحقیق مشاهده می‌شود. نقاط مشکی ایستگاه‌های انتخاب‌شده را نشان می‌دهد.



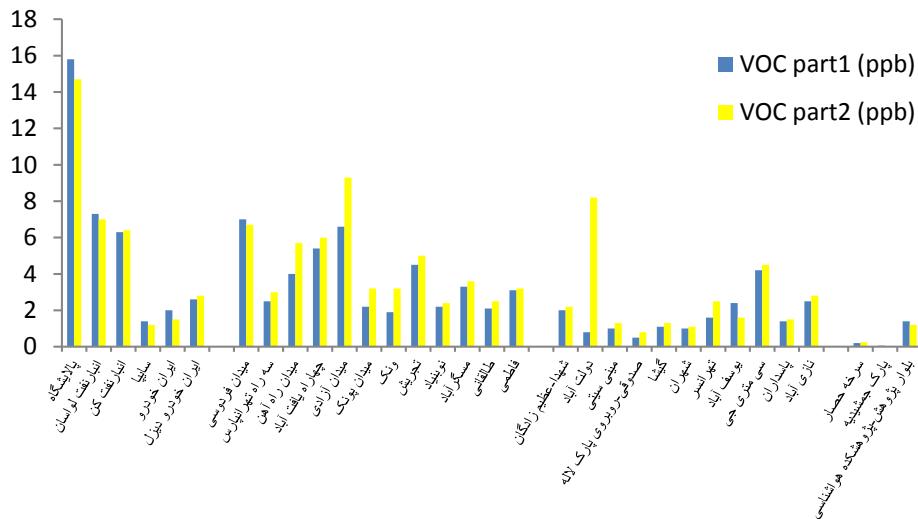
شکل ۱- ایستگاه‌های انتخابی برای سنجش ترکیبات آلی فرار

۳- نتایج و بحث

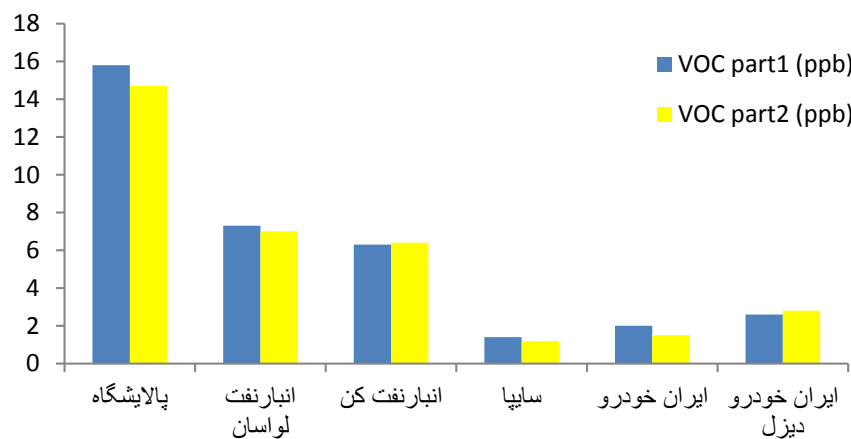
در زیر به نتایج و نمودارهای حاصل از اندازه‌گیری ترکیبات آلی فرار در ۳۲ ایستگاه اشاره می‌شود. در شکل ۲ مقدار ترکیبات آلی فرار کل در دوره اول و دوم پروژه نشان داده شده‌اند. ستون‌های آبی‌رنگ مقدار ترکیبات آلی فرار کل را در مرحله اول و ستون‌های زردرنگ مقدار این آلاینده‌ها را در مرحله دوم نشان می‌دهند. از این شکل استنباط می‌شود، در هر دو مرحله، مقادیر غلظت بالای ترکیبات آلی فرار در بین ایستگاه‌های با کاربری متفاوت، متعلق به ایستگاه‌های مناطق صنعتی‌اند. ایستگاه‌های ترافیکی در رتبه‌ی بعدی آلودگی هستند. مناطق صنعتی، به دلیل دارا بودن فرآیندهای نفتی، سالن‌های رنگ و فرآیندهای مربوط به چاپ، مقادیر بالای ترکیبات آلی فرار دارند که در پژوهش‌های قبلی نیز ثابت شده است.

نظر گرفته شده است. در مناطق مرکزی پرجمعیت شهر، تراکم بیشتری از ایستگاه‌ها انتخاب شدند. در صورتی که در مناطق حومه‌ای از تراکم ایستگاه‌ها کاسته می‌شود. همچنین در هنگام اندازه‌گیری در این نقاط، از خیابان‌های اصلی فاصله گرفته شد و اندازه‌گیری‌ها در نقاطی انجام شدند که، نشان‌دهنده‌ی محیط‌های مسکونی هستند. از آنجایی که برخی از صنایع دارای پتانسیل تولید ترکیبات آلی فرار، در اطراف شهر تهران وجود دارند، لازم است در محیط‌های اطراف این نوع صنایع نیز اندازه‌گیری‌هایی از این آلاینده‌ها، صورت پذیرد. از جمله‌ی این صنایع، پالایشگاه نفت،

ترکیبات آلی فرار در هر یک از این ایستگاه‌ها با دستگاه پرتابل اندازه‌گیری شد. برای تحلیل مکانی ترکیبات آلی فرار در هوای شهر تهران از نرم‌افزار Arcview استفاده شد. یکی از نرم‌افزارهای پرترفدار در کشور است. استفاده از این نرم‌افزار به لحاظ سادگی، داشتن زبان برنامه‌نویسی برای گسترش و سازماندهی، برداری بودن، قابل استفاده برای تجزیه و تحلیل‌ها و تهیه‌ی نقشه در مقیاس‌های مختلف شهری و منطقه‌ای، فعالیت پژوهشی و آموزشی و کار با گره‌ها، گسترش چشمگیری در حال و آینده خواهد داشت. این نرم‌افزار یکی از بهترین نرم‌افزارهای تخصصی برای جی‌آی‌اس است. در ضمن یادگیری و استفاده‌ی درست از این نرم‌افزار باعث آسان‌تر شدن استفاده از آرک‌جی‌آی‌اس می‌شود. اطلاعات ورودی مورد نیاز برای این نرم‌افزار، آلودگی‌های موردنظر برای هر ایستگاه، همراه با طول و عرض جغرافیایی آن‌ها می‌باشد [۱۲]. با استفاده از این نرم‌افزار نحوه‌ی پخش ترکیبات آلی فرار در ایستگاه‌های مختلف شهر تهران نشان داده می‌شود.



شکل ۲- مقادیر ترکیبات آلی فرار کل حاصل از دستگاه پرتابل بر حسب پی پی بی در ۳۲ ایستگاه در دو دوره



شکل ۳- مقادیر غلظت آلاینده‌های ترکیبات آلی فرار کل بر حسب پی پی بی در ایستگاه‌های صنعتی در دو دوره

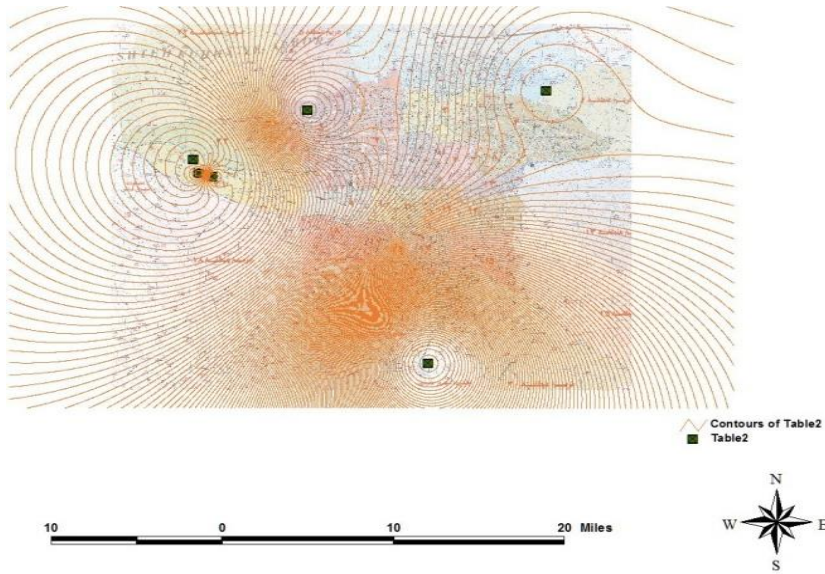
اشاره می‌شود، برای اندازه‌گیری‌ها در یک بازه‌ی زمانی محدود است.

در شکل ۴ خطوط نارنجی، خطوط هم‌غلظت را نشان می‌دهند و هرچقدر تراکم این خطوط در یک منطقه زیاد باشد، آلودگی در آن منطقه بالاست. تراکم خطوط اطراف ایستگاه پالایشگاه تهران زیاد است و این امر حاکی از مقدار بالای غلظت ترکیبات آلی فرار است. میزان آلاینده‌ها از لحاظ ایستگاه‌های صنعتی در مناطق جنوبی شهر تهران بیشتر از سایر مناطق است.

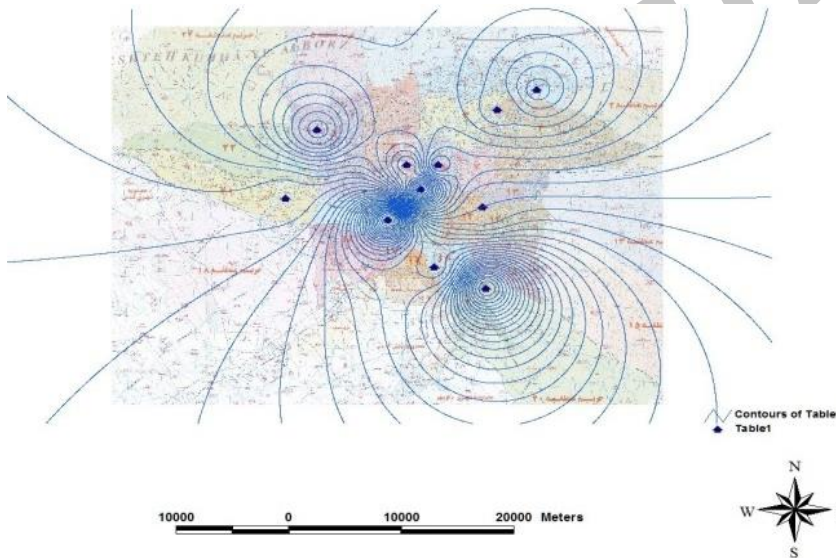
در شکل ۵ نحوه‌ی پخش ترکیبات آلی فرار در ایستگاه‌های مسکونی نشان داده شده است. خطوط آبی رنگ، خطوط هم‌غلظت هستند که قسمت‌های آبی رنگ (تراکم خطوط هم‌غلظت) مقدار آلاینده‌ها در اطراف ایستگاه سی‌متری جی را نشان می‌دهد و بسیار زیاد است.

با توجه به شکل ۳، غلظت آلاینده‌های ترکیبات آلی فرار کل نیز در مرحله‌ی اول و دوم در ایستگاه منطقه‌ی پالایشگاه دارای بیشترین و در ایستگاه سایپا در مرحله‌ی اول و دوم دارای کمترین مقدار است. پالایشگاه تهران به دلیل فرآیندهای نفتی که در آنجا انجام می‌شود، دارای بیشترین مقدار ترکیبات آلی فرار است. انبارهای نفت تهران در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

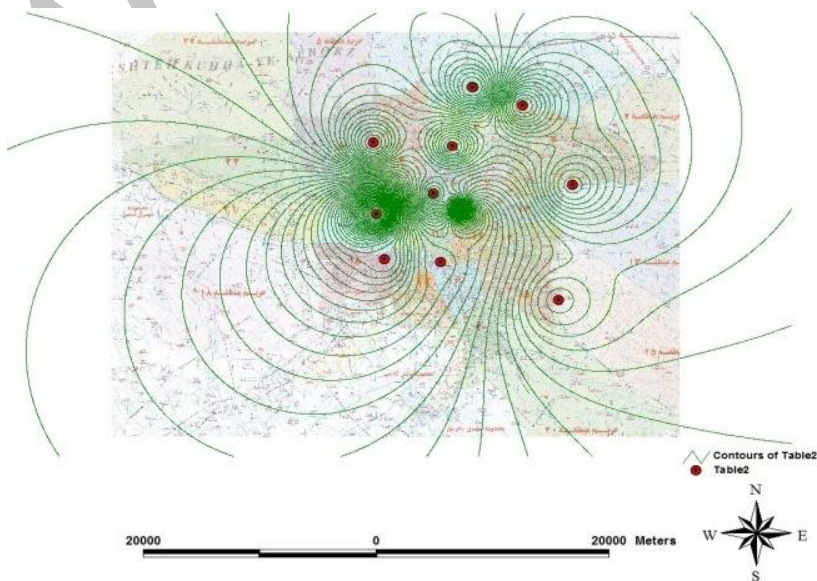
با استفاده از نرم‌افزار Arcview کانتورهای آلودگی هوا در ایستگاه‌های مختلف شهر تهران بدست آمد. شکل‌های ۴ تا ۷ نحوه‌ی پخش ترکیبات آلی فرار در ایستگاه‌های مختلف را نشان می‌دهند. این اشکال حاکی از آن است که مقدار آلودگی ترکیبات آلی فرار در ایستگاه‌های صنعتی زیاد است. تمام تحلیل‌های مکانی که به شکل آن‌ها



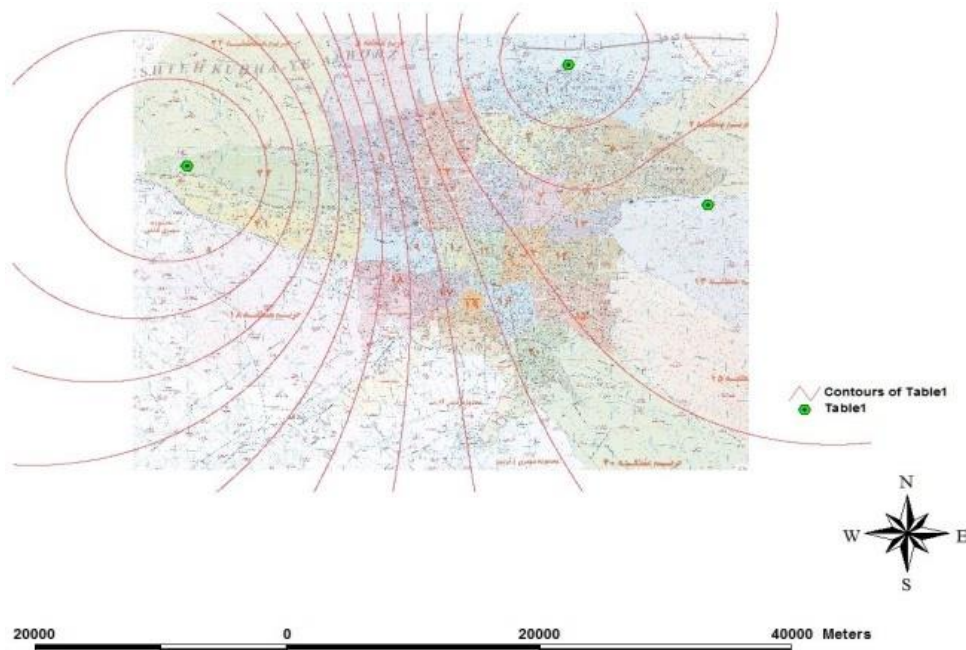
شکل ۴- نحوه‌ی پخش ترکیبات آلی فرار کل در ایستگاه‌های صنعتی شهر تهران سال ۱۳۹۱



شکل ۵- نحوه‌ی پخش ترکیبات آلی فرار کل در ایستگاه‌های مسکونی شهر تهران سال ۱۳۹۱



شکل ۶- نحوه‌ی پخش ترکیبات آلی فرار کل در ایستگاه‌های ترافیکی شهر تهران سال ۱۳۹۱



شکل ۷- نحوه پخش ترکیبات آلی فرار کل در ایستگاه‌های شاهد شهر تهران سال ۱۳۹۱

تحلیل مکانی نیز، ایستگاه‌های صنعتی را به عنوان آلوده‌ترین مناطق، اثبات کردند.

با شناسایی اینکه مقدار ترکیبات آلی فرار در کدام مناطق شهر تهران زیاد است، می‌توان به کنترل این آلاینده‌ها در مناطق مختلف این شهر پرداخت.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از حمایت مالی مرکز تحقیقات مهندسی محیط‌زیست و توسعه پایدار دانشگاه صنعتی سهند تبریز، سازمان حفاظت محیط‌زیست تهران و مرکز پایش هوای تهران نهایت تشکر و قدردانی را می‌نمایند.

پی‌نوشت‌ها

- ¹ BTEX
- ² Ppb
- ³ Arcview
- ⁴ VOC
- ⁵ GIS
- ⁷ ArcGIS

منابع

- [1] Pilidis GA, Karakitsios SP, Kassomenos PA. BTX measurements in a medium sized European city, Atmospheric Environment Journal; **2005**; **39**: 6051-6065 .

در شکل ۶ نحوه پخش آلاینده‌های ترکیبات آلی فرار کل در ایستگاه‌های ترافیکی شهر تهران نشان داده شد. تراکم خطوط هم‌غلظت در اطراف ایستگاه میدان آزادی و میدان فردوسی بیشتر است. به این ترتیب مقدار آلودگی در مناطق مرکزی شهر تهران از لحاظ ترافیکی زیاد است.

در شکل ۷ که نحوه پخش ترکیبات آلی فرار در ایستگاه‌های شاهد نشان داده شده است، تراکم خطوط هم‌غلظت در اطراف پژوهشکده هواشناسی واقع در غرب شهر تهران، بیشتر است. پس این ایستگاه نمی‌تواند به عنوان شاهد انتخاب شود.

۴- نتیجه‌گیری

در این بخش، ضمن جمع‌بندی نکات کلیدی، به مهم‌ترین نتایج بدست آمده از این تحقیق نیز اشاره می‌شود. در میان ایستگاه‌های مورد سنجش در این پژوهش، مقدار ترکیبات آلی فرار در ایستگاه‌های صنعتی بیشتر از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. در این میان بالاترین غلظت ترکیبات آلی فرار، به علت وجود فرآیندهای نفتی زیاد، در پالایشگاه شهید تندگویان تهران مشاهده شد. انبارهای نفت کن و لواسان نیز در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

تحلیل مکانی ترکیبات آلی فرار برای بازه‌ی زمانی محدودی انجام شد. همچنین، تحلیل مکانی، به صورت منطقه‌ای محاسبه و رسم شد، نه نقطه‌ای. نتایج حاصل از

- [2] <http://www.epa.gov/U>. S. EPA- AIR, a. ROG, and L. Revised 2009, January, (assessed: June 27, **2012**).
- [3] Farhad N. Air pollution. Hafiz. Tehran, **1388**. [In Persian]
- [4] Keshavarz H, Mirmohammadi M. Assessment of BTEX in petrol pump and urban of Tehran. The sixth conference; **1382**; 271-285. [In Persian]
- [5] Bahrami A, Mirzakhani A, Sadeghian M, Ashouri R, Bayatian M. Assessment of volatile organic compounds in Tehran. Serenth conference. **1386**. [In Persian]
- [6] Mahvi A, Sarkhosh M. Assessment of volatile organic compounds in ambient air of Tehran. fourteenth conference. **1390**. [In Persian]
- [7] Majumdar C, Mukherjee A.K. Source apportionment of VOCs at the petrol pumps in Kolkata, India; exposure of workers and assessment of associated health risk. Transportation Research Part D, **2008**; **13**: 524-530.
- [8] Nguyena H, Kima K, Kimb M. Volatile organic compounds at an urban monitoring station in Korea. Hazardous Materials; **2009**; **161**: 163-174.
- [9] Isabel M, Minarro M, Ferradas E, Caracena A, Rico J, Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings. Environmental Management; **2010**: 2754-2762.
- [10] Movafagh A, Dousti M, Delbari A. Standards for stations locational for messurement of pollutants. Third conference. **1388**. [In Persian]
- [11] Srivastava A, Joseph A, Devotta S, Volatile organic compounds in ambient air of Mumbai-India. Atmospheric Environment; **2006**; **40**: 892-903.
- [12] Sadeghi M. GIS software ArcView GIS for Education. Forat; **1385**. [In Persian]



Archive of SID