

بررسی پراکنش گاز فرمالدهید در شهر زرقان به روش غیر فعال، با استفاده از نرم افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

منصوره دهقانی^۱، حسن هاشمی^۲، محمد مهدی تقیزاده^۳، ابراهیم راستکو^۴

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: هدف از انجام پژوهش حاضر، تعیین الگوی پراکنش گاز فرمالدهید در شهر زرقان به روش غیر فعال، با استفاده از نرم افزار GIS (Geographic information system) بود.

روش‌ها: در این مطالعه مقطعی، گاز فرمالدهید در ۱۰ ایستگاه مختلف توسط نمونه برداری غیر فعال اندازه گیری شد. نمونه برداری در یک فصل و به مدت ۱۶ روز انجام شد. سپس، به کمک نرم افزار ArcGIS، در نقاط دیگر شهر به روش‌های مختلف نزدیک‌ترین همسایگی (Nearest neighbor)، IDW و Kriging (Inverse distance weighting) درون‌یابی صورت گرفت.

یافته‌ها: در اطراف صنایع شیمیایی فارس و سینا غلظت فرمالدهید $37.1 \mu\text{gm}^{-3}$ بود. درون‌یابی‌ها با GIS نشان داد که بسته به جهت وزش باد تا فاصله ۱۴۰۰ متری از منع، غلظت این آلاینده در حد مجاز $10 \mu\text{gm}^{-3}$ می‌باشد.

نتیجه گیری: تعیین غلظت فرمالدهید با درون‌یابی به روش نزدیک‌ترین همسایگی مناسب‌تر بود. در هنگام پدیده وارونگی دمای صبحگاهی (Morning inversion)، در شرایط پایدار هوا در اطراف کارخانه، غلظت فرمالدهید چندین برابر حد میانگین بود. با وجود ارتفاعات اطراف شهر، غلظت فرمالدهید در مناطق مسکونی شهر زرقان و دودج در زمان نمونه برداری در حد استاندارد بود.

واژه‌های کلیدی: فرمالدهید، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نمونه برداری غیر فعال، درون‌یابی

ارجاع: دهقانی منصوره، هاشمی حسن، تقی‌زاده محمد مهدی، راستکو ابراهیم، بررسی پراکنش گاز فرمالدهید در شهر زرقان به روش غیر فعال، با استفاده از نرم افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۱؛ ۱۳۹۴: ۷۲۴-۷۱۹.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۵/۳۱

دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۱۵

مقدمه

فرمالدهید در محیط حاوی کربن، هیدروژن و اکسیژن به طور طبیعی ساخته می‌شود و یکی از گازهای مهود فتوشیمیایی می‌باشد (۱). فرمالدهید در غلظت $0.3-4 \mu\text{gm}^{-3}$ در هوا باعث تخریب لایه سطحی چشم و تنفس آن باعث سردرد، احساس سوزش گلو، مشکلات تنفسی و تشید کننده حملات آسم نیز می‌شود (۲). تماس‌های طولانی مدت در غلظت‌های بالاتر از $1/\text{ppm}$ ، تخریب جدی عملکرد ریه را به دنبال دارد (۳). کمترین حدی که بوی فرمالدهید قابل تشخیص می‌باشد، $60 \mu\text{gm}^{-3}$ است (۴). رهمودهای کیفیت هوای آزاد غلظت سالیانه فرمالدهید در تماس $30 \text{ دقيقه} / 100 \mu\text{gm}^{-3}$ پیشنهاد کرده است (۵). سازمان جهانی بهداشت (WHO) یا World Health Organization (WHO) غلظت فرمالدهید در هوای آزاد در مناطق غیر صنعتی و دور افتاده را کمتر از $1 \mu\text{gm}^{-3}$ و در شهرها $20 \mu\text{gm}^{-3}$ گزارش کرده است (۶). حضور فرمالدهید در مناطق غیر صنعتی به علت واکنش فتوکسیداسیون هیدروکربن‌ها می‌باشد. در خصوص فرمالدهید، حد مجازی توسط سازمان‌های مرتع داده شده است (۳).

- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران
- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران
- استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد استهبان، استهبان، ایران
- مری، مرکز آموزش عالی آپادانا شیراز، شیراز، ایران

نویسنده مسؤول: محمد مهدی تقی‌زاده

Email: mtaghizadeh@iauest.ac.ir

(دوم تا نوزدهم ژانویه ۱۴۰۲) برای جذب فرمالدھید در معرض هوای آزاد بودند.



شکل ۱. گیره و نمونه جاذب فرمالدھید

برای ترسیم نقشه ابتداء، تصویری از Google Earth برای پوشش منطقه مورد مطالعه اخذ شد. سپس، مختصات چهار نقطه با پراکندگی مناسب در تصویر از همین نرمافزار گرفته شد و در فایل Excel جهت زمین مرجع کردن این تصویر قرار داده شد. در نهایت، در نرمافزار ArcGIS اقدام به زمین مرجع کردن تصویر شد و نتیجه در فرمت TIFF و با پیکسل اندازه ۵ متر ذخیره گردید. گستره جغرافیایی غلظت فرمالدھید با استفاده از نتایج به دست آمده از نمونه برداری، به کمک روش های نزدیکترین همسایگی (NN)، عکس فاصله به توان دو (Inverse distance weighting) یا Kriging و (IDW) درون یابی شد و مورد بررسی قرار گرفت. فایل رستری با فرمت TIFF و با پیکسل اندازه ۵ متر از هر کدام تهیه گردید (با حداقل ۱۰ نقطه نمونه). سپس، تمامی لایه های درون یابی شده، به اندازه محدوده نقاط نمونه برداری شده، برش داده شد تا برای تمامی لایه ها عمل درون یابی انجام شود.

یافته ها

محل های نمونه برداری با استفاده از شرایط مزی و به کمک مش بندی تعیین گردید. مختصات، نام و نتایج اندازه گیری غلظت فرمالدھید در ایستگاه های مختلف در منطقه صنعتی زرقان در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. نقاط نمونه برداری در ۱۰ ایستگاه مختلف نمونه برداری در منطقه صنعتی زرقان

نام ایستگاه	غلظت فرمالدھید (μgm^{-3})
شهرداری	۲/۴
میدان بسیج	۲/۳
آموزش و پرورش	۲/۴
پشت صنایع شیمیایی فارس	۲۸/۱
میدان قدیمی (امام خمینی)	۲/۹
انتهای شهر	۲/۸
میدان دودج	۲/۸
ابتدا کارگر	۲/۴
قبرستان قیمی	۲/۲
خیابان شاهد	۲/۸

یک منطقه شهری همواره اهمیت ویژه ای دارد (۱۰-۱۳). نتایج مدل های به دست آمده، تعیین کننده این تغییرات در شرایط مشابه است (۱۴). یکی از روش های مهم جهت تعیین تأثیر منابع آلاینده، استفاده از نرم افزار سیستم اطلاع رسانی جغرافیایی (GIS) یا Geographic information system می باشد. تاکنون مطالعات زیادی در خصوص ارزیابی کنترل آلودگی هوا به کمک این نرم افزار انجام گرفته است (۱۵). از آنجایی که منطقه مسکونی شهر زرقان (شمال شرق شیراز) حدود ۲۴۰۰ متر با دو کارخانه مهم تولید پودر ملامین به نام های صنایع شیمیایی فارس و صنایع شیمیایی سینا فاصله دارد، سیستم نظارت مناسب برای شناسایی دقیق میزان آلودگی بسیار ضروری است. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر، تعیین غلظت فرمالدھید به کمک نمونه برداری غیر فعال و میزان پراکنش آن با استفاده از نرم افزار ArcGIS نسخه ۹/۳ (ArcMap, version 9.3, ESRI Inc., Redlands, CA, USA) در مناطق مختلف شهر زرقان بود.

روش ها

در این مطالعه مقطعی، پراکنش و غلظت الاینده فرمالدھید در هوای شهر زرقان مورد بررسی قرار گرفت. شهر زرقان در فاصله ۲۵ کیلومتری شمال شرق شیراز در محور جاده شیراز - اصفهان واقع شده است. دو کارخانه مهم تولید کننده رزین و پودر ملامین به نام های صنایع شیمیایی فارس و صنایع شیمیایی سینا در فاصله ۲ کیلومتری از شهر قرار دارند. به علاوه ضلع شرقی این شهر را صخره ای دیواره مانند به ارتفاع حدود ۳۰۰ متر فراگرفته است که باعث ایجاد تأثیرات قابل توجهی در مقابله عبور جریان هوا شده است. جهت وزش بادهای غالب سالانه نیز بر طبق آمار و اطلاعات ثبت شده از سازمان هواشناسی فارس از جهت جنوب غرب به شمال غرب و از شمال غرب به جنوب غرب بوده است؛ یعنی به طور غالب از سمت دو کارخانه مذکور به طرف شهر زرقان است.

نمونه برداری در این مطالعه بر اساس روش استاندارد EPA ۲۰۱۲ (Environmental protection agency) انجام شد و از روش نمونه برداری غیر فعال استفاده گردید (۱۶). نمونه برداری غیر فعال شامل اوله حاوی ماده جاذبی است که آلاینده را جذب می کند. آلاینده با سرعت کنترل شده ای با مکانیسم انتشار مولکولی، بدون نیاز به هیچ گونه پمپی به درون جاذب وارد می شود. بنابراین، نمونه برداری از گاز بر اساس دیفیوژن مولکولی بر سطح مولکول های جاذب می باشد. پس از جذب نمونه در دوره زمانی ۱۷ روز، لوله های نمونه برداری به صورت درسته به آزمایشگاه جهت آنالیز منتقل شد. نمونه برداری غیر فعال از محفظه پلی پروپیلن با دهانه ای به قطر ۲۰ میلی متر تشکیل شده است. برای کاهش اثر توربولنس باد و باران، نمونه بردار غیر فعال به کمک یک گیره فلزی درون ظرف فایر گلاس مطابق شکل ۱ قرار داده شد. فرمالدھید جذب شده روی زغال، در آزمایشگاه به کمک کربن دی سولفید استخراج شد و به روش کرماتوگرافی گازی آنالیز گردید. نمونه ها پس از جمع آوری برای آنالیز به شرکت پاسام (واقع در کشور سوئیس) ارسال گردید. تعداد نقاط نمونه برداری با توجه به مساحت کم منطقه موربد بررسی، ۱۰ نقطه بود. محل نصب جاذب های نمونه برداری در فاصله بین ۳ تا ۴ متری از زمین (به طور عمومی در کار تیرهای برق) بود که نصب آن ها با جرئتی انجام شد. جاذب های نمونه برداری به مدت ۱۷ روز از تاریخ ۱۲ تا ۲۹ دی ماه ۱۳۹۰

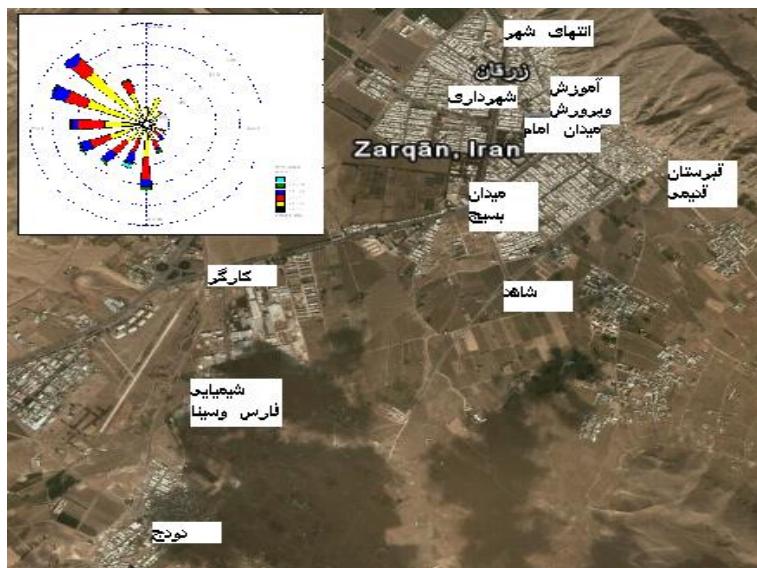
درون‌یابی نمونه‌های غیر فعال به دست آمد.

بحث

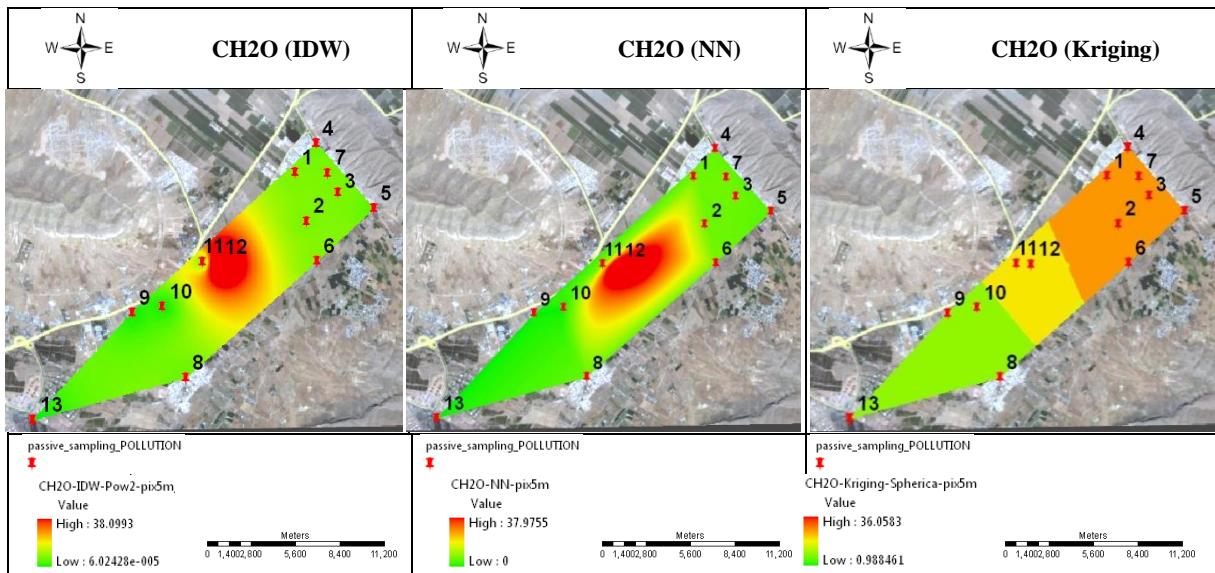
نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که بیشترین غلظت فرمالدهید در ایستگاه واقع در مجاورت صنایع شیمیایی فارس ($38/1 \mu\text{gm}^{-3}$) بود. در سایر ایستگاه‌های نمونه‌برداری واقع در شهر زرقان و دودج، غلظت فرمالدهید در محدوده $2/2-3/6 \mu\text{gm}^{-3}$ به دست آمد.

با توجه به اهمیت جهت وزش باد در پراکندگی آلودگی، نقشه گلیاد فصل نمونه‌برداری به همراه نقشه شهر و ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شکل ۲ آورده شده است.

تفییرات غلظت فرمالدهید در منطقه به کمک GIS مدل‌سازی شد. چنانچه در نقشه‌های شکل ۳ مشاهده می‌شود، به کمک روش‌های نزدیکترین همسایگی، Kriging و IDW، گستره جغرافیایی غلظت فرمالدهید مورد بررسی قرار گرفت. نقشه و اطلس غلظت آلودگی فرمالدهید با استفاده از



شکل ۲. نقشه شهر زرقان، گلیاد منطقه و نقاط نمونه‌برداری



شکل ۳. مدل پراکنش فرمالدهید با کمک GIS به روش‌های مختلف درون‌یابی NN و Kriging و IDW (شماره ایستگاهها مطابق جدول ۱ و نقشه ۲ می‌باشد)

GIS: Geographic information system; IDW: Inverse distance weighting; NN: Nearest neighbor

کارخانه حس کرد. بنابراین، با توجه به نتایج به دست آمده در زمان نمونه برداری، غلظت فرمالدهید در مناطق مسکونی شهر زرقان و دودج نگران کننده نبوده، در حد مجاز بوده است. تصاویر به دست آمده از GIS نشان می‌دهد که غلظت فرمالدهید در استگاه صنایع شیمیایی فارس بیشترین میزان را داشته است.

نتیجه‌گیری

نتایج روش‌های درون‌یابی انجام شده، نشان می‌دهند که فرمالدهید با توجه به جهت وزش بادهای غالب تا فاصله ۱۴۰۰ متری به سمت زرقان و دودج پیش رفته است و غلظت آن به حد خط‌نواک ($10 \mu\text{gm}^3$) رسیده است. از آنجایی که نمونه برداری بر اساس مشبّنی خاصی صورت نگرفته است و انتخاب نقاط نمونه برداری بسیار حائز اهمیت می‌باشد، بنابراین، شرایط درون‌یابی به روش NN توجیه‌پذیر است (هرچند که شباهت‌های زیادی بین نتایج به دست آمده از درون‌یابی‌های انجام شده، وجود دارد).

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پژوهه تحقیقاتی به شماره ۵۴۵۲ می‌باشد که با حمایت مالی شهرداری زرقان و دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان انجام شد. از همکاری دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شهرداری و شورای اسلامی شهر زرقان قادرانی می‌گردد.

همچنین، مقایسه غلظت فرمالدهید در سطح شهر نشان داد که این غلظت تنها در فاصله نزدیک تحت تأثیر کارخانه بوده است و در فواصل دورتر از کارخانه تغییری در غلظت را نشان نمی‌دهد. همچنین، مطالعات انجام شده در خصوص اندازه‌گیری CO_2 و BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes) نشان داد که غلظت این آلاینده‌ها در نزدیکی شهر در حد استاندارد است (۱۸). مطالعه Gordon و همکاران در ایالت آریزونای آمریکا نشان داد که میانگین غلظت فرمالدهید در هوای داخل منازل در این منطقه به علت استفاده از صنوعات چوبی برابر $21 \mu\text{gm}^3$ است. آنان در تحقیق خود دریافتند که میانگین غلظت فرمالدهید در هوای آزاد $6 \mu\text{gm}^3$ است که این مقدار بیشتر از غلظت فرمالدهید اندازه‌گیری شده در مناطق مسکونی شهر زرقان و دودج است (۱۹). غلظت متوسط سالانه فرمالدهید در هوای شهرها بسته به شرایط منطقه‌ای، به طور معمول در محدوده $1-20 \mu\text{gm}^3$ می‌باشد. در شرایط پدیده وارونگی دما می‌تواند غلظت تا $100 \mu\text{gm}^3$ نیز برسد (۲۰، ۲۱). بنابراین، حدکثر غلظت ساعتی فرمالدهید حدود ۵ برابر غلظت میانگین است. در هنگام پدیده وارونگی دمای صحبتگاهی در شرایط پایدار هوای غلظت فرمالدهید چندین برابر حد میانگین است. به دلیل این که نور خورشید، زمان کافی برای تجزیه فرمالدهید را نداشته است و در این حالت می‌توان بیوی فرمالدهید را در اطراف

References

- United State Environmental Protection Agency (EPA). National air toxics assessment. [Online]. [cited 2015 Dec 17]; Available from: URL: <http://www.epa.gov/national-air-toxics-assessment>
- Arts JH, de Heer C, Woutersen RA. Local effects in the respiratory tract: relevance of subjectively measured irritation for setting occupational exposure limits. Int Arch Occup Environ Health 2006; 79(4): 283-98.
- Arts JH, Rennen MA, de HC. Inhaled formaldehyde: evaluation of sensory irritation in relation to carcinogenicity. Regul Toxicol Pharmacol 2006; 44(2): 144-60.
- Lang I, Bruckner T, Triebig G. Formaldehyde and chemosensory irritation in humans: A controlled human exposure study. Regul Toxicol Pharmacol 2008; 50(1): 23-36.
- McGwin G, Lienert J, Kennedy JI. Formaldehyde exposure and asthma in children: A systematic review. Environ Health Perspect 2010; 118(3): 313-7.
- McKone TE, Ryan PB, Ozkaynak H. Exposure information in environmental health research: current opportunities and future directions for particulate matter, ozone, and toxic air pollutants. J Expo Sci Environ Epidemiol 2009; 19(1): 30-44.
- World Health Organization, International Agency for Research of Cancer. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Overall evaluations of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs. [Online]. [cited 1987]; Available from: URL: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/suppl7/Suppl7.pdf>
- United States Environmental Protection Agency (EPA). Integrated risk information system. Washington DC: EPA; 2016.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for formaldehyde. US Department of Health and Human Services. [Online]. [cited 1999 Jul]; Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp111.pdf>
- de Santis F, Fino A, Menichelli S, Vazzana C, Allegrini I. Monitoring the air quality around an oil refinery through the use of diffusive sampling. Anal Bioanal Chem 2004; 378(3): 782-8.
- Sally Liu LJ, Olson MP, Allen GA, Koutrakis P, McDonnell WF, Gerrity TR. Evaluation of the Harvard ozone passive sampler on human subjects indoors. Environ Sci Technol 1994; 28(5): 915-23.
- Vardoulakis S, Fisher BEA, Gonzalez-Flesca N. Assessment of traffic-related air pollution in two street canyons in Paris: implications for exposure studies. Atmos Environ 2002; 36(6): 1025-39.
- Singer BC, Hodgson AT, Hotchi T, Kim JJ. Passive measurement of nitrogen oxides to assess traffic-related pollutant exposure for the east bay children's respiratory health study. Atmos Environ 2004; 38(3): 393-403.
- Evans AM, Stuart AL. A passive sampling study of small-scale variations in ambient acetaldehyde and formaldehyde concentrations. Air, Soil and Water Research 2001; 4: 71-9.
- Ozkaynak H, Palma T, Touma JS, Thurman J. Modeling population exposures to outdoor sources of hazardous air pollutants. J Expo Sci Environ Epidemiol 2008; 18(1): 45-58.
- Matejicek L. Spatial modelling of air pollution in urban areas with GIS: A casestudy on integrated database development. Adv Geosci 2005; 4(63): 63-8.

17. Pummakarnchana O, Tripathi N, Dutta J. Air pollution monitoring and GIS modeling: a new use of nanotechnology based solid state gas sensors. *Sci Tech Adv Mater* 2005; 6(3-4): 251-5.
18. United State Environmental Protection Agency (EPA). Air monitoring methods-passive monitoring [Online]. [cited 2012]; Available from: URL: <http://www.epa.gov/ttnamti1/passive.html>
19. Dehghani M, Taghizadeh MM, Hashemi H, Rastgo E. A preliminary assessment of dispersion level of SO₂ in Fars Industrial Region, south of Iran, by GIS. *J Environ Public Health* 2013; 2013: 1-6. [In Persian].
20. Dehghani M, Taghizadeh M, Rastgo E. GIS-assisted dispersion of BTEX in the industrial regions of Zarghan. *Journal of Environmental Studies* 2013; 39(4): 125-36. [In Persian].
21. Gordon SM, Callahan PJ, Nishioka MG, Brinkman MC, O'Rourke MK, Lebowitz MD, et al. Residential environmental measurements in the national human exposure assessment survey (NHEXAS) pilot study in Arizona: Preliminary results for pesticides and VOCs. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 1999; 9(5): 456-70.

Survey on Formaldehyde Dispersion in Zarghan, Iran, Using Passive Sampling and Geographic Information System Software

Mansooreh Dehghani¹, Hassan Hashemi², Mohammad Mehdi Taghizadeh³, Ebrahim Rastgoo⁴

Original Article

Abstract

Background: The aim of this study was the determination of formaldehyde dispersion pattern in Zarghan, Iran, through passive sampling and using geographic information system (GIS) software.

Methods: In this cross-sectional study, passive sampling method was used to measure the concentration of formaldehyde at 10 stations. Sampling was conducted in one season for the duration of 14 days. Formaldehyde concentration in other areas of the city was interpolated in ArcGIS software using nearest neighbor (NN), inverse distance weighting (IDW), and Kriging methods.

Findings: The results showed that formaldehyde concentration near Fars Chemical Industries Co. (FCICo.) and Sina Chemical Industries Co. (SCIC) was $38.1 \mu\text{gm}^{-3}$. Interpolation using GIS showed that the concentration of this pollutant, based on the direction of the wind, at a distance of 1400 m from the source was at the standard limit of $10 \mu\text{gm}^{-3}$.

Conclusion: NN interpolation was the most suitable method for determination of formaldehyde concentration. During morning inversion and when the weather is in stable conditions, the concentration of formaldehyde around the chemical industry was several times higher than the average limit. In spite of the mountains surrounding the city, formaldehyde concentration in residential areas of Zarghan and Dudag, Iran, was at the standard limit.

Key words: Formaldehyde, Geographic information system (GIS), Passive sampling, Interpolation

Citation: Dehghani M, Hashemi H, Taghizadeh MM, Rastgoo E. Survey on Formaldehyde Dispersion in Zarghan, Iran, Using Passive Sampling and Geographic Information System Software. J Health Syst Res 2015; 11(4): 719-24

Received date: 06/03/2015

Accept date: 22/08/2015

1- Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
2- Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
3- Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Estahban Branch, Islamic Azad University, Estahban, Iran
4- Lecturer, Apadana Education Institute, Shiraz, Iran

Corresponding Author: Mohammad Mehdi Taghizadeh, Email: mtaghizadeh@iauest.ac.ir