

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 تقی زاده^۳، ابراهیم راستگو^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.

روش ها: 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 ۱۴ روز انجام شد. سپس، به کمک نرم افزار ArcGIS، در نقاط دیگر شهر به روش های مختلف نزدیک ترین همسایگی (Nearest neighbor یا NN)، Kriging و IDW (Inverse distance weighting) درون یابی صورت گرفت.

یافته ها: در اطراف صنایع شیمیایی فارس و سینا غلظت فرمالدهید $3\text{ }\mu\text{gm}^{-3}$ بود. درون یابی ها با GIS نشان داد که بسته به جهت وزش باد تا فاصله ۱۴۰۰ متری از منبع، غلظت این آلاینده در حد مجاز $10\text{ }\mu\text{gm}^{-3}$ می باشد.

نتیجه گیری: تعیین غلظت فرمالدهید با درون یابی به روش نزدیک ترین همسایگی مناسب تر 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.

واژه های کلیدی: فرمالدهید، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نمونه برداری غیر فعال، درون یابی

ارجاع: دهقانی منصوره، هاشمی حسن، تقی زاده محمد مهدی، راستگو 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 ۱۳۹۴؛ ۱۱ (۴): ۷۲۴-۷۱۹

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۵/۳۱

دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۱۵

اما حدی که خطر سرطان زایی نداشته باشد (از طریق تنفس)، $9/8\text{ }\mu\text{gm}^{-3}$ تعیین شده است (۲).

جهت نمایش جغرافیایی یک آلاینده در یک گستره، نیاز به برداشت همزمان آلاینده در ایستگاه های متعدد می باشد. هزینه کم و عملکرد آسان در روش غیر فعال، این روش را به ابزار مطلوبی برای مقیاس های بزرگ پایش آلودگی هوا با دقت بالا تبدیل نموده است. نمونه برداری غیر فعال ابزار توانمندی برای نمونه برداری گازها از اتمسفر توسط دیفیوژن مولکولی با سرعت کنترل شده، می باشد و نیازی به حرکت فعال در هوا در طول نمونه برداری ندارد (۷). روش نمونه برداری غیر فعال به طور موفقیت آمیزی برای پایش و کنترل هوای شهرهای بزرگی مانند بستون، رم، سوئیس و لهستان به کار گرفته شده است (۲). همچنین، برای اندازه گیری آلودگی هوای مرتبط با ترافیک در پاریس و کالیفرنیا شمالی از روش نمونه برداری غیر فعال استفاده شده است (۳). در مطالعه ای نمونه برداری با روش غیر فعال و فعال، برای اندازه گیری غلظت فرمالدهید نتایج یکسانی را نشان داد (۸، ۹). دانستن تغییرات آلوده ها در هوای

مقدمه

فرمالدهید در محیط حاوی کربن، هیدروژن و اکسیژن به طور طبیعی ساخته می شود و یکی از گازهای مه دود فتوشیمیایی می باشد (۱). فرمالدهید در غلظت 3 ppm باعث تخریب لایه سطحی چشم و تنفس آن باعث سردرد، احساس سوزش گلو، مشکلات تنفسی و تشدید کننده حملات آسم نیز می شود (۲). تماس های طولانی مدت در غلظت های بالاتر از $1/9\text{ ppm}$ ، تخریب جدی عملکرد ریه را به دنبال دارد (۳). کمترین حدی که بوی فرمالدهید قابل تشخیص می باشد، $60\text{ }\mu\text{gm}^{-3}$ است (۴). رهنمودهای کیفیت هوای آزاد، غلظت سالانه فرمالدهید در تماس ۳۰ دقیقه را $100\text{ }\mu\text{gm}^{-3}$ پیشنهاد کرده است (۵). سازمان جهانی بهداشت (World Health Organization یا WHO) غلظت فرمالدهید در هوای آزاد در مناطق غیر صنعتی و دور افتاده را کمتر از $1\text{ }\mu\text{gm}^{-3}$ و در شهرها $20\text{ }\mu\text{gm}^{-3}$ گزارش کرده است (۶). حضور فرمالدهید در مناطق غیر صنعتی به علت واکنش فتواکسیداسیون هیدروکربن ها می باشد. در خصوص فرمالدهید، حد مجازی توسط سازمان های مرجع داده نشده است (۳)،

۱- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

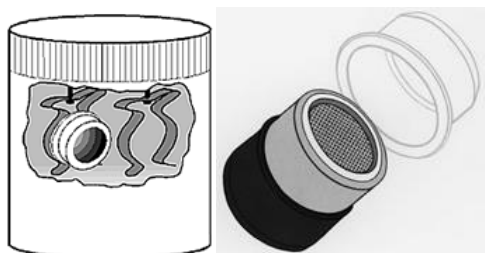
۳- استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد استهبان، استهبان، ایران

۴- مربی، مرکز آموزش عالی آپادانا شیراز، شیراز، ایران

نویسنده مسؤول: محمد مهدی تقی زاده

Email: mtaghizadeh@iauest.ac.ir

(دوم تا نوزدهم ژانویه ۲۰۱۲) برای جذب فرمالدهید در معرض هوای آزاد بودند.



شکل ۱. گیره و نمونه جاذب فرمالدهید

برای ترسیم نقشه ابتدا، تصویری از Google Earth برای پوشش منطقه مورد مطالعه اخذ شد. سپس، مختصات چهار نقطه با پراکندگی مناسب در تصویر 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 فرمالدهید با استفاده از نتایج به دست آمده از نمونه‌برداری، به کمک روش‌های نزدیک‌ترین همسایگی (Nearest neighbor یا NN)، عکس فاصله به توان دو (Inverse distance weighting یا IDW) و Kriging، درونیابی 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 لایه‌های درونیابی شده، به اندازه محدوده نقاط نمونه‌برداری شده، برش داده شد تا برای تمامی لایه‌ها عمل درونیابی انجام شود.

یافته‌ها

محل‌های نمونه‌برداری با استفاده از شرایط مرزی و به کمک مش‌بندی تعیین گردید. مختصات، نام و نتایج اندازه‌گیری غلظت فرمالدهید در ایستگاه‌های مختلف در منطقه صنعتی زرقان در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. نقاط نمونه‌برداری در ۱۰ ایستگاه مختلف نمونه‌برداری در منطقه صنعتی زرقان

نام ایستگاه	غلظت فرمالدهید (μgm^{-3})
شهرداری	۳/۴
میدان بسیج	۳/۳
آموزش و پرورش	۳/۴
پشت صنایع شیمیایی فارس	۳۸/۱
میدان قدیمی (امام خمینی)	۲/۹
انتهای شهر	۲/۸
میدان دودج	۲/۸
ابتدای کارگر	۳/۴
قبرستان قدیمی	۲/۲
خیابان شاهد	۳/۸

یک منطقه شهری همواره اهمیت ویژه‌ای دارد (۱۳-۱۰). نتایج مدل‌های به دست آمده، تعیین کننده این تغییرات در شرایط مشابه است (۱۴). یکی از روش‌های مهم جهت تعیین تأثیر منابع آلاینده، استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات رسانی جغرافیایی (Geographic information system یا GIS) می‌باشد. تاکنون مطالعات زیادی در خصوص ارزیابی کنترل آلودگی هوا به کمک این نرم‌افزار 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 نام‌های 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 فرمالدهید به کمک نمونه‌برداری غیر فعال و میزان پراکنش آن با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۹/۳ (ArcMap, version 9.3, ESRI Inc., Redlands, CA, USA) در مناطق مختلف شهر زرقان بود.

روش‌ها

در این مطالعه مقطعی، پراکنش و غلظت آلاینده فرمالدهید 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 نام‌های صنایع شیمیایی فارس و صنایع شیمیایی سینا در فاصله ۲ کیلومتری از شهر قرار دارند. به علاوه ضلع شرقی این شهر را صخره‌ای دیواره مانند به ارتفاع حدود ۳۰۰ متر فراگرفته است که باعث ایجاد تأثیرات قابل توجهی در مقابل 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.

نمونه‌برداری در این مطالعه بر اساس روش استاندارد EPA ۲۰۱۲ (Environmental protection agency) انجام شد و از روش نمونه‌برداری غیر فعال استفاده گردید (۱۶، ۱۷). نمونه‌برداری غیر فعال شامل لوله حاوی ماده جاذبی است که آلاینده را جذب می‌کند. آلاینده با سرعت کنترل شده‌ای با مکانیسم انتشار مولکولی، بدون نیاز به هیچ گونه پمپی به درون جاذب وارد می‌شود. بنابراین، نمونه‌برداری از گاز بر اساس دیفیوژن مولکولی بر سطح مولکول‌های جاذب می‌باشد. پس از جذب نمونه در دوره زمانی ۱۷ روز، لوله‌های نمونه‌برداری به صورت در بسته به آزمایشگاه جهت آنالیز منتقل شد. نمونه‌بردارهای غیر فعال از محفظه پلی‌پروپیلن با دهانه‌ای به قطر ۲۰ میلی‌متر تشکیل شده است. برای کاهش اثر توربولانس باد و باران، نمونه‌بردار غیر فعال به کمک یک گیره فلزی درون ظرف فایبر گلاس مطابق شکل ۱ قرار داده شد. فرمالدهید جذب شده روی زغال، در آزمایشگاه به کمک کربن دی‌سولفید استخراج شد و به روش کرماتوگرافی گازی آنالیز گردید. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری برای آنالیز به شرکت پاسام (واقع در کشور سوئیس) ارسال گردید.

تعداد نقاط نمونه‌برداری با توجه به مساحت کم منطقه مورد بررسی، ۱۰ نقطه بود. محل نصب جاذب‌های نمونه‌برداری در فاصله بین ۳ تا ۴ متری از زمین (به طور عمومی در کنار تیرهای برق) بود که نصب آن‌ها با جرثقیل انجام شد. جاذب‌های نمونه‌برداری به مدت ۱۷ روز از تاریخ ۱۲ تا ۲۹ دی‌ماه ۱۳۹۰

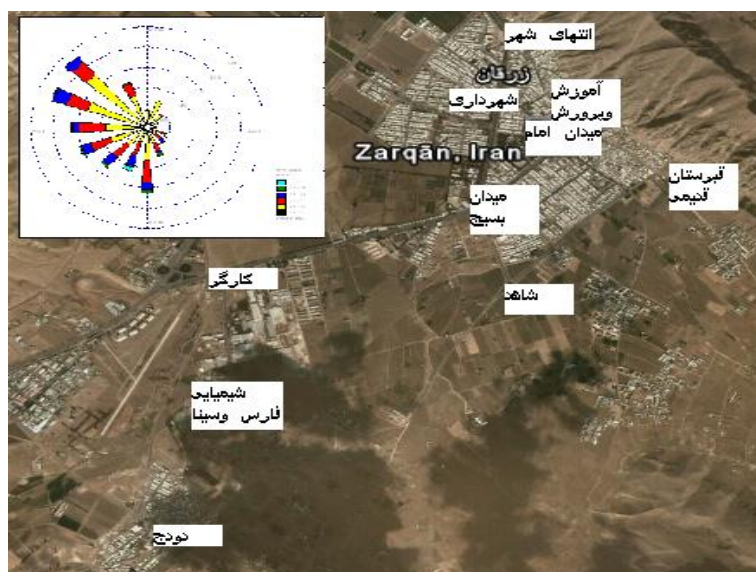
درون‌یابی نمونه‌های غیر فعال به دست آمد.

بحث

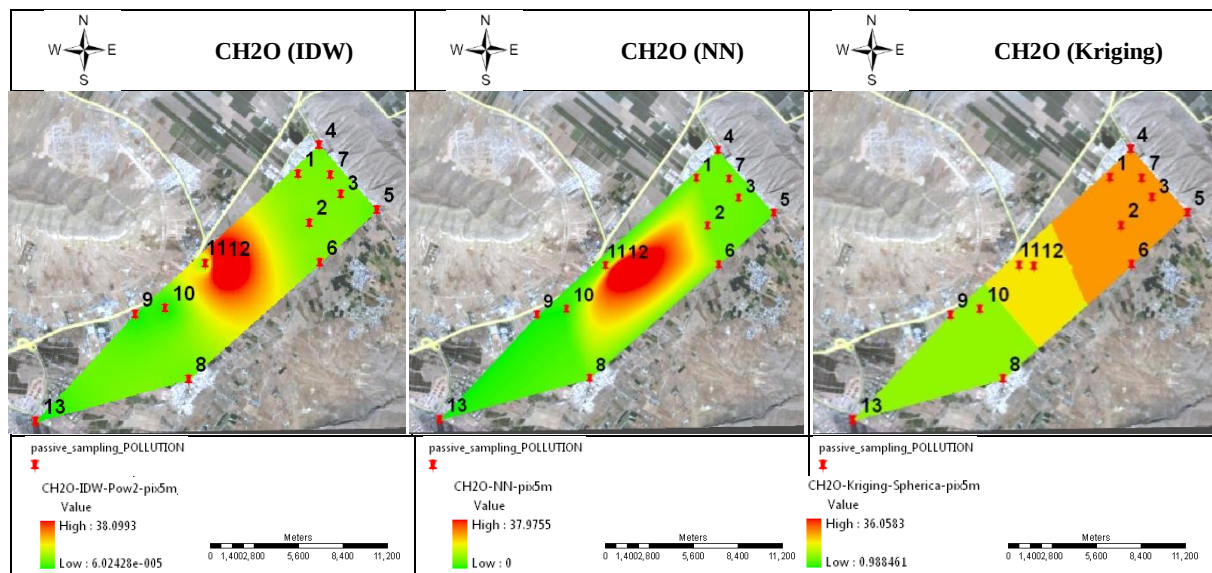
نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که بیشترین غلظت فرمالدهید در ایستگاه واقع در مجاورت صنایع شیمیایی فارس ($38/1 \mu\text{gm}^{-3}$) بود. در سایر ایستگاه‌های نمونه‌برداری واقع در شهر زرقان و دودج، غلظت فرمالدهید در محدوده $2/2-3/6 \mu\text{gm}^{-3}$ به دست آمد.

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

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



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



شکل ۳. مدل پراکنش فرمالدهید با کمک GIS به روش‌های مختلف درون‌یابی NN، IDW و Kriging (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 نمونه‌برداری، 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 ایستگاه 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 خطرناک ($10 \mu\text{gm}^{-3}$) رسیده است. از آنجایی که نمونه‌برداری بر اساس مش‌بندی خاصی صورت نگرفته است و انتخاب نقاط نمونه‌برداری بسیار حایز اهمیت می‌باشد، بنابراین، شرایط درون‌یابی به روش NN توجیه‌پذیرتر است (هرچند که شباهت‌های زیادی بین نتایج به دست آمده از درون‌یابی‌های انجام شده، وجود دارد).

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پروژه 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 قدردانی 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) در منطقه زرقان نشان داد که غلظت این آلاینده‌ها در نزدیکی شهر در حد استاندارد است (۱۸). مطالعه Gordon و همکاران در ایالت آریزونا آمریکا نشان داد که میانگین غلظت فرمالدهید در هوای داخل منازل در این منطقه به علت استفاده از مصنوعات 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 (۲۱، ۲۰). بنابراین، حداکثر غلظت ساعتی فرمالدهید حدود ۵ برابر غلظت میانگین است. در هنگام پدیده وارونگی دمای صبحگاهی در شرایط پایدار هوا، 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 بوی فرمالدهید را در اطراف

References

1. United State Enviromental Protection Agency (EPA). National air toxics assessment. [Online]. [cited 2015 Dec 17]; Available from: URL: <http://www.epa.gov/national-air-toxics-assessment>
2. 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.
3. Arts JH, Rennen MA, de HC. Inhaled formaldehyde: evaluation of sensory irritation in relation to carcinogenicity. *Regul Toxicol Pharmacol* 2006; 44(2): 144-60.
4. 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.
5. McGwin G, Lienert J, Kennedy JI. Formaldehyde exposure and asthma in children: A systematic review. *Environ Health Perspect* 2010; 118(3): 313-7.
6. 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.
7. 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>
8. United State Enviromental Protection Agency (EPA). Integrated risk information system. Washington DC: EPA; 2016.
9. 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>
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. Matejcek 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 Enviromental 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, Rastgoo 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

Mansoorah 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