A Study of Sensitivity of AERMOD Model in Relation to Physical Factors of Stack

Mahsa Moein
* M.Sc. Department of Environmental Engineering, Yazd University, Yazd, Iran.
Corresponding Author:
Email: mmoein922@gmail.com

Zahra khebri
M.Sc. Department of Environmental Engineering, Yazd University, Yazd, Iran..

Soolmaz Shamsaei
Ph.D Student in Natural Resources Engineering, Environment, Environmental Pollution, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Khorasgan, Isfahan, Iran,

Received: 2018/08/11
Accepted: 2018/11/19
JREH-1808-1237(R2)

ABSTRACT

Background and Aim: The most important global environmental problem, especially in large cities, is air pollution. This is regarded as a serious threat to human, society and environment health. This paper aims to investigate the physical factors of stack affecting the concentrations of the pollutants through the AERMOD model.

Materials and Methods: In this research, modeling was carried out for four factories Orchin, Khayyam, Noavaran and Meybod Tile Company during the first six months of 2015. The study area comprised 20 × 20 km^2., being centered on the Khayyam factory. Meybod meteorological data were used in the form of a three-hour mean status to perform the sub-model of AERMET. A Digital Elevation Model (DEM; SRTM 50 m) was used to perform the sub-model of AERMAP. In order to conduct the statistical analyses, the SPSS software program (Version 22) was used.

Results: The results of the statistical analyses showed that the abovementioned factories had significant differences in terms of dispersion of particles: The Noavaran Factory and Meybod Tile Company had the maximum and minimum concentrations respectively. Finally, the model was verified by measuring 23 points in different months with an environmental device. According to the obtained results, the correlation results, the results of the model, and the samples areas were confirmed with P-value=0.002.

Conclusion: According to the results of Freidman ranking, the physical factors of the factories affecting the concentration of the particles in order of priority were the stack diameter, the exit rate of suspended particles, the exit speed of the particles, the height of the stack, the temperature of the stack, and the receiver's height.

Document Type: Research article
Keywords: Air Pollution, Modeling, Tile Factory, Yazd

▶ **Citation:** Moein M, khebri Z, Shamsaei S. A Study of Sensitivity of AERMOD Model in Relation to Physical Factors of Stack. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Fall 2018;4 (3) : 185-193 .

آنالیز حساسیت مدل AERMOD نسبت به فاکتورهای فیزیکی دودکش

مهسا معین
* دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. نویسنده مسئول:
mmoein922@gmail.com

زهرا خبری
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

سولماز شمسایی
دانشجوی دکتری مهندسی منابع طبیعی، محیط زیست، آلودگی‌های محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوراسگان (اصفهان)، ایران،

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۸

چکیده

زمینه و هدف: مهم‌ترین معضل جهانی محیط زیست به ویژه در شهرهای بزرگ، آلودگی هوا است که به‌عنوان یک تهدید دائمی و جدی برای سلامت و بهداشت جامعه و محیط می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف بررسی و تحلیل فاکتورهای فیزیکی دودکش‌ها بر میزان غلظت آلاینده‌ها در مدل AERMOD انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش مدل‌سازی برای چهار کارخانه ارچین، خیام، نوآوران و مجتمع کاشی میبد برای ۶ ماه اول سال ۱۳۹۴ صورت گرفت. جهت اجرای مدل با در نظر گرفتن مساحت ۲۰×۲۰ کیلومتر مربع به مرکزیت کارخانه خیام، جهت اجرای زیر مدل AERMET از داده‌های هواشناسی میبد به صورت میانگین ۳ ساعته و جهت اجرای زیر مدل AERMAP از مدل رقومی ارتفاع SRTM با دقت ۵۰ متر استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، ورژن ۲۲ انجام گرفت.

یافته‌ها: بر اساس نتایج آنالیز آماری، صحت سنجی مدل با ۲۳ نقطه اندازه‌گیری شده با دستگاه محیطی در ماه‌های مختلف صورت گرفت که نتایج همبستگی نتایج مدل و نقاط شاهد با سطح معنی‌داری ۰/۰۰۲، تأیید شد. کارخانه‌های مذکور از نظر میزان پراکنش ذرات اختلاف معنی‌داری داشته که کارخانه نوآوران بیشترین غلظت و کارخانه مجتمع کاشی میبد، کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج رتبه‌بندی فریدمن، فاکتورهای فیزیکی کارخانه و تأثیرگذار بر میزان غلظت ذرات به ترتیب شامل: قطر دودکش، دبی خروجی ذرات معلق، سرعت خروج ذرات معلق، ارتفاع دودکش، دمای دودکش و ارتفاع گیرنده می‌باشند.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی
کلید واژه‌ها: آلودگی هوا، کارخانه کاشی، مدل‌سازی، یزد

◀ **استناد:** معین م، خبری ز، شمسایی س. آنالیز حساسیت مدل AERMOD نسبت به فاکتورهای فیزیکی دودکش. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. پاییز ۱۳۹۷؛ ۴ (۳): ۱۸۵-۱۹۳.

مقدمه

امروزه افزایش جمعیت جهان همراه با پیشرفت تمدن آن‌چنان شدت یافته است که آن را انفجار جمعیت می‌گویند. چنین افزایش بی‌رویه‌ای مشکلات اجتماعی فراوانی از قبیل تقلیل امکان تأمین غذا در کشورهای در حال توسعه، کوچک کردن منازل در شهرهای بزرگ دنیا، آلودگی محیط زیست به وسیله صنایع در بسیاری کشورها و ... را به‌همراه داشته است. از میان این مشکلات عمده، آلودگی محیط زیستی در سال‌های اخیر به عنوان مشکلی حاد مطرح شده است که به‌تدریج در سراسر دنیا گسترش می‌یابد. در طی ۳۰ سال اخیر اثرات محیط زیستی به میزان بسیار بالایی به دلیل مسائل مختلفی از قبیل افزایش جمعیت جهان، افزایش مصرف و فعالیت صنعتی، رشد کرده است. هرچند آلودگی به میزان مشخصی کاهش یافته است، اما بسیاری از اثرات محیط زیستی، آن‌چنان از لحاظ اندازه و مقیاس رشد نموده و از آستانه تعیین شده گذر کرده که در آن سوی این آستانه، تأثیر بر سلامت انسان و زیست بوم‌ها را دیگر نمی‌توان نادیده گرفت (۸). انسان‌های کره خاکی (بر اساس جمعیت فعلی آن)، در هر دقیقه ۸۵ میلیارد لیتر هوا برای تنفس احتیاج دارند، هوایی که می‌بایست ممد حیات بوده و عاری از هرگونه آلودگی باشد، اما پدیده شهرنشینی و صنعتی شدن (خصوصاً انتقال تکنولوژی از کشورهای پیشرفته به کشورهای جهان سوم) و تجمع اکثر مردم در سطح کمی از زمین با توقع استاندارد بالای زندگی با حداقل قیمت و بدون توجه به محیط زیست، باعث افزایش تراکم آلودگی‌ها در حد خطرناک و قابل توجه شده است(۶). آلودگی هوا، یکی از ابعاد آلودگی‌های محیط زیستی است که باعث افزایش بیماری‌های قلبی، تنفسی، کاهش میدان دید، سوزش چشم و خسارت به گیاهان و حیوانات و اشیاء و در سطح جهانی منجر به گرمایش جهانی، افت ازن اتمسفری، باران اسیدی و غیره شده است (۷)، لذا مدیریت و کاهش منابع آلاینده هوا لازم و ضروری به نظر می‌رسد. یکی از راه‌های مدیریت آلودگی هوا، استفاده از مدل‌های پخش آلودگی هوا جهت مدل‌سازی پراکنش آلاینده‌های هوا می‌باشد که نشان می‌دهد بیشترین آلودگی و همچنین نقاط تحت تأثیر آلاینده‌های ناشی از منابع انتشار کدام است، تا جهت مدیریت آنها تدابیری اندیشیده شود. یکی از مدل‌های برگزیده در زمینه پخش آلودگی هوا، مدل AERMOD می‌باشد که به عنوان یکی از جدیدترین و در عین حال پیشرفته‌ترین مدل‌های معرفی شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست است(۵). انجمن هواشناسی و آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، همکاری رسمی را در سال ۱۹۹۱ با هدف طراحی و ایجاد یک نمایش بهتر از مدل انتشار هوا از طریق بکارگیری الگوریتم بهتر و یکی کردن پیشرفت‌های اخیر در بررسی شرایط لایه مرزی آغاز کردند که نتیجه این همکاری، مدل پیشرفته و بروز AERMOD بود. AERMOD یک مدل پلوم گوسی برای حالت پایدار و برای موارد نزدیک به سایت است که بر مبنای ساختار و مفاهیم تلاطم لایه مرزی سیاره‌ای استوار می‌باشد. در این مدل از توزیع گوس در جهت عمودی و افقی در شرایط ثابت و در جهات افقی در شرایط جابجایی استفاده می‌شود (۴).

این مدل با الگوریتم نسبتاً پیچیده‌ای، با در نظر گرفتن مشخصات سطح زمین مانند سپیدایی، طول زبری، نسبت بون و همچنین نقطه شبنم، رطوبت نسبی و فشار در ارتفاعات بالا، ارتفاع اختلاط و ارتفاع لایه مرزی و در نهایت از طریق معادله گوس، میانگین غلظت در هر گیرنده را تخمین می‌زند. مدل AERMOD علاوه بر پردازشگر اصلی AERMOD، از یک پیش‌پردازنده هواشناسی به نام AERMET و یک پیش‌پردازنده عوارض زمین به نام AERMAP تشکیل شده است. پیش‌پردازنده AERMET داده‌های هواشناسی را پردازش می‌کند و پارامترهای لایه مرزی جو را به‌منظور استفاده در مدل تخمین می‌زند و پیش‌پردازنده AERMAP اطلاعات توپوگرافی منطقه را تجزیه و تحلیل می‌کند و در نهایت مدل با استفاده از نتایج این دو پیش‌پردازنده و اطلاعات تکمیلی در مورد منابع انتشار و شبکه پذیرنده محاسبات خود را انجام داده و نتایج نهایی را ارائه می‌دهد.

یکی از این مدل‌ها که به عنوان مدل ارجح در زمینه پخش آلودگی هوا در شعاع کمتر از ۵۰ کیلومتر توسط EPA ارائه شده است، مدل AERMOD می‌باشد که اخیراً، به دلیل دقت زیاد و استفاده از فاکتورهای تأثیرگذار سطحی بیشتر در مدل‌سازی و نزدیکی به واقعیت و همچنین قابلیت استفاده برای منابع مختلف نقطه‌ای، خطی و حجمی با توپوگرافی ساده و پیچیده، بیشتر از سایر مدل‌ها مورد استفاده کارشناسان قرار گرفته است. همچنین تحلیل حساسیت به تعیین پارامترهای AERMET حساسی که به شکل مهمی در خروجی مدل تأثیر می‌گذارند، کمک می‌کند، لذا بررسی آنالیز حساسیت مدل مذکور و مطالعه آن دور از اهمیت نمی‌باشد.

در زمینه تحلیل حساسیت مدل AERMOD مطالعاتی صورت گرفته است از جمله؛ اشرفی و همکاران تحلیل حساسیت مدل AERMOD را نسبت به تغییر پارامترهای کاربری اراضی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها حاکی از آن بود که پارامترهای آلبدو و نسبت بوون، تأثیری بر پراکنش آلاینده‌ها ندارند و یا این اثر ناچیز است، اما طول زبری سطح تأثیر معناداری بر غلظت آلاینده‌های دریافتی توسط هر گیرنده دارد(۲).

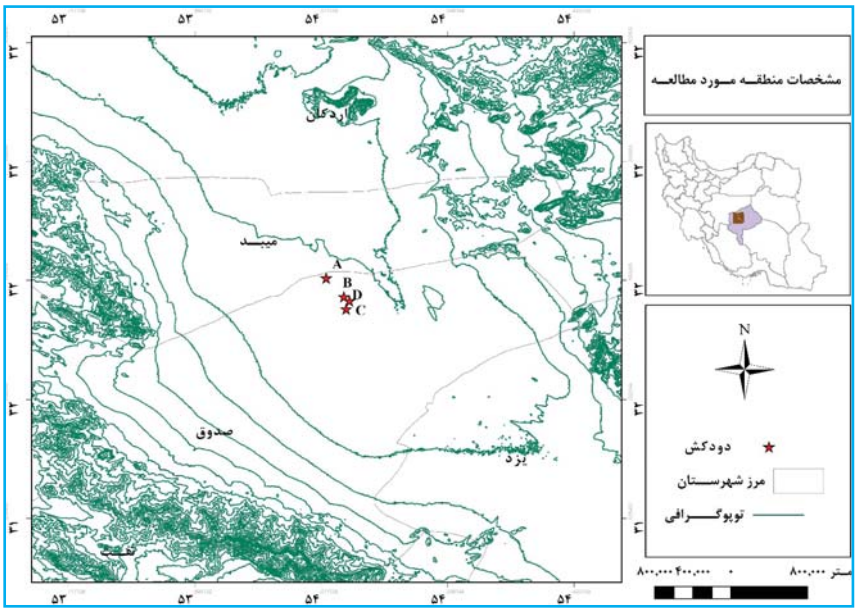
در مطالعه عباسی نیز که به بررسی تأثیر تغییر ابعاد و موقعیت سازه‌های صنعتی و ارتفاع دودکش‌های صنایع بر خروجی مدل AERMOD پرداخت، هر دو تأثیر قابل توجهی بر روی خروجی مدل داشتند (۱).

مطالعه خبری و همکاران نیز که به آنالیز حساسیت مدل AERMOD نسبت به تغییرات ارتفاع پرداختند، نشان داد که با اعمال توپوگرافی، میانگین غلظت‌ها ۰/۳۶ میکروگرم برمترمکعب نسبت به حالت عدم اعمال توپوگرافی بیشتر است. همچنین نتایج نشان داد که ماکزیمم غلظت در حالت عدم اجرای AERMAP ، ۱ میکروگرم برمترمکعب، در خلاف جهت باد غالب، سمت غرب دودکش است و در حالت اجرای AERMAP، ماکزیمم غلظت برابر با ۵/۱۷ میکروگرم برمترمکعب در جهت باد غالب و سمت شرق و جنوب شرق دودکش می‌باشد. همچنین با کاربرد مدل رقومی ارتفاعی با دقت‌های متفاوت، اختلاف چندانی در میانگین غلظت‌های پیش‌بینی شده توسط مدل مشاهده نشد(۹).

مطالعه لانگ و همکاران که در زمینه حساسیت مدل AERMOD نسبت به پارامترهای ورودی در منطقه سان فرانسیسکو انجام شد، نشان داد که مدل نسبت به ضریب زبری سطح در مقایسه با دیگر پارامترهای ورودی مانند جمعیت شهری، سپیدایی و پوشش ابر بسیار حساس‌تر است (۱۰). مطالعه بهاردوج که به بررسی حساسیت کاربری اراضی و جمعیت روی اجرای مدل AERMOD در یک منطقه شهری پرداخت، نشان داد که مدل ERMOD بیشترین حساسیت را نسبت به پارامتر جمعیت دارد و مدل در نواحی شهری نسبت به ضریب زبری سطح بالاترین حساسیت را دارد (۳). اما تاکنون آنالیز حساسیت مدل نسبت به فاکتورهای فیزیکی دودکش و ارتفاع گیرنده‌ها صورت نگرفته است، لذا مطالعه حاضر با هدف اصلی بررسی آنالیز حساسیت مدل نسبت به فاکتورهای فیزیکی دودکش انجام شد. همچنین از آنجایی که در استان یزد بدون برنامه‌ریزی دقیق و توجه به قابلیت‌های بوم‌شناختی، محلی و اجتماعی، پراکنش آلاینده ها مشکلاتی را برای این خطّه و مردمان ساکن در اطراف این واحدهای صنعتی داشته است، تحقیق حاضر می‌تواند آثار منفی را که متوجه محیط بوم‌شناختی و اجتماعی منطقه نماید را مشخص و در راستای کاهش آسیب‌های وارده به محیط و جانداران پیرامون مفید واقع گردد.

روش کار

منطقه مورد مطالعه، شهرستان میبد در شمال غربی استان یزد بوده که از سه بخش مرکزی، بفرویه و ندوشن تشکیل شده و در موقعیت E ″ ۱۰ ′ ۵۴° ۲ و N ″ ۴ ′ ۳۲° ۱۴ واقع شده است (سالنامه آماری استان یزد) و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۰۳۴ متر می‌باشد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. کارخانه‌هایی که در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفتند، در مسیر میبد اردکان قرار گرفته‌اند که مشخصات کارخانه‌ها به تفکیک در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱. مشخصات منطقه مورد مطالعه و توپوگرافی منطقه

جدول ۱. مختصات کارخانه‌های مورد مطالعه بر حسب سیستم تصویر مرکاتور معکوس بین المللی[1]

کد	نام کارخانه	طول جغرافیایی (m)	عرض جغرافیایی (m)
A	ارچین	۲۲۴۴۶۵	۳۵۶۳۲۹۱
B	خیام	۲۲۶۷۴۵	۳۵۶۰۳۱۶
C	نوآوران	۲۲۷۴۷۰	۳۵۵۹۶۵۴
D	مجتمع کاشی میبد	۲۲۶۹۷۴	۳۵۵۸۳۹۴

به منظور بررسی آلودگی هوای ناشی از صنایع اطراف شهرستان میبد، داده‌های هواشناسی و نقاط کنترل، مشخصات خروجی دودکش‌های اطراف صنایع مورد نظر با استفاده از دستگاه TCR-TECORA Basic (ساخت کشور ایتالیا) اندازه‌گیری شد. با استفاده از دستگاه MET ONE با قابلیت اندازه‌گیری ذرات ۱۰ میکرومتر، ۵ میکرومتر، ۲/۵ میکرومتر و ۱ میکرومتر، تعداد ۲۳ نقطه در اطراف کارخانه‌ها به‌طور تصادفی انتخاب و غلظت ذرات معلق ثبت شد. از داده‌های هواشناسی با میانگین ۳ ساعته منطقه جهت اجرای زیر مدل AERMET استفاده گردید که بدین منظور داده‌ها در پنج فایل متنی وارد و توسط پیش‌پردازنده AERMET پردازش شدند و دو فایل داده‌های سطحی و پروفیل عمودی جو را برای اجرای مدل AERMOD ایجاد می‌کند. در اولین فایل ورودی به ترتیب داده‌های مختصات منطقه مورد مطالعه، ارتفاع اندازه‌گیری داده‌های هواشناسی از جمله سرعت و جهت باد و ... که ۱۰ متر می‌باشد، قطاع‌های اطراف دودکش، شماره قطاع، ضریب آلبدو، نسبت بوون و ضریب زبری وارد می‌شوند. در فایل متنی بعدی نیز مختصات منطقه و فرمت داده‌های هواشناسی (در محل) منطقه وارد می‌شود. در فایل متنی بعدی باید داده‌های هواشناسی در محل را طبق فرمت تعریف شده در فایل متنی با فاصله خاص در این فایل متنی وارد کرد که این داده‌ها شامل: سال، ماه، روز و ساعت نمونه‌برداری، بارش، پوشش ابر، فشار محل، فشار در سطح دریا، ارتفاع اندازه‌گیری داده‌ها، نقطه شبنم، دما، جهت باد، سرعت باد و رطوبت نسبی می‌باشد. پس از تکمیل داده‌ها، پیش‌پردازنده AERMET اجرا می‌شود که حاصل دو فایل متنی واسط با پسوند SFC و PFL خواهد بود. پیش‌پردازنده AERMET با استفاده از فایل واسط و پارامترهای سطحی منطقه مورد مطالعه، دو فایل ورودی برای پردازشگر اصلی مدل فراهم می‌کنند؛ فایل اول، پارامترهای لایه مرزی را در بر می‌گیرد (سرعت اصطحکاکی، عمق اختلاط، طول مونین- ابوخوف، ارتفاع مرجع باد و دما) و فایل دوم، نیمرخی

1. UTM

از پارامترهای مورد نیاز مدل را در بر می‌گیرد (باد، دما، انحراف معیار مؤلفه‌های باد) همچنین از مدل رقومی ارتفاع با دقت ۵۰ متر نیز برای اجرای زیرمدل AERMAP استفاده گردید. مدل‌سازی در مساحتی با ابعاد ۲۰×۲۰ کیلومترمربع به مرکزیت کارخانه خیام، برای هر کارخانه به صورت جداگانه، با فاصله گیرنده ۱۰۰ متر و میانگین زمانی ۱، ۳، ۸ و ۲۴ ساعته صورت گرفت که در مجموع ۴۰ هزار گیرنده برای هر کارخانه تعریف شد. داده‌های حاصل از مدل‌سازی پس از مرتب‌سازی، با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، ورژن ۲۲ و آزمون‌های آنالیز واریانس[1] آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها

بر اساس نتایج مدل‌سازی، بیشینه غلظت در سال ۱۳۹۴ در فصل بهار بود، لذا جهت مقایسه و آنالیزهای آماری از داده‌های فصل بهار استفاده شد. جهت مقایسه کارخانه‌های مورد بررسی از نظر میزان غلظت از آزمون ANOVA استفاده شد. همانطور که جدول ۲ نشان می‌دهد، بیشترین غلظت مربوط به کارخانه نوآوران بود که در فاصله ۲۵۰ متری دودکش (C) که همان نوآوران می‌باشد، اتفاق افتاده است (شکل ۲) و بعد از آن بیشترین غلظت‌ها به ترتیب مربوط به کارخانه خیام، ارچین و در آخر مجتمع کاشی میبد بود. بر اساس نتایج آزمون ANOVA در جدول ۳ و ۴، کارخانه‌ها از لحاظ میزان غلظت پراکنش ذرات معلق اختلاف معناداری داشتند. بر اساس نتایج آزمون توکی[2]، کارخانه خیام و نوآوران از لحاظ غلظت با یکدیگر اختلاف معناداری نداشتند، اما با سایر کارخانه‌ها در سطح خطای ۱ درصد اختلاف معنادار بود؛ چراکه میزان p-value در آنها کمتر از ۰/۰۰۱ بود. همانطور که نمودار ۱ نشان می‌دهد، میانگین غلظت کارخانه‌های خیام و نوآوران نزدیک به هم و بیشترین میزان بود و کمترین میزان مربوط به مجتمع کاشی میبد بود، اما در آلودگی هوا و نقشه‌های پراکنش ذرات معلق آنچه اهمیت میزان بیشینه غلظت می‌باشد، میزان بیشینه غلظت مربوط به کارخانه نوآوران می‌باشد (نمودار ۲، جدول ۲).

جدول ۲. اطلاعات توصیفی غلظت‌های مشاهده شده در گیرنده‌های اطراف دودکش‌ها

نام کارخانه	تعداد	میانگین غلظت (میکروگرم بر مترمکعب)	انحراف معیار	بیشینه غلظت
ارچین	۴۰۴۰۱	۰/۳۸۲	۰/۳۳۵	۵/۳۸
خیام	۴۰۴۰۱	۰/۴۲۹	۰/۳۶۹	۶/۸۲
نوآوران	۴۰۴۰۱	۰/۴۲۵	۰/۳۶۸	۸/۵۹
مجتمع کاشی میبد	۴۰۴۰۱	۰/۲۲۸	۰/۱۹۴	۳/۵۶
جمع	۱۶۱۶۰۴	۰/۳۶۶	۰/۳۳۵	۸/۵۹

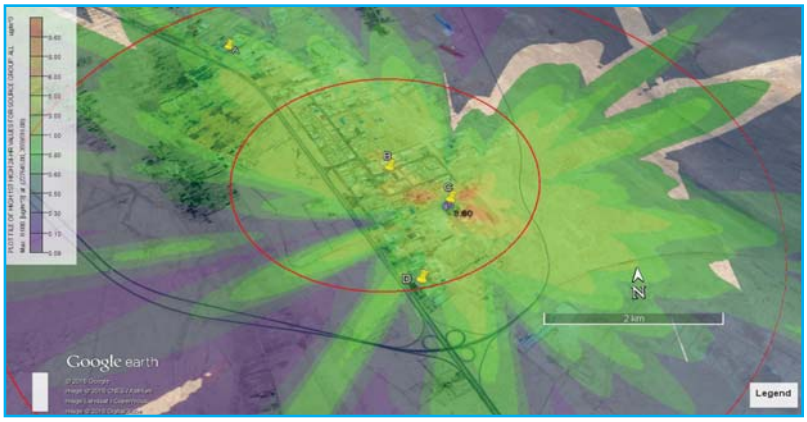
جدول۳. نتایج حاصل از آزمون آنالیز واریانس

درجه آزادی	مقدار F	مقدار معنی‌داری
۳	۳۴۱۹/۲۹۷	<۰/۰۰۱

جدول ۴. نتایج حاصل از آزمون مقایسه میانگین Tukey جهت مقایسه دو به دوی کارخانه‌ها از لحاظ میانگین غلظت ذرات

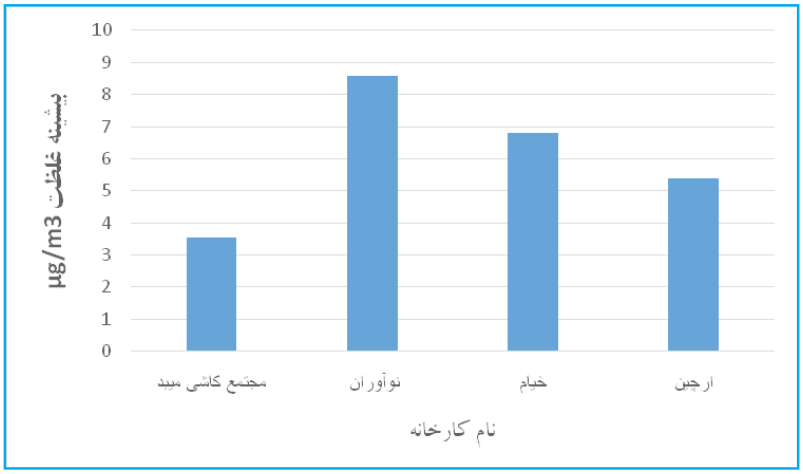
دودکش ۱	دودکش ۲	میانگین اختلاف	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری
ارچین	خیام	- ۰/۰۴۷	۰/۰۰۲	<۰/۰۰۱
	نوآوران	- ۰/۰۴۳	۰/۰۰۲	<۰/۰۰۱
	مجتمع کاشی میبد	۰/۱۵	۰/۰۰۲	<۰/۰۰۱
خیام	ارچین	۰/۰۴۷	۰/۰۰۲	<۰/۰۰۱
	نوآوران	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۲۵۹
	مجتمع کاشی میبد	۰/۲۰۱	۰/۰۰۲	<۰/۰۰۱

1. ANOVA
2. Tukey



شکل ۲. بیشینه غلظت ساعتی ذرات معلق در فاصله ۲۵۰ متری دودکش نوآوران

نمودار ۱. مقایسه میانگین غلظت‌های ذرات معلق در کارخانه‌های مورد مطالعه



نمودار۲. مقایسه بیشینه غلظت ساعتی ذرات معلق در کارخانه‌های مورد مطالعه

جهت رتبه‌بندی فاکتورهای مؤثر در پراکنش که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند از جمله: قطر دودکش، ارتفاع دودکش، ارتفاع گیرنده، سرعت خروج ذرات، دبی خروجی ذرات و دما، از آزمون آماری فریدمن[1] استفاده شد. نتایج حاکی از آن بود که فاکتورهای مؤثر به ترتیب اولویت تأثیرگذاری شامل: قطر دودکش، دبی خروجی ذرات معلق، سرعت خروج ذرات معلق، ارتفاع دودکش، دمای دودکش و ارتفاع گیرنده بود (جدول ۵).

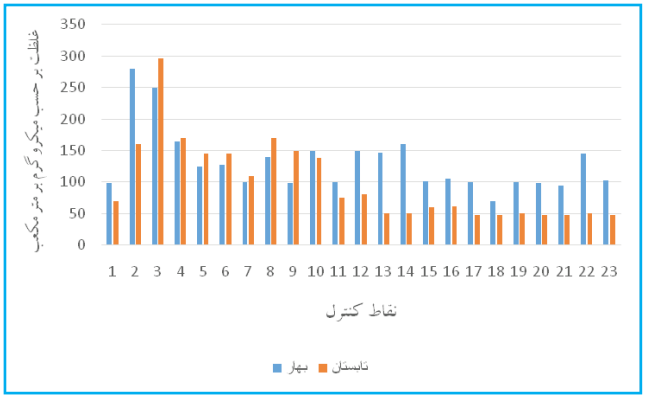
جدول ۵. نتایج حاصل از آزمون فریدمن جهت رتبه‌بندی فاکتورهای تأثیرگذار بر میزان غلظت ذرات معلق

فاکتور	رتبه
قطر دودکش	۱
دبی خروجی	۲
سرعت خروج	۳
ارتفاع دودکش	۴
دمای دودکش	۵
ارتفاع گیرنده	۶

جدول ۶. نتایج آماره آزمون فریدمن

آماره	مقدار
تعداد	۴۰۴۰۱
کای اسکوئر	۲۴۴۸۰۰
درجه آزادی	۶
سطح معنی‌داری (sig)	۰/۰۰۲

بر اساس نتایج حاصل از همبستگی اسپیرمن در بررسی ارتباط بین خروجی مدل و اندازه‌گیری حاصل از دستگاه محیطی، همبستگی بین نقاط کنترل و نتایج حاصل از مدل‌سازی معنی‌دار بود (p value =۰/۰۰۲). همچنین نمودار ۳ تغییرات فصلی مقادیر غلظت محیطی ذرات معلق را نشان می‌دهد که بیشینه غلظت در بیشتر نقاط مربوط به فصل بهار بود. در مجموع بیشترین غلظت مربوط به نقاط کنترل شماره ۲ و ۳ بود. علت اختلاف بسیار زیاد بین مقادیر اندازه‌گیری شده توسط دستگاه محیطی و وجود غلظت زمینه باشد. از آنجایی که استان یزد در منطقه کویری و خشک قرار گرفته است، لذا مستعد ذرات گردوغبار طبیعی از محیط کویری اطراف خود می‌باشد. همچنین وجود شهرک‌های صنعتی اطراف علاوه بر کارخانه‌های کاشی نیز می‌تواند مزید بر علت بوده و غلظت زمینه را افزایش داده باشد. به همین دلیل جهت صحت‌سنجی از ضریب همبستگی استفاده شد تا روند معنی‌دار بین غلظت اندازه‌گیری شده با دستگاه محیطی و میزان غلظت حاصل از مدل مشخص شود که با مقدار معنی‌داری ۰/۰۰۲ تأیید شد.



نمودار۳. تغییرات فصلی مقادیر غلظت محیطی ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون

بحث

جهت رتبه‌بندی فاکتورهای مؤثر در پراکنش که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند از جمله: قطر دودکش، ارتفاع دودکش، ارتفاع گیرنده، سرعت خروج ذرات، دبی خروجی ذرات و دما از آزمون فریدمن استفاده شد. نتایج حاکی از آن بود که فاکتورهای مؤثر به ترتیب اولویت تأثیرگذاری عبارتند از: قطر دودکش، دبی خروجی ذرات معلق، سرعت خروج ذرات معلق، ارتفاع دودکش، دمای دودکش و ارتفاع گیرنده. همچنین بیشینه غلظت در فاصله ۲۵۰ متری دودکش نوآوران با اختلاف معناداری از سایر کارخانه‌های اتفاق افتاده بود. کارخانه مجتمع کاشی نیز از کمترین مقدار غلظت ذرات معلق برخوردار بود. خروجی های پژوهش حاضر در مقایسه با تحقیق اشرفی برای مدلسازی پراکنش آلاینده‌های ذره‌ای از شرکت سیان شمال، با وجود ویژگی‌هایی سطحی و اقلیمی متفاوت در دو منطقه الگوی

1. Friedman test

پراکنش تقریبا مشابهی را تقریبا نشان می دهد. در مطالعه دیگری با روش مدلسازی پراکنش آلاینده منوکسیدکربن بیشینه غلظت ها اندازه گیری شد. همچنین در راستای استدلال پژوهش حاضر نتایج پژوهش قلم بالاتی و بیات برای انتشار آلاینده های دودکش شماره هشت کارخانه از طریق مدل نتایج مشابهی بدست آورده به طوری‌که بیشترین غلظت آلاینده ها را در فاصله ۱۰۰ متری دودکش ثبت کرده است.

نتیجه گیری

ارزیابی های آماری نشان میدهند، پیش بینی های مدل در مقایسه با نتایج اندازه گیری بر اساس نتایج رتبه‌بندی فریدمن، فاکتورهای فیزیکی کارخانه و تأثیرگذار بر میزان غلظت ذرات به ترتیب شامل: قطر دودکش، دبی خروجی ذرات معلق، سرعت خروج ذرات معلق، ارتفاع دودکش، دمای دودکش و ارتفاع گیرنده می‌باشند. هنگامی که عملکرد کلی مدل مورد بررسی قرار گرفت، کلیه نتایج محاسبه شده برای پارامترهای آماری نشان دهنده موفق بودن مدل سازی می باشد در مجموع با توجه به ارزیابی پیش بینی‌های صورت گرفته، می‌توان عملکرد نرم افزار AERMOD را در پیش بینی غلظت آلاینده ها قابل قبول دانست، به طوری که می توان از مدل پراکندگی AERMOD به عنوان یک ابزار علمی مناسب برای تجزیه و تحلیل استراتژی های کنترل و سیاست گذاری برای کاهش و پیشگیری از آلودگی هوا استفاده نمود.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می دانند از جناب آقای دکتر فرهاد نژادکورکی و جناب آقای مهندس دامون سلیمان زاده جهت ارائه مشاوره و دراختیار قرار دادن برخی داده ها تقدیر و تشکر نمایند.

References

1. Abbasi . L., 2012. the effect of the dimensions change and situation of the industrial structures as well as the height of industrial stack on the output of AERMOD model., Master's Thesis., Dept. of Environmental Engineering, Yazd University, Yazd, Iran.
2. Amid.M., 2009. Modeling of emission of pollutants produced at Bu-Ali Sina Petrochemical Complex, Master's Degree, Tehran University
3. Ashrafi. KH., Farkoravand. P., Nejadkoorki. F., Salimiyan. M. 2012, investigated the sensitivity of the AERMOD model in relation to changing parameters of land uses, National Conference on Air Flow an,WATER INSTITUTE AT UNIVERSITY OF TEHRAN, Tehran, Iran.
4. Balati. A., Biat. J., 2012. Bali, A, B, C,
5. Cement Industry Exploration and Management and Control Case Study of Tehran Cement Factory, First International Conference on Cement Industry, Energy and Environment, Tehran University of Environment
6. Bhardwaj. KS., 2005, Examination of Sensitivity of Land Use Parameters and Population on the Performance of the AERMOD Model for an Urban Area, M.S.thesis, university of Toledo.
7. Eamid,M., 2009. Modeling of emissions produced by BooAli Sina Petrochemical Complex. Master Thesis Civil-Environmental Engineering, Tehran university.pp1-15(in persian).
8. Farkuoravand, P., 2012. A sensitivity analysis of AERMOD model in industrial air pollution dispersion modeling. Thesis Submitted For the degree of M.Sc. Faculty of Natural Resources and Desert Studies. Department of Environmental Engineering.yazd university.21-58 (in persian).
9. Golbabaei. F., Kohpae A, Nazemian H, Shahtaheri S. 2006., Evaluation of AirPollution Control fromViewpoints of Cost-Benefit Analysis in a Tile Industry . ioh. 2006; 3 (1) :56-63 URL: http://ioh.iums.ac.ir/article-1-68-fa.html.
10. Ghorbani. M., Zare'. F. 2011, Assessment of air pollution in Mashhad- Iran., Quarterly Journal Of Economy and regional development, Volume 18, Issue 2., Page 1-23.
11. Karbasi . A., Etabi. F., Eslami., N.2008., Investigating the distribution of nitrogen oxides and sulfur oxides from four power plants in the Iran. QUARTERLY JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY.,Volume 10., Issue 2., Page 24-32.
12. Khebri. Z., Mousavian Nodoushan. N., Nejadkoorki. F., Mansouri., N.2013., sensitivity of AERMOD on height changes.,Journal of RS and GIS for Natural Resources,. Volume 4., Issue 4., Page 25-33.
13. Long, G. E .Cordova. J, F, Tanrikulu, S, 2002, An Analysis of AERMOD Sensitivity to Input Parameters in the San Francisco Bay Area, Bay Area Air Quality Management District, San Francisco, CA.