فصلنامه علوم محیطی، دوره سیزدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴

۱۵-۲۴

بررسی تاثیر تغییر ابعاد و شکل سازه‌های صنعتی بر خروجی مدل AERMOD

لاله عباسی چالشتری[۱*]، فرهاد نژادکورکی[۲] و خسرو اشرفی[۳]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته منابع‌طبیعی ـ محیط‌زیست، دانشگاه یزد
[۲] دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد
[۳] دانشیار گروه مهندسی عمران ـ محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۶

چکیده

AERMOD مدل پیشرفته‌ای است که برای مدل‌سازی پخش آلاینده‌های هوا از منابع مختلف و برای فواصل کمتر از ۵۰ کیلومتر از منابع انتشار مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نرم‌افزار نخستین بار توسط انجمن هواشناسی آمریکا با همکاری آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا تهیه شد. با توجه به این‌که وجود موانعی مانند ساختمان‌ها بر سر راه منابع آلاینده می‌تواند در نحوه پراکنش و میزان غلظت آلاینده‌های خروجی تاثیر مهمی داشته باشد و از طرفی با نظر به این‌که مدلAERMOD یکی از مدل‌هایی است که عامل ساختمان را در محاسبات خروجی می‌تواند لحاظ کند، در این بررسی میزان تاثیر تغییر ابعاد و شکل سازه‌های صنعتی نزدیک یک منبع آلاینده نقطه‌ای به عنوان ورودی به مدل AERMOD بر خروجی این مدل بررسی می‌گردد. در این مطالعه در زمینه بررسی تاثیر ابعاد و شکل ساختمان سه شکل مکعبی، گسترده و طویل در نظر گرفته شد و در نسبت‌های متفاوت ارتفاع دودکش به ارتفاع ساختمان این روند مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این مطالعه بیانگر آن است که در زمینه بررسی شکل و ابعاد ساختمان صرف‌نظر از شکل ساختمان، با افزایش ابعاد ساختمان در هر یک از اشکال به طور جداگانه (طول، عرض و ارتفاع) غلظت آلاینده به میزان قابل ملاحظه‌ای در پایین دست ساختمان افزایش می‌یابد. در زمینه اشکال ساختمانی نیز به نظر می‌رسد که شکل ساختمانی گسترده یا عریض تاثیر افزایشی بیشتری بر غلظت آلاینده نسبت به دو شکل ساختمانی مکعبی و طویل دارد و به عبارت دیگر خروجی مدل نسبت به عرض ساختمان حساسیت بیشتری را نشان می‌دهد.

کلمات‌کلیدی: مدل AERMOD، ابعاد ساختمان، شکل ساختمان، برنامه ورودی پروفیل ساختمان(BPIP).

Performance of AERMOD Under Different Building Forms and Dimensions

Laleh Abbasi Chaleshtori,[1*] Farhad Nejadkoorki[2] & Khosro Ashrafi[3]

[1]MSc. in Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Yazd
[2]Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Yazd
[3]Associate Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran

Abstract

AERMOD is an advanced model of the dispersion of air pollutants that supports a variety of source types and is appropriate for estimating impacts from short-range transport for distances less than 50 km. The US Environmental Protection Agency (EPA), in conjunction with the American Meteorological Society (AMS), has developed a new air quality dispersion model known as the AMS/EPA Regulatory Model (AERMOD). There is significant evidence on the impacts of buildings on dispersions of pollutants and, among the current air pollution models, AERMOD is that one that takes into account building characteristics. Due to its capabilities, the model has also been suggested by the USEPA. The current research examines the impacts of building characteristics as well as change in the dimensions of industrial structures close to a point source on the model output. Three different shapes (namely cubic, long and wide) were assumed as the building forms. Results showed that while the building dimensions increased the downwind pollution concentration was also increased significantly. Furthermore, buildings with a wide shape had greater impacts on pollution than the other two building forms. In other words, the output model shows greater sensitivity than the width of the building.

Keywords: AERMOD model, Building dimensions, Building form, Building Profile Input Programme (BPIP).

* Corresponding Author. *E-mail Address*: laleh_abbasi1435@yahoo.com

۱- مقدمه

مدل‌سازی انتشار کیفیت هوا شامل شبیه‌سازی کامپیوتری است که غلظت‌های آلاینده‌ها را از انواع منابع انتشار آلودگی پیش بینی می‌کند. در واقع مطالعات مدل‌سازی انتشار آلاینده‌ها، تلاشی به منظور به دست آوردن اطلاعاتی مفید برای اجرای استراتژی‌های کنترل آلودگی هوا می‌باشد. امروزه مدل‌سازی آلودگی هوا به ابزاری اساسی و قدرتمند در مطالعات آلودگی هوا خصوصا" در پیش‌بینی وضعیت آلودگی هوا و نحوه انتشار آلاینده‌ها و غلظت آن‌ها تحت شرایط مختلف و مکان‌های دلخواه تبدیل شده است [۱]. مدل‌سازی آلودگی هوا هنوز یک علم در حال پیشرفت است و مدل‌ها به تدریج از لحاظ پیچیدگی و اندازه گسترش یافته و بالاخره مقیاس آن‌ها به میزان غیرقابل تصوری گسترش یافته و پیشرفت کرده است[۲]. مدل AERMOD[1] یک مدل گوسین پیشرفته است که برای مدل سازی پخش آلاینده‌های هوا از انواع منابع نقطه‌ای، حجمی و انواع مختلف منابع سطحی و برای فواصل کمتر از ۵۰ کیلومتر از منابع انتشار مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نرم‌افزار نخستین بار در سال ۱۹۹۱ توسط انجمن هواشناسی آمریکا[2] با همکاری آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا[3] تهیه شد[۳]. با توجه به این که وجود موانعی مانند ساختمان‌ها بر سر راه منابع آلاینده می‌تواند در نحوه پراکنش و میزان غلظت آلاینده های خروجی تاثیر مهمی داشته باشد و از طرفی از آن‌جا که بسیاری از مدل‌های کیفیت هوا، ساختمان را به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای ورودی نادیده می‌گیرند و اغلب در الگوریتم‌های بسیاری از مدل‌ها این پارامتر مهم لحاظ نمی‌گردد، هدف از این بررسی در نظر گرفتن ابعاد یا به عبارتی شکل ساختمان نزدیک منابع آلاینده یا به عبارت دیگر سازه‌های صنعتی مجاور دودکش‌ها بر نحوه پراکنش و پخش آلودگی در نواحی اطراف است. با توجه به این که مدل AERMOD یکی از مدل‌هایی است که این عامل را در محاسبات خروجی می‌تواند لحاظ کند و الگوریتمی به منظور در نظر گرفتن پارامتر ساختمان دارد و از طرفی این مدل یکی از مهم‌ترین و ارجح‌ترین مدل‌های توصیه شده توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا است، در این بررسی تاثیر ابعاد و شکل سازه‌های صنعتی به عنوان ورودی به مدل AERMOD بر خروجی این مدل بررسی می‌گردد. بدون تردید نتایج حاصل از این بررسی می‌تواند در مکان‌یابی، چیدمان و تعیین شکل سازه‌ها در صنایع در حال ایجاد و در نهایت تعیین استراتژی‌ها و سیاست‌های کنترل و کاهش آلودگی ناشی از صنایع جدیدالتاسیس بسیار موثر باشد. در ابتدا به تعدادی از مطالعات که در زمینه بررسی اثر ساختمان به ویژه با استفاده از مدل AERMOD انجام گرفته است اشاره می شود. در سال ۲۰۱۰ در قالب مطالعه‌ای موردی، آلاینده دی‌اکسیدگوگرد ناشی از منابع نقطه‌ای و منابع متحرک جاده‌ای در دو شهر دالاس و الیس کانتی در ایالت تگزاس آمریکا با استفاده از مدل AERMOD در مقیاس‌های زمانی مختلف شبیه‌سازی شد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد مدل در مقیاس زمانی ماهانه تخمین بهتری نسبت به مقیاس‌های ۱،۳،۸ ساعته و روزانه می‌دهد. علاوه بر این در انتهای این مقاله تاکید شده است که پارامترهایی مانند ارتفاع و مکان ساختمان‌ها می‌تواند در تعیین غلظت SO2 (پارامتر مورد بررسی در این مطالعه) در ناحیه مورد مطالعه موثر باشد که در این مطالعه نادیده گرفته شده است[۴]. در سال ۲۰۰۲ طی مطالعه‌ای پراکنش اتمسفری ناشی از پخش در نزدیکی ساختمان‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه از دو مدل شامل یک مدل ساده گوسی و مدل ADMS[4] به عنوان یک مدل پیشرفته استفاده شد. نتایج این بررسی نشان داد که ساختمان‌ها فقط در ناحیه کوچکی (کمتر از ۱ کیلومتر) در اطراف مکان رهاسازی بر روی غلظت تاثیر گذارند، فراتر از این ناحیه نیازی به لحاظ کردن اثر ساختمان در مدل سازی وجود ندارد[۵]. در سال ۲۰۰۷ طی مطالعه‌ای صحت مدل‌های AERMOD، OML و MISKAM با استفاده از داده‌های تونل باد برای ترکیب ساده یک ساختمان و یک دودکش بررسی گردید. در این مطالعه تغییر عوامل شکل ساختمان، ارتفاع و مکان دودکش مورد بررسی قرار گرفت[۶]. در سال ۲۰۰۵ مدل سازی آلودگی هوا با تاکید بر اثر ساختمان با استفاده از مدل AERMOD-ISC در محدوده نزدیک دانشکده علوم دانشگاه مالزی انجام گرفت. در واقع هدف اولیه از این مطالعه توجه به سطح آلودگی هوا بر سلامتی

ساکنین مجتمع علوم این دانشگاه بودکه به تجزیه و تحلیل مدل‌سازی آلودگی هوا با استفاده از مدلی که در بر گیرنده ریزش آلودگی در نزدیکی ساختمان و لحاظ کننده اثرات ساختمان است پرداخت. این بررسی نشان می‌دهد وجود ساختمان‌ها به میزان معنی‌داری غلظت‌ها را افزایش می دهد به همین دلیل برای انجام یک شبیه‌سازی بهتر، باید اثرات ساختمان لحاظ گردد[۷]. طی مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۹ تاثیر ساختمان ها بر جریان پخش آلودگی با استفاده از نرم‌افزار فلوئنت و با داشتن اطلاعات تونل باد در منطقه شهری بررسی گردید. نتایج این مطالعه نشان داد ترتیب و چیدمان ساختمان ها عامل مهمی در جریان پخش آلودگی می‌باشد[۸]. در این تحقیق تاثیر شکل و ابعاد سازه‌های صنعتی به عنوان ورودی به مدل AERMOD بر خروجی این مدل بررسی می‌گردد.

۲- مواد و روش‌ها

مدل AERMOD مدل پراکنشی حالت دایمی است که برای تعیین غلظت آلاینده های مختلف، در مناطق شهری و حومه‌ای، صاف و ناهموار، انتشار سطحی و در ارتفاع از منابع نقطه‌ای، حجمی و انواع مختلف منابع سطحی قابل استفاده است که بیشتر برای شبیه سازی پراکنش آلاینده‌ها در محدوده‌های تا ۵۰ کیلومتر پیشنهاد می شود. مدل AERMOD یک سیستم مدل‌سازی با دو پیش پردازش‌گرجداگانه است، پیش‌پردازش گرAERMET که پردازنده اطلاعات هواشناسی است و پیش‌پردازش‌گر AERMAP که پردازنده اطلاعات مربوط به عوارض زمین است [۹]. پیش پردازنده AERMET به عنوان یک پیش پردازنده هواشناسی است که به منظور سازماندهی و پردازش داده‌های هوا شناسی موجود در یک قالب مناسب برای استفاده توسط مدل AERMOD طراحی شده است و برای محاسبه ویژگی‌های سطحی مانند ضریب زبری سطح، سپیدایی، سرعت و جهت باد، پوشش ابر هم‌چنین محاسبه پارامتر های مرز لایه مانند طول مونین ابوخوف[۵]، مقیاس جریان همرفتی، دما و ارتفاع اختلاط مورد استفاده قرار می‌گیرد[۱۰]. AERMOD به‌منظور محاسبه غلظت‌های آلاینده‌های هوا در همه انواع عوارض زمین از دشت تا موقعیت‌های کوهستانی پیچیده طراحی شده است. AERMAP یک پیش‌پردازش‌گر عوارض زمین است که به منظور ساده‌سازی و استانداردسازی ورود داده‌های عوارض زمین برای AERMOD طراحی شده است [۱۱]. هم‌چنین مدل AERMOD از مدل افزایش ارتفاع صعود پلوم[۶] (PRIME) به منظور اعمال اثر ساختمان‌ها بر صعود پلوم و نحوه پراکنش آلاینده‌ها استفاده می‌کند [۱۲]. در مدل PRIME، جرم پلوم بین ناحیه فرورفتگی و دنباله که بر اساس مرزهای حاصل از تفکیک عمودی و افقی خطوط جریان به وجود آمده‌اند تقسیم می‌شود. در این مدل، پراکنش جرمی از پلوم، که در ناحیه فرورفتگی ساختمان به دام افتاده، با فرض اختلاط یکنواخت انجام گرفته و وابسته به هندسه سازه است. به دنبال ناحیه فرورفته، این جرم به دنباله منتشر می‌شود و در آن‌جا با جرم پلوم پیرامونی آمیخته شده و با میزان بیشتری نسبت به منطقه هوای آزاد پراکنده می‌شود که این پراکنش به محل منبع و ارتفاع آزادسازی آلاینده، هم‌چنین هندسه سازه بستگی دارد [۱۳]، [۱۴]. در این بررسی با توجه به این‌که شرایط را به صورت منطقه دشت یا بدون عارضه زمینی در نظر گرفتیم، بنابراین از پیش‌پردازش‌گر AERMAP استفاده‌ای به عمل نیامد و تنها به منظور پردازش اطلاعات هواشناسی از پیش‌پردازش‌گر AERMET استفاده گردید. لازم به ذکر است که در بررسی حاضر، داده های هواشناسی مربوط به منطقه عسلویه در استان بوشهر است و مشخصات دودکش هم مربوط به یکی از دودکش های واقع در همین منطقه می باشد، هم چنین علت انتخاب منطقه عسلویه در دسترس بودن داده های مربوط به این منطقه بوده است ولی مشخصات مربوط به پارامترهای ساختمانی کاملا به صورت فرضی برای مدل تعریف گردیده است زیرا مدل AERMOD یکی از مدل‌هایی است که عامل ساختمان را در محاسبات خروجی می‌تواند لحاظ کند و هدف بررسی تاثیر پارامترهای ساختمانی بر خروجی مدل AERMOD بوده است. علاوه بر این، ذکر این نکته ضروری است که در این بررسی، اثر شکل و ابعاد یک ساختمان بر خروجی مدل مد نظر قرار گرفته است. در ارتباط با اطلاعات ورودی لازم برای اجرای مدل در این بررسی فایل داده‌های هواشناسی به

صـورت ماهانه اسـت و تمامی جهات باد در این فایل هواشـناسـی ماهانه به یک جهت یعنی جهت غربی (۲۷۰ درجه) تغییر داده شـد تا با توجه به این که دودکش در مبدا مختصات و ساختمان در سمت راست دودکش و در سـمت x مثبت قرار دارد، به طور کامل فاکتورهای هواشـناسـی بر سـمتی که سـاختمان قرار داده می‌شـود تاثیر داده شـود. علاوه بر این، به دلیل عدم وجود داده‌های هواشـناسـی در چندین ارتفاع در بسـیاری از ایسـتگاه ها، ارتفاع اندازه گیری عوامل هوا شناسی سطحی مانند سرعت باد، جهت باد، دما و سـایر موارد در این مطالعه ارتفاع ۱۰ متری اسـت. در این مطالعه دودکش در مبدا مختصـات (۰و۰) در نظر گرفته شد و شبکه‌ای از پذیرنده‌ها با فا صله شبکه‌ای ۶۰ متر از یکدیگر در محدوده ۶×۶ کیلومتر مربع در اطراف این دودکش تعییـن گردیـد. جدول ۱ اطـلاعـات ورودی بـه مـدل مربـوط به منبع آلاینـده را در ایـن بررسـی نشـان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات منبع آلودگی

دمای گاز خروجی (کلوین)	دبی گاز خروجی (متر بر	قطر دودکش (متر)	ارتفاع دودکش (متر)	میزان انتشار آلاینده (گرم/ ثانیه)	Yمختصات(m)	Xمختصات (m)
۵۰۴	۸/۲	۳/۹	۴۰	۱۱۲/۳۵۵۹	۰	۰

۲-۱- الگوریت BPIP -PRIME: الگوریتمی به منظور بررسی اثر ساختمان

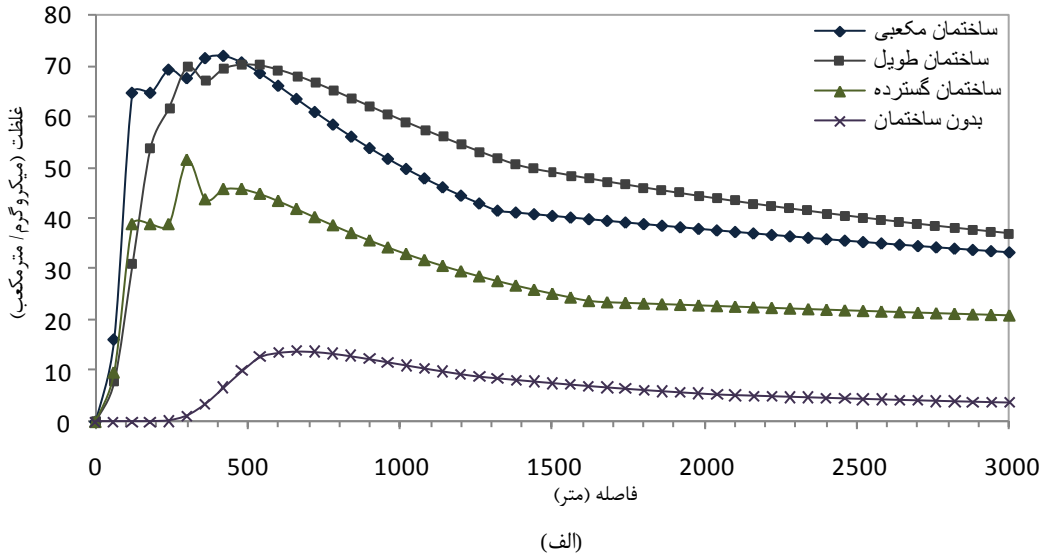
به منظور بررسی شکل و ابعاد ساختمان، دامنه‌ای از نسبت ارتفاع دودکش به ارتفاع ساختمان مورد بررسی قرار گرفته است که این نسبت‌ها شامل نسبت ۰/۵،۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۵ ،۱/۷۵و ۲ است که ارتفاع دودکش و ساختمان در تمامی این نسبت‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در تمامی این نسبت‌ها، ارتفاع دودکش ثابت در نظر گرفته شده است و با توجه به این نسبت‌ها ارتفاع ساختمان تغییر می‌کند. در این مطالعه به منظور بررسی تاثیر تغییر ابعاد ساختمان، تغییرات مربوط به ابعاد ساختمان از طریق بررسی شکل ساختمان در فایل ورودی برنامه BPIP-PRIME اعمال گردید. به این منظور ابتدا در کسر ارتفاع دودکش به ارتفاع ساختمان نسبت‌های مختلف تعریف شد، سپس با توجه به ارتفاع ساختمان در هر یک از این نسبت‌ها و شکل مورد نظر برای ساختمان، طول، عرض و ارتفاع برای هر یک از این اشکال تعیین گردید. به منظور بررسی اثر تغییر ابعاد برخروجی مدل AERMOD، ساختمان‌ها با اشکال مکعبی، عریض و طویل مورد بررسی قرار گرفت. در واقع ۳ شکل ساختمان در این بخش از تحقیق، مورد مطالعه قرار گرفت. پس از تعیین شکل و به دنبال آن ابعاد ساختمان، مختصات گوشه‌های ساختمان در برنامه BPIP-PRIME وارد و خروجی این برنامه وارد مدل AERMOD گردید و درنهایت خروجی این مدل بررسی شد. همان‌طور که جدول ۲ نشان می‌دهد، این اشکال مختلف ساختمان از لحاظ ابعاد با یکدیگر تفاوت دارند و بدین ترتیب اثر تغییر ابعاد بر خروجی مدل AERMOD مورد بررسی قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است با توجه به این‌که در این بررسی هدف مطالعه اثر شکل و ابعاد ساختمان بر خروجی مدل AERMOD بوده است، بنابراین در تمامی اجراها فاصله ساختمان از دودکش یکسان در نظر گرفته شد و در تمامی اجراها، تمامی اشکال ساختمان به میزان ارتفاع دودکش یعنی ۴۰ متر از دودکش فاصله داده شده‌اند، یعنی مختصات اولین گوشه در مورد تمامی اشکال و تمامی اجراها Y= ۰ و X= ۴۰ بوده است و ارتفاع ساختمان و شکل ساختمان تعیین کننده مختصات سه گوشه دیگر خواهد بود.

۳- نتایج و بحث

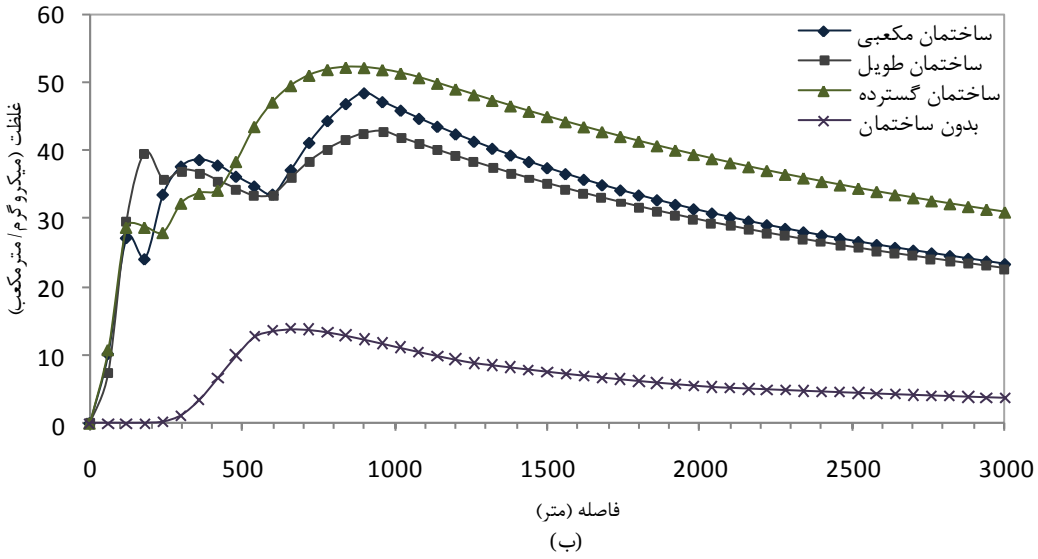
شکـل ۱ تاثیـر اشـکال مخـتلف ساختـمان را در نسبت‌های متفاوت ارتفـاع دودکش به ارتـفاع ساختمان (HS/HB) بر روی غلظت آلاینده نشان می‌دهد.

جدول ۲- انواع اشکال ساختمان و تعیین ابعاد ساختمان با توجه به نسبت ارتفاع دودکش به ارتفاع ساختمان

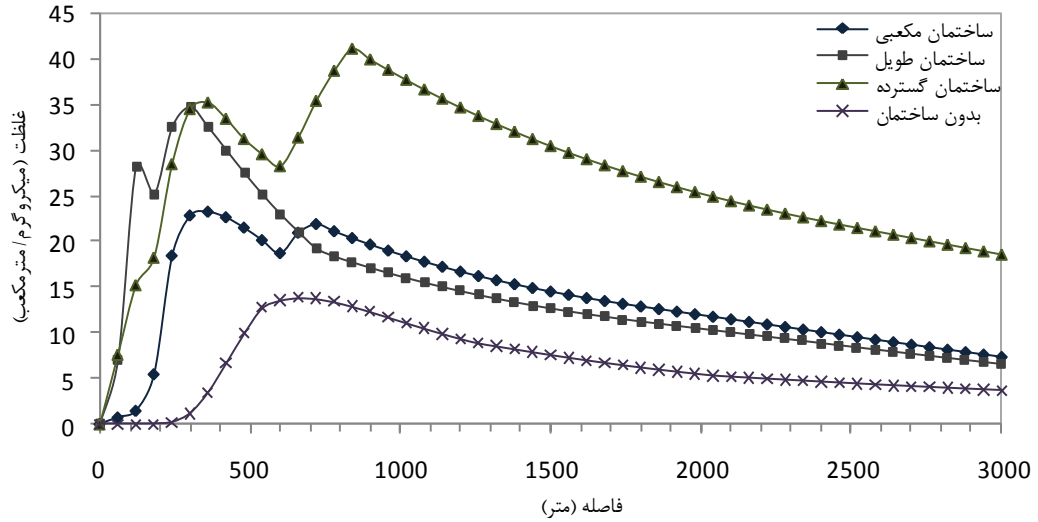
شکل ساختمان	ارتفاع ساختمان (متر)	عرض ساختمان (متر)	طول ساختمان (متر)	نسبت ارتفاع دودکش به ارتفاع ساختمان
مکعب (H=L=W)	۸۰	۸۰	۸۰	۰/۵
مکعب (H=L=W)	۵۳/۳۴	۵۳/۳۴	۵۳/۳۴	۰/۷۵
مکعب (H=L=W)	۴۰	۴۰	۴۰	۱
مکعب (H=L=W)	۳۲	۳۲	۳۲	۱/۲۵
مکعب (H=L=W)	۲۶/۶۷	۲۶/۶۷	۲۶/۶۷	۱/۵
مکعب (H=L=W)	۲۲/۸۶	۲۲/۸۶	۲۲/۸۶	۱/۷۵
مکعب (H=L=W)	۲۰	۲۰	۲۰	۲
گسترده (W=2H , L=H)	۸۰	۱۶۰	۸۰	۰/۵
گسترده (W=2H , L=H)	۵۳/۳۴	۱۰۶/۶۸	۵۳/۳۴	۰/۷۵
گسترده (W=2H , L=H)	۴۰	۸۰	۴۰	۱
گسترده (W=2H , L=H)	۳۲	۶۴	۳۲	۱/۲۵
گسترده (W=2H , L=H)	۲۶/۶۷	۵۳/۳۴	۲۶/۶۷	۱/۵
گسترده (W=2H , L=H)	۲۲/۸۶	۴۵/۷۲	۲۲/۸۶	۱/۷۵
گسترده (W=2H , L=H)	۲۰	۴۰	۲۰	۲
طویل (L=2H ,W=H)	۸۰	۸۰	۱۶۰	۰/۵
طویل (L=2H ,W=H)	۵۳/۳۴	۵۳/۳۴	۱۰۶/۶۸	۰/۷۵
طویل (L=2H ,W=H)	۴۰	۴۰	۸۰	۱
طویل (L=2H ,W=H)	۳۲	۳۲	۶۴	۱/۲۵
طویل (L=2H ,W=H)	۲۶/۶۷	۲۶/۶۷	۵۳/۳۴	۱/۵
طویل (L=2H ,W=H)	۲۲/۸۶	۲۲/۸۶	۴۵/۷۲	۱/۷۵
طویل (L=2H ,W=H)	۲۰	۲۰	۴۰	۲



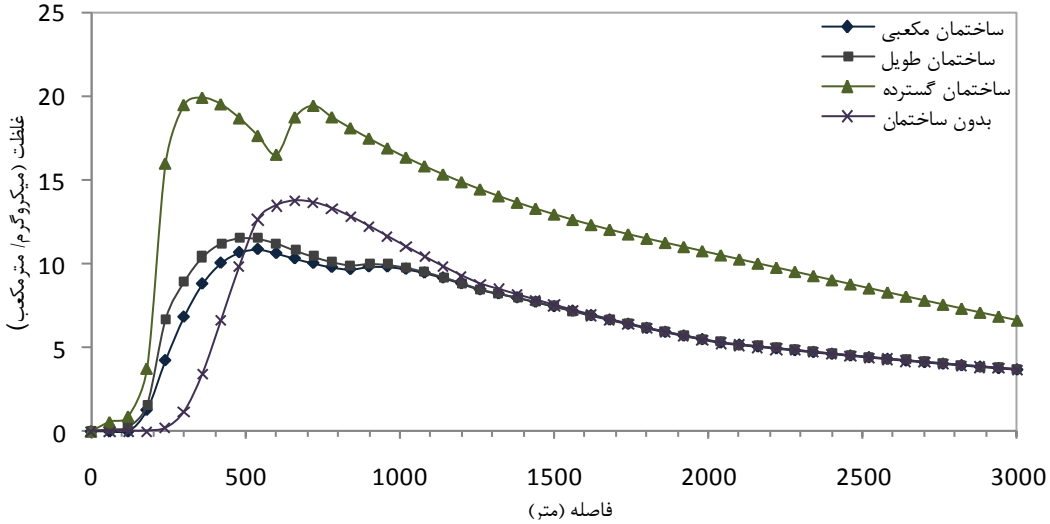
(الف)


ساختمان مکعبی
ساختمان طویل
ساختمان گسترده
بدون ساختمان
غلظت (میکروگرم/ مترمکعب)
فاصله (متر)

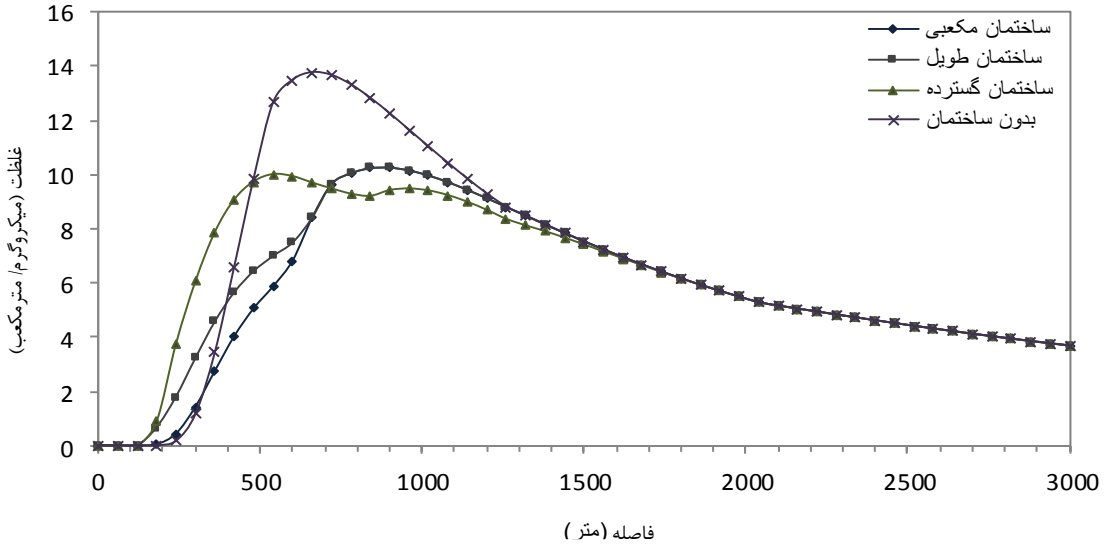
(ب)


ساختمان مکعبی
ساختمان طویل
ساختمان گسترده
بدون ساختمان
غلظت (میکروگرم/ مترمکعب)
فاصله (متر)

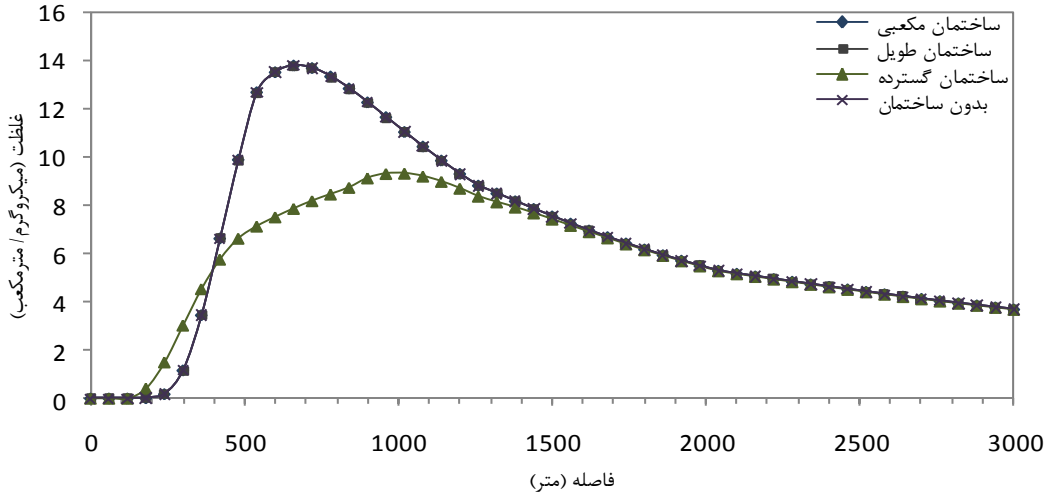
(ج)


ساختمان مکعبی
ساختمان طویل
ساختمان گسترده
بدون ساختمان
غلظت (میکروگرم/ مترمکعب)
فاصله (متر)

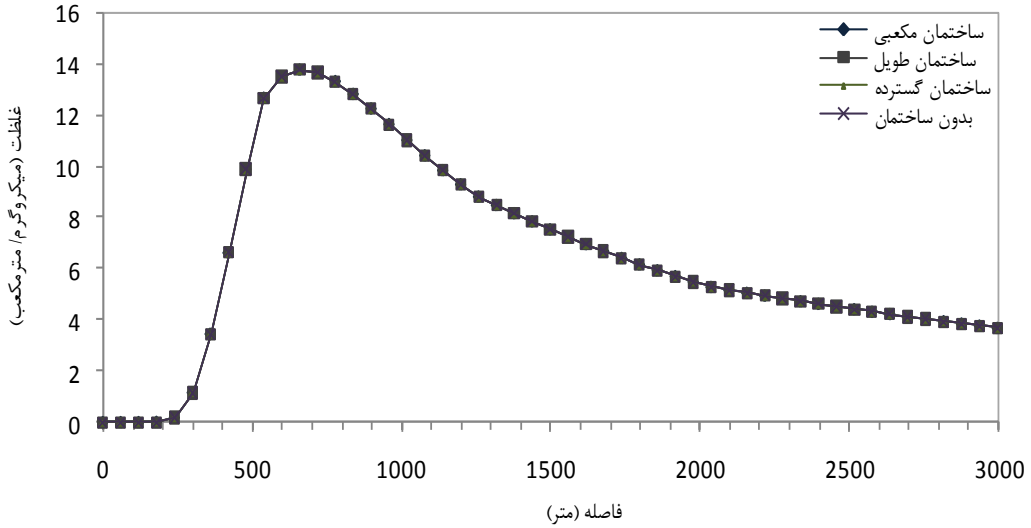
(د)



(و)



(هـ)

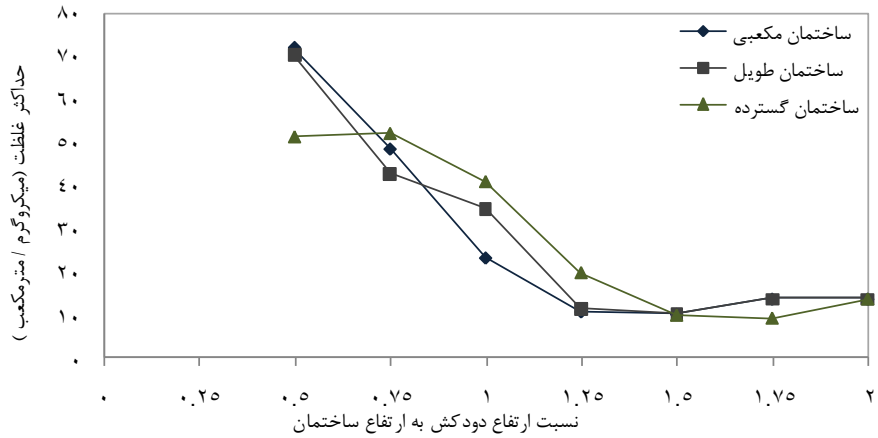


(ی)

شکل ۱- تاثیر اشکال مختلف ساختمان بر روی غلظت آلاینده (در نسبت‌های متفاوت ارتفاع دودکش به ارتفاع ساختمان)
(الف) ۰/۵ (ب) ۰/۷۵ (ج) ۱ (د) ۱/۲۵ (و) ۱/۵ (ه) ۱/۷۵ (ی)۲

با توجه به نمودارهای شکل ۱، در نسبت ۰/۵ بیشترین میزان غلظت مربوط به ساختمان‌های مکعبی بوده و پس از آن از فاصله ۵۰۰ متری، غلظت در ساختمان‌های طویل بیشتر است. در نسبت ۰/۷۵ نیز تا فاصله ۳۰۰ متری از دودکش تاثیر ساختمان‌های طویل بر روی غلظت بیشتر است سپس غلظت در تمامی اشکال به هم نزدیک می‌شود و از فاصله ۴۰۰ متری به بعد ساختمان‌های گسترده تاثیر بیشتری بر افزایش غلظت دارند. در نسبت ۱ نیز در فواصل ابتدایی تا ۲۰۰ متری از دودکش غلظت در مورد ساختمان‌های طویل بالاتر است اما از این فاصله به بعد تاثیر ساختمان‌های عریض بر افزایش غلظت بسیار محسوس است. در نسبت‌های بالاتر از ۱ یعنی ۱/۲۵ ، ۱/۵ و ۱/۷۵ بیشترین میزان افزایشی غلظت مربوط به ساختمان‌های گسترده است. البته در مورد نسبت ۱/۷۵ تا فاصله ۴۰۰ متری در ساختمان‌های گسترده روند افزایشی غلظت و پس از آن روند کاهش دیده می‌شود. علاوه بر این، همان‌گونه که نمودار (ی) در شکل ۱ نشان می‌دهد، در مورد نسبت ۲ تاثیر تمامی ساختمان‌ها به یک میزان است و غلظت در این نسبت در مورد تمامی اشکال ساختمان با حالتی که هیچ‌گونه ساختمانی در مدل‌سازی دخیل نیست تفاوتی ندارد. همان‌گونه که نمودارهای بالا نشان می‌دهند بیش‌ترین تاثیر بر روی غلظت آلاینده در نسبت‌های بالاتر از ۱ و همین‌طور تا میزان زیادی در نسبت ۱ مربوط به ساختمان‌های عریض یا گسترده که در آن‌ها عرض ساختمان یعنی طرفی که باد به آن می‌خورد ۲ برابر طول و ۲ برابر ارتفاع ساختمان است و این ساختمان‌ها بالاترین نوسان را در غلظت نشان می‌دهند. به عبارت دیگر با کوتاه‌تر شدن ساختمان نسبت به دودکش تاثیر ساختمان‌های عریض یا گسترده افزایش می‌یابد. علاوه بر این، با توجه به این‌که غلظت در حالت بدون ساختمان نیز در تمامی نمودارها آورده شده است ، در نسبت‌های ۰/۵،۰/۷۵ و ۱ تاثیر تمامی اشکال ساختمانی بر افزایش غلظت نسبت به حالت بدون ساختمان در تمامی فواصل از دودکش بسیار محسوس است ولی در نسبت ۱/۲۵ این تاثیر بر افزایش غلظت در ساختمان‌های گسترده کاملا" دیده می شود و در مورد ساختمان‌های مکعبی و طویل تا فاصله ۵۰۰ متری قابل مشاهده است و پس از آن غلظت دراین دو شکل ساختمانی تا فاصله ۱۳۰۰ متری نسبت به حالت بدون ساختمان کاهش می‌یابد و از این فاصله به بعد غلظت در این دو شکل با حالت بدون ساختمان برابر می‌شود. در نسبت ۱/۵ به طور کلی از فاصله ۳۰۰ متری به بعد غلظت در تمامی اشکال ساختمانی از حالت بدون ساختمان کمتر است ولی تا این فاصله باز هم غلظت در شکل ساختمانی گسترده نسبت به سایر اشکال بیشتر می‌باشد. در نسبت ۱/۷۵ نیز همان‌گونه که پیش از این ذکر شد، تاثیر ساختمان‌های گسترده بر غلظت‌ها نسبت به حالت بدون ساختمان یک تاثیر کاهشی است و در نسبت ۲ نیز همان‌گونه که ذکر شد غلظت در تمامی اشکال با حالت بدون ساختمان برابر است و به عبارت دیگر در این نسبت وجود ساختمان هیچ تاثیری بر غلظت‌ها ندارد.

شکل ۲ نمودار میزان حساسیت خروجی مدل AERMOD را نسبت به ایجاد تغییرات در شکل ساختمان نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل ۲ مشخص است، بالاترین میزان غلظت آلاینده مربوط به ساختمان‌هایی با شکل عریض است یا به عبارت دیگر ساختمان‌هایی که در آن عرض ساختمان دو برابر طول و ارتفاع ساختمان است. تنها استثنا در شکل ساختمانی عریض مربوط به نسبت ۰/۵ و ۱/۷۵ است که در این دو نسبت حداکثر غلظت آلاینده نسبت به دو شکل مکعبی و طویل میزان پایین‌تری را نشان می‌دهد. در سایر نسبت‌ها میزان حداکثر غلظت آلاینده در ساختمان‌های عریض بالاتر از دو شکل ساختمانی طویل و مکعبی است. بنابراین با توجه به شکل ۲ در مجموع به نظر می‌رسد که خروجی مدل نسبت به عرض ساختمان حساسیت بیشتری دارد.



شکل۲- نمودار حداکثر غلظت آلاینده در نسبت‌های متفاوت ارتفاع دودکش به ارتفاع ساختمان

جدول ۳ تعدادی از نسبت‌های ذکر شده در بخش تغییر ابعاد ساختمان را نشان می‌دهد. در این شکل روند افزایش حداکثر غلظت همراه با افزایش ابعاد ساختمان تقریبا" در تمامی نسبت‌ها و در مورد تمامی اشکال ساختمان به طور جداگانه دیده می‌شود. به عبارت دیگر چنان‌چه تغییر ابعاد را نه از طریق اشکال مختلف بلکه از طریق تغییر در ابعاد هر شکل به صورت جداگانه مانند جدول ۳ لحاظ کنیم، دیده می‌شود که با افزایش ابعاد (طول ، عرض و ارتفاع) در هر شکل میزان غلظت آلاینده افزایش می‌یابد.

جدول ۳- تغییرات حداکثر غلظت آلاینده با تغییر ابعاد ساختمان

تغییر ابعاد	حداکثر غلظت	ابعاد ساختمان	
(H=L=W)	۱۳/۷۷۲۳۸	۲۰،۲۰،۲۰	Cubic
(H=L=W)	۲۳/۲۹۸۱۰	۴۰،۴۰،۴۰	Cubic
(H=L=W)	۲۵/۱۲۲	۸۰،۸۰،۸۰	Cubic
(W=2H , L=H)	۱۳/۷۷۲۳۸	۲۰،۲۰،۴۰	Wide
(W=2H , L=H)	۴۱/۰۵۵۱۹	۴۰،۴۰،۸۰	Wide
(W=2H , L=H)	۵۱/۴۶۰۷۷	۸۰،۸۰،۱۶۰	Wide
(L=2H ,W=H)	۱۳/۷۷۲۳۸	۲۰،۴۰،۲۰	Long
(L=2H ,W=H)	۳۴/۶۹۷۸۰	۴۰،۸۰،۴۰	Long
(L=2H ,W=H)	۷۰/۳۵۷۰۵	۸۰،۱۶۰،۸۰	Long

اثرات ساختمان به عنوان یک عارضه مهم در بسیاری از مسایل علمی انتشار مطرح است ولی مطالعات مقایسه‌ای اندکی در این زمینه وجود دارد. در سال ۲۰۰۹، اولسن و همکاران با استفاده از مجموعه داده های جامع که در سال ۱۹۹۰ توسط تامپسون در زمینه انتشار آلودگی در پشت ساختمان‌های چهارگوش با استفاده از تونل باد جمع‌آوری شده بود، به مقایسه مدل‌سازی با استفاده از مدل های AERMOD، OML و MISKAM پرداختند. دراین مطالعه، داده‌های حاصل از تونل باد به عنوان داده‌های مشاهده شده (Observed) در نظر گرفته شد و برآورد حاصل از مدل‌سازی با استفاده از سه مدل ذکر شده با نتایج تونل باد مقایسه گردید. در مطالعه مذکور سه پارامتر مهم مد نظر قرار دارد، ۱- شکل ساختمان ۲- ارتفاع دودکش و ۳- مکان دودکش. در زمینه شکل ساختمان لازم به ذکر است که دو شکل ساختمان در این مطالعه بررسی شد، ساختمان مکعبی شکل و ساختمان عریض و در زمینه ارتفاع دودکش نیز ارتفاع دودکش را ۱، ۱/۵ و ۲ برابر ارتفاع ساختمان در نظر گرفتند. در تمامی این سه نسبت سه مدل ذکر شده با استفاده از داده‌های در دسترس اجرا گردید. علاوه بر این یک حالت بدون ساختمان هم در هر یک از این سه نسبت در نظر گرفته شد و مدل‌ها برای حالت بدون ساختمان نیز اجرا گردید. 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. علاوه بر آن، این مطالعه نشان داد در میان سه مدل ذکر شده AERMOD-PRIME بالاترین حساسیت را نسبت به عرض ساختمان داشته [۶] و بنابراین نتایج به دست آمده با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

هال و همکاران(۲۰۰۰) به مقایسه میان سه مدل AERMOD , ISC و ADMS به منظور کاربردهای تنظیمی پرداختند. در مطالعه مذکور دو دودکش با ارتفاع ۴۰ متر و ۱۵۰ 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 بسیار گسترده، عرض ساختمان هفت برابر ارتفاع ساختمان و یک دودکش با ارتفاع ۴۰ متر نشان داده شد. ساختمان مکعبی شکل، در این مطالعه یک بار با ابعاد ۲۵ متر و بار دیگر با ابعاد ۳۵ 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 ۲۵ به ۳۵ 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[۱۵] که از لحاظ حساسیت نتایج مدل به تغییر شکل ساختمان با مطالعه حاضر کاملا" مطابقت دارد.

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه تاثیر ابعاد و شکل ساختمان‌ها و سازه‌های موجود در سایت صنعتی بر خروجی مدل AERMOD مورد بررسی قرار گرفت. در زمینه بررسی تاثیر ابعاد، نتایج حاصل بیانگر آن است که صرف نظر از شکل

ساختمان با افزایش ابعاد ساختمان غلظت آلاینده به میزان قابل ملاحظه‌ای در پایین دست ساختمان افزایش می‌یابد. در زمینه ا شکال ساختمانی نیز نتایج ن شان می‌دهد که شکل ساختمانی گسترده یا عریض (ساختمان‌هایی که در آن عرض ساختمان دو برابر طول و ارتفاع ساختمان است) تاثیر افزایشی بیشتری بر غلظت آلاینده نسبت به دو شکل ساختمانی دیگر دارد و در مجموع به نظر می‌رسد که خروجی مدل نسبت به عرض ساختمان حساسیت بیشتری را نشان می‌دهد.

تشکر و قدردانی

در پایان از راهنمایی‌های ارزنده و بی دریغ آقایان مهندس سلیمیان و مهندس مومنی صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

پی‌نوشت

[1] AMS/EPA Regulatory Model (Atmospheric dispersion modeling)
[2] American Meteorological Society (AMS)
[3] Environmental Protection Agency (EPA)
[4] Atmospheric Dispersion Modelling System (ADMS)
[5] Monin-Obukhov Length
[6] Plume Rise Model Enhancement (PRIME)

منابع

[1] Daly A,With Z P.Air pollution modeling– An Overview.Chapter 2 of Ambient air pollution. Published by The Arab School for Science and Technology and The EnviroComp Institute; 2008. P. 404.

[2] Amid M. Modelling emissions in Abuali Sina Complex Petrochemical. Ms.c.: Environmental Engineering, Tehran University, Iran; 2010. p. 123. [In Persian]

[3] EPA, User's Guide for AMS/EPA Regulatory Model – AERMOD, http://www.epa.gov/scram001, (assessed: Sep , 2002).

[4] Zou B, Zhan FB, Wilson JG, Zeng Y. Performance of AERMOD at different time scales. Simulation Modelling Practice and Theory ; 2010; 18 (1):612– 623.

[5] Walsh C, Jones JA. Atmospheric Dispersion from Releases in the Vicinity of Buildings, http://www.nrpb.org/publications/w_series_reports/2002/nrpb_w16.pdf, (assessed: 2002).

[6] Olesen HR, Berkowicz R, Ketzel M, Lofstrom P. Validation of OML, AERMOD/PRIME and MISKAM Using the Thompson Wind- Tunnel Dataset for Simpel Stack-Building Configurations. Boundry-layer Meteorol; 2009; 131(1):73-83.

[7] Yean TS, Lye KH, Ismail AI. Modelling Near Field Air Pollution USM:Effects of Downwash; http://www.eprints.usm.my/155.pdf, (assessed: September, 2004).

[8] Di Sabatino S, Buccolieri R, Pulvirenti B, Britter RE. Application and validation of FLUENT flow and dispersion modelling within complex geometries. Environmental Sciences; 2009; 6(1) : 3-11.

[9] EPA, User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model AERMOD, http://www.epa.gov/scram001, (assessed: sep, 2004).

[10] EPA, AERMOD Implementation Guide, http://www.epa.gov/scram001, (assessed: March 19, 2009).

[11] EPA,Addendum-User's Guide for the AERMOD Terrain Preprocessor (AERMAP), http://www.epa.gov/scram001, (assessed: oct, 2004).

[12] Schulman L, Strimaitis DG, Scire GS. Development and Evaluation of the PRIME Plume Rise and Building Downwash Model. Journal of the Air and Waste Management Association; 2000; 50: 378-390.

[13] Cimorelli AJ, Perry SG, Venkatram A, Weil JC, Paine RJ, Wilson RB, Lee R F, Peters W D, Brode R W. AERMOD: description of model formulation, http://www.epa.gov/scram001/. pdf, (assessed: sep19, 2004).

[14] Cimorelli AJ, Perry SG, Venkatram A, Weil JC, Paine RJ, Wilson R B, Lee R F, Peters W D, Brode R W. AERMOD: a dispersion model for industrial source applications. Part I: general model formulation and boundary layer characterization. Journal of Applied Meteorology; 2005; 44:682–693.

[15] Hall D J, Spanton A M, Dunkerley F, Bennett M, Griffiths R F. An Intercomparison of AERMOD, ADMS and ISC Dispersion Models for Regulatory. Applications 7th International Conference on Harmonisation Within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Belgirate, Italy; 2001.