مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره یازدهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۷، صفحات ۳۶۵ تا ۳۷۶

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

عملکرد پیش‌پردازنده AERMET در محاسبه پارامترهای لایه مرزی و بررسی تاثیر آن بر خروجی‌های غلظت مونوکسید کربن در مدل AERMOD در مقایسه با داده‌های جو بالا

مصطفی کلهر[۱،*]، سحر قلعه عسگری[۲]، مهسا بزرگی[۳]

۱- گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

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

۳- گروه محیط زیست، دانشکده علوم محیط‌زیست، دانشگاه یزد، یزد، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵/۰۷
تاریخ ویرایش: ۹۷/۰۷/۲۵
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۰۲
تاریخ انتشار: ۹۷/۰۹/۲۸

واژگان کلیدی: مدلسازی آلودگی هوا، مدل گوسی، پیش پردازنده هواشناسی، مونوکسید کربن، داده‌های جو بالا

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

kalhor@ut.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به حساسیت زیاد مدل‌های گوسی به ورودی‌های هواشناسی، لازم است تا داده‌های هواشناسی با دقت بالایی وارد مدل گردد. با توجه به در دسترس نبودن اطلاعات هواشناسی در تمامی نقاط کشور به‌خصوص داده‌های جو بالا، لذا استفاده از فرمول‌های نیمه‌تجربی به منظور تخمین پارامترهای لایه مرزی اجتناب ناپذیر بوده که باعث ایجاد خطا در شبیه‌سازی لایه مرزی و همچنین خروجی‌های غلظت خواهد شد. در این مقاله به بررسی اثرات استفاده از داده‌های تخمینی جو بالا بر مقادیر غلظت خروجی مدلسازی خواهیم پرداخت.

روش بررسی: برای این منظور مدل AERMOD View 8.9 یکبار با داده‌های واقعی جو بالا و یکبار با داده‌های تخمینی، در شرایط یکسان اجرا شده است. از آزمون‌های آماری مستقل t (T-Student) و لون (LEVENE) به منظور بررسی تفاوت‌های معنی‌دار بین غلظت‌ها در دو حالت فوق استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که استفاده از داده‌های تقریبی جو بالا منجر به خطا در غلظت آلاینده‌ها تا ۶۳ درصد، در مدلسازی کوتاه مدت و تا ۳۳ درصد، در مدلسازی بلند مدت خواهد شد که رقم قابل توجهی است. همچنین تفاوت‌های آشکاری در محاسبات پارامترهای لایه مرزی در دو حالت وجود دارد که تحلیل‌های آماری نشان‌دهنده معنی‌دار بودن ($p=۰/۰۰$) این تفاوت‌ها بود. میزان اختلاف بین پارامترهای لایه مرزی در این دو حالت برای ارتفاع لایه مرزی همرفتی، گرادیان دمای پتانسیل و مقیاس سرعت (همرفتی) به ترتیب برابر ۱۹ و ۴۸ و ۷/۱ درصد بوده است.

نتیجه‌گیری: استفاده از داده‌های واقعی جو بالا در مدلسازی‌ها ضروری بوده و در غیر این صورت نتایج مدلسازی باید در یک دامنه اطمینان با درصد خطا مشخص بیان گردد.

Please cite this article as: Kalhor M, Ghaleh Askari S, Bozorgi M. AERMET performance in evaluation of boundary layer parameters and its effect on carbon monoxide concentration outputs in AERMOD model compared to upper air data. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;11(3):365-76.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-11]

مقدمه

آلودگی هوا بخش جدایی ناپذیری از توسعه صنعتی و زندگی شهری در چندین دهه اخیر بوده است (۱، ۲). وجود منابع متنوع آلودگی هوا اعم از منابع متحرک، منابع صنعتی، منابع طبیعی (مانند طوفان‌های گرد و غبار) و همچنین تنوع وسیع و روز افزون آلاینده‌های آلی و شیمیایی باعث پیچیدگی هر چه بیشتر این پدیده گردیده و نحوه مدیریت آلودگی هوا، کنترل و ارزیابی خسارات را دشوارتر از قبل نموده است (۶-۳).

مدلسازی آلودگی هوا به‌عنوان ابزاری به منظور پیش‌بینی، تحلیل، تصمیم‌گیری و مدیریت آلودگی هوا از دیر باز مورد توجه بوده است. کاربردهای گوناگون مدلسازی آلودگی هوا باعث توسعه روزافزون این ابزار به منظور استفاده در پیش‌بینی پخش و پراکنش آلاینده‌ها، طراحی شبکه‌های پایش، ارزیابی اثرات محیط‌زیستی و غیره شده است (۹-۷). کاربری نسبتا آسان، برپایی و اجرای سریع و دقت قابل قبول در سناریوها و شرایط جوی مختلف از جمله مزایای این مدل‌ها است. مدل‌های گوسی و به‌طور کلی مدل‌های آلودگی هوا نیازمند دو دسته اطلاعات اصلی به منظور مدلسازی هستند که شامل اطلاعات منابع و اطلاعات اقلیمی است. اطلاعات اقلیمی شامل اطلاعات هواشناسی و کاربری اراضی است که می‌بایست به‌عنوان پارامترهای بسیار مهم وارد مدل‌های آلودگی هوا نمود (۱۰، ۱۱).

معمولا در کشورهای در حال توسعه اطلاعات جامع و کاملی در خصوص پارامترهای هواشناسی در اختیار نیست و همچنین با توجه به ماهیت مدلسازی آلودگی هوا و استقرار صنایع در خارج از شهرها، امکان تهیه داده‌های هواشناسی قابل قبول برای منابع دور از شهر وجود ندارد که این امر با توجه به حساسیت زیاد مدل‌های آلودگی هوا به داده‌های هواشناسی، اثرات مخربی بر نتایج مدلسازی خواهد داشت (۱۲). استفاده از داده‌ها و اندازه‌گیری‌های هواشناسی محلی، استفاده از روابط نیمه‌تجربی و همچنین استفاده از مدل‌های هواشناسی میان مقیاس، از جمله راهکارهایی جایگزین بوده که البته عاری از خطا نبوده و باعث عدم قطعیت در خروجی‌های غلظت خواهد شد (۱۱، ۱۲).

در این مقاله به بررسی تاثیر استفاده از داده‌های جو بالای تقریبی، در محاسبه پارامترهای لایه مرزی و همچنین میزان غلظت خروجی مدل AERMOD خواهیم پرداخت. انتظار می‌رود که استفاده از داده‌های تخمینی جو بالا در مدلسازی آلودگی هوا منجر به نتایج متفاوتی نسبت به استفاده از داده‌های واقعی جو بالا شود. این اختلاف (خطا) ناشی از تخمین متفاوت در پارامترهای لایه مرزی است که نهایتا منجر به ایجاد تفاوت در غلظت‌های محاسبه شده توسط مدل AERMOD خواهد شد. در این مقاله به بررسی مقدار خطای ایجاد شده و همچنین معنی‌دار بودن آن خواهیم پرداخت.

-مدل AERMOD و ماژول هواشناسی AERMET

مدل AERMOD یک مدل گوسی پخش و پراکنش آلاینده‌های گازی بوده که رفتار پلوم حاوی آلاینده‌ها را بر مبنای حل معادلات پخش و پراکنش در حالت دائمی مدلسازی می‌کند. توزیع جرم آلاینده در راستای افقی گوسی و در راستای عمودی دو- گوسی بوده و جهت انتقال آلاینده باد محور است. عملکرد مدل AERMOD برای مدلسازی نزدیک سایت (حداکثر ۵۰ km) برای شرایط پایداری مختلف بر مبنای مفاهیم تلاطم لایه مرزی سیاره‌ای استوار است. این مدل از پیش‌پردازنده هواشناسی AERMET بهره می‌برد که در واقع نسخه کامل شده پیش‌پردازنده MPRM (Meteorological Processor for Regulatory Models) بوده که با تغییراتی در محاسبات پارامترهای لایه مرزی و در نظر گرفتن الگوریتم‌های جدیدی به منظور تاثیرات فرونشست آلاینده‌ها به AERMET تغییر نام داده است (۱۳).

پیش‌پردازنده AERMET با گرفتن داده‌های خام هواشناسی سطحی و جو بالا، پس از کنترل کیفیت و ادغام داده‌ها، اقدام به محاسبات برخی پارامترهای لایه مرزی همانند طول مونین-ابوخوف (Monin-Obukhov)، ارتفاع اختلاط همرفتی و مکانیکی، مقیاس سرعت همرفتی و غیره می‌نماید که به‌صورت خروجی وارد مدل AERMOD خواهند شد. در پیش‌پردازنده AERMET، در شرایطی که اطلاعات جو بالا در دسترس نیست، این قابلیت وجود دارد که با توجه به اطلاعات هواشناسی سطحی، محاسبات پارامترهای لایه مرزی صورت بگیرد که این مهم براساس فرمول‌های تجربی و نیمه

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-11]

تجربی ارائه شده انجام می‌شود (۱۲، ۱۴). همانطورکه در بخش قبل بیان شـد، به دلیل در دسترس نبودن داده‌های جو بالا در اغلـب نقاط کشـور به‌خصوص در مکان‌هـای دور از فرودگاه‌ها و صنایعی که دارای سـایت‌های هواشناسـی محلی نیسـتند، اسـتفاده از داده‌هـای تقریبـی جو بالا (که با کمـک داده‌های سطحی محاسبه شده‌اند) رواج بسیار دارد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسـی نتایج حاصل از اجـرای مدل AERMOD View 8.9 بـا داده‌هـای واقعی و تخمینی جو بـالا، اقدام به بررسـی و مدلسازی یک دودکش در شـرایط کاملا یکسان در هر دو حالت شـده اسـت. ابتدا پیش‌پردازنده AERMET با داده‌های واقعی (اندازه‌گیری شـده) سطحی و جو بالای ۵ ساله (۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸) شـهر مشـهد اجرا شـده و پارامترهای لایه مرزی در این حالت استخراج شده و مورد تحلیل آماری توسط نرم‌افـزار SPSS,19 قرار گرفته اسـت. داده‌های هواشناسـی سـطحی از سـازمان هواشناسـی ایران و داده‌های جـو بالا از سـازمان ملی آب و اقیانـوس ایالات متحده آمریکا اخذ شـده اسـت. سـپس مدل AERMOD با توجه به ایـن اطلاعات اجرا شـده و خروجی‌های آلاینده مـورد نظر در بازه‌های زمانی مختلف، در تمامی نقاط شـبکه اسـتخراج شده و مورد تحلیل آماری قرار گرفته است.

در سناریوی دوم از همان داده‌های سطحی واقعی استفاده شده اما داده‌های جو بالا توسـط مـدل پیش‌پردازنده AERMET تخمین زده شـده اسـت. در این حالت نیـز خروجی‌های لایه مرزی AERMET مورد بررسـی و تجزیه تحلیل آماری قرار گرفته است. با اسـتفاده از این خروجی‌ها برای شرایط آلودگی یکسـان، مدل AERMOD بار دیگر اجرا شده و نتایج غلظت در همان نقاط قبلی اسـتخراج و مورد ارزیابی قرار گرفته است. در پایان خروجی‌های AERMET و AERMOD در هر دو حالت با یکدیگر مقایسـه شـده است. لازم به ذکر است مطالعه حاضر معطوف به بررسـی اثرات اسـتفاده از داده‌های تخمینی جو بالای هواشناسـی بر روی مقادیر خروجی مدل‌های آلودگی هوا بوده و بررسـی جمعیت تحت تاثیر و اثرات ارزیابی ریسک مـد نظر نیسـت. خلاصـه‌ای از ورودی‌هـای AERMET و AERMOD در جدول ۱ بیان شده است.

یافته‌ها

بررسی پارامترهای هواشناسی محاسبه شده توسط پیش‌پردازنده AERMET در هـر دو حالـت نشـان داد کـه در بین تمام داده‌های لایه مرزی محاسبه شده تنها بین سه پارامتر اختلاف وجود دارد و سـایر پارامترهای محاسباتی یکسان هستند. برای ایـن منظور فایل‌های خروجی مدل AERMET که به‌صورت فایل‌های SFC. و PFL. بوده مورد بررسـی قرار گرفته است.

جدول ۱- مشخصات نحوه مدلسازی صورت گرفته به منظور مقایسه دو نوع داده‌های هواشناسی

مولفه‌های مدلسازی	مقدار وارد شده
محل مدلسازی	شهر مشهد
داده هواشناسی سطحی	اندازه‌گیری شده در بازه زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸ (فرودگاه هاشمی نژاد)
داده هواشناسی جو بالا	یک بار داده‌های واقعی (اندازه‌گیری شده) و یک بار داده‌های تخمینی
کاربری اراضی	تک کاربری با ضرایب آلبدو ۰/۲، باون ۱/۶۲، زبری ۱ m
نوع مدلسازی	شهری
آلاینده	مونوکسید کربن، خروجی یک ساعته و سالانه
منبع	یک دودکش ۵۰ m با دمای گاز خروجی ^{0}C ۲۰۰
شعاع مدلسازی	۵۰ km، شبکه منظم با ۴۴۱ نقطه
خروجی مدل	تمامی غلظت‌های خروجی در تمام نقاط در هر ساعت

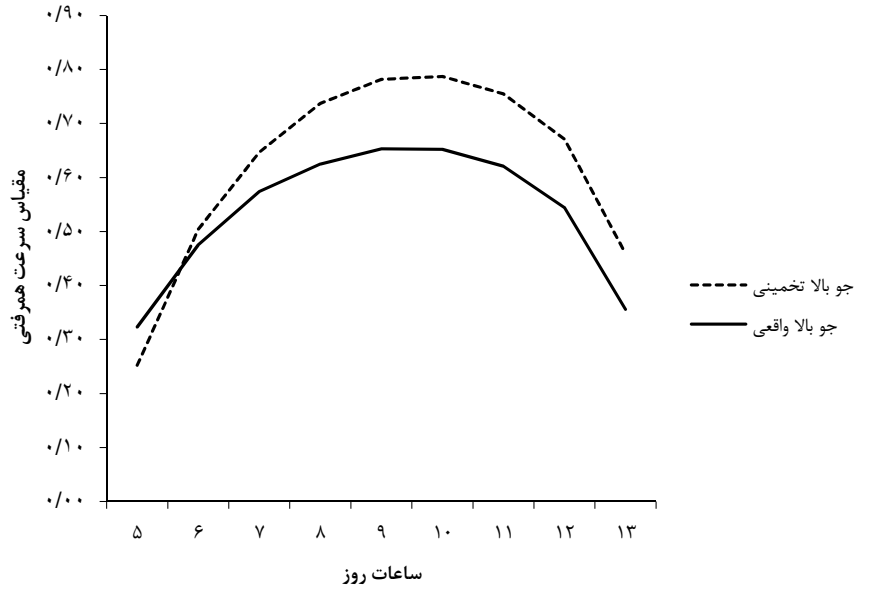
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-11]

فایل PFL. که اساسا یک فایل کنترلی بوده و در هر دو حالت، مشابه اســت و نیاز به بررسی ندارد. فایل دوم با پسوند SFC. است که مورد بررســی قرار گرفت و تمامی پارامترهای موجود در آن یــک به یک برای هر دو حالت بررســی شــد که حاکی از یکســان بودن تمامــی پارامترهای لایه مرزی به غیر از ســه پارامتر بود. این ســه پارامتر شــامل ارتفاع لایه مرزی همرفتی Z_{ICNV}، گرادیان دمای پتانســیل DT/DZ و مقیاس ســرعت (همرفتی) W* بودند. بنابراین مقادیر این ســه پارامتر به‌عنوان معیار بررســی و تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. نتایج آنالیز آماری این ســه پارامتر لایــه مرزی خروجــی از پیش‌پردازنده AERMET به‌طور خلاصه در جدول ۲ بیان شده است.

در نمــودار ۱ نتایــج حاصــل از پیش‌پردازنــده AERMET برای دو حالت اســتفاده از داده‌های واقعی جو بالا و استفاده از داده‌های تقریبی برای پارامتر W* نشــان داده شده است. این مقادیر برای ســاعت ۵ صبح تا ۱۳ بعد از ظهر یک روز انتخابی نمایش داده شده است.

جدول ۲- نتایج آنالیز آماری پارامترهای لایه مرزی خروجی از پیش‌پردازنده AERMET

پارامتر هواشناسی	نوع داده‌های ورودی	خروجی پیش‌پردازنده AERMET		
		میانگین	انحراف معیار	اختلاف بین دو روش
W* (m/s)	با داده‌های واقعی جو بالا	۰/۹۷۵۴	۰/۴۸	٪۷/۱
	با داده‌های تقریبی جو بالا	۰/۹۰۳۸	۰/۴۵	p<۰/۰۵
DT/DZ (C^o/m)	با داده‌های واقعی جو بالا	۰/۰۰۷۴	۰/۰۰۳۹	٪۴۸
	با داده‌های تقریبی جو بالا	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۰	p<۰/۰۵
Z_{ICNV} (m)	با داده‌های واقعی جو بالا	۷۰۷	۵۱۸	٪۱۹
	با داده‌های تقریبی جو بالا	۵۹۳	۴۵۴	p<۰/۰۵

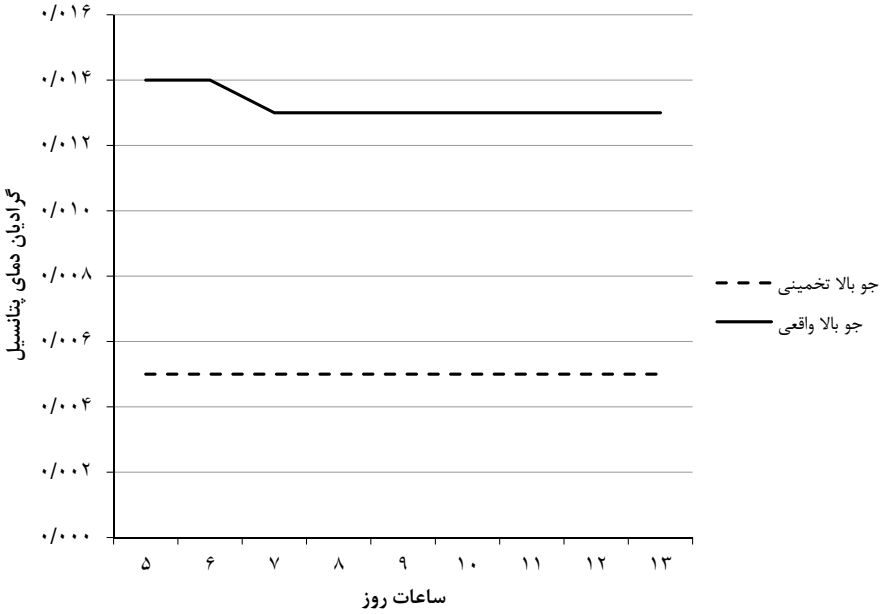


نمودار ۱- مقادیر پارامتر W* خروجی از پیش‌پردازنده AERMET برای دو نوع داده جو بالا بر حسب (m/s)

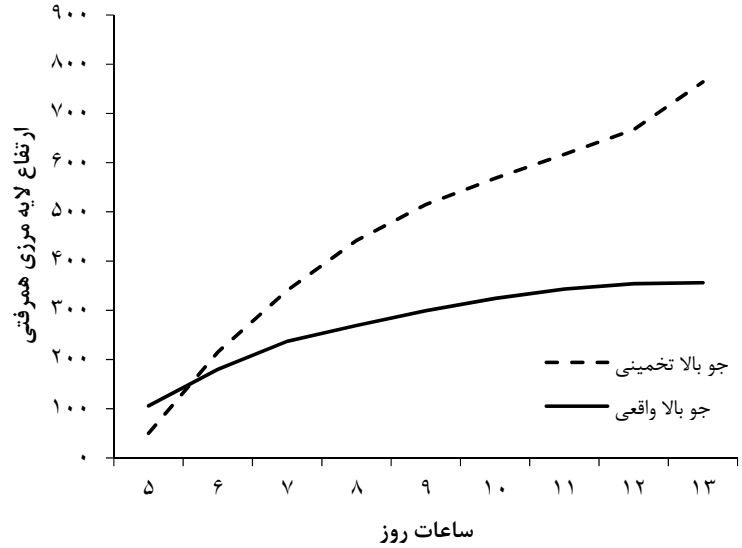
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-11]

در نمــودار ۲ نتایج حاصل از پیش‌پردازنده AERMET برای دو حالت استفاده از داده‌های واقعی و تخمینی جو برای پارامتر DT/DZ نشان داده شده است.

در نمــودار ۳ نتایج حاصل از پیش‌پردازنده AERMET برای دو حالت استفاده از داده‌های واقعی و تخمینی جو برای پارامتر



نمودار ۲- مقادیر پارامتر DT/DZ بر حسب $^0C/m$ خروجی از پیش‌پردازنده AERMET برای دو نوع داده جو بالا



نمودار ۳- مقادیر پارامتر Z_{ICNV} (بر حسب متر) خروجی از پیش‌پردازنده AERMET برای دو نوع داده جو بالا

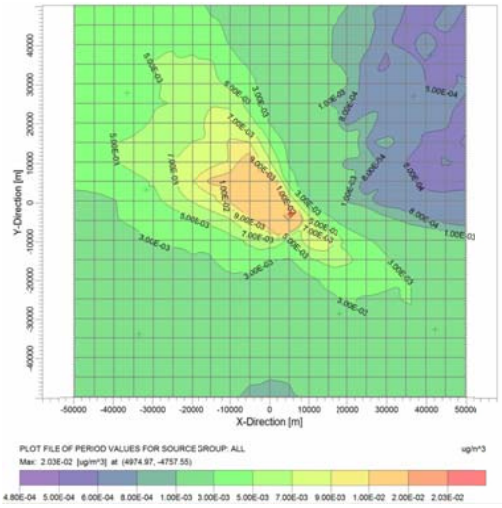
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-11]

Z_{ICNV} نشان داده شده است.

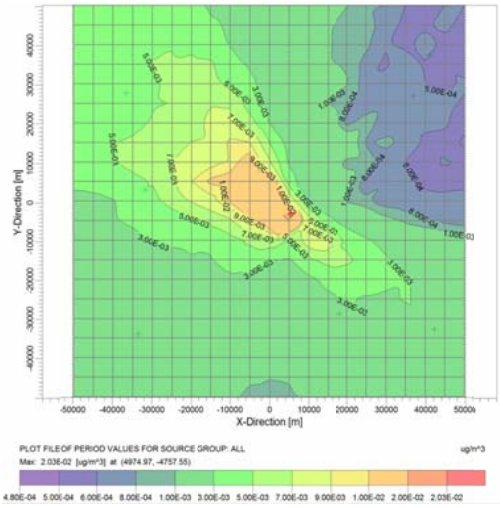
علاوه بر خروجی‌های AERMET که در نمودارهای بالا نشان داده شـد، مدل AERMOD نیز به منظور بررسی تغییرات و الگوی پخش و پراکنش در دو حالت واقعی و تخمینی اجرا شد. برای این منظور مدلسـازی توسـط داده‌های هواشناسی واقعی و تخمینی برای یک دودکش فرضی در شـرایط مشـابه تکرار شـده و نتایج کلیه غلظت‌ها در دو بازه سـالانه و یک ساعته در کلیه نقاط شبکه استخراج و مورد تحلیل آماری قرار گرفت. در شـکل‌های ۱ و ۲ کانتورهای غلظت سالانه مونوکسید کربن در هر دو حالت نشان داده شده است.

در شـکل‌های ۳ و ۴ کانتورهـای غلظـت ماکزیمم ۱ سـاعته مونوکسید کربن در هر دو حالت نشان داده شده است.

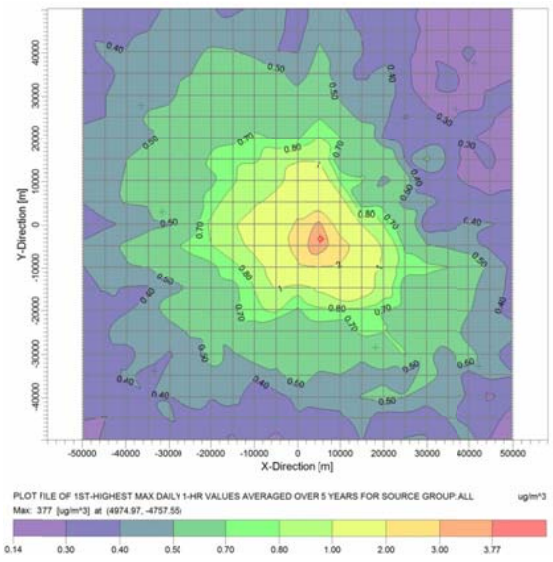
در جدول ۳ نتایج تحلیل غلظت‌ها به صورت خلاصه بیان شده است.



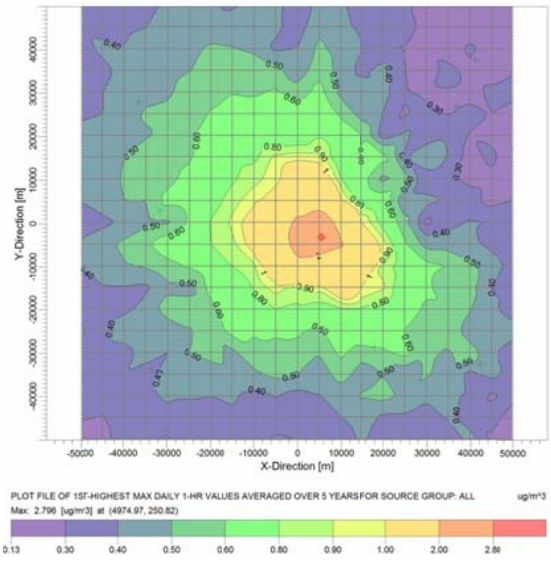
شکل ۱- غلظت سالانه مونوکسید کربن $\mu g/m^3$ تا شعاع ۵۰ کیلومتری در حالت داده‌های جو بالای واقعی



شکل ۲- غلظت سالانه مونوکسید کربن $\mu g/m^3$ تا شعاع ۵۰ کیلومتری در حالت داده‌های جو بالای تخمینی



شکل ۳- غلظت ماکزیمم ۱ ساعته مونوکسید کربن $\mu g/m^3$ تا شعاع ۵۰ کیلومتری در حالت داده‌های واقعی



شکل ۴- غلظت ماکزیمم ۱ ساعته مونوکسید کربن $\mu g/m^3$ تا شعاع ۵۰ کیلومتری در حالت داده‌های تخمینی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-11]

جدول ۳- نتایج آنالیز مقادیر غلظت مونوکسید کربن خروجی از مدلAERMOD

خروجی AERMOD	نوع مدلسازی	میانگین غلظت در کل شبکه $\mu g/m^3$	ماکزیمم غلظت در کل شبکه $\mu g/m^3$	بیشترین اختلاف غلظت در دو حالت	تفاوت فاصله محل وقوع ماکزیمم‌ها
غلظت ماکزیمم یک ساعته	با داده‌های واقعی جو بالا	۰/۵۴۵	۳/۷۷	٪۶۳ $p<0/05$	۴/۵ km
	با داده‌های تقریبی جو بالا	۰/۵۳۲	۲/۳۱		
غلظت سالانه	با داده‌های واقعی جو بالا	۰/۰۰۲۶	۰/۰۲۷	٪۳۳ $p<0/05$	یکسان
	با داده‌های تقریبی جو بالا	۰/۰۰۲۷	۰/۰۲۰		

بحث

- آنالیز نتایج پارامترهای لایه مرزی

محاسبات پارامترهای لایه مرزی در پیش‌پردازنده AERMET براساس داده‌های فایل سطحی، جو بالا و کاربری اراضی صورت می‌گیرد. در شرایطی که داده‌های جو بالا در دسترس نیست، پارامترهای لایه مرزی براساس تنها داده‌های سطحی و کاربری اراضی تخمین زده می‌شود (۱۳-۱۱). با بررسی داده‌های خروجی AERMET همانطور که در بخش قبل بیان شد بین سه پارامتر تفاوت وجود داشت که به منظور تعیین معنی‌دار بودن یا نبودن این اختلافات، آزمون‌های آماری مستقل t (T-Student) و لون (LEVENE) به کمک نرم افزار SPSS,19 با سطح معنی‌داری ۵ درصد ترتیب داده شد. مقایسه آزمون دو جامعه براساس آزمون T-Student و LEVENE نشان داد که در مورد پارامتر *W بین دو جامعه اختلاف معنی‌داری $p=0/00$ وجود دارد بنابراین هم از نظر میانگین و هم از نظر واریانس این دو جامعه برابر نیستند. به‌عبارت دیگر استفاده از داده‌های تخمینی جو بالا، سبب شبیه‌سازی لایه مرزی کاملا متفاوتی از واقعیت خواهد شد.

نتایج آزمون در خصوص پارامتر DT/DZ بین دو جامعه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار $p=0/00$ هم از نظر میانگین و هم از نظر واریانس بوده لذا این دو جامعه برابر نیستند. به عبارت دیگر استفاده از داده‌های جو بالای تخمینی سبب شبیه‌سازی لایه مرزی کاملا متفاوتی از واقعیت خواهد شد.

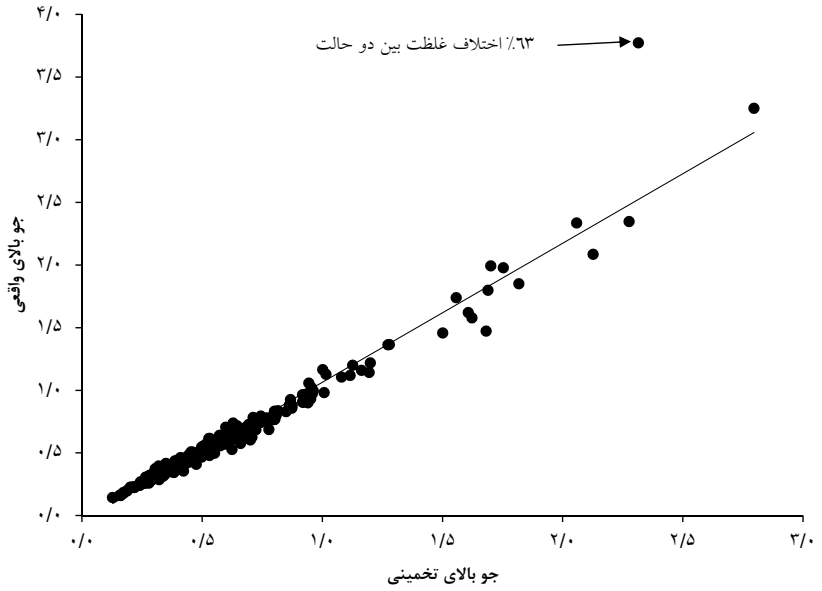
نتایج آزمون در خصوص پارامتر Z_{ICNV} دارای $p=0/00$ بوده بنابراین هم از نظر میانگین و هم از نظر واریانس این دو جامعه برابر نیستند و تفاوت معنی‌دار بین اعداد تخمینی و حقیقی وجود دارد.

علاوه بر این، پیش پردازنده AERMET قادر به تولید داده‌های جو بالا در تمامی ارتفاعات و ساعات نیست و تعداد زیادی داده‌های خارج از دسترس (Missing value) تولید خواهد کرد. آنالیز آماری در این مقاله نشان داد که پیش پردازنده AERMET تنها قادر به تخمین و تولید ۷۳ درصد از داده‌های جو بالا بوده و حدود ۲۷ درصد از داده‌ها در ساعات و ارتفاعات مختلف را نمی‌تواند محاسبه و تولید کند. به بیان دیگر الگوریتم‌ها و فرمول‌های تجربی مورد استفاده در پیش پردازنده AERMET، توانایی تولید داده‌ها در تمام ساعات و ارتفاعات را ندارند و این خود عامل خطای دیگری در محاسبات به این روش در مقایسه با اندازه‌گیری مستقیم خواهد بود.

-آنالیز نتایج غلظت‌ها

علاوه بر آنالیز آماری در خصوص پارامترهای لایه مرزی، به منظور نتیجه‌گیری نهایی، اقدام به بررسی خروجی‌های مدل AERMOD در این دو حالت شد. نمودار ۴ مقادیر

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-11]



نمودار ۴- مقادیر خروجی غلظت ۱ ساعته ماکزیمم مونوکسید کربن $\mu g/m^3$ در کل شبکه برای هر دو حالت

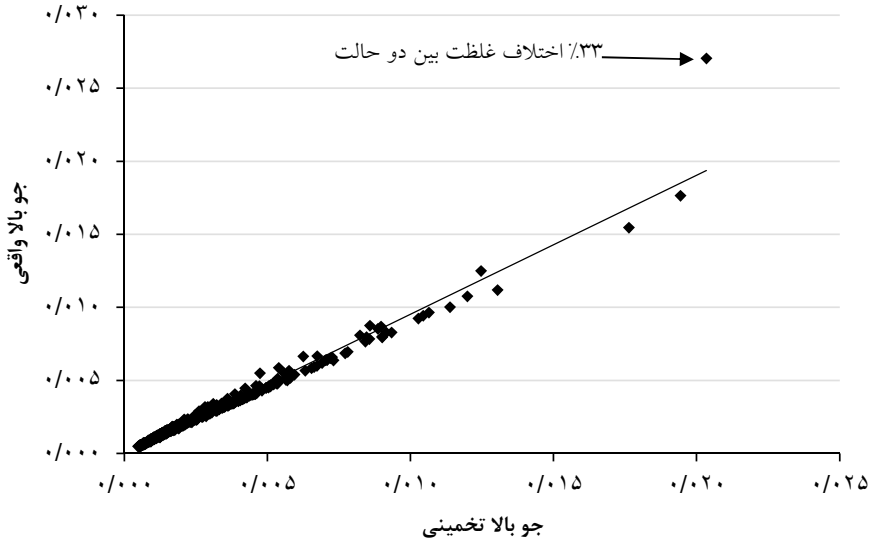
غلظت ماکزیمم یک ساعته مونوکسید کربن حاصل از اجرای AERMOD را برای هر دو حالت در مقابل هم نشان می‌دهد. نتایج آزمون آماری در خصوص ماکزیمم غلظت یک ساعته مونوکسید کربن نشان دهنده میزان سطح معنی‌داری p=۰/۵۸ بوده بنابراین هم از نظر میانگین و هم از نظر واریانس این دو جامعه برابر محسوب می‌شوند و تفاوتی بین مدلسازی در دو حالت وجود ندارد.

لازم به ذکر است که هر چند از نظر آماری این دو جامعه یکسان محسوب می‌شوند اما تفاوت ماکزیمم غلظت یک ساعته در دو حالت فوق، قابل ملاحظه بود. بیشترین انحراف بین غلظت‌ها در این دو حالت همانطور که در نمودار ۴ نشان داده شده برابر ۶۳ درصد است. به عبارت دیگر نقطه‌ای در شبکه وجود دارد که مقدار غلظت پیش‌بینی شده با استفاده از داده‌های تخمینی جو بالا به میزان ۶۳ درصد کمتر از غلظت واقعی بوده که رقم قابل ملاحظه‌ای است. باید توجه داشت که هر چند از نظر آماری این دو جامعه غلظت یکسان محسوب شده‌اند اما از نظر محیط زیستی به هیچ عنوان یکسان نیستند چرا که داده‌های ماکزیمم در محاسبات آماری به عنوان داده دورافتاده (Outlier) محسوب می‌شود که اثر ناچیزی در کل محاسبات آماری خواهند داشت در حالی‌که از نظر محیط‌زیستی ماکزیمم غلظت‌ها هستند که تعیین کننده است لذا این دو جامعه متفاوت هستند. در تحقیقی مشابه در مقایسه ۳ مدل گوسی AERMOD، ISC3 و ADMS نیز به تفاوت بین عملکرد این مدل‌ها در حالت‌های مختلف داده‌های هواشناسی اذعان شده است (۱۱، ۱۵).

نمودار ۵ مقادیر غلظت ماکزیمم سالانه مونوکسید کربن حاصل از اجرای AERMOD را برای هر دو حالت در مقابل هم نشان می‌دهد. آزمون آماری برای نتایج سالانه غلظت مونوکسید کربن نشان‌دهنده سطح معنی‌داری p=۰/۴۶ بود، بنابراین هم از نظر میانگین و هم از نظر واریانس این دو جامعه برابر محسوب می‌شوند و از نظر آماری تفاوتی بین مدلسازی سالانه (بلند مدت) غلظت مونوکسیدکربن در دو حالت وجود ندارد.

بیشترین انحراف بین غلظت‌ها در این دو حالت همانطور که در نمودار ۵ نشان داده شده است برابر ۳۳ درصد است. به عبارت دیگر نقطه‌ای در شبکه وجود دارد که مقدار غلظت پیش‌بینی شده با استفاده از داده‌های تخمینی جو بالا به میزان ۳۳ درصد کمتر از غلظت واقعی بوده که رقم قابل ملاحظه‌ای است و از نظر محیط زیستی قابل قبول نیست و این دو مدلسازی متفاوت محسوب می‌شوند. از نظر محیط‌زیستی، با توجه به اینکه خروجی‌های غلظت با مقادیر استاندارد محیطی مقایسه

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-11]



نمودار ۵- مقادیر خروجی غلظت سالانه مونوکسید کربن $\mu g/m^3$ در کل شبکه برای هر دو حالت

می‌شوند، بنابراین اطلاع از مقادیر دقیق به منظور قضاوت در خصوص آلایندگی حائز اهمیت است. این مسئله به‌خصوص در پروژه‌های ارزیابی محیط‌زیستی که منجر به اهدای مجوز ساخت صنایع است دارای اهمیت دو چندان است چرا که توسط مدلسازی می‌بایست قضاوتی در خصوص شرایط پس از ساخت آن مجتمع صنعتی صورت بگیرد و تنها در صورتی‌که آلایندگی زیر حد استاندارد باشد، مجوز ساخت داده می‌شود. بنابراین استفاده از داده‌های تخمینی جو بالا برای مدلسازی مناسب نیست چون نتایج آن خطای زیادی دارد و منجر به قضاوت نادرست خواهد شد.

موضوع دیگر مورد بررسی، محل رخداد ماکزیمم‌ها در دو حالت مدلسازی است که نتایج نشان داد در حالت مدلسازی سالانه مکان رخداد هر دو ماکزیمم یکسان اما در حالت ۱ ساعته، دارای اختلاف ۴/۵ km از یکدیگر بودند. علت این امر آن است که با متوسط‌گیری یکساله غلظت، اختلاف‌ها سرشکن شده و نتایج مدلسازی بین دو حالت به هم نزدیکتر خواهند بود ولی در حالت ماکزیمم غلظت ۱ ساعته، احتمال یکسان بودن محل رخداد با توجه به وجود ۴۴۱ نقطه شبکه و ۴۳۸۰۰ h اجرای مدل بسیار کم است.

نتیجه‌گیری

در این مقاله با توجه به عدم در دسترس بودن داده‌های واقعی جو بالا در اکثر مناطق کشور به بررسی تاثیر این موضوع بر نتایج خروجی AERMOD پرداخته شد. برای این منظور داده‌های جو بالا توسط فرمول‌های نیمه تجربی (موجود در AERMET) و با توجه به داده‌های هواشناسی سطحی، تخمین زده شده و در مدلسازی استفاده شده است. نتایج نشان دهنده ناکارآمدی فرمول‌های نیمه‌تجربی و داده‌های تخمینی بود. هر چند از نظر آماری هر دو جامعه از غلظت برابر برخوردار بودند ولی از نظر محیط‌زیستی اختلافات بین ماکزیمم غلظت‌ها غیر قابل قبول است. همچنین نتایج آنالیزهای آماری نشان دهنده معنی‌دار بودن اختلاف بین پارامترهای لایه مرزی در دو حالت است و بنابراین استفاده از داده‌های جو بالای تخمینی باعث شبیه‌سازی یک لایه مرزی متفاوت از واقعیت خواهد شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در مدلسازی آلودگی هوا باید از داده‌های واقعی جو بالا و یا داده‌های محلی استفاده شود و در صورت موجود نبودن این داده‌ها، مقادیر غلظت اعلام شده به صورت یک بازه اطمینان با کران بالا و پایین اعلام گردد. این موضوع به‌خصوص در مطالعات ارزیابی زیست‌محیطی می‌بایست مد نظر قرار گیرد.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-11]

پیشـــنهاد می‌گردد جهت بررســـی بهتر و دقیق‌تر میزان خطای ایجاد شده در استفاده از داده‌های تخمینی جو بالا، نمونه‌برداری گســـترده محیطی نیز علاوه بر مدلســـازی انجـــام گیرد تا درک بهتری از خطای ایجاد شده حاصل گردد.

ملاحظات اخلاقی

نویســـندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانـــه، تحریف داده‌ها و داده‌ســـازی را در ایـــن مقاله رعایت کرده‌اند.

References

1. Kampa M, Castanas E. Human health effects of air pollution. Environmental Pollution. 2008;151(2):362-67.
2. Naddafi K, Hassanvand MS, Yunesian M, Momeniha F, Nabizadeh R, Faridi S, et al. Health impact assessment of air pollution in megacity of Tehran, Iran. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering. 2012;9(1):28.
3. Naddafi K, Sowlat M, Safari M. Integrated assessment of air pollution in Tehran, over the period from September 2008 to September 2009. Iranian Journal of Public Health. 2012;41(2):77-86.
4. Leili M, Naddafi K, Nabizadeh R, Yunesian M, Mesdaghinia A. The study of TSP and PM10 concentration and their heavy metal content in central area of Tehran, Iran. Air Quality, Atmosphere & Health. 2008;1(3):159-66.
5. Rezaei S, Naddafi K, Jabbari H, Yonesian M, Jamshidi A, Sadat A, et al. Relationship between the particulate matter concentrations in the indoor and ambient air of the Tehran children hospital in 2007. Iranian Journal of Health and Environment. 2013;6(1):103-12 (in Persian).
6. Esmaeilzadeh M, Bazrafshan E, Nasrabadi M. Dispersion modeling of NOx and SO2 emissions from Tous Gas Power Plant, Mashhad. Iranian Journal of Health and Environment. 2013;6(1):77-90 (in Persian).
7. Gholampour A, Hassanvand M, Nabizadeh R, Alizadeh Z, Mahvi A. Ionic content and sources identification of particulate matter in the ambient air of Tabriz during 2013 to 2014. Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(3):319-30 (in Persian).
8. Naddafi K, Yunesian M, Faridi S, Rafiee A, Parmy S, Safari G, et al. Source identification of PM10-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) of Tehran ambient air in year 2013. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;10(1):25-36 (in Persian).
9. Hanna SR. Confidence limits for air quality model evaluations, as estimated by bootstrap and jackknife resampling methods. Atmospheric Environment (1967). 1989;23(6):1385-98.
10. Batchvarova E, Gryning S-E. Applied model for the growth of the daytime mixed layer. Boundary-Layer Meteorology. 1991;56(3):261-74.
11. Kalhor M, Bajoghli M. Comparison of AERMOD, ADMS and ISC3 for incomplete upper air meteorological data (case study: Steel plant). Atmospheric Pollution Research. 2017;8(6):1203-208.
12. Carbonell LMT, Gacita MS, Oliva JdJR, Garea LC, Rivero ND, Ruiz EM. Methodological guide for implementation of the AERMOD system with incomplete local data. Atmospheric Pollution Research. 2010;1(2):102-11.
13. EPA. Revision to the guideline on air quality models: enhancements to the AERMOD dispersion modeling system and incorporation of approaches to address ozone and fine particulate matter. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 2015.
14. EPA. User's guide for the AMS/EPA regulatory model. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 2004.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-11]

15. Madala S, Prasad KH, Srinivas C, Satyanarayana A. Air quality simulation of NOX over the tropical coastal city Chennai in southern India with FLEXPART-WRF. Atmospheric Environment. 2016;128:65-81.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-11]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

AERMET performance in evaluation of boundary layer parameters and its effect on carbon monoxide concentration outputs in AERMOD model compared to upper air data

M Kalhor[1,*], S Ghaleh Askari[2], M Bozorgi[3]

1- Department of Environmental Engineering, Faculty of Environment, Tehran University, Tehran, Iran

2- Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Jiroft Medical University, Jiroft, Iran

3- Department of Environment, Faculty of Environmental Science, Yazd University, Yazd, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 29 July 2018

Revised: 17 October 2018

Accepted: 24 October 2018

Published: 19 December 2018

Keywords: Air pollution modeling, Gaussian model, Meteorological preprocessor, Carbon monoxide, Upper air data

***Corresponding Author:**

kalhor@ut.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Concentration prediction with Gaussian dispersion models is highly sensitive to meteorological data. The lack of sounding data station in developing countries may lead to large error and uncertainty in air pollution modeling results. In this paper, the effects of estimated upper air data on the model output concentration values were investigated.

Materials and Methods: AERMOD model was executed once with real upper air data and also with estimated upper air data separately. T-Student and LEVENE tests were used to evaluate the significant differences between concentrations in two modes of using actual and estimated upper air data.

Results: The results showed that large differences in concentration between the two methods. In long term modeling, there was up to 33% differences between real and estimated upper meteorological data and up to 63% differences for short term modeling. A large difference was also observed between boundary layer parameterization values in each case. The statistical analysis showed a meaningful difference ($p=0.00$) between the cases. The differences between Z_{ICNV}, DT/DZ, W* were 7.1%, 48%, and 19%, respectively.

Conclusion: The use of estimated upper meteorological data in comparison with measured data may lead to a large error. The AERMOD modeling results with estimated meteorological data must be expressed with appropriate uncertainties and confidence interval.

Please cite this article as: Kalhor M, Ghaleh Askari S, Bozorgi M. AERMET performance in evaluation of boundary layer parameters and its effect on carbon monoxide concentration outputs in AERMOD model compared to upper air data. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;11(3):365-76.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-11]