



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

مقاله پژوهشی

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

مصطفی کلهر<sup>۱\*</sup>، سحر قلعه‌عسگری<sup>۲</sup>، مهسا بزرگی<sup>۳</sup>

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: 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 به خصوص 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 ( $p=0/00$ ) 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.

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، پیش‌پردازنده هواشناسی، مونوکسید کربن، داده‌های جو بالا

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

[kalhor@ut.ac.ir](mailto:kalhor@ut.ac.ir)

## مقدمه

آلودگی هوا بخش جدایی‌ناپذیری 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 روزافزون 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 (۳-۶).

مدلسازی آلودگی هوا به‌عنوان ابزاری به‌منظور پیش‌بینی، تحلیل، تصمیم‌گیری و مدیریت آلودگی هوا از دیر باز مورد توجه بوده است. کاربردهای گوناگون مدلسازی آلودگی هوا باعث توسعه روزافزون این ابزار به‌منظور استفاده در پیش‌بینی پخش و پراکنش آلاینده‌ها، طراحی شبکه‌های پایش، ارزیابی اثرات محیط‌زیستی و غیره شده است (۷-۹). کاربری نسبتاً 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 به‌منظور 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).

معمولاً 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 میان‌مقیاس، 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 بالایی

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 نهایتاً 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 به‌منظور 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

در سناریوی دوم از همان داده‌های سطحی واقعی استفاده شده اما داده‌های جو بالا توسط مدل پیش‌پردازنده AERMET تخمین زده شده است. در این حالت نیز خروجی‌های لایه مرزی AERMET مورد بررسی و تجزیه تحلیل آماری قرار گرفته است. با استفاده از این خروجی‌ها برای شرایط آلودگی یکسان، مدل AERMOD بار دیگر اجرا شده و نتایج غلظت در همان نقاط قبلی استخراج و مورد ارزیابی قرار گرفته است. در پایان خروجی‌های AERMET و AERMOD در هر دو حالت با یکدیگر مقایسه شده است. لازم به ذکر است مطالعه حاضر معطوف به بررسی اثرات استفاده از داده‌های تخمینی جو بالای هواشناسی بر روی مقادیر خروجی مدل‌های آلودگی هوا بوده و بررسی جمعیت تحت تاثیر و اثرات ارزیابی ریسک مد نظر نیست. خلاصه‌ای از ورودی‌های AERMET و AERMOD در جدول ۱ بیان شده است.

### یافته‌ها

بررسی پارامترهای هواشناسی محاسبه شده توسط پیش‌پردازنده AERMET در هر دو حالت نشان داد که در بین تمام داده‌های لایه مرزی محاسبه شده تنها بین سه پارامتر اختلاف وجود دارد و سایر پارامترهای محاسباتی یکسان هستند. برای این منظور فایل‌های خروجی مدل AERMET که به صورت فایل‌های SFC و PFL بوده مورد بررسی قرار گرفته است.

تجربی ارائه شده انجام می‌شود (۱۲، ۱۴). همانطور که در بخش قبل بیان شد، به دلیل در دسترس نبودن داده‌های جو بالا در اغلب نقاط کشور به خصوص در مکان‌های دور از فرودگاه‌ها و صناعی که دارای سایت‌های هواشناسی محلی نیستند، استفاده از داده‌های تقریبی جو بالا (که با کمک داده‌های سطحی محاسبه شده‌اند) رواج بسیار دارد.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی نتایج حاصل از اجرای مدل AERMOD View 8.9 با داده‌های واقعی و تخمینی جو بالا، اقدام به بررسی و مدلسازی یک دودکش در شرایط کاملاً یکسان در هر دو حالت شده است. ابتدا پیش‌پردازنده AERMET با داده‌های واقعی (اندازه‌گیری شده) سطحی و جو بالای ۵ ساله (۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸) شهر مشهد اجرا شده و پارامترهای لایه مرزی در این حالت استخراج شده و مورد تحلیل آماری توسط نرم افزار SPSS, 19 قرار گرفته است. داده‌های هواشناسی سطحی از سازمان هواشناسی ایران و داده‌های جو بالا از سازمان ملی آب و اقیانوس ایالات متحده آمریکا اخذ شده است. سپس مدل AERMOD با توجه به این اطلاعات اجرا شده و خروجی‌های آلاینده مورد نظر در بازه‌های زمانی مختلف، در تمامی نقاط شبکه استخراج شده و مورد تحلیل آماری قرار گرفته است.

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

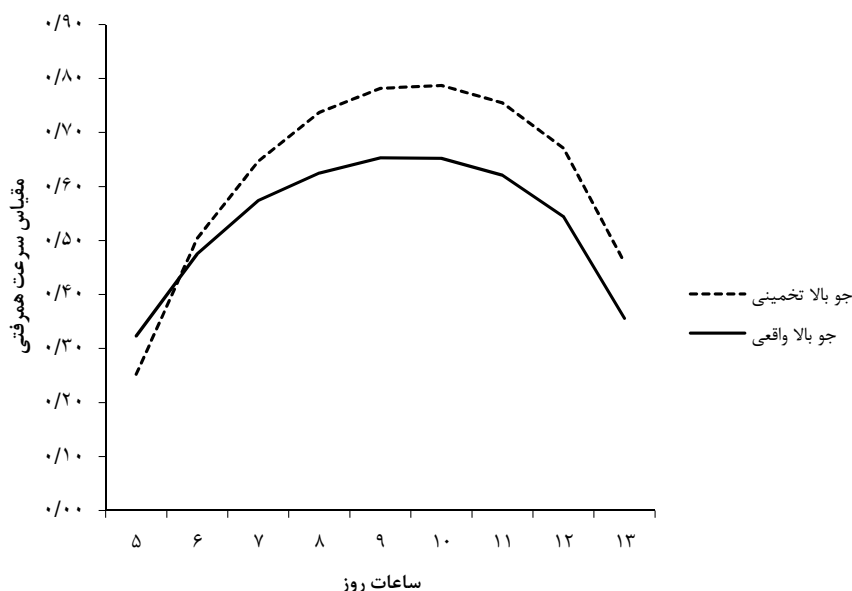
مقدار وارد شده	مولفه‌های مدلسازی
شهر مشهد	محل مدلسازی
اندازه‌گیری شده در بازه زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸ (فرودگاه هاشمی نژاد)	داده هواشناسی سطحی
یک بار داده‌های واقعی (اندازه‌گیری شده) و یک بار داده‌های تخمینی	داده هواشناسی جو بالا
تک کاربری با ضرایب آلبو ۰/۲، باون ۱/۶۲، زبری ۱ m	کاربری اراضی
شهری	نوع مدلسازی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

معیار بررسی و تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. نتایج آنالیز آماری این سه پارامتر لایه مرزی خروجی از پیش‌پردازنده AERMET به‌طور خلاصه در جدول ۲ بیان شده است. در نمودار ۱ نتایج حاصل از پیش‌پردازنده AERMET برای دو حالت استفاده از داده‌های واقعی جو بالا و استفاده از داده‌های تقریبی برای پارامتر  $W^*$  نشان داده شده است. این مقادیر برای ساعت ۵ صبح تا ۱۳ بعد از ظهر یک روز انتخابی نمایش داده شده است.

فایل PFL که اساساً یک فایل کنترلی بوده و در هر دو حالت، مشابه است و نیاز به بررسی ندارد. فایل دوم با پسوند SFC است که مورد بررسی قرار گرفت و تمامی پارامترهای موجود در آن یک به یک برای هر دو حالت بررسی شد که حاکی از یکسان بودن تمامی پارامترهای لایه مرزی به غیر از سه پارامتر بود. این سه پارامتر شامل ارتفاع لایه مرزی همرفتی  $Z_{ICNV}$ ، گرادیان دمای پتانسیل DT/DZ و مقیاس سرعت همرفتی ( $W^*$ ) بودند. بنابراین مقادیر این سه پارامتر به‌عنوان

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

خروجی پیش‌پردازنده AERMET			نوع داده‌های ورودی	پارامتر هواشناسی
اختلاف بین دو روش	انحراف معیار	میانگین		
۰/۷۱	۰/۴۸	۰/۹۷۵۴	با داده‌های واقعی جو بالا	$W^*$ (m/s)
$p < 0/05$	۰/۴۵	۰/۹۰۳۸	با داده‌های تقریبی جو بالا	
۰/۴۸	۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۷۴	با داده‌های واقعی جو بالا	DT/DZ (C°/m)
$p < 0/05$	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵۰	با داده‌های تقریبی جو بالا	
۰/۱۹	۵۱۸	۷۰۷	با داده‌های واقعی جو بالا	$Z_{ICNV}$ (m)
$p < 0/05$	۴۵۴	۵۹۳	با داده‌های تقریبی جو بالا	

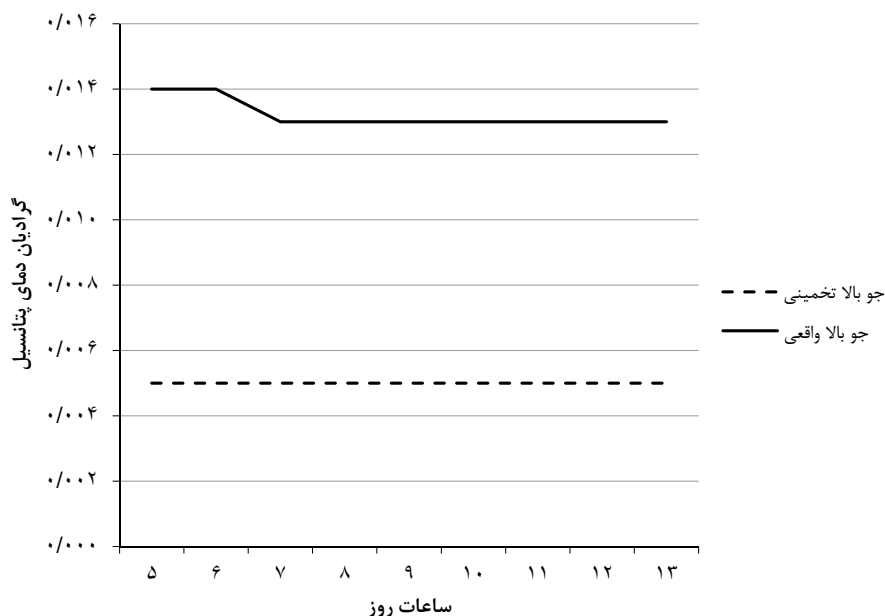


نمودار ۱- مقادیر پارامتر  $W^*$  خروجی از پیش‌پردازنده AERMET برای دو نوع داده جو بالا بر حسب (m/s)

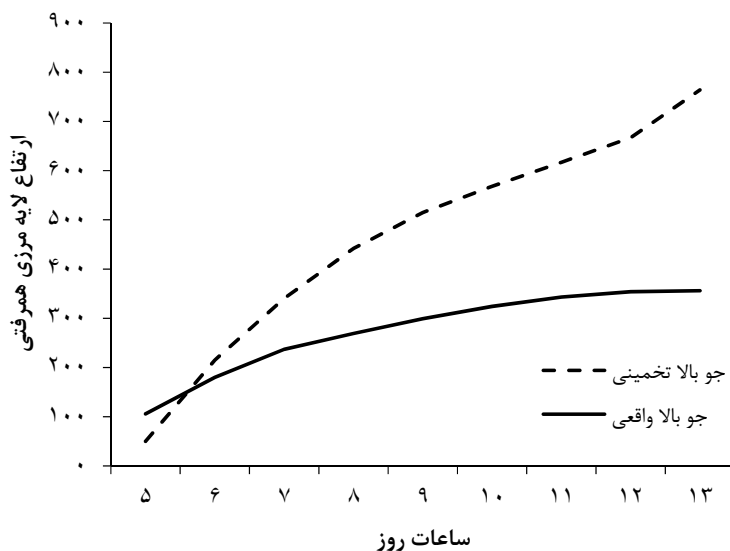
DT/DZ نشان داده شده است.

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

در نمودار ۲ نتایج حاصل از پیش‌پردازنده AERMET برای دو حالت استفاده از داده‌های واقعی و تخمینی جو برای پارامتر



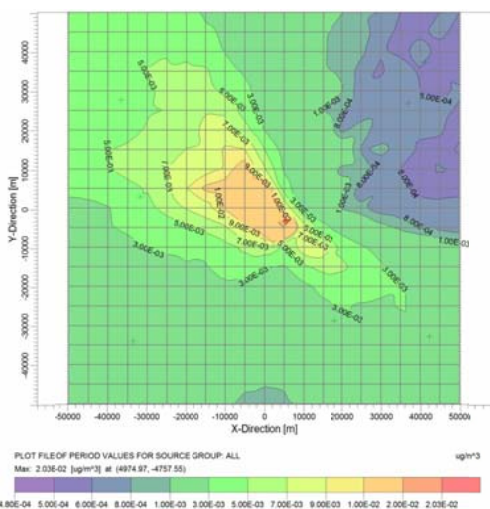
نمودار ۲- مقادیر پارامتر DT/DZ بر حسب  $^{\circ}\text{C}/\text{m}$  خروجی از پیش‌پردازنده AERMET برای دو نوع داده جو بالا



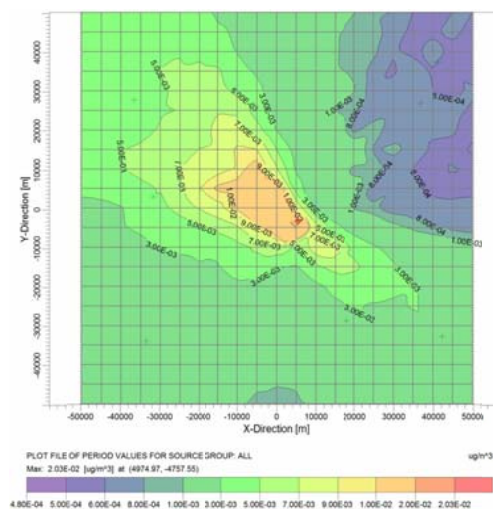
نمودار ۳- مقادیر پارامتر  $Z_{ICNV}$  (بر حسب متر) خروجی از پیش‌پردازنده AERMET برای دو نوع داده جو بالا

کلیه نقاط شبکه استخراج و مورد تحلیل آماری قرار گرفت. در شکل‌های ۱ و ۲ کانتورهای غلظت سالانه مونوکسید کربن در هر دو حالت نشان داده شده است. در شکل‌های ۳ و ۴ کانتورهای غلظت ماکزیمم ۱ ساعته مونوکسید کربن در هر دو حالت نشان داده شده است. در جدول ۳ نتایج تحلیل غلظت‌ها به صورت خلاصه بیان شده است.

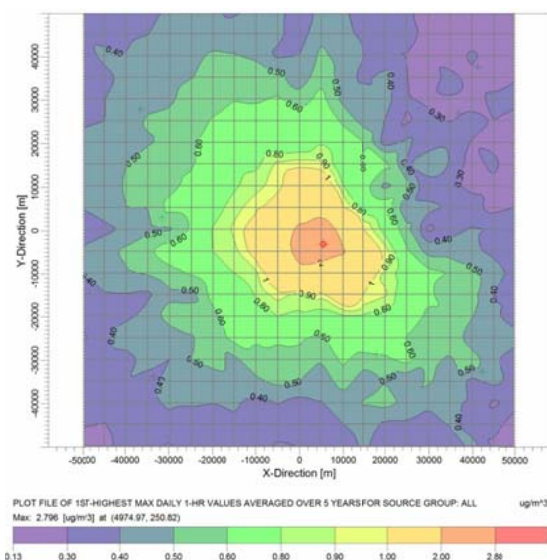
$Z_{ICNV}$  نشان داده شده است. علاوه بر خروجی‌های AERMET که در نمودارهای بالا نشان داده شد، مدل AERMOD نیز به منظور بررسی تغییرات و الگوی پخش و پراکنش در دو حالت واقعی و تخمینی اجرا شد. برای این منظور مدلسازی توسط داده‌های هواشناسی واقعی و تخمینی برای یک دودکش فرضی در شرایط مشابه تکرار شده و نتایج کلیه غلظت‌ها در دو بازه سالانه و یک ساعته در



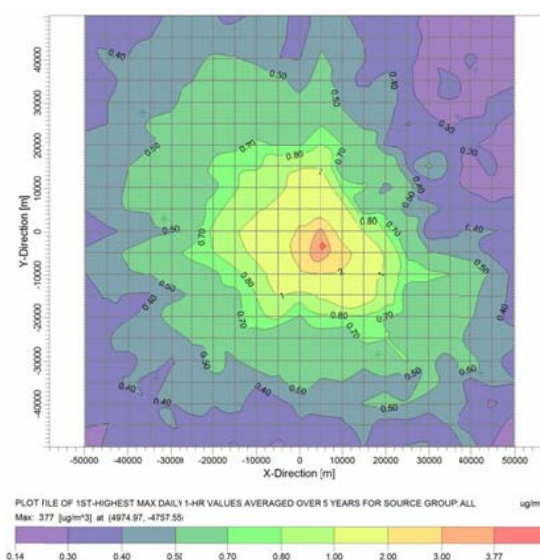
شکل ۲- غلظت سالانه مونوکسید کربن  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  تا شعاع ۵۰ کیلومتری در حالت داده‌های جو بالای تخمینی



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



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



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



جدول ۳- نتایج آنالیز مقادیر غلظت مونوکسید کربن خروجی از مدل AERMOD

تفاوت فاصله محل وقوع ماکزیمم‌ها	بیشترین اختلاف غلظت در دو حالت	ماکزیمم غلظت در کل شبکه $\mu\text{g}/\text{m}^3$	میانگین غلظت در کل شبکه $\mu\text{g}/\text{m}^3$	خروجی AERMOD	
				نوع مدل‌سازی	غلظت ماکزیمم یک ساعته
۴/۵ km	٪۶۳ p<۰/۰۵	۳/۷۷ ۲/۳۱	۰/۵۴۵ ۰/۵۳۲	با داده‌های واقعی	غلظت ماکزیمم یک ساعته
				جو بالا	با داده‌های تقریبی جو بالا
یکسان	٪۳۳ p<۰/۰۵	۰/۰۲۷ ۰/۰۲۰	۰/۰۰۲۶ ۰/۰۰۲۷	با داده‌های واقعی	غلظت سالانه
				جو بالا	با داده‌های تقریبی جو بالا

### 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 (۱۱-۱۳). 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  $p=۰/۰۰$  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 کاملاً متفاوتی از واقعیت خواهد شد.

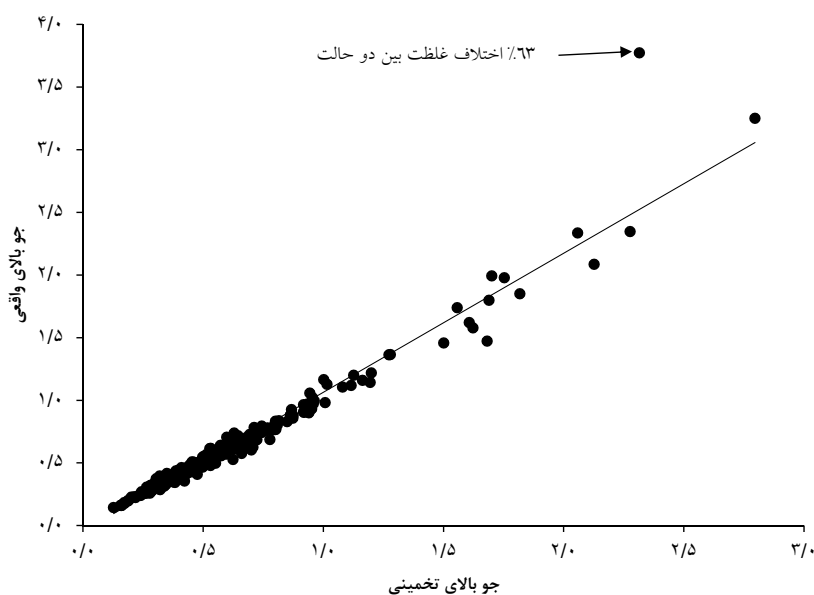
نتایج آزمون در خصوص پارامتر DT/DZ بین دو جامعه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار  $p=۰/۰۰$  هم از نظر میانگین و هم از نظر واریانس بوده لذا این دو جامعه برابر نیستند. به عبارت

دیگر استفاده از داده‌های جو بالای تخمینی سبب شبیه‌سازی لایه مرزی کاملاً متفاوتی از واقعیت خواهد شد. نتایج آزمون در خصوص پارامتر  $Z_{ICNV}$  دارای  $p=۰/۰۰$  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، پیش‌پردازنده 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 پیش‌پردازنده 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 پیش‌پردازنده 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



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

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).

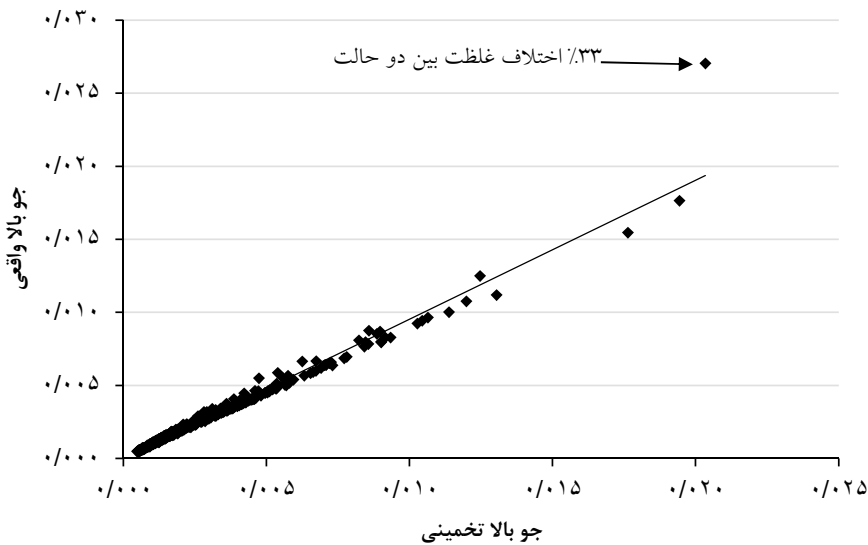
نمودار ۵ مقادیر غلظت ماکزیمم سالانه مونوکسید کربن حاصل از اجرای AERMOD را برای هر دو حالت در مقابل هم نشان می‌دهد. آزمون آماری برای نتایج سالانه غلظت مونوکسید کربن نشان‌دهنده سطح معنی‌داری  $p=0/46$  بود، بنابراین هم از نظر میانگین و هم از نظر واریانس این دو جامعه برابر محسوب می‌شوند و از نظر آماری تفاوتی بین مدلسازی سالانه (بلند مدت) غلظت مونوکسید کربن 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

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  $p=0/58$  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 حالی که از نظر محیط‌زیستی ماکزیمم





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

### نتیجه گیری

در این مقاله با توجه به عدم 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 نیمه تجربی 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 معنی دار 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.

می‌شوند، بنابراین اطلاع از مقادیر دقیق به منظور قضاوت در خصوص آلاینده‌های 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 صورتی که آلاینده‌های 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.

### ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

پیشنهاد می‌گردد جهت بررسی بهتر و دقیق‌تر میزان خطای ایجاد شده در استفاده از داده‌های تخمینی جو بالا، نمونه‌برداری گسترده محیطی نیز علاوه بر مدلسازی انجام گیرد تا درک بهتری از خطای ایجاد شده حاصل گردد.

### 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. Esmailzadeh M, Bazrafshan E, Nasrabadi M. Dispersion modeling of NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> 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.

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.



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<sup>1,\*</sup>, S Ghaleh Askari<sup>2</sup>, M Bozorgi<sup>3</sup>

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

### 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 LEV-ENE 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.

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

**\*Corresponding Author:**

kalhor@ut.ac.ir

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.