فصلنامه علوم محیطی، دوره دوازدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳

۱-۸

مدل‌سازی سطح آلاینده مونوکسیدکربن در هوای کشور ایران به‌وسیله مدل ترکیبی CMAQ-WRF

محمدحسن محق[۱]، نوشین دانش پژوه[۲]، هستی فرخزاد[۳] و محمد ارحامی[۴*]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی محیط‌زیست، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی شریف، تهران
[۲]دانشجوی دکتری مهندسی محیط‌زیست، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی شریف، تهران
[۳]دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی شریف، تهران
[۴]استادیار گروه آب و محیط‌زیست، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی شریف، تهران

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۸

چکیده

مدل‌سازی آلاینده‌های هوا کمک شایانی به درک درست از علل و گستره مشکل آلودگی هوا نموده و برای وضع قوانین صحیح و اتخاذ سیاست‌های کنترلی مناسب جهت بهبود کیفیت هوا ضروری می‌باشد. هدف این تحقیق مدل‌سازی سطح غلظت آلاینده CO در کشور ایران بر اثر انتشار منابع آلاینده این کشور بوده‌است. مدل‌سازی برای دو هفته با نوسانات آب و هوایی کم و زیاد در فصل زمستان انجام شده است. مدل مورد استفاده در این مطالعه مدل CMAQ می‌باشد که یکی از مدل‌های جامع جابجایی آلاینده‌ها و واکنش شیمیایی اتمسفر می‌باشد. از ورودی‌های این مدل وضعیت هواشناسی و جوی منطقه است که این پارامترها توسط مدل هواشناسی WRF آنالیز و وارد مدل CMAQ می‌شود. نتایج مدل نشان‌دهنده توانایی مدل در برآورد نوسانات CO بر اساس پارامترهای هواشناسی است اما سطح نتایج مدل کم‌تر از داده‌های اندازه‌گیری بوده که می‌توان این اختلاف سطح را به کیفیت پایین داده‌های انتشار و شبکه درشت بکار رفته نسبت داد. مقایسه نتایج دو هفته مورد بررسی بیان‌گر دقت بالاتر نتایج در هفته دارای تغییرات آب و هوایی کم‌تر است. از نتایج مدل حاصله می‌توان جهت تحقیقات آینده، مدل‌سازی با دقت بالاتر، پیش‌بینی غلظت آلاینده‌ها و تدوین راه‌کارهای کاهش آلاینده‌ها استفاده نمود.

کلمات‌کلیدی: آلودگی هوا، مونوکسیدکربن، مدل‌سازی، CMAQ، WRF.

Modeling Carbon Monoxide Level in Iran by CMAQ-WRF Coupled Model

Mohammadhassan Mohegh,[1] Nooshin Daneshpajooh,[2] Hasti Farokhzad[3] & Mohammad Arhami[4*]

[1] MSc. Student of Environmental Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Sharif University of Technology
[2] PhD. Student of Environmental Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Sharif University of Technology
[3] BSc. Student of Civil Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Sharif University of Technology
[4] Assistant Professor, Department of Water and Environmental Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Sharif University of Technology

Abstract

Air pollutants modeling contribute to the understanding of the causes and extent of the air pollution problem and it is an essential step to lay down the right laws and appropriate policies to improve air quality. In this study the concentration of CO induced by emission of polluting sources in Iran has been modeled. Two winter weeks with different meteorological fluctuations is modeled. The model used in this research, CMAQ, is a comprehensive model in transport of pollutants and chemical reactions in the atmosphere. The CMAQ inputs comprise the meteorological and atmospheric conditions which are analyzed by a meteorological model called WRF. Results show that CMAQ can estimate the carbon monoxide variation based on metrological parameters but the results are less than the measured data, which can be related to low quality of emission data and coarse grid. Comparing the results of two weeks indicate a higher precision in the week with less meteorological change. The result of this study can be used in future researches, more accurate modeling, prediction of pollutant concentration and emission reduction strategies.

Keywords: Air pollution, Carbon monoxide, Modeling, WRF, CMAQ.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: arhami@sharif.edu

۱- مقدمه

آلودگی هوا به‌علت تأثیرات اجتناب‌ناپذیر بر سلامت انسان‌ها و اهمیت آن در محیط‌زیست و تغییرات اقلیم، به یکی از موضوعات مهم جوامع تبدیل شده‌است [۱]. یکی از بهترین روش‌های کنترل آلودگی هوا کاهش میزان انتشار از منابع انسانی است. برای این منظور ابتدا لازم است که درک درستی از نحوه پخش آلاینده‌ها و تأثیر نرخ ورود بر کیفیت هوا وجود داشته‌باشد. مدل‌های کیفیت هوا می‌توانند این شناخت را فراهم آورده و امکان بررسی راه‌کارهای مدیریتی را قبل از اجرای آن‌ها فراهم کنند.

در مطالعات کیفی هوا داشتن اطلاعات هواشناسی ناحیه و تأثیر آن بر پخش آلاینده‌ها امری اساسی است. این مسئله ضرورت استفاده از مدل‌های هواشناسی در کنار مدل‌های کیفیت هوا را نشان می‌دهد که منجربه استفاده از مدل‌های کیفیت هوا و مدل‌های پیش‌بینی شرایط اتمسفری در اواخر سال‌های دهه ۹۰ میلادی شد. در سال ۲۰۰۰، Grell با جاسازی مدل کیفیت هوا در مدل MM5، سیستم آنلاین پیش‌بینی وضعیت هوا ساخت که به‌عنوان ماژولی در سیستم MM5 قرار گرفت[۲]. در سال ۲۰۰۰، Stein و همکاران از ترکیب مدل HYSPLIT و MM5 به سیستم لاگرانژی جامعی برای پیش‌بینی غلظت ازون دست یافتند. امروزه از چنین مدل‌های ترکیبی به‌مراتب در تحقیقات استفاده می‌گردد[۳].

تحقیقات مشابه بسیار محدودی نیز در منطقه خاورمیانه انجام شده‌است که از آن جمله می‌توان به تحقیقات انجام شده در کشور ترکیه اشاره کرد. کشور ترکیه در شرق اروپا قرار داشته و بادهای غالب غربی آلودگی این قاره را برای کشور ترکیه به همراه دارد. با مدل کردن قاره اروپا و قسمتی از خاورمیانه به وسیله مدل CMAQ[1]، منبع آلودگی شهر استانبول ردیابی شده و وابستگی آلودگی هوای ترکیه با انتشار قاره اروپا و بادهای غالب غربی اثبات شده‌است[۱]. Ulas Im و همکاران، دوره غبار زمستانی در استانبول ترکیه را به‌کمک سیستم مدل ساز ترکیبی WRF/CMAQ مطالعه کرده‌اند. در این تحقیق به‌کمک فهرستی از انتشارهای با دقت بالای ۲ km که برای منطقه مورد مطالعه آماده شده‌بود، سطح غلظت‌های ذرات معلق، سولفات، نیترات و آمونیاک در منطقه استانبول به‌کمک مدل ساخته شده با CMAQ مورد بررسی قراردادند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل ساخته شده به‌کمک CMAQ توانایی محاسبه غلظت‌های مورد نظر را با دقت قابل قبولی دارد[۴].

وضعیت کیفیت هوا در کشور ایران در سال‌های اخیر به‌شدت افت کرده که عوامل بسیاری از قبیل رشد سریع جمعیت، توسعه صنایع و کمبود فضای سبز در آن دخیل می‌باشند. برای ارزیابی کیفیت هوا در کشور ایران بررسی و یا مدل‌سازی انجام نشده‌است. تنها تحقیقات انجام شده در این زمینه، مربوط به شهر تهران می‌باشد. در سال ۲۰۰۴ آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن با همکاری شرکت کنترل کیفیت هوای تهران به سهم‌بندی منابع انتشار آلاینده‌های مونوکسیدکربن، اکسیدهای گوگرد، مواد معلق، اکسیدهای نیتروژن و هیدروکربن‌های نسوخته در دو دسته‌بندی متحرک و ثابت پرداخت. نتایج تحقیق نشان‌دهنده غالب بودن منابع متحرک در انتشار آلاینده‌های اکسیدهای نیتروژن و هیدروکربن‌های نسوخته و غالب بودن منابع ثابت برای سایر آلاینده‌هاست. شهبازی و همکاران با استفاده از اطلاعات هواشناسی تهیه شده توسط شبیه‌سازی به‌وسیله مدل تحقیقات و پیش‌بینی آب و هوا (WRF)[2] و نیز اطلاعات انتشار آلاینده‌های مختلف از منابع انتشار آلودگی موجود در شهر تهران به مدل‌سازی کیفیت هوای تهران پرداختند. مدل نتایج خوبی برای ایستگاه‌های انتخابی به‌دست داده‌است و بر پایین بودن کیفیت داده‌های انتشار تاکید دارد [۵]. در تحقیق دیگری شهبازی و همکاران، اثر طرح ترافیک زوج و فرد در نواحی مرکزی شهر تهران بر غلظت آلاینده‌های مونوکسیدکربن، مونوکسیدنیتروژن و دی اکسیدنیتروژن را بررسی کردند. در این مطالعه میزان کاهش انتشار ناشی از طرح زوج و فرد ۴۰درصد در نظر گرفته شده که بر اثر آن غلظت مونوکسیدکربن به میزان ۲۰درصد کاهش یافته اما تأثیر چندانی بر دی اکسید نیتروژن نداشته‌است. نتایج این بررسی نشان داد که اثر این طرح به‌نوع آلاینده، شرایط آب و هوایی و محل مورد مطالعه بستگی دارد [۶]. بررسی مطالعات انجام شده بیان‌گر نیاز کشور به اقدامات جدی در زمینه آلودگی هوا و کمبودهای پژوهشی در زمینه کیفیت هوای ایران و منطقه است.

در این مطالعه سطح غلظت آلاینده CO در کشور ایران بر اثر انتشار منابع آلاینده موجود در این کشور مورد بررسی قرار گرفته‌است. در این مطالعه از مدل CMAQ استفاده شده که یکی از مدل‌های جامع جابجایی آلاینده‌ها و واکنش‌های شیمیایی اتمسفری می‌باشد. بخش مهمی از فرایند پخش آلاینده‌ها هم‌رفت و پراکنش است و این دو فرایند وابستگی بسیار زیادی به شرایط آب و هوایی دارند،

مدل CMAQ برای مدل‌سازی کیفیت هوا نیازمند داده‌های هواشناسی است. ورودی‌های هواشناسی این مدل، توسط مدل هواشناسی WRF آنالیز و وارد مدل CMAQ می‌شود. در مدل‌سازی انجام شده دقت شبکه ۵۰کیلومتر است که می‌تواند در مطالعات بعدی، برای مدل‌سازی درون کلان‌شهرها، به‌عنوان شرایط مرزی مورد استفاده قرار گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مدل‌سازی هواشناسی

در مطالعات کیفی هوا و به‌خصوص پیش‌بینی غلظت آلاینده‌ها داشتن اطلاعات هواشناسی ناحیه و تأثیر آن بر پخش آلاینده‌ها امری اساسی است. هواشناسی به‌طور نزدیکی با کیفیت هوا، تعیین غلظت آلاینده‌ها، شکل‌گیری آلاینده‌های ثانویه، انتقال آن‌ها به مناطق دیگر و حذف نهایی آن‌ها از اتمسفر رابطه دارد. به‌همین دلیل هر گونه استفاده از مدل‌های کیفیت هوا نیازمند داده‌های پردازش شده هواشناسی می‌باشد. در این پژوهش برای پردازش داده‌های هواشناسی از مدل غیرهیدرواستاتیک WRF-ARW استفاده شده‌است.

ورودی‌های این مدل شامل دو دسته داده‌های زمینی و هواشناسی است. داده‌های زمینی شامل داده‌های کاربری اراضی، پوشش گیاهی، جنس خاک، پوشش آب، درصد پوشش گیاهی و دمای خاک در اعماق به‌صورت جهانی و در دقت‌های مکانی متفاوت ارائه می‌شود. در این تحقیق این داده‌ها از وب‌سایت سازمان همکاری‌های دانشگاهی برای تحقیقات اتمسفری با دقت ۲دقیقه استخراج شده‌اند. برای داده‌های ورودی هواشناسی نیز از داده‌های نهایی (FNL) جمع‌آوری شده توسط مرکز پیش‌بینی‌های زیست‌محیطی استفاده شده‌است. این داده‌ها محصول سیستم تشابه‌سازی اطلاعات جهانی می‌باشند که به‌صورت پیوسته داده‌های مشاهداتی را از سیستم مخابراتی جهانی (GTS)[3] و سایر منابع برای تحقیقات جمع‌آوری می‌کند. این داده‌ها در شبکه‌هایی با طول و عرض یک درجه و برای هر شش ساعت، از ماه ژوئن سال ۱۹۹۹ در ۲۷ لایه تهیه شده‌اند.

داده‌های ورودی پس از پردازش توسط مدل WRF در ۳۴ لایه از سطح زمین تا ارتفاع معادل فشار ۵۰۰۰پاسکال قرار داده شده‌اند. هر لایه در مدل بر حسب نسبت فشار این لایه به اختلاف فشار لایه اول و آخر مشخص شده‌است.

۲-۲- داده‌های انتشار

ورودی اصلی دیگر مدل CMAQ داده‌های انتشار آلاینده‌ها می‌باشند. این داده‌ها باید مطابق شبکه‌بندی مکانی تعریف شده برای داده‌های هواشناسی باشد. داده‌های انتشار مورد استفاده توسط پایگاه داده GEIA فراهم شده‌است. این داده‌ها محصول پایگاه داده براورد انتشارات MACCity می‌باشد. دقت مکانی داده‌های انتشار ورودی ۰/۵ درجه می‌باشد. مدل CMAQ تنها قادر به استفاده از مختصات کارتزین خاصی است که تعداد محدودی از آن‌ها توسط مدل WRF پشتیبانی می‌شود. یکی از این سیستم‌های مختصات سیستم لامبرت[1] می‌باشد که در این پژوهش به‌عنوان سیستم مختصات ورودی‌های CMAQ انتخاب شد. دقت داده‌های انتشار و هواشناسی برای نزدیک بودن به ۰/۵ درجه ۵۰کیلومتر درنظر گرفته شد. برای تبدیل داده‌های انتشار از دقت ۰/۵ درجه جغرافیایی به ۵۰کیلومتر از نرم‌افزار ARCGIS استفاده گردید. چنین تبدیلی می‌تواند منجربه خطا گردد که این خطا قابل اندازه‌گیری نیست. این خطا به خطای پایگاه داده MACCity برای داده‌های انتشار، اضافه می‌شود و انتظار می‌رود بسیار کم‌تر از خطای احتمالی در داده ها انتشار باشد.

پس از تبدیل به‌دقت ۵۰کیلومتر، این داده‌ها در ماتریسی مشابه شبکه‌بندی محدوده تعریف شده قرار گرفته‌اند. بدین‌ترتیب ماتریس انتشاری با ۹۸ ستون، ۵۴ ردیف و ۳۴ لایه تعریف شد. آلاینده‌ها از سطح زمین انتشار می‌یابند و با توجه‌به نبود اطلاعات مربوط به ارتفاع بالا آمدن اولیه آلاینده‌ها، این انتشارات در لایه اول قرار گرفت. آلاینده CO برای بررسی در سطح منطقه انتخاب شده‌است. این آلاینده در دسته‌بندی‌های انتشار از منابع انسانی و طبیعی قرار می‌گیرد.

داده‌های انتشار دریافتی از پایگاه داده GEIA دارای دقت زمانی خوبی نبوده و برای هر ماه مقدار ثابتی برای هر سلول دارند. برای رسیدن به تغییرات زمانی متناسب با کشور، از کدهای دسته‌بندی منابع (SCC)[4] برای هر بخش که نماینگر نوسانات زمانی انتشار آلاینده‌ها از منابع مختلف است، ارائه نموده‌است. این کدها محلی نبوده و آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا که تولیدکننده نرم‌افزار است توصیه‌هایی برای محل استفاده از این کدها نموده‌است. به‌عنوان نمونه برای برخی منابع مانند حمل و نقل، به‌علت تفاوت در تعداد و نوع روزهای تعطیل، این دسته‌بندی‌ها در ایران قابل استفاده نیست و باید از اطلاعات محلی استفاده

شود. از آن‌جایی‌که این داده‌ها در سطح کشور موجود نبوده، از داده‌های ترافیکی تهران برای اعمال تغییرات زمانی بر آلاینده‌های انتشار یافته از منابع حمل و نقل استفاده شده‌است. این داده‌ها که از شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران دریافت شده‌اند، برای کل سال یکسان بوده و از تغییرات ماهانه در آن‌ها صرف‌نظر شده‌است. این موضوع می‌تواند باعث بروز خطا در نتایج مدل گردد.

برای انتشارات منابع تولید انرژی، با استفاده از کدهای SCC تغییرات ساعتی و هفتگی خاصی پیشنهاد شده که بر داده‌های انتشار ایران نیز اعمال شد. با توجه‌به این‌که الگوی نوسانات زمانی مصرف انرژی در ایران می‌تواند متفاوت با سایر کشورها باشد، این موضوع می‌تواند موجب ایجاد خطا در داده‌های انتشار این دسته از آلاینده‌ها گردد.

۲-۳- مدل‌سازی شیمی و انتقال آلاینده‌ها

در این پژوهش برای مدل‌سازی شیمی و انتقال از مدل CMAQ استفاده شده‌است. CMAQ یک مدل سه بعدی اویلری برای مدل‌سازی انتقال و شیمی اتمسفر است که ازون، باران اسیدی، میدان دید و ذرات ریز در تروپوسفر را شبیه‌سازی می‌کند. این مدل حول این فرضیه طراحی شده که تأثیرات برهم‌کنش در مقیاس‌های مختلف بین آلاینده‌ها نمی‌تواند نادیده گرفته شود. رویکرد اتخاذ شده برای این مدل رویکرد اتمسفر واحد نام‌گذاری شده و طبق این رویکرد فعل و انفعالات بین آلاینده‌های مختلف با بازه‌ای از مقیاس‌های زمانی و مکانی به‌طور هم‌زمان شبیه‌سازی می‌شود[۷].

در این پژوهش برای مدل کردن شیمی فاز گازی از مکانیزم CB05 استفاده شده که اختصاص به شبیه‌سازی فرایندهای فوتوشیمیایی دارد. از توانایی‌های دیگر این مکانیزم امکان بررسی ازون، ذرات معلق، تجمع اسیدها و سموم موجود در اتمسفر می‌باشد. برای حل معادلات از دستگاه SMVGEAR استفاده شد.

۲-۴- محدوده زمانی و مکانی

منطقه مورد نظر برای شبیه‌سازی در این پژوهش کشور ایران می‌باشد اما به‌دلیل وجود نداشتن شرایط مرزی برای شبیه‌سازی مورد نظر، کشورهای همسایه نیز در این شبیه‌سازی مدل شده‌اند. در این صورت، محدوده اصلی مورد نظر دورتر از کناره‌های این محدوده قرار می‌گیرند و تأثیر نبود شرایط مرزی بر حوضه اصلی کم می‌شود. این منطقه از جنوب به مدار ۱۶ درجه شمالی، از شمال به مدار ۴۳ درجه شمالی، از غرب به نصف‌النهار ۲۶ درجه شرقی و از شرق به نصف‌النهار ۷۵ درجه شرقی محدود می‌باشد. شبکه مکانی استفاده شده در مدل، شبکه‌ای با ۹۸ ستون، ۵۴ ردیف و ۳۴ لایه ارتفاعی است. دقت شبکه‌بندی طول و عرض ۵۰ کیلومتر است. علت انتخاب این اندازه، نزدیکی آن به سایز و دقت داده‌های انتشار است.

در این پژوهش دو هفته با نوسانات آب و هوایی کم و زیاد برای شبیه‌سازی انتخاب شد. دلیل انتخاب این دو هفته بررسی عملکرد مدل در دو هفته متفاوت در فصل زمستان می‌باشد. برای تامین داده‌های غلظت اولیه برای این دو شبیه‌سازی، یک روز به‌طول شبیه‌سازی هر هفته اضافه شد تا اثر شرایط اولیه فرض شده کم گردد. این دو بازه هشت‌روزه از شنبه ۱۷بهمن ۱۳۸۸ تا شنبه ۲۴بهمن ۱۳۸۸ و از شنبه ۱۵اسفند ۱۳۸۸ تا شنبه ۲۲اسفند ۱۳۸۸ است. لازم به ذکر است که هفته دوم نوسانات آب و هوایی بیش‌تری دارد. مدل‌های کیفیت هوا تمایل به پیش‌بینی غلظت‌ها در محدوده میانگین داشته و بهترین بازده را در شرایطی دارند که داده‌های انتشار و هواشناسی مدل تغییرات زمانی زیادی نداشته باشند. مشکل اصلی این مدل‌های، پیش‌بینی غلظت در شرایط ناپایاست. دلیل اصلی انتخاب این دو هفته نیز همین موضوع بوده‌است.

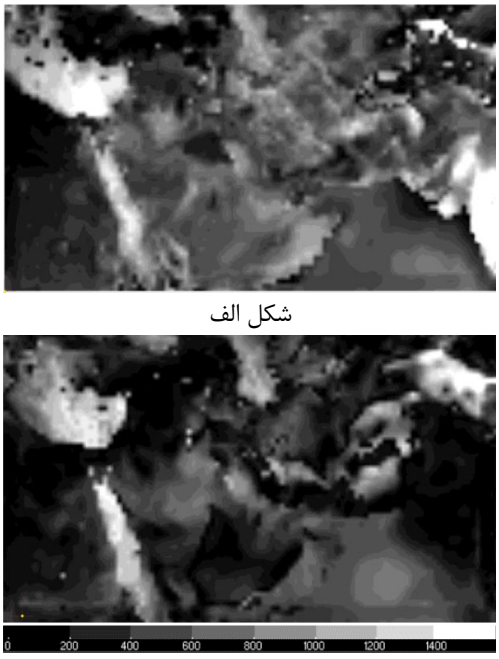
در هفته بهمن ماه در تهران، به‌دلیل سرعت پایین باد و تابش کم خورشید، در تمامی ساعات روز کلاس پایداری B و در تمامی ساعت‌های شب به‌علت کم بودن مقدار ابر در کلاس پایداری F قرار می‌گیرند، به‌جز در ۱۳ ساعت که در کلاس پایداری E قرار می‌گیرند. در هفته اسفند ماه نیز تمامی روزها در کلاس پایداری B اما تنها ۳ساعت شب در دوره شبیه‌سازی شده در کلاس پایداری E قرار داشته و بقیه در کلاس F قرار می‌گیرند. در دسته‌بندی پاسکویل‌گیفرد پایداری اتمسفر به ۶ کلاس A تا F تقسیم می‌شود که پایداری از کلاس A تا F افزایش می‌یابد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مدل هواشناسی

نتایج دما، رطوبت، جریان باد، ارتفاع لایه مرزی و سایر پارامترهای هواشناسی دو هفته مورد بررسی، در شبکه سه بعدی بر روی ناحیه مورد نظر به‌دست آمده است. با توجه‌به اهمیت ارتفاع لایه مرزی و اثر آن بر آلودگی هوا، توزیع مکانی ارتفاع لایه ی مرزی به‌دست آمده از مدل WRF برای ساعت ۸ و ۱۹روز ۱۷بهمن در شکل ۱ نشان داده شده‌است.

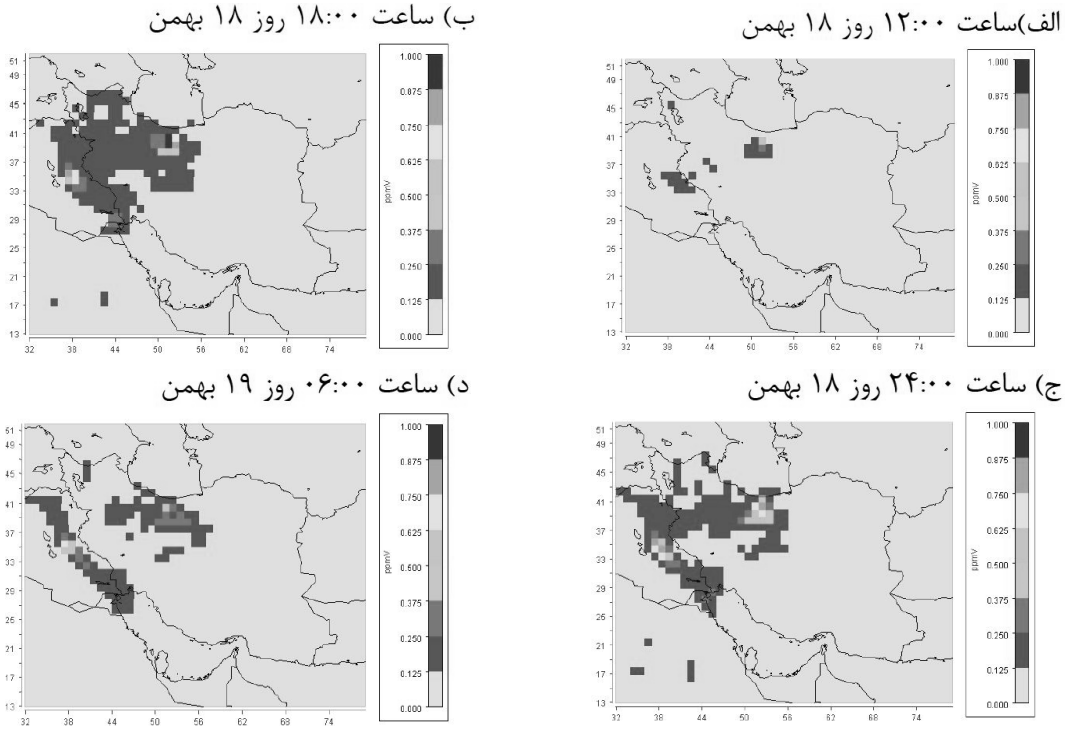
همان‌طور که مشاهده می‌شود ضخامت لایه مرزی در شب‌ها کاهش می‌یابد. دلیل این امر یکی سرعت باد و دیگری تغییر ضخامت هوا به‌صورت تابعی از دما می‌باشد. در هنگام شب به‌دلیل کاهش دمای هوا ضخامت لایه مرزی کاهش پیدا می‌کند. ضخامت لایه مرزی در ساعت ۱۹ روز ۱۵اسفند کم‌تر از ساعت ۱۹ روز ۱۷بهمن است، که علت آن شرایط پایدار اتمسفر در طول شب است. میانگین نوسانات ارتفاع لایه مرزی در بازه هشت‌روزه بهمن ماه برای کلان‌شهرهای ایران از ۳۵۰متر تا حدود ۷۸۰متر و در دوره هشت‌روزه مورد مطالعه در ماه اسفند از حدود ۲۰متر تا ۱۷۰۰متر می‌باشد. ارتفاع لایه مرزی در بازه هشت‌روزه بهمن ماه دارای بیشینه ۱۷۵۰متر و کمینه ۹۲۵متر و در بازه هشت روزه اسفند ماه دارای بیشینه ۲۵۰۰متر و کمینه ۲۵۰متر است.



شکل الف

شکل ب

شکل ۱- ارتفاع لایه مرزی بر حسب متر برای روز ۱۷بهمن ۱۳۸۸ در الف: ساعت ۸ و ب: ساعت ۱۹



شکل ۲- توزیع مکانی غلظت آلاینده CO در یک بازه یک روزه برای ۴ مرحله زمانی

۳-۲- مدل شیمی و انتقال آلاینده‌ها

۳-۲-۱-توزیع مکانی غلظت آلاینده‌ها

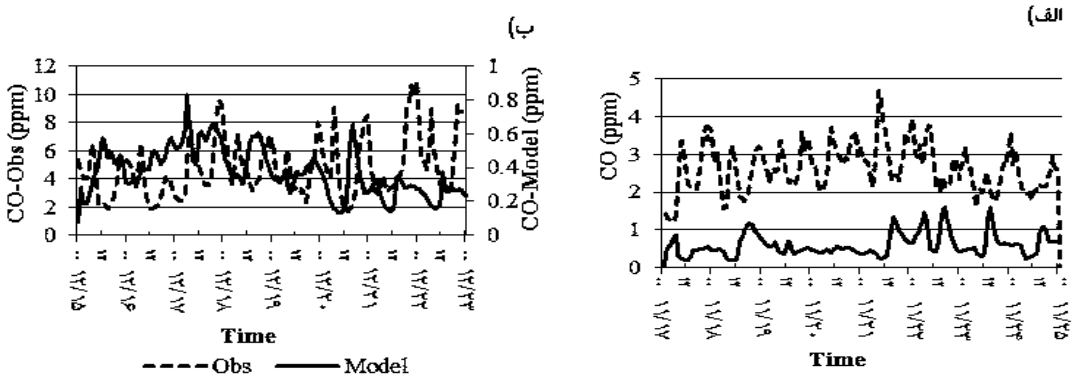
توزیع مکانی آلاینده بر روی شبکه مکانی تعریف شده به‌دست آمد. غلظت آلاینده CO در این شبکه در بازه ساعت ۱۲ روز ۱۸بهمن تا ساعت ۶ روز ۱۹بهمن ۱۳۸۸ با بازه زمانی ۶ ساعت در شکل ۲ ارائه شده‌است. لازم به‌ذکر است که این توزیع مربوط به لایه اول شبکه، با ارتفاع تقریبی ۵۰متر، می‌باشد.

همان‌طورکه در شکل ۲ مشخص می‌باشد، آلاینده CO به‌صورت پس زمینه در بیش‌تر نقاط منطقه موجود بوده و در مناطق غیر شهری دارای غلظت کمی است. در مناطق شامل شهرهای بزرگ مانند تهران و مناطق مجاور آن این غلظت بیش‌تر است. این موضوع را می‌توان به‌نوع منابع تولید این آلاینده نسبت داد. منابع خانگی و حمل و نقل که بیش‌ترین ارتباط را با جمعیت دارد، بیش‌تر منابع انتشار این آلاینده را به‌خود اختصاص داده‌اند. لازم به ذکر است باتوجه به نوع منبع انتشار CO، در مناطق شهری سطح این آلاینده بالاتر است اما به‌علت بزرگ بودن سلول‌ها و قرارگیری برخی شهرها بین دو سلول، سطح آلاینده حتی در سایر مناطق شهری ایران کم‌نمایش داده شده‌است.

باتوجه به شکل ۲ فاصله زمانی اوج آلودگی در کلان‌شهری مانند تهران و نقاط مجاور آن مشخص است. این آلودگی که توسط باد به نقاط مجاور منتقل می‌شود، با فاصله زمانی چند ساعته به نقاط پایین دست جریان باد می‌رسد. در ساعت ۱۲ظهر تمامی این نقاط غلظت پایینی از آلاینده CO را تجربه می‌کنند. در ساعت ۶عصر، شهر تهران غلظت اوج عصر را تجربه می‌کند درحالی‌که نقاط مجاور هم‌چنان دارای غلظت کمی می‌باشند. در ساعت ۱۲نیمه‌شب غلظت سلول دربردارنده شهر تهران درحال کاهش است درحالی‌که سلول‌های مجاور در اوج غلظت CO به‌سر می‌برند.

۳-۲-۲-توزیع زمانی غلظت آلاینده‌ها در شهرها

در شکل ۳ غلظت آلاینده CO ثبت شده توسط ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا برای شهر تهران به‌عنوان نمونه با نتایج مدل مقایسه شده‌است. در این مقایسه از میانگین تمامی ایستگاه‌هایی که در سال ۱۳۸۸ فعال بوده‌اند و داده دریافت می‌کردند استفاده شده‌است.



شکل ۳- مقایسه غلظت‌های به‌دست آمده توسط مدل و داده‌های مشاهده شده برای آلاینده CO در شهر تهران برای ماه‌های الف) بهمن و ب) اسفند سال ۱۳۸۸

با دقت در مقایسه نتایج مدل و ایستگاه‌های اندازه‌گیری غلظت مشاهده می‌شود مقادیر به‌دست آمده از مدل مطابقت خوبی با داده‌های اندازه‌گیری‌شده نداشته و تمایل مدل به اعلام غلظت‌های کم‌تر از داده‌های اندازه‌گیری مشخص است. این موضوع می‌تواند به‌علت دقت مکانی شبیه‌سازی باشد که به سلول‌هایی به مساحت ۲۵۰۰ کیلومتر مربع می‌انجامد، درحالی‌که بزرگ‌ترین شهر مورد بررسی (تهران) حدود ۶۰۰کیلومتر مربع مساحت دارد. مقایسه روند تغییرات نتایج شبیه‌سازی با داده‌های اندازه‌گیری‌شده نشان‌دهنده نحوه عملکرد مدل و کارایی آن در شبیه‌سازی غلظت آلاینده‌ها باتوجه به شرایط آب و هوایی لازم است. هم‌چنین به‌علت بزرگ بودن اندازه سلول‌ها، انتشار بیان‌شده برایندی از انتشار شهر مورد نظر و مناطق مجاور آن است که اغلب مناطق خالی از جمعیت و بدون انتشار می‌باشند که این موضوع می‌تواند به‌صورت میانگین باعث کاهش انتشار اعلام شده در سلول گردد.

همان‌طور که توضیح داده شد، داده‌های انتشار از دقت بالایی برخوردار نمی‌باشند. برای مثال داده‌های انتشار میزان انتشار آلاینده CO از سلول دربردارنده شهر تهران را در بیش‌ترین ساعت چیزی در حدود ۹۲۱مول‌برثانیه براورد می‌کند. درحالی‌که مقدار به‌دست آمده در مطالعات قبلی ، بالغبر ۱۳۰۰مول آلاینده CO برای منابع حمل و نقل گزارش شده‌است[۸]. برای شهر تهران که دارای سنجنده‌های بیش‌تری است، نتایج مدل با داده‌های اندازه‌گیری مطابقت بهتری دارند. اگرچه حتی در این شهر نیز داده‌های سنجنده نمی‌توانند نماینده خوبی از کل شهر باشند، زیرا این سنجنده‌ها که اغلب در مکان‌های با غلظت بالای آلاینده نیز نصب شده‌اند، پراکندگی خوبی در سطح شهر ندارند.

مقایسه نتایج دو هفته مورد بررسی نشان‌دهنده دقت بالاتر نتایج هفته بهمن ماه نسبت به نتایج هفته اسفند ماه است. هفته اسفند ماه که به‌دلیل تغییرات زیاد پارامترهای هواشناسی در طی آن انتخاب شده‌است، دارای نوسانات غلظتی بیش‌تری است. این نتیجه که مدل در براورد غلظت‌ها در این شرایط توانایی بهتری داشته‌باشد کاملاً منطقی است زیرا در شرایطی که پارامترهای هواشناسی دارای نوسانات بیش‌تری می‌باشند، هرگونه خطایی باعث اضافه شدن خطا در مرحله زمانی بعدی می‌گردد، درصورتی‌که در شرایطی که این پارامترها در زمان ثابت‌تر باشند، درصورت وجود هرگونه خطا در هر مرحله زمانی نتایج پس از چندین مرحله زمانی به‌شرایط میانگین باز می‌گردد.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق به‌منظور بررسی سطح آلاینده CO در کشور ایران بر اساس پارامترهای هواشناسی از مدل کیفیت هوای CMAQ به‌همراه مدل WRF استفاده شده‌است. داده‌های هواشناسی اولیه از داده‌های نهایی سیستم اطلاعات جهانی GDAS استخراج شده و برای داده‌های انتشار از پایگاه MACCity از طریق بانک انتشارات GEIA استفاده شده‌است. مقایسه نتایج مدل و داده‌های اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه‌های سنجنده، نشان‌دهنده عملکرد بهتر مدل برای هفته بهمن ماه نسبت به اسفندماه است. مدل در این هفته توانسته است تغییرات آب و هوایی را بهتر بر سطح آلاینده‌ها اعمال کند. روند تغییرات آلاینده‌ها با داده‌های اندازه‌گیری تطابق دارد اما سطح آلاینده‌ها غالباً کم‌تر از داده‌های اندازه‌گیری اعلام می‌گردد. دلیل این امر را می‌توان کیفیت پایین داده‌های انتشار و شبکه درشت به‌کار رفته دانست. لازم به ذکر است از نتایج مدل حاصله می‌توان به‌عنوان شرط مرزی تحقیقات آینده برای مدل‌سازی کلان‌شهرهای ایران استفاده کرد و به‌کمک شبکه با دقت بالاتر، نتایج پیش‌بینی غلظت آلاینده‌ها را بهبود بخشید.

پی‌نوشت

[1] lambert conformal conic
[2] Community Multi-scale Air Quality
[3] Weather Research and Forcasting model
[4] Global Telecommunication System
[5] Source classification codes

منابع

[1] Kindap T, Unal A, Chen S.H, Odman M.T, Karaca M. Long-range aerosol transport from Europe to Istanbul, Turkey. Atmospheric Environment; 2006; 40: 3536-3547.

[2] Grell G.A., Emeis S., Stockwell W.R., Schoenemeyer T., Forkel R., Michalakes J., Knoche R. and Seidl W. Application of the multiscale, coupled MM5/chemistry model to the complex terrain of the VOTALP valley campaign. Atmospheric Environment; 2000; 34: 1435-1453.

[3] Stein A.F, Lamb D, Draxler R. Incorporation of detailed chemistry into a three-dimensional Lagrangian-Eulerian hybrid model: application to regional tropospheric ozone. Atmospheric Environment. 2000; 34: 4361-4372.

[4] Im, U., Markakis, K., Unal, A., Kindap, T., Poupkou, A., Incecik, S., Yenigun, O., Melas, D., Theodosi, C., Mihalopoulos, N., Study of a Winter PM episode in Istanbul using the high resolution WRF/CMAQ modeling system. Atmospheric Environment, 2010; 44: 3085-3094.

[5] Shahbazi H, Rashidi Y, Hosseini V., Distribution Modeling of Primary gas-phase pollutant in Tehran, The first conference on air and noise pollution management, Tehran, 2012. [In Persian]

[6] Shahbazi H, Hosseini V, Hamedi M. Investigating the Effect of Odd-Even Day Traffic Restriction Policy on Tehran Air Quality. TRB (Transportation Research Board) 93rd conference, Washington, D.C, United States, 2014.

[7] Byun W.D, Young J, Pleim J. Numerical transport algorithms for the Community Multi-scale Air Quality transport model (CMAQ) in generalized coordinates. Eds. EPA-600/R-99/030. 1990.

[8] Asgarieh M.H., Potential to reduce exhaust emissions from passenger vehicles in major cities with the new technologies (case study of Tehran), MSc. thesis: Sharif University of Technology, Tehran, 2011. [In Persian]