محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵
صفحات ۳۷۷ تا ۳۹۹

توسعه مدل پخش آلودگی هوا (AERMOD)در نرم افزار MATLAB

زهرا خبری[۱]، فرهاد نژادکورکی*[۲]، شهرام طالبی[۳]

۱-کارشناس ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد
۲-دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد[۱]
۳- استادیار گروه مکانیک، دانشکده مکانیک، دانشگاه یزد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/ ۵/۴ - تاریخ تصویب: ۹۵/۲/۱۵)

چکیده

امروزه آلودگی هوا به عنوان یکی از مهمترین چالش‌های کشورها می باشد. پیشرفت‌های زیادی در مدلسازی پخش آلودگی هوا صورت گرفته است. یکی از این مدل‌ها که بر اساس مدل گوس می‌باشد،AERMOD است. اما ارمود دارای محدودیت‌هایی در زمینه ورود و خروج داده‌های مورد نیاز اجرای مدل می‌باشد. بنابراین برطرف کردن این محدودیت‌ها و نیز تولید یک مدل بومی اهمیت دارد که به آن پرداخته شود. هدف از این تحقیق توسعه مدل ارمود با استفاده از برنامه نویسی MATLAB می‌باشد. در این تحقیق ابتدا مدل ارمود و برنامه نویسی متلب مورد کنکاش قرار گرفت و سپس مدل نقشه سازی و ارزیابی پراکنش اتمسفری(ADAMM) ایجاد گردید که می‌تواند جایگزین مدل ارمود در کشور باشد. به منظور تصدیق مدل ADAMM نتایج مدلسازی برای داده‌های مشابه یک منبع آلوده کننده با مدل ADAMM مقایسه شد. نتایج نشان دادند که در کل مدل ADAMM نسبت به مدل ارمود فراتخمین است. ولی مدل ADAMM به عنوان یک مدل بومی دارای مزایایی نسبت به مدل ارمود می‌باشد. همچنین مدل ADAMM در فاصله‌های کم نسبت به فواصل طولانی نتایج بهتری نشان می‌دهد(فاصله< ۵کیلومتر، r=۰/۵۳) و به علاوه مدل ADAMM یک محیط کاربر پسند فراهم می‌کند که سرعت عملکرد بهتری نسبت به ارمود دارد. مزیت دیگر ADAMM این است که اطلاعات را می‌تواند با فرمت اکسل بپذیرد در صورتی که مدل ارمود مستلزم دریافت فایل‌های مختص خود می‌باشد. همچنین ADAMM می‌تواند خروجی با فرمت‌های اکسل، اسکی، دو بعدی و سه بعدی تولید کند. مزیت دیگر مدل ADAMM این است که این مدل یک محیط کاربر برای انجام همه مراحل ورود داده-ها، تنظیم داده‌ها و خروجی داده‌ها فراهم می‌کند در صورتی که مدل ارمود دارای چندین زیر مدل برای اجرای برنامه نهایی می‌باشد به شکلی که هر زیر مدل کار خاص خود را انجام می‌دهد.

کلید واژگان: مدلADAMM، AERMOD، MATLAB، مدلسازی آلودگی هوا

---

[۱] نویسنده مسئول: تلفن: ۰۳۵۳۸۲۰۰۱۴۹ ایمیل: F.Nejadkoorki@gmail.com

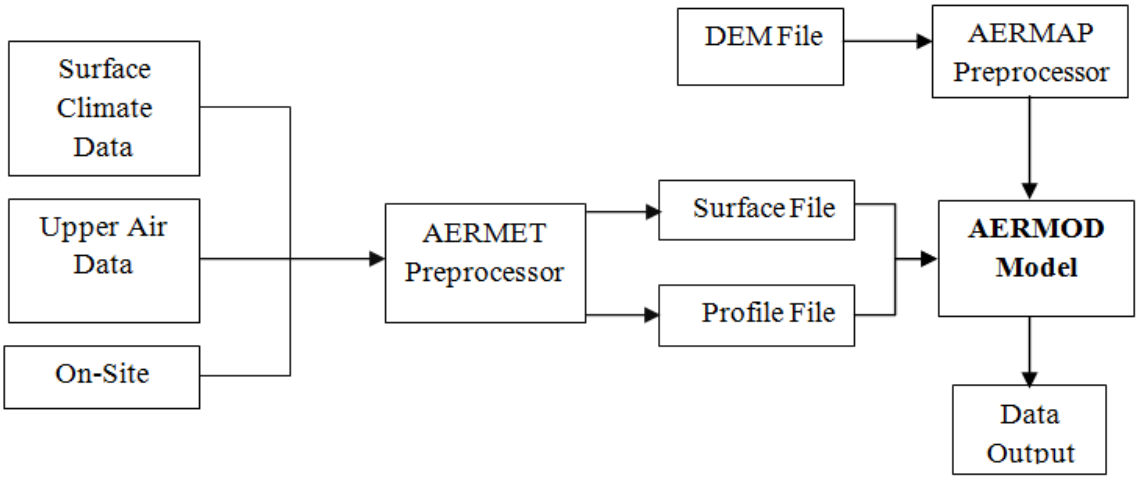
۱- مقدمه

مدلسازی محیط زیستی علمی است که از ریاضیات و کامپیوتر جهت شبیه‌سازی فیزیکی و شیمیایی پدیده‌ها در محیط زیست (مانند آلودگی محیط‌زیستی) استفاده می‌کند. این علم در ابتدا بر اساس محاسبات خودکار و کاغذ با استفاده از معادلات ساده بوده است. در ۵۰ سال گذشته، با پیشرفت کامپیوترهای دیجیتال، مدل‌های محیط زیستی پیچیده‌تر و اغلب نیازمند جواب‌های عددی برای سیستم‌های معادلات دیفرانسیل مشتقات جزئی شدند (Holzbecher,2007). یکی از مدل‌های برگزیده مدل AERMOD[1] می‌باشد. که به عنوان یکی از جدیدترین و در عین حال پیشرفته ترین مدل‌های معرفی شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست است (Farkuoravand,2012). انجمن هواشناسی و آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا همکاری رسمی را در سال ۱۹۹۱ با هدف طراحی و ایجاد یک نمایش بهتر از مدل انتشار هوا از طریق به کارگیری الگوریتم‌های بهتر و یکی کردن پیشرفت-های اخیر در بررسی شرایط لایه مرزی آغاز کردند که نتیجه این همکاری، مدل پیشرفته و بروز ارمود بود. در نوامبر سال ۲۰۰۵ نیز این مدل کاملا توسط EPA پذیرفته و منتشر گردید. ارمود یک مدل پلوم گوسی برای حالت پایدار و برای موارد نزدیک به سایت است که بر مبنای ساختار و مفاهیم تلاطم لایه مرزی سیاره‌ای استوار می‌باشد. در این مدل از توزیع گوس در جهت عمودی و افقی در شرایط ثابت و در جهات افقی در شرایط جابجایی استفاده می‌شود (Eamid,2009).

این مدل با الگوریتم نسبتا پیچیده‌ای، با در نظر گرفتن مشخصات سطح زمین مثل سپیدایی[2]، طول زبری[3]، نسبت بون[4] و همینطور نقطه شبنم، رطوبت نسبی و فشار در ارتفاعات بالا، ارتفاع اختلاط و ارتفاع لایه مرزی و در نهایت از طریق معادله گوس میانگین غلظت در هر گیرنده را تخمین می‌زند. مدل علاوه بر پردازشگر اصلی ارمود از یک پیش پردازنده هواشناسی به نام AERMET و یک پیش پردازنده عوارض زمین به نام AERMAP تشکیل شده است. پیش پردازنده ارمت داده‌های هواشناسی را پردازش می‌کند و پارامترهای لایه مرزی جو را به منظور استفاده در مدل تخمین می‌زند و پیش پردازنده ارمپ اطلاعات توپوگرافی منطقه را تجزیه و تحلیل می‌کند و در نهایت مدل با استفاده از نتایج این دو پیش پردازنده و اطلاعات تکمیلی در مورد منابع انتشار و شبکه پذیرنده محاسبات خود را انجام داده و نتایج نهایی را ارائه می‌دهد (شکل۱).

[1] اسم این مدل از American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model اقتباس شده است (EPA,2004 &EPA,2012).

[2] Albedo
[3] Roughness Length
[4] Bowen Ratio



شکل (۱) ارتباط بخش‌های مختلف مدل با یکدیگر (Bhardwaj,2005).

۱-۲- نرم افزار MATLAB

نرم‌افزار ریاضی، متلب، در دو دهه پیش توسعه یافت. این مجموعه برای کاربرهای کامپیوترهای شخصی خیلی موفق عمل کرده است. متلب به عنوان مجموعه‌ای از ابزارها برای حل معادلات آنالیزی و عددی ایجاد شده است. این نرم‌افزار در مقایسه با ابزارهای برنامه نویسی (مثل Fortran) که سابق توسط دانشمندان استفاده می‌شد یک توسعه بزرگی در ابزار برنامه‌نویسی است (Holzbecher,2007). امروزه مدل‌های توانمند در زمینه‌ی مسائل زیست محیطی باید از ویژگی‌های خاصی برخوردار باشند تا در حل مناقشات بین رشته‌ها، گروه‌ها و سازمان‌های موثر بر کیفیت محیط زیست نقش مهمی را ایفا نمایند. یک مدل خوب باید دارای توانمندی، سازگاری و قابلیت دسترسی باشد (Samaei,2004). توانمندی‌ها شامل قابلیت اجرایی مدل، بهره‌گیری از علوم جدید و توان رقابتی آن است. سازگاری، معرف میزان سازگاری مدل با دنیای بیرون است. قابلیت دسترسی مدل نیز شامل سه قابلیت شبکه‌ای شدن، کاربردوست بودن و هزینه‌ی پایین است (Samaei,2009). استفاده از نرم افزار متلب جهت مدلسازی اخیرا توسط پژوهشگران زیادی مورد استفاده قرار گرفته است از جمله: Nejadkoorki و همکاران (۲۰۰۸) جهت مدلسازی انتشار دی اکسید کربن ناشی از ترافیک در نواحی شهری از برنامه نویسی متلب استفاده کردند. به این صورت که ابتدا با استفاده از مدل SATURN[1] شبکه جاده‌ها و خصوصیات ترافیک (سرعت، جهت، طول و عرض) را شبیه‌سازی کرده و سپس برای آنالیز و تخمین غلظت دی اکسید کربن در نواحی شهری داده‌های به دست آمده را به نرم افزار متلب انتقال دادند. سپس مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل را وارد GIS کرده و نقشه پراکنش دی اکسید کربن را تهیه کردند. در مطالعه‌ای دیگر Nikravan و همکاران (۲۰۱۱) به منظور بهینه سازی شکل قطعات مکانیکی با تلفیق نرم

[1] Simulationand Assignment of Traffic in Urban Road Networks

افزارهـــای Catia، HyperMesh، ADAMMs Nastran و متلب پرداختنـد کـه نتیجـه ایـن تلفیـق تولیـد نـرم افـزار AIMAS شـد. Mohammadi و Sadeghi (۲۰۰۹) نیز طی مطالعه‌ای ازدیاد برداشـت از مخازن نفتی به روش تزریق ترکیبی (متنـاوب) آب و گاز غیر امتزاجی را با استفاده از متلب شـبیه‌سـازی کردند. همچنین Mirbagheri و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از متلـب مـدل ریاضـی اکسـیژن محلـول در سیسـتم لجـن فعـال را تعیـین کردنـد. هـدف آنهـا پیشبینی غلظت اکسیژن محلول در راکتورهـای لجـن فعال بود. برای این کـار معادلـه اکسـیژن محلـول در معادلات دیفرانسیل مرتبه اول گنجانده شد و شـبیه-ساز مدل در نرم‌افزار متلب نوشته شد. طی مطالعـه‌ای دیگـــر Parishan و Omidkhah (۲۰۰۶) کـــاهش آلاینـده‌هـای SOx و NOx ، Cox در کـوره‌هـای صنعتی را با استفاده از متلب مدلسازی کردند. ایشـان ابتدا تابع هدف را تشکیل داده و کلیه مراحل را تحـت نرم افزار بـا زبـان برنامـه نویسـی متلبایجـاد کردنـد. عملیات برای سه نوع سوخت انجام شد و در پایان نرم افزاری تولید شد که می‌توان مناسبترین نوع سـوخت را به منظور تولید کمترین میزان آلاینده انتخاب کرد. Su و همکاران (۲۰۱۱) اثر SCR بر کـاهش آلاینـده NOx خروجی اگزوز را بـا اسـتفاده از متلـب شـبیه-سازی کردندکه مراحل شبیه سازی در متلـب صـورت گرفت. Roger و همکاران (۲۰۰۳) نرم افزار ارمـود را بـــا EDMS ادغـــام کردنـــد. ســـازمان هواپیمـــایی فدرال(FAA) برای آنالیز کیفیت هوا ناشـی از منـابع حمل و نقل هوایی به اسـتفاده از سیسـتم مدلسـازی پراکنـــدگی و انتشـــار نیـــاز دارد. در ویـــرایش قـــدیم EDMS بـــرای پراکنـــدگی اتمســـفر از دو مـــدل CALINE3 و PAL2 استفاده می‌شد کـه بـا ظهـور مدل ارمود در آژانس حفاظت محیط زیسـت سـازمان هواپیمایی فدرال تصمیم به جایگزینی مدل ارمـود بـا دومدل قبلی در EDMS گرفت. چرا که الگوریتم‌های پراکندگی ارمود برای مدلسازی فیزیکی اتمسفر دقـت بیشتری نسبت بـه مـدل‌هـای قبلـی دارد. همچنـین Madeira و همکاران (۲۰۱۰) برنامـه انـدازه‌گیـری و نقشه‌بـرداری فوتوگرامتریـک را بـا اسـتفاده از متلـب نوشتند. که به موجب آن نرم افزار MMS[1] تولید شد. Holzbecher (۲۰۰۷) کتابی تحت عنوان مدلسـازی محیط‌زیستی با استفاده از متلـب را تـالیف کـرد کـه درآن انواع مدل‌های محیط زیستی و نوشـتن آنهـا بـا استفاده از متلب بررسی شده است.

با توجه به اهمیت مدلسازی پخش آلودگی هوا برنامه‌نویسی آنها در نرم‌افزارهای قابـل دسـترس‌تـر و ساده و جامع‌تری مثل نرم‌افـزار متلـب دور از اهمیـت نخواهد بود. علی‌رغم قوی و بـروز مـدل ارمـود بـرای اجرای مدل به داده‌ها مختلفی نیاز اسـت. بـه منظـور ورود داده‌هـای هواشناسـی بـه مـدل بایـد از فرمـت خاصی که قابل خواندن توسـط زبـان برنامـه نویسـی فرترن باشد، استفاده شود. لذا برای جلوگیری از خطـا در اجرای مـدل بایـدکاربر دقـت زیـادی جهـت ورود داده‌ها داشته باشد. همچنین حساسیت مـدل نسـبت به ورودی زیاد بوده و با کوچکترین اشتباه، مدل خطـا داده و اجرا نمی‌شود. امروزه پیشرفت زیادی در دنیای

[1] Mobile Mapping System

الکترونیک و کامپیوتر رخ داده است و هر روز جهت تسهیل استفاده از امکانات موجود راه حل و ابزار جدیدتری معرفی می‌شود. مدلسازی آلودگی هوا نیز از این موضوع مستثنی نیست می‌توان با استفاده از نرم افزارهای جدیدتر که قوی‌تر، سرعت بالاتر و در عین حال ساده‌تر هستند جهت رفع نواقص مدل‌های موجود پرداخت و با تولید نرم افزار جدید و مدل‌های بومی، از آن برای رفع نیازهای خود استفاده کرد. اهداف این مقاله، برنامه نویسی الگوریتم پایه مدل ارمود و تسهیل استفاده از این مدل با استفاده از نرم افزار متلب. همچنین تولید نرم‌افزار بومی جهت استفاده از مدل ارمود به جای نسخه اصلیEPA که هزینه تهیه آن بالا بوده و به واسطه تحریم‌ها ممکن است که جدیدترین نسخه در اختیار ما قرار نگیرد.

۲- مواد و روش کار

پیش‌نیاز اجرای پیش پردازنده ارمپ مدل رقومی ارتفاع با فرمت USGS با دقت ارتفاعی ۲۰ متر است. در اینجا جهت مدلسازی غلظت آلاینده، از مدل رقومی ارتفاع با دقت ۵۰ متر استفاده شد. برای تهیه فرمت مدل رقومی ارتفاع[1] مورد نیاز مدل از نرم افزار گلوبال مپر[2] (ویرایش۱۳) استفاده شد. داده‌های هواشناسی و منبع (دودکش کوره های قوس الکتریکی شرکت فولاد آلیاژی ایران) به مدت ۲۴ ساعته برداشت و سپس به صورت بازه‌های سه ساعته (۸ بازه زمانی) وارد پیش پردازنده ارمت گردید.

۲-۲- اجرای زیر مدل ارمت:

داده‌های هواشناسی در پنج فایل متنی وارد شده و توسط این پیش‌پردازنده پردازش شده و دو فایل داده‌های سطحی و پروفیل عمودی جو را برای اجرای مدل ارمود ایجاد می‌کند. در اولین فایل ورودی به ترتیب داده‌های مختصات منطقه مورد مطالعه، ارتفاع اندازه گیری داده‌های هواشناسی از جمله سرعت و جهت باد و... که ۱۰ متر می‌باشد، قطاع‌های اطراف دودکش، شماره قطاع، ضریب آلبدو، نسبت بوون و ضریب زبری وارد می شوند. در فایل متنی بعدی نیز مختصات منطقه و فرمت داده‌های هواشناسی (در محل) منطقه وارد می‌شود. فایل متنی بعدی که باید داده‌های هواشناسی در محل را طبق فرمت تعریف شده در فایل متنی با فاصله خاص در این فایل متنی وارد کرد که این داده‌ها عبارتند از: سال، ماه، روز و ساعت نمونه برداری، بارش، پوشش ابر، فشار محل، فشار در سطح دریا، ارتفاع اندازه گیری داده‌ها، نقطه شبنم،دما، جهت باد، سرعت باد و رطوبت نسبی. بعد از تکمیل داده‌ها پیش پردازنده ارمت اجرا می‌شود که حاصل دو فایل متنی واسط با پسوند SFCو PFL خواهد بود. پیش‌پردازنده ارمت با استفاده از فایل واسط و پارامترهای سطحی منطقه مورد مطالعه، دو فایل ورودی برای پردازشگر اصلی مدل، فراهم می‌کند. فایل اول، پارامترهای لایه مرزی را دربرمی‌گیرد (سرعت اصطکاکی، عمق اختلاط، طول مونین-ابوخوف، ارتفاع مرجع باد و دما). فایل دوم، نیمرخی از پارامترهای مورد نیاز مدل را دربرمی‌گیرد (باد، دما، انحراف معیار مؤلفه‌های باد).

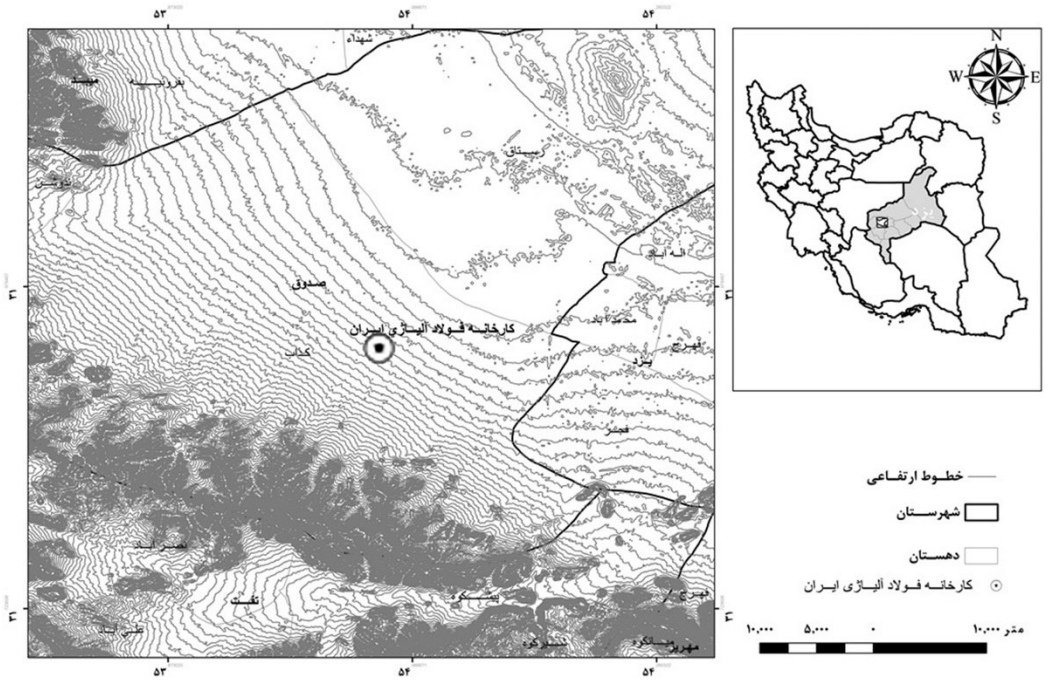
[1] DEM
[2] Global Mapper

۲-۳- اجرای ارمپ:

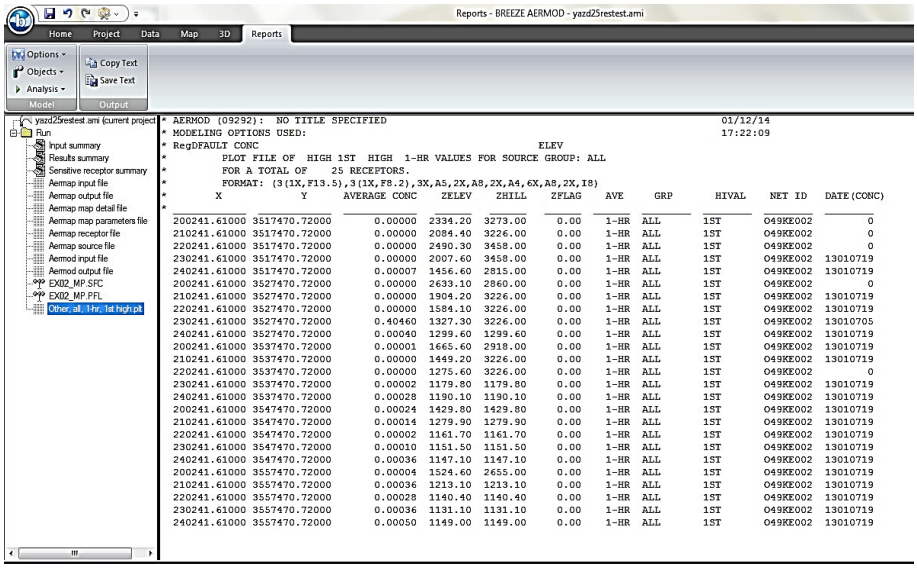
این پیش‌پردازنده مکان و ارتفاع عوارض زمین که بیشترین تاثیر را بر فرایند پخش در هر پذیرنده منفرد دارد، مشخص می‌کند. بسته به تعداد گیرنده تعریف شده بعد از چند دقیقه تا چند ساعت اجرای ارمپ طول می‌کشد.

۲-۴- اجرای ارمود:

در گزینه‌های مدل، مشخصات دودکش از جمله دبی خروجی گاز، سرعت خروج گاز، قطر دودکش و ارتفاع دودکش وارد می‌شود. و در قسمت هواشناسی دو فایل واسط که توسط ارمت ایجاد شده بود بارگذاری می‌شود. و در نهایت مدل ارمود اجرا شده و فایل خروجی به شکل ۳ داده می‌شود.



شکل (۲) منطقه مورد مطالعه، موقعیت دودکش و توپوگرافی منطقه.



شکل (۳) خروجی مدل ارمود

برای ترسیم نقشه پراکندگی به چهار ستون اول نیاز است که عبارتند از: ستون اول طول جغرافیایی گیرنده‌ها، ستون دوم عرض جغرافیایی، ستون سوم میانگین غلظت در هر گیرنده و ستون چهارم ارتفاع هر پذیرنده. که این خروجی به صورت فایل متنی ذخیره شده و بعد جهت تهیه نقشه پراکندگی آلاینده و روی هم گذاری آن با نقشه‌های کاربری اراضی منطقه باید وارد نرم افزار GIS گردد که به منظور خواندن داده‌ها باید فایل خروجی در اکسل کپی شده و با حذف موارد اضافه به GIS انتقال داده شود.

۲-۵- سرعت کاهش آدیاباتیک[1]:

تغییرات دما (کاهش) بر حسب ارتفاع (افزایش) را سرعت کاهش آدیاباتیک خشک[2] می‌نامند که با معادله (۱) زیر نمایش داده می‌شود.

$$\Gamma = \frac{-dT}{dZ} = ۹/۷۶C°/km = ۵/۴F°/۱۰۰۰ft \quad (۱)$$

۲-۶- حداکثر عمق آمیختگی

(Erfanmanesh&Afyooni ,2009)[3]:

نیمرخ حرارتی جو در تعیین پایداری هوا و اثر بر پراکنش عمودی مواد آلاینده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علاوه بر این اطلاع از ضخامت لایه هوایی که نزدیک سطح زمین قرار گرفته است به لحاظ اهمیت آن در آمیختگی هوا و کاهش غلظت آلاینده‌ها مهم است. خط کاهش آدیاباتیک را از سطح زمین (حداکثر دمای متوسط ماهیانه) رسم می‌کنند محل برخورد خط کاهش آدیاباتیک خشک با نمودار نیمرخ حرارتی جو بیانگر حداکثر عمق آمیختگی هوا است.

عموما در ایستگاه‌های هواشناسی سرعت باد در

[1] Adiabatic Lapse Rate
[2] Dry Adiabatic Lapse Rate

[2-]Maximum Mixing Depth(MMD)

ارتفاع ۱۰ متری مورد سنجش قرار می‌گیرد، در صورتی که با افزایش ارتفاع سرعت باد نیز عموما افزایش می‌یابد بنابراین اندازه‌گیری سرعت باد در ارتفاعات بیش از ۱۰ متر به بررسی وضعیت پراکنش مواد آلاینده کمک زیادی می‌کند. در صورتی که وسایل مورد نیاز جهت اندازه‌گیری سرعت باد در ارتفاعات بیش از ده متر در اختیار نباشد می‌توان از رابطه زیر برای تخمین سرعت باد در ارتفاع مورد نظر استفاده کرد.

$$(۲)\ \frac{U_1}{U_2} = \left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^p$$

در این رابطه U۱ و U۲ به ترتیب سرعت باد در بالاترین و پایین‌ترین ارتفاع مورد نظر و Z۱، ۲ Zبه ترتیب ارتفاع حداکثر و حداقل و P یک عدد بدون بعد است که بسته به پایداری شرایط جوی تغییر می‌کند. در جدول ۱ مقادیر P پیشنهاد شده به وسیله آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا برای سطوح ناهموار بر اساس سنجش‌های هواشناسی (بادسنجی) آورده شده است، برای سطوح هموار مانند دشت‌ها، سطوح دریاها و دریاچه‌ها مقادیر P موجود در جدول ۱ می‌باید در عدد ۰/۶ ضرب شوند.

جدول (۱) مقادیرP برای سطوح ناهموار

رده پایداری هوا	شرح	مقدار P
A	بسیار ناپایدار	۰/۱۵
B	نسبتا ناپایدار	۰/۱۵
C	کمی ناپایدار	۰/۲
D	خنثی	۰/۲۵
E	کمی پایدار	۰/۴۰
F	پایدار	۰/۶

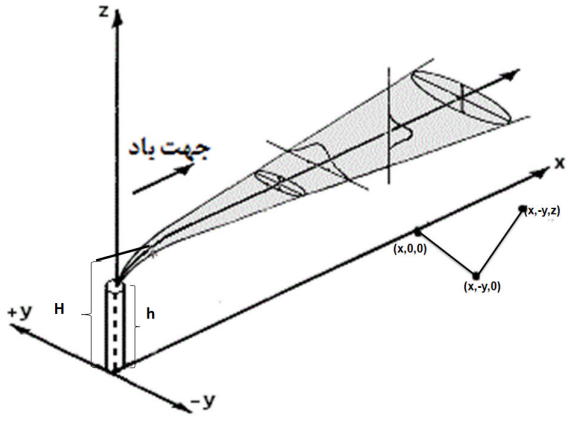
۲-۷- مدل گوس: برای تحلیل داده‌ها با استفاده از معادله گوس فرضیاتی در ابتدا مد نظر قرار می‌گیرند که عبارتند از: الف) سرعت ثابت پراکنش مواد از منبع. ب) سرعت ثابت باد با توجه به زمان و ارتفاع. ج) مواد خارج شده از منبع از نظر شرکت در واکنش‌های شیمیایی و ته نشینی خنثی می‌باشند. در شکل (۵) توسعه جبهه دود به صورت سه بعدی نشان داده شده است. در این شکل y توسعه افقی جبهه دود و z توسعه عمودی جبهه و بیانگر ارتفاع صعود توده دود می‌باشد. در نقطه مشخص از طریق معادله گوس غلظت محاسبه می‌شود (Erfanmanesh&Afyooni,2009&Mosavi *et*

.(*all*.,2003&EPA,2004

(۳)

$$c(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi U \sigma y \sigma z} \times \left[exp - \left(\frac{y^2}{2\sigma y^2}\right)\right] [exp\left(\frac{-(z-H)^2}{2\sigma z^2}\right) + exp\left(\frac{-(z+H)^2}{2\sigma z^2}\right)$$

C(x,y,z) که در آن، غلظت مواد آلاینده در نقطه x,y,z بر حسب میکروگرم بر متر مکعب. X، مسافت در جهت پایین‌دست بر حسب متر. y، فاصله افقی از محور مرکزی جبهه دود بر حسب متر. Q، سرعت پراکنش مواد آلاینده بر حسب میکروگرم بر ثانیه (دبی خروجی دودکش). H، ارتفاع موثر توده بر حسب متر($H=h+\Delta h$) که h ارتفاع دودکش و Δh ارتفاع صعود توده دود پس از خروج از دودکش تحت اثر سرعت اولیه است. U، سرعت متوسط باد در ارتفاع موثر صعود دود بر حسب متر بر ثانیه. σ_y، ضریب پراکنش افقی (انحراف از استاندارد) بر حسب متر. σ_z، ضریب پراکنش عمودی (انحراف از استاندارد) بر حسب متر. Z، ارتفاع گیرنده نسبت به ارتفاع مبدا یا دودکش.



شکل (۵) چگونگی پراکنش توده دود به نحوی که از توزیع گوس در جهت‌های افقی و عمودی پیروی می‌کند.

ضریب پراکنش گوس (Erfanmanesh&Afyooni ,2009): دو ضریب پراکنش σ_y و σ_z، معیار انحرافات توزیع افقی و عمودی گوس از حالت استاندارد هستند (۶۸ درصد مساحت زیر منحنی نرمال گوس در محدوده $\pm\sigma$ مقدار متوسط قرار گرفته است). معمول‌ترین روش تخمین ضرائب به وسیله پاسکویل و گیفورد ابداع و اصلاح شد.

جدول (۲) رده‌بندی پایداری جو

سرعت باد(m/s)[1]	تابش انرژی خورشیدی(روز)			نسبت ابری بودن(شب)	
	قوی[2]	متوسط[3]	ضعیف[4]	ابری > ۴/۸	صاف < ۳/۸
<۲	A	A-B	B	E	F
۲-۳	A-B	B	C	E	F
۳-۵	B	B-C	C	D	E
۵-۶	C	C-D	D	D	D
>۶	C	D	D	D	D

توجه: در رده‌بندی فوق A: بسیار ناپایدار B: نسبتا ناپایدار C: کمی ناپایدار D: خنثی E: کمی پایدار F: پایدار بدون توجه به سرعت باد رده D به عنوان شرایط ابری در نظر گرفته می‌شود (روز یا شب).

جدول (۳) مقادیر ثابت f,d,c,a برای استفاده در معادلات (۴) و (۵)

رده پایداری	x≤۱km				۱km ≤ X		
	A	c	d	f	c	d	f
A	۲۱۳	۴۴۰/۸	۱/۹۴۱	۹/۲۷	۴۵۹/۷	۲/۰۹۴	-۹/۶
B	۱۵۶	۱۰۶/۶	۱/۱۴۹	۳/۳	۱۰۸/۲	۱/۰۹۸	۲/۰
C	۱۰۴	۶۱	۰/۹۱۱	۰	۶۱/۰	۰/۹۱۱	۰
D	۶۸	۳۳/۲	۰/۷۲۵	-۱/۷	۴۴/۵	۰/۵۱۶	-۱۳/۰
E	۵۰/۵	۲۲/۸	۰/۶۷۸	-۱/۳	۵۵/۴	۰/۳۰۵	-۳۴/۰
F	۳۴	۱۴/۳۵	۰/۷۴۰	-۰/۳۵	۶۲/۶	۰/۱۸۰	-۴۸/۶

[1] سرعت باد در ۱۰ متری سطح زمین محاسبه شده است.
[2] روزهای آفتابی تابستان با زاویه تابش بیش از ۶۰ درجه.
[3] روزهای تابستان با وجود لکه‌های ابر پراکنده در آسمان یا یک روز صاف با زاویه تابش ۶۰-۳۵ درجه
[4] روزهای پاییز (بعد از ظهر) یا روزهای ابری تابستان یا آسمان صاف تابستان با زاویه تابش ۳۰-۱۵ درجه

۲-۸- ارتفـــــــاع تـــــــوده دود[1]

(Erfanmanesh&Afyooni, 2009): ارتفـاع تـوده دود در واقع اختلاف ارتفـاع بـین ارتفـاع مـوثر (H) و بلنـدی واقعـی دودکـش (h) اسـت. در اینجـا مـدل بریگس شرح داده می‌شود. قبلا گفته شد صعود تـوده دود بـه سـبکی (شـناوری) و حرکـت مولکـول‌هـای گازهای خروجی بسـتگی دارد. حـال بـا فـرض اینکـه جرم ملکولی این گازها تقریبا برابر جرم ملکـولی هـوا است (۲۸/۹g/mol) و با صرف‌نظر از سـبکی ناشـی از اخـتلاف تـراکم دو تـوده مـی‌تـوان رابطـه‌ای بـین پارامترهای نیروهای شناوری در حوزه خروجـی گـاز، درجه حرارت، سرعت خروج و قطـر دودکـش بدسـت آورد که از آن می‌توان شـاخص شـناوری تـوده دود را محاســبه کــرد: $F = gr^2Vs(1-\frac{Ta}{Ts})$، F شـاخص شدت شناوری بر حسب (m^4/s^3)، g شـتاب جاذبـه زمین ($9/8m/s^2$)،r شعاع داخلـی دودکـش (m)، Vs سرعت خروج گاز از دودکش (m/s)، Ta دمای هـوای اطراف (K) و Ts دمای توده گاز (K) است. در شرایط خنثی (رده‌های‌پایداری A-D) می‌توان از رابطـه ایـن بــرای تخمــین بلنــدی تــوده دود اســتفاده کــرد.

$\Delta h = \frac{1/6\, F^{1/3}\, Xf^{2/3}}{U}$ که در آن Δh بلندی تـوده دود (m)، U سرعت بـاد در بـالای دودکـش (m/s) و Xf مسافت به سمت پایین دست تـا آخـرین نقطـه تـوده دود (m) است. برای حل معادله فوق در صـورتی کـه (m^4/s^3) $F>55$ بـود از $Xf=120F^{0.4}$ و اگـر (m^4/s^3) $F<55$(m) بود از $Xf=50F^{5/8}$ اسـتفاده مـی‌شـود. در شرایط پایدار (رده‌های E-F) نیز از معادلـه زیـر مـی-تــوان بــرای تخمــین بلنــدی تــوده دود اســتفاده کــرد. $\Delta h = 2/4(\frac{F}{US})^2$ در ایـن رابطـه S شـاخص پایداری هوا بر حسب بر مجذور ثانیه (S^{-2}) اسـت کـه به تربیت زیر محاسبه می‌شود.

$S = \frac{g}{Ta}(\frac{dTa}{dZ} + \Gamma)$ در ایـن رابطـه Γ سـرعت زوال آدیاباتیک به میزان ۰/۰۱+ و مشتق $\frac{dTa}{dZ}$ شاخص سرعت تغییرات درجه حرارت محیط بـا ارتفـاع اسـت (توجه شود که علامت مثبت به معنای افزایش درجـه حـــــرارت بـــــا افـــــزایش ارتفـــــاع اســـــت) (Erfanmanesh&Afyooni ,2009). مبنـای مـدل ارمود مدل گوس است که در اینجا برنامه مدل گـوس برای شبکه کاربر در نرم افزار متلب نوشته می‌شود.

۲-۹ -برنامه نویسی: تک تک مراحل معادلـه گوس و تخمین لایه مرزی و پایداری هوا ابتدا در M-فایل به صورت جداگانه در نرم‌افزار متلب نوشته شـد. به منظور صحت سنجی مدل گوس نگـارش شـده در نرم افزار متلـب بـرای یـک نقطـه مشـخص محاسـبه الگوریتم گوس با محاسبه دستی مقایسه گردیـد. بعـد از تکمیل معادله، الگوریتم نوشته شده برای کل شبکه کاربر اعمـال گردیـد. سـپس الگـوریتم مـدل گـوس، الگوریتم ترسیم شبکه گیرنده و الگوریتم اعمال نقشـه مدل رقومی ارتفاع بـرای محاسـبه ارتفـاع گیرنـده‌هـا ترکیــب و بعــد از اتمــام برنامــه نویســی و تکمیــل الگوریتم، با اسـتفاده از بخـش رابـط گرافیکـی کـاربر (GUI) متلب، نرم‌افزار ساخته شد.

برنامه نویسی شبکه کاربر در نرم افزار متلب: با استفاده مختصات منبع (دودکش) و طـول محـور x و y همچنین فاصله بین نقاط x و فاصـله بـین نقـاط y

[1] Plume Rise

برنامه‌ای نوشته شد که شبکه گیرنده‌ها را در اطراف دودکش ترسیم کند. به طوری که طول و عرض دودکش، کل فاصله محور x و y از دودکش و همچنین فاصله بین نقاط x وy را از کاربر گرفته و شبکه گیرنده‌ها را در اطراف دودکش ترسیم می‌کند.

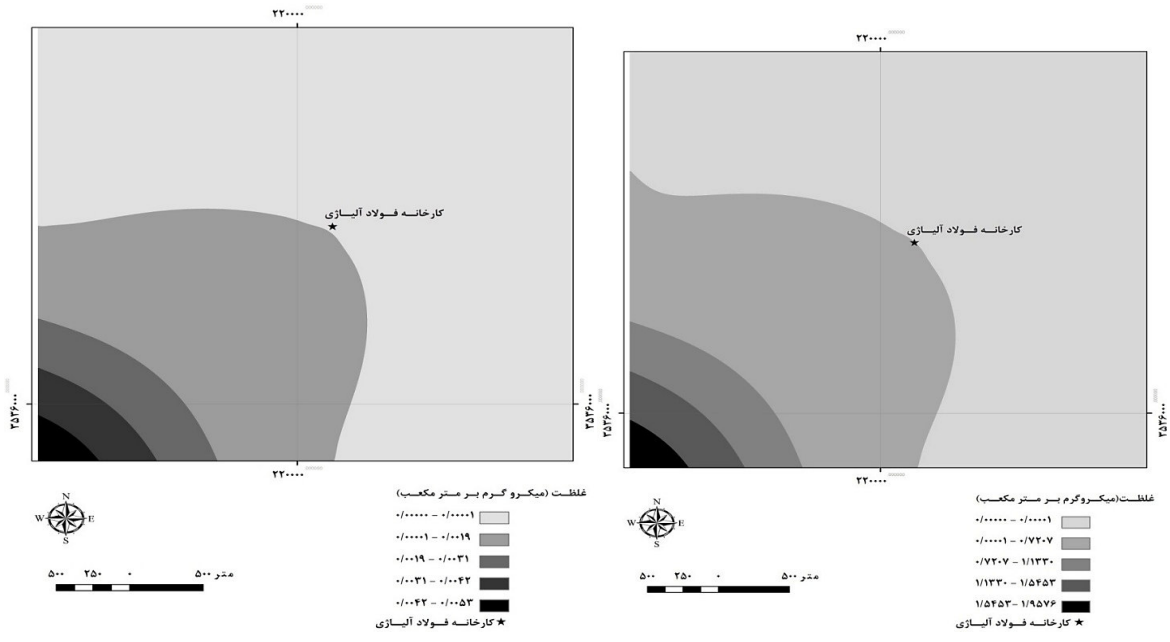
۳- نتایج

ترکیب الگوریتم مدل گوس، الگوریتم ترسیم شبکه گیرنده و الگوریتم اعمال نقشه مدل رقومی ارتفاع، جهت محاسبه ارتفاع گیرنده‌ها، منجر به تولید مدل جدیدی که به نام ADAMM نام‌گذاری گردید، شد. نام آن از عبارت Atmospheric Dispersion Assessment & Mapping Model استخراج گردید. صحت مدل جدید (ADAMM) هنوز با آنچه که در واقعیت اتفاق می‌افتد فاصله زیادی دارد. چرا که این صحت‌سنجی دقیق نیازمند استخراج الگوریتم کامل مدل ارمود که خود با تاثیر ضریب زبری سطح، رطوبت نسبی و سپیدایی در مدل گوس حاصل می‌شود، همچنین نمونه برداری از صنعت مشخص می‌باشد که در مجموع زمان‌بر است. ولی بخش اصلی مدل که مدل گوس و تاثیر توپوگرافی همچنین تاثیر پارامترهای هواشناسی و شبکه گیرنده‌ها در یک نرم افزار ساده و کاربر دوست می‌باشد، صورت گرفته است. که با استخراج اصل مدل می‌توان به راحتی الگوریتم مدل ADAMM را ارتقاء داد.

۳-- نتایج حاصل از مقایسه دو مدل: در فواصل مختلف، از دو مدل، با داده‌های مشابه خروجی گرفته شد. داده‌ها جهت بررسی آماری به نرم افزار SPSS16 انتقال یافت. بعد از بررسی نرمالیته داده‌ها با آزمون کلوموگروف-اسمیرنوف، به دلیل نرمال نبودن داده‌ها بعد از تبدیل، از ضریب همبستگی اسپیرمن جهت بررسی میزان همبستگی داده‌های حاصل از دو مدل، استفاده گردید. نتایج حاکی از آن بود که با توجه به جدول ۴ و شکل ۶ مدل ADAMM فرا تخمین بوده و در فواصل نزدیک به منبع از صحت بیشتری برخوردار است. به طوری که ضریب همبستگی اسپیرمن در فاصله‌های کمتر از ۵ کیلومتر به ۰/۵۳ می‌رسد و با دور شدن از منبع همبستگی کاهش می‌یابد.

جدول (۴) ضریب همبستگی اسپیرمن غلظت مدل ارمود و مدل ADAMM در فواصل مختلف از منبع.

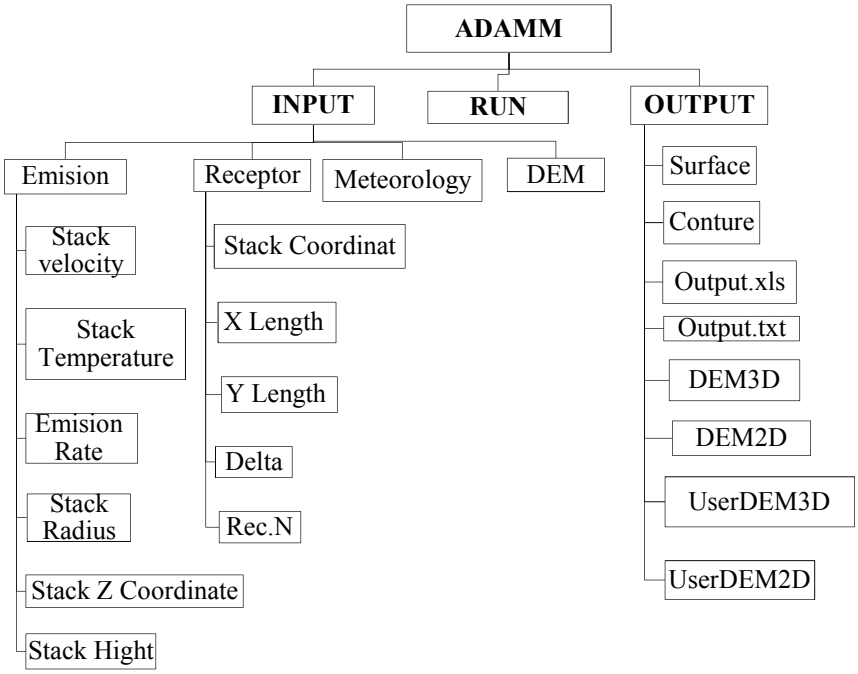
فاصله از دودکش (کیلومتر)	فاصله بین گیرنده (متر)	ضریب همبستگی اسپیرمن
۲	۱۰۰	۰/۲۹
۴	۱۰۰	۰/۲۸
۵	۱۰۰	۰/۲۹
۲	۱۰۰۰	۰/۲۷
۴	۱۰۰۰	۰/۲۸
۸	۱۰۰۰	۰/۱۲
۱۶	۱۰۰۰	۰/۱۷
۲۰	۱۰۰۰	۰/۱۹
۳۰	۱۰۰۰	۰/۱۷
۲	۲۰۰۰	۰/۵۳
۴	۲۰۰۰	۰/۲۵
۸	۲۰۰۰	۰/۰۸
۱۶	۲۰۰۰	۰/۱۹
۲۰	۲۰۰۰	۰/۲۲
۳۰	۲۰۰۰	۰/۱۸
۵	۵۰۰۰	۰/۵۰
۱۰	۵۰۰۰	۰/۲۷
۲۰	۵۰۰۰	۰/۲۴
۳۰	۵۰۰۰	۰/۲۳



(ا) (ب)

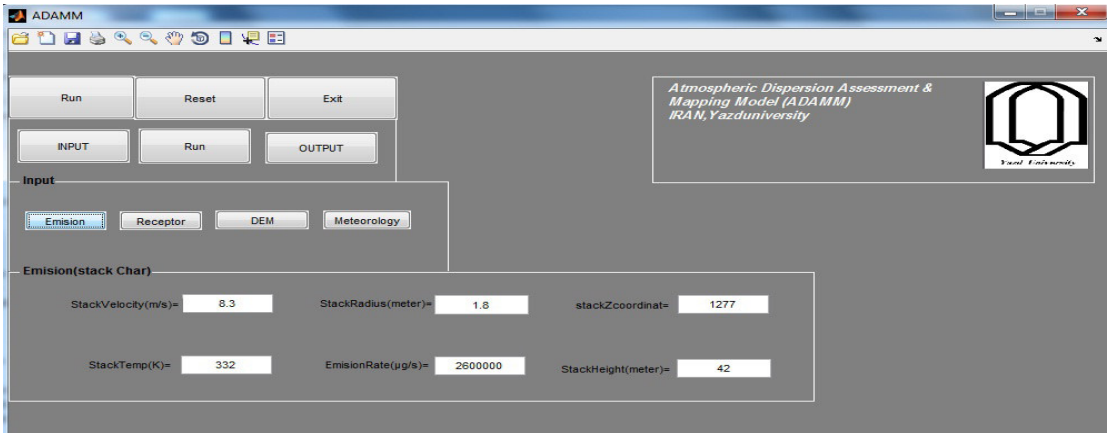
شکل (۶) مدلسازی ذرات معلق با استفاده از مدل (الف) ارمود و (ب)ADAMM در فاصله دو کیلومتری دودکش

۳-۳- اجزای مدل ADAMM: اجزای مدل به صورت شماتیک در شکل ۷ آمده است. اجزای اصلی مدل از سه بخش تشکیل شده است؛ ورودی، اجرا و خروجی. همانطور که از اسم اجزا مشخص است در قسمت ورودی تمام داده‌های ورودی مورد نیاز مدل مانند: مشخصات دودکش، شبکه گیرنده، مدل رقومی ارتفاع و داده‌های هواشناسی وارد می‌شود. در قسمت اجرا بعد از اطمینان از تکمیل داده‌های ورودی مورد نیاز مدل، ADAMM اجرا می‌شود و در قسمت خروجی نیز کاربر داده‌های خروجی مدل را با فرمت دلخواه دریافت می‌کند.



شکل(۷) اجزای مدل ADAMM

ورودی (INPUT): صفحه اول مدل شامل سه گزینه Run، Reset و Exit است که اجزای مدل در گزینه‌ی Run قرار دارد. با کلیک بر روی این گزینه کشویی باز می‌شود که شامل اجزای مدل است. با کلیک بر روی گزینه INPUT کشوی دیگری باز می‌شود که شامل بخش‌های ورودی مدل است که ۴ بخش دارد: انتشار، گیرنده، هواشناسی و مدل رقومی ارتفاع که هر کدام از این بخش‌ها دارای زیر بخش-های مربوط به خود هستند (شکل ۸) موارد گفته شده در ادامه آورده می‌شود.



شکل (۸) صفحه اول مدل ADAMM گزینه انتشار مدل

گزینه انتشار[1] : گزینه انتشار (شکل۸) که مشخصات دودکش را از کاربر می‌گیرد شامل مواردی از جمله: سرعت خروج دود[2] برحسب متر بر ثانیه، شعاع دودکش[3] بر حسب متر، دمای دودکش[4] بر حسب درجه کلوین، دبی خروجی دود از دودکش[5] بر حسب میکروگرم بر ثانیه، ارتفاع دودکش از سطح دریا[6] بر حسب متر، ارتفاع دودکش از سطح زمین[7] بر حسب متر.

گزینه گیرنده[8]: این گزینه که جهت رسم شبکه گیرنده اطراف دودکش اختصاص داده شده است. اطلاعات مربوطه را از کاربر گرفته و شبکه را ترسیم می‌کند. اطلاعات خواسته شده در این گزینه شامل مواردی از جمله: مختصات دودکش[9] بر حسب UTM، طول محورهای X[10] و Y بر حسب متر، بین نقاط شبکه[11] بر حسب متر، تعداد گیرنده‌های شبکه[12] ، این گزینه که تعداد گیرنده‌ها را نشان می‌دهد، بعد از ورود موارد بالا و اجرای این بخش به طور خودکار توسط نرم افزار محاسبه شده و نمایش داده می‌شود. که زمان محاسبه ارتفاع گیرنده‌ها در دو مدل قابل ملاحظه است(جدول ۶).

گزینه مدل رقومی ارتفاع[13]: در اینجا مدل رقومی ارتفاع با فرمت متنی پیوست شده و ارتفاع شبکه گیرنده محاسبه می‌گردد. در واقع معادل پیش-پردازنده ارمپ در مدل ارمود می‌باشد.

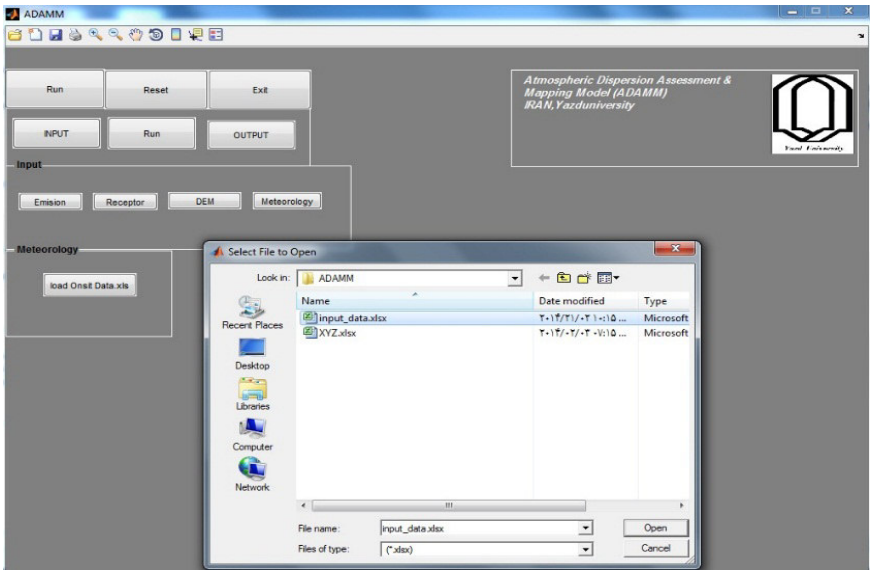
گزینه هواشناسی[14]: داده‌های هواشناسی در محل شامل: سرعت باد، جهت باد، دما، زاویه تابش خورشید، درصد ابری بودن و وضعیت (شب یا روز) در ساعت‌های مختلف وارد فایل اکسل شده و ذخیره می‌شود و بعد در این گزینه پیوست می‌گردد (شکل۹). بعد از تکمیل ورودی‌های مختلف مدل اجرا می‌شود. این بخش معادل پیش‌پردازنده ارمت در نرم افزار ارمود می‌باشد ولی با سرعت عمل و سهولت بیشتر جهت ورود داده‌ها.

خروج[15]: بعد از اجرای مدل در گزینه خروجی موارد زیر قابل مشاهده است (شکل۱۰). خروجی مدل به صورت کنتور یا دوبعدی، خروجی به صورت سطح سه بعدی، خروجی با فرمت اکسل (که شامل چهار ستون طول، عرض، ارتفاع و غلظت بر حسب میکروگرم بر متر مکعب، گیرنده‌ها می‌باشد)، خروجی با فرمت متنی. همچنین کاربر می‌تواند در این قسمت مدل رقومی ارتفاع منطقه مورد مطالعه را به صورت سه بعدی و دو بعدی جهت تحلیل نتایج، مشاهده نماید.

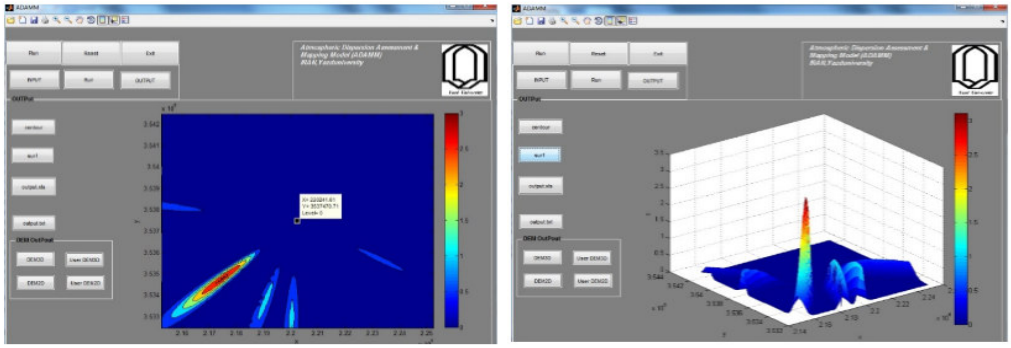
[1] Emision
[2] Stack Velocity
[3] Stack Radiuse
[4] Stack Temperature
[5] Emisoin Rate
[6] Stack Z Coordinat
[7] Stack Hight
[8] Receptor
[9] Stack Coordinate
[10] X,Y Length
[11] X,Y Delta
[12] Rec.N
[13] Dem
[14] Meteorology
[15] OUTPUT

جدول (۶) زمان صرف شده جهت محاسبه ارتفاع شبکه گیرنده بر حسب ثانیه در دو مدل

تعداد گیرنده	زمان در مدل ارمود	زمان در مدل ADAMM
۹	۳۰	۳
۲۵	۶۰	۵
۸۱	۶۰	۵
۲۸۹	۱۲۰	۹
۴۴۱	۱۲۰	۹
۹۶۱	۲۶۶	۹
۱۶۸۱	۵۴۰	۵
۶۵۶۱	۱۹۲۰	۹
۱۰۲۰۱	۳۲۴۰	۹



شکل (۹) گزینه هواشناسی در مدل ADAMM



الف) نقشه دو بعدی پراکنش آلاینده در گزینه خروجی مدل ADAMM

ب) نقشه سه بعدی پراکنش آلاینده در گزینه خروجی مدل ADAMM

ج) نقشه دو بعدی توپوگرافی منطقهدر گزینه خروجی مدل ADAMM

د) نقشه سه بعدی توپوگرافی منطقه در گزینه خروجی مدل ADAMM

شکل (۱۰) گزینه خروجی مدلADAMM

۴- بحث و نتیجه گیری

با توجه به شکل ۶ مشاهده می‌شود که مدل ADAMM غلظت آلاینده را نسبت به مدل ارمود بیشتر تخمین می‌زند در واقع فرا تخمین است. در شکل ۶ قسمت (الف) حداکثر غلظت ۰/۰۰۵۳ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد که حاصل مدلسازی ارمود در ۲ کیلومتری منبع است. در شکل ۶ قسمت (ب) حداکثر غلظت ۱/۹۴ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد اما هر دو مدل جهت حداکثر غلظت را در جنوب غربی منطقه نشان می‌دهد. مدل ADAMM در فاصله‌های نزدیک‌تر به منبع از صحت بالاتری برخوردار است به طوری که ضریب همبستگی اسپیرمن بین غلظت‌های حاصل از مدل ارمود و ADAMM در فاصله‌ی ۵ کیلومتری منبع،۰/۵۳ می‌باشد و با دور شدن از منبع این همبستگی کاهش می‌یابد (جدول۴).

این فراتخمینی و غلظت بالا در مدل ADAMM می‌تواند ناشی از عدم در نظر گرفتن طول زبری سطح و همچنین رطوبت نسبی هوا باشد. چرا که معادله (۱) با این فرض به وجود آمد که توده هوای مورد نظر به صورت گاز کامل عمل کند و در حین جابجایی با محیط اطراف خود هیچگونه تبادل حرارتی انجام ندهد، علاوه بر این فرض شد که توده هوا خشک است اما این فرض نمی‌تواند فرض خوبی باشد زیرا در صورت مرطوب بودن هوا، گرمای ویژه توده هوا در فشار ثابت متفاوت خواهد بود. از طرف دیگر اگر هوا مقدار کافی بخار آب همراه داشته باشد

در هنگام سرد شدن توده هـوا، گرمـای نهـان تبخیـر آب، آزاد خواهد شد (Eerfanmanesh&Afyooni, 2009). بنابراین وجود بخار آب در توده هوا از کاهش سریع دمای توده جلوگیری می‌کند. بـرخلاف سـرعت کاهش آدیاباتیک خشـک سـرعت کـاهش آدیاباتیـک مرطوب مقدار ثابتی نیست. دلیل این امر هـم متغیـر بودن مقدار بخار آب همراه توده است زیرا مقدار آبـی که یک توده هوا می‌توانـد قبـل از رسـیدن بـه نقطـه اشباع (نقطه شروع میعان) در خود جای دهـد، تـابعی از درجه حرارت است (Eerfanmanesh&Afyooni, 2009). اما در این الگوریتم سرعت کاهش آدیاباتیـک خشک استفاده شده همچنین طول زبری و سـپیدایی سطح نیز اثر داده نشده است.

تفاوت در غلظت ADAMM و ارمود به دلیـل عدم در نظر گرفتن پارامترهای سطحی می‌باشد. چـرا که پایه هر دو مدل گوس است. امـا تفـاوت در نحـوه تخمین لایه مـرزی، طـول ارتفـاع اخـتلاط و ضـریب کـاهش آدیاباتیـک اسـت. در واقـع تفـاوت در نحـوه تخمین اجزای مدل گوس می‌باشد که ارمود با در نظر گرفتن پارامترهای سطحی مثل زبری سطح، آلبدو یـا سپیدایی و رطوبت نسـبی غلظـت نهـایی را محاسـبه می‌کند. درصد بازتاب نور خورشید که به جو مـنعکس می‌شود با آلبدو تعیین مـی‌شـود توربـالانس زیـاد بـه شکل مستقیم بـر روی غلظـت آلاینـده‌هـای هـوا بـا پراکنش زیاد اثرگذار است و به شکل غیر مستقیم بـه دلیل افزایش ارتفاع اختلاط به وسیله تغییـر نیمـرخ-های سرعت بـاد، توربـالانس و سـایر پارامترهـا مـؤثر است. زبری سطح موانعی است که در جریان مسیر باد بوده و باعث آشفتگی و اغتشاش در جریـان بـاد مـی-گردد (Farkuoravand, 2012). با توجه به مطالعات انجام گرفته در سال‌های قبل مشخص شده است کـه نسبت بـون و آلبـدو تـاثیر زیـادی بـر روی غلظـت و پراکنش مواد آلاینـده ندارنـد ولـی در عـوض ضـریب زبـری تـاثیر زیـادی در پـراکنش مـواد آلاینـده دارد (Farkuoravand, 2012).

مدل ADAMM علی‌رغـم کاسـتی‌هـایی کـه دارد دارای مزیـت‌هـایی نیـز نسـبت بـه مـدل ارمـود می‌باشـد. چـرا کـه انعطـاف‌پـذیرتر بـوده و از لحـاظ سهولت کـار، اجـرا و خروجـی بهتـر عمـل مـی‌کنـد. همچنین از سرعت بالاتری نیز برخوردار می‌باشـد. در نتیجه وقت کمتری صرف می‌شود. جهت جمـع‌بنـدی مزایای مدل جدید، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) در مـدل ارمـود، داده‌هـای هواشناسـی بـه صورت متنی (text فایل) با فرمت خاص می‌باشد کـه نیازمند زمان و دقت زیاد اسـت چـرا کـه نیـاز اسـت داده‌های هواشناسی و مختصـات دودکـش همینطـور مشخصات سـطحی در فایـل Note Pad بـا فاصـله و فرمت خاص وارد گردد که ورود داده‌های بـرای مثـال یـک مـاه، یـک هفتـه زمـان مـی‌بـرد. امـا در مـدل ADAMM داده‌ها به طور مستقیم و با فرمت اکسـل که محیطی ساده و آشنا برای کاربر است (بدون صرف زمان) از کاربر گرفته می‌شود.

۲) مدل ارمود برای محاسبه ارتفاع هر گیرنـده از پیش‌پردازنده ارمپ استفاده می‌کند که مدل رقومی ارتفاع با فرمت USGS(dem.) را گرفتـه و در مـدت مشخص ارتفاع شبکه گیرنده را محاسبه می‌کنـد. امـا مدل ADAMM مدل رقومی ارتفاع را با فرمت متنی از کاربر گرفته و ظرف چند ثانیه ارتفاع شبکه گیرنـده

را محاسبه می‌کند، به طوری که جهت محاسبه ارتفاع ۱۰۲۰۱ گیرنده، در مدل ارمود، ۵۴ دقیقه زمان نیاز است در حالی که در مدل، ADAMM ارتفاع همین تعداد گیرنده کمتر از ۱۰ ثانیه محاسبه می‌گردد (جدول ۶).

۳) مدل ارمود به منظور رسم شبکه کاربر تعداد نقاط x و y و فاصله بین دو گیرنده همچنین مختصات شبکه را از کاربر می‌خواهد که کاربر باید مختصات شبکه را محاسبه کند. اما مدل ADAMM با گرفتن طول محور x و y و فاصله بین نقاط گیرنده به طور خودکار شبکه گیرنده را طوری ترسیم می‌کند که منبع در مرکز شبکه قرار می‌گیرد و نیازی به محاسبه مختصات شبکه توسط کاربر نیست.

۴) مدلسازی در مدل ارمود با اجرا و پردازش داده‌های هواشناسی، توپوگرافی و مشخصات دودکش در دو پیش‌پردازنده جداگانه و در نهایت انتقال به پردازنده ارمود و اجرای مدل انجام می‌شود در حالی که در مدل ADAMM اجرا و پردازش داده‌های هوا شناسی، توپوگرافی و مشخصات دودکش در یک نرم افزار و در محیطی ساده و آشنا برای کاربر صورت می‌گیرد.

۵) خروجی مدل ارمود فقط به صورت متنی بوده اما در مدل ADAMM خروجی مدل به چهار صورت امکان‌پذیر می‌باشد: فرمت اکسل و متنی و به ۲ شکل سطح (سه بعدی) و نقشه هم‌ارز (دوبعدی) آن هم فقط با یک کلیک کاربر (شکل۶) همچنین در گزینه خروجی ADAMM کاربر می‌تواند مدل رقومی ارتفاع منطقه را هم به صورت سه بعدی و هم به صورت دو بعدی جهت تحلیل نتایج خود مشاهده نماید (شکل ۱۰) به تصویر کشیدن و نقشه سازی غلظت و مدل رقومی ارتفاع منطقه آن هم در یک نرم افزار، برای کاربر بسیار مفید خواهد بود. چرا که در اکثر مدل‌ها نیاز است خروجی مدل به نرم افزار دیگر از جمله ARCGIS انتقال داده و نقشه دو بعدی و یا سه بعدی ترسیم شود، که خود نیازمند زمان و دقت می‌باشد. اما مدل ADAMM این امکان را به کاربر می‌دهد تا در زمانی کوتاه کل منطقه مورد مطالعه خود را با تصویرهای مختلف تفسیر نماید.

مدل ارمود، مدل قدرتمند و پیشرفته‌ای است که ساخت آن با همکاری دو ارگان محیط زیستی آمریکا، ۲۱ سال به طول انجامید (EPA, 2004). این مدل با الگوریتم نسبتا پیچیده‌ای، با در نظر گرفتن مشخصات سطح زمین مثل سپیدایی، طول زبری، نسبت بون و همینطور نقطه شبنم، رطوبت نسبی و فشار در ارتفاعات بالا، ارتفاع اختلاط و ارتفاع لایه مرزی و در نهایت از طریق معادله گوس میانگین غلظت در هر گیرنده را تخمین می‌زند. به علت سنگین بودن الگوریتم اصل مدل (ارمود) نیازمند وقتی بیش از دو یا سه سال می‌باشد، اما توسط تیم این پایان‌نامه الگوریتم مدل و منابع تهیه گردید و برنامه نویسی اصل مدل در نرم افزار متلب در برنامه آتی قرار گرفت. در اینجا تمام سعی در این بوده که پایه مدل که مدل گوس باشد برای شروع بومی سازی این مدل الگوریتم سازی شده و در نرم افزار متلب پیاده گردد و در وهله‌ی اول با اصل مدل ارمود مقایسه شود. بدون شک این مدل پایه هنوز اشکالات

زیادی دارد و نیازمند ارتقاء می‌باشد اما آنچه مسلم است این است که نوشتن پایه مدل به اینجا ختم نخواهد شد و شروعی خواهد بود جهت تولید مدل استاندارد با صحت قابل قبول و بومی در آینده.

تقدیر و تشکر

در اینجا نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از جناب آقای دکتر معماریان از دانشکده فیزیک و جناب آقای مهندس مصباح از دانشکده برق دانشگاه یزد جهت راهنمایی‌های مفید ایشان تشکر و قدردانی نمایند.

REFRENCES

Bhardwaj, K. S., (2005), "Examination of sensivity of land use parameters and population on the performance of the AERMOD model for an urban area". submitted as partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science in Civil Engineering , University of Toledo, pp 2,3,9,10,11,13,15,22,40,41pp.

Eamid,M., 2009. Modeling of emissions produced by BooAli Sina Petrochemical Complex. Master Thesis Civil-Environmental Engineering, Tehran university.pp1-15(in persian)

Eerfanmanesh, M., Afyooni, M.,Environmental Pollutants(Watter, Soil & Air). 2009. Poblication of Arkan Danesh.pp176-242 (in persian)

Farkuoravand, P., 2012. A sensitivity analysis of AERMOD model in industrial air pollution dispersion modeling. Thesis Submitted For the degree of M.Sc. Faculty of Natural Resources and Desert Studies. Department of Environmental Engineering.yazd university.21-58 (in persian)

Holzbecher, E.2007. Environmental Modeling Using MATLAB.Springer Berlin Heidelberg New York.

Madeira, S. Goncalves, J. Bastos, L. Photogrammetric mapping and measuring application using MATLAB, Computers & Geosciences 36 (2010) 699–706

Mirbagheri, A., Boodaghpoor, S., 2004. Determining mathematical model for dissolved oxygen in activated sludge systems. Journal of Environmental Science and Technology.N(22).(in persian)

Mohammadi, E., Sadeghi, M., 2009. Mathematical modeling of oil reservoirs, EOR injection-combination (alternate) water and immiscible gas, Journal of Iranian Chemical Engineering(Special Issue).(43)130-138.(in persian)

Mosavi, M., Bahrpeyma, S., Rezazadeh, R., 2003. Assessment of air pollution from power plants in Mashhad city using the Gaussian model. Fourth National Conference of Energy.(in persian)

Nejadkoorki,Farhad., Nicholson,Ken., Lake, Iain., Davies,Trevor.,2008. An approach for modelling CO2 emissions from road traffic in urban area, SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT,406(269 – 278).

Nikravan, A., Nahvi, E., Azadi, Sh., Ebrahimi, E., 2011. Automatic integration software Catia, HyperMesh, ADDAMs, Nastran and Matlab in order to optimize the mechanical. Journal of instrumentation(25).pp16-18.(in persian)

Parishan nadaf, E., Omidkhah, M.,2006. Modeling reduce pollutants SOx and NOx, Co in industrial furnaces. Journal of Chemistry and Chemical Engineering.25(1). Pp3-15. (in persian)

Samaei, M., 2004. "Nutrition-orientation modeling with system dynamics approach". Master Thesis Civil-Environmental Engineering. University of Iran Science and Technology. (in persian)

Samaei, M., Afshar, E., Ahmadi bergani, M., Asadi, R., 2009. Eutrophication modeling in reservoirs with System Dynamics approach. 12th Conference of Environmental Health Shahid Beheshti medicin science university.pp66-79. (in persian)

Su, Y. Li, J. Gao, Y. Qu, D. Applying Matlab/Simulink to Study Calculation of NOx Efficiency of the SCR, Environmental Sciences 11 (2011) 996–1000.

U. S. EPA., 2004, User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model AERMOD, EPA-454/B-03-001.U. S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.

Venkatram.A., Introduction to Aermod. 2008.

Wayson, R.L., Kim, B. Y., Fleming,G.G.,Thrasher,C.H., Colligan, B., Draper, J., 2003. Integration of AERMOD into EDMS.

Developing Air Pollution Modeling (AERMOD) in MATLAB Software

[1]Zahra Khebri, [2,1]Farhad Nejadkoorki, [3]Shahram Talebi

1-Master of Science, Department of Environmental Engineering, Yazd University, Yazd, Iran

2-Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Yazd University, Yazd, Iran

3-Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Yazd University, Yazd, Iran

Accepted: 4-May.-2016 Received: 26-July-2014

Abstract

Nowadays, air pollution is one of the main challenges worldwide. There have been significant improvements in air quality dispersion modelling. AERMOD is one of these models which is based upon the Gaussian Model. However, AERMOD has some limitations in terms of data input and output. Therefore improving this model as well as developing new models adopted to our country is required to be addressed. The current research aims to develop a new model in MATLAB programming software. AERMOD and MATLAB were first investigated and then Atmospheric Dispersion Assessment Mapping Model (ADAMM) was proposed to displace AERMOD. To verify the ADAMM, results of modelling for identical pollution sites were compared. It was found that ADAMM overestimates concentrations of pollutants in comparison with AERMOD. However, ADAMM has some advantages in particular as a domestic model in different areas. It performs better in short distances(<5 km, r=0.53) than far apart. In addition ADAMM provides a user friendly environment to manipulate input and output data while reducing the simulation time. While AERMOD has specific file formats for its own input data, ADAMM follows commonly used formats such as Microsoft Excel. Data output in ADAMM is presented in different formats including MS Excel, ASCII, 2D and 3D. The other advantage of ADAMM is that it provides a single interface for all necessary operations such as data input, manipulating, modelling, and data output while a suite of modules are required to run AERMOD with each one performing a separated task.

Key Words: ADAMM Model, AERMOD, Air pollution modeling, MATLAB

[1] Corresponding author: Phone: +983538200149 E-mail: F.Nejadkoorki@gmail.com