بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه یزد
دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی
گروه محیط زیست

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی منابع طبیعی-محیط زیست

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

استاد راهنما:
فرهاد نژادکورکی

استاد مشاور:
شهرام طالبی

پژوهش و نگارش:
زهرا خبری

اسفند۱۳۹۲

تقدیم به:

روح پاک مادرم که دنیا را برای یک لحظه، دوباره داشتن او، می بخشم...

به چشمان مهربان پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم

به خواهرانم

که وجودشان شادی بخش و صفایشان مایه آرامش من است.

به برادرانم

که همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بودند و تکیه گاه من در مواجهه با مشکلات، و

وجودشان مایه دلگرمی من می باشد.

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم . از استاد فاضل و اندیشمندم جناب آقای دکتر نژادکورکی به عنوان استاد راهنما که همواره نگارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داه اند و بدون راهنمایی های ایشان تامین این پایان نامه بسیار مشکل مینمود کمال تشکر را دارم. از استاد بزرگوار جناب آقای دکتر طالبی به عنوان استادمشاورم صمیمانه تشکر می نمایم .

همچنین بر خود لازم می دانم از جناب آقای مهندس بنیامین حق نیاز و به ویژه آقای مهندس سید علی مصباح از دانشجویان ارشد مهندسی برق دانشگاه یزد به دلیل یاری ها و راهنمایی های کلیدی ایشان در برنامه نویسی که بسیاری از سختی ها را برایم آسان تر نمودند تشکر و قدردانی نمایم .

از سرکار خانم دکتر موسوی به دلیل در اختیار گذاشتن داده ها، آقای مهندس مؤمنی و خانم ها: لاله عباسی، پریسا فرکوراوند و تمام کسانی که به هر نحوی باعث تسهیل مشکلاتم شدند تقدیر و تشکر می نمایم .

در پایان از مسئولین سایت بسیار مفید mathworks.ir به ویژه آقای مجتبی آیتی نیا با آموزش بخش GUI بسیار ممنون و سپاسگزارم .

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 می-باشد، AERMOD است. اما AERMOD 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 AERMOD با استفاده از برنامه نویسی MATLAB می‌باشد. در این تحقیق ابتدا مدل AERMOD و برنامه نویسی MATLAB مورد کنکاش قرار گرفت و سپس مدل نقشه سازی و ارزیابی پراکنش اتمسفری(ADAMM) ایجاد گردید که می‌تواند جایگزین مدل AERMOD 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 AERMOD فراتخمین است. ولی مدل ADAMM به عنوان یک مدل بومی دارای مزایایی نسبت به مدل AERMOD 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 AERMOD دارد. مزیت دیگر ADAMM این است که اطلاعات را می‌تواند با فرمت اکسل بپذیرد در صورتی که مدل AERMOD 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 داده‌ها، تنظیم داده‌ها و خروجی داده‌ها فراهم می‌کند در صورتی که مدل AERMOD دارای چندین زیر مدل برای اجرای برنامه نهایی می‌باشد به شکلی که هر زیر مدل کار خاص خود را انجام می‌دهد.

کلمات کلیدی: مدلADAMM، AERMOD، MATLAB، مدلسازی آلودگی هوا

فهرست مطالب **شماره صفحه**

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲-آلودگی هوا ۲

۱-۳- مدلسازی ۳

۱-۴- مدلسازی محیط زیستی ۳

۱-۵- کاربرد نرم افزار MATLAB در مدلسازی ۳

۱-۶- مدلسازی پراکنش آلاینده‌های هوا ۴

۱-۷- داده‌های مورد نیاز مدلسازی و انواع مدل‌های پخش آلودگی هوا ۴

۱-۸- انواع منابع انتشار ۶

۱-۹- انواع مدل‌ها ۶

۱-۱۰- تئوری پراکندگی گوسی(نرمال) ۷

۱-۱۱- مقدمه‌ای در مورد مدل AERMOD ۱۰

۱-۱۲- مزایا و معایب مدل AERMOD ۱۱

۱-۱۲-۱- مزایا ۱۱

۱-۱۲-۲- معایب ۱۲

۱-۱۳- هدف و ضرورت انجام تحقیق ۱۲

۱-۱۴- سابقه تحقیق ۱۳

فصل دوم: معرفی مدل AERMOD و نرم افزار MATLAB ۱۵

۲-۱- مقدمه ۱۶

۲-۲-معرفی مدل AERMOD ۱۶

۲-۲-۱- پیش پردازنده AERMET ۱۷

۲-۲-۲- پیش پردازنده AERMAP ۱۸

۲-۲-۳- پردازشگر AERMOD ۱۹
۲-۳- برنامه نویسی و نرم افزار MATLAB ۱۹
فصل سوم: روش کار ۲۱
۳-۱-مقدمه ۲۲
۳-۲- نمودار روش کار ۲۲
۳-۳- اجزای نرم افزار MATLAB ۲۳
۳-۳-۱- فضای کار در MATLAB ۲۳
۳-۳-۲- M-فایل‌ها ۲۵
۳-۳-۳-رابط گرافیکی کاربر (GUI) ۲۵
۳-۳-۳-۱-مشخصات بعضی از عناصر اصلی GUI ۲۶
۳-۴- بررسی و شناخت کامل عملکرد AERMOD ۲۷
۳-۴-۱- اجرایAERMET ۲۸
۳-۴-۲- اجرای AERMAP ۳۲
۳-۴-۳- اجرای AERMOD ۳۵
۳-۵- بررسی کامل مدل گوس ۳۶
۳-۵-۱- سرعت کاهش آدیاباتیک ۳۶
۳-۵-۲- پراکنش جوی ۳۷
۳-۵-۳- حداکثر عمق آمیختگی ۳۸
۳-۵-۴- مدل گوس ۴۰
۳-۵-۴-۱- ضریب پراکنش گوس ۴۲
۳-۵-۴-۲- ارتفاع توده دود ۴۶
۳-۶- برنامه نویسی ۴۷
۳-۶-۱- برنامه نویسی شبکه کاربر در نرم افزار MATLAB ۴۷
۳-۶-۲-برنامه نویسی مدل گوس در نرم افزار MATLAB ۴۷

۳-۶-۲-۱- برنامه نویسی تعیین پایداری هوا و نوع لایه مرزی جو..... ۴۷
۳-۶-۲-۲- برنامه نویسی تخمین سرعت باد در بالای دودکش..... ۴۹
۳-۶-۲-۳- برنامه نویسی ارتفاع مؤثر دود و تخمین سرعت باد در ارتفاع مؤثر دود..... ۵۰
۳-۶-۲-۴- برنامه نویسی تعیین ضرائب yσ و zσ و معادله گوس..... ۵۱
۳-۶-۲-۵- برنامه نویسی بخش مدل رقومی ارتفاع(DEM) و ساخت مدل جدید..... ۵۲
فصل چهارم: نتایج و بحث..... ۵۵
۴-۱- مقدمه..... ۵۶
۴-۲- نتایج حاصل از مقایسه دو مدل..... ۵۶
۴-۳- نتایج حاصل از برنامه نویسی مدل..... ۵۸
۴-۳-۱-۱-اجزای مدل ADAMM..... ۵۸
۴-۳-۱-۱-۱-ورودی(INPUT)..... ۵۹
۴-۳-۱-۱-۱-۱- گزینه انتشار(Emision)..... ۵۹
۴-۳-۱-۱-۲- گزینه گیرنده(Receptor)..... ۶۱
۴-۳-۱-۱-۳- گزینه مدل رقومی ارتفاع(Dem)..... ۶۲
۴-۳-۱-۱-۴- گزینه هواشناسی(Meteorology)..... ۶۲
۴-۳-۱-۲-خروجی(OUTPUT)..... ۶۳
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۷۲
۵-۱-مقدمه..... ۷۳
۵-۲- نتیجه گیری..... ۷۳
۵-۳-پیشنهادات..... ۷۳
منابع..... ۷۴

فهرست جداول **صفحه**

جدول(۱-۱) اطلاعات مورد نیاز برای مدلسازی آلودگی هوا..... ۵

جدول(۱-۲)مدل‌های برگزیده و توصیه شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا..... ۸

جدول(۳-۱) مقادیر P برای سطوح ناهموار..... ۳۹

جدول(۳-۲)رده‌بندی پایداری جو..... ۴۴

جدول(۳-۳) مقادیر ثابت f,d,c,a برای استفاده در معادلات ۴۵

جدول(۳-۴)رده‌های پایداری جو و عدد معادل استفاده شده در برنامه نویسی..... ۴۹

جدول(۴-۱)ضریب همبستگی اسپیرمن.....۵۶

جدول(۴-۲) زمان صرف شده جهت محاسبه ارتفاع شبکه گیرنده بر حسب ثانیه در دو مدل..... ۷۱

فهرست اشکال **صفحه**

شکل(۲-۱) ارتباط بخش‌های مختلف مدل با یکدیگر ۱۷

شکل(۲-۲)مراحل استخراج و پردازش داده‌ها توسط AERMET ۱۸

شکل ۳-۱- نمودار روش کار ۲۲

شکل(۳-۲) پنجره‌های MATLAB ۲۴

شکل(۳-۳) صفحه GUI و بخش‌های مختلف آن ۲۷

شکل(۳-۴)منطقه مورد مطالعه، موقعیت دودکش و توپوگرافی منطقه ۲۸

شکل(۳-۵) فایل‌های متنی مورد نیاز جهت ورود داده‌ها به AERMET ۲۹

شکل(۳-۶) فایل متنی ورودی AERMET ۲۹

شکل(۳-۷)فایل ورودی AERMET ۳۰

شکل(۳-۸)فایل متنی جهت ورود داده‌های هواشناسی در محل ۳۱

شکل(۳-۹)نرم افزار تبدیل کننده داده‌های هواشناسی به فرمت مورد نیاز AERMET ۳۱

شکل(۳-۱۰)تعریف مختصات دودکش در نرم افزار AERMOD ۳۳

شکل(۳-۱۱) تعریف تعداد گیرنده و موقعیت شبکه نسبت به منبع ۳۳

شکل(۳-۱۲)اضافه کردن مدل رقومی ارتفاع با فرمت AERMAP ۳۴

شکل(۳-۱۳)اجرای AERMAP ۳۴

شکل(۳-۱۴) گزینه‌های مربوط به دودکش در مدل AERMOD ۳۵

شکل(۳-۱۵)اضافه کردن دو فایل هواشناسی حاصل از پیش پردازنده AERMET ۳۵

شکل(۳-۱۶)خروجی مدل AERMOD ۳۶

شکل(۳-۱۷)حداکثر عمق آمیختگی ۳۸

شکل(۳-۱۸)توزیع نرمال در توسعه جبهه دود به سمت پایین دست ۴۱

شکل(۳-۱۹)چگونگی پراکنش توده دود ۴۲

شکل(۳-۲۰)ضریب پراکنش افقی σ_y که تابعی از مسافت به سمت پایین دست است ۴۳

شکل(۳-۲۱)ضریب پراکنش عمودی σ_z که تابعی از مسافت به سمت پایین دست است..... ۴۴
شکل(۳-۲۲) کدنویسی تعیین پایداری هوا..... ۴۸
شکل(۳-۲۳) کد نویسی تخمین سرعت باد بالای دودکش..... ۴۹
شکل(۳-۲۴) کدنویسی تعیین ارتفاع مؤثر دود و سرعت باد در آن ارتفاع..... ۵۰
شکل(۳-۲۵) کدنویسی تعیین ضرائب σ_y و σ_z و معادله گوس..... ۵۲
شکل(۳-۲۶)صحت سنجی ارتفاع شبکه گیرنده..... ۵۳
شکل(۳-۲۷) نقشه سه بعدی مدل رقومی ارتفاع با دقت ۵۰ متر حاصل از مدل ADAMM..... ۵۴
شکل(۳-۲۸)نقشه سه بعدی مدل رقومی ارتفاع شبکه کاربر با ۱۰۲۰۱ گیرنده در ADAMM... ۵۴
شکل(۴-۱)مدلسازی ذرات معلق با استفاده از مدل AERMOD در دو کیلومتری دودکش..... ۵۷
شکل(۴-۲)مدلسازی ذرات معلق با استفاده از مدل ADAMM در دو کیلومتری دودکش..... ۵۸
شکل(۴-۳) اجزای مدل ADAMM..... ۵۹
شکل(۴-۴) گزینه انتشار مدل ADAMM..... ۶۰
شکل(۴-۵)گزینه گیرنده در مدل ADAMM..... ۶۱
شکل(۴-۶)گزینه توپوگرافی و ارتفاع در مدل ADAMM..... ۶۲
شکل(۴-۷)گزینه هواشناسی در مدل ADAMM..... ۶۳
شکل(۴-۸) نقشه دو بعدی پراکنش آلاینده در گزینه خروجی مدل ADAMM..... ۶۴
شکل(۴-۹)نقشه سه بعدی پراکنش آلاینده در گزینه خروجی مدل ADAMM..... ۶۴
شکل(۴-۱۰)نقشه سه بعدی توپوگرافی منطقه در مدل ADAMM..... ۶۵
شکل(۴-۱۱)نقشه دو بعدی توپوگرافی منطقه در مدل ADAMM..... ۶۵
شکل۴-۱۲-مدلسازی ذرات معلق با استفاده از مدل AERMOD در ۲۰ کیلومتری دودکش..... ۶۸
شکل۴-۱۳-مدلسازی ذرات معلق با استفاده از مدل ADAMM در ۲۰ کیلومتری دودکش..... ۶۹
شکل(۴-۱۴)مقایسه میانگین زمان صرف شده جهت محاسبه ارتفاع شبکه گیرنده..... ۷۱

فهرست علائم اختصاری

Atmospheric Dispersion Assessment Mapping Model	ADAMM
AERMOD Terrain preprocessor	AERMAP
AERMOD’s meteorological data preprocessor	AERMET
AMS/EPA Regulatory Model Improvement Committee	AERMIC
AMS/EPA Regulatory MODEL	AERMOD
American Meteorological Society	AMS
Convective Boundary Layer	CBL
California Puff Model	CALPUFF
Digital Elevation Model	DEM
Environmental Protection Agency	EPA
Industrial Source Complex Short-Term model, Version 3	ISCST3
National Weather Service	NWS
Planetary boundary layer	PBL
Profile File	PFL
Stable Boundary Layer	SBL
Screening version of ISC3 model	SCREEN3
Surface File	SFC
United State Geological Survey	USGS
Universal Transverse Mercator	UTM

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه

امروزه آلودگی به یکی از چالش‌های اصلی مدیریتی کشورها تبدیل شده است؛ به گونه‌ای که کشورها علاوه بر سیاست‌ها و اقدامات درون مرزهای خود، ساماندهی آلودگی را در حوزه بین‌المللی نیز دنبال می‌کنند. از جمله مصادیق آلودگی، آلودگی هواست که با توجه به ماهیت آن شیوع بیشتری داشته است[۳].

در این فصل مقدمه‌ای در مورد آلودگی هوا، مدلسازی، انواع مدل‌ها و مدل AERMOD ارائه می-شود.

۱-۲-آلودگی هوا

آلودگی هوا یعنی وجود مواد نامطلوب در هوا به میزانی که اثرات مضر داشته باشد. این مواد نامطلوب ممکن است سلامتی انسان، گیاهان و حیوانات را به خطر اندازد. این آلودگی به متعلقات بشر یا محیط زیست به طور عمده آسیب می‌رساند. همچنین سبب از بین بردن زیبایی و ظاهر شدن هوا به شکل کدر و یا بوهای نامطبوع می‌شود[۱۷].

آلاینده‌های هوا از منابع مختلفی نشات می‌گیرند که مهمترین آنها وسایل نقلیه موتوری، کارخانه-ها، نیروگاه‌ها و منازل مسکونی می‌باشند. در واقع آلودگی هوا به مصرف و نوع سوخت این منابع بستگی دارد. هنوز سوخت‌های فسیلی، سوخت غالب صنعت، حمل و نقل و گرمایش منازل می-باشند و با توجه به ترکیبات سوخت‌های فسیلی و عدم احتراق صد در صد آنها سبب آلودگی محیط‌های بسته و باز می‌شوند. بنابراین جهت درمان اساسی مشکلات مربوط به آلودگی هوا بایستی سراغ منابع انرژی جدید رفت و به توسعه پایدار توجه خاص داشت[۱۷].

به منظور اینکه منابع آلودگی هوا به پایداری برسند بایستی به چند راهکار اساسی توجه کرد. از مهمترین این راهکارها می‌توان طراحی اکولوژیکی صنایع، حفاظت و مصرف بهینه انرژی و همچنین استفاده از سوخت‌های جایگزین که دارای کمترین میزان آلودگی می‌باشند نام برد. مکان‌یابی محل احداث صنایع با توجه به در نظر گرفتن ضوابط محیط زیست، گسترش منابع جاذب آلودگی هوا نظیر فضای سبز و ساخت موتورهای با بالاترین کارایی و کمترین میزان آلودگی از موارد مربوط به طراحی اکولوژیکی می‌باشند. جلوگیری از مصرف نامناسب سوخت و تلاش در زمینه بررسی و اعمال راه‌های کاهش مصرف آن به عنوان مثال، دوجداره کردن شیشه‌های پنجره-های منازل و ساختمان‌ها، بالا بردن قیمت سوخت از جمله روش‌های حفاظت و مصرف بهینه انرژی می‌باشند. یکی دیگر از راهکارهای مفید تغییر نوع سوخت از سوخت‌های فسیلی به سوخت-های پاک‌تر و یا با درجه آلودگی کمتر می‌باشد. به طور کلی آلاینده‌های هوا به دو فرم گاز و ذرات

می‌باشند که می‌توان آنها را از طریق یک فیلتر جدا کرد. مهمترین آلاینده‌ها عبارتند از مونواکسید کربن[1]، اکسیدهای نیتروژن[2]، دی اکسید گوگرد[3]، دی اکسید کربن[4] و ذرات ریز[5] [۱۷].

۱-۳- مدلسازی

مدل نمایش ساده‌ای از یک سیستم پیچیده است، با مدل‌سازی می‌توان حرکات و واکنش‌های یک سیستم حقیقی را به سادگی در اختیار گرفت. کنترل این حرکات در طبیعت معمولاً امکان‌پذیر نیست و یا اینکه متضمن صرف هزینه و وقت زیاد می‌باشد[۲۴].

۱-۴- مدلسازی محیط زیستی

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[۲۴].

۱-۵- کاربرد نرم‌افزار MATLAB در مدلسازی

نرم‌افزار ریاضی، MATLAB، در دو دهه پیش توسعه یافت. این مجموعه برای کاربرهای کامپیوترهای شخصی خیلی موفق عمل کرده است. MATLAB 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[۲۴]. امروزه مدل‌های توانمند در زمینه‌ی مسائل زیست محیطی باید از ویژگی-های 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[۷]. 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[۶]. که با استفاده نرم افزار MATLAB می‌توان به این مهم دست یافت.

[1] Co
[2] NOx
[3] SOx
[4] CO_2
[5] Particulate Matter

۱-۶- مدلسازی پراکنش آلاینده‌های هوا

اندازه گیری‌های آلاینده‌های هوا به ما می‌گوید که غلظت آلاینده‌ها در یک مکان و یک زمان خاص چقدر هست یا بوده است. اندازه‌گیری‌ها به ما نمی‌گویند که این آلودگی‌ها در آینده و یا در مکانی که اندازه‌گیری صورت نگرفته است چقدر خواهد بود. مدل‌های انتشار آلودگی در مورد چگونگی رفتار آلاینده‌ها پس از خروج از منبع به ما کمک می‌کنند. یک مدل کامل، تغییرات غلظت آلودگی را در فضا برای همه، به منظورهای عملی پیش بینی می‌کند و اندازه‌گیری‌های زیاد و پرهزینه را غیر لازم می‌نماید. البته برای اینکه بتوان اندازه‌گیری‌ها به طور کلی حذف شود راهی طولانی در پیش است. مدل زمانی ارزش دارد که به طور کاربردی صحت آن تایید شود. از جمله دلایل بسیاری که برای بسط و استفاده از مدل وجود دارد، تعیین منبع مسئول و سهم آن در محل دریافت کننده است تا برای آلوده‌سازترین منبع هدف گذاری شود. مدل انتشار با استفاده از اطلاعات هواشناسی تعیین می‌کند که بر یک ستون دود و یا ستونی از گاز آلوده تا زمان کشف آن در نقطه دیگر چه گذشته است. جریان‌های جوی سبب کاهش غلظت آلودگی‌ها می‌شود و با استفاده از مدل مناسب مقدار کاهش غلظت قابل محاسبه خواهد بود[۸]. در قوانین مدیریت محیط زیست انتشار قابل توجه آلاینده‌های هوا، به خصوص در مناطق صنعتی همیشه برای کارگران کارخانه‌ها و افرادی که نزدیک مناطق صنعتی زندگی می‌کنند یک نگرانی بوده است، و این به پیچیدگی منابع انتشار آلاینده، عملکرد آلاینده‌های منتشر شده و نوع آلاینده برمی‌گردد، در این راستا مدل‌های پراکندگی هوا به طور وسیعی برای بررسی الگوی پراکندگی و رفتار گازهای آلاینده هوا در مناطق صنعتی، همچنین برای ارزیابی خطرات بالقوه برای سلامتی انسان کاربرد دارند. مدل‌های پراکندگی آلاینده‌های هوا همچنین در ارزیابی اثرات تسهیلات صنایع و یا گروهی از صنایع بر کیفیت هوا و پیشبینی آینده کیفیت هوا در اطراف مناطق صنعتی کاربرد دارند[۲۲]. سال‌هاست که همانند سایر شاخه‌های علوم محیط زیستی و دیگر رشته‌های علمی، دانشمندان کاربرد روابطها و معادلات ریاضی را در بحث آلودگی هوا رایج کرده‌اند و امروز مدلسازی آلودگی هوا ابزاری اساسی و قدرتمند در مطالعات آلودگی هوا خصوصا در پیشبینی وضعیت آلودگی هوا بوده و نحوه انتشار آلاینده‌ها و غلظت آنها تحت شرایط مختلف و در مکان‌های دلخواه مدلسازی شده است.

۱-۷- داده‌های مورد نیاز مدلسازی و انواع مدل‌های پخش آلودگی هوا

داده‌های هواشناسی، عوارض زمین و پارامترهای انتشار به عنوان داده ورودی اولیه هستند که به منظور مدلسازی کیفیت هوا مورد پردازش قرار می‌گیرند. بسته به سطح مدل، داده‌های ورودی مورد نیاز به منظور مدلسازی کیفیت هوا شامل پارامترهای زیر می‌باشد(جدول۱-۱). نتایج مدلسازی انتشار هوا به میزان زیادی به کیفیت داده‌های مورد استفاده به عنوان ورودی به مدل وابسته است[۱۲و۲۰].

جدول(۱-۱) اطلاعات مورد نیاز برای مدلسازی آلودگی هوا

فاکتورهای اصلی	زیرفاکتورها
پارامترهای انتشار	موقعیت منبع ارتفاع منبع قطر دودکش سرعت خروج گاز درجه حرارت خروج گاز سرعت انتشار
داده‌های هواشناسی	سرعت باد جهت باد طبقه پایداری درجه حرارت ارتفاع اختلاط
نوع منبعی که آلاینده از آن آزاد می‌شود	منبع نقطه‌ای منبع سطحی منبع حجمی منبع خطی انواع ویژه‌ای از منابع آزاد شدن آلاینده‌ها
موقعیت گیرنده‌های ویژه	
اطلاعاتی در مورد کاربری‌های اراضی اطراف و ارتفاعات زمین	
پارامترهای ساختمانی غلظت‌های مرزی یا دورنما	
جمعیت شهری	

۱-۸- انواع منابع انتشار

منابع انتشار به منابع نقطه‌ای، خطی، ناحیه‌ای و لحظه‌ای تقسیم می‌شوند که هر کدام از این‌ها ممکن است زیر مجموعه‌هایی هم داشته باشند. منبع نقطه‌ای به صورت یک دودکش تک واحدی یا چند دودکش بسیار نزدیک به هم که عملا یک منبع را تشکیل می‌دهند است. منبع خطی برای بزرگراهی است که خودروها به طور مداوم در آن حرکت می‌کنند یا مسیر دود خروجی از یک هواپیمای در حال حرکت می‌باشد. منبع ناحیه‌ای موردی است که در یک سطح وسیع تعداد زیادی منبع در حال انتشار آلودگی باشند، مانند یک شهر یا قسمتی از یک شهر که دارای ترافیک مداوم است. منبع لحظه‌ای زمانی است که انفجار در یک مخزن گاز اتفاق می‌افتد و آلودگی ناشی از آن یکباره در فضا منتشر می‌شود و یا آنکه گاز آلاینده مثلا داخل یک تانکر به دلیلی ناگهان تخلیه و وارد هوا می‌شود[۱۱].

۱-۹- انواع مدل‌ها

با این توضیحات مدل‌های پراکندگی بسته به نوع منبع متفاوتند و با محاسبات ریاضی می‌توان غلظت آلودگی سطح زمین را در پایین دست جریان باد و در فواصل مختلف از پای دودکش برآورد کرد. مهم‌ترین مدل‌ها عبارتند از[۱۱]:

۱- مدل‌های یولریان: این گروه مدل‌ها با حل عددی معادله، انتشار جوی آلودگی را برآورد می‌کنند. مدل‌های یولریان با اندازه‌گیری ویژگی‌های جو که از یک نقطه ثابت می‌گذرد کار می‌کند. یک بادسنج پیاله‌ای یا پره‌ای به عنوان حسگر ویژگی باد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲- مدل‌های گوسی: این مدل‌ها بر پایه احتمال توزیع نرمال آلودگی در جهت حرکت باد و بنابراین تغییرات غلظت آلودگی بنا شده است. این‌ها را می‌توان زیر مجموعه مدل‌های یولریان دانست، ولی معمولا به عنوان یک گروه جدید شناخته می‌شوند.

۳- مدل‌های لاگرانژیان: این مدل‌ها فرآیندهایی را برای جرم هوای در حال حرکت به کار می‌برند یا فرآیندهایی را معرفی می‌کنند که پراکندگی ذرات مصنوعی را نشان دهد. ردیابی دود ستون یا بالن با دانسیته خنثی که در جهت باد حرکت کند، یک اندازه‌گیری لاگرانژیان است. اساسا پراکندگی به علت اغتشاش است و اغتشاش هوا در مقیاس‌های مختلف در جو اتفاق می‌افتد. بنابراین مدل‌های دیگری با توجه به زمان و مقیاس مورد نظر وجود دارند.

-کلان مقیاس(هزار کیلومتر یا چند روز): جریان جوی به وسیله پدیده سینوپتیک مثل فشار بالا یا پایین به حرکت در می‌آید. برای مثال انتقال طولانی آلودگی‌ها از مرکز اروپا به انگلیس و از انگلیس به اسکاندیناوی از جمله مقیاس کلان جریان‌های جوی است.

-متوسط مقیاس(ده‌ها تا صدها کیلومتر یا ساعت‌ها): جریان هوا به طور سینوپتیکی حرکت می کند ولی به علت پستی و بلندی‌های سطح زمین و یا موانع دیگر تغییر می‌یابد. مانند انتشار آلودگی‌ها از یک دودکش نیروگاه به روستاهای اطراف.

- **خرد مقیاس**(کمتر از یک کیلومتر یا چند دقیقه): جریان هوا بیشتر به پدیده‌های محلی بستگی دارد، برای مثال جریان‌های شهری در پیچ و خم خیابان‌ها.

۱-۱۰- تئوری پراکندگی گوسی(نرمال)

مدل‌های یولریان براساس تصور یک نقطه مرجع پیشین است که هوا از آنجا جریان می‌یابد. برعکس مدل‌های لاگرانژیان براساس این تصور که نقطه مرجع همراه میانگین جریان حرکت می‌کند، است. در روش گوسی، ساده‌ترین درک، این عقیده است، که فکر کنیم آلودگی‌ها از منبع نقطه‌ای، به طور لحظه‌ای رها شده‌اند. این توده هوا به سوی پایین‌دست میانگین سمت جریان باد پیش می‌رود. ضمن حرکت، توسعه پیدا می‌کند و حجم آن افزایش می‌یابد. هوا از اطراف وارد این توده می‌شود و غلظت آلودگی در آن کاهش می‌یابد. این توده در ضمن حرکت جریان راندمی کوچکی هم دارد که در اثر اغتشاش پدید می‌آید و ممکن است آن را از میانگین مسیر منحرف کند. یک انتشار مداوم از تعداد توده‌های دود خروجی از دودکش که خیلی سریع و پشت سر هم رها می‌شوند تشکیل شده است. مدل گوسی ما را قادر می‌سازد که غلظت چنین حرکتی را در هر مکان پایین دست جریان باد محاسبه کنیم[۱۱].

مدل پراکندگی گوس از جمله مدل‌های پراکندگی ارائه شده است که برای تخمین پخش آلاینده-های منتشره از منابع نقطه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. در معادله پخش آلاینده‌ها براساس مدل گوس فرض شده که پایداری جو در کل لایه‌ای که گاز آلوده به جو تخلیه می‌شود یکنواخت باشد . در این مدل فرض می‌شود که توربولانس یک عمل تصادفی است، بنابراین رقیق شدن جریان گاز آلوده در دو جهت عمودی و افقی می‌تواند به وسیله معادله گوس یا توزیع نرمال بررسی شود. همچنین فرض می‌شود جریان گاز آلوده در ارتفاعی بالاتر از سطح زمین که معادل با مجموع ارتفاع فیزیکی دودکش و خیزش ستون دود است به اتمسفر تخلیه می‌شود. ضمنا درجه رقیق‌سازی ستون دود خروجی با معکوس سرعت باد(u) متناسب است و مواد آلاینده‌ای که به سطح زمین می‌رسد پرتوهای نور را به طور کامل مانند یک آینه تخت و در یک زاویه به اتمسفر منعکس می‌کنند. از نظر ریاضی این انعکاس از زمین با فرض یک منبع واقعی یا مجازی در فاصله H از سطح زمین و یک ستون دود مجازی با قدرت همان منبع به عنوان یک منبع واقعی توجیه می‌شود. این ایده کلی می-تواند برای معادلات مربوط به سایر شرایط شناوری لایه‌ها نظیر محدودیت اختلاط عمودی و افقی مورد استفاده قرار گیرد[۱]. در جدول(۱-۲) دوازده مدل توصیه شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا[1] نشان داده شده است.

[1] US Environmental Protection Agency's (EPA)

جدول(۱-۲)مدل‌های برگزیده و توصیه شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا

نام مدل	منبع	ناحیه	عوارض	میانگین زمانی	فاصله انتقالی
BLP	نرخ کاهش آلمینیوم حاصله از پالایشگاه‌ها	روستایی	ساده	یک ساعت الی یک سال	کمتر از ۵۰ کیلومتر
CALINE3	اتوبان‌ها (خطی)	شهری و روستایی	ساده	یک الی۲۴ ساعت	کمتر از ۵۰ کیلومتر
CDM2	منابع نقطه‌ای و سطحی	شهری	صاف	کمتر از یک ماه	کمتر از ۵۰ کیلومتر
CTDMPLU	منابع نقطه‌ای ارتفاع یافته	شهری یا روستایی	مخلوط	یک ساعت الی یک سال	کمتر از ۵۰ کیلومتر
EDMS	فرودگاه‌ها	مشخص نمی‌باشد	ساده	یک ساعت الی یک سال	کمتر از ۵۰ کیلومتر
ISC3	منابع مخلوط صنعتی	شهری یا روستایی	ساده یا تپه مانند	یک ساعت الی یک سال	کمتر از ۵۰ کیلومتر
OCD	منابع ساحلی خارج فلات قاره	مشخص نمی‌باشد	مشخص نمی-باشد	یک ساعت الی یک سال	مناطق دور از ساحل
RAM	منابع نقطه‌ای و سطحی	شهری	صاف	یک ساعت الی یک روز	کمتر از ۵۰ کیلومتر
UAM	مناطق شهری با مشکل ازون	شهری	تمام حالت‌ها	یک ساعت	کمتر از ۵۰ کیلومتر
AERMOD	منابع نقطه‌ای، حجمی ، سطحی	شهری یا روستایی	ساده یا ترکیبی	یک ساعت الی یک سال	کمتر از ۵۰ کیلومتر
CALPUFF	منابع نقطه‌ای، حجمی، سطحی، خطی	شهری یا روستایی	صاف یا ترکیبی	یک ساعت الی یک سال	۵۰ الی ۲۰۰ کیلومتر
ADMS	منابع نقطه‌ای، حجمی، سطحی، خطی، شبکه بندی شده	شهری یا روستایی	صاف یا ترکیبی	یک ساعت الی یک سال	۵۰ الی ۱۰۰ کیلومتر