



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد
مهندسی عمران - مهندسی محیط زیست

عنوان
طراحی مدل پراکنش آلاینده‌ها و کیفیت هوای
منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی (ماهشهر)

استاد راهنما
دکتر حسن قاسم زاده

اساتید مشاور
دکتر مجید شفیع پور مطلق
دکتر خسرو اشرفی

دانشجو
بیژن یگانه

بهمن ۱۳۸۸

به نام پروردگار بخشنده مهربان

تقدیر و تشکر

پس از حمد و سپاس خداوند تبارک و تعالی، بدینوسیله از خانواده مهربانم که در تمام مراحل تحصیل پشتیبان من بوده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

بر خود لازم می‌دانم از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر حسن قاسم‌زاده که راهنمایی اینجانب را در امر تعریف، تهیه و تنظیم مطالب این پایان‌نامه بر عهده داشته، و با رهنمودهای مؤثر خود همواره راهنمای اینجانب بوده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنم.

همچنین از جناب آقایان دکتر مجید شفیع‌پور و دکتر خسرو اشرفی که همواره وقت خود را در اختیار من گذارده و در تمام مراحل این تحقیق با راهنمایی‌های ارزشمند خود، کمک شایانی در پیشبرد این پروژه داشته‌اند، تشکر می‌نمایم.

طراحی مدل پراکنش آلاینده‌ها و کیفیت هوای منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی (ماهشهر)

چکیده

آلودگی هوا امروزه به‌عنوان یکی از بارزترین مشکلات زیست‌محیطی مطرح بوده و از طرق مختلف برای کاهش آن تلاش می‌شود. یکی از موثرترین راهکارهای بررسی آلودگی هوا، مدل‌سازی آن است. منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی در محدوده‌ای به وسعت ۱۷۰۰ هکتار در جنوب غربی ایران و در ساحل خلیج فارس در نزدیکی بندر ماهشهر قرار گرفته است. در این منطقه در حال حاضر ۱۷ مجتمع پتروشیمی قرار دارد که به دلیل دارا بودن دودکشهای متعدد از جمله صنایع آلوده کننده هوا می‌باشد. با توجه به تعدد پرسنل، همجواری با مناطق مسکونی و حتی کشورهای همسایه؛ لزوم توجه به مشکل کیفیت هوای این منطقه را بیش از پیش مشخص می‌سازد.

با توجه به وسعت منطقه مورد بررسی، فراهم بودن اطلاعات اولیه مورد نیاز آن، صرفه محاسباتی و قابلیت ارایه غلظت کلی آلاینده‌ها مدل جعبه‌ای جهت مدل‌سازی آلودگی هوای این منطقه انتخاب شده است. با توجه به اهمیت میزان حداکثر عمق اختلاط در مدل جعبه‌ای، میزان این پارامتر در منطقه بین سالهای ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ به صورت روزانه، متوسط ماهانه و سالانه محاسبه گردید. میزان متوسط حداکثر عمق اختلاط سالانه در منطقه ویژه پتروشیمی ماهشهر در طی ۵ سال (۲۰۰۲-۲۰۰۷) برابر ۱۹۰۶ متر محاسبه گردید. به‌منظور محاسبه غلظت آلاینده‌های ورودی به منطقه، از نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده در آزمایشگاه سازمان منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر در سال ۲۰۰۸ استفاده شده است. این آزمایشگاه در شمال غربی منطقه مورد بررسی و در بالادست جهت جریان باد واقع شده است بنابراین میزان آلاینده‌های اندازه‌گیری شده در این ایستگاه می‌تواند غلظت آلاینده ورودی به منطقه را نشان دهد.

بر اساس نتایج مدل‌سازی میزان غلظت متوسط سالیانه آلاینده‌های CO ، NOx و SO_2 به ترتیب برابر ۲۶۵، ۵۳ و ۲۷ میکروگرم بر مترمکعب بوده است که با توجه به غلظت استاندارد سالانه ۱۰۰ میکروگرم بر متر مکعب برای NOx و ۸۰ میکروگرم بر متر مکعب برای SO_2 ، مقادیر فوق در حد استاندارد می‌باشند. تحلیل حساسیت مدل ارایه شده نشان داد که میزان کاهش غلظت در نواحی همجوار منطقه ویژه پتروشیمی ماهشهر با میزان حداکثر عمق اختلاط رابطه معکوس دارد. همچنین تحلیل حساسیت مدل نشان داد که در مدل جعبه‌ای میزان حساسیت غلظت آلاینده به توسعه مرز موازی با مولفه کوچکتر باد بیش از مولفه دیگر آن است که به این دلیل باید دقت کافی را در نحوه توسعه مزر ناحیه مدل‌سازی مبذول داشت.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

- ۱-۱- هدف و ضرورت انجام تحقیق ۱
- ۲-۱- روش و نحوه انجام تحقیق ۳

فصل دوم: مدل سازی پراکنش آلاینده های هوا

- ۱-۲- مقدمه ۴
- ۲-۲- مفهوم آلودگی هوا ۵
- ۳-۲- انواع آلاینده ها ۵
- ۴-۲- منابع آلودگی هوا ۶
- ۵-۲- آلاینده های معیار ۷
- ۱-۵-۲- منواکسید کربن ۷
- ۲-۵-۲- اکسیدهای نیتروژن ۷
- ۳-۵-۲- اکسیدهای گوگرد ۸
- ۴-۵-۲- سرب ۹
- ۵-۵-۲- ذرات معلق ۹
- ۶-۵-۲- ازن و اکسیدانهای فتوشیمیایی ۱۰
- ۶-۲- استاندارد کیفیت هوا ۱۰
- ۷-۲- هواشناسی آلودگی هوا ۱۳
- ۸-۲- لایه های جو ۱۳
- ۱-۸-۲- وردسپهر ۱۴
- ۲-۸-۲- آرام سپهر ۱۴
- ۳-۸-۲- میان سپهر ۱۵
- ۴-۸-۲- گرم سپهر ۱۵
- ۹-۲- وضعیت جو ۱۶
- ۱-۹-۲- فشار هوا و باد ۱۶
- ۲-۹-۲- تلاطم ۱۸
- ۳-۹-۲- تلاطم حرارتی ۱۸
- ۱۰-۲- اثرات ناشی از عوارض زمین ۱۹
- ۱-۱۰-۲- جزیره حرارتی ۱۹
- ۲-۱۰-۲- اثر دریا ۱۹
- ۳-۱۰-۲- اثر دره ۱۹
- ۱۱-۲- حرکات قائم جو ۲۰
- ۱-۱۱-۲- مفهوم آهنگ گذر ۲۰
- ۲-۱۱-۲- پایداری و ناپایداری جو ۲۲
- ۳-۱۱-۲- وارونگی دما و عمق اختلاط ۲۴
- ۱۲-۲- اهداف مدل سازی آلودگی هوا ۲۷
- ۱۳-۲- مقیاس مدل سازی آلودگی هوا ۲۸
- ۱۴-۲- ارتباط پیش بینی عددی وضع هوا و مدل سازی آلودگی هوا ۲۸

۳۰	۱۵-۲- روشهای مدل سازی آلودگی هوا
۳۱	۱۶-۲- انواع مدل های ریاضی پیش بینی آلودگی هوا
۳۱	۱-۱۶-۲- مدل های جعبه ای
۳۱	۲-۱۶-۲- مدل های گوسی
۳۲	۳-۱۶-۲- مدل های لاگرانژی
۳۳	۴-۱۶-۲- مدل های دینامیک سیالات محاسباتی
۳۳	۱۷-۲- کاربرد مدل های آلودگی هوا
۳۷	۱۸-۲- فرضیات و معادلات نظریه جعبه ای
۳۹	۱۹-۲- بررسی مدل های جعبه ای
۳۹	۱-۱۹-۲- مدل CPB
۴۰	۲-۱۹-۲- مدل AURORA
۴۰	۳-۱۹-۲- مدل BOXURB
۴۰	۴-۱۹-۲- مدل PBM
۴۱	۲۰-۲- پارامترهای موثر در مدل جعبه ای

فصل سوم: منابع آلاینده و عمق اختلاط در محدوده مورد مطالعه

۴۵	۱-۳- موقعیت منطقه
۴۶	۲-۳- توپوگرافی
۴۶	۳-۳- وضعیت پوشش گیاهی
۴۷	۴-۳- درجه حرارت
۴۷	۵-۳- میزان بارندگی
۴۸	۶-۳- رطوبت نسبی
۴۸	۷-۳- زاویه تابش آفتاب
۴۹	۸-۳- باد
۵۱	۹-۳- منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی
۵۳	۱-۹-۳- سایت شماره ۱
۵۳	۲-۹-۳- سایت شماره ۲
۵۵	۳-۹-۳- سایت شماره ۳
۵۷	۴-۹-۳- سایت شماره ۴
۶۰	۵-۹-۳- سایت شماره ۵
۶۳	۱۰-۳- شناسایی منابع آلاینده در منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر
۶۷	۱۱-۳- فهرست انتشار منابع آلاینده در منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر
۷۱	۱۲-۳- محاسبه حداکثر عمق اختلاط در محدوده مورد مطالعه

فصل چهارم: مدل سازی آلاینده ها در محدوده مورد مطالعه

۷۷	۱-۴- مدل جعبه ای برای منطقه ویژه پتروشیمی ماهشهر
۸۰	۲-۴- اطلاعات اولیه برای مدل سازی آلودگی هوای منطقه ویژه پتروشیمی ماهشهر
۸۰	۱-۲-۴- جهت و شدت باد
۸۰	۲-۲-۴- تعیین طبقه پایداری جو
۸۲	۳-۲-۴- میانگین سرعت باد در ارتفاع
۸۳	۴-۲-۴- غلظت آلاینده های ورودی

۳-۴- نتایج مدل سازی آلودگی هوای منطقه ویژه پتروشیمی ماهشهر	۸۴
۴-۴- بحث و بررسی نتایج	۸۶
۴-۴-۱- بررسی نتایج	۸۶
۴-۴-۲- تحلیل حساسیت	۸۷

فصل پنجم: جمع بندی و پیشنهادها

۵-۱- جمع بندی	۹۴
۵-۲- پیشنهاد پژوهش های آتی	۹۶

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۲: نوع و مقدار ترکیبات ثابت جو.....	۵
جدول ۲-۲: نوع و مقدار ترکیبات متغیر جو.....	۵
جدول ۳-۲: مقادیر استاندارد سازمان بهداشت جهانی برای آلودگی هوای باز.....	۱۱
جدول ۴-۲: استاندارد خروجی از نیروگاهها.....	۱۱
جدول ۵-۲: استانداردهای خروجی از کارخانجات و کارگاههای صنعتی.....	۱۲
جدول ۶-۲: مقیاسهای مدل سازی آلودگی هوا.....	۲۸
جدول ۷-۲: مدل های پراکنش آلاینده های هوا.....	۳۴
جدول ۸-۲: مدل های بررسی دینامیک هوامیزها.....	۳۶
جدول ۹-۲: طبقات پایداری جو در روش ترنر.....	۴۲
جدول ۱۰-۲: مقادیر پارامتر P پترسون.....	۴۴
جدول ۱-۳: حداکثر زاویه تابش آفتاب برای عرضهای جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی.....	۴۹
جدول ۲-۳: تعداد دودکشهای موجود در منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی ماهشهر.....	۶۵
جدول ۳-۳: میزان تولید آلاینده CO در طی دوره های سه ماهه سال ۲۰۰۸ (بر حسب تن).....	۶۷
جدول ۴-۳: میزان تولید آلاینده NOx در طی دوره های سه ماهه سال ۲۰۰۸ (بر حسب تن).....	۶۸
جدول ۵-۳: میزان تولید آلاینده SO ₂ در طی دوره های سه ماهه سال ۲۰۰۸ (بر حسب تن).....	۶۸
جدول ۶-۳: میزان آلاینده های خروجی از دودکش های منطقه ویژه پتروشیمی ماهشهر در سال ۲۰۰۸ به ترتیب میزان تولید مجموع آلاینده ها (تن در سال).....	۷۰
جدول ۷-۳: میزان بیشینه دمای روزانه در منطقه ویژه پتروشیمی ماهشهر.....	۷۳
جدول ۸-۳: میزان حداکثر عمق اختلاط در منطقه ویژه پتروشیمی ماهشهر.....	۷۳
جدول ۱-۴: متوسط شدت و جهت وزش باد بندر ماهشهر از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۵.....	۸۱
جدول ۲-۴: میزان ابرناکی بندر ماهشهر از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۵.....	۸۱
جدول ۳-۴: طبقات پایداری جو در طی ماههای سال در بندر ماهشهر.....	۸۲
جدول ۴-۴: متوسط سرعت باد و مولفه های شمالی و غربی آن (متر بر ثانیه).....	۸۳
جدول ۵-۴: غلظت آلاینده های ورودی به منطقه در سال ۲۰۰۸ (میکروگرم بر مترمکعب).....	۸۴
جدول ۷-۴: مشخصات نواحی همجوار منطقه مورد بررسی.....	۸۸
جدول ۸-۴: نحوه تغییرات غلظت آلاینده NOx در نواحی همجوار در ۶ ماهه اول سال ۲۰۰۸ (میکروگرم بر مترمکعب).....	۸۸
جدول ۹-۴: نحوه تغییرات غلظت آلاینده NOx در نواحی همجوار در ۶ ماهه دوم سال ۲۰۰۸ (میکروگرم بر مترمکعب).....	۸۸
جدول ۱۰-۴: ابعاد نواحی مدل سازی شده در حالت های اول، دوم و سوم.....	۹۱
جدول ۱۱-۴: ابعاد نواحی مدل سازی شده در حالت های چهارم، پنجم و ششم.....	۹۱
جدول الف-۱: میزان حداکثر عمق اختلاط در روزهای ماه ژانویه سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶.....	۹۹
جدول الف-۲: میزان حداکثر عمق اختلاط در روزهای ماه فوریه سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶.....	۱۰۰
جدول الف-۳: میزان حداکثر عمق اختلاط در روزهای ماه مارس سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶.....	۱۰۱
جدول الف-۴: میزان حداکثر عمق اختلاط در روزهای ماه آوریل سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶.....	۱۰۲

- جدول الف-۵: میزان حداکثر عمق اختلاط در روزهای ماه می سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶..... ۱۰۳
- جدول الف-۶: میزان حداکثر عمق اختلاط در روزهای ماه ژوئن سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶..... ۱۰۴
- جدول الف-۷: میزان حداکثر عمق اختلاط در روزهای ماه جولای سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶..... ۱۰۵
- جدول الف-۸: میزان حداکثر عمق اختلاط در روزهای ماه آگوست سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶..... ۱۰۶
- جدول الف-۹: میزان حداکثر عمق اختلاط در روزهای ماه سپتامبر سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶..... ۱۰۷
- جدول الف-۱۰: میزان حداکثر عمق اختلاط در روزهای ماه اکتبر سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶..... ۱۰۸
- جدول الف-۱۱: میزان حداکثر عمق اختلاط در روزهای ماه نوامبر سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶..... ۱۰۹
- جدول الف-۱۲: میزان حداکثر عمق اختلاط در روزهای ماه دسامبر سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶..... ۱۱۰

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۲:	لایه‌های جو	۱۴
شکل ۲-۲:	نمودار یک سیستم پر فشار	۸۹
شکل ۳-۲:	نمودار یک سیستم کم فشار	۸۹
شکل ۴-۲:	جو ناپایدار	۲۳
شکل ۵-۲:	جو خنثی	۲۳
شکل ۶-۲:	جو پایدار	۲۴
شکل ۷-۲:	جو بسیار پایدار در حالت وارونگی	۲۴
شکل ۸-۲:	پروفیل درجه حرارت- ارتفاع جو در یک روز بدون ابر، کم باد و خشک	۲۵
شکل ۹-۲:	نمودار مدل‌سازی به روش غیرتوام	۲۹
شکل ۱۰-۲:	نمودار مدل‌سازی به روش توام	۳۰
شکل ۱۱-۲:	مدل جعبه‌ای ثابت	۳۷
شکل ۱۲-۲:	پروفیل دما- ارتفاع در طبقات مختلف پایداری جو	۴۳
شکل ۱-۳:	گل‌باد شهرستان ماهشهر	۵۱
شکل ۲-۳:	نقشه جامع منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی ماهشهر	۵۲
شکل ۳-۳:	نمایی از واحد الفین پتروشیمی مارون	۵۳
شکل ۴-۳:	نمایی از واحد پلی اتیلن سنگین پتروشیمی مارون	۵۴
شکل ۵-۳:	نمایی از واحد پلی پروپیلن پتروشیمی مارون	۵۴
شکل ۶-۳:	نمایی از تصفیه‌خانه پتروشیمی فجر	۵۹
شکل ۷-۳:	نمایی از واحد تولید هوا در پتروشیمی فجر	۵۹
شکل ۸-۳:	نمایی از واحد نیروگاه پتروشیمی فجر	۶۰
شکل ۹-۳:	نمایی از واحد تفکیک مایعات گازی (NF) مجتمع بندر امام خمینی (ره)	۶۲
شکل ۱۰-۳:	نمایی از واحد آروماتیک (AR) مجتمع بندر امام خمینی (ره)	۶۲
شکل ۱۱-۳:	نمایی از دودکشهای موجود در منطقه ویژه پتروشیمی ماهشهر	۶۴
شکل ۱۲-۳:	نحوه استقرار دودکش‌ها در منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی	۶۶
شکل ۱۳-۳:	میزان تولید آلاینده CO در منطقه ویژه پتروشیمی ماهشهر در طی دوره‌های سه‌ماهه سال ۲۰۰۸.....	۶۹
شکل ۱۴-۳:	میزان تولید آلاینده NOx در منطقه ویژه پتروشیمی ماهشهر در طی دوره‌های سه‌ماهه سال ۲۰۰۸..	۶۹
شکل ۱۵-۳:	میزان تولید آلاینده SO2 در منطقه ویژه پتروشیمی ماهشهر در طی دوره‌های سه‌ماهه سال ۲۰۰۸.....	۷۰
شکل ۱۶-۳:	نحوه محاسبه حداکثر عمق اختلاط	۷۱
شکل ۱۷-۳:	نمودار مقادیر متوسط حداکثر عمق اختلاط ماهیانه ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷.....	۷۴
شکل ۱۸-۳:	نمودار میانگین حداکثر عمق اختلاط سالیانه در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷.....	۷۴
شکل ۱۹-۳:	تغییرات حداکثر عمق اختلاط و میانگین دمای ماهانه	۷۵
شکل ۲۰-۳:	نحوه ارتباط حداکثر عمق اختلاط و میانگین دمای ماهانه	۷۶
شکل ۱-۴:	نحوه تجزیه بردار باد در راستای اضلاع محدوده مدل‌سازی	۷۸
شکل ۲-۴:	نمودار مقایسه حداکثر عمق اختلاط، غلظت ورودی و غلظت نهایی پس از انجام مدل‌سازی برای آلاینده CO در طی سال ۲۰۰۸.....	۸۵

شکل ۴-۳: نمودار مقایسه حداکثر عمق اختلاط، غلظت ورودی و غلظت نهایی پس از انجام مدل سازی برای آلاینده NOx در طی سال ۲۰۰۸.....	۸۵
شکل ۴-۴: نمودار مقایسه حداکثر عمق اختلاط، غلظت ورودی و غلظت نهایی پس از انجام مدل سازی برای آلاینده SO2 در طی سال ۲۰۰۸.....	۸۵
شکل ۴-۵: نحوه تغییرات غلظت آلاینده NOx در نواحی همجوار در طی سال ۲۰۰۸.....	۸۹
شکل ۴-۶: نحوه تغییرات حداکثر عمق اختلاط و میزان حداکثر کاهش غلظت آلاینده NOx در نواحی همجوار در طی سال ۲۰۰۸.....	۸۹
شکل ۴-۷: نحوه تغییرات غلظت آلاینده NOx در حالات ۶ گانه در ماه آوریل.....	۹۲
شکل ۴-۸: نحوه تغییرات غلظت آلاینده NOx در حالات ۶ گانه در ماه جولای.....	۹۲
شکل ۴-۹: نحوه تغییرات غلظت آلاینده NOx در حالات ۶ گانه در ماه دسامبر.....	۹۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱- هدف و ضرورت انجام تحقیق

کاربرد مدل‌سازی در شاخه‌های مختلف علوم، طی سالهای اخیر، از توسعه گسترده‌ای برخوردار بوده است. علت اصلی محبوبیت مدل‌سازی را می‌توان ساخت و آرایه رایانه‌های پرسرعت و تجهیزات محاسباتی الکترونیکی پر قدرت از یکسو و کمک به بسط و غنای دانش محاسباتی از سوی دیگر دانست. به گونه‌ای که امروزه در پرتو کاربرد مدل‌سازی رایانه‌ای، نیروی رایانه جایگزین نیروی انسان در اجرای عملیات تکراری و سخت گردیده و با بهره‌گیری از دقت عمل بی نظیر آنها، انجام محاسبات دقیق همراه با کیفیتی عالی ممکن گردیده است. به عبارت دیگر مدل‌سازی نه تنها نسل ما را از انجام عملیات تکراری رهانیده، بلکه با استفاده از قوه خلاقیت و ابتکار انسان، این امکان را فراهم آورده است تا قبل از اجرای طرحها و ایجاد تغییر در سیستم طبیعی جهان، قادر به پیش بینی آثار احتمالی با کمترین خطر ممکن و کنترل بهینه و هدایت آگاهانه آنها باشد.

حفاظت از محیط‌زیست و کاهش آلاینده‌های آن یکی از مسایل اصلی قرن حاضر است. آلودگی هوا امروزه به‌عنوان یکی از بارزترین مشکلات زیست‌محیطی مطرح بوده و از طرق مختلف برای کاهش آن تلاش می‌شود. یکی از موثرترین راهکارهای بررسی آلودگی هوا، مدل‌سازی آن است. در این پایان‌نامه به مدل‌سازی آلودگی هوای منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی (ماهشهر) پرداخته شده و به این منظور از مدل جعبه‌ای استفاده شده است. این مدل به دلایل وسعت منطقه مورد بررسی، فراهم بودن اطلاعات اولیه مورد نیاز آن، صرفه محاسباتی و قابلیت آرایه غلظت کلی آلاینده‌ها انتخاب شده است که در ادامه پژوهش به بررسی کامل ویژگیهای آن پرداخته خواهد شد.

منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی (ماهشهر) در پهنه‌ای مستطیل شکل به طول تقریبی ۹ کیلومتر و عرض تقریبی ۳ کیلومتر در شمال بندر امام خمینی (ره) قرار دارد. این منطقه در زمینی مسطح و تقریباً هم‌تراز دریا واقع شده و فاصله آن از تاسیسات بندری بندر امام خمینی (ره) ۳ کیلومتر و از فرودگاه ماهشهر ۵ کیلومتر است. این منطقه دارای ۵ سایت، ۱۷ شرکت پتروشیمی و صنایع سبک و سنگین مختلف در زمینه نفت و گاز می‌باشد. صنعت پتروشیمی و سایر صنایع مرتبط با آن به دلیل دارا بودن دودکشهای متعدد از جمله صنایع آلوده کننده هوا می‌باشد. همچنین موقعیت جغرافیایی منطقه و ورود آلاینده‌های مختلف هوا به منطقه از جمله ذرات معلق و غبار از سمت جنوب غرب کشور و حتی کشورهای همجوار، کیفیت هوای منطقه را دچار تنزل بیشتری نموده است.

با توجه به عواملی از جمله اهمیت اقتصادی منطقه ویژه پتروشیمی، تعدد پرسنل، همجواری با مناطق مهم و حساس شهری و مسکونی از جمله بندر امام خمینی (ره)، سربندر، بندر ماهشهر و فرودگاه ماهشهر و احتمال انتقال آلاینده‌های این منطقه به دیگر مناطق ایران و حتی کشورهای همجوار؛ لزوم توجه به مشکل کیفیت هوای این منطقه را بیش از پیش مشخص می‌سازد.

روند رو به رشد اقتصاد جهانی، افزایش تقاضای انرژی، نفت و فرآورده‌های وابسته به آن و نقش کلیدی صنعت نفت و پتروشیمی در ارتقای زندگی بشر، توجه بیش از پیش به نقش نفت و گاز در زندگی روزمره و اثرات صنایع مرتبط بر محیط زیست را غیر قابل اجتناب و ضروری می‌سازد. بر اساس پیش‌بینی‌های به‌عمل آمده، نیاز به نفت، طی ۲۰ سال آینده به بیش از دو برابر افزایش خواهد یافت و گاز طبیعی به عنوان سوخت منتخب قرن حاضر از جایگاه ویژه‌ای در سبد انرژی برخوردار خواهد شد. همچنین طبق ارزیابی‌های به‌عمل آمده طی ۲۰ سال آینده، کشورهای نفت خیز منطقه خلیج فارس و به خصوص ایران، ۵۸ درصد از افزایش تقاضای جهانی را تامین خواهند کرد [۴]. بنابراین بهره‌برداری صحیح از منابع موجود و توسعه پایدار مناطق نفت خیز جنوب کشور به ویژه بندر ماهشهر، سیاستگذاران پتروشیمی را بر آن داشته که استراتژی بلند مدت مناسبی را جهت حفاظت از محیط‌زیست این منطقه اتخاذ نمایند و در این راستا مدل‌سازی آلودگی هوای منطقه می‌تواند به‌عنوان ابزاری قدرتمند در اختیار این مسئولان قرار گیرد و موجبات درک بهتر از نحوه پخش و رفتار آلاینده‌ها را فراهم سازد. همچنین با وجود یک مدل رایانه‌ای کارآمد می‌توان خطرات زیست‌محیطی ناشی از آلاینده‌های هوا را قبل از وقوع شرایط بحرانی مورد بررسی دقیق و علمی قرار داد.

با توجه به مسائل ذکر شده در مورد کیفیت هوای منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی و امکان بروز معضلات زیست‌محیطی و تهدید سلامتی ساکنین منطقه و همچنین لزوم رعایت محدودیتهای قانونی و استانداردهای زیست‌محیطی داخلی و جهانی در زمینه انتشار آلاینده‌ها؛ رایانه مدل رایانه‌ای کیفیت هوای منطقه مورد نیاز می‌باشد. به این منظور در این پایان‌نامه مراحل زیر انجام شده است:

۱- تهیه فهرست انتشار آلاینده‌ها^۱ در محدوده مورد مطالعه

^۱ Emissions Inventory

۲- محاسبه عمق اختلاط^۱ در منطقه مورد مطالعه

۳- ارایه مدل جعبه‌ای^۲ جهت مدل‌سازی پخش آلاینده‌های هوای منطقه مورد مطالعه

۲-۱- روش و نحوه انجام تحقیق

در تدوین این پایان‌نامه سعی شده‌است، مراحل انجام تحقیق در فصل‌بندی منعکس گردد. پس از فصل جاری، در فصل دوم ابتدا مفاهیم مورد استفاده در انجام پایان‌نامه از جمله مفهوم آلودگی، انواع آلاینده‌ها و استانداردهای موجود در زمینه آلودگی هوا بیان شده‌است. سپس هواشناسی آلودگی هوا مورد بحث و بررسی قرار گرفت که به این منظور مفاهیم اساسی مورد استفاده از جمله لایه‌بندی جو، آهنگ گذر، پایداری و ناپایداری جو و مفهوم وارونگی و عمق اختلاط بیان گردید. در انتهای این فصل انواع روشهای مدل‌سازی آلودگی هوا معرفی شده و ویژگی‌های روشهای مختلف مدل‌سازی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین انواع روشهای مدل‌سازی بر اساس نظریه جعبه‌ای مرور شده و موارد مشابه استفاده شده در پژوهش‌های دیگر بررسی گردید.

در فصل سوم به ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه پرداخته شده‌است. مواردی از جمله موقعیت جغرافیایی منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی ماهشهر، وضعیت اقلیمی، رطوبت نسبی، زاویه تابش خورشید و جهت وزش باد بررسی شده‌است. در ادامه فصل وضعیت صنایع پتروشیمی مستقر در سایتهای پنج‌گانه منطقه مورد بررسی قرار گرفته‌است. در ادامه به بررسی وضعیت و میزان انتشار آلاینده‌های هوا در منطقه پرداخته شده و به این منظور تعداد و محل استقرار دودکش‌های منطقه مورد مطالعه قرار گرفت و در نهایت فهرست انتشار آلاینده‌های هوا در هر مجتمع و کل منطقه نیز تهیه شده و ارایه گردید. در انتهای فصل نیز اطلاعات مربوط به جو بالای منطقه جمع‌آوری شده و میزان حداکثر عمق اختلاط روزانه، ماهانه و سالیانه در منطقه محاسبه شد.

در فصل چهارم معادلات مورد استفاده در مدل جعبه‌ای انتخابی برای این پژوهش مطرح شده و تغییرات اعمال شده در معادلات اصلی نیز اعمال گردید. سپس با استفاده از داده‌های ورودی از جمله عمق اختلاط، پروفیل سرعت باد و میزان انتشار آلاینده‌های مختلف؛ آلودگی هوای منطقه مدل‌سازی شده و نتایج حاصله مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

در فصل پنجم به جمع‌بندی نتایج پژوهش پرداخته شده و در نهایت مواردی نیز جهت انجام پژوهش‌های مشابه آتی پیشنهاد گردید.

^۱ Mixing Depth
^۲ Box Model

فصل دوم

مدل سازی پراکنش آلاینده‌های هوا

۲-۱- مقدمه

هوا از جمله عناصر ضروری برای ادامه حیات است. مقایسه میزان مصرف آب، غذا و هوا نشان می‌دهد که یک فرد بالغ روزانه با مصرف ۲ لیتر آب و ۱/۵ کیلوگرم غذا می‌تواند به زندگی ادامه دهد اما برای تداوم زندگی تقریباً به ۱۵ تا ۲۲ کیلوگرم هوا نیاز دارد. معمولاً انسان به مدت چند هفته بدون غذا و چند روز بدون آب زنده می‌ماند اما بدون هوا زندگی فقط ۵ دقیقه تداوم خواهد داشت بنابراین مقایسه میزان نیازمندی انسان به این سه عامل حیاتی نشان می‌دهد که میزان نیاز انسان به هوا ۱۰ برابر نیاز او به آب و غذاست. با توجه به این امر بایستی آلودگی هوا را به‌صورت جدی دنبال نموده و به‌عنوان یک امر ضروری مورد توجه و بررسی قرار داد.

هر چند اولین آلاینده‌های هوا نظیر گازهای متصاعد شده از باتلاقها و گرد و غبار ناشی از طوفانها منشاء طبیعی داشته‌اند اما بررسی روند تغییرات کمیت و کیفیت آلاینده‌های هوا نشان می‌دهد که به‌جز موارد بسیار حاد نظیر فعالیت آتش‌فشانها، آلودگیهای حاصله از منابع طبیعی مشکلات جدی را برای محیط زیست و سلامت انسانها ایجاد نمی‌کنند اما آلاینده‌های حاصل از فعالیتهای انسان آلودگی هوا را چنان تشدید نموده است که با ادامه روند فعلی ممکن است در آینده زندگی برای خود انسان و سایر موجودات زنده غیر ممکن شود. با توجه به مسائل فعلی و روند گسترش صنایع و افزایش فعالیتهای آلوده‌کننده جو، شناخت آلاینده‌های هوا و بررسی اقدامات لازم به‌منظور کنترل و کاهش آنها امری لازم و ضروری است.

۲- آلاینده های ثانویه: آلاینده هایی هستند که مستقیماً از منابع انتشار آلودگی منتشر نمی شوند بلکه به واسطه واکنشهای مختلف آلاینده های اولیه در جو

تشکیل می شوند. آلاینده های نظیر ازن، پراکسی استیل نیترات، اسید سولفوریک و اسید نیتریک از این دسته محسوب می شوند.

۲-۴- منابع آلودگی هوا

منابع آلودگی هوا به دو دسته منابع طبیعی^۱ و منابع غیر طبیعی^۲ تقسیم می شوند. منظور از آلودگی منابع غیر طبیعی، آلودگی ناشی از فعالیتهای انسان و منظور از آلودگی منابع طبیعی، آلودگی ناشی از فرآیندهای طبیعی کره زمین است.

مهمترین منابع آلودگی غیر طبیعی عبارتند از [۳]:

تولید انرژی از سوختهای فسیلی: که این امر باعث تولید CO ، CO_2 ، NO_x ، SO_2 ، $VOCs$ ، ذرات معلق و فلزات سنگین و انتشار آنها در جو می شود.

فعالیت های صنعتی: فعالیتهایی نظیر استخراج معادن، تصفیه آب و فاضلاب، صنایع بوگیری و بودهی، صنایع کاغذسازی، صنایع نفت و پتروشیمی، صنایع الکترونیکی، صنایع غذایی و دیگر صنایع موجب تولید اکثر گازهای آلاینده و ذرات معلق می شوند.

حمل و نقل: حرکت خودروها، اتوبوسها، کامیونها، هواپیما و کشتیها موجب تولید و انتشار آلاینده هایی از قبیل CO ، CO_2 ، NO_x ، SO_2 ، HC و $VOCs$ می شود.

انتشارات فرآیندی: ناشی از گرمایش خانه ها، ادارات، مراکز تجاری و سایر مراکز است که باعث تولید CO ، CO_2 و NO_x می گردد.

پسماندها و زباله ها: پسماندهای شهری، بیمارستانی، تجاری و صنعتی تولیدکننده CO ، CO_2 ، CH_4 ، H_2S و NH_3 هستند.

فعالیت های عمرانی و کشاورزی: فعالیتهایی نظیر حفاری، رنگ کاری، ساخت و ساز، کشت محصولات مختلف کشاورزی، استفاده از کودهای شیمیایی و مواردی از این دست موجب انتشار CO ، CO_2 ، NO_x ، $VOCs$ ، ذرات معلق و گرد و غبار می شود.

همچنین از مهمترین منابع آلودگی طبیعی نیز می توان به موارد زیر اشاره کرد [۳]:

^۱ Anthropogenic Sources

^۲ Geopogenic Sources

فرسایش باد: که باعث تولید SiO_2 ، فلزات سنگین و گرد و غبار و انتشار آنها در جو می شود.

آتش فشانها: موجب انتشار CO_2 ، SO_2 ، H_2S و گرد و غبار در جو می شوند.

فرآیندهای میکروبیولوژیک خاک: سبب تولید و انتشار NO ، H_2S ، CH_4 و NH_3 می شوند.

فساد و تجزیه جانوران و گیاهان: باعث انتشار H_2S ، CH_4 و NH_3 می شود.

رعد و برق: باعث تبدیل مقدار زیادی از NO و NO_2 موجود در جو به ازن می شود.

۲-۵- آلاینده های معیار

به منظور شناخت آلاینده های هوا باید آلاینده های معیار یا اصلی^۱ را شناخت زیرا این آلاینده ها علاوه بر اثرات مخربی که خود بر محیط زیست دارند، موجب تشکیل آلاینده های ثانویه نیز می گردند لذا در ادامه به بررسی اجمالی این آلاینده ها پرداخته می شود.

۲-۵-۱- منواکسید کربن

منواکسید کربن (CO) گازی است بی رنگ، بی بو و بی مزه که از فراوانترین آلاینده های اصلی در جو است. منواکسید کربن حاصل احتراق ناقص سوخته های فسیلی است که سبب می شود به جای CO_2 گاز CO تولید شود. احتراق ناقص بیشتر در منابع متحرک رخ می دهد و منابع آلاینده ساکنی مانند نیروگاه ها به رغم استفاده از حدود ۳۰ درصد سوخته های فسیلی جهان تنها نیم درصد از کل منواکسید کربن موجود در جو را تولید می کنند همچنین مطالعات اخیر محققین نشان می دهد که در حدود ۶۰ درصد منواکسید کربن منتشر شده در جو توسط وسایل نقلیه موتوری ایجاد شده است [۲].

منواکسید کربن در صورت ورود به بدن انسان با هموگلوبین خون ترکیب شده و تولید کربوکسی هموگلوبین (COHb) می نماید که توانایی اکسیژن رسانی خون را کاهش می دهد و در صورت تشدید می تواند روی عملکرد مغز و قلب اثرات مخربی بر جای بگذارد. وجود ۱۰ درصد کربوکسی هموگلوبین در خون موجب سردرد و سرگیجه شده و افزایش این مقدار به ۵۰ درصد می تواند سبب مرگ انسان شود [۱].

۲-۵-۲- اکسیدهای نیتروژن

مجموعه اکسیدهای نیتروژن موسوم به NO_x شامل ترکیباتی چون NO ، NO_2 ، NO_3 ، N_2O_3 ، N_2O_4 و N_2O_5 می باشد که در مطالعه آلودگی هوا مجموع مقادیر گازهای NO و NO_2 مورد بررسی قرار می گیرد. تولید NO_x به دو روش عمده صورت می پذیرد که شامل وجود ازن در هوای درون

^۱ Criteria Pollutants

محفظه احتراق^۱ و وجود ازن در ترکیب سوخت^۲ است که ازن موجود در سوخت نقش بیشتری در تولید و انتشار NO_x دارد [۲].

NO_x گازی است با رنگ قرمز مایل به قهوه ای که در غلظتهای کم زرد رنگ است. تماس با غلظتهای بیش از ۵ ppm این گاز برای مدت ۱۵ دقیقه منجر به سرفه و تحریک سیستم تنفسی شده و تماس مداوم با این گاز ممکن است باعث تجمع مایع در ریه ها (ادم ریوی) شود. NO نیز گازی است بی رنگ که قسمت عمده ای از NO_x را در جو به خود اختصاص می دهد که پس از اکسید شدن به NO_۲ تبدیل شده و مطابق واکنشهای زیر می تواند زمینه ساز وقوع پدیده های مخربی چون باران اسیدی و مه دود فتوشیمیایی^۳ شود:



در واکنشهای فوق HO[•] رادیکال آزاد هیدروکسیل و HC هیدروکربنهای موجود در جو بوده که مطابق واکنشهای مذکور منجر به ایجاد مه دود فتوشیمیایی ازن و تولید اسید نیتریک و بارش باران اسیدی می گردند [۲].

۲-۵-۳- اکسیدهای گوگرد

مجموعه اکسیدهای گوگرد موسوم به SO_x شامل ترکیباتی چون SO_۲، SO_۳، SO_۴ و سایر ترکیبات گوگرد در جو است که می تواند به صورت آلاینده های اولیه و ثانویه در جو حضور داشته باشند. بیش از ۸۰ درصد انتشار SO_x ناشی از احتراق سوخته های فسیلی حاوی گوگرد در منابع ساکن نام برد. از منابع غیراحتراقی SO_x می توان فرآیندهای تولیدی در پالایشگاهها، ذوب مس و کارخانه سیمان را نام برد. گاز SO_۲ یکی از خطرناک ترین اکسیدهای گوگرد است که باعث عوارض مخرب زیست محیطی فراوانی می گردد. این گاز از احتراق سوخته های فسیلی حاوی گوگرد و اکسیداسیون H_۲S ایجاد شده و واکنشهای زیر را در جو انجام می دهد [۲]:



مولکول اسید سولفوریک یکی از منابع اصلی تشکیل بارانهای اسیدی است که باعث عوارضی چون تغییر pH خاک، تخریب گیاهان، خوردگی فلزات و از بین بردن رنگها می شود. ترکیب ذرات معلق و SO_x از مهم ترین نوع آلاینده های سمی هستند که باعث آسیب شدید مجراهای تنفسی

^۱ Thermal NO_x

^۲ Fuel NO_x

^۳ Photochemical SMOG

می شوند. همچنین این ترکیبات با نفوذ به قسمتهای تحتانی ریه باعث اختلالات شدید تنفسی و افزایش ضربان قلب می شوند [۳].

۲-۵-۴- سرب

منابع طبیعی انتشار سرب در جو شامل فعالیتهای آتشفشانی و پراکنده شدن خاک در هوا می باشد. منابع انسانی انتشار سرب در جو شامل صنایع ذوب فلزات و سوزاندن مواد زائد جامد بوده اما عمده ترین منبع انتشار سرب در جو زمین وجود تترا اتیل سرب در بنزین بوده است. این ماده به منظور افزایش توان ضدکوبش موتور به بنزین افزوده می شد اما احتراق آن همراه سوخت باعث تخلیه و انتشار ۷۰ تا ۸۰ درصد سرب موجود در آن به جو می گردید [۲].

ذرات کوچک سرب موجود در جو در اثر تبخیر یا تغلیظ به هم چسبیده و ذرات بزرگتری را تشکیل می دهند و هنگامی که قطر این ذرات به چند میکرون برسد ته نشین شده و یا به وسیله باران شسته شده و از جو حذف می گردند. سرب یک سم تجمعی است که در حدود ۲۰ تا ۵۰ درصد سربی که از طریق هوا وارد ریه انسان می شود، جذب می گردد. علائم مسمومیت ناشی از سرب در انسان شامل خستگی، زود رنجی، سر درد و زرد شدن رنگ بدن است. در صورتی که میزان سرب در ۱۰۰ گرم خون بیش از ۸۰ میکروگرم باشد منجر به گرفتگی عضلات معده و اختلالات گوارشی شده و اگر میزان سرب به بیش از ۱۲۰ میکروگرم در ۱۰۰ گرم خون برسد ممکن است باعث آسیب مغزی حاد (آنسفالوپاتی) شود. تماس طولانی مدت با غلظتهای بالای سرب می تواند سبب تشنج، ایست قلبی، کما و یا مرگ انسان گردد [۱].

۲-۵-۵- ذرات معلق

به هر جزء پراکنده اعم از جامد، مایع یا گاز که بزرگتر از یک مولکول با قطر $2/000$ میکرومتر و کوچکتر از 500 میکرومتر باشد، ذره گفته می شود. ذراتی که قطر آنها از $1/0$ تا 10 میکرومتر باشد به عنوان PM_{10} و ذراتی با قطر $1/0$ تا $2/5$ میکرومتر به عنوان $PM_{2.5}$ شناخته می شوند. اصلی ترین اثر بهداشتی ذرات معلق متوجه دستگاه تنفسی انسان است همچنین این مواد با شرکت در واکنشهای شیمیایی با دیگر آلاینده ها می توانند باعث تولید آلاینده های ثانویه و دیگر سموم شوند. ذرات معلق را بر اساس حالت آنها به گروههای زیر طبقه بندی می کنند [۵]:

- آئروسول^۱: یک اصطلاح کلی است که برای حضور ذرات میکروسکوپی جامد یا مایع در محیط گاز نظیر جو استفاده می شود. دود و مه را می توان جزء این گروه طبقه بندی کرد.
- غبار^۲: ذرات جامدی که از خرد شدن اجسام بزرگ در اثر عملیات فیزیکی نظیر خرد کردن، سایش و رنده کردن تولید می شود. این ذرات معمولاً از کلوئیدها بزرگتر بوده و می توانند در هوا معلق بمانند و یا در اثر وزن خود رسوب کنند. ذرات غبار تمایلی به چسبندگی ندارند اما تحت تاثیر نیروی الکتریسته ساکن قرار می گیرند.

^۱ Aerosol
^۲ Dust

- فیوم^۱: ذرات ریز جامدی هستند که از نظر اندازه بین ۰/۳ تا ۰/۳ میکرومتر متغیر هستند. این ذرات در اثر تراکم و تقطیر حالت گازی و معمولاً بعد از تبخیر مواد مذاب نظیر فلزات تولید می شوند. فیوم ها همدیگر را جذب کرده و پس از ایجاد لخته ته نشین می شوند.
- مه^۲: به ذرات قابل رؤیت که در حالت پراکنده به صورت مایع هستند مه گفته می شود. پراکندگی این ذرات باعث کاهش قابلیت دید می شود.
- میست^۳: به ذرات بزرگ پراکنده مایع با غلظت کم اطلاق می شود. این ذرات در واقع قطرات آب با تراکم کم و قابلیت ته نشینی هستند.
- دود^۴ و دوده^۵: این مواد حاصل اجتماع ذرات کربن اشباع شده با مواد قیری هستند که در اثر احتراق ناقص مواد کربنی حاصل می شوند. اندازه این ذرات ممکن است از ۱ تا ۱۰ میکرون متغیر باشد.

۲-۵-۶- ازن و اکسیدانهای فتوشیمیایی

اکسیدانهای فتوشیمیایی شامل پروکسی استیل نیترات (PAN)، آکرولئین ها، آلدیدها، پروکسی بنزوئیل نیترات (PBZN)، اکسیدهای نیتروژن و ازن می باشد که ازن نقش اکسنده اصلی را دارد و به همین دلیل به عنوان شاخص سنجش کل مقدار اکسیدانها کاربرد دارد. در صورتیکه غلظت اکسیدانها بیش از ۰/۱ ppm باشد باعث تحریک و خارش چشم و در غلظت ۰/۳ ppm باعث تحریک مخاط بینی، سرفه، درد قفسه سینه و ناراحتیهای تنفسی می شوند [۱].

۲-۶- استاندارد کیفیت هوا

استانداردهای آلودگی هوای باز به دو دسته استانداردهای اولیه و استانداردهای ثانویه تقسیم می شوند. استانداردهای اولیه برای حفاظت از سلامتی افراد جامعه به ویژه حساس ترین آنها از جمله کودکان و سالمندان طراحی شده است. استانداردهای ثانویه برای حفاظت از سایر موجودات زنده شامل جانوران و گیاهان و ابنیه تاریخی ارایه شده اند و نسبت به استانداردهای اولیه نیز سخت تر هستند زیرا جانوران و گیاهان بر خلاف انسان توانایی پالایش هوا و محافظت از خود در برابر آلودگی هوا را ندارند. در جدول زیر استاندارد کیفیت هوای باز که توسط سازمان بهداشت جهانی تهیه شده است، ارایه می شود [۵]:

^۱ Fume
^۲ Fog
^۳ Mist
^۴ Smoke
^۵ Soot

جدول ۲-۳: مقادیر استاندارد سازمان بهداشت جهانی برای آلودگی هوای باز [۵]

آلاینده	میانگین دوره زمانی	استاندارد اولیه $\mu\text{g}/\text{m}^3$	استاندارد ثانویه $\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO	۸ ساعته	۱۰۰۰۰	ندارد
	۱ ساعته	۴۰۰۰۰	ندارد
NO _۲	سالانه	۱۰۰	۱۰۰
	روزانه	ندارد	ندارد
O _۳	۱ ساعته	۲۳۵	۲۳۵
SO _۲	سالانه	۸۰	ندارد
	روزانه	۳۶۵	ندارد
	۳ ساعته	ندارد	۱۳۱۰
PM _{۱۰}	سالانه	۵۰	۵۰
	روزانه	۱۵۰	۱۵۰
PM _{۲٫۵}	سالانه	۱۵	۱۵
	روزانه	۶۵	۶۵
Pb	۳ ماهه	۱٫۵	۱٫۵

در ایران قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا در تاریخ ۱۳۷۴/۲/۳ در ۴ فصل و ۲۷ ماده به تصویب رسیده است. در فصول اصلی این قانون به کلیات، وسایل نقلیه موتوری، کارخانجات و کارگاهها و نیروگاهها و در آخر به منابع تجاری، خانگی و منابع متفرقه پرداخته شده است. مطابق ماده ۱۵ فصل سوم این قانون سازمان حفاظت محیط زیست استانداردهایی را برای میزان آلودگی گازهای خروجی انواع صنایع وضع نموده که در قالب استانداردها و ضوابط زیست محیطی توسط این سازمان ارائه شد که در جداول ۲-۴ و ۲-۵ به این استانداردها اشاره می شود:

جدول ۲-۴: استاندارد خروجی از نیروگاهها

صنایع آلاینده	استاندارد گازها			استاندارد ذرات			درصد تیرگی	
	نوع گاز	درجه ۱	درجه ۲	واحد	درجه ۱	درجه ۲	واحد	درجه ۱
نیروگاهها	SO _۲	۸۰۰	۸۰۰	ppm	۱۵۰	۳۵۰	mg/m ^۳	۲۰
	CO	۱۵۰	۱۵۰	ppm	-	-	mg/m ^۳	-
	NOx	۳۵۰	۳۵۰	ppm	-	-	mg/m ^۳	-

جدول ۲-۵: استانداردهای خروجی از کارخانجات و کارگاههای صنعتی
(موضوع ماده ۱۵ قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا مصوب ۷۴/۲/۳ مجلس شورای اسلامی)

ملاحظات	درصد تیرگی		استاندارد ذرات			استاندارد گازها				صنایع آلاینده	نوع واحد
	درجه ۲	درجه ۱	واحد	درجه ۲*	درجه ۱*	واحد	درجه ۲*	درجه ۱*	نوع		
۲	-	-	-	-	-	mg/g _a	۳۰۰	۱۰۰	HCl	تهیه کلروفریک	کارخانه تهیه کلروفریک
۲۱	-	۲۰	mg/m _۳	۲۵۰	۱۰۰	ppm	۸۰۰	۸۰۰	SO _۲	هر روند تولیدی	سایر واحدهای صنعتی
۲۱	-	۲۰		۲۵۰	۱۰۰	mg/g _a	۲۵	۱۰	H _۲ S		
۲۱	-	۲۰		۲۵۰	۱۰۰	mg/m _۳	۵۰۰	۳۵۰	CO		
۲۱	-	۲۰		۲۵۰	۱۰۰	mg/m _۳	۲۵	۱۰	F _۲		

* استانداردهای درجه یک در مورد کارخانه ها و کارگاه های جدید و همچنین کارخانه ها و کارگاه های موجود که محل آنها با ضوابط استقرار موضوع ماده ۱۲ قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا مصوب ۱۳۷۴/۲/۳ مغایرت داشته باشد اعمال می شود. استانداردهای درجه دو برای کارخانه ها و کارگاه های موجود که محل آنها با ضوابط استقرار فوق الذکر مغایرتی ندارد، ملاک عمل خواهد بود.

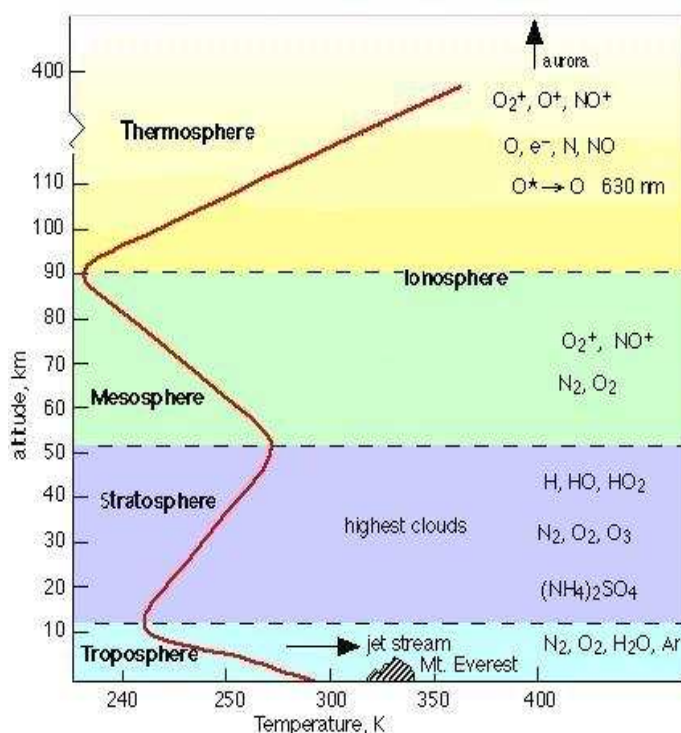
۲-۷- هواشناسی آلودگی هوا

شرایط جوی یکی از مهمترین و اصلی‌ترین عوامل موثر در نحوه پخش آلاینده‌های هوا در یک منطقه هستند. پدیده‌های هواشناسی از قبیل سرعت باد، جهت وزش باد، پوشش ابرها، میزان تابش خورشید و رطوبت هوا از جمله پارامترهایی هستند که بدون لحاظ آنها بررسی آلودگی هوا بی‌مفهوم خواهد بود. با توجه به تأثیر بسزایی که این پارامترها در پخش آلاینده‌ها در جو دارند، مدل‌سازی آلودگی هوا به میزان قابل توجهی متأثر از این پارامترهاست و اگر در امر مدل‌سازی آلودگی هوا شاخصهای هواشناسی بدرستی اندازه‌گیری و بررسی نشوند فرآیند مدل‌سازی با اشتباهات بسیار فاحشی همراه خواهد بود.

به‌منظور تهیه و توسعه یک مدل آلودگی هوا و افزایش دقت آن لازم است که شاخصهای هواشناسی بیشتری در نظر گرفته شده و اندازه‌گیری‌ها با دقت بیشتری انجام شوند و با توجه به این امر در مدل‌سازی آلودگی هوا برای هر یک از انواع مدل‌های مورد استفاده، تعداد خاصی از پارامترهای هواشناسی مورد نیاز خواهد بود. در ادامه این بخش سعی می‌شود که پارامترهای هواشناسی اصلی که در امر مدل‌سازی آلودگی هوا تاثیرات فراوانی دارند به اختصار معرفی شوند.

۲-۸- لایه‌های جو

شناخت ترکیب و لایه‌های جو دارای اهمیت قابل توجهی در درک معضل آلودگی هوا و کنترل این پدیده می‌باشد. جو زمین از ۴ لایه تشکیل شده و تا حدود ۱۰۰۰ کیلومتر به‌صورت عمودی بالای سطح زمین گسترش یافته است. مهمترین عامل لایه‌بندی جو کره زمین اختلاف دمای موجود در لایه‌های موجود در جو است. لایه‌های مختلف جو از طریق تغییرات دمایی در ارتفاعات مختلف از هم تفکیک شده‌اند. این لایه‌ها را می‌توان مطابق شکل ۲-۱ به‌صورت زیر تقسیم نمود [۵]:



شکل ۲-۱: لایه های جو [۵]

۲-۸-۱- وردسپهر

وردسپهر^۱ نزدیکترین لایه به سطح زمین بوده و ارتفاع آن از ۹ کیلومتر در قطب ها تا ۱۶ کیلومتر در خط استوا تغییر می کند. این تغییر ارتفاع به دلیل جذب انرژی خورشیدی بیشتر در نواحی استوایی و صعود توده های هوا و نزول توده های هوا در قطب ها به دلیل برودت هوا می باشد لذا ارتفاع متوسط این لایه در حدود ۱۲ کیلومتر فرض می شود. در حدود ۸۰ درصد اکسیژن هوا در وردسپهر قرار گرفته و تقریباً تمام آلاینده هایی که از منابع نزدیک سطح زمین انتشار می یابند در وردسپهر پخش می شوند [۲].

سطح فوقانی وردسپهر را وردایست^۲ می نامند. دمای وردایست در حدود ۲۲۰ درجه کلوین یا ۵۳- درجه سلسیوس است که سبب می شود تا آب موجود در جو زمین از آن خارج نشده و مقدار آب موجود در جو ثابت باقی بماند [۶].

۲-۸-۲- آرامسپهر

آرامسپهر^۳ لایه فوقانی وردسپهر بوده و تا ارتفاع ۵۰ کیلومتری سطح زمین ادامه دارد و مهمترین ویژگی این لایه وجود لایه ازن در آن است. دما در بخش تحتانی آرامسپهر (حدود ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر ابتدایی) تقریباً ثابت است اما بعد از این بخش با افزایش ارتفاع در آرامسپهر دما افزایش یافته و با

^۱ Troposphere

^۲ Tropopause

^۳ Stratosphere