

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده منابع طبیعی

مدلسازی پراکنش آلودگی هوای کارخانه ذوب مس خاتون آباد

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی - آلودگی های محیط زیست

علی اکبریان

استاد راهنما

دکتر حسین مرادی



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده منابع طبیعی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی منابع طبیعی - آلودگی‌های محیط‌زیست آقای علی

اکبریان

تحت عنوان

مدلسازی پراکنش آلودگی هوای کارخانه ذوب مس خاتون آباد

در تاریخ ۹۳/۰۱/۲۴ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

دکتر حسین مرادی

۱- استاد راهنمای پایان نامه

مهندس حسین مددی

۲- استاد مشاور پایان نامه

دکتر نورا.. میرغفاری

۳- استاد داور

دکتر هستی هاشمی نژاد

۴- استاد داور

دکتر محمدرضا وهابی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

تشکر و قدردانی:

سپاس خدایم را که سخوران، دستوران او بماند و شمارندگان، شمردهن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزارش ندهند. بدون شک جایگاه و منزلت استاد آمل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی سائبه ی او، بازبان قاصود دست ناتوان، چیزی بخاریم.

اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تائید می کند و سلامت امانت دینی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یسکر المنعم من المخلوقین لم یسکر الله عزوجل": از برادره و خواهرهای عزیزم که همواره بر کوتاهی و درستی من، قلم عنو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاور بی چشم داشت برای من بوده اند؛ از استاد با کالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر حسین مرادی که در کمال سه صدر با حسن خلق و فروتنی، از پیچگی در این عرصه بر من دریغ نمودند و زحمت راهنمایی این پیمان نامه را بر عهده گرفتند؛ از استاد صبور و بزرگوار، جناب آقای مهندس حسین مددی، که زحمت مشاوره این پیمان نامه را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛ و از استادان فرزانه و دلسوز؛ جناب آقای دکتر نور...
میرغفاری و خانم دکتر هستی هاشمی نژاد که زحمت داورسی این پیمان نامه را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم و در پیمان با سپاس بی دریغ خدمت دوستان گران باده ام که مرا صمیمانه و مشتاقانه یاری داده اند.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را پاس گوید.

کلیه‌ی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوع‌آوری‌های ناشی از تحقیق موضوع
این پایان‌نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی
اصفهان است.

تقدیم به:

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست مطالب	هشت
چکیده	۱
فصل اول: مقدمه	۲
۱-۱- ضرورت و اهمیت تحقیق	۲
۲-۱- اهداف تحقیق	۴
فصل دوم: کلیات	۵
۱-۲- ماهیت آلودگی هوا	۶
۲-۲- قوانین و مقررات آلودگی هوا	۷
۱-۲-۲- قانون کنترل آلودگی هوا	۷
۲-۲-۲- استانداردهای جهانی	۸
۳-۲-۲- قوانین و استانداردهای ایران	۹
۳-۲- آلاینده‌های هوا	۱۰
۴-۲- عناصر آلاینده	۱۰
۱-۴-۲- آلاینده‌های گازی اولیه	۱۰
۲-۴-۲- آلاینده‌های ثانویه گازی	۱۱
۵-۲- اهمیت هواشناسی	۱۶
۶-۲- آلودگی هوا و هواشناسی	۱۶
۱-۶-۲- جهت باد	۱۶
۲-۶-۲- سرعت باد	۱۷
۳-۶-۲- پایداری جو	۱۷
۴-۶-۲- رطوبت نسبی	۱۸
۵-۶-۲- دما	۱۸
۶-۶-۲- تابش خورشید	۱۹
۷-۲- شبیه سازی آلودگی هوا	۱۹
۱-۷-۲- چرا مدلینگ کیفیت هوا باید انجام گیرد؟	۲۰
۲-۷-۲- انتخاب مدل (انتشاری) مناسب	۲۱
۳-۷-۲- مدل‌های توده گوسین	۲۱
۴-۷-۲- ضریب پراکنش گوس	۲۵

۲۶	.....۵-۷-۲- خصوصیات کلی مدل‌های توده گوسین
۲۶	.....۶-۷-۲- محدودیتهای مدل توده گوسین
۲۷	.....۷-۷-۲- مدل‌های انتشاری پیشرفته
۲۸	.....۸-۷-۲- مقایسه هزینه‌ها در مدل‌های پیشرفته و مدل توده گوسین
۲۹	.....۸-۲- مدل‌های بازبینی شده جدید
۲۹	.....۱-۸-۲- نرم افزار AERMOD
۳۲	.....۲-۸-۲- مدل CALPUFF
۳۳	.....۳-۸-۲- مدل ISC-PRIME
۳۵	.....۹-۲- مروری بر سابقه‌ی پژوهش
۳۵	.....۱-۹-۲- سابقه‌ی پژوهش در ایران
۳۷	.....۲-۹-۲- سابقه پژوهش در جهان
۴۲	.....فصل سوم: مواد و روشها
۴۲	.....۱-۳- منطقه مورد مطالعه
۴۴	.....۲-۳- مدل‌سازی پراکنش آلاینده‌های SO_2 ، PM_{10} و NO_x با استفاده از نرم‌افزار AERMOD
۴۴	.....۱-۲-۳- ورودی‌های نرم‌افزار
۴۷	.....۳-۳- مراحل مدل‌سازی
۴۹	.....فصل چهارم: نتایج و بحث
۴۹	.....۱-۴- ارائه نتایج و مقایسه آن‌ها با استانداردها
۵۰	.....۲-۴- منحنی‌های هم‌تراز غلظت حاصل از شبیه‌سازی غلظت SO_2 ، NO_x و PM_{10}
۵۸	.....فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۵۸	.....۱-۵- نتیجه گیری
۵۹	.....۲-۵- اثر باد بر پراکنش آلاینده ها
۶۰	.....۳-۵- تحلیل نقشه تلفیقی
۶۱	.....۴-۵- پیشنهادها
۶۲	.....منابع

فهرست شکل‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۲۳	شکل ۱-۲ توزیع نرمال در توسعه جبهه دود به سمت پایین دست
۲۴	شکل ۲-۲ چگونگی پراکنش توده دود
۴۳	شکل ۱-۳ موقعیت کارخانه ذوب مس خاتون آباد در منطقه
۴۵	شکل ۲-۳ نمای کلی نرم‌افزار AERMOD
۴۶	شکل ۳-۳ نمای کلی AERMET
۴۷	شکل ۳-۴ نمای ورود داده‌های مربوط به منبع
۵۱	شکل ۱-۴ منحنی هم‌تراز غلظت پیش‌بینی شده ۸ ساعته SO_2
۵۱	شکل ۲-۴ منحنی هم‌تراز غلظت پیش‌بینی شده سالانه SO_2
۵۲	شکل ۳-۴ منحنی هم‌تراز غلظت پیش‌بینی شده ۸ ساعته NO_x
۵۳	شکل ۴-۴ منحنی هم‌تراز غلظت پیش‌بینی شده سالانه NO_x
۵۴	شکل ۵-۴ منحنی هم‌تراز غلظت پیش‌بینی شده ۸ ساعته PM_{10}
۵۵	شکل ۶-۴ منحنی هم‌تراز غلظت پیش‌بینی شده سالانه PM_{10}
۵۶	شکل ۷-۴ نمودار گلباد منطقه

فهرست جدول‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۸.....	جدول ۲-۲ معیارهای WHO برای ارزیابی آثار آلودگی هوا بر سلامت انسان.....
۹.....	جدول ۳-۲ استانداردهای هوای پاک.....
۹.....	جدول ۳-۲ استاندارد کیفیت هوا در ایران.....
۲۵.....	جدول ۱-۲ رده‌بندی پایداری جو.....
۵۰.....	جدول ۱-۴ غلظت‌های پیش‌بینی شده SO_2 ، NO_X ، PM_{10} بر حسب $\mu g/m^3$
۵۷.....	جدول ۲-۴ صنایع مختلف موجود در منطقه مورد مطالعه.....

چکیده

با صنعتی شدن جوامع، در بسیاری از کشورهای در حال توسعه غلظت آلاینده‌های اولیه و ثانویه در اتمسفر افزایش یافته و این امر مساله آلودگی هوا را تبدیل به معضل روبه رشد کرده است. امروزه توسعه فعالیتهای صنعتی و انتشار آلاینده‌های حاصل از آنها به دغدغه مهمی برای مردم و محیط زیست مبدل شده است. علاوه بر آلودگی‌هایی که از طریق احتراق سوخت به منظور تهیه انرژی برای گرداندن چرخ صنایع به هوا وارد می‌شود، مواد زائد و احيانا سمی تخلیه شده به هوا بوسیله صنایع مختلف بنوبه خود سهم بزرگی در افزایش آلودگی هوای اجتماعات بخصوص در مراکز صنعتی دارد. از جمله مهمترین ضرورت انجام این پروژه نزدیکی مناطق مسکونی و جمعیت‌های انسانی به این کارخانه می باشد و اثراتی که آلاینده‌های حاصل از فعالیتهای کارخانه روی جوامع انسانی منطقه میگذارد. همچنین وجود باغات کشاورزی، جنگلهای پسته کوهی و بادام کوهی موجود در منطقه ضرورت مطالعات زیست محیطی را افزایش میدهد. نرم افزار AERMOD، یکی از نرم افزارهای مورد تایید EPA می‌باشد که در دسته مدل‌های ارحج قرار دارد. در این پژوهش، پراکنش گازهای اکسیدهای نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد و ذرات معلق ناشی از دودکش‌های کارخانه ذوب مس خاتون آباد با استفاده از نرم‌افزار AERMOD ViewTM در منطقه‌ای به شعاع ۲۵ کیلومتر شبیه‌سازی شده است. در این مطالعه شبیه‌سازی برای بازه‌های زمانی ۱ساعته، ۳ساعته، ۸ساعته، ۲۴ساعته، ماهانه و سالیانه انجام شده است. غلظت‌های شبیه‌سازی شده با استانداردهای سازمان محیط‌زیست مقایسه شده است. نتایج نشان داد که بیشینه غلظت شبیه‌سازی شده برای دی‌اکسید گوگرد و ذرات معلق (PM₁₀) در تمام بازه‌ها بیشتر از حد استاندارد موجود است و غلظت‌های پیش‌بینی شده برای اکسیدهای نیتروژن در حد استانداردهای موجود است.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی آلودگی هوا، AERMOD، دی‌اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن، ذرات معلق

فصل اول

مقدمه

۱-۱- ضرورت و اهمیت تحقیق

۹۹/۹ درصد هوا از نیتروژن، اکسیژن، بخار آب، و گازهای بی‌اثر تشکیل شده است. فعالیتهای انسانی می‌تواند موادی را وارد هوا کند که بعضی از آنها می‌تواند مشکلاتی را برای انسانها، گیاهان و حیوانات بوجود آورد [9]. در گذر تاریخ، رابطه انسان با محیط زیست همواره به صورت تابعی از رفتار او با پیرامون طبیعی خود بوده است. این رفتار طی قرون متمادی اشکال گوناگونی به خود گرفته است. تجربه توسعه اقتصادی در کشورهای مختلف نشان داده است که همگام با روند افزایش جمعیت، تجمع اکثر مردم در یک درصد از سطح زمین، توقع استاندارد بالای زندگی بدون توجه به محیط زیست و بخصوص توسعه صنایع، کیفیت و کمیت منابع زیست محیطی تنزل یافته است. آلودگی هوا یکی از ابعاد آلودگیهای زیست محیطی را تشکیل می‌دهد که باعث افزایش بیمارهای قلبی، تنفسی، کاهش میزان دید، سوزش چشم و خسارت به گیاهان، حیوانات و اشیاء و در سطح جهانی، منجر به گرمایش جهانی، افت ازن استراتوسفری، باران اسیدی و غیره شده است. اگرچه در کشورهای توسعه یافته با استفاده از سرمایه گذاریها و فن آوری های نوین، پیشرفت زیادی در رابطه با کنترل آلودگیهای محلی (مانند آلودگی هوای شهرها) حاصل شده است، اما هنوز کشورهای در حال توسعه در این رابطه با چالش جدی مواجه می‌باشند [71,72].

از اثراتی که آلودگی هوا بر سلامتی دارد می‌توان از تغییرات کوچک بیوشیمیایی و فیزیولوژی تا مشکلات تنفسی باشد. عکس‌العمل‌های هر شخص به آلودگی‌ها بستگی به نوع آلودگی که آن شخص در معرض آن قرار گرفته و میزان قرارگیری در معرض آلودگی، وضعیت سلامتی و ژنتیکی او دارد. آلودگی هوا به وجود هر ماده‌ای در هوا که می‌تواند برای انسان یا محیط او مضر باشد اطلاق می‌شود. آلاینده‌ها که بالغ بر ۱۸۰ نوع هستند، ممکن است طبیعی یا ساخته دست بشر باشند. آلودگی هوا در دراز مدت می‌تواند برای انسان کشنده باشد [3,19]. این امر بیان‌کننده این مطلب است که چرا بایستی نگران آلودگی هوا و غلظت آلوده‌کننده‌های مختلف در آن باشیم. با صنعتی شدن جوامع، در

بسیاری از کشورهای در حال توسعه غلظت آلاینده‌های اولیه و ثانویه در اتمسفر افزایش یافته و این امر مساله آلودگی هوا را تبدیل به معضل روبه رشد کرده است. حوادث ناگوار بسیاری به دلیل آلودگی هوا و در اثر بهره‌کشی‌ها از محیط زیست اتفاق افتاده است که از آن جمله می‌توان به حادثه‌ی مکزیکوسیتی، حوادث سال‌های ۱۹۵۳، ۱۹۶۳ و ۱۹۶۶ شهر نیویورک و حوادث دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ لندن اشاره کرد. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، تخریب پیش رونده ای را در کیفیت هوا، به علت صنعتی شدن، شهرنشینی، عدم آگاهی، تعداد زیاد وسایل نقلیه موتوری و قوانین ناکارآمد محیط زیست، تجربه میکنند [19].

امروزه توسعه فعالیتهای صنعتی و انتشار آلاینده‌های حاصل از آنها به دغدغه مهمی برای مردم و محیط زیست مبدل شده است. علاوه بر آلودگی‌هایی که از طریق احتراق سوخت به منظور تهیه انرژی برای گرداندن چرخ صنایع به هوا وارد می‌شود، مواد زائد و احيانا سمی تخلیه شده به هوا بوسیله صنایع مختلف بنوبه خود سهم بزرگی در افزایش آلودگی هوای اجتماعات بخصوص در مراکز صنعتی دارد. مواد سمی که بوسیله صنایع مختلف به هوا وارد می‌شوند بسیار متعدد و گوناگون است و روز به روز با ورود مواد شیمیائی جدید به صنعت تعداد و انواع این مواد رو به افزایش است. کنفرانس متخصصین دولتی بهداشت صنعتی امریکا^۱ برای غلظت اکثریت این مواد آلوده کننده در هوای محیط صنایع حدودی تعیین نموده که با حروف اختصاری TLV^۲ ذکر می‌گردد ولی این ارقام مربوط به محیط داخل محوطه کارگاههای صنعتی بوده و با توجه به تماس کارگران، این مواد بمدت ۸ ساعت کار تعیین گردیده است، درحالیکه این استانداردها برای انسانها و سایر موجوداتی که در خارج از صنایع هستند تدوین نشده است. یکی از اتفاقاتی را که می‌توان در این مورد ذکر نمود واقعه اخیر شهر بوزاریکا در نزدیک مکزیکوسیتی است که در نتیجه تخلیه گاز هیدروژن سولفور به هوا بوسیله یکی از کارخانجات تعدادی از مردم تلف و یا بیمار شدند [1]. کارخانجات مس هم از این قاعده مستثنا نیستند و از جمله صنایع آلوده کننده و مهم کشور ایران محسوب میشوند. در حال حاضر ۳ مجتمع مس در کشور مشغول فعالیت هستند. مجتمع مس سرچشمه و شهرابک در کنار مجتمع مس سونگون بخش اعظمی از تولیدات مس کشور را برعهده دارند. در ارتباط با بحث آلاینده‌گی، طبیعی است که واحدهای مس به دلیل فعل و انفعالاتی که دارند یکسری آلاینده‌گی‌ها را از حیث تولید غبارهای سمی و معلق در هوا ایجاد می‌کنند که بخش اعظمی از آن به نوع تکنولوژی مورد استفاده در این کارخانه‌ها باز میگردد.

اکسیدهای نیتروژن (NO_x) و اکسیدهای گوگرد (SO_x) اثرات محیط‌زیستی بسیاری از خود برجای می‌گذارند که مهم‌ترین آنها نقش بارز این آلاینده‌ها در تشکیل باران‌های اسیدی می‌باشد. زمانی که اکسیدهای نیتروژن و سولفور با رطوبت اتمسفر ترکیب می‌شوند، اسید نیتریک و اسید سولفوریک ایجاد شده منجر به تشکیل باران اسیدی می‌شود. این باران علاوه بر تاثیری که بر ارگانسیم‌های موجود در خشکی دارد، ارگانسیم‌های موجود در زیست‌بوم‌های آبی را هم تحت تاثیر قرار می‌دهد [50,5,6].

¹- American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH)

²- Threshold Limit Values

داده‌های مورد استفاده در این پروژه و نرم افزار با هزینه کمی بدست می آیند که از این نظر توجیه اقتصادی دارد چرا که اعظم پروژه‌های زیست محیطی هزینه زیادی صرف جمع آوری داده‌ها و نمونه برداری ها میکنند. نقشه‌های پراکنش مواد آلاینده که با انجام این پروژه بدست می آیند میتوانند برای مطالعات بعدی مخصوصا برای مطالعات¹ GIS مورد استفاده قرار گیرند که این امر باعث کاهش هزینه‌های مطالعات بعدی کارخانه می‌شود. مدل‌سازی و شبیه‌سازی دو اصل مهم برای تمام رشته‌های مهندسی و علوم هستند. تحلیل سیستم‌های فیزیکی، درک بهتر عملکرد فرآیندها، طراحی سیستم‌های جدید مهندسی، تعیین نقص‌ها و تحلیل ساختار برای کنترل سیستم‌ها از جمله دلایل اصلی گسترش مدل‌سازی و روش‌های شبیه‌سازی است [62].

۱-۲- اهداف تحقیق

از جمله مهمترین ضرورت انجام این پروژه نزدیکی مناطق مسکونی و جمعیت‌های انسانی به این کارخانه می باشد و اثراتی که آلاینده‌های حاصل از فعالیتهای کارخانه روی جوامع انسانی منطقه میگذارد. همچنین وجود باغات کشاورزی، جنگلهای پسته کوهی، بادام کوهی و در مجموع اکوسیستم‌های طبیعی موجود در منطقه ضرورت مطالعات زیست محیطی را افزایش میدهد. یک مساله دیگری که ضرورت این مطالعه را باعث میشود، اقدام اخیر سازمان میراث فرهنگی در رابطه با ثبت جهانی روستای صخره ای میمند است که این روستا در چندین کیلومتری کارخانه قرار دارد. و اثراتی که آلاینده‌ها روی جمعیت روستا و جاذبه‌های توریستی این روستا در آینده میتواند داشته باشد و نگاه منفی ارزیابان یونسکو نسبت به وجود این کارخانه در نزدیکی روستا.

اهمیت این پروژه بیشتر از جهت آمادگی مدیران و متولیان برای جلوگیری و مدیریت آلاینده‌های حاصل از فعالیت کارخانه می باشد. این پروژه کمک می کند تا کنترل آلاینده‌های هوا با رویکرد مدیریت پیش بینی خطر و نه با مدیریت بحران انجام شود، به طوریکه بدون اجرای صحیح و مناسب این برنامه‌ها، اقدامات مدیریتی تنها به اقدامات پس از وقوع حوادث محدود شده و بالتبع اقدامات انجام شده با هزینه بیشتر زمانی و مالی و عدم همخوانی با اثرات ایراد شده همراه خواهد بود.

انجام این پروژه چندین هدف را دنبال میکند، شامل:

- ۱ - تهیه نقشه پراکنش آلاینده‌های ناشی از کارخانه ذوب مس خاتون آباد از جمله NO_x , SO_2 , PM_{10}
- ۲ - شناسایی جوامع انسانی تحت تاثیر آلاینده‌های ناشی از کارخانه ذوب مس خاتون آباد
- ۳ - شناسایی کاربری‌های اراضی^۲ و اکوسیستم‌های اطراف کارخانه تحت تاثیر آلاینده‌های ناشی از کارخانه ذوب مس خاتون آباد

¹- Geographic Information System

²- Land use

فصل دوم

کلیات

از زمان برپایی آتش، آلودگی هوا با انسان بوده است ولی در دوران‌های مختلف به جنبه‌های متفاوتی از آلودگی اهمیت داده شده است. در مقیاس کوچک آلودگی‌های محلی که اثراتی از مزاحمت‌های ساده تا بیماری‌های خطرناک و دیرعلاج را باعث می‌شوند مورد توجه می‌باشند و در حد جهانی مسائلی مثل تخریب لایه اوزن، باران‌های اسیدی و گرمایش زمین مورد توجه و بحث است. منشاء آلودگی‌های هوا در اوایل انقلاب صنعتی عمدتاً صنایع و سوخت زغال سنگ بوده است و در قرن بیستم و بیست و یکم مسئولیت آلودگی هوا در شهرها با حمل و نقل درون شهری می‌باشد. سوخت‌های فسیلی در حمل و نقل صنعت از یک طرف و فرآیندهای صنعتی با مصرف مواد خام و محصولات تولیدی از طرف دیگر از عوامل عمده آلودگی‌های دست ساز می‌باشند. در این گفتار مختصری از تاریخچه حوادث مهم آلودگی هوا، طبقه بندی، اثرات و استانداردهای آلاینده‌های مهم هوا مورد بحث قرار خواهند گرفت. تاریخچه و حوادث تاریخی آلودگی هوا در سال ۶۱ میلادی فیلسوف رومی به نام سنِکا^۱ در گزارشی از وضعیت رم می‌گوید: "وقتی من از هوای سنگین رم و بوهای بد دودکش‌ها که می‌چرخیدند و بخارات بیماری‌زا و دوده را به هوا می‌ریختند خارج شدم احساس تغییر در حالت خود نمودم" [1]. وقتی که آلودگی هوا در کاخ تاتبری^۲ در ناکینگ‌هام برای الینور همسر هنری دوم غیرقابل تحمل بود، تغییر مکان داد. ۱۶۰ سال بعد سوخت زغال سنگ در لندن ممنوع شد بطوری که در سال ۱۳۰۰ میلادی ادوارد اول فرمانی صادر کرد که در آن گفته شده است: "تمام کسانی که صدای مرا می‌شنوند آگاه باشند که اگر به علت سوزاندن زغال مقصر شناخته شوند سر خود را از دست خواهند داد" در سال ۱۶۶۱ جان اولین^۳ در بروشوری با

¹ - Seneca

² - Tutbury Castle

³ - John Evelyn

عنوان فومی فوجیوم^۱ که در سال ۱۷۷۲ منتشر شد راه حل‌هایی را برای کاهش آلودگی‌های هوا پیشنهاد کرد که بسیاری از آن‌ها هنوز کاربرد دارند[2]. مسائل و مشکلات آلودگی در دوران‌های انقلاب صنعتی، شروع قرن بیستم تا ۱۹۲۵ و از ۱۹۲۵ به بعد متفاوت بوده است. در دوره بعد از ۱۹۲۵ جهان شاهد چند حادثه مهم آلودگی هوا بوده است که جهت مثال و برای بیشتر روشن شدن موضوع به نمونه‌هایی از آن اشاره می‌شود.

۱- حادثه دره میوز بلژیک در روز اول دسامبر ۱۹۳۰ به علت وجود وارونگی هوا و تراکم آلاینده‌های خروجی از صنایع، اسید سولفوریک، شیشه سازی و تهیه روی، ۶۰ نفر انسان و تعداد زیادی گاو و گوسفند تلف شدند. البته حالت وارونگی حدود ۵ روز طول کشیده و بیشتر مرگ و میرها در روزهای چهارم و پنجم دسامبر گزارش شده است. غلظت SO₂ هوا طی روزهای فوق، تا ۳۸ قسمت در میلیون بوده است.

۲- دونورا پنسیلوانیا - آمریکا از ۳۱ اکتبر ۱۹۴۸ حالت پایدار برفراز شهر دونورا مستقر گردید و تراکم آلاینده‌ها که عمدتاً از صنایع فولاد ناشی می‌شد باعث بیماری ۶۰۰۰ نفر از جمعیت ۱۲ هزار نفری شهر شد که تعدادی هم بستری شدند. مرگ و میرها در این حادثه مشخص نشده است.

۳- مه - دود^۲ لندن ۵ تا ۹ دسامبر ۱۹۵۲ از معروفترین حوادث ناگوار آلودگی هوا است که طی آن روزها حدود ۴۰۰۰ نفر مرگ و میر به علت آلودگی هوا گزارش شده است. در این حادثه نیز که تراکم ذرات و انیدرید سولفور به علت پدیده وارونگی هوا افزایش یافته بود، مسوول مرگ و میرها شناخته شده است. در کلیه موارد فوق و سایر حوادث مشابه بیشتر قربانیان افراد مسن، بیماران ریوی و اطفال خردسال بوده اند [21,27].

شرط اول حفاظت از محیط زیست و جلوگیری از آلودگی‌های ناشی از فعالیت انسان، داشتن تعریف مشخص و شفاف از آلودگی است.

۲-۱- ماهیت آلودگی هوا^۳

ویلیامسون تعریف روشنی از این مساله را با تشریح تفاوت بین آلاینده و آلوده کننده ارائه داد. یک آلوده کننده به صورت "هر چیزی که به محیط زیست افزوده می‌شود و موجب انحراف از ترکیب میانگین ژئوشیمیایی می‌شود" تعریف گردیده و از سوی دیگر، یک آلاینده برای آنکه به این شکل بررسی شود، باید آلوده کننده ای باشد که اثر سوئی بر محیط زیست می‌گذارد [75]. روشن شده است که تمایز بین آلاینده‌ها و آلوده کننده‌ها مبتنی بر درک محدود ما از آثار سوء کوتاه و دراز مدت از هر ترکیب شیمیایی است. به علاوه این ارزشیابی با واکنشهای شیمیایی پیچیده می‌شود که می‌توانند آلوده کننده را به آلاینده تبدیل نمایند. بنابراین ما میتوانیم بگوییم هر آلوده کننده یک آلاینده بالقوه است و در بسیاری موارد این دو واژه مترادف هستند.

¹ - Famifugium

² - Smog

³ - Air pollution

انجمن مشترک مهندسين آلودگي هوا و کنترل آن¹ تعريف زير را براي آلودگي هوا بيان کرده اند. آلودگي هوا عبارت است از حضور يک يا بيش از يک آلاینده در هوای آزاد (به عنوان مثال گرد و خاک، دود غلیظ، گاز، ذرات مه، بوی نامطبوع، دود يا بخار) به مقدار کافي، با خواص مشخص و به طور متداوم که می تواند حیات انسان، گیاه يا جانوران يا اموال انسانی را به مخاطره اندازد و يا آنکه به نحو قابل ملاحظه ای در روند درست و مطلوب زندگی يا اموال انسانی، ایجاد اختلال نماید [19].

در تعريف کوتاه ديگري، آلودگي هوا را چنين بيان کرده اند: حضور مواد نامطلوب در هوا به مقداری که بتواند اثرات مضر ایجاد نماید [8]. آلودگي هوا در عبارتی ديگر اين گونه تعريف شده است: وجود هر نوع آلاینده اعم از جامد، مايع، گاز يا تشعشع پرتوزا و غيرپرتوزا در هوا به مقدار و در مدت زمانی که کیفیت زندگی را برای انسان و ديگر جانداران به خطر اندازد و يا به آثار باستانی و اموال، خسارت وارد آورد [53]. همچنين آلودگي هوا در تعريف ديگري اينگونه بيان ميشود: آلوده کننده های هوا شامل دود، بخار، کاغذ سوخته، گرد و غبار، دوده، فيوم های کربن، گازها، ميست ها، بوها، ذرات مواد راديو اکتیو، مواد شیمیایی زیان آور و يا هر ماده ديگري در هوای آزاد می باشد [71].

۲-۲- قوانین و مقررات آلودگي هوا

۲-۲-۱- قانون کنترل آلودگي هوا

این قانون در ایالات متحده امریکا قانون کنترل آلودگي هوا (قانون عمومی ۱۵۹-۸۴) به تصویب رسید. اما این مصوبه تنها موجب به تصویب رسیدن يک قانون مؤثرتر گردید. این قانون يکبار در سال ۱۹۶۰ و بار ديگر در سال ۱۹۶۲ بازنگری شد و به قانون هوای تمیز سال ۱۹۶۳ (قانون عمومی ۲۰۶-۸۸) که برنامه های ناحیه ای محلی و ایالتی را برای کنترل هوا تشویق می کرد و در عين حال حق مداخله را برای دولت فدرال در صورت به خطر افتادن سلامت و رفاه اهالی ایالت در اثر آلودگي ناشی از ایالات ديگر محفوظ نگه می داشت، الحاق گردید. این قانون معیارهایی برای کیفیت هوا وضع کرد که بر اساس آنها استانداردهای کیفیت هوا و گازهای متصاعد شده در دهه ۱۹۶۰ میلادی پی ریزی شد. اجرای قانون هوای تمیز نیز در سال ۱۹۷۰ به آژانس نو بنیاد حفاظت محیط زیست (EPA) محول گردید. قانون به وضع استانداردهای درجه اول و دوم کیفیت هوای محیط زیست پرداخت. استانداردهای اولیه متکی بر معیارهای کیفیت هوا، برای حفظ سلامت عموم مردم، دامنه وسیعی از ایمنی را در نظر می گیرد. در حالی که استانداردهای ثانوی که آنها نیز متکی بر معیارهای کیفیت هوا باشند برای حفظ رفاه عموم انسانها، به علاوه گیاهان، جانوران، اموال و دارائی هستند. اصطلاحات قانون هوای تمیز در سال ۱۹۷۷ به تقویت باز هم بیشتر قوانین موجود پرداخته است و ملتها به تمیز نگهداشتن مورد ارزیابی و اصلاح دوباره قرار گرفتند. اگر چه این امکان وجود دارد که تغییرات بیشتری نیز انجام شود، کاملاً متحمل است که کنترل آلودگي هوا برای ایجاد شرایطی که تحت آن هوا برای نسلهای آینده تمیزتر و سالمتر نگه داشته شود، از حمایت بیشتر عامه مردم برخوردار شود [1,27].

¹ - the engineers Joint Council in Air Pollution and its Control

۲-۲-۲- استانداردهای جهانی

به طور کلی می‌توان گفت تأثیر هر آلاینده به غلظت و مدت زمان تماس بستگی دارد. به همین دلیل استانداردهای آلودگی هوا به منظور مشخص ساختن حد بالای مواجهه، به طوری که آسیب جدی به بدن نرسد به دو صورت "استاندارد اولیه"^۱ و "استاندارد ثانویه"^۲ به شکل زیر تعریف می‌گردد [2].

الف- استاندارد اولیه؛ سطحی از غلظت آلاینده است که باعث محافظت از حساس‌ترین افراد جامعه شامل افراد مسن و آنان که دچار نارسایی‌های تنفسی هستند، می‌شود.

ب- استانداردهای ثانویه؛ این استانداردها به گونه‌ای وضع می‌شوند که باعث حفاظت بهداشت عمومی (ساختمان‌ها، مزارع و حیوانات؛ علاوه بر سلامتی افراد جامعه) شوند. در شرایطی که دست یافتن به استانداردهای اولیه مشکل است، استانداردهای ثانویه هیچ نقشی در سیاست‌گذاری‌های کنترل آلودگی هوا بازی نمی‌کند [59].

ج- معیارهای سازمان جهانی بهداشت؛ معیارهای آلودگی هوا و استانداردها، توسط سازمان بهداشت جهانی و با هدف جلوگیری از اثرات زیانبار آلاینده بر سلامتی و رفاه انسان، مقرر شده است. استانداردها و خطوط راهنمای متوسط سالیانه برای حفاظت مردم از مقادیر بالای آلودگی مطرح شده است. بنابراین لازم است که اثرات حادی که نتیجه‌ی پایداری مقادیر بالایی از آلاینده به طور غیر طبیعی و برای دوره کوتاهی می‌باشد، کنترل شود. جدول ۲-۲ معیارهای آلودگی هوا اقتباس از WHO جهت ارزیابی آثار آلودگی هوا بر سلامت انسان را نشان می‌دهد [73,74].

جدول ۲-۲ معیارهای WHO برای ارزیابی آثار آلودگی هوا بر سلامت انسان [10]

نوع آلاینده	میانگین وزنی ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	میانگین حجمی (PPM)	میانگین زمانی
SO ₂	۳۵۰	۰/۱۴	۱ ساعته
	۱۵۰-۱۰۰×	۰/۰۴-۰/۰۶	۲۴ ساعته
	۶۰-۴۰×	۰/۰۱۵-۰/۰۲۳	۱ ساله
CO	۳۰	۲۶	۱ ساعته
	۱۰	۹	۸ ساعته
NO ₂	۴۰۰	۰/۲۱	۱ ساعته
	۱۵۰	۰/۰۸	۲۴ ساعته
O ₃	۱۵۰-۲۰۰	۰/۰۸-۰/۱	۱ ساعته
	۱۰۰-۱۲۰	۰/۰۵-۰/۰۶	۸ ساعته
PM ₁₀	۷۰	-	۲۴ ساعته

¹- Primary Standard

²- Secondary standard

³- World Health Organization

جدول ۳-۲ استاندارد هوای پاک را برای آلاینده‌های دی‌اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن و ذرات معلق نشان می‌دهد [4].

جدول ۳-۲ استانداردهای هوای پاک

PPM		نوع آلاینده‌ها	
۰/۱۴	۳۶۵	حداکثر غلظت ۲۴ ساعته	دی‌اکسید گوگرد
۰/۰۳	۸۰	میانگین سالانه	
۰/۰۵	۱۰۰	میانگین سالانه	اکسیدهای نیتروژن
	۱۵۰	حداکثر غلظت ۲۴ ساعته	ذرات معلق
	۱۵۰	میانگین سالیانه	

۳-۲-۲- قوانین و استانداردهای ایران

قانون جلوگیری از آلودگی هوا (خط مشی برای کنترل آلودگی هوا) در سال ۱۳۷۴، توسط مجلس شورای اسلامی به تصویب رسید. این قانون شامل ۳۶ ماده بوده و منابع آلاینده را در سه گروه دسته بندی کرده است:

۱- وسایل نقلیه موتوری؛ ۲- کارخانجات، نیروگاه‌ها و کارگاه‌ها؛ ۳- منابع تجاری، خانگی و متفرقه

مقررات مربوط به استانداردهای نشر یا غلظت مجاز، بعداً توسط سازمان حفاظت محیط زیست کشور و با همکاری سازمان‌های مربوطه (وزارت صنایع و وزارت نفت و...) آماده شده و این قانون به ماده ۵۰ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران برمی‌گردد؛ که حفاظت محیط زیست را به عنوان یک وظیفه عمومی اعلام می‌کند و از فعالیت‌های آلوده‌کننده جلوگیری می‌نماید. مسئولیت اصلی اجرای قانون با سازمان حفاظت محیط زیست کشور می‌باشد. استانداردهای ملی کیفیت هوا در ایران عمدتاً بر اساس استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و به صورت جدول ۳-۲ می‌باشد [13].

جدول ۳-۲ استاندارد کیفیت هوا در ایران [10]

آلاینده‌های هوا	میانگین و دوره ارزیابی	اولیه (PPM)	ثانویه (PPM)
CO	حداکثر ۸ ساعته	۹	۹
SO ₂	۲۴ ساعته	۰/۱۴	۰/۱
HC(NMHC)	۳ ساعته (۶-۹ صبح)	۰/۲۴	۰/۲۴
NO ₂	سالیانه	۰/۰۵	۰/۰۵
SPM	۲۴ ساعته	۲۶۰	۱۵۰