

سورة الاحقاف



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده منابع طبیعی

اثرات فراسنج‌های آب و هوایی و آلاینده‌های هوا بر ازون سطحی و تابش فرابنفش در اصفهان

پایان‌نامه کارشناسی ارشد - آلودگی محیط‌زیست

محمد حسین آبادی

اساتید راهنما

دکتر نوراله میرغفاری

دکتر ویکتوریا عزتیان



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده منابع طبیعی

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته آلودگی‌های محیط زیست آقای محمد حسین آبادی
تحت عنوان:

اثرات فراسنج‌های آب و هوایی و آلاینده‌های هوا بر ازون سطحی و تابش فرابنفش در اصفهان

در تاریخ ۱۳۹۳/۱۰/۰۶ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

دکتر نوراله میرغفاری

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه

دکتر ویکتوریا عزتیان

۲- استاد راهنمای پایان‌نامه

دکتر سعید سلطانی

۳- استاد مشاور پایان‌نامه

دکتر حسین مرادی

۴- استاد داور

دکتر مرتضی خداقلی

۵- استاد داور

دکتر محمد رضا وهابی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

شکر و قدردانی

تختین سپاس و ستایش از آن خداوندی است که بنده می کوچکش را در دریای سیکران اندیشید، قطره ای ساخت تا وسعت آن را از دریچه بی ناب آموزگارانی بزرگ به تماشایند. لذا اکنون که در سایه سار بنده نوازی هایش پایان نامه می حاضر به انجام رسیده است، بر خود لازم می دانم تا مراتب سپاس را از بزرگوارانی به جا آورم که اگر دست یاریکشان نبود، هرگز این پایان نامه به انجام نمی رسید.

ابتدا از استید کرامت درم جناب آقای دکتر میرغفاری و سرکار خانم دکتر عزمیان که زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند، کمال سپاس را دارم.

از استاد فریخته و فرزانه؛ جناب آقای دکتر سلطانی که زحمت مشاوره این پایان نامه را متحمل شدند، صمیمانه شکر می کنم.

همچنین از جناب آقای دکتر ترکش که در طول انجام این تحقیق از کمک های خالصانه شان بهره بردم سپاسگزارم.

سپاس آخر را به مهربان ترین همراهن زندگیم، به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم که حضورشان در فضای زندگیم مصداق بی ریای سخاوت بوده است.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع
این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به

دستان پر مهر پدرم، به او که نمی دانم از بزرگی اش بگویم یا مردانگی سخاوت، سکوت، مهربانی و...

مادرم، دریای سیکران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
هشت	فهرست مطالب
۱	چکیده
	فصل اول: مقدمه
۲	۱-۱- مقدمه
۴	۲-۱- اهداف
۴	۳-۱- فرضیات
	فصل دوم: کلیات و بررسی منابع
۵	۱-۲- آلودگی
۵	۲-۲- آلودگی هوا
۶	۳-۲- آلاینده‌های هوا و اثرات آنها
۶	۱-۳-۲- اکسیدهای گوگرد
۶	۲-۳-۲- اثرات اکسیدهای گوگرد بر انسان
۷	۳-۳-۲- اکسیدهای نیتروژن
۷	۴-۳-۲- اثرات اکسیدهای نیتروژن بر انسان
۷	۵-۳-۲- مونوکسید کربن
۷	۶-۳-۲- اثرات مونوکسید کربن بر انسان
۸	۷-۳-۲- اوزون
۹	۸-۳-۲- اثرات اوزون بر انسان
۹	۹-۳-۲- ذرات معلق
۹	۱۰-۳-۲- اثرات ذرات معلق بر انسان
۱۰	۴-۲- آب و هوا (اقلیم)
۱۰	۵-۲- فراسنج‌های آب و هوایی
۱۰	۱-۵-۲- دما

- ۱۱..... ۲-۵-۲- رطوبت
- ۱۱..... ۳-۵-۲- نقطه شبنم
- ۱۱..... ۴-۵-۲- بارش
- ۱۲..... ۵-۵-۲- ساعت آفتابی
- ۱۲..... ۶-۵-۲- تبخیر
- ۱۲..... ۷-۵-۲- فشار
- ۱۲..... ۸-۵-۲- عمق نوری ذرات معلق
- ۱۳..... ۹-۵-۲- تابش کلی خورشید
- ۱۳..... ۱۰-۵-۲- تابش آسمان (آفتاب)
- ۱۳..... ۱۱-۵-۲- تابش زمین
- ۱۳..... ۶-۲- فراسنج‌های آب و هوایی و آلودگی هوا
- ۱۴..... ۷-۲- تأثیر متقابل اقلیم و ازون
- ۱۴..... ۸-۲- تابش فرابنفش
- ۱۵..... ۱-۸-۲- تقسیم‌بندی پرتو فرابنفش
- ۱۵..... ۲-۸-۲- شاخص تابش فرابنفش
- ۱۶..... ۳-۸-۲- عوامل مؤثر بر شدت تابش فرابنفش
- ۱۶..... ۹-۲- آمار و ضرورت کاربرد آن در پژوهش‌های محیط زیست و منابع طبیعی
- ۱۷..... ۱۰-۲- رگرسیون
- ۱۷..... ۱-۱۰-۲- رگرسیون چندگانه
- ۱۸..... ۲-۱۰-۲- فرض‌های تجزیه رگرسیون
- ۱۸..... ۳-۱۰-۲- بررسی اعتبار مدل
- ۱۹..... ۱۱-۲- پیشینه‌ی تحقیق
- فصل سوم: مواد و روش‌ها**
- ۲۵..... ۱-۳- منطقه‌ی مورد بررسی

۲۷..... ۲-۳- داده های آلودگی هوا

۲۷..... ۳-۳- داده های اقلیمی

۲۷..... ۴-۳- تجزیه و تحلیل داده ها

فصل چهارم: نتایج و بحث

۲۹..... ۱-۴- تأثیر آلاینده های هوا و فراسنج های اقلیمی بر مقادیر ازون سطحی

۲۹..... ۱-۱-۴- آمار توصیفی ماهانه ی ازون سطحی

۳۱..... ۲-۱-۴- تجزیه و تحلیل ماهانه ی ازون سطحی

۳۷..... ۳-۱-۴- آمار توصیفی فصلی و کل سه سال ازون سطحی

۳۷..... ۴-۱-۴- تجزیه و تحلیل فصلی و کل سه سال ازون سطحی

۴۲..... ۲-۴- تأثیر آلاینده های هوا و فراسنج های اقلیمی بر تابش فرابنفش خورشیدی

۴۲..... ۱-۲-۴- آمار توصیفی ماهانه ی تابش فرابنفش خورشیدی

۴۴..... ۲-۲-۴- تجزیه و تحلیل ماهانه ی تابش فرابنفش خورشیدی

۴۶..... ۳-۲-۴- آمار توصیفی فصلی و کل سه سال تابش فرابنفش خورشیدی

۴۷..... ۴-۲-۴- تجزیه و تحلیل فصلی و کل سه سال تابش فرابنفش خورشیدی

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها

۵۰..... ۱-۵- نتیجه گیری

۵۱..... ۲-۵- پیشنهادها

۵۲..... مراجع

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۶.....	جدول ۱-۲- طبقه بندی شاخص جهانی تابش فرابنفش خورشید
۳۰.....	جدول ۱-۴- آمار توصیفی ماهانه‌ی ازون سطحی ایستگاه احمدآباد اصفهان (۱۳۸۸-۱۳۹۰)
۳۱.....	جدول ۲-۴- ضرایب تشخیص رابطه‌ی رگرسیون خطی چندگانه‌ی ازون سطحی با آلاینده‌های هوا و فراسنج‌های اقلیمی در فروردین ماه
۳۱.....	جدول ۳-۴- نتایج تجزیه‌ی واریانس رگرسیون ازون سطحی با آلاینده‌های هوا و فراسنج‌های اقلیمی در فروردین ماه
۳۲.....	جدول ۴-۴- ضرایب رابطه‌ی رگرسیون خطی چندگانه‌ی مقادیر آلاینده‌ی هوا و فراسنج‌های اقلیمی و آزمون معنی‌دار بودن آن‌ها
۳۴.....	جدول ۵-۴- نتایج ماهانه تجزیه و تحلیل‌های رگرسیون خطی چندگانه‌ی ازون سطحی با آلاینده‌های هوا و فراسنج‌های اقلیمی
۳۷.....	جدول ۶-۴- آمار توصیفی فصلی و کل سه سال ازون سطحی ایستگاه احمدآباد اصفهان (۱۳۸۸-۱۳۹۰)
۳۸.....	جدول ۷-۴- ضرایب تشخیص رابطه‌ی رگرسیون خطی چندگانه‌ی ازون سطحی با آلاینده‌های هوا و فراسنج‌های اقلیمی در فصل بهار
۳۸.....	جدول ۸-۴- نتایج تجزیه‌ی واریانس رگرسیون ازون سطحی با آلاینده‌های هوا و فراسنج‌های اقلیمی در فصل بهار
۳۸.....	جدول ۹-۴- ضرایب رابطه‌ی رگرسیون خطی چندگانه‌ی مقادیر آلاینده‌ی هوا و فراسنج‌های اقلیمی و آزمون معنی‌دار بودن آن‌ها
۴۰.....	جدول ۱۰-۴- نتایج فصلی و کلی تجزیه و تحلیل‌های رگرسیون خطی چندگانه‌ی ازون سطحی با آلاینده‌های هوا و فراسنج‌های اقلیمی
۴۳.....	جدول ۱۱-۴- آمار توصیفی ماهانه‌ی تابش فرابنفش خورشیدی مرکز ازون سنجی اصفهان (۱۳۸۸-۱۳۹۰)
۴۴.....	جدول ۱۲-۴- نتایج ماهانه تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی چندگانه‌ی تابش فرابنفش خورشیدی با آلاینده‌های هوا و فراسنج‌های اقلیمی
۴۷.....	جدول ۱۳-۴- آمار توصیفی فصلی و کل سه سال تابش فرابنفش خورشیدی مرکز ازون سنجی اصفهان (۱۳۸۸-۱۳۹۰)
۴۷.....	جدول ۱۴-۴- نتایج فصلی و کلی تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی چندگانه‌ی تابش فرابنفش با آلاینده‌های هوا و فراسنج‌های اقلیمی

فهرست اشکال

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۸.....	شکل ۱-۲- نمایی از ساختار مولکول‌های اکسیژن و ازون
۲۶.....	شکل ۱-۳- موقعیت ایستگاه سنجش آلودگی هوای میدان احمدآباد و ایستگاه هواشناسی فرودگاه شهید بهشتی اصفهان
۳۳.....	شکل ۱-۴- نمودار نرمال بودن باقیمانده‌های رابطه‌ی رگرسیون ازون سطحی با مقادیر آلاینده هوا و فراسنج‌های اقلیمی در فروردین ماه
۳۹.....	شکل ۲-۴- نمودار نرمال بودن باقیمانده‌های رابطه‌ی رگرسیون ازون سطحی با مقادیر آلاینده هوا و فراسنج‌های اقلیمی در فصل بهار

چکیده

یکی از مهم‌ترین معضلات جهانی محیط زیست به ویژه در شهرهای بزرگ، آلودگی هوا می‌باشد که به عنوان یک تهدید دائمی و جدی برای سلامت جامعه و محیط تلقی می‌شود. روش‌های مختلف آماری برای بررسی ارتباط بین آلودگی هوا و شرایط آب و هوایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مطالعه، به منظور بررسی تأثیر فراسنج‌های اقلیمی و غلظت آلاینده‌های هوا بر ازون سطحی و تابش فرابنفش خورشیدی در شهر اصفهان از روش رگرسیون خطی چندگانه استفاده شد. داده‌های سه ساله‌ی (۱۳۸۸-۱۳۹۰) آلاینده‌های هوا از یک ایستگاه پایش هوا در میدان احمدآباد اصفهان و همچنین داده‌های اقلیمی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه شهید بهشتی اصفهان به صورت روزانه مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل دقیق‌تر تأثیر متغیرهای مستقل (پارامترهای اقلیمی و آلاینده‌های هوا) بر متغیرهای وابسته (ازون سطحی و تابش فرابنفش)، آنالیزهای بکار رفته هم به صورت ماهانه و هم به صورت فصلی انجام شد. در بررسی ماهانه‌ی تأثیر فراسنج‌های اقلیمی و آلاینده‌های هوا بر ازون سطحی، مونوکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن (مونوکسید و دی‌اکسید نیتروژن)، میزان ساعات آفتابی، تابش کلی خورشید و تابش زمین، تأثیر مثبت معنی‌دار و دی‌اکسید گوگرد، میزان تبخیر، فشار از سطح دریا و تابش فرابنفش خورشیدی اثر منفی معنی‌دار داشتند. در تجزیه و تحلیل فصلی، مونوکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن (مونوکسید و دی‌اکسید نیتروژن) دارای تأثیر مثبت معنی‌دار، در حالی که دی‌اکسید گوگرد و میزان تبخیر دارای تأثیر منفی معنی‌دار بر مقادیر ازون سطحی بودند. در مورد تابش فرابنفش خورشیدی بصورت ماهانه، میزان ساعات آفتابی، تابش زمین و میزان تبخیر تأثیر مثبت معنی‌دار و بارش، عمق نوری ذرات معلق (AOD) و PM_{10} تأثیر منفی داشتند. همچنین در تجزیه و تحلیل فصلی، حداقل دمای روزانه، میزان ساعات آفتابی، میزان تبخیر، تابش کلی خورشید و تابش زمین دارای تأثیر مثبت معنی‌دار، و فشار از سطح دریا و حداقل رطوبت نسبی دارای تأثیر منفی بر تابش فرابنفش خورشیدی بودند.

کلمات کلیدی: آلودگی هوا، ازون سطحی، تابش فرابنفش، رگرسیون خطی چندگانه، فراسنج‌های اقلیمی، اصفهان

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

روند افزایش جمعیت کره‌ی زمین انسان را بر آن داشت که برای تأمین نیازها و رفاه بیشتر، بستر زندگی خود را در جهت بهره‌وری بهتر و استفاده هر چه بیشتر از منابع طبیعی تحت کنترل درآورد. در این راستا، منابع موجود، به کمک فن‌آوری، مورد استفاده روزافزون بشر قرار می‌گیرد. این در حالی است که فعالیت‌های انسانی خطرهای جدی برای ادامه‌ی حیات خود و سایر موجودات کره‌ی زمین ایجاد کرده است. در واقع علی‌رغم آن که فن‌آوری برای آسایش انسان به خدمت گرفته شده است، اما زیان‌های ناشی از کاربرد نامناسب و نابجای آن متوجه خود او شده است [۱].

امروزه با مسائل جدیدی در زمینه‌ی آلودگی هوا مواجه هستیم که یکی از آنها مشکل محیط زیست جهانی و دیگری تولید مواد شیمیایی زیان‌آور است. افزایش سریع مصرف سوخت‌های فسیلی سبب افزایش تراکم دی‌اکسید کربن در جو و بالا رفتن دمای کره زمین شده است. همچنین آسیب دیدن لایه‌ی ازن باعث شده است که حجم تشعشعات زیان‌آوری که از خورشید به سطح زمین می‌رسد رو به فزونی نهاد [۱]. ازون یکی از گازهای جزئی در جو است که $10^{-6} \times 1$ درصد حجمی هوا را تشکیل می‌دهد [۸]. توزیع ازون در جو ناهمگن است، ده درصد در تروپوسفر و نود درصد در استراتوسفر وجود دارد. ازون تروپوسفری (ازون شهری) و ازون استراتوسفری (لایه ازون) دو ویژگی متفاوت در جو دارند. ازون استراتوسفری با جذب تابش‌های فرابنفش خورشید از رسیدن این تابش‌های مضر به سطح زمین جلوگیری می‌کند و این امر آن قدر حائز اهمیت است که ازون بعد از اکسیژن و آب لازمه‌ی وجود حیات در

کره‌ی زمین شناخته شده است. لیکن ازون شهری یکی از عوامل تبدیل آلاینده‌های اولیه به ثانویه می‌باشد و به واسطه تماس مستقیم با زیست کره در صورت تجاوز از سطوح مجاز؛ اثرات ناخوشایند بسیاری برای انسان، گیاه و محیط زیست به وجود می‌آورد [۷].

کاهش ۱۰ درصدی ضخامت لایه‌ی ازون بسته به فرآیند زیست محیطی مورد نظر می‌تواند به ۲۰-۱۵ درصد افزایش در تابش فرابنفش منجر شود. تابش‌های فرابنفش با طول موج کمتر از ۰.۳ میکرومتر، انرژی کافی برای ایجاد سرطان پوست در انسان را دارند. همچنین تابش فرابنفش با طول موج ۰.۲۶ میکرومتر می‌تواند اسیدهای نوکلئیک در DNA را تخریب کند که این اسیدهای نوکلئیک نقشه ژنتیکی را از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌کنند. اگر غلظت ازون استراتوسفری کاهش یابد مسائل زیر قابل انتظار است [۴۰]:

الف) افزایش سرطان پوست

ب) افزایش شدید صدمات چشم از جمله تخریب عدسی چشم و ایجاد نابینایی تدریجی (کاتاراکس)

ج) اختلال در سامانه ایمنی بدن

د) تأثیر گذاری نامطلوب بر گیاهان

ه) کاهش رشد فیتوپلانکتون‌های دریایی

ازون تروپوسفری یک ماده‌ی سمی با بوی نامطبوع که موجب آسیب به چشم‌ها و بافت‌های مخاطی سامانه‌ی تنفسی و پیشرفت بیماری‌های مزمن در آنها از قبیل برونشیت و آسم می‌گردد. حتی در افراد سالم اگر ۶ تا ۷ ساعت در معرض غلظت‌های کم ازون در حالت فعالیت جسمی متوسط قرار گیرند به صورت مشخص فعالیت شش‌ها کاهش می‌یابد. این شرایط بیشتر با نشانه‌هایی از قبیل درد قفسه سینه، تهوع، سرفه و آسیب‌هایی به ریه همراه است. ازون همچنین به لاستیک صدمه می‌زند، رشد درختان را به تأخیر می‌اندازد و به محصولات کشاورزی نیز صدمه وارد می‌کند [۴۰]. برخی از گازهای جزئی جو از جمله بخار آب، دی‌اکسید کربن، ازون، متان و کلروفلوروکربن با جذب تابش و بازتابش گرما سبب افزایش دمای جو می‌شوند لذا آنها را گازهای گلخانه‌ای می‌گویند. ازون یک گاز گلخانه‌ای است که موجب افزایش دمای سطح زمین می‌شود. لازم به ذکر است که آلاینده‌های هوا دو نوع اولیه و ثانویه هستند. آلاینده‌های اولیه از قبیل اکسیدهای نیتروژن (NO_x) و مونوکسید کربن (CO)، به طور مستقیم از آگروز اتومبیل‌ها و دیگر منابع انتشار تولید می‌شوند، ولی آلاینده‌های ثانویه مانند ازون تروپوسفری در اثر واکنش‌های فوتوشیمیایی به وجود می‌آیند. ازون تروپوسفری فراوان‌ترین اکسیدکننده‌ی فوتوشیمیایی موجود در جو است و براساس استاندارد ملی کیفیت هوا، حضور ازون با تراکم بیش از ۰/۱۲ قسمت در میلیون در سطوح پایینی جو خطرناک می‌باشد، اما ازون کلی به مقدار ازونی اطلاق می‌شود که در یک ستون قائمی از جو اندازه‌گیری می‌شود که شامل ازون تروپوسفری و استراتوسفری می‌باشد [۷].

تا حدود ۲۵ سال قبل، تصور همگان بر آن بود که ازون تروپوسفری منحصراً در استراتوسفر تشکیل شده و تحت تأثیر فرایندهای انتقال، به لایه‌های زیرین اتمسفر منتقل می‌شود. امروزه پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تنها بخشی از ازون استراتوسفری در همان لایه تأمین می‌گردد و چشمه‌ی اصلی تشکیل مولکول‌های ازون واکنش‌های فوتوشیمیایی آن تحت تأثیر سازوکارهای مه دود است [۱۷]. اندازه‌گیری ازون کاری نسبتاً دشوار و پرهزینه است.

تشکیل این آلاینده‌ی ثانویه (که بر اثر واکنش‌های فوتوشیمیایی انجام می‌پذیرد) و غلظت آن در محیط، تابعی از شرایط جوی محیط است [۴۲].

به عنوان مثال دما و تابش موجب ایجاد تغییر در مقادیر ازون سطحی می‌گردد. همچنین عواملی از جمله توپوگرافی و الگوهای وزش باد در میزان غلظت ناحیه‌ای ازون سطحی مؤثرند [۶۶].

به دلیل اهمیت ازون تروپوسفری به عنوان یک آلاینده‌ی ثانویه و خطرناک بودن تراکم بیش از حد استاندارد آن در سطوح پایینی جو و تأثیر این گاز بر روی سامانه بیولوژیکی و نیز شناسایی الگوهای زمانی مربوطه به ایامی از سال که میزان ازون تروپوسفری از حد استاندارد تجاوز می‌نماید، حائز اهمیت است. از طرفی بررسی تغییرات زمانی ازون به دلیل تأثیرگذاری آن بر سازوکار بدن جانداران، نقش بسیار مؤثری در پژوهش‌های مرتبط می‌تواند داشته باشد. به واسطه وجود خلأ پژوهشی در این رابطه، ضرورت رابطه‌سنجی بین این آلاینده با فراسنج‌های هواشناسی کاملاً احساس می‌شود. بنابراین لازم است که با روش‌های مناسب به بررسی نحوه تغییرات ازون در سطح کشور پرداخته شود و نتایج آن در اختیار مدیران و تصمیم‌گیرندگان قرار گیرد. با توجه به نقش عوامل جوی در تشکیل و تولید ازون و غلظت آن در محیط، تعیین مدل و روشی که بتوان برآوردی از تأثیر عوامل جوی بر مقادیر ازون و تابش فرابنفش داشت، ضروری به نظر می‌رسد.

شهر اصفهان یکی از شهرهای بزرگ و صنعتی ایران می‌باشد. موقعیت خاص جغرافیایی این شهر و قرارگیری در یک گودال و تجمع مواد آلاینده در هوای سطحی، این شهر را به یکی از آلوده‌ترین شهرهای کشور از نظر میزان آلاینده‌های هوا تبدیل نموده است که به طور جدی سلامتی ساکنین این شهر را تهدید می‌نماید. در این مطالعه تأثیر فراسنج‌های اقلیمی و مقادیر آلاینده‌ی هوا بر ازون سطحی و تابش فرابنفش در شهر اصفهان بین سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۸ مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۲- اهداف

بررسی و تجزیه و تحلیل اثرات فراسنج‌های آب و هوایی بر مقادیر ازون سطحی و تابش فرابنفش

ارائه‌ی مدل آماری پیش‌بینی ازون سطحی و تابش فرابنفش با استفاده از فراسنج‌های آب و هوایی

۱-۳- فرضیات

فراسنج‌های آب و هوایی بر مقادیر ازون سطحی و تابش فرابنفش تأثیر دارند.

مدل‌های آماری ابزار مناسبی برای پیش‌بینی رفتار ازون سطحی و تابش فرابنفش می‌باشند.

فصل دوم

کلیات و بررسی منابع

۲-۱- آلودگی

آلودگی معرف وجود موادی در محیط است که موجب ناپایدار شدن، خراب شدن، آسیب دیدن و ناراحت کردن سیستم‌های فیزیکی ارگانیزم‌های زنده که در آن محیط زندگی می‌کنند، می‌شود. آلودگی می‌تواند از جنس مواد شیمیایی، یا انرژی، از جمله سروصدا^۱، حرارت، یا انرژی نوری باشد. آلاینده‌ها می‌توانند مواد یا انرژی‌های بیگانه باشند، یا به صورت طبیعی بوجود آیند. در حالت دوم (طبیعی) عناصر، زمانی آلاینده محسوب می‌شوند که مقادیرشان از حد طبیعی تجاوز کند [۴۰].

۲-۲- آلودگی هوا

هوای آلوده به هوایی گفته می‌شود که مواد بیگانه در تمام یا یکی از حالت‌های گاز، مایع یا ذرات جامد در آن یافت شوند و تغییرات عمده‌ای در نسبت ترکیبات هوای سالم ایجاد کند. هوای آلوده دارای یک یا چند ماده‌ی آلاینده به میزان و مدت زمانی است که برای سلامتی انسان، حیوان و گیاه دارای آثار خطرناک می‌باشد [۱].

آلاینده‌های جوی، مواد جامد، مایع یا گاز موجود در هوا هستند که غلظتشان در جو به حدی زیاد می‌شود که سلامتی حیوانات و گیاهان را به مخاطره اندازند، به نباتات و سازه‌ها آسیب رسانند یا محیط را مسموم نمایند. آلاینده‌های هوا از دو منشأ طبیعی و فعالیت‌های انسانی سرچشمه می‌گیرند. شماری از آلاینده‌های جو آلاینده‌های اولیه به شمار می‌روند زیرا مستقیماً از دودکش‌ها، اگزوزها و غیره وارد جو می‌شوند. دسته‌ی دیگر که آلاینده‌های ثانویه نام دارند از ترکیب و برهمکنش شیمیایی یک آلاینده‌ی اولیه با بعضی از اجزای هوا از قبیل بخار آب و یا آلاینده‌های دیگر ایجاد می‌شوند [۴۰].

¹Noise

از جمله آلاینده‌های اولیه می‌توان ذرات ریز گرد و غبار، دی‌اکسید گوگرد، منو کسید کربن، اکسیدهای نیتروژن و هیدروکربن‌ها و از جمله آلاینده‌های ثانویه می‌توان ازون، پراکسی استیل نترات و آلدئیدها (فرمالئید، آکرولیئن) را نام برد. نحوه‌ی پخش آلاینده از چشمه و شرایط جوی، تعیین کننده‌ی نحوه پراکنش و میزان تأثیر آلاینده‌ی گازی است. میزان آلودگی جو به منابع انتشار بستگی دارد، ولی همه‌ی انواع آلاینده‌ها اثرات منفی یکسانی ندارند. انتشار طبیعی دی‌اکسید کربن و ترکیبات ازت جهت تداوم بقاء جانداران حائز اهمیت هستند، ولی هنگامی که غلظت آنها از حد مجاز می‌گذرد در زمره آلاینده‌ها قرار می‌گیرند. ذرات موجود در جو دائماً در حال آمیزش و جابه‌جایی می‌باشند، لذا جو یک فضای رقیق کننده‌ی مطلوب برای آلاینده‌ها محسوب می‌شود. جو برای پراکنش آلاینده‌ها ظرفیت خاصی دارد و پس از برون‌ریزی آلاینده از کانون انتشار کنترل مؤثری بر آن نمی‌توان اعمال نمود. لذا کنترل آلودگی هوا یک فناوری پیشگیرانه و نه یک فناوری اصلاحی و ترمیمی را می‌طلبد [۲۷].

۲-۳- آلاینده‌های هوا و اثرات آنها

به طور کلی آلاینده‌های هوا بر اساس نوع آنها به دو دسته‌ی گازها و ذرات تقسیم بندی می‌شوند. آلاینده‌های گازی شامل مونو کسید کربن، دی‌اکسید گوگرد، هیدروژن سولفور، اکسیدهای نیتروژن، هیدروکربن‌ها و اکسیدان‌های فوتوشیمیایی می‌باشند. ذرات نیز گروهی از مواد آلاینده می‌باشند که از لحاظ اندازه و ترکیب شیمیایی، طیف وسیعی را شامل می‌شوند. در اینجا تعدادی از این آلاینده‌ها همراه با اثرات آنها بر انسان مورد بررسی قرار می‌گیرد [۲۰، ۳۳].

۲-۳-۱- اکسیدهای گوگرد

اکسیدهای گوگرد یا سولفور شامل دی‌اکسید گوگرد و تری‌اکسید گوگرد می‌باشد. عمده اکسیدهای گوگرد را دی‌اکسید گوگرد تشکیل می‌دهد (حدود ۹۸ درصد). دی‌اکسید گوگرد گاز بی‌رنگ، غیرقابل اشتعال و نادیدنی است. حس بینایی انسان غلظت‌های تا ۳ppm آن را می‌تواند تشخیص دهد. غلظت بیش از ۳ppm آن دارای بوی تند، زننده و محرکی می‌باشد. سوخت‌های فسیلی دارای گوگرد هستند. تقریباً تمام گوگرد ایجاد شده توسط بشر به خاطر احتراق سوخت‌های فسیلی ایجاد می‌شوند. قسمت عمده اکسیدهای گوگرد در اثر فعالیت‌های انسانی تولید می‌شوند. این فعالیت‌ها شامل احتراق سوخت‌های فسیلی برای گرمایش و همچنین صنایعی مانند نیروگاه‌های برق و صنایع غیر احتراقی مانند کارخانجات ذوب مس، ذوب سنگ‌های معدنی گوگرددار، کارخانه‌های تولید اسیدسولفوریک، سیمان و درصد کم‌تری خودروها می‌باشد [۳۰].

۲-۳-۲- اثرات اکسیدهای گوگرد بر انسان

گاز دی‌اکسید گوگرد عمده‌ترین تأثیرش بر سیستم تنفسی انسان می‌باشد. از ویژگی‌های این گاز، زننده بودن و حلالیت بالای آن در آب می‌باشد. همین عامل حلالیت بالای این گاز باعث می‌شود که قسمت عمده‌ی آن در بخش‌های بالایی دستگاه تنفسی گرفته شود و در مخاط حلق و حنجره حل شود. درصد کم‌تری از آن به کیسه‌های هوایی می‌رسد. پوشش مخاطی مرطوب سطح بالایی این قسمت از دستگاه تنفسی حدود ۹۵ درصد گاز دی‌اکسید گوگرد را جذب رگ‌ها کرده و وارد دستگاه گردش خون می‌نماید. بیش‌ترین اثر اکسیدهای گوگرد در صورت بالا رفتن غلظت این گاز در هوا، تأثیر زیاد آن بر روی افراد آسیب پذیر جامعه مانند افراد مسن و یا افراد دارای مشکل تنفسی مزمن و تنگی نفس می‌باشد. همراه شدن دی‌اکسید گوگرد با رطوبت هوا باعث تشدید اثرات

سوء آن بر بدن می‌گردد. هنگامی که دی‌اکسید گوگرد با بخار آب همراه گردد باعث تولید اسید سولفوریک می‌شود که تنفس این اسید باعث به وجود آمدن ضایعات بیش‌تری می‌گردد [۳۰].

۲-۳-۳- اکسیدهای نیتروژن

۷ گونه اکسید برای نیتروژن شناسایی شده است که مهم‌ترین آنها از نقطه نظر آلودگی، مونوکسید نیتروژن و دی‌اکسید نیتروژن می‌باشد. مونوکسید نیتروژن بیش‌ترین سهم را در بین سایر اکسیدهای نیتروژن که در هوا پراکنده می‌شود را دارا می‌باشد. این گاز با غلظت‌هایی که در جو وجود دارد اثر شناخته شده‌ای بر سلامتی انسان ندارد. لیکن با اکسید شدن مونوکسید نیتروژن به دی‌اکسید نیتروژن و ترکیب با هیدروکربن‌ها در مجاورت نور خورشید زمینه‌ی تشکیل مه دود فتوشیمیایی فراهم می‌شود. علاوه بر این دی‌اکسید نیتروژن در ترکیب با هیدروکسید رادیکالی منجر به تولید اسید نیتریک می‌شود که در نهایت به صورت باران اسیدی بر سطح زمین می‌بارد. در مقایسه با سایر مواد آلاینده‌ی هوا، کنترل و کاهش پراکنش اکسیدهای نیتروژن بسیار مشکل‌تر است. مطالعات در این زمینه نشان می‌دهد با کنترل‌های به عمل آمده در بهسوزی خودروها، پراکنش مونوکسید کربن به مقدار بسیار زیادی کاسته شده است ولی در مورد سایر اکسیدهای نیتروژن نه تنها مشکل کم نشده بلکه وضعیت از قبل هم بدتر شده است [۲۰].

۲-۳-۴- اثرات اکسیدهای نیتروژن بر انسان

در غلظت‌های موجود در جو، دی‌اکسید نیتروژن تنها به صورت بالقوه تحریک کننده می‌باشد و بالقوه با بیماری انسداد ریوی مزمن مرتبط است [۳۶]. تأثیرات اثبات شده‌ی دی‌اکسید نیتروژن بر انسان مربوط به دستگاه تنفسی می‌باشد که مانند آلاینده‌های دیگر، میزان این تأثیر وابسته به دو عامل میزان غلظت گاز و زمان تحت تأثیر قرار گرفتن افراد است. اثرات عمده‌ی این گاز، ایجاد اختلال در سیستم تنفسی، حس بویایی و انسداد ریه‌ها می‌باشد و نهایتاً در صورت تماس با غلظت زیاد گاز، مرگ انسان را در پی خواهد داشت. با توجه به این که دی‌اکسید نیتروژن یک گاز محرک دستگاه تنفسی می‌باشد در افراد آسیب پذیر مانند پیران و کودکان (در صورت تماس طولانی مدت با گاز) احتمال ابتلا به بیماری برونشیت را افزایش می‌دهد [۳۰].

۲-۳-۵- مونوکسید کربن

مونوکسید کربن گازی بی‌رنگ و بی‌بو بوده، در غلظت‌های بالا، سمی و کشنده و در غلظت‌های کم باعث خستگی، سردرد، سرگیجه و تشنج می‌گردد. انتشار آن حاصل از احتراق ناقص می‌باشد. حدود ۶۰ درصد کل انتشار مونوکسید کربن مربوط به گازهای خروجی از اگزوز اتومبیل‌ها است. در مناطق پرتراфик میزان غلظت مونوکسید کربن افزایش می‌یابد. در شهرها ۹۵ درصد انتشارات مونوکسید کربن به خروجی اگزوز اتومبیل‌ها مربوط می‌گردد. حداکثر مونوکسید کربن اغلب در ماه‌های سرد سال و یا طی شرایط وارونگی است که طی آن آلاینده‌ها در لایه‌های گرم‌تر و پایین‌تر محصور می‌شوند. منابع تولید آن احتراق بنزین، گاز طبیعی، زغال سنگ و نفت می‌باشد. همچنین بعضی از فرایندهای صنعتی در انتشار مونوکسید کربن نقش دارند [۱۸].

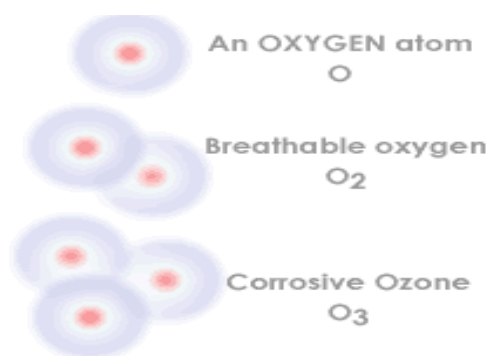
۲-۳-۶- اثرات مونوکسید کربن بر انسان

توانایی خون در انتقال اکسیژن به سلول‌های بدن و بافت‌های قسمت‌های مختلف با آلوده شدن توسط مونوکسید کربن کاهش می‌یابد. سلول‌ها و بافت‌های بدن برای فعالیت به اکسیژن نیاز دارند. مونوکسید کربن برای

افرادی که قلب یا سیستم گردش خون آن‌ها مشکل دارد و یا افرادی که شش‌ها و یا قسمت‌های دیگر سیستم تنفسی آن‌ها صدمه دیده است، ماده‌ای بسیار سمی می‌باشد. مونوکسید کربن گازی بی‌رنگ و بی‌بو بوده، در غلظت‌های بالا، سمی و کشنده و در غلظت‌های کم باعث خستگی، سردرد، سرگیجه و تشنج می‌گردد. این گاز از طریق شش‌ها به جریان خون راه یافته و فرآیند پخش اکسیژن در بدن و رسیدن آن به بافت‌های مختلف بدن را مختل می‌سازد. کاهش دید، کاهش توان کاری، کاهش تحرک، افت توانایی یادگیری و مشکل در اجرای خواسته‌های متداول، اثرات ناشی از افزایش غلظت مونوکسید کربن می‌باشند [۱۸].

۲-۳-۲- ازون

ازون با فرمول شیمیایی O_3 ترکیبی سه اتمی اکسیژن است که در آن اتم سوم به وسیله جاذبه‌ی الکتریکی (نه باندهای کووالانت) به مولکول اکسیژن پیوسته است. این باند کووالانت ضعیف‌تر است و بنابراین سه اتم تشکیل دهنده ازون در وحدت ناپایدار هستند (شکل ۱-۲).

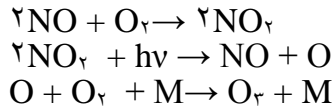


شکل ۱-۲- نمایی از ساختار مولکول‌های اکسیژن و ازون [۴۰].

مولکول ازون همیشه مستعد از دست دادن یکی از اتم‌های اکسیژن خود است و به وسیله یک مولکول اکسیژن دوست به راحتی اکسیژن سوم خود را از دست می‌دهد. باندهای ضعیف مولکول ازون آن را نسبت به اکسیژن جهت انجام واکنش مستعدتر ساخته و به یک اکسیدکننده‌ی قوی که قابلیت ترکیب با مواد مختلف را دارد تبدیل کرده است. مولفه‌ی اصلی مه دود فتوشیمیایی گاز ازون است. ازون یک اکسیدان درجه یک و یکی از گازهای گلخانه‌ای است و افزایش ازون تروپوسفری در کنار کاهش ازون استراتوسفری به عنوان یکی از دلایل تغییر اقلیم شناخته می‌شود [۶۶].

تشکیل ازون علاوه بر مواد شیمیایی، نیازمند حضور گرما و نور است. در بعضی از روزها به هنگام بروز توفان‌های تندری (رعد و برق) شدید به دلیل وجود انرژی کافی در محیط شرایط تشکیل ازون در سطح زمین وجود دارد به صورتی که بوی ازون تشکیل شده در لحظه رعد و برق به خوبی قابل استشمام است [۷۸].

امروزه تحقیقات نشان داده‌اند تنها بخشی از ازون تروپوسفری از استراتوسفر تأمین می‌گردد و چشمه‌ی اصلی تشکیل مولکول‌های ازون واکنش‌های فتوشیمیایی آن تحت تأثیر مکانیزم‌های مه‌دود است [۱۸]. واکنش‌های زیر توالی واکنش‌های فتوشیمیایی تولیدکننده‌ی ازون هستند [۲۰].



hv: یک فوتون

M: یک مولکول O₂ یا N₂ که برای جذب انرژی اضافی لازم می‌باشد.

۲-۳-۸- اثرات آزون بر انسان

این گاز دارای بوی تند، زننده و محرک می‌باشد و اثر تخریبی آن برای انسان زیان آور است. در غلظت‌های معمولی تأثیری بر روی میزان بینایی چشم ندارد، اما از عوامل سوزش چشم می‌باشد. همچنین آزون باعث تحریک دستگاه تنفسی می‌شود. وجود ۰/۱۵ ppm آزون در هوا در افراد سالم تحت آزمایش، باعث بروز مشکلاتی مانند خس خس سینه، سرفه، انقباض ریه‌ها، درد قفسه سینه و التهاب مخاط‌های تنفسی می‌شود و در صورت افزایش زیاد غلظت آن باعث خونریزی و تورم ریه می‌شود [۳۰]. آزون عمل ماکروفاژهای ریوی را مختل کرده و موجب ضخیم شدن دیواره‌ی سرخرگ‌های کوچک ریوی، آمفیزم و ناراحتی قلب می‌شود. همچنین بر پایانه‌های عصبی در مغز که میزان تنفس را کنترل می‌کند اثر گذار می‌باشد [۲۶].

۲-۳-۹- ذرات معلق

ذرات معلق شامل مخلوط ذرات جامد و قطرات مایع موجود در هوا می‌باشند. بعضی از ذرات به حد کافی بزرگ و تیره هستند و به صورت دوده و یا مه دود غلیظ جلوی دید را می‌گیرند. اما برخی از ذرات به اندازه‌ی کوچک هستند که فقط با میکروسکوپ الکترونیکی قابل مشاهده می‌باشند. ذرات ریز (قطر کمتر از ۲/۵ میکرون) و ذرات درشت (قطر بیش از ۲/۵ میکرون) از منابع متحرک و ثابت مختلف و نیز برخی منابع طبیعی در هوا منتشر می‌شوند. ذرات ریز (PM_{۲/۵}) حاصل از احتراق سوخت در وسایط نقلیه موتوری، نیروگاه‌ها، تأسیسات صنعتی و بازمانده‌های اجاق‌های هیزمی و اجاق‌های خانگی هستند. ذرات درشت‌تر (PM_{۱۰}) اغلب از منابعی مانند حرکت خودروهای مسافرتی روی جاده‌های آسفالت نشده، واحدهای دستیابی مواد، آسیاب‌ها، فرسایش خاک و سطوح مختلف بر اثر وزش باد حاصل می‌شوند. بعضی از ذرات مستقیماً از منبع آلاینده مانند دودکش‌ها و آگروز اتومبیل‌ها به هوا منتشر می‌شوند. در موارد دیگر از واکنش گازهایی نظیر اکسیدهای نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد و ترکیبات آلی فرار با دیگر ترکیبات موجود در هوا، ذرات ریز تولید می‌شوند. ترکیبات فیزیکی و شیمیایی ذرات بر اساس موقعیت مکانی، فصل سال و شرایط اقلیمی متفاوت می‌باشند [۱۸]. به طور ذاتی ممکن است این تصور را داشته باشیم که تمام ذرات باید سریعاً تحت نیروی گرانی در سطح زمین رسوب کنند، اما این موضوع برای ذرات ریز واقعیت ندارد. سرعت ته نشینی ذرات برحسب فاصله در ثانیه با مجذور قطر آن‌ها افزایش می‌یابد. سقوط ذرات ریز به اندازه‌ای کند است که این ذرات تقریباً به طور نامحدود در هوا معلق می‌مانند (مگر این که با ذره‌ی دیگری برخورد کنند و به آن بچسبند) [۱۶].

۲-۳-۱۰- اثرات ذرات معلق بر انسان

مطالعات نشان می‌دهد که افزایش غلظت ذرات معلق در هوا به همراه اکسیدهای گوگرد، عامل اصلی افزایش مراجعات به بیمارستان‌ها بوده است. بیماری‌هایی مانند عفونت‌های بخش‌های بالایی دستگاه تنفس، اختلالات قلبی، برونشیت، تنگی نفس و التهاب ریوی از عمده‌ترین عوارض آلودگی هوا هستند. علاوه بر موارد یاد شده برخی ذرات