



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد  
گرایش مهندسی محیط زیست

عنوان

پهنه بندی مقدماتی مراکز اصلی تولید غبار کشور  
با استفاده از  
فناوری سنجش از دور

نگارش

امید اسماعیلی

استادان راهنما

دکتر مسعود تجریشی

دکتر پیمان دانش کار آراسته

آذرماه ۱۳۸۵

## چکیده فارسی

امروزه، به دلیل عدم وجود دانش کافی در بررسی چگونگی فرآیند تولید و پراکنش غبار، فرآیند انتقال و جابجایی در اتمسفر و چگونگی خروج تدریجی آن‌ها از سیستم و از همه مهم‌تر ناشناخته بودن محل دقیق کانون‌های تولید غبار، میزان و حجم فعالیت غبارزایی این مناطق و مواردی از این قبیل، ارزیابی دقیق اثرات غبار در مدل‌های اقلیمی را بسیار دشوار ساخته است. در این پایان‌نامه مطالب اصلی در قالب ۴ فصل ارائه گردید.

فصل اول به بیان مساله و معرفی اهداف و روش تحقیق اشاره دارد. در فصل دوم با بررسی و تحلیل سری‌های زمانی همگن و بلند مدت از پارامترهای سینوپتیکی و داده‌های ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیکی که در سراسر کشور پراکنده شده‌اند، تغییرات روند غبارزایی در سطح کشور مورد مطالعه قرار گرفت. در فصل سوم، نتایج حاصل از پردازش تصاویر سنجنده‌های TOMS و MODIS-AQUA آورده شد. بر اساس نتایج داده‌های سنجنده TOMS، پهنه بندی مقدماتی در مقیاس کل کشور انجام گرفت و براساس فراوانی وقوع طوفان غبار و توالی رویداد این پدیده در کشور، کانون‌های فعال غبارزا شناسایی و دو ناحیه که از بیشترین فراوانی وقوع در بین محدوده‌های شناسایی شده برخوردار بودند، انتخاب شده و از داده‌های سنجنده MODIS-AQUA، برای بررسی دقیق‌تر و منشأیابی غبارتولید شده در این مناطق، استفاده شد. در ادامه، نتایج دو مطالعه با یکدیگر مقایسه شدند. در فصل چهارم، نتایج حاصل از پردازش تصاویر سنجنده NOAA-AVHRR آورده شد و بر اساس نتایج داده‌های این سنجنده، ارتباط غبارزایی و توالی رویداد این پدیده با روند گسترش خشکسالی و تغییرات شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی در سه کانون منتخب، مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه، به تکمیل تقسیم‌بندی نواحی شناسایی شده در فصل سوم که مبتنی بر نتایج داده‌های سنجنده TOMS در سطح کشور انجام گرفت، پرداخته و نقاطی که هم‌اکنون دارای پتانسیل غبارزایی به صورت فعال بوده و یا در آینده خواهند بود، معرفی شدند.

## کلمات کلیدی:

- ۱- ایران
- ۲- کانون‌های غبار
- ۳- سنجش از دور
- ۴- سنجش از نزدیک
- ۵- سنجنده TOMS
- ۶- سنجنده MODIS
- ۷- سنجنده NOAA-AVHRR

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
<b>فصل ۱- کلیات</b>	
۱-۱- کلیاتی در مورد ذرات معلق در هوا.....	۱
۱-۱-۱- ذرات معلق در اتمسفر کدامند؟.....	۱
۱-۱-۲- ذرات معلق در اتمسفر.....	۱
۱-۲-۱-۱- ذرات معلق آتشفشانی.....	۱
۱-۲-۱-۲- ذرات معلق صنعتی.....	۲
۱-۲-۱-۳- غبارهای معدنی.....	۲
۲-۱- منشأ غبار و عوامل موثر در تولید آن.....	۳
۱-۲-۱-۱- مراکز تولید غبار در مقیاس جهانی.....	۳
۲-۲-۱-۱- مراکز تولید غبار در داخل کشور.....	۵
۳-۲-۱-۱- عوامل مؤثر در تولید غبار.....	۶
۴-۲-۱-۱- محتمل ترین مراکز تولید کننده غبار.....	۷
۵-۲-۱-۱- چند مثال.....	۸
۳-۱-۱- مروری بر چگونگی ردیابی غبارها و مطالعه آنها.....	۹
۱-۳-۱-۱- مشاهدات زمینی (سنجش از نزدیک).....	۹
۲-۳-۱-۱- مشاهدات ماهواره ای (سنجش از دور).....	۱۲
۱-۲-۳-۱-۱- طیف الکترومغناطیس.....	۱۳
۲-۲-۳-۱-۱- عوامل مؤثر در تشکیل تصاویر.....	۱۴
۳-۲-۳-۱-۱- فعل و انفعال انرژی در اتمسفر و سطح زمین.....	۱۵
۴-۲-۳-۱-۱- پلاتفورمها.....	۱۵
۵-۲-۳-۱-۱- سنجندهها.....	۱۶
۱-۵-۲-۳-۱-۱- حسگرهایی که با چند طول موج کار می کنند.....	۱۶
۲-۵-۲-۳-۱-۱- حسگرهایی که در چندین زاویه کار می کنند.....	۱۷
۳-۵-۲-۳-۱-۱- حسگرهایی که به پولاریزاسیون نور توسط ذرات حساس هستند.....	۱۷
۶-۲-۳-۱-۱- ماهواره های سنجش از دور مورد مطالعه.....	۱۷
۴-۱- طرح مسئله و تعیین متدولوژی مشخص برای نیل به هدف.....	۲۰
۱-۴-۱-۱- اهداف مطالعه.....	۲۰
۲-۴-۱-۱- محورهای مطالب فصول آینده.....	۲۱



## فصل ۲- گردآوری داده‌های سینوپتیک و تحلیل آن‌ها (سنجش از نزدیک)

۲۵	۱-۲- مقدمه
۲۶	۱-۱-۲- کیفیت داده‌ها
۲۶	۲-۱-۲- طول دوره زمانی پوشش داده شده
۲۶	۳-۱-۲- مقادیر ازدست رفته و خلا اندازه گیری
۲۷	۴-۱-۲- تناوب داده‌ها
۲۷	۵-۱-۲- استفاده از اطلاعات خام
۲۷	۶-۱-۲- گردآوری داده‌های سینوپتیک مورد نیاز
۲۷	۷-۱-۲- ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک مورد استفاده
۲۸	۸-۱-۲- دسته بندی اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک
۳۵	۲-۲- تحلیل داده‌ها
۳۵	۱-۲-۲- روش‌های بررسی همگنی داده‌ها
۳۵	۱-۱-۲-۲- استفاده از داده‌های خود ایستگاه
۳۶	۲-۱-۲-۲- تولید سری زمانی مبنا بر اساس ایستگاه‌های همسایه
۳۷	۲-۲-۲- روش‌های همگن سازی داده‌ها
۳۷	۱-۲-۲-۲- روش منحنی جرم مضاعف
۴۱	۳-۲-۲- همگن سازی داده‌ها
۴۷	۴-۲-۲- روندیابی داده‌ها
۴۸	۱-۴-۲-۲- تعیین دوره پایه آماری مشترک سری زمانی داده‌ها
۴۸	۲-۴-۲-۲- بازسازی و ترمیم سری زمانی داده‌ها به روش مناسب
۴۸	۱-۲-۴-۲-۲- استفاده از روش‌های مناسب به منظور بازسازی داده‌ها
۵۸	۳-۴-۲-۲- آزمون‌های پارامتری و غیرپارامتری
۵۸	۱-۳-۴-۲-۲- آزمون روندیابی خطی (MANN KENDALL)
۵۹	۲-۳-۴-۲-۲- آزمون روندیابی پرشی (پله‌ای) (SPEARMAN RHO)
۶۰	۴-۴-۲-۲- نتایج آزمون‌های روندیابی
۷۰	۳-۲- منابع و مراجع

## فصل ۳- گردآوری تصاویر ماهواره‌ای و پردازش آن‌ها (سنجش از دور)

۷۲	۱-۳- مقدمه
۷۲	۲-۳- کلیاتی در رابطه با سنجنده TOMS
۷۳	۳-۳- تعریف شاخص غبار آلودگی TOMS-AI
۷۴	۴-۳- گردآوری تصاویر ماهواره‌ای سنجنده TOMS در مقیاس کل کشور

۷۵	۳-۵- پردازش تصاویر .....
۷۵	۳-۵-۱- استخراج شاخص غبار آلودگی TOMS-AI .....
۸۲	۳-۶- تجزیه و تحلیل نتایج و تعیین نقاط فعال غبارزا در مقایسه با نتایج تحلیل های سینوپتیک .....
۸۵	۳-۶-۱- معرفی مناطق فعال غبارزای تعیین شده .....
۸۵	۳-۶-۱-۱- محدوده مطالعاتی دشت سیستان .....
۸۵	۳-۶-۱-۱-۱- حدود و موقعیت جغرافیایی منطقه .....
۸۸	۳-۶-۱-۱-۲- عوارض مهم مورفولوژی دشت سیستان .....
۸۹	۳-۶-۱-۱-۳- نوع و بافت غالب خاک منطقه .....
۹۲	۳-۶-۱-۱-۴- مشخصات اقلیمی و آب و هوای منطقه .....
۹۵	۳-۶-۱-۲- محدوده مطالعاتی هورالعظیم .....
۹۵	۳-۶-۱-۲-۱- حدود و موقعیت جغرافیایی منطقه .....
۹۵	۳-۶-۱-۲-۲- عوارض مهم مورفولوژی هورالعظیم .....
۹۷	۳-۶-۱-۲-۳- نوع و بافت غالب خاک منطقه .....
۹۷	۳-۶-۱-۲-۴- مشخصات اقلیمی و آب و هوای منطقه .....
۹۸	۳-۶-۲- تجزیه و تحلیل نتایج در مقایسه با نتایج تحلیل های سینوپتیک و شاخص غبار آلودگی TOMS-AI .....
۱۰۹	۳-۷- کلیاتی در رابطه با سنجنده MODIS .....
۱۱۰	۳-۸- انتخاب مناسب ترین ماهواره در مناطق تعیین شده مورد مطالعه .....
۱۱۱	۳-۹- تعریف پارامترهای مورد مطالعه .....
۱۱۱	۳-۹-۱- پارامتر ضخامت اپتیکی ذرات معلق .....
۱۱۲	۳-۹-۲- پارامتر نمایه آنگسترومی ذرات معلق .....
۱۱۲	۳-۹-۳- پارامتر تمرکز توده ای ذرات معلق .....
۱۱۳	۳-۱۰- گردآوری تصاویر روزانه سنجنده MODIS در مناطق تعیین شده مورد مطالعه .....
۱۱۳	۳-۱۱- پردازش تصاویر .....
۱۱۳	۳-۱۱-۱- بررسی پراکنندگی مکانی پارامترهای غبار آلودگی مورد مطالعه .....
۱۲۵	۳-۱۱-۲- بررسی توالی زمانی پارامترهای غبار آلودگی مورد مطالعه .....
۱۲۷	۳-۱۲- منابع و مراجع .....
	پیوست فصل ۳ (به صورت لوح فشرده ضمیمه شده است) .....

#### فصل ۴- بررسی نتایج و مقایسه آن با روند فعلی بیابان زایی کشور

۱۲۹	۴-۱- مقدمه .....
۱۲۹	۴-۲- پدیده خشکسالی و شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی .....
۱۳۱	۴-۳- انتخاب سه نقطه جهت بررسی پدیده خشکسالی و ارتباط آن با نتایج سنجنده TOMS .....
۱۳۳	۴-۴- گردآوری تصاویر ماهواره NOAA-AVHRR .....

۱۳۵.....	۴-۵- بررسی پدیده خشکسالی در نقاط منتخب .....
۱۴۸.....	۴-۶- معرفی مکان‌های محتمل اصلی با پتانسیل غبارزایی بالا.....
۱۵۳.....	۴-۷- منابع و مراجع .....

## فصل ۵- جمع‌بندی نتایج و ارائه پیشنهادات

۱۵۵.....	۵-۱- کلیات .....
۱۵۶.....	۵-۲- جمع‌بندی نتایج .....
۱۵۹.....	۵-۲- پیشنهاد برای ادامه انجام کار.....

# فصل ۱

## کلیات

### شامل:

- ۱-۱- کلیاتی در مورد ذرات معلق در هوا
- ۱-۲- منشأ غبار و عوامل موثر در تولید آن
- ۱-۳- مروری بر چگونگی ردیابی غبارها و مطالعه آنها
- ۱-۴- طرح مسئله و تعیین متدولوژی مشخص برای نیل به هدف
- ۱-۵- منابع و مراجع



## ۱-۱- کلیاتی در مورد ذرات معلق در هوا

### ۱-۱-۱- ذرات معلق در اتمسفر کدامند؟

ذرات معلق در اتمسفر، ذراتی شامل سولفاتها و نیتراهای حاصل از اکسیداسیون دی اکسید سولفور و اکسید نیتریک ناشی از سوختن سوختهای فسیلی، مواد آلی حاصل از اکسیداسیون ترکیبات آلی فرار، دوده ناشی از آتش سوزی ها و غبارهای معدنی که از فرآیند فرسایشی خاک به واسطه وزش بادهای شدید پدید می آیند، می باشند. در مقیاس کلی حجم ذرات طبیعی معلق در هوا از جمله نمکهای دریا و ذرات آتشفشانی، در حدود ۴ تا ۵ برابر حجم ذرات معلق در هوایی است که از فعالیت های انسانی منشأ می گیرند. اما این نسبت در برخی از مناطق، بویژه مناطق صنعتی واقع در نیم کره شمالی، به واسطه آلودگی های تولید شده توسط انسان به میزان قابل توجهی تغییر می کند، تا آنجاییکه مقدار نور رسیده از خورشید به سطح زمین و نیز چرخه طبیعی آب و هوا در این مناطق را دچار تغییرات قابل ملاحظه ای می کند. بسیاری از این قبیل ذرات به همراه نزولات جوی و یا ته نشینی مستقیم از لایه های پایینی جو خارج شده و دوباره به سطح زمین باز می گردند.

### ۱-۱-۲- انواع ذرات معلق در اتمسفر

#### ۱-۱-۲-۱- ذرات معلق آتشفشانی

ذرات معلق آتشفشانی معمولاً پس از فوران های بزرگ آتشفشانی، لایه ای را در استراتوسفر تشکیل می دهند. در این لایه، بیشترین ذرات مربوط به گاز دی اکسید سولفور می باشد که بعد از گذشت هفته ها و ماه ها همچنان در محل باقی مانده و به مرور به قطرات اسید سولفوریک تبدیل می شوند. هرچند که از آلودگی های لایه های پایین تر اتمسفر به علت اثر جاذبه و نیز بارش های جوی به مرور زمان کاسته می شود، اما آلودگی های لایه های فوقانی اتمسفر تا چندین سال باقی خواهند ماند و با گذشت زمان به حجم آنها افزوده شده و تا حدی گسترش می یابند که سراسر زمین را خواهند پوشاند [۲ و ۳].

این ذرات توسط بادهایی که در سطح استراتوسفر می وزند را در سراسر کره زمین پراکنده و حدوداً ۲ سال در استراتوسفر باقی می ماند و با انعکاس نور خورشید به خارج از اتمسفر، به مقدار قابل توجهی از مقدار نور و انرژی رسیده از خورشید به اتمسفر و سطح زمین می کاهند و باعث کاهش محسوس دمای هوا در این مناطق می گردند. سرمای نسبی که در سال ۱۹۹۳ در نیم کره شمالی به وجود آمد را می توان به عنوان یکی از اثرات لایه معلق ذرات آتشفشانی مربوط به فوران بزرگ کوه های میناتوبو دانست که حتی نشانه های بقای آن در اتمسفر تا سال ۱۹۹۵ توسط اطلاعات به دست آمده از ماهواره علمی تحقیقاتی SAGE II که با هدف ردیابی ذرات معلق آتشفشانی در مدار زمین قرار گرفت، دیده شد [۴].

پخش غبارهای آتشفشانی در اتمسفر علاوه بر کاهش نسبی دما، باعث بروز اثرات نامطلوب جوی دیگری نیز می شود. به دنبال یک فوران آتشفشانی، مقادیر عظیمی خاکستر به همراه اسید کلریدریک و گاز  $SO_2$  به استراتوسفر زمین وارد می شود. در اکثر اوقات اسید کلریدریک به علت جذب بخار آب موجود در استراتوسفر سنگین تر شده و به صورت باران های اسیدی از توده ابر متراکمی که به علت فوران آتشفشانی بالای دهانه آتشفشان پدید آمده خارج می گردد. دی اکسید سولفور نیز به اسید سولفوریک تبدیل شده و در نهایت همانند اسید کلریدریک، جذب رطوبت نموده و ذرات معلق را پدید می آورد که برای مدت زیادی در جو باقی خواهند ماند. واکنش های شیمیایی که در سطح این ذرات انجام می شوند، باعث افزایش سطح پتانسیل تولید کلرین در جو شده و ضمن انجام واکنش های مخربی با نیتروژن استراتوسفر، مقدمات تخریب لایه اوزون را فراهم می آورند.

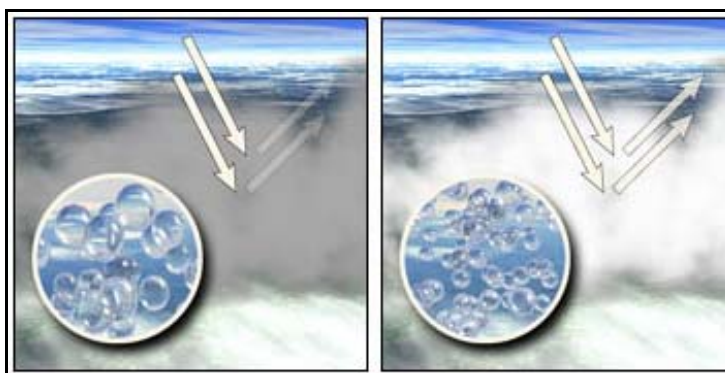
#### ۱-۲-۲-۱- ذرات معلق صنعتی

با گسترش روزافزون فعالیت های بشری که با هدف توسعه و گسترش صنایع در کشورهای توسعه نیافته و یا در حال توسعه، و پیشرفت در تولید فناوری های نوین در کشورهای صنعتی می باشد، گروه دیگری از مواد

معلق در هوا شکل گرفتند که منشأ انسانی دارند. بعد از انقلاب صنعتی تاکنون، غلظت ذرات معلق تولید شده توسط انسان از جمله مواد معلق سولفات دار به سرعت رو به افزایش بوده و امروزه از مرز طبیعی خود گذشته است. این ذرات همانند سایر ذرات معلق دیگر علاوه بر جذب درصدی از نور خورشید و انعکاس باقیمانده آن از دمای سطح زمین می کاهند. مواد معلق که منشأ صنعتی دارند عمدتاً حاوی ترکیبات سولفات دار می- باشند که گمان می رود در حدود ۳ تا ۵ روز بتوانند در اتمسفر باقی بمانند [۴].

### ۱-۱-۲-۳- غبارهای معدنی

غبارهای معدنی عمدتاً نقش مهمی در کنترل چرخه فلزات در اتمسفر کره زمین دارند. از آنجاییکه گونه- های مختلفی از باکتریها مانند سیانوباکترها، از آهن در فرآیندهای متابولیسمی خود استفاده می کنند و با تولید نیترات و آمونیوم نقش عمده ای در تعیین ترکیبات آلی اقیانوس دارند، لذا نرخ تولید ترکیبات مزبور توسط این ارگانیزمها کاملاً وابسته به نرخ ورود غبارهای حاوی مواد معدنی به اقیانوسها می باشد [۱۵]. غبارها هم چنین بستر مناسبی را برای واکنش ازن و نیتروژن فراهم می آورند و ضمن اثرگذاری بر کیفیت هوا، می توانند باکتریهای بیماریزا را نیز تا مسافت های زیادی جابه جا کنند.



شکل ۲-۱- ذرات معلق در هوا و اثرات آنها در رفتار ابرها [۵].

در شکل ۱-۱ سمت چپ، ابرهایی حاوی درصد مواد معلق کمتر، قطرات آب درشت تر و در تعداد

دیده

کمتر

می شود که از توان انعکاسی کمتری در مقایسه با ابرهای سمت راست تصویر، که به دلیل دارا بودن غلظت

بالا تری از مواد معلق، شرایط مساعدتری را برای ایجاد هسته های ابری- تشکیل قطرات آب - فراهم می کنند، برخوردارند. در حدود ۹۰ درصد از تابش نور مرئی خورشید بدون رسیدن به سطح زمین و تنها به دلیل وجود این گونه از ابرها به بیرون منعکس می شود [۵].

روی هم رفته، به دلیل عدم دانش کافی در چگونگی فرآیند توزیع غبار به لحاظ ترکیبات معدنی و قطر ذرات آنها، فرآیند انتقال و جابجایی در اتمسفر و چگونگی خروج تدریجی آنها از سیستم و از همه مهم تر ناشناخته بودن محل دقیق کانون های تولید غبار، میزان و حجم فعالیت غبارزایی این مناطق و مواردی از این قبیل، ارزیابی دقیق اثرات غبار در مدل های اقلیمی را بسیار دشوار می سازد [۱۶].

## ۱-۲- منشأ غبار و عوامل موثر در تولید آن

### ۱-۲-۱- مراکز تولید غبار در مقیاس جهانی

از جمله عوامل تعیین کننده در تولید غبار، فرآیند تغییر اقلیم و پدیده بیابان زایی در سطح جهان می باشد که از روند رو به رشدی در سطح زمین برخوردار است و خشکسالی از آن ناشی می شود. اثبات وقوع این پدیده به سهولت امکان پذیر نیست و نیازمند بررسی های آماری جامع و طولانی مدت پارامترهای جوی می باشد، هر چند روند افزایش دمای سطح زمین و افزایش غلظت گازهای گلخانه ای و نیز روند رو به رشد تولید ذرات معلق و غبارها تقریباً قطعی می باشد.

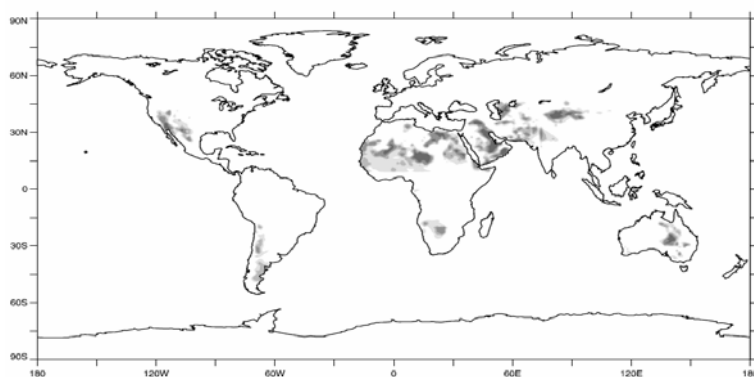
نوسان های آب و هوایی که بیابان زایی را سبب می شوند، بیشتر به کاهش میزان بارندگی، کاهش میزان رطوبت، افزایش دما به ویژه در فصل تابستان، افزایش میزان خشکی، افزایش میزان تبخیر و تعرق، وزش بادهای گرم و سوزان و کاهش پوشش گیاهی (بر اثر وزش باد) ارتباط می یابند.

باد و آب به عنوان دو عامل اقلیمی مهم که دارای تغییرات و نوسانات نسبتاً زیادی هستند در شکل گیری مناطق خشک و بیابانی نقش بسزائی را ایفا می کنند. وقوع پدیده های فرسایش آبی و بادی، در گسترش

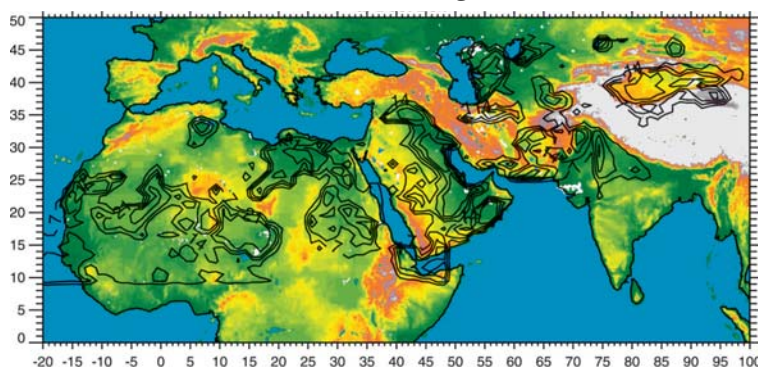
بیابان‌ها و از دست رفتن خاک‌های سطح الارضی حاصل‌خیز نقش عمده‌ای داشته و تبعات منفی خشکسالی را تشدید می‌نماید. درحقیقت می‌توان بیابان‌ها و دریاچه‌های خشکی که به علت تغییرات اقلیمی منطقه‌ای به بیابان‌هایی کوچک مبدل گشته‌اند را از جمله فعال‌ترین منابع تولید کننده غبار دانست.

مراکز تولید غبار معمولاً مناطق خشکی هستند که دارای بارش سالانه کمتر از ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر بوده و به لحاظ توپوگرافی در منطقه ای پست واقع باشند. بیشتر مناطق اصلی تولید غبار، در گذشته به طور متناوب به زیر آب رفته اند و هم اکنون پس از گذشت زمان و رسوب گذاریهای متناوب، تبدیل به مناطق آبرفتی عمیقی شده‌اند [۱۵].

بسیاری نیز مناطقی بوده اند که بشر به مدت زیادی در آن‌ها سکنی گزیده و آن‌ها را مورد بهره برداری قرار داده است، مانند دریاچه های آرال و خزر، آبرفت‌های رودخانه دجله و فرات، جنوب غربی آمریکای شمالی و سرزمین‌های شمالی چین. با این وجود بزرگترین و فعال‌ترین مراکز تولید غبار آن‌هایی هستند که فعالیت بشری در آن‌ها به چشم نمی‌خورد. همان‌طور که در شکل‌های ۱-۲ و ۱-۳ نشان داده شده است، بزرگترین و پایدارترین منابع تولید غبار در نیم کره شمالی زمین قرار دارند. این مراکز هم‌چون کمربندی از غبار، از سواحل شمال غربی آفریقا آغاز شده و ضمن عبور از خاور میانه، آسیای مرکزی و جنوبی به چین می‌رسند. به جرأت می‌توان گفت که در خارج از این محدوده به سختی می‌توان محلی را یافت که منشأ مهمی در تولید غبار باشد. به عبارت دیگر نیم کره جنوبی را می‌توان عاری از هر گونه کانون غبار دانست [۱۵].



شکل ۱-۲- کمر بند غبار



شکل ۱-۳- خطوط هم تراز نشانه وجود مراکز تولید غبار می باشد

### ۱-۲-۲- مراکز تولید غبار در داخل کشور

ایران کشور پهناوری است که بعلت موقعیت خاص و ویژگی های توپوگرافیک، از آب و هوای گوناگونی برخوردار است. میزان بارندگی متوسط سالانه آن در حدود ۲۲۴ تا ۲۷۵ میلی متر ذکر شده است، که بدین ترتیب حدود یک سوم متوسط بارندگی های خشکی ها (۸۰۰ میلی متر) و کمتر از یک سوم بارندگی متوسط کره زمین (۱۱۳۳ میلی متر) می باشد.

به همین دلیل، قسمت اعظم ایران در قلمرو آب و هوای خشک جهان قرار می گیرد. تحقیقات انجام گرفته نشان می دهد که درصد فراوانی وقوع خشکسالی و شدت آن در کشور بسیار بالا بوده که بیشترین فراوانی با ۵۰ درصد متعلق به منطقه بندرعباس می باشد و پس از آن به ترتیب زابل ۴۷٪، زاهدان ۴۳٪، یزد

۴۲٪، ایرانشهر ۴۰٪ و کرمان ۲۷٪ دارای فراوانی وقوع خشکسالی می باشند که همگی جزو مناطق خشک ایران محسوب می شوند.

به طور کلی پراکنندگی جغرافیائی مجموع درصد خشکسالی محاسبه شده در نواحی جنوبی کشور از گستردگی زیادتری برخوردار است و هرچه از بخش های جنوبی و مرکزی کشور فاصله گرفته می شود از شدت و فراوانی خشکسالی ها نیز کاسته می شود [۱۰].

دلیل این امر، تاثیر سیستم های پرفشار جنب حاره ای است که مقادیر بارندگی بخش های جنوبی کشور را نسبت به بخش های شمالی و غربی به طور محسوس کاهش داده و مانع از تاثیر سیستم های شمالی و غربی به این مناطق می شود. به طور کلی باید گفت که وقوع خشکسالی از ویژگی های اصلی آب و هوای ایران محسوب می شود که هم در قلمرو آب و هوای مرطوب و هم خشک قابل مشاهده است. این حالت در نتیجه وجود نوسانات آب و هوایی شدید در مقیاس های مختلف زمانی حاصل می شود. ویژگی های خشکسالی ایران نشان می دهد که به طور کلی هیچ منطقه ای از کشور، از این پدیده در امان نبوده و به نسبت موقعیت طبیعی خود اثرهای این پدیده مخرب را تجربه می نماید و بخش های جنوبی، شرقی و مرکزی کشور به علت نوسانات بیشتر در مقادیر بارندگی، از آسیب پذیری زیادتری برخوردار هستند [۱۰].

در ایران، بخش عمده ای از ناحیه مرکزی و جنوبی کشور تحت پوشش کویر و بیابان است که کویرهای لوت و نمک از آن جمله اند. طبق آمارها و گزارشات موجود، خطوط همباران اصلی که ناحیه کویری ایران را در بر می گیرند، عمدتاً ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی متر می باشند که البته در بعضی مناطق نظیر قسمت شمالی حوضه مرکزی، این مقادیر به ۲۵ و ۵۰ میلی متر نیز کاهش می یابد که نشانگر خشکی شدید منطقه است. تبخیر از سطح این حوضه ها نیز بسیار زیاد و به بیش از ۲۵۰۰ میلی متر در سال بالغ

می‌گردد ( میانگین تبخیر سالانه در شهرستان طبس در استان خراسان حدود ۴۰۷۵ میلی‌متر گزارش شده است) [۱۰].

### ۱-۲-۳- عوامل مؤثر در تولید غبار [۱۷]

امروزه برای یافتن تمام عوامل مؤثر در تولید غبار، تحقیقات و پژوهش‌های فراوانی در حال انجام می‌باشد. برخی از مهم‌ترین این عوامل عبارتند از:

۱. تندبادها (بادهایی که سرعت آنها از سرعت آستانه، سرعتی که در آن فرآیند فرسایش توسط باد آغاز

می‌گردد، بیشتر باشد).

۲. کمبود پوششی که اندازه حرکت ناشی از نیروی وزش باد به ذرات را کاهش دهد، پوشش‌های گیاهی (چمنزارها و سخره‌ها از بهترین لایه‌های محافظ خاک در مقابل فرسایش می‌باشد)، موانع طبیعی

هم‌چون تخته‌سنگها و مصنوعی مانند سنگ فرشها و هر ترکیب مشابهی که اثر بالا را نتیجه دهد. هرگاه سیستمی از ذراتی با قطرهایی در محدوده ۸۰ تا ۱۲۰ میکرون تشکیل شده باشد، فرآیند فرسایش توسط باد در سرعت‌های کمتری به وقوع خواهد پیوست. به عبارت دیگر، سرعت آستانه فرسایش باد کاهش خواهد یافت.

۳. کمبود چسبندگی بین ذرات، که خود به میزان رطوبت خاک بستگی دارد.

۴. افزایش ضریب دراگ با سرعت باد.

### ۱-۲-۴- محتمل‌ترین مراکز تولیدکننده غبار [۱۷]

با توجه به عوامل بالا، موارد زیر را می‌توان به عنوان محتمل‌ترین مراکز تولیدکننده غبار دانست:

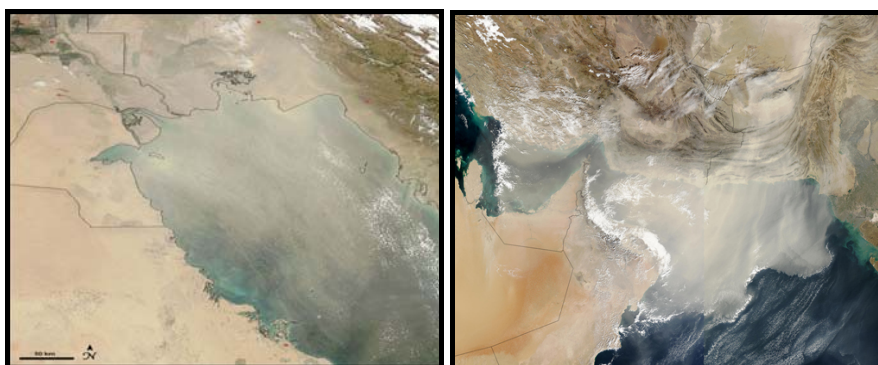


۱. نقاطی که فاقد هر گونه پوشش گیاهی و سنگی هستند و یا به دلایلی از این گونه پوششها به طور پراکنده برخوردار می باشند.
۲. رسوبهای شنی که با جریانهای زودگذر رودخانه های فصلی به روی یکدیگر انباشته شده اند. این رسوبات به دلیل داشتن اندازه کوچک و سطحی صاف، فاقد دانه بندی مقاوم در برابر فرسایش می باشند و به دلیل داشتن حداقل سرعت آستانه، به راحتی توسط باد فرسوده می شوند. حتی در صورت شنی نبودن رسوبات، خاکهایی از جنس سیلت و رس نیز با مشکل مشابهی روبه‌رو خواهند بود. طولانی بودن سطح بادگیر که منجر به افزایش غیر خطی شار جریان با افزایش فاصله خواهد شد.
۳. صافی و هموار بودن، که اگر از حدی کمتر باشد، منجر به کاهش سرعت اصطکاک آستانه و نیز کمتر شدن اثر به دام افتادن دانه ها در یکدیگر خواهد شد. نبود ناهماری در سطوح، از ضریب دراگ کاسته و در افزایش سرعت مفید خواهد بود.
۴. بسترهای رسوبی آشفته و فاقد پیوستگی و انسجام مناسب.
۵. بسترهای رسوبی ضخیم.
۶. مناطقی که به لحاظ توپوگرافی در نقاطی واقع شده‌اند که محل عبور بسیاری از تندبادها می باشند.
۷. دریاچه های خشک شده، هامون‌ها و دریاچه‌های نمک که رطوبت خاک در آنها بسیار پایین می باشد.
۸. طوفانهای شدید.

## ۱-۲-۵- چند مثال

در زیر به چند نمونه از تصاویر ماهواره ای گرفته شده از توده های غبار تولید شده از مراکز تولید غبار در کشور اشاره می شود:

در شکل ۱-۴ الف، که توسط سنجنده MODIS که روی ماهواره علمی تحقیقاتی مرکز مطالعات فضایی آمریکا NASA با نام TERRA نصب شده و در ماه دسامبر سال ۲۰۰۳ میلادی از فراز خلیج فارس و دریای عمان تهیه شد، گستردگی این پدیده و میزان غلظت آن کاملاً پیداست. از شکل ۱-۴ ب، نیز که توسط همین سنجنده و در ماه ژانویه سال ۲۰۰۵ میلادی از فراز خلیج فارس تهیه شده است، می توان ابرهای عظیمی را که در حقیقت توده بزرگی از غبار می باشند را به وضوح مشاهده نمود. توده غبار ضمن عبور از سواحل جنوبی ایران و مرزهای عراق، به سوی اقیانوس آرام در حرکت می باشد. در شکل ۱-۴ ج، نیز توده غبار غلیظی که بر سطح خلیج فارس در حال ته نشین شدن می باشد نشان داده شده است. این توده بستر مناسبی را برای رشد فیتوپلانکتون ها فراهم می آورد [۶].



(ب)

(الف)



(ج)

شکل ۱-۴- توده غبار بر فراز خلیج فارس و دریای عمان (الف) و (ب)، توده غبار ته نشین شده بر سطح خلیج فارس، بستر مناسبی را برای رشد فیتوپلانکتون‌ها فراهم آورده است. (ج)

### ۳-۱- مروری بر چگونگی ردیابی غبارها و مطالعه آن‌ها

پدیده غبار و طوفان‌های مرتبط با آن از طرق بسیاری قابل مطالعه و بررسی می باشند که از جمله

مهم‌ترین این موارد می توان به سه مورد زیر اشاره نمود:

۱. اطلاعات حاصل از مشاهدات و اندازه‌گیری‌های زمینی (سنجش از نزدیک).

۲. اطلاعات حاصل از مشاهدات و اندازه‌گیری‌های ماهواره ای (سنجش از دور).

۳. تجهیزات LIDAR.

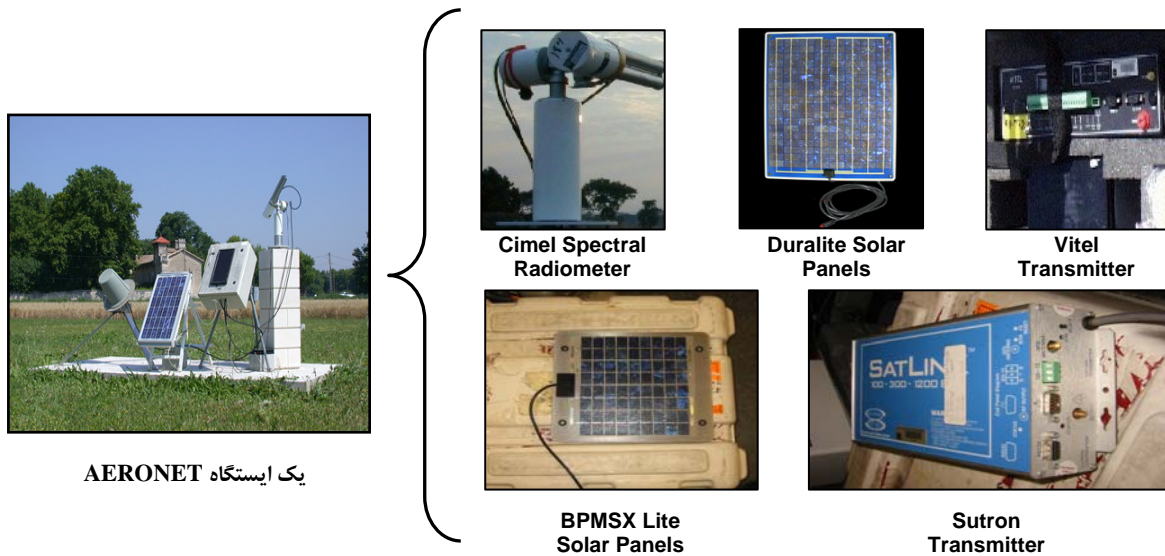
۴. مدل‌های عددی رفتاری و مدل‌های هواشناسی.

در اینجا با توجه به اهمیت دو مورد اول نسبت به سایرین، تنها مختصری در ارتباط با سنجش از نزدیک و

سنجش از دور توضیح داده می‌شود [۱۴].

#### ۱-۳-۱- مشاهدات زمینی (سنجش از نزدیک)

یکی از موفق ترین شبکه های کنترل زمینی ذرات معلق در هوا، شبکه بین المللی AERONET<sup>1</sup> می باشد و حدوداً دارای ۳۸۵ عدد تجهیزات کنترل کننده است که به صورت کاملاً تصادفی در سراسر جهان پراکنده شده اند (شکل ۱-۶). با استفاده از فوتومترهای خورشیدی ایستگاه AERONET که در شکل ۱-۵ نشان داده شده اند، تعیین خواص میکروفیزیکی و نوری ذرات معلق در هوا انجام می شود.



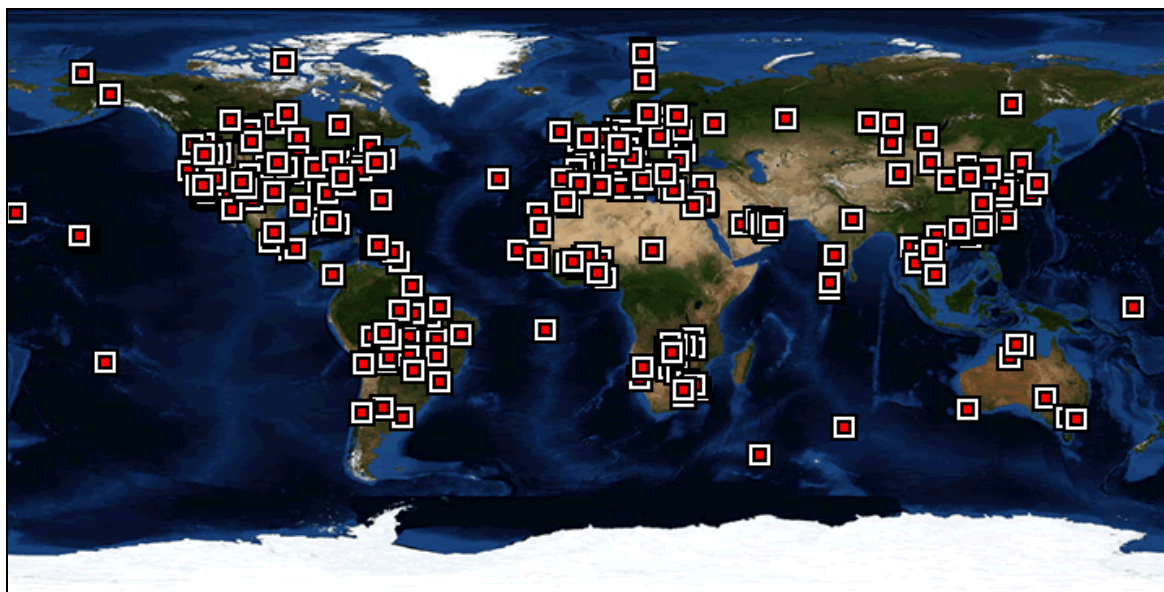
یک ایستگاه AERONET

شکل ۱-۵- شمایی از اجزای اصلی یک ایستگاه زمینی AERONET

این شبکه توسط سازمان ملی هوا فضای آمریکا، NASA و با همکاری مرکز (LOA-PHOTONS)

CNRS در سراسر دنیا گسترده شده است (شکل ۱-۶).

<sup>1</sup> AErosol RObotic NETwork



شکل ۱-۶- شمایی از پراکنش ایستگاه‌های زمینی AERONET در سراسر دنیا

شبکه AERONET متشکل از یک سیستم خودکار سنجش ذرات معلق می‌باشد که هر ۱۵ دقیقه یکبار به طور مستقیم اندازه‌گیری‌های خورشیدی را انجام می‌دهد و ساعت به ساعت شبانه روز در هشت باند طیفی مختلف به عکس برداری از آسمان می‌پردازد.

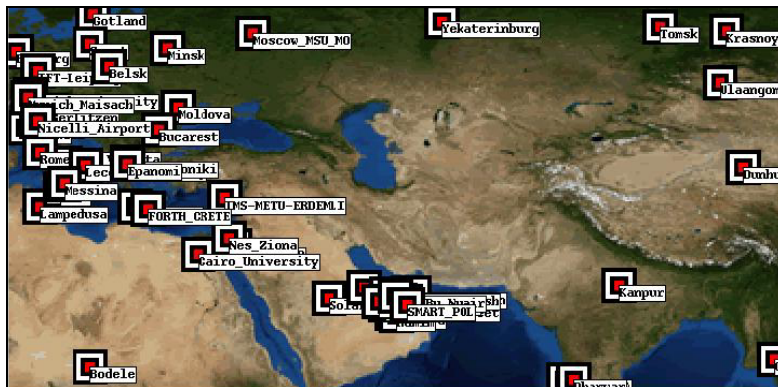
اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری‌های شبانه روزی ذرات معلق در هوا عبارتند از:

۱. Aerosol Optical Thickness
۲. Angstrom Exponent
۳. Particle Size Distribution
۴. Single Scattering Albedo
۵. Phase Function
۶. Complex Refractive Index
۷. Spectral Flux

هر یک از داده‌های بالا در مطالعات ذرات معلق در هوا بسیار ارزشمند می‌باشند. این اطلاعات، به منظور تعیین اعتبار مشخصات نوری به‌دست آمده از ماهواره‌ها در مشاهدات بلند مدت به کار می‌روند. اگرچه اطلاعاتی که از شبکه AERONET در ارتباط با خواص ذرات معلق به‌دست می‌آید، حاصل اندازه‌گیری مستقیم نیست، اما معتبرترین اطلاعاتی می‌باشند که تاکنون برای محدوده بزرگی از کره زمین، بر

مبنای داده‌های دراز مدت به دست آمده است. به دلیل بروز پاره ای مسائل در مطالعاتی از این قبیل، از دقت مشاهدات و نتایج حاصل از فناوری سنجش از دور به علت ورود خطاهای متعدد کاسته می‌شود و مشاهدات و اندازه گیری‌هایی که در محل انجام می‌شوند (ترکیبات شیمیایی و توزیع اندازه ذرات ...) به منظور تفسیر بهتر اطلاعات به دست آمده و هم‌چنین مقایسه منطقی آن‌ها به کار می‌روند [۱۸].

متأسفانه از ایستگاه‌های این شبکه، تنها تعداد انگشت شماری در کشورهای همسایه از قبیل امارات متحده عربی، عراق، پاکستان و سایر کشورهای مجاور موجود می‌باشند و همان‌طور که در شکل ۱-۷ نشان داده شده است، پراکندگی باز و وسیع ایستگاه‌های موجود در منطقه، باعث می‌گردد که مناطق وسیعی از وجود این ایستگاه‌ها بی‌بهره باشند. کشور ما نیز علیرغم دارا بودن سهم قابل توجهی در تولید غبار منطقه، از وجود این ایستگاه‌ها بی‌بهره بوده و جهت کنترل و تطبیق اطلاعات ماهواره ای با واقعیت، راهی جز استفاده از اطلاعات سینوپتیکی ایستگاه‌های سازمان هواشناسی کشور نخواهیم داشت.



شکل ۱-۷- شمایی از پراکنش ایستگاه‌های زمینی AERONET در خاورمیانه

از جمله اطلاعات سینوپتیکی مفیدی که از ایستگاه‌های سازمان هواشناسی کشور، بسته به ضرورت و نوع کاربرد در قالب اطلاعات ماهانه و یا سالانه قابل تهیه می‌باشند، می‌توان به تعداد روزهای غبار آلود و هم‌چنین تعداد روزهای با بعد دید محدود در ماه، دمای حداقل و حداکثر روزانه، سرعت متوسط و حداکثر باد، میزان بارش و رطوبت نسبی و فشار از سطح دریا اشاره نمود.

## ۱-۳-۲- مشاهدات ماهواره ای ( سنجش از دور)

به طور کلی سنجش از دور را می توان تکنولوژی کسب اطلاعات و تصویربرداری از زمین با استفاده از تجهیزات هوانوردی مثل هواپیما، بالن یا تجهیزات فضایی مثل ماهواره نامید. به عبارت دیگر، سنجش از دور علم و هنر به دست آوردن اطلاعات در مورد هر موضوع تحت بررسی به وسیله ابزاری است که در تماس فیزیکی با آن نباشد. مزیت برتر اطلاعات ماهواره ای نسبت به سایر منابع اطلاعاتی، پوشش تکراری آن ها از نواحی معین با فاصله زمانی مشخص است. در سنجش از دور، انتقال اطلاعات با استفاده از تشعشعات الکترو مغناطیسی<sup>۱</sup> (EMR) انجام می گیرد [۱۴].

فناوری سنجش از دور به دلیل وسعت منطقه ای که مورد پایش قرار می دهد، همواره به عنوان یکی از کارآمدترین روشها در مطالعه همزمان پدیده های مختلف اقلیمی، اتمسفری و فرآیندهای هیدرولوژیکی مد نظر محققان بوده است. از آنجائیکه وجود غبار و ذرات معلق در اتمسفر، منجر به کاهش دقت در اندازه گیریها و محدودیت در پایش سطح زمین می گردد، از دیر باز مورد توجه خاص دانشمندان مرتبط با علوم و فناوری سنجش از دور قرار گرفته است. فرآیند کلی و عناصر مؤثر در سنجش از دور الکترومغناطیسی منابع زمین را می توان در دو فرآیند مبنایی، شامل اخذ داده و تجزیه و تحلیل آن ها خلاصه نمود که عبارتند از:

۱. منبع انرژی
۲. انتشار انرژی از میان جو
۳. فعل و انفعالات انرژی بر اثر برخورد با عوارض سطحی زمین
۴. سنجنده های هوایی و یا فضایی
۵. انتقال اطلاعات کسب شده

<sup>۱</sup> Electro Magnetic Radiation

۶. دریافت اطلاعات اولیه و تولید داده به صورت رقومی و یا تصویری

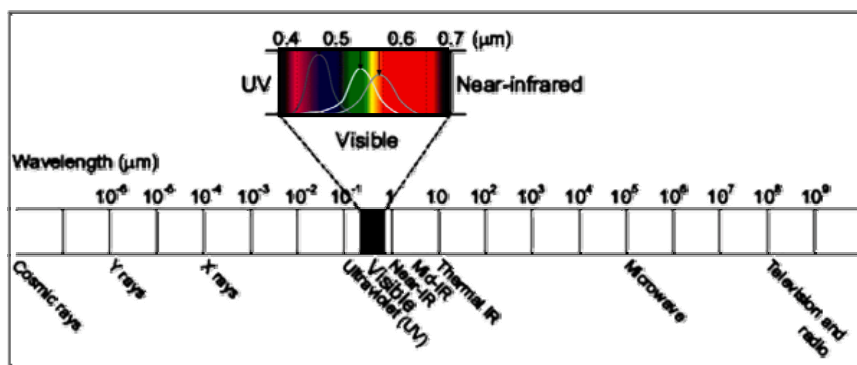
۷. فرآیند تجزیه و تحلیل داده، شامل بررسی و تعبیر و تفسیر داده ها با بکارگیری وسایل مختلف

دیداری و کامپیوتری به منظور آنالیز داده‌های حاصل از سنجنده [۱۴].

### ۱-۳-۲-۱- طیف الکترومغناطیس

تابش الکترومغناطیسی به علت اتم‌ها و مولکول‌های موجود در مواد می‌باشد. اتم‌ها حاوی هسته‌هایی با بار مثبت بوده که توسط الکترون‌های اربیتال در برگرفته شده اند که دارای تراز مجزای انرژی می‌باشند. انتقال الکترون‌ها از تراز به تراز دیگر باعث تابش اشعه‌هایی با طول موج‌های مجزا می‌شود. در نتیجه طیفی به نام طیف الکترومغناطیسی ایجاد می‌شود. این طیف که از یک شیء با دمای بیشتر از صفر کلونین گسیل می‌شود، منبع معمول داده‌های سنجش از دور است.

در سنجش از دور، طبقه بندی امواج الکترومغناطیسی بر اساس موقعیت طول موج آن‌ها در طیف الکترومغناطیس انجام می‌گیرد (شکل ۱-۸). متداول‌ترین واحدی که برای اندازه‌گیری طول موج در طیف الکترومغناطیس مورد استفاده قرار می‌گیرد، میکرومتر است. هم‌چنین باید توجه داشت که بخش‌های طیف الکترومغناطیسی به کار رفته در سنجش از دور در امتداد یک طیف پیوسته قرار می‌گیرند که مقدار آن‌ها نسبت به یکدیگر تا حد توان ده (به‌طور پی در پی) تفاوت دارد [۱۴].



شکل ۱-۸- طیف الکترومغناطیسی.



فناوری سنجش از دور باعث استفاده از محدوده وسیعی در طیف الکترومغناطیسی شامل امواجی با طول موج بسیار کوتاه (اشعه گاما) تا بسیار بلند (امواج رادیویی) می‌شود. محدوده طول موج طیف الکترومغناطیس دارای محدوده‌ای با اسامی متفاوت از اشعه گاما، اشعه X، اشعه فرابنفش، نور مرئی، اشعه مادون قرمز تا امواج رادیویی (به ترتیب از طول موج‌های کوتاهتر به بلندتر) می‌باشد. بخش مرئی چنین نموداری بی نهایت کوچک است، زیرا حساسیت طیفی چشم انسان بین ۰/۴ میکرومتر تا ۰/۷ میکرومتر است. به طوریکه رنگ آبی تقریباً بین طول موج ۰/۴ میکرومتر تا ۰/۵ میکرومتر، رنگ سبز تقریباً بین طول موج ۰/۵ میکرومتر تا ۰/۶ میکرومتر و رنگ قرمز تقریباً بین طول موج ۰/۶ میکرومتر تا ۰/۷ میکرومتر می‌باشد. محدوده طیف الکترومغناطیس قابل دید توسط چشم انسان (سیگنال‌ها از طریق گیرنده‌های چشم به مغز برده می‌شود و تفاوت بین آن‌ها، حس تشخیص رنگ‌ها را به انسان می‌دهد). انرژی ماوراء بنفش به انتهای نور آبی بخش طیف مرئی متصل است. در انتهای نور قرمز محدوده طیف مرئی، سه نوع امواج مادون قرمز وجود دارد که عبارت هستند از [۱۴]:

۱. مادون قرمز نزدیک: از ۰/۷ میکرومتر تا ۱/۳ میکرومتر.

۲. مادون قرمز میانی: از ۱/۳ میکرومتر تا ۳ میکرومتر.

۳. مادون قرمز حرارتی: بیش از ۳ میکرومتر.

در طول موج‌های بیشتر (۱ میلی متر تا ۱ متر)، بخش امواج کوتاه (مایکرو ویو) طیف وجود دارد. اکثر سیستم‌های سنجش متداول در یک یا چندین بخش از قسمت‌های مرئی، مادون قرمز یا مایکرو ویو طیف الکترومغناطیس فعالیت می‌کنند. به عبارت دیگر هر یک از سیستم‌های سنجنده به نواحی خاصی از طیف الکترومغناطیس حساس بوده و قسمتی از خصوصیات طیفی اجسام را ثبت می‌کنند. به عنوان مثال دستگاه‌های عکسبرداری معمولی نسبت به انرژی نور مرئی و نزدیک به آن یعنی طول موج‌های ۰/۳ تا ۱/۲

میکرون حساسیت دارند؛ سنجنده های اسکن کننده مادون قرمز حرارتی عموماً به طول موج های بین ۱ تا ۲ میکرون و دستگاه های رادار به باندهایی با طول موج های خیلی بلندتر (میلی متر و متر) حساس هستند. هرچه طول موج کوتاهتر باشد، انرژی و فرکانس آن بیشتر خواهد بود و بالعکس [۱۴].

### ۱-۳-۲- عوامل مؤثر در تشکیل تصاویر

هنگامیکه انرژی تابشی در سطح زمین به هر جسم برخورد می کند، انرژی به سه شکل اصلی توسط آن ماده منعکس، منتقل یا جذب می شود. خصوصیات انرژی های ایجاد شده بر اساس شرایط و نوع مواد موجود در زمین بسیار متفاوت است و این بدان معناست که بعضی از اجسام در مقابل یک طول موج بخصوص دارای خاصیت انعکاسی بوده ولی در یک طول موج دیگر دارای خاصیت جذب و انتقال انرژی هستند. مجموعه یک چنین پدیده هایی بر روی تصاویر مختلف، رنگ یا تن های بخصوصی ایجاد کرده و به چشم اجازه می دهد اشکال مختلف موجود در تصاویر را از هم تشخیص دهد.

خصوصیات انرژی های ایجاد شده بر اساس شرایط و نوع مواد موجود در زمین بسیار متفاوت است و این تفاوت ها باعث شناسایی پدیده های مختلف توسط چشم می شود [۱۴].

### ۱-۳-۲-۳- فعل و انفعال انرژی در اتمسفر و سطح زمین

نور خورشید هنگام عبور از اتمسفر توسط مولکول ها و ذرات معلق اتمسفر تحت تاثیر قرار گرفته، بازتاب<sup>۱</sup>، پخش<sup>۲</sup> یا جذب<sup>۳</sup> می شود. این روش تغییر و تحلیل در شدت نور خورشید باعث ایجاد رنگ ها می شود. به عنوان مثال رنگ آبی آسمان در طول روز به علت انتشار طیف آبی در اتمسفر است. علت رنگ آبی آسمان در روز انتشار طیف آبی در اتمسفر است (تمام طول موج های کوتاهتر پس از طی مسافتی منتشر می شوند و فقط طول موج های بلندتر به سطح زمین می رسند). تمام مواد از اتم ها و مولکول هایی با ترکیب

<sup>1</sup> Reflection

<sup>2</sup> Scattering

<sup>3</sup> Absorption

مشخص تشکیل شده‌اند. بنابراین هر ماده تشعشعات الکترومغناطیس را به یک شکل واحد و تحت یک طول موج مشخص که مرتبط با تراز انرژی درونی آن می‌باشد، جذب، بازتاب یا منتشر می‌کند که خصوصیات واحد مواد یا خصوصیات طیفی نامیده می‌شود. به عنوان مثال، دلیل این که برگ برخی از گیاهان سبز به نظر می‌رسد این است که کلروفیل، طیف آبی و قرمز را جذب و طیف سبز را منعکس می‌کند. علت رنگ سبز پوشش گیاهی، بیشترین انعکاس طیف سبز است.

#### ۱-۳-۲-۴- پلاتفورم‌ها<sup>۱</sup>

حامل یا ناقل سنجنده‌های دورسنجی، پلاتفورم یا سکو نامیده می‌شود. انواع معمول آن‌ها ماهواره‌ها و هواپیماها هستند ولی وسایل دیگری نظیر هواپیماهایی با کنترل رادیویی و بالون‌ها نیز برای سنجش از دور با ارتفاع کم مورد استفاده قرار می‌گیرند. به طور کلی فاکتور کلیدی برای انتخاب یک پلاتفورم، بلندی می‌باشد زیرا تعیین وضوح زمین بستگی به میدان دید لحظه‌ای<sup>۲</sup> (IFOV) سنجنده روی سکو دارد.

#### ۱-۳-۲-۵- سنجنده‌ها

اندازه گیری و ثبت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی جو و سطح زمین از فاصله دور به وسیله ابزارهای ویژه ای بنام سنجنده انجام می‌گیرد که بر روی سکوه‌های مختلف مانند ماهواره‌ها و هواپیماها نصب می‌شود. سنجنده‌ها به دو گروه غیرفعال<sup>۳</sup> و فعال<sup>۴</sup> تقسیم می‌شوند [۱۴].

سنجنده‌های غیرفعال از قابلیت تشخیص تشعشعات الکترومغناطیس منعکس شده از منابع طبیعی زمین برخوردار می‌باشند. سنجنده‌های فعال نیز توانایی دریافت پاسخ‌های منعکس شده از پدیده‌هایی که توسط منابع انرژی مصنوعی مثل رادار، مورد تابش قرار گرفته اند را دارا می‌باشند.

<sup>1</sup> Platform

<sup>2</sup> Instantaneous Field of View

<sup>3</sup> Passive Sensors

<sup>4</sup> Active Sensors

مشخصات اپتیکی و شیمیایی ذرات معلق در هوا، از طریق حسگرهای مختلفی که روی ماهواره های تحقیقاتی نصب می‌شوند، نظیر سنجنده‌های MISR, MODIS, AVHRR, SeaWiFS, POLDER و TOMS و اخیراً نیز CALIPSO, قابل مطالعه خواهند بود.

می‌توان معرفت زمان، در استفاده از سنجنده‌های ماهواره‌ای در سنجش از دور ذرات معلق را به سه دسته عمده تقسیم نمود:

۱. حسگرهایی که با چند طول موج کار می‌کنند (مانند MODIS).

۲. حسگرهایی که در چندین زاویه کار می‌کنند (مانند MISR).

۳. حسگرهایی که به پولاریزاسیون نور توسط ذرات حساس هستند (مانند POLDER).

#### ۱-۳-۲-۵-۱ حسگرهایی که با چند طول موج کار می‌کنند

این حسگرها عملیات سنجش را با چندین طول موج متفاوت انجام می‌دهند که با توجه به این نکته که اثر ذرات معلق در طول موج‌های مختلف، متفاوت می‌باشد، این حسگرها بسیار مفید خواهند بود. با بهره گیری از این حقیقت، می‌توان به اندازه ذرات معلق در هوا و بازتابش سطح آن‌ها پی برد. به دلیل نوع عملکرد این گونه از حسگرها، لازم است که سطحی که در معرض تابش قرار می‌گیرد، از خاصیت بازتابندگی کمی بر خوردار باشد (تاریک باشند).

#### ۱-۳-۲-۵-۲ حسگرهایی که در چندین زاویه کار می‌کنند

این گروه از حسگرها هدف مورد نظر خود را با زوایای مختلفی مشاهده می‌کنند. به علت تفاوت‌هایی که در انعکاس ذرات معلق در هوا و سطوح زمین در زوایای تابش مختلف مشاهده می‌شود، می‌توان با جدا

کردن اثر انعکاس سطح زمین از انعکاس ذرات معلق در هوا، نیاز به وجود داشتن اهدافی تیره مرتفع می‌گردد.

### ۱-۳-۲-۵-۳- حسگرهایی که به پولاریزاسیون نور توسط ذرات حساس هستند

این دسته از حسگرها با سنجش میزان پولاریزاسیون سیگنال‌های دریافتی، بدون نیاز به اطلاعات مقدماتی در مورد مشخصات سطح زمینی که ذرات معلق در آسمان در بالای آن قرار گرفته‌اند، به کار خود ادامه می‌دهد.

### ۱-۳-۲-۶- ماهواره‌های سنجش از دور مورد مطالعه

ماهواره‌هایی با گیرنده‌های راه دور برای مشاهده پدیده‌های زمین، ماهواره‌های سنجش از دور یا ماهواره‌های دید زمینی نامیده می‌شوند. این ماهواره‌ها بر اساس ارتفاع، مسیر حرکت و گیرنده‌های آنها از هم متمایز می‌شوند:

۱. QUICKBIRD, KONOS, MOS, IRS, SPOT, ASTER, LANDSAT

۲. با سیستم‌های راداری: RADARSAT, SEASAT, MAGSAT, JERS, ERS

۳. NOAA (هواشناسی)

۴. SHUTTLE (فضاپیمایی)

در ادامه به دو مورد از مهم‌ترین سنجندهایی که در این پروژه به کار خواهند آمد، اشاره می‌گردد. وجود غبار در اتمسفر بر طول اپتیکی مسیر انتقال امواج الکترومغناطیسی اثر نهاده و منجر به تغییر در میزان عبور دهندگی اتمسفر می‌گردند. یکی از سنجندهایی که در این راستا سالیان متمادی فعالیت نموده است، سنجنده TOMS می‌باشد. این سنجنده در سال ۱۹۷۹ میلادی، روی ماهواره Nimbus 7 (N7) نصب شد و

عملیات سنجش را تا سال ۱۹۹۴ میلادی ادامه داد. در سال ۱۹۹۶ میلادی این سنجنده روی ماهواره Earth Probe (EP) نصب گردید.

از اطلاعات TOMS می توان علاوه بر کنترل و سنجش اوزون، در تشخیص انواع ذرات معلق در هوا بر اساس خواص جذب و اندازه آنها استفاده نمود. اطلاعات TOMS مربوط به سالهای ۱۹۷۹ میلادی تا ۱۹۹۳ میلادی و همچنین سالهای ۱۹۹۶ میلادی تا ۲۰۰۲ میلادی قابل دسترسی می باشد. هر چند که اطلاعات مربوط به سالهای ۱۹۸۳ میلادی تا ۱۹۹۰ میلادی، به علت مسأله کنترل درجه بندی سیستم، از دقت بالایی برخوردار می باشند. به علت وابستگی اطلاعات TOMS به ارتفاع ذرات از سطح زمین و چرخه عمده ای که در ارتفاع توده ذرات معلق در فصول مختلف وجود دارد، میانگین ماهانه دوره فصلی مربوط به TOMS به طور خطی با میانگین ماهانه غبار وابسته نخواهد بود. اگرچه میزان خطای میانگین ماهانه TOMS (به عنوان مثال، تفاوت میانگین ماهانه و میانگین ماهانه اندازه گیری شده ایستگاههای زمینی، برابر با خطای مورد نظر خواهد بود.) تا حدودی به افزایش و یا کاهش میزان توده غبار بستگی دارد و این به معنی عدم نوسان قابل توجه در اختلاط قائم در سالهای مختلف می باشد [۲۳].

سنجنده مورد استفاده دیگر، MODIS، یکی از پنج سنجنده مستقر بر روی دو ماهواره TERRA و AQUA می باشد. فضاپیمای AQUA و TERRA به ترتیب در ۱۸ دسامبر سال ۱۹۹۹ میلادی و ۴ می سال ۲۰۰۲ با موفقیت به فضا پرتاب شدند و بدین ترتیب سنجنده MODIS در مدار زمین قرار گرفت. توسط این سنجنده درک ما از اتفاقات، تغییرات و فرآیندهای جهانی بر روی خشکی، اقیانوسها و اتمسفر افزایش می یابد و در نتیجه MODIS نقش حیاتی در ارائه مدل‌های سیستمی کره زمین از لحاظ تغییرات ارائه می نماید. در نتیجه می توان از تولید بسیاری از آلاینده‌ها (مثلاً غبار) در جهت نگهداری محیط زیست جلوگیری کرد. به دلیل تنوعی که در نوع و کاربری باندهای مورد استفاده در MODIS وجود دارد می توان اطلاعات

بسیار با ارزشی را در ارتباط با منشأ غبار و طوفان‌های مرتبط با آن‌ها به دست آورد. در صورتی که غلظت غبارها و ذرات معلق در هوا در حدی باشد که نتوان توسط باندهای مرئی به پایش و ردیابی آن‌ها پرداخت و از آنجاییکه MODIS در پایشهای خود علاوه بر باندهای مرئی، تعداد متنوعی از باندهای حرارتی و مادون قرمز را نیز به کار می‌گیرد، طیف وسیعی از غبارها از دید MODIS مستور نمانده و می‌توان تا حد مطلوبی از صحت نتایج مبتنی بر اطلاعات به دست آمده از MODIS اطمینان حاصل نمود [۲۴]. از جمله مطالعات و تحقیقات موردی که با استفاده از داده‌های این سنجنده انجام شده می‌توان به عنوان نمونه به موارد زیر اشاره نمود:

۱. مطالعات و پژوهش‌های انجام شده در مورد ذرات معلق در سرزمینهای آفریقای جنوبی که در

چهارچوب مطالعات مرکز تحقیقات آتش- اتمسفر آفریقای جنوبی (SAFARI) انجام پذیرفت و

گزارش آن در سال ۲۰۰۳ میلادی توسط Ichoku منتشر گردید [۲۵].

۲. مطالعات دقیق دیگری در ارتباط با غبارهای برخاسته از صحرا<sup>۱</sup> و نحوه انتقال آن به منطقه کارائیب

بر اساس اطلاعات و مشاهدات زمینی، ایستگاه‌های سینوپتیکی و اطلاعات به دست آمده از سنجنده

MODIS که به منطقه پورتوریکو و سرزمینهای مجاور آن محدود می‌شد توسط Levy انجام

پذیرفت [۲۵].

۳. در گزارش‌های حاصل از مطالعات و تحقیقات فراوانی که در رابطه با غبارها و ذرات معلق

در اتمسفر توسط Kaufman انجام شده، به اهمیت وجود اطلاعات دریافتی از سنجنده MODIS در

شناخت بهتر رفتار غبارها و ذرات معلق در اتمسفر به دفعات اشاره شده است [۲۴].

<sup>1</sup> Sahara

در حقیقت، با نصب سنجنده MODIS روی ماهواره های TERRA و AQUA، این امکان حاصل شد که بتوان مکان‌های مختلف را در روز مشاهده و پایش نمود. البته این امکان در مورد مناطقی که دارای عرض جغرافیایی بیشتری هستند، با تعداد دفعات بیشتری در روز انجام می پذیرد. به علاوه، به دلیل گستردگی و پهنای منطقه ای که تحت پوشش این سنجنده قرار می گیرد، تجهیزات MODIS را می توان از جمله اولین سنجنده های ماهواره ای قلمداد نمود که قادر به شناسایی و ردیابی ذرات ریز دانه و درشت دانه غبارهای پراکنده بر فراز اقیانوس ها است [۲۵].

از کاربردهای دیگر MODIS می توان به استفاده از اطلاعات آن برای بررسی مواردی چون قطع درختان جنگلی، مرز بندی صحراها و مناطق خشک زمین، بررسی تغییرات آب و هوایی سطح زمین مانند رطوبت و دما و مقدار برف و یخ سطح زمین اشاره نمود.

هم چنین سطح پوشش گیاهی از طریق MODIS قابل بررسی می باشد. مقدار صدمات یا یخ زدگی محصولات و منابع غذایی، بررسی نحوه آب شدن یخها، گرم شدن زمین و تاثیر آن بر روی چرخه آبی<sup>۱</sup> و هم چنین بررسی تغییرات رودخانه ها و هشدارهایی مبتنی بر سیل و مدیریت روش های آبیاری از دیگر توانایی های دیگر این سنجنده است. سنجنده MODIS اندازه گیری های روزانه ای از آب و هوای سطحی و شرایط اتمسفری مانند دما و رطوبت ارائه می کند. سنجنده MODIS را نیز می توان در مطالعه اقیانوس ها از قبیل ارزیابی صدمات وارده بر فیتوپلانکتون ها در اثر نوسانات محیطی اقیانوس ها، بکاربرد. هم چنین دانشمندان از طریق آن می توانند اثرات پدیده ELNINO را بر چرخه غذایی (محصولات دریایی) پیش بینی نمایند. در نتیجه با این اطلاعات به سرمایه گذاری دریایی و ماهی گیران جهت صید کمک شایانی می شود [۱۴].

<sup>1</sup> Hydrologic Cycle



#### ۴-۱- طرح مسئله و تعیین روش مشخص برای نیل به هدف

نظر به جوان بودن این گونه بررسی‌ها در کشور و این که پیش از این مطالعاتی از این قبیل به ندرت در کشور ما انجام گرفته است و نیز با توجه به اهمیت موضوع غبار و مسائل مرتبط با آن، در کشوری مانند ایران که در یکی از مناطق خشک جهان واقع شده است، بسیار واضح و روشن می‌باشد که سازمان‌های متولی امر محیط زیست چاره‌ای جز پرداختن به این بحث در جهت شناخت هر چه بیشتر این پدیده و رفع مشکلات مرتبط با آن نخواهند داشت. لذا با توجه به پیشرو بودن دانشگاه در مطالعاتی از این قبیل، این پایان‌نامه را می‌توان مقدمه‌ای در راه شناخت و بررسی این پدیده در کشور تلقی نمود که با توجه به اهمیت غبار، سعی در منشا یابی آن در کشور داشته و تأثیرات آن بر روند رو به رشد بیابان‌زایی و خشکسالی در کشور را مورد بررسی قرار می‌دهد.

با توجه به مطالبی که ذکر شد، در این پایان‌نامه تا حد امکان سعی در استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای و تدقیق آن با استفاده از داده‌ها و مشاهدات زمینی به‌دست آمده از ایستگاه‌های سینوپتیکی مستقر در سراسر کشور، خواهد بود.

##### ۴-۱-۱- اهداف مطالعه

لذا اهداف قابل انتظار از مطالعات انجام شده عبارتند از:

۱. تهیه نقشه مقدماتی پهنه بندی مکانی مراکز تولید غبار کشور با استفاده از تصاویر و اطلاعات سنجنده TOMS و کالیبراسیون آن به کمک اطلاعات به‌دست آمده از ایستگاه‌های سینوپتیکی سازمان هواشناسی کل کشور و مشاهدات زمینی.
۲. بررسی دقیق تر و منطقه‌ای کردن مطالعات انجام شده در مناطق فعال از نظر غبارزایی شناخته شده در گام پیش‌رو، با استفاده از تصاویر و اطلاعات به‌دست آمده از سنجنده MODIS.

۳. بررسی روند پیشرفت پدیده بیابان زایی به عنوان یکی از مهم ترین اثرات خشکسالی در کشور درمهم ترین کانون های غبارزای کشور با استفاده از تصاویر و اطلاعات به دست آمده از سنجنده NOAA-AVHRR، در مقایسه با نتایج حاصل از گام های پیشین.

#### ۱-۴-۲- محورهای مطالب فصول آینده

متدولوژی و چگونگی رسیدن به اهداف پیشنهاد شده در بالا را می توان در قالب موارد زیر عنوان نمود:

۱. بررسی منابع و گردآوری اطلاعات مورد نیاز اعم از اطلاعات سینوپتیکی ایستگاه های هواشناسی سینوپتیک سازمان هواشناسی کشور، مانند داده های ماهانه و سالانه روزهای غبار آلود، بعد دید، دمای حداقل و حداکثر روزانه، سرعت متوسط باد در کنار حداکثر سرعت باد و میزان بارش.
۲. بررسی منابع و گردآوری تصاویر ماهانه شاخص غبار آلودگی و تصاویر سنجنده TOMS.
۳. بررسی کفایت و کیفیت داده ها به روش های معتبر و در صورت لزوم تبدیل ساختار داده ها به اطلاعات قابل استفاده و بازسازی و ترمیم سری زمانی اطلاعات به روش های معتبر.
۴. تعیین دوره پایه آماری مشترک و استخراج نرمال های اقلیمی درازمدت در هر ایستگاه.
۵. تحلیل فراوانی وقوع و شدت طوفان غبار در هر ایستگاه.
۶. بررسی همبستگی مکانی اطلاعات ایستگاهی و انتخاب روش مناسب درونیایی.
۷. پردازش تصاویر شامل زمین مرجع بودن، جداسازی مرز ایران، استخراج شاخص غبار آلودگی.
۸. تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از مطالعات انجام شده.
۹. تهیه نقشه هم مقدار متغیرهای فراوانی وقوع و شدت غبار آلودگی.
۱۰. شناسایی مناطق حساس و انتخاب دو کانون فعال غبارزا.

۱۱. بررسی منابع و گردآوری اطلاعات مورد نیاز از سنجنده MODIS برای دو کانون فعال غبارزای تعیین شده با توجه به سری زمانی مشخص شده برای وقوع پدیده غبارزایی.
۱۲. پردازش تصاویر شامل زمین مرجع بودن، جداسازی مرز مناطق مورد بررسی و انجام بررسی های دقیق تر در دو کانون فعال غبارزای تعیین شده.
۱۳. بررسی روند پیشرفت پدیده بیابان زایی به عنوان یکی از مهم ترین اثرات خشکسالی در کشور درمهم ترین کانون های غبارزای کشور با استفاده از تصاویر و اطلاعات به دست آمده از سنجنده NOAA-AVHRR، در مقایسه با نتایج حاصل از گام های پیشین.
۱۴. پیش بینی مکان هایی که در آینده دارای پتانسیل غبارزایی به صورت فعال خواهند بود.

## ۱-۵- منابع و مراجع:

مراجع اینترنتی مرتبط:

1. <http://iridl.ldeo.columbia.edu>
2. <http://www.ogp.noaa.gov/ace-asia/aerosols/index.htm>
3. [http://www.doc.mmu.ac.uk/aric/eae/Global\\_Warming/Older/Aerosols.html](http://www.doc.mmu.ac.uk/aric/eae/Global_Warming/Older/Aerosols.html)
4. <http://www-sage3.larc.nasa.gov/solar/learning-volcano.html>
5. <http://earthobservatory.nasa.gov/Library/Aerosols/Images/>
6. <http://www.parstimes.com/MODIS/>
7. <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/Archive/>
8. <http://aeronet.gsfc.nasa.gov>
9. <http://earthobservatory.nasa.gov/cgi-bin/texis/webinator>
10. <http://www.weather.ir> (سازمان هواشناسی کل کشور)
11. <ftp://toms.gsfc.nasa.gov/>
12. <http://www.atmos.washington.edu/~cheeka/TOMS/>
13. <http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/>
14. <http://www.ngdir.com/> (پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور)

مقالات مرتبط:

15. Prospero, J., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S.N. and Thomas E. Gill, 2002, "Environmental Characterization of Global Sources of Atmospheric Soil Dust Identified with the NIMBUS 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) Absorbing Aerosol Product", Journal of American Geophysical Union.
16. Ginoux, P., Torres, O., 2002, "Empirical TOMS index for dust aerosol: Applications to model validation and source characterization", Journal of Geophysical Research, Vol.108, No. D17.
17. Gillette, A., 1998, "A Qualitative Geophysical Explanation for "Hot Spot" Dust Emitting Source Regions", Journal of Desert Research, Vol.25, No.1 P.134-136.
18. Li, Z., 2003, "A perspective over East Asia". Journal of Aerosol and Climate, Vol.18, No.11 P.114-126.

19. Bhartia, P.K. and Charles W.Wellemyer, 2001, "TOMS-V8 Total O3 Algorithm", McGrawHill, (Chapters 1, 2, 3 and 8).
20. Murayama, T., 1999, "Lidar Network Observation of Asian Dust over Japan in spring".
21. GENTRY, B.M., 2001, "Tropospheric wind measurements obtained with the Goddard Lidar Observatory for Winds (GLOW): Validation and Performance", Journal of Aerosol and Climate, Vol.8, No.9 P.104-116.
22. Chu, D.A., 2000, "Validation of MODIS aerosol optical depth retrieved over land", Journal of Aerosol and Climate, Vol.12 No.11 P.94-106.
23. Mahowald, N.M., Bryant, R.G., Corral, J.D., 2003, "Ephemeral lakes and desert dust sources", Journal of Desert Research, Vol.23, No.1 P.114-126.
24. Kaufman, Y.J., Koren, I., Remer, L.A., Tanre, D., Ginoux, P., and S. Fan, 2001, "Dust transport and deposition observed from the TERRA-Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) spacecraft over the Atlantic Ocean", Journal of Aerosol and Climate, Vol.8, No.9 P.75-96.
25. Ichoku, C., Kaufman, Y.J., Remer, L.A. and R. Levy, 2003, "Global aerosol remote sensing from MODIS", Journal of Science Systems and Applications, Inc.
26. Legrand, M. and A. Plana-Fattori, 2001, "Satellite detection of dust using the IR imagery of Meteosat 1.Infrared difference dust index", Journal of Aerosol and Climate, Vol.8, No.9 P.35-46.
27. Chung, C.E. and V. Ramanathan, 2002, "South Asian Haze Forcing: Remote Impacts with Implications to ENSO and AO", Journal of Remote Sensing, Vol. 6, No.3 P.65-76.
28. Gonzalez, C., Schaap, M., Leeuw, G. And M. van Loon, 2003, "Spatial variation of aerosol properties derived from satellite observations", Journal of Aerosol and Climate, Vol.8, No.9 P.85-95.
29. Omar, A.H., Winker, D and Jae-Gwang Won, 2002, "Aerosol models for the CALIPSO Lidar inversion algorithms", Journal of Remote Sensing, Vol. 6, No.3 P.35-46.
30. Barnum, B.H., 2002, "Forecasting dust storms using CARMA-dust model and MM5 weather data", Journal of Remote Sensing, Vol. 6, No.3 P.76-96.

