

## پایش ریزگردها با استفاده از تصاویر چند طیفی ماهواره مادیس در جنوب غربی ایران

محمدابراهیم عقیقی<sup>۱</sup>

تاریخ وصول: ۱۳۹۶/۴/۲۹، تاریخ تایید: ۱۳۹۶/۸/۲۰

### چکیده

امروزه به همراه پیشرفت‌های صورت گرفته در توسعه سنجنده‌های سنجنش از دور، موجب توجه ویژه بسیاری از پژوهشگران علوم زمین به این فناوری شده است. از جمله ویژگی‌های داده‌های سنجنش از دور می‌توان به مواردی از قبیل برداشت اطلاعات رادیومتریکی و هندسی، دوره زمانی کوتاه اخذ اطلاعات از منطقه موردنظر، تنوع در سنجنده‌ها به منظور دریافت اطلاعات متفاوت و غیره اشاره نمود. در میان کاربردهای گوناگون این داده‌ها، شناسایی و طبقه‌بندی طوفان‌های گردوغبار در دو دهه اخیر، اهمیت قابل توجهی دارند.

هدف این تحقیق پایش گردوغبار در منطقه جنوب غربی ایران با استفاده از داده‌های ماهواره مادیس است. در این تحقیق از تصاویر مادیس سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۱۵ استفاده شده است. با توجه به مطالعات صورت گرفته مشاهده شده که در این زمینه مدل‌های مختلفی در تحقیقات پیشین ارائه گردیده است. در گام اول این تحقیق به ارزیابی عملکرد مدل‌های پایش ریزگردها در منطقه جنوب غربی ایران پرداخته شده است. سپس با بررسی‌های صورت گرفته، الگوریتم طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری انطباقی ارائه شده است. انطباقی بودن در این الگوریتم به این معناست که در این روش پارامترها برای طبقه‌بندی هر تصویر با استفاده از ویژگی‌های همان تصویر تعیین شده است. پس از آن با استفاده از مدل HYSPLIT به پیش‌بینی خط سیر حرکت گردوغبار پرداخته شده است. به منظور بررسی عملکرد روش‌های طبقه‌بندی کننده از ۸ تصویر مادیس بین سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۱۵ استفاده شده است. با بررسی نتایج طبقه‌بندی تصاویر مادیس با استفاده از داده آموزشی AOD مشاهده شده است که از بین روش‌های تحقیقات پیشین الگوریتم طبقه‌بندی کننده ماشین بردار پشتیبان در منطقه جنوب غربی ایران دارای دقت مناسب‌تری نسبت به سایر روش‌ها است. سپس با استفاده از مدل HYSPLIT خط سیر گردوغبار منطقه جنوب غربی ایران نشان‌دهنده منشأ خارجی به عنوان منشأ اصلی این پدیده در ایران است.

کلیدواژه‌گان: ریزگردها، تصاویر مادیس، مدل HYSPLIT، سنجنش از دور.

---

۱. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی لارستان.

## مقدمه

در کنار حوادث طبیعی از قبیل زلزله، آتشفشان، سیل، خشکسالی و طوفان‌ها که ازمهم‌ترین پدیده‌های آسیب‌رسان به جوامع انسانی و موجودات زنده و محیط‌طبیعی به‌شمار می‌روند و خسارات جبران‌ناپذیری از قبیل: مرگ‌ومیر، نابودی سکونت‌گاه‌ها، از بین بردن محیط زندگی را به‌بار می‌آورند. پدیده گردوغبار نیز در جای خود باعث آسیب‌رسانی، مخصوصاً به محیط‌های شهری، مزارع و تأسیسات مختلف می‌گردد. این پدیده در بسیاری از مناطق جهان رخ می‌دهد، ولی آمار نشان‌دهنده آن است که فراوانی رخداد آن‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک به مراتب بیش‌تر است. گردوغبار به‌عنوان پدیده بارز در مناطق بیابانی، سبب اختلال در فعالیت‌های انسانی، کشاورزی، زیرساخت‌های اجتماعی، حمل‌ونقل و صنایع می‌گردد. همچنین حجم فراوان ذرات حمل‌شده به جو، بیلان انرژی را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد که یکی از مهم‌ترین پیامدهای زیست‌محیطی، رخداد گردوغبار در جو است که اثر عمده آن بر اقلیم می‌باشد. گردوغبار می‌تواند بر روی درجه حرارت، جذب و پخش تابش خورشید با تغییر در تابش موج کوتاه ارسالی به سطح زمین و تابش موج بلند از زمین اثر بگذارد. با این حال توازن بین این دو گرایش که گردوغبار باعث گرم‌شدن و یا سردشدن می‌شود، به متغیرهای زیادی از جمله اندازه ذرات گردوغبار و ترکیبات شیمیایی آن‌ها وابسته است. ذرات ریز گردوغبار زمانی که با آلاینده‌های شهری ترکیب شوند تبدیل به ریزگرد می‌شوند که به دلیل آغشتگی به مواد آلی حالت چسبندگی پیدا کرده و به راحتی بر سطح اشیاء می‌چسبند و سبب آلودگی و از کار افتادن ابزار الکتریکی و افزایش شیوع بیماری‌های عفونی و آلرژی می‌شوند. این ریزگردها در صورتی که با ویروس‌ها و مواد رادیواکتیو همراه شوند برای سلامتی افراد بسیار خطرناک هستند. با توجه به وقوع جنگ در بخش‌های جنوبی ایران و شرقی عراق و بمباران‌های شیمیایی، خاک این مناطق آلوده به فلزات سنگین بوده و هنوز آثاری از عناصر رادیواکتیو در این مناطق وجود دارد. پدیده گردوغبار در اثر فرآیندهای ژئومورفولوژیک، بیولوژیک و تحت‌تاثیر اتمسفر و اقیانوس‌ها و نقاط مختلف سطح زمین حتی در مناطق بسیار دورتر از منشأ ذرات می‌باشد. گردوغبار تحت‌تاثیر فرسایش بادی مناطق خشک و نیمه‌خشک حاره و جنوب حاره ایجاد می‌شود. ریزگردها با ورود به جریان‌های عمومی جو به غرب ایران وارد شده و در سال‌های اخیر با عبور از ارتفاعات زاگرس گاهی تا مرکز کشور جابه‌جا گردیده‌اند. با توجه به اهمیت این پدیده و مشکلاتی که با حضور آن در مناطق مختلف ایجاد می‌شود و از طرف دیگر، گسترش وسیع مکانی این پدیده در سال‌های اخیر در بخش‌های غربی و شمالی کشور ضرورت انجام تحقیقات بیش‌ازپیش احساس می‌شود. تجزیه و تحلیل داده‌های آماری طولانی‌مدت، شناخت مناطق منشأ و مسیرهای ورودی گردوغبار در شناسایی هر چه بیش‌تر این پدیده و پیش‌بینی زمان وقوع آن در برنامه‌ریزی‌های توسعه منطقه‌ای و ناحیه‌ای می‌تواند از اهمیت زیادی در کاهش هزینه‌ها و ایجاد آمادگی روانی و فیزیکی در مقابله با اثرات آن برخوردار باشد.

درحال حاضر، تکنولوژی سنجش از دور بهترین وسیله برای پایش تغییرات محیطی و استخراج کاربری اراضی بوده که بیشترین سرعت و دقت را دارد. با استفاده از داده‌های چند زمانه سنجش از دور با کمترین زمان و هزینه می‌توان نسبت به استخراج کاربری‌های اراضی اقدام نموده و سپس با مقایسه آن در دوره‌های زمانی مختلف نسبت تغییرات را ارزیابی نمود. محدودیت منابع زیست‌محیطی و لزوم استفاده بهینه و متناسب از ظرفیت‌های این منابع ضرورت بهره‌گیری مدیریت صحیح و هوشمند در راستای استفاده پایدار از منابع را به‌خوبی نشان می‌دهد.

## منشا گردوغبار در ایران

در مقیاس جهانی، مقدار عمده‌ای گردوغبار از مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌واسطه فرسایش بادی وارد هوا می‌شوند. قسمت اعظم این مناطق در کمربند خشک جهان با بارش سالانه کمتر از ۲۰۰-۲۵۰ میلی‌متر در سال از شمال غربی آفریقا شروع شده و تا نواحی مرکزی و جنوبی آسیا امتداد می‌یابد، قرار دارد (چالاح و همکاران، ۲۰۰۸). زمین‌های خشک بیش از ۴۰ درصد سطح زمین را دربرمی‌گیرند. با توجه به بررسی‌های انجام شده به کمک داده‌های ماهواره TOMS صحرای بزرگ آفریقا، منطق ساحلی شمال آفریقا، زمین‌های خشک خاورمیانه، بیابان گبی - تاکلی ماکان در آسیای مرکزی و مناطق جنوب غربی آسیا که مناطق خشک جهان محسوب می‌شوند و بارندگی سالانه کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر دارند از منابع مهم گردوغبار محسوب می‌شوند (ماهر و همکاران، ۲۰۱۰ و پروسپر و همکاران، ۲۰۰۲). ۵۰ تا ۷۵ درصد ذرات موجود در جو زمین از صحرای بزرگ شمال آفریقا و ۱۰ تا ۲۵ درصد آن از قاره آسیا منشا می‌گیرد. حدود ۲۵ درصد از مساحت ایران به دلیل قرارگرفتن بر روی کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، در زمره اراضی بیابانی و شنزار و در احاطه طوفان‌های گردوغبار قرار دارد. منابع اصلی گردوغبار در داخل ایران دریاچه‌های نمکی مانند: ساحل دریاچه ارومیه، دشت کویر و تالاب هورالعظیم که در حال نابودی است، می‌باشند (ژینو و همکاران، ۲۰۱۲).

نواحی بین‌النهرین شامل: سوریه، عراق و غرب ایران و شمال صفحه عربستان می‌گردد. منشأ منفرد طوفان‌های گردوغبار در این ناحیه از ۱ تا ۱۴ نام‌گذاری شده است که شرح هر یک به‌دنبال خواهد آمد. نواحی چشمه‌های تولید و محل برداشت ماسه و گردوغبار در منطقه بر اساس مطالعات Wikerson ۱۹۹۱ به شرح زیر می‌باشد.

- **منشا شماره ۱:** این منطقه در شرق بابلون ( $44^{\circ}02'SE32^{\circ}33'N$ ) در عراق و در غرب دریاچه هاورد الماژ قرار گرفته‌است. این چشمه طوفان، در وسط دشت‌های آبرفتی رودخانه‌های دجله و فرات قرار دارد که در مواقع و فصول مرطوب به نيزار و باتلاق تبدیل می‌گردد. مشاهده شده است که طوفان‌های گردوغبار ناشی از این چشمه، به سمت شرق نظیر آبادان و کویت به حرکت درمی‌آید، ولی معمولاً در منطقه بصره تحت‌تأثیر طوفان‌هایی که گردوغبار این منطقه را حمل می‌کنند قرار می‌گیرند.
- **منشا شماره ۲:** این ناحیه نیز بین دو رودخانه دجله و فرات و روی رسوبات آبرفتی واقع شده است. اسن منطقه‌ای در جنوب دیوانیه عراق و در موقعیت ( $44^{\circ}07'SE32^{\circ}00'N$ ) و در شمال غربی سماوه قرار گرفته‌است. فعالیت طوفان‌ها در این منطقه به فصول تابستان و پاییز محدود می‌شود. در بقیه فصول حاشیه این منطقه توسط نيزار پوشیده شده است. این منطقه نیز در تصویر ماهواره‌ای به صورت سرزمین مرتفع‌تر و با تن روشن‌تر دیده می‌شود. جهت طوفان‌ها در این منطقه به سمت بصره و کویت می‌باشد.
- **منشا شماره ۳:** این ناحیه در منطقه الرشید (رقه) و در موقعیت جغرافیایی ( $46^{\circ}17'E35^{\circ}04'N$ ) در شمال رودخانه فرات و در جنوب کوهستان‌های عبدالعزیز قرار گرفته‌است. هیچ محدودیتی فصلی برای روان‌شدن گردوغبار این ناحیه مشاهده نشده‌است، لیکن بیشترین فعالیت طوفان‌های گردوغبار در این ناحیه در طول تابستان انجام می‌شود. این منطقه نیز مثل دو منطقه قبلی در تصویر ماهواره‌ای روشن‌تر و مرتفع‌تر دیده می‌شوند که شن‌های طوفان‌ها در این منطقه در حالت عادی، به سمت شرق و شمال غرب جزایر بیابانی مرتفع کشیده می‌شوند و در مواقعی نیز به

- سمت شمال بغداد تغییر جهت می‌دهند. ادامه فعالیت این طوفان‌ها به ایلام و مهران و دشت‌خوزستان ختم می‌گردد.
- **منشا شماره ۴:** این ناحیه در جنوب‌شهر کوت عراق و در موقعیت ( $45^{\circ}51'E32^{\circ}30'N$ ) بین هور دالماژ و هور سادیه و هور ثانیه قرار گرفته‌است. این منطقه در اراضی پست نيزاری رودخانه دجله واقع شده است. فعالیت این طوفان‌ها به فصول تابستان و پاییز محدود شده است. مسیر اصلی و عمومی جهت این طوفان‌ها، به سمت بصره و آبادان است.
  - **منشا شماره ۵:** این منطقه در خاک ایران و در محلی به نام پشت‌کوه در حوالی مهران واقع شده‌است. هیچ محدودیت فصلی برای طوفان‌های این منطقه گزارش نشده است، جهت اصلی این طوفان‌ها به سمت جنوب و منطقه خوزستان ردیابی می‌شود. در مواقعی توسعه و گسترش طوفان‌های برخاسته از نواحی ۳ و ۹ نیز به این منطقه وارد می‌شوند.
  - **منشا شماره ۶:** طوفان‌های گردوغبار در این منطقه از جنوب سماوه سرچشمه می‌گیرند و به سمت کویت توسعه پیدا می‌کنند. اگرچه این منطقه در جنوب رودخانه فرات قرار گرفته است ولی مشخص نیست که آیا این ناحیه در فصول مرطوب هم فعال عمل می‌کند یا خیر، براساس تفسیر تصاویر ماهواره‌ای این مناطق در طول فصول مرطوب، فعال نمی‌باشند.
  - **منشا شماره ۷:** این منطقه نسبتاً از نظر مشارکت در تولید گردوغبار ضعیف است و در جنوب‌غربی و غرب ابوکمال سوریه قرار گرفته‌است ( $40^{\circ}56'E34^{\circ}29'N$ ). بیشترین فعالیت طوفان‌ها در این منطقه به تابستان محدود می‌شود.
  - **منشا شماره ۸:** این منطقه در غرب بغداد و در شرق رودخانه دجله قرار گرفته‌است. به‌نظر می‌رسد سرزیر حالت‌های فوق‌العاده طوفان‌های ناحیه ۳ به این منطقه وارد می‌شوند. به درستی مشخص نیست که این منطقه در کفه رسوبات آبرفتی قرار گرفته‌است و یا اینکه طوفان‌های ناشی از چشمه به دوره فصلی خشکسالی مربوط می‌شود.
  - **منشا شماره ۹:** این منطقه در جنوب‌شرق الدورالزور در خاک‌سوریه و در موقعیت جغرافیایی ( $40^{\circ}09'E35^{\circ}21'N$ ) و در شرق سوریه به سمت سرزمین‌های مرتفع جزایر بیابانی کشیده شده‌است. وجود دوره ترسالی فصلی در این منطقه در حاله‌ای از ابهام است. جهت عمومی طوفان‌های گردوغبار در این منطقه به سمت تکریت (شهری در کشور عراق واقع در ۱۴۰ کیلومتری شمال غربی بغداد و بر کرانه رود دجله) می‌باشد.
  - **منشا شماره ۱۰:** این منطقه در غرب الناصریه ( $46^{\circ}17'E35^{\circ}04'N$ ) و جنوب رودخانه فرات قرار گرفته‌است. جهت کلی طوفان‌ها در این منطقه به سمت جنوب و برفراز کشور کویت می‌باشد. به‌نظر می‌رسد هیچ دور فصل مرطوب در این منطقه وجود ندارد.
  - **منشا شماره ۱۱:** احتمال این که طوفان‌های این منطقه، امتداد طوفان‌های منطقه ۴ باشد وجود دارد، لیکن این منطقه در ناحیه دورتر از جنوب کویت قرار گرفته‌است. این منطقه نیز در تصاویر ماهواره‌ای مرتفع‌تر و روشن‌تر دیده می‌شوند. طوفان‌های گردوغبار در این منطقه به سمت جنوب و روی بصره و آبادان می‌وزند.

- **منشا شماره ۱۲:** این منطقه در جنوب دریاچه باهرت و در موقعیت جغرافیایی ( $38^{\circ}24'E35^{\circ}24'N$ ) واقع شده است. جهت اصلی وزش طوفان‌های منطقه به سمت الدورالزور می‌باشد.
- **منشا شماره ۱۳:** این منطقه در جنوب شهر دزفول و در مختصات جغرافیایی ( $48^{\circ}28'E32^{\circ}23'N$ ) قرار گرفته است. طوفان‌های گردوغبار در این منطقه به سمت جنوب و نواحی شمال شرقی خلیج فارس فعالیت می‌نماید.
- **منشا شماره ۱۴:** این منطقه در شرق-شمال شرق در کشور عراق و در موقعیت جغرافیایی ( $40^{\circ}18'E33^{\circ}03'N$ ) واقع شده است. طوفان‌های منطقه، نهشته‌های سیلتی و رسی را از کف دریاچه‌های خشک و رودخانه‌های با کف خشک، در فصول تابستان و پاییز به سیلان درمی‌آورند. جهت بادها از شمال غرب در تابستان به جنوب غرب در پاییز نوسان پیدا می‌کند.

در ایران سرچشمه اصلی ریزگردها باد شمال است که در شمال خاورمیانه شکل گرفته و با عبور از کوه‌های ترکیه و شمال عراق، به بیابان‌های عراق و سوریه سرازیر می‌شود و تا خلیج فارس و رسیدن به آب‌های آزاد پیش می‌رود. بسیاری از محققان مناطق بین‌النهرین و تالاب هورالعظیم در عراق را منشأ اصلی گردوغبار می‌دانند و عده‌ای هم بیابان بزرگ عربستان و صحرای سوریه و بیابان‌های جنوب عراق را منشأ اصلی ذرات می‌دانند. جریان‌های خشک هوای عربستان و عدم توجه به محیط‌زیست و بیابان‌زدایی در عراق باعث خشک‌شدن بسیاری از باتلاق‌های عراق شده و نواحی غبارساز ایجاد کرده است. در گذشته سه کشور ایران و عراق و عربستان جهت تثبیت ذرات، به‌طور مشترک هزینه مالچ‌پاشی این زمین‌ها را فراهم می‌کردند و همه زمین‌ها در فصل خاصی از سال مالچ‌پاشی می‌شدند. جنگ ایران و عراق و تغییر رویه دولت‌ها باعث توقف این روند و در نتیجه افزایش ریزگرد در خوزستان، غرب ایران و سرانجام در سراسر ایران شد. ورود هوای گرم و خشک عربستان به داخل ایران باعث بالارفتن دما و رطوبت شهرهای استان خوزستان می‌شود. نقش صحرای بزرگ آفریقا در گردوغبار ایران ناچیز است. البته اثر خشک‌شدن بخش عظیم نیزارهای هورالعظیم به علت انحراف آب رودخانه‌های دجله و فرات و ایجاد سدهای فراوان توسط ترکیه و عراق در بالادست این دو رودخانه‌ی بزرگ را نیز باید در نظر گرفت (ایلاتلو، ۱۳۹۱ و ژینو و همکاران، ۲۰۱۲). تمامی منابع ذکر شده در نواحی غرب و جنوب کشور قرار دارند که این موضوع اهمیت بررسی کلان شهرهای غرب و جنوب غرب کشور را که به سختی با معضل آلودگی هوا مواجه هستند را آشکار می‌کند.

بررسی منشأ ریزگردها از موضوعات بسیار مورد توجه در سال‌های اخیر بوده است. مکانی که ذرات گردوغبار پس از انتشار به آن منتقل می‌شوند به سرعت و جهت باد بستگی دارد. در صورت شناسایی منطقه منشأ ریزگردها می‌توان جهت ممانعت از انتشار گردوغبار از محل آغاز انتشار اقدام کرد.

**روش‌های آشکارسازی طوفان‌های گردوغبار با استفاده از تصاویر مادیس:** روش‌های مختلفی به‌منظور آشکارسازی طوفان‌های گردوغبار با استفاده از تصاویر MODIS ارائه شده‌است که هر کدام از این روش‌ها برای این منظور درجات موفقیت متفاوتی داشته‌اند. به‌طور کلی روش‌های استخراج گردوغبار در تصاویر سنجش از دور به دو دسته تقسیم می‌شوند:

**الف. روش‌های مبتنی بر استفاده مستقیم از میزان رادیانس:** در این روش از حد آستانه‌های مختلفی به‌منظور تشخیص گردوغبار استفاده می‌شود که خود شامل حد آستانه‌هایی برای تفکیک گردوغبار از سطح طبیعی زمین و حتی

تفکیک آن از ابر برای تصاویری که پوشش ابری دارند، می‌باشد. مقادیر حد آستانه‌ها برای هر منطقه در تصاویر مختلف، متفاوت است و به صورت تجربی انتخاب می‌شود. همچنین به منظور در نظر گرفتن مقادیر دقیق‌تر از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی نیز می‌توان استفاده نمود. این روش‌ها دارای دقت بالایی هستند.

ب. روش‌های مبتنی بر شناسایی الگو: در این روش‌ها از پارامترهای آماری مختلف مانند میانگین، انحراف معیار و... استفاده می‌شود که شبکه‌های عصبی مصنوعی و درخت تصمیم‌گیری از آن جمله‌اند.

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

#### منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه این تحقیق، جنوب غربی ایران است. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد منطقه جنوب غرب ایران بر روی کمربند گردوغبار قرار دارد. از جمله استان‌های این منطقه که هر ساله این مساله باعث اتفاقات ناخوشایندی در آن شده است می‌توان به استان خوزستان اشاره نمود که در دهه اخیر گردوغبار به‌عنوان معضلی برای این استان شناخته شده است. استان خوزستان در کرانه خلیج فارس قرار دارد و مرکز تولید نفت و گاز ایران به‌شمار می‌آید. مساحت استان خوزستان ۶۴۰۵۷ کیلومترمربع است و با جمعیتی معادل ۷۲۰ ۵۳۱ ۴ نفر، به‌عنوان پنجمین استان پرجمعیت ایران محسوب می‌شود. استان خوزستان دارای ۲۷ شهرستان و ۵۴ شهر و ۵۲ بخش و ۱۱۲ دهستان و ۳۸۸۰ آبادی مسکونی و ۲۵۱۴ آبادی غیرمسکونی می‌باشد. مختصات منطقه در سیستم UTM (از طول جغرافیایی  $47^{\circ}42'$  تا  $50^{\circ}39'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $29^{\circ}58'$  تا  $33^{\circ}04'$  شمالی) می‌باشد.

#### مجموعه داده مورد استفاده

ماهواره TERRA دارای پنج سنجنده است این ماهواره در ۱۸ دسامبر ۱۹۹۹ به فضا فرستاده شد و تصویربرداری آن در مارس ۲۰۰۰ شروع شد. تصاویر دریافتی این سنجنده هر دو روز یکبار کره زمین را پوشش می‌دهد، برخی مشخصات این ماهواره در جدول ذکر شده است. در جدول زیر خصوصیات اصلی و کاربرد هر یک از سنجنده‌ها به‌طور خلاصه ذکر شده است.

در هر پژوهشی که بر مبنای استفاده از داده‌های سنجنده از دور باشد بر حسب موضوع و نیز منطقه مورد مطالعه، ماهواره و سنجنده مناسب انتخاب می‌گردد. در تحقیق حاضر سنجنده مادیس به‌علت داشتن ویژگی‌هایی از قبیل میدان دید وسیع، محدوده طیفی و تعداد باندهای موجود، تفکیک زمانی و مکانی مناسب و در دسترس بودن داده‌های این سنجنده در ایران انتخاب گردید. داده‌های مادیس به شکل استاندارد در دسترس می‌باشند. این سنجنده به‌وسیله ماهواره‌های آکوا و ترا حمل می‌شود. بنابراین، دو سنجنده مادیس به دلیل پوشش زمانی مناسب، جهت جمع‌آوری اطلاعات مرتبط با تغییرات روزانه، ویژگی‌ها و شرایط سطح زمین استفاده می‌شوند. میدان دید آن ۲۳۳۰ کیلومترمربع و در محدوده طیف مرئی تا مادون قرمز حرارتی از طول موج ۰/۴۰۵ تا ۱۴/۳۸۵ میکرومتر در ۳۶ باند تصویربرداری می‌کند. تفکیک مکانی باندهای ۱ و ۲، ۲۵۰ متر، باندهای ۳ تا ۷، ۵۰۰ متر و برای باندهای ۸ تا ۳۶، ۱ کیلومتر می‌باشد. از ۳۶ باند مادیس، باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک جهت برداشت اطلاعات انعکاسی اجسام و مادون قرمز حرارتی

برای اندازه‌گیری درجه حرارت اجسام کاربرد دارد.

در این تحقیق از هشت تصویر مربوط به سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ استفاده شده است. در جدول زیر تاریخ تصاویر اخذ شده از منطقه مورد مطالعه را مشاهده می‌نمایید.

جدول ۱: تاریخ تصاویر اخذ شده از پدیده گردوغبار جنوب غرب ایران

سال	ماه و روز	سال	ماه و روز
۲۰۱۰	March-4	۲۰۱۰	June-7
۲۰۱۱	June- 2	۲۰۱۲	June- 19
۲۰۱۲	April - 20	۲۰۱۳	January - 8
۲۰۱۴	July - 13	۲۰۱۵	January - 29

به منظور دستیابی به تصاویر ماهواره مادیس از سایت: <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/> استفاده شده است.

### داده مرجع آموزشی و تست

جهت بررسی دقت نتایج به دست آمده از محصول Aerosol Optical Depth (AOD) از مشاهدات سنجنده Ozone Monitoring Instrument (OMI) استفاده شده است. سنجنده OMI در طول موج‌های ۲۶۴ تا ۵۰۴ نانومتر با قدرت تفکیک طیفی ۰/۴۳ و ۰/۶۳ نانومتر و با قدرت تفکیک مکانی ۲۴\*۱۳ کیلومتر درناپذیر تصویر تهیه می‌کند. OMI به دلیل تهیه تصاویر روزانه از کل کره زمین گزینه مناسبی جهت بررسی تغییرات به وجود آمده در سطح زمین می‌باشد. به علاوه، این سنجنده قادر به شناسایی و تفکیک بین ذرات گردوغبار و دود می‌باشد. در برخی از مطالعات از محصول AOT تولید شده از تصاویر MODIS برای ارزیابی نتایج استخراج گردوغبار از تصاویر MODIS استفاده شده است. نکته قابل ذکر در مورد این محصول این است که فقط برای مناطق پوشیده شده توسط آب دارای دقت بالایی است و نمی‌توان از آن برای مناطق خشکی استفاده نمود. انعکاس بالا در مناطق خشکی علت اصلی نداشتن داده در این مناطق است.

### ویژگی‌های استخراج شده

همانطور که پیش‌تر بیان شد از شاخص‌های  $\ln(b1)$ ، NDDI، BTDD و TDI از تصاویر ماهواره MODIS در جهت بارز نمودن پدیده گردوغبار استفاده شده است. در ادامه نتایج بدست آمده از هر یک از شاخص‌های مورد نظر پس از اعمال بر تصاویر مادیس دارای گردوغبار را مشاهده می‌نمایید.

### شاخص BTDD

اختلاف دمای درخشندگی باندهای ۱۱ و ۱۲ میکرومتری برای گردوغبار منفی می‌باشد، زیرا این پدیده بازتابش بالاتری در محدوده طیف ۱۲ نسبت به ۱۱ میکرومتری دارد. در این حالت ابرها از گردوغبار تفکیک شده‌اند. آستانه دقیقی برای جداسازی گردوغبار تعیین نشده ولی مشاهده می‌نمایند که اختلاف دمای درخشندگی باندهای ۱۱ و ۱۲ میکرومتری برای گردوغبار منفی است، بنابراین آستانه برای تفکیک گردوغبار می‌تواند به طور کلی صفر در نظر گرفته شود.

## استفاده از میزان انعکاس در باند ۱

لگاریتم باند ۱ برای هر دو ناحیه تیره و روشن دارای اختلاف بسیار بالا در دو منطقه دارای گردوغبار و سطح زمین است. از این ویژگی به منظور شناسایی طوفان‌های گردوغبار در تصاویر مادیس استفاده شده است.

## طبقه‌بندی

در این مرحله در گام اول پس از محاسبه شاخص‌های  $\text{Ln}(b1)$ ،  $\text{NDDI}$ ،  $\text{BTDI}$  و  $\text{TDI}$  با استفاده از این شاخص‌ها و سایر باندهای انعکاسی با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی پیشینه شباهت، شبکه عصبی چند لایه، ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم‌گیری پیشنهادی  $\text{Xie}$  به شناسایی گردوغبار در تصاویر پرداخته شده است. روش‌های طبقه‌بندی فوق بر روی هر هشت تصویر اعمال شده که نمونه این روش‌های طبقه‌بندی مشاهده می‌نمایند که بر روی تصویر تاریخ 20 - April - 2012 اعمال شده است. همان‌طور که مشاهده می‌نمایند به منظور نمایش مناسب‌تر گردوغبار پس از شناسایی این پدیده در تصویر پیکسل‌های حاوی آن به رنگ قرمز تبدیل شده است.

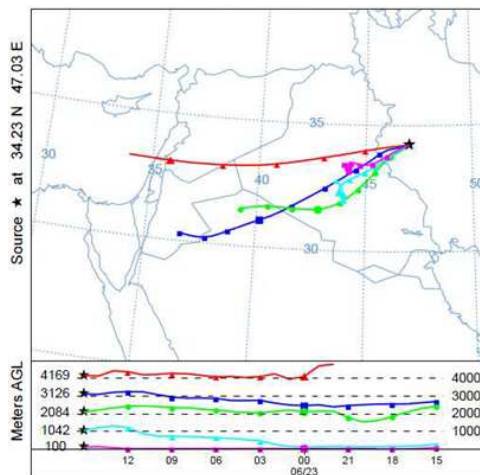
پس از طبقه‌بندی تصاویر موردنظر با استفاده از روش‌های پیشینه شباهت، شبکه عصبی چند لایه، ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم‌گیری پیشنهادی  $\text{Xie}$  به منظور شناسایی گردوغبار در گام بعدی به ارائه روشی انطباقی براساس شاخص‌های تصاویر پرداخته شده است. در روش پیشنهادی از الگوریتم درخت تصمیم‌گیری استفاده شده است، اما تفاوت این روش با روش‌های دیگر به دلیل انطباق‌پذیری این روش است. در این روش برعکس روش  $\text{Xie}$  که از پارامترهای ثابتی در شاخص‌های گردوغبار استفاده نشده است. در این روش به منظور بهبود شناسایی گردوغبار برای هر تصویر براساس شاخص‌های موردنظر به صورت انطباقی حد آستانه مشخص شده است. به این صورت به منظور تعیین حد آستانه از  $\text{AOD}$  هر تصویر استفاده شده و پس از شناسایی پیکسل‌های حاوی گردوغبار از میانگین به علاوه سه انحراف معیار پیکسل‌های هر شاخص به منظور حد آستانه برای هر شاخص استفاده شده است.

## یافته‌ها

**ارزیابی نتایج طبقه‌بندی:** ارزیابی نتایج طبقه‌بندی یکی از مراحل مهم پس از طبقه‌بندی است. ارائه نتایج طبقه‌بندی بدون هیچ گونه پارامتری که کیفیت یا صحت این نتایج را بیان کند، از ارزش آن‌ها می‌کاهد و در بعضی مواقع آن‌ها را بدون استفاده می‌کند. بنابراین، این نکته را باید در نظر داشت که همیشه در کنار انجام طبقه‌بندی، نتایج آن نیز ارزیابی شوند و به کاربر عرضه گردند. راه‌های مختلفی برای ارزیابی دقت نتایج وجود دارد که از بررسی بصری شروع می‌شود و می‌تواند ارزیابی‌های کمی دقیق نیز را شامل شود. ارزیابی بصری و کیفی کاملاً وابسته به ناظر و عامل انسانی است و از شخصی به شخص دیگر (با تجربه و سطح معلومات گوناگون)، متفاوت است. متداول‌ترین روش برای ارزیابی کمی دقت طبقه‌بندی، انتخاب تعدادی پیکسل نمونه معلوم و مقایسه کلاس آن‌ها با نتایج طبقه‌بندی می‌باشد. این داده‌های معلوم را واقعیت زمینی ( $\text{Ground Truth}$ ) یا داده‌های مرجع ( $\text{Reference Data}$ ) می‌نامند. نتیجه این مقایسه به شکل‌های مختلف ارائه می‌شود.

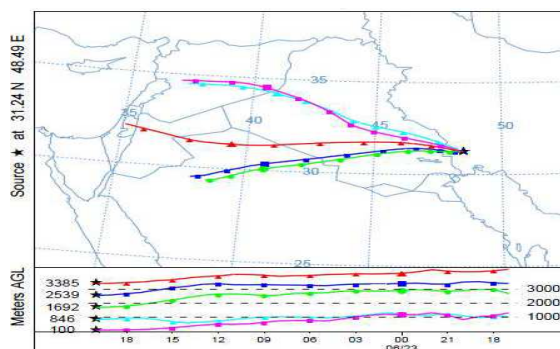


پیش‌بینی مناطق پیشروی طوفان‌های گردوغبار: همان‌طور که پیش‌تر بیان شد به‌منظور پیش‌بینی مناطق پیشروی طوفان‌های گردوغبار از مدل HYSPLIT استفاده شده است. در این قسمت مدل از رویکرد لاگرانژی استفاده شده و با در نظر گرفتن توده ذرات به صورت یک بسته هوا قابلیت شبیه‌سازی مسیرهای حرکتی را در دو جهت رو به جلو (Foreword Trajectory) و رو به عقب (Backward Trajectory) فراهم شده است. در بخش خط سیر، اگر فرض شود که مسیر حرکت ذرات در مسیر باد است، مسیر حرکت با استفاده از انتگرال‌گیری در زمان مشخص  $t$  به دست می‌آید. قسمت خط سیر مدل به سرعت باد در سه جهت، دما، فشار سطحی و عمق اختلاط جهت محاسبات نیاز دارد و مناسب‌تر است داده‌های ورودی مدل به صورت میدان‌های پیوسته وارد گردد تا تخمین بهتری از حرکت توده ذرات در جهات افقی و قائم به دست آید. یکی از انواع فایل‌های هواشناسی که در سامانه HYSPLIT استفاده شده است و اطلاعات کاملی را در تمام لایه‌های هم فشار دارا است، اطلاعات هواشناسی Global Data Assimilation System است. این اطلاعات در تمام طول و عرض‌های جغرافیایی زمین ( $180^\circ \times 360^\circ$  درجه) با دقت مکانی یک درجه در هر جهت و دقت زمانی ۳ ساعت موجود است. شبیه‌سازی خط سیر ابتدا برای استان کرمانشاه در پنج ارتفاع مطابق با شکل به صورت رو به عقب در تاریخ 07 June 2010 به مدت ۲۴ ساعت که زمان رسیدن توده به شهر بوده، انجام شده است. خطوط سیر در ارتفاعات دارای نسبت ۰/۷۵ و ۰/۵ با لایه مرزی تناسب بهتری با مکان انتشار در اردن و شمال عربستان دارند. شکل زیر خطوط سیر مربوط به این شبیه‌سازی را نشان می‌دهد.



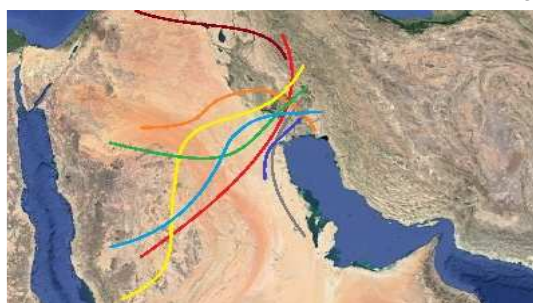
شکل ۱: خطوط سیر رو به عقب از شهر کرمانشاه در تاریخ 07 June 2010

شبیه‌سازی خط سیر ابتدا برای استان خوزستان نیز تاریخ 13 July 2014 انجام شده است. مطابق شکل ۲ حرکت توده در راستای شمال غربی، غرب و جنوب غربی بوده و راستای طولی مکان انتشار اولیه را نشان می‌دهد. ارتفاع‌های پایین لایه مرزی از شمال غربی و ارتفاع‌های بالای آن از غرب و جنوب غرب منشأ گرفته‌اند.



شکل ۲: خطوط سیر رو به عقب از شهر خوزستان در تاریخ 13 July 2014

پس از شناسایی خطوط سیر در هشت تاریخ موردنظر مطابق جدول برهم‌نهی این خطوط در تصاویر واقعی صورت پذیرفته شده است که در شکل ۳ مشاهده می‌نمایید.



شکل ۳: برهم‌نهی خطوط سیر طوفان‌های گردوغبار

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده کردید، مبدأ طوفان‌های گردوغبار در هشت تصویر موردنظر از خارج از ایران می‌باشد. ذرات گردوغبار توسط باد به سمت ایران حرکت کرده و باعث ایجاد طوفان‌های گردوغبار در ایران به خصوص در منطقه غرب و جنوب‌غرب ایران شده است.

### نتیجه‌گیری

طبق تعریق کنوانسیون بین‌المللی بیابان‌زدایی، تخریب سرزمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب در اثر عوامل انسانی و طبیعی، بعد از تغییر اقلیم و کمبود آب جهانی سومین چالش مهم جامعه جهانی در قرن ۲۱ است. یکی از مهم‌ترین پیامدهای این پدیده، افزایش طوفان گردوغبار و آلودگی هوا در برخی مناطق در اثر افزایش بادهای گرم است. در حال حاضر، حدود ۱۰۰ میلیون هکتار از اراضی کشور در معرض بیابان‌زایی قرار دارند که ۷۵ میلیون هکتار در معرض فرسایش آبی و ۲۵ میلیون هکتار در معرض فرسایش بادی و ۵ میلیون هکتار در معرض سایر اشکال شیمیایی و فیزیکی هستند. با وزش بادهایی با سرعت بیشتر از سرعت آستانه ذرات در این بیابان‌های طوفان‌های گردوغبار آغاز می‌گردد (اسدی‌وند، ۱۳۹۰) [۷]. در حال حاضر، تکنولوژی سنجش از دور بهترین وسیله برای پایش تغییرات محیطی و استخراج کاربری اراضی بوده که بیشترین سرعت و دقت را دارد. با استفاده از داده‌های چند زمانه سنجش از دور با کمترین زمان و هزینه می‌توان نسبت به استخراج کاربری‌های اراضی اقدام نموده

و سپس با مقایسه آن در دوره‌های زمانی مختلف نسبت تغییرات را ارزیابی نمود. از این‌رو، سنجش از دور می‌تواند برای مطالعه طوفان‌های گردوغبار بسیار مفید باشد. در این تحقیق از تصاویر ماهواره مادیس استفاده شده‌است که با توجه به مطالعات پیشین انجام شده جزء پرکاربردترین سنجنده‌ها در این حوزه می‌باشد.

به صورت کلی نتایج حاصل از تحقیق را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

- استفاده از داده‌های سنجش از دور با دوره زمانی کوتاه روش مناسبی برای پیش‌بینی زمان طوفان‌های گردوغبار می‌باشد. از آنجا که علت طوفان‌های گردوغبار کشور ایران معمولاً کشورهای همسایه است بررسی این تصاویر زمان وقوع این طوفان‌ها در کشور را قابل پیش‌بینی کرده‌است.
- از میان روش‌های طبقه‌بندی‌کننده به‌منظور شناسایی گردوغبار روش‌های ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی دارای عملکرد مناسب‌تری نسبت به سایر روش‌ها هستند البته روش پیشنهادی درخت تصمیم‌گیری انطباقی نشان داد که دارای دقت مناسب‌تری نسبت به این روش‌ها است.
- بررسی خط سیر طوفان‌های گردوغبار کشور نشان‌دهنده نحوه ورود و منشأ این طوفان‌های می‌باشد. همانطور که بررسی‌ها نشان داد مبدا این طوفان‌ها خارج از ایران بوده که با استفاده از باد وارد کشور می‌شوند.
- پوشش گیاهی و الگوی فصلی اهمیت بسزایی در کنترل گردوغبار دارد. با بهبود شرایط پوشش گیاهی می‌توان از فرسایش بادی تا حدود زیادی جلوگیری کرده و سرعت آستانه بلندشدن ذرات را افزایش داده و به پایداری سطح کمک کرد. با افزایش پوشش گیاهی زبری سطح و رطوبت خاک افزایش یافته و ذرات کمتری توسط باد از سطح زمین بلند می‌شوند. حتی مقدار بسیار کمی افزایش رطوبت خاک می‌تواند فرسایش بادی تا حد زیادی محدود کند. بررسی‌ها نیز نشان داده‌است که طوفان‌های گردوغبار به‌طور متوسط در زمین‌های خشک بین ۶۰ تا ۸۰ روز در سال و در مناطق دارای پوشش گیاهی بین ۲۰ تا ۳۰ روز در سال و در چمنزارها بین ۲ تا ۴ روز در سال رخ می‌دهد. در صورت عدم وجود پوشش گیاهی مناسب، خاک‌هایی که پوسته سطحی سخت دارند می‌توانند به‌خوبی در برابر باد مقاومت کنند. وقوع خشکسالی نیز تاثیر عمده‌ای در افزایش تولید گردوغبار دارد.

#### پیشنهادها

از جمله پیشنهادات این مقاله می‌توان به این موارد اشاره کرد:

- استفاده از داده‌ها با قدرت تفکیک مکانی خیلی بالا به‌منظور شناسایی گردوغبار
- استفاده از ایستگاه‌های هواشناسی به‌منظور جمع‌آوری داده‌های آموزشی از منطقه گردوغبار
- استفاده از تلفیق داده‌های چند بانندی، ابر طیفی و راداری به‌منظور شناسایی گردوغبار
- استفاده از روش‌های هوشمند به‌منظور بهینه‌سازی الگوریتم درخت تصمیم‌گیری
- استفاده از تعداد بیش‌تر داده‌های زمانی برای بدست آوردن امضای زمانی پدیده گردوغبار

## کتابشناسی

۱. ایلاتو م. (۱۳۹۱)، نقش اثرات زیست‌محیطی گردوغبار در مناطق خشک و نیمه‌خشک. دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، تهران، دانشگاه تهران؛
۲. اردبیلی ل. (۱۳۸۹)، بررسی فرایندهای موثر در تشدید گردوغبار در سال‌های اخیر ایران. دومین همایش ملی فرسایش بادی، یزد، انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران؛
۳. اسماعیلی ا. (۱۳۸۵)، پهنه‌بندی مقدماتی مراکز غبار کشور با استفاده از فناوری سنجنش از دوری، پایان‌نامه ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده عمران، گرایش محیط‌زیست؛
۴. ایرانمنش ف، عرب خدیری م، اکرم م. (۱۳۸۴)، بررسی مناطق برداشت ذرات گردوغبار و ویژگی‌های انتشار آن‌ها در طوفان‌های منطقه سیستان با استفاده از پردازش ماهواره‌ای. پژوهش و سازندگی شماره ۶۷، صص ۲۵-۳۳؛
۵. بیدختی ع و همکاران. (۱۳۹۲)، بررسی رویداد طوفان گرد و غبار روز ۵ جولای ۲۰۰۹ در منطقه خاورمیانه، دومین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا؛
۶. خسروی م. (۲۰۱۰)، بررسی توزیع عمودی گردوغبار ناشی از طوفان در خاورمیانه با استفاده از مدل NAAPS مطالعه موردی: سیستان ایران، مجموع مقالات چهارمین کنگره جغرافی‌دانان جهان اسلام، صص ۱-۲۲؛
۷. رئیس‌پور، کیوان؛ خسروی، مریم؛ طاووسی، تورج (۱۳۸۹)، تحلیل هم‌بندی سامانه‌های گردوغبار استان خوزستان، جغرافیا و توسعه شماره ۲۰؛
۸. شمشیری، سامان؛ جعفری، رسول؛ سلطانی، سمیه؛ رضایی، ناصر (۱۳۹۳)، آشکارسازی و پهنه‌بندی ریزگردهای کرمانشاه با استفاده از تصاویر مادیس، بوم‌شناسی کاربردی، سال سوم، شماره هشتم؛
9. Ginoux, P.A., Prospero, J. M., Gill, T. E., Hsu, C., and Zhao, M. (2012), Global scale attribution of anthropogenic and natural dust sources and their emission rates based on MODIS Deep Blue aerosol products, *Rev. Geophys*;
10. Goudie, AS, and Middleton, NJ. (2006), *Desert Dust in the Global System*. Berlin: springer.
11. Graaf, M., Tilstra, L.G., Stammes, P. and Aben, E.A.A. (2009), Satellite observations of theseasonal cycles of absorbing aerosols in Africa related to the monsoon rainfall, 1995 – 2008 *Atmos. Environ.*, 44, 10, 1274-1283;
12. Hao, X., Qu, J. (2007), Sahran dust storm detection using moderate resolution imaging spectroradiometer thermal infrared bands. *Journal of Applied Remote Sensing*, Vol. 1;
13. Hao, X., Qu, J. J., Hauss, B., Wang, C. (2007), A high-performance approach for brightness temperature inversion. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 28, No. 21, 4733-4743;
14. Hastie, T., Tibshirani, R., and Friedman, J. (2009), *The Elements of Statistical Learning Data Mining. Inference, and Prediction.*, Springer., second edition;
15. Herman, J. R., Bhartiya P. K., Torres O. Hsu C. Seftor C. And Celarier E. (1997), Global distribution of UV-absorbing aerosols from Nimbus 7/TOMS data. *J. Geophys. Res.*, 102(D14), 16,911-16, 922;
16. Hickey, B. and Goudi, A. (2003), The use of TOMS and Modis to identify dust storm source areas: Tokar Delta (sudan) and the Seistan Basin (south west asia);
17. Hojatia, S., Khademia, H., Canob, A.F. and Landic, A. (2012), Characteristics of dust deposited along a transect between central Iran and the Zagros Mountains. *CATENA*, Volume 88, Issue 1, Pages 27-36;
18. Wilkerson, W. D. (1991), Dust and sand forecasting in Iraq and adjoining countries. *Air weather service T-91/001*, p63;
19. You-zhi, F, Kun-xun L, and Rong D. (1994), The Causative Factors and Forecasting of the Black Storm in Hexi Corridor. *Journal of Meteorology*, (12)20: 50.

**Monitor the fountains using images  
Multi-spectrum satellite of Madis in the southwest of Iran**

M.E. Afifi

The purpose of this study is to monitor dust in the southwest of Iran using satellite data. In this research, we used the pictures of 2010-2015 years. According to the studies, it has been observed that various models have been presented in previous studies. Then, using the HYSPLIT model, the prediction of the trajectory of dust motion has been addressed. To evaluate the performance of classifying methods, eight material images have been used between 2010-2015. By studying the results of classification of the images of the material using AOD educational data, one of the methods used in previous research of the backup algorithm in the southwestern part of Iran is more suitable than the other methods. Then, using the HYSPLIT model, the dust trail of the southwestern region of Iran represents the external origin as the main source of this phenomenon in Iran.

**Keywords: Thumbnails, Gold Pictures, HYSPLIT Model, Remote Sensing**