

## شناسایی منشاء و مناطق تحت تاثیر طوفان‌های گرد و غبار در جنوب غرب ایران با استفاده از تصاویر مادیس

نادر جلالی<sup>۱\*</sup>، فاضل ایران‌منش<sup>۲</sup> و محمدهادی داودی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران و <sup>۳</sup> دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۱۲

### چکیده

بسیاری از طوفان‌ها، با استفاده از تصاویر و داده‌های اقلیمی و محیطی بررسی می‌شوند. بیشتر تحلیل‌ها به روش تولید دمای درخشایی، شاخص‌ها و تصاویر رنگی کاذب محدود می‌شود. در موارد زیادی نیز برای منشاء‌یابی طوفان‌ها از تفسیر چشمی استفاده می‌شود. با توجه کارایی متفاوت شاخص‌ها و روش‌ها، در این تحقیق، پهنه‌های گرد و غباری با استفاده از روش طبقه‌بندی مکانی تهیه و مرز پلی‌گون‌های مربوطه به روش تصویر چشمی تدقیق شدند. منشاء‌های تولید گرد و غبار نیز به روش تفسیر چشمی بر اساس معیارها شناخته شده، به نقشه در آمده‌اند. برای شناخت طوفان‌های گرد و غبار سال‌های ۱۳۸۴ الی ۱۳۸۷، تصاویر رنگی مرکب سنجنده MODIS منطقه تهیه و به نوارهای اولیه تشکیل دهنده آن‌ها تجزیه شده و با استفاده از روش‌های مختلف پردازش و تفسیر آن‌ها مورد پردازش و تفسیر قرار گرفتند. مقایسه پراکنش مکانی مناطقی که قبلاً به‌عنوان منشاء طوفان‌ها معرفی شده‌اند و آنچه که بر اساس نتایج این تحقیق به‌عمل آمده است، نشان از افزایش چشمگیر منشاءها و بحرانی بودن شرایط در منطقه دارد. تهیه نقشه‌های روزانه مناطق تحت تاثیر گرد و غبار در طول سال و وضعیت سالانه استقرار طوفان‌های شدید و بسیار شدید حامل گرد و غبار در دوره بررسی و معرفی مناطق اصلی تولید گرد و غبار در بین‌النهرین و تاثیرگذاری آن‌ها بر طوفان‌هایی که به سمت جنوب و جنوب غرب ایران وارد می‌شوند از دیگر نتایج این تحقیق به شمار می‌روند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که نتایج به‌دست آمده از به کارگیری روش طبقه‌بندی، با نتایج حاصل از مدل‌سازی به روش محاسبه اختلاف دمای درخشایی هم‌خوانی دارد. بنابراین، این روش ساده را می‌توان در مواقعی که به داده‌های اصلی دسترسی وجود ندارد، برای تشخیص منشاء، کشند و مناطق تحت تاثیر طوفان‌های گرد و غبار پیشنهاد نمود.

**واژه‌های کلیدی:** ایران، تصاویر ماهواره‌ای، تفسیر چشمی، طبقه‌بندی مکانی، طوفان گرد و غبار

### مقدمه

که ماسه و گرد و غبارهای هامون صابری را در فصل خشک در مسیرهای طولانی تا صدها کیلومتر جابه‌جا می‌کنند تقریباً مشخص است. اما طوفان‌های سال‌های اخیر در جنوب غرب ایران، از طوفان‌هایی هستند که تبعات آن‌ها به تدریج نمود پیدا می‌کنند و نیاز به

طوفان‌های گرد و غبار و ماسه‌ای همواره مناطق مختلفی از کره زمین و کشورهای منطقه و ایران را تحت تاثیر قرار می‌دهند. ابعاد برخی از این طوفان‌ها، نظیر طوفان‌های ناشی از بادهای ۱۲۰ روزه سیستان

تاثیرگذاری بر مرزهای کشور ایران، از اهمیت زیادی برخوردار است.

سازمان هواشناسی کشور در سال ۱۳۸۷، وقوع گرد و غبارها را نتیجه خشکسالی و همچنین استفاده نامطلوب از منابع طبیعی در داخل کشور و کشورهای مجاور می‌داند. در نتایج تحقیقات دانشگاه شهید چمران تاکید شده است که باید به آن توجه داشت، نوع خاک این گرد و غبارهاست که بیشتر از دو نوع رسی و سیلتی است. خاک رسی سبک‌تر بوده و گرد و غبار ناشی از آن، مسافتی طولانی طی می‌کند. گرد و غباری که در مناطق دور از خوزستان دیده می‌شود بیشتر از این نوع است. با توجه به قابلیت بالای خاک رس در جذب مواد شیمیایی آلی و معدنی و همچنین دانه‌بندی ریز آن خطرات این نوع خاک بسیار بیشتر از خاک سیلتی است که دانه‌های درشت‌تر دارند و قابلیت جذب سطحی آن‌ها کمتر است.

محدوده‌های مناطق بیابانی در دو اقلیم خشک و فراخشک ایران، به‌وسیله Khalili (۱۹۹۸) در قالب مطالعات طرح جامع آب کشور، تعیین شده است. اقلیم خشک حدود ۳۰ درصد از سطح کشور را پوشانده است که پس از اقلیم فراخشک بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است به‌طوری که مرز شمالی آن از جنوب قصرشیرین، شمال دهلران، دزفول، غرب مسجد سلیمان، شمال هفتگل و بهبهان، حدفاصل کازرون و شبانکاره و فسا می‌گذرد. مرز جنوب این اقلیم نیز، بستان، جنوب هویزه، جنوب اهواز، غرب و جنوب شادگان، شمال و شرق ماهشهر و از سواحل خلیج فارس، گناوه، بوشهر و بندر دیر را در بر می‌گیرد. بر اساس مطالعات Khosroshahi (۲۰۰۸) بررسی انتزاعی عوامل موثر در ایجاد شرایط بیابانی که هر یک به‌صورت یک لایه رقومی تهیه شده است نشان می‌دهد که بیشترین مساحت مناطق بیابانی ایران با سطحی معادل ۷۰۰۹۹۱ و ۶۰۰۴۶۷ کیلومتر مربع به‌ترتیب متأثر از عامل اقلیم و پوشش گیاهی است.

بر اساس مطالعات طرح شناسایی کانون‌های فرسایش بادی و تعیین اولویت‌های اجرایی که به‌وسیله سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور انجام شده است، مشخص شده است که ۱۴ استان کشور تحت تاثیر فرسایش بادی قرار دارند که از این میان استان

شناخت بیشتری دارند. بررسی‌ها نشان می‌دهد از دست کم سه دهه گذشته، طوفان‌هایی در منطقه غرب، جنوب غرب ایران و کشورهای همسایه آن به‌وقوع پیوسته است و در مواردی هم، این طوفان‌ها، گرد و غبار و ماسه‌های مناطق مستعد را به همراه خود جابه‌جا کرده است. لیکن شدت این طوفان‌ها و غلظت مواد حمل شده در آن‌ها به حدی که در ماه‌های گذشته اتفاق افتاده نبوده است.

بررسی‌ها نشان می‌دهند که منطقه جنوب غرب کشور و همچنین خلیج فارس، همواره به‌وسیله بادهای غربی و شمال غربی تهدید می‌شوند. این بادهای و سیکلون‌هایی که به تبع آن‌ها تشکیل می‌شوند، طوفان‌های گرد و غبار در کشورهای عراق، سوریه، عربستان و استان‌های جنوب و غرب ایران را سبب می‌شوند.

افزایش شدت گرد و غبارها، به احتمال زیاد در نتیجه خشکسالی‌های مکرر و همچنین استفاده نامطلوب از منابع طبیعی و منابع آب در داخل کشور و کشورهای مجاور است که موجب شده است خاک سرزمین‌های اطراف از آستانه طبیعی فرسایش بادی خارج شود و حتی با وزش بادهای نه‌چندان شدید، پدیده گرد و غبار شکل گیرد. در این پژوهش سعی شده است که شناخت لازم از منشاء و ابعاد این طوفان‌ها به‌دست آیند تا بر اساس نتایج بررسی‌ها، توصیه‌های لازم برای اقدامات عملی و برنامه‌ریزی‌های لازم صورت پذیرند.

بار معلق ذرات گرد و غبار دارای توزیع ذرات دو حالتی (Bimodal) می‌باشند (Hook, ۱۹۵۶). ذرات کوچک‌تر ابعادی در حد چند میکرون دارند، لیکن اندازه ذرات اغلب بین ۲۰ تا ۴۰ میکرون تغییر پیدا می‌کند. سرعت عمودی طوفان‌ها به‌طور تقریبی ۲۰ درصد سرعت افقی آن‌هاست (Bagnold, ۱۹۸۴). این معیار سرعت عمودی می‌تواند در برداشت ذرات از مناطق حساس به فرسایش، دیدگاه خوبی در اختیار قرار دهد. تحلیل آمار جهت و سرعت بادهای ثبت شده به‌وسیله ۱۰ ایستگاه در منطقه خلیج فارس، عراق، سوریه و عربستان سعودی نشان می‌دهد که جهت بادهای در منطقه متغیر بوده ولی اغلب از جهت شمال-شمال غرب تبعیت کرده است که از نظر

موج زرد شده و به همین دلیل قسمت فوقانی طوفان‌ها زرد رنگ دیده می‌شوند. در مقابل، ذراتی که درشت‌تر و در ارتفاع پایین‌تر هستند، می‌توانند طول موج قرمز را پخش کنند. بنابراین، به رنگ قرمز دیده می‌شود. طبقات پایین طوفان‌ها نیز به دلیل انکسار در کلیه طول موج‌ها همیشه تیره می‌باشند.

همچنین، این کنوانسیون اشاره می‌کند که در مناطق آب و هوایی خشک و بیابانی، به دلیل پوشش گیاهی کم، میزان بازتاب سطح در طیف مرئی، به رنگ خاکستری تا خاکستری روشن می‌باشد. میزان این بازتاب شبیه به بازتاب ابرهای کم ارتفاع است، با این تفاوت که برخلاف ابرها، مرز طوفان‌ها دارای آشفتگی و کمتر قابل تشخیص است. تحقیق دیگری به وسیله Zheng و همکاران (۱۹۹۸) در خصوص طوفان شن و گرد و غبار در شمالغرب چین به تاریخ پنجم ماه می ۱۹۹۳ نشان می‌دهد که تصاویر NOAA قابلیت خوبی برای ردیابی طوفان‌ها دارند و میزان بازتاب از قسمت فوقانی طوفان‌ها تفاوت‌های آشکاری با میزان بازتاب از سطح زمین دارد. با وجود این‌که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای کاربرد زیادی در بررسی ویژگی‌های طوفان‌های غبارزا دارد، ولی در ایران گزارشی در ارتباط با این موضوع تا سال ۲۰۰۶ در دست نبوده است (Iranmanesh و همکاران، ۲۰۰۶).

در طول هشت سال گذشته تحقیقات متعددی در رابطه با کاربرد سنجش از دور در شناسایی گرد و غبار به‌طور مثال توسط Jalali و همکاران (۲۰۰۰)، Karimi (۲۰۱۲) و دیگران انجام شده است. Jalali و همکاران (۲۰۰۰)، با هدف بررسی غلظت نوری دود ناشی از آتش‌سوزی عظیم چاه‌های نفت کویت را با استفاده از تصاویر NOAA مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی‌ها تصویری که در آن‌ها دود مشهود بود با تصویر عاری از دود و ابر همان منطقه مقایسه به عمل آمد و نتایج خوبی از پراکنش و اسقرار دود بر فضای ایران به دست آمد. در تحقیقات تکمیلی، با استفاده از تصاویر NOAA، Taheri Shahaini (۲۰۰۰) موفق شد با استفاده از تصاویر مرجع بیشتر، دقت برآوردهای مربوط به دود ناشی از سوختن چاه‌های مذکور را بهبود بخشد. Wilkerson (۱۹۹۱) با استفاده از پردازش‌هایی که بر روی تصاویر NOAA و به عمل

سیستان و بلوچستان به مرکزیت شهر زابل، کانون بحرانی فرسایش بادی در شرق کشور، تشخیص داده شده است. البته به دلیل وقایع اقلیمی و شرایط آب و هوایی دهه اخیر، ممکن است این آمار تغییر کرده باشند که نیازمند بررسی‌های مجدد می‌باشد. بدون شک، وقوع خشکسالی‌ها و گرم شدن کره زمین و به تبع آن گسترش تعداد و فراوانی طوفان‌ها به بدتر شدن شرایط از نظر گسترش اراضی ماسه‌ای و سطح بیابان‌ها انجامیده است. متأسفانه با توجه به ابعاد گسترده این پدیده غافلگیر کننده، آن‌طور که باید ابعاد این موضوع مورد مطالعه قرار نگرفته است.

در گذشته پایش محیط بر اساس روش‌های میدانی و عکس‌برداری معمولی بزرگ مقیاس صورت می‌گرفت. بدیهی است این روش‌ها برای محیط‌های کوچک و قابل دسترس کارایی دارد ولی برای مناطق کویری و صعب‌العبور و دور از دسترس، تشخیص تغییرات و پایش پدیده‌ها به روش پیمایش‌های میدانی عملاً یا مقدور نیست و یا این‌که در صورت امکان، هزینه و وقت زیادی را طلب می‌کند. در محل‌های دور از دسترس و وسیع و زمانی که پایش مربوط به دوره طولانی مدت می‌شود، ضرورت به‌کارگیری داده‌های ماهواره‌ای موكدا به‌وسیله متخصصین امر توصیه شده است. فناوری دورسنجی علاوه بر در اختیار گذاشتن داده‌های مختلف مکانی و طیفی، بررسی‌های پایش محیط و تشخیص تغییرات را با سرعت و دقت قابل قبولی فراهم می‌آورد.

چگونگی حرکت ماسه‌های روان به‌وسیله Malakuti (۱۹۷۴) با استفاده از عکس‌های هوایی به‌عنوان یکی از محصولات دورسنجی، مطالعه شده است. کنوانسیون بیابان‌زدایی سازمان ملل متحد (UNCCD)<sup>۱</sup>، به نقل از Wang و همکاران (۲۰۰۱) با بررسی طوفان‌های سیاه در شمال غرب چین، ضمن اشاره به ترکیب رنگی نور خورشید در طول موج‌های بین ۰/۴ تا ۰/۷۵ میکرومتر، اثر اندازه ذرات را بر روی میزان پخش اتمسفری در طول موج‌های مختلف بررسی کرده، نشان داد، ذراتی که به شکل معلق در طوفان‌ها و در ارتفاع بالا هستند، باعث پخش طول

<sup>1</sup> United Nations Convention to Combat Desertification

روش رگرسیون خطی چند متغیره، ارزیابی شد و چنین نتیجه گرفته شد که تخریب پوشش گیاهی به‌طور معنی‌داری، فراوانی طوفان‌های گرد و غبار با منشا داخلی در استان خوزستان را تحت تاثیر قرار داده است و خاک‌های شور و قلیا بیشتر از سایر خاک‌ها مستعد رهاسازی ذرات غبار به جو هستند.

Faleh Zozuli و همکاران (۲۰۱۴)، از نوارهای مرئی و حرارتی سنجنده مادیس یکم و یازدهم ژوئن سال ۲۰۱۱ و با به‌کارگیری شاخص اکرمین و تحلیل سینوپتیکی با هدف شناسایی چگونگی حرکت گرد و غبار از منشاء به داخل ایران استفاده کرده‌اند. نتایج این بررسی و تفسیر چشمی تصاویر بارز شده نشان داد که منشاء پدیده‌های گرد و غبار ورودی به غرب و جنوب غرب کشور از سوریه و عراق به‌خصوص مناطق مرزی این دو کشور و بخشی از عربستان سعودی می‌باشد.

Shamshiri و همکاران (۲۰۱۴) به‌منظور بررسی وضعیت گرد و غبار استان کرمانشاه از داده‌های اقلیمی و سنجش از دوری، روزهای گرد و غبار در ۱۲ ایستگاه هواشناسی، در مقیاس‌های ماهانه و سالانه در دوره آماری ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۱ استفاده کرده‌اند. در این تحقیق بین داده‌های قدرت دید کمتر از ۱۰۰۰ متر با پارامترهای دما، رطوبت نسبی، بارندگی، جهت و سرعت بیشینه باد، از روش رگرسیون چند متغیره مورد استفاده شده است. نامبرده نیز بر اساس شاخص‌های گرد و غبار آکرمین، میلر و TDI اقدام به بارزسازی و پهنه‌بندی گرد و غبار، دو رویداد مهم گرد و غباری در کرمانشاه نموده است. نتایج بررسی داده‌های اقلیمی نشان داد که در ایستگاه‌های کرمانشاه، اسلام‌آباد غرب و سرپل ذهاب به‌ترتیب ۵۳، ۷۱ و ۱۱۲ روز با قدرت دید کمتر از ۱۰۰۰ متر وجود داشته و بیشینه تعداد روزهای گرد و غبار با ۲۰ روز در سال در ایستگاه سومار مشاهده شد. نتیجه کار شمشری نشان داد که کارایی دو شاخص‌های گرد و غبار بر پایه MODIS از رویدادی به رویداد دیگر متفاوت بوده، به‌ترتیب شاخص آکرمین و بعد از آن شاخص‌های TDI و میلر بهترین کارایی را در آشکارسازی گرد و غبار داشته‌اند.

آورد موفق شد تا کشنده‌های (Plumes) طوفان‌های گرد و غبار را که از سال ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۸ در منطقه به وقوع پیوسته بودند را آشکار کند. در این بررسی‌ها چشمه‌های تعدادی از طوفان‌های منطقه خاورمیانه مشخص و مسیر حرکت و هجوم طوفان‌ها مورد ردیابی قرار گرفتند.

اگرچه هدف از ماموریت ماهواره NOAA بررسی‌های جوشناسی و اقیانوس‌شناسی بوده، قابلیت تصاویر NOAA در بررسی پدیده‌های منطقه‌ای به آزمون گذاشته شده است و نتایج مطلوبی نیز از این بررسی‌ها به‌دست آمده است، لیکن توان تفکیک مکانی سنجنده‌های این ماهواره، همواره یکی از محدودیت‌های آن به‌شمار می‌رفته است. توسعه برخی سنجنده‌ها از نظر طیفی و توان تفکیک مکانی و زمانی، نظیر سنجنده MODIS سبب شده است تا محصولات این سنجنده به‌عنوان جایگزین مناسبی برای تصاویر NOAA، مطرح شوند.

Li و همکاران (۲۰۰۹) برای تشخیص پدیده طوفان گرد و غبار ۱۴ مارس ۲۰۰۹ منطقه گانسو و نی‌منگو چین، از داده‌های مادیس و شاخص (NDDI:  $(\rho_{2.13 \mu m} - \rho_{0.469 \mu m}) / (\rho_{2.13 \mu m} + \rho_{0.469 \mu m})$ ) برای استخراج اطلاعات گرد و غبار از آن‌ها و تفکیک ابر و سطح بیابان از گرد و غبار، استفاده کردند. در این تحقیق از روند افزایشی بازتاب از سطح گرد و غبار در تصاویر مادیس دریافت شده در طول موج‌های ۰/۴ الی ۲/۱۳ میکرومتر، برای آشکارسازی طوفان گرد و غبار استفاده شده است.

تصاویر رنگی کاذب که با استفاده از شاخص‌های NDDI، D، نوار ۳ و نوار ۴ سنجنده مادیس تهیه شده‌اند، به روش تفسیر چشمی منشاء‌های طوفان‌های گرد و غبار بر روی ۲۸ تصویر مادیس مربوط به سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۰۹ به نقشه درآمدند (Karimi, ۲۰۱۱).

Bahrami و همکاران (۲۰۱۳) تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای اقلیمی و پوشش گیاهی و ارتباط آن‌ها با پدید آمدن طوفان‌های گرد و غبار را مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور، داده‌های اقلیمی (سرعت باد، دما، بارندگی و درصد رطوبت نسبی) و فراوانی وقوع ریزگردها از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ به

گرفتند. شاخص‌های گرد و غبار بر پایه MODIS نشان دادند که از رویدادی به رویداد دیگر کارایی متفاوتی دارند. لاجرم همچنان استفاده از روش‌های دقیق‌تر، داده‌های تکمیلی هواشناسی و محیطی و مدل‌های اتمسفری در تشخیص طوفان‌های گرد و غبار به‌عنوان یک چالش مطرح است.

اگرچه ممکن است با استفاده از شاخص‌های مذکور بتوان طوفان‌های گرد و غبار را به واسطه رفتار طیفی متمایز آن‌ها از ابر و سطح زمین در تصاویر مادیس آشکار کرد ولی در موارد زیادی به‌خصوص در شناسایی نقاط و موقعیت منشاء طوفان‌ها به‌دلیل هندسه کشنده‌های گرد و غبار و الگوهای خاص آن‌ها امکان آشکارسازی طیفی آن‌ها وجود ندارد و در این موارد باید از روش‌های دیگر نظیر تشخیص الگوها و تفسیر چشمی که بر منبای تشخیص الگوها، اشکال، تن و رنگ تصاویر استوار است، استفاده می‌شود.

در این تحقیق، از روش طبقه‌بندی خودکار (Spatial Clustering) برای شناسایی پهنه‌های گرد و غباری استفاده شده و متعاقب آن، به روش تفسیر چشمی علاوه بر تدقیق مرز پلیگون‌های مربوط به پهنه‌ها، بر اساس معیارها و استانداردهای شناخته شده، منشاء‌های تولید گرد و غبار نیز به نقشه در آمده‌اند. نه فقط شناسایی پراکنش مکانی منشاءها و مناطق تحت تاثیر گرد و غبارها به این روش، دارای نوآوری است و در کارهای قبلی دیده نمی‌شود، بلکه تبدیل تصاویر رنگی مرکب به مولفه‌های اولیه تشکیل دهنده آن‌ها و استفاده از آن‌ها به روش مذکور، در زمانی که اصل داده‌های سنجنده در دسترس نمی‌باشد، رویکرد جدید و کاربردی را پیش روی کاربران قرار می‌دهد.

**منشاء طوفان‌های گرد و غبار:** منشاء منفرد طوفان‌های گرد و غبار در ناحیه عراق و مناطق مجاور به‌وسیله Wilkerson (۱۹۹۱) مورد بررسی قرار گرفته، ۱۴ منطقه مورد شناسایی واقع شده‌اند. همه این طوفان‌ها یک مولفه غرب به سمت شمال را دارا می‌باشند. علاوه بر این، خسروشاهی و همکاران نیز پهنه‌هایی را برای وقوع طوفان و فرسایش بادی در ایران در قالب طرحی که به‌وسیله دفتر امور بیابان سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور انجام شده است، شناسایی کرده‌اند. این کانون‌های بحرانی مربوط به

پدیده گرد و غبار ناشی از بادهای با سرعت‌های مختلف و کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در تعیین مناطق تحت تاثیر گرد و غبارها به‌وسیله Ekhtesasi (۲۰۱۳) در منطقه سیستان مورد مطالعه قرار گرفت. برای انجام این مطالعه، شاخصی با استفاده از تحلیل پروفیل رادیانس در باندهای با محاسبه مربع تفاضل بیشینه و کمینه بازتاب ناشی از گرد و غبار، توسعه داده شد. با استفاده از این شاخص، کریدورهای گرد و غبار آشکار و آبادی‌هایی که در این کریدورها قرار دارند مشخص شدند. همچنین این مطالعه نشان داد که نوارهای مرئی (چهار الی نه) و نوار ترمال (۲۱) سنجنده مادیس در مقایسه با دیگر نوارها برای شناسایی گرد و غبار و شدت آن‌ها، مناسب‌تر هستند.

بررسی و جمع‌بندی منابع نشان می‌دهد که در چهار دهه قبل برای مطالعه چگونگی حرکت ماسه‌های روان از عکس‌های هوایی استفاده شده است. سپس تصاویر ماهواره‌ای، به‌خصوص تصاویر NOAA، با وجود این‌که با هدف اقیانوس‌شناسی تهیه شده بودند به خوبی در بررسی و پایش پوشش گیاهی و ردیابی طوفان‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. بررسی‌ها نشان داد که میزان بازتاب از قسمت فوقانی طوفان‌ها تفاوت‌های آشکاری با میزان بازتاب از سطح زمین دارد و ذراتی که به شکل معلق در طوفان‌ها و در ارتفاع بالا هستند، باعث پخش طول موج زرد شده و به همین دلیل قسمت فوقانی طوفان‌ها زرد رنگ دیده می‌شوند. توسعه برخی سنجنده‌ها از نظر طیفی و توان تفکیک مکانی و زمانی، نظیر سنجنده MODIS در سال ۲۰۰۰ سبب شده است تا محصولات این سنجنده به‌عنوان جایگزین مناسبی برای تصاویر NOAA، مطرح شوند. تصاویر سنجنده مادیس با توجه به توان تفکیک طیفی، تکرار مناسب از مقبولیت زیادی برای شناسایی طوفان‌های گرد و غبار، برخوردار شده است. با پیشرفت‌های حاصل شده در سنجنده مادیس و فرآورده‌های مربوط به آن، توسعه شاخص‌های مختلف برای استخراج اطلاعات گرد و غبار از تصاویر و تفکیک ابر و سطح بیابان از گرد و غبار، سرعت بیشتری گرفته، شاخص‌هایی نظیر NDDI، D، میلر، TDI، نوار ۳ و نوار ۴ سنجنده مادیس و ضخامت نوری، برای آشکارسازی طوفان‌های گرد و غبار مورد استفاده قرار

گرفته است. ماهواره ترا قبل از ظهر و ماهواره آکوا بعد از ظهرها از سطح زمین تصویربرداری می‌کنند. این سنجنده‌ها در ۳۶ نوار طیفی که از ۰/۴ میکرومتر تا ۱۴/۴ میکرومتر متغیر است تصویربرداری را انجام می‌دهند. توان تفکیک مکانی این سنجنده‌ها برای تصویربرداری در نوارهای طیفی مختلف نیز متفاوت است. دو نوار از تصاویر این سنجنده با توان تفکیک ۲۵۰ متر، پنج نوار با تفکیک ۵۰۰ متر و ۲۹ نوار در با دقت مکانی ۱۰۰۰ متر تصاویر را برداشت می‌کنند. تصویربرداری از سطح کره زمین هر یک تا دو روز به‌طور کامل انجام می‌شود. این سنجنده‌ها طوری طراحی شده‌اند تا بتوانند تغییرات دینامیکی سطح و جو پایین کره زمین، به‌ویژه از نظر پوشش ابری و بودجه تشعشع و فرایندهایی که در اقیانوس‌ها شکل می‌گیرند را در مقیاس نسبتاً بزرگ ثبت نمایند.

#### روش شناسایی منشاء طوفان‌های گرد و غبار:

برای ردیابی پدیده گرد و غبار، شاخص‌ها و روش‌های متعددی نظیر اختلاف دمای روشنایی Ackerman (۱۹۹۷) اندیس نرمال شده گرد و غبار Qu و همکاران (۲۰۰۶) شاخص پارامتر D، Roskovensky و Liou (۲۰۰۵) مدل محاسبه ضخامت نوری، تفسیر چشمی و پردازش‌های تصاویر استفاده می‌شوند و هر یک از این روش‌ها و شاخص‌ها نیازمند داده‌های خاص خود هستند.

Karimi و همکاران (۲۰۱۲)، چهار روش معروف به الگوریتم تشخیص گرد و غبار، شاخص نرمال شده تفاضل گرد و غبار، الگوریتم آبی عمیق و اختلاف دمای درخشایی را با استفاده از تصاویر مادیس به‌منظور آشکارسازی منشاءها و کشنده‌های سه واقعه طوفان گرد و غبار در خاورمیانه به‌کار بردند و نتایج به‌دست آمده را با نتیجه مدل اتمسفری (HYSPLIT) مقایسه کردند. نتیجه این مقایسه توصیه مدل اختلاف دمای درخشایی بوده است.

با توجه به نوع تصاویر در دسترس و پدیده مورد بررسی که طوفان‌های گرد و غبار می‌باشد، از دو روش تفسیر چشمی و پردازش رقومی و طبقه‌بندی خودکار و هیبرید تصاویر ماهواره‌ای برای دستیابی به اهداف این تحقیق استفاده شده و مراحل انجام کار به شرح زیر می‌باشد.

پدیده فرسایش بادی است و بر اساس برآوردهای کارشناسی در ایران، هر سال یک درصد به جمع بیابان‌های کشور افزوده می‌شود.

بیابان و طوفان شن و گرد و غبار ارتباط ناگسستنی با هم دارند. معمولاً بیابان‌ها منشاء و کانون‌های تولید گرد و غبار هستند. اگرچه سایر مناطق نظیر بستر کف دریاچه‌ها و رودخانه‌های خشک و کفه‌های رسی نیز در وقوع طوفان‌های گرد و غبار مشارکت می‌کنند. علی‌الرحال بیابان بستر اصلی برای تولید گرد و خاک و شن محسوب می‌شود و وزش تندبادها در مناطق بیابانی، طوفان‌های سهمگین گرد و خاک و غبار را به همراه دارد. با این رویکرد چنین نتیجه گرفته می‌شود که تنها راه مقابله با طوفان‌های گرد و غبار و کاهش خطرات و خسارت‌های آن‌ها، توجه به بیابان‌ها و مقابله با بیابان‌زایی است.

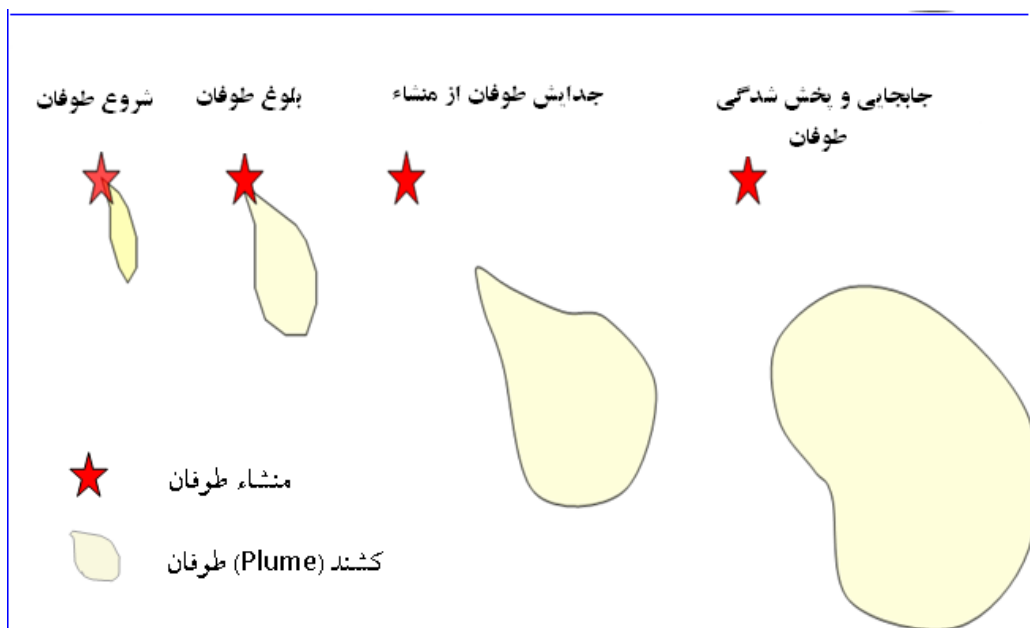
#### مواد و روش‌ها

مهمترین داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مادیس بوده‌اند. تصاویر موجود در سایت‌های مختلف با وجود مطلوب بودن از نظر توان تفکیک مکانی، فقط به‌صورت ترکیب رنگی بوده‌اند که امکان استفاده از آن‌ها را به غیر از تفسیر چشمی با محدودیت مواجه می‌ساخت. به هر حال تعداد زیاد این تصاویر برای سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۷ و مخصوصاً تصاویر به‌هنگام و جدید، از امتیازاتی بودند که سبب شدند تا در انجام این تحقیق، از این داده‌ها استفاده به‌عمل آید. پس از زمین مرجع تصاویر، آن‌ها به‌منظور تفسیر چشمی، به همان صورتی که دریافت شده بودند یعنی به‌صورت ترکیب رنگی مورد استفاده قرار گرفتند. لیکن برای انجام طبقه‌بندی خودکار و استفاده از طبقه‌بندی، این تصاویر به مولفه‌های اولیه تشکیل دهنده آن‌ها (نوارهای با توان تفکیک مکانی ۲۵۰ متری)، تجزیه شدند. این تصاویر در نوارهای طیفی مرئی برداشت می‌شوند که برای شناسایی و تفکیک ابر از هوا آویز و گرد و غبار مناسب می‌باشند.

**تصاویر ماهواره‌ای مادیس:** سنجنده MODIS به‌وسیله ناسا در سال ۱۹۹۹ بر روی ماهواره Terra و در سال ۲۰۰۲ نیز این سنجنده بر روی ماهواره آکوا قرار

طوفان‌های گرد و غبار، به‌خصوص طوفان‌هایی که دید را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهند در بررسی تصاویر ماهواره‌ای، به روش تفسیر چشمی قابل شناسایی می‌باشند. رنگ و الگوی گسترش آن‌ها نیز می‌تواند در شناسایی آن‌ها موثر باشد. شکل کشند طوفان‌ها میزان دور شدگی آن‌ها را از منشاء مشخص می‌کند و تحلیل آن‌ها می‌تواند به شناسایی منشاءها بی‌انجامد. در شکل ۱، این فرایند به‌صورت شماتیک نشان داده شده است.

- طبقه‌بندی خودکار تصاویر (Spatial Clustering) و هیبرید با هدف شناسایی مناطق تحت تاثیر طوفان‌ها
- تفسیر چشمی تصاویر با هدف شناسایی منشاءهای نقطه‌ای طوفان‌ها
- تولید نقشه استقرار طوفان‌های گرد و غبار
- تفسیر نتایج و تعیین کانون‌های بحرانی و تاثیرگذار بر مناطق مرزی ایران



شکل ۱- نمایش شماتیک روند تکوین کسندهای گرد و غبار

مشخص و مجزای از هم در تصویر وجود داشته باشند و این عوارض از تن خاکستری متغیر و از دامنه وسیعی برخوردار باشند، نتایج مطلوبی را در بر دارد. در طبقه‌بندی مکانی عوارض، اطلاعات طیفی و پارامترهای آماری تصاویر شرکت کننده در طبقه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرند. گاهاً مشابهت در علائم طیفی برخی از عوارض تشکیل دهنده سطح زمین، با وجود اختلاف در ویژگی‌های آن‌ها، خطای طبقه‌بندی را سبب می‌شود. از طرف دیگر، مفسر با تجربه تصویر می‌تواند اطلاعات مکانی و طیفی هر یک از واحدهای تشکیل دهنده سطح زمین را بر اساس معیارها و ضوابط به خوبی تفسیر و اطلاعات مربوطه را استخراج نماید. اگر چه این امر در مقایسه با روش‌های طبقه‌بندی خودکار از اعتبار بیشتری برخوردار است

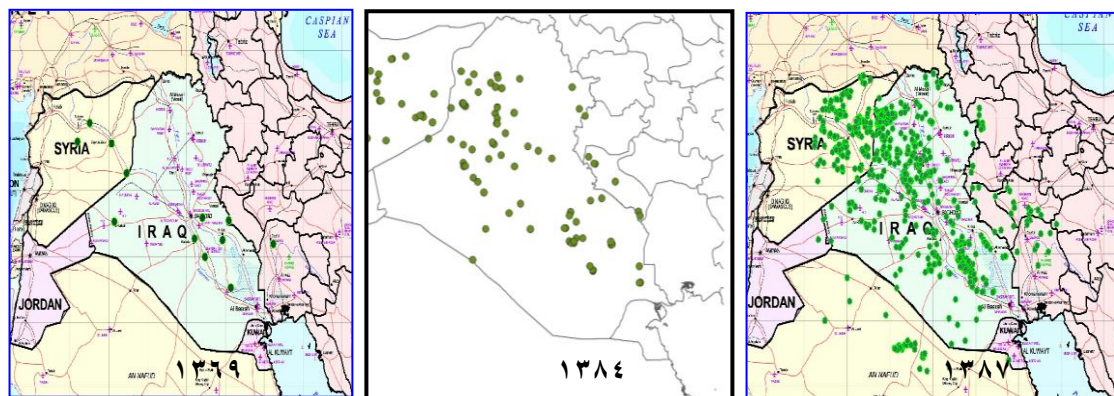
**طبقه‌بندی مکانی تصاویر:** تصاویر چند طیفی با استفاده از پردازش‌های لازم به نقشه‌های موضوعی، متعددی تبدیل می‌شوند. در امر طبقه‌بندی، مهم این است که روش طبقه‌بندی حتی‌الامکان خودکار بوده، وابستگی کمتری به نظرات مفسر و پردازشگر تصویر داشته باشد. روش‌ها و فنون مختلف ندی تصویر، به-وسیله Haralick (۱۹۸۵)، به دسته‌های متعددی نظیر طبقه‌بندی مکانی هدایت‌شده، الگوی رشد یابنده منطقه‌ای منفرد (single region growing scheme) و الگوی گسست و پیوست (split and merge scheme) تقسیم‌بندی شده و هر یک از آن‌ها از جمله طبقه‌بندی مکانی عوارض (spatial clustering) موجود در تصویر، با ذکر مثال‌هایی تشریح شده‌اند. به عقیده ایشان، روش طبقه‌بندی مکانی، زمانی که عوارض

مکانی آن‌ها در بخشی از شکل ۲، با عنوان منشاء طوفان‌های سال ۱۳۶۹ برای مقایسه با وضعیت منشاءها در سال‌های بعد، ارائه شده است.

با توجه به معیارهای تفسیر چشمی و با لحاظ رنگ و الگوی گسترش طوفان‌ها (شکل ۱)، تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS، مورد تفسیر چشمی قرار گرفتند و منشاء هر یک از طوفان‌های قابل تشخیص به نقشه در آمدند. پراکنش منشاء طوفان‌های گرد و غبار قابل تشخیص بر روی تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان نمونه، برای سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۷ به‌صورت نقاطی بر روی نقشه کشورهای منطقه در شکل ۲، نشان داده شده و با وضعیت منشاءها در سال ۱۳۶۹ مقایسه شده‌اند.

ولی بسیار وقت‌گیر و سلیقه‌ای است. بنابراین با توجه به نقاط قوت و ضعف هر یک از روش‌های طبقه‌بندی خودکار و تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای، روش تلفیقی این دو روش که به نام روش هیبرید شناخته می‌شود (Kramber و Morse، ۱۹۹۴) جایگاه خاصی در بین مفسران و پردازشگران تصویر پیدا کرده است. در این تحقیق نیز برای طبقه‌بندی تصاویر و تهیه نقشه‌های گرد و غبار و منشاءهای آن‌ها از روش طبقه‌بندی هیبرید، استفاده شده است.

**نتایج تفسیر چشمی تصاویر:** همان‌طور که قبلاً اشاره شد، منشاء منفرد طوفان‌های گرد و غبار در ناحیه عراق و مناطق مجاور به‌وسیله Wilkerson (۱۹۹۱) بر اساس تفسیر تصاویر NOAA-AVHRR و مطالعات میدانی مورد بررسی قرار گرفته، پراکنش



شکل ۲- پراکنش مکانی منشاء طوفان‌های سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷

بسیار محدود است. منطقه اندیمشک، فکه، رودخانه سیمره در استان خوزستان و ناحیه پل دختر در استان لرستان و مناطق مهران، سرپل ذهاب و گیلان غرب در استان ایلام و ساوجی و چناره در استان کردستان، در صورت وقوع خشکسالی و عدم مدیریت سرزمین، از نواحی مستعد و مشارکت کننده در تولید گرد و غبار به شمار می‌آیند.

**نتایج پردازش رقومی و طبقه‌بندی هیبرید تصاویر:** علاوه بر شناسایی منشاءهای طوفان‌ها در سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۷، محدوده‌های پوشیده از گرد و غبار نیز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به نقشه در آمده‌اند. تفسیر چشمی تصاویر روزانه، طبقه‌بندی هیبرید، استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و

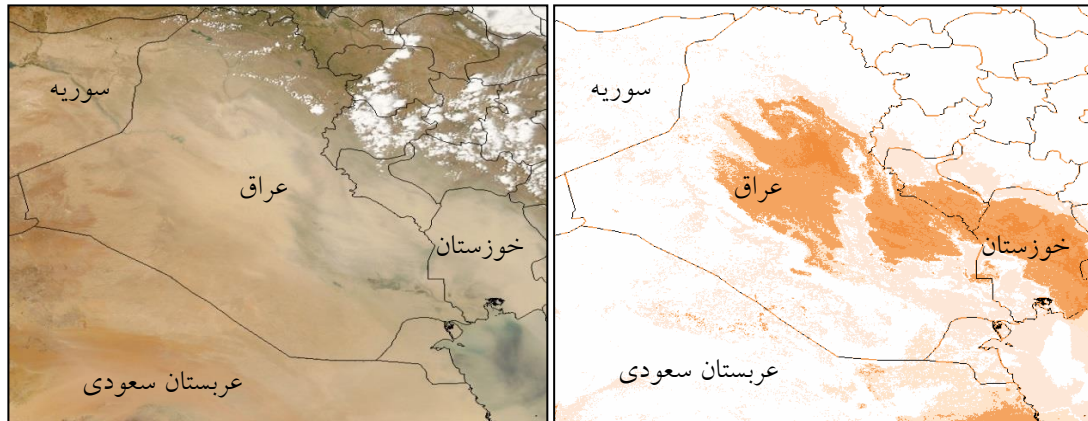
بررسی‌های به‌عمل آمده بر روی تصاویر ماهواره‌های Aqua و Tera، نشان می‌دهد که بعضی از منشاءهای طوفان‌های گرد و غبار در سال‌های قبل از ۱۳۷۰، همچنان فعال هستند. مناطقی نظیر سماوه و دیوانیه عراق از جمله این مناطق محسوب می‌شوند. بررسی این تصاویر نشان می‌دهد که شدت و فراوانی طوفان‌های گرد و غبار در سال ۱۳۸۷ به اوج خود رسیده است در حالی که در سال ۱۳۸۶ وضعیت چندان بحرانی نبوده است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که مناطقی از غرب و جنوب غرب ایران نیز در تولید گرد و غبارهای منطقه مشارکت می‌کنند. البته تعداد این مناطق در مقایسه با سایر مناطق واقع در بین‌النهرین و مناطق پیرامون،

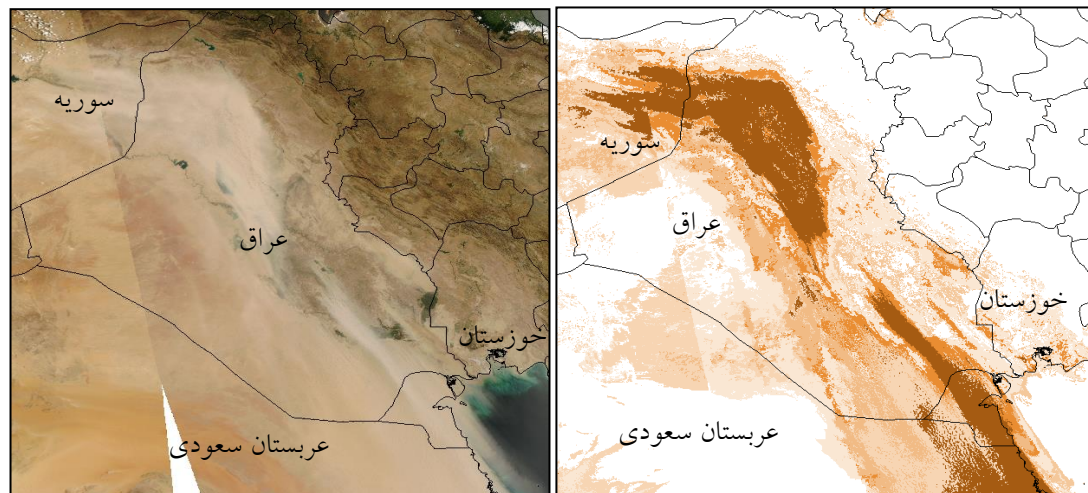


ادغام شدند. در این مرحله در صورت لزوم مرز واحدها و طبقات نیز به روش تفسیر چشمی و رقومی سازی از صفحه نمایش، اصلاح شدند. نمونه‌هایی از نتیجه طبقه‌بندی مکانی تصاویر منطقه که به روش ادغام و حذف برخی طبقات، تصحیح شده‌اند و با توجه به تراکم گرد و غبارها، نام‌گذاری و گویا شده‌اند، در شکل ۳ و شکل ۴، ارائه شده است.

تلفیق نتایج تفسیرها و طبقه‌بندی‌ها، منجر به تهیه نقشه اسقرار گرد و غبار در فضای منطقه شد. با استفاده از روش‌های خودکار و با توجه به پارامترهای آماری تصاویر چند طیفی، این تصاویر به تعداد ۱۰ گروه، طبقه‌بندی شدند. با مقایسه نتیجه طبقه‌بندی و تصاویر رنگی مرکب و با توجه به شدت و تراکم گرد و غبار در طوفان‌ها، برخی از خوشه‌ها و طبقات با هم



شکل ۳- نتایج حاصل از طبقه‌بندی هیبرید تصویر مادیس (۱۱ تیر ۱۳۸۷)



شکل ۴- نتایج حاصل از طبقه‌بندی هیبرید تصویر مادیس (۲۷ خرداد ۱۳۸۷)

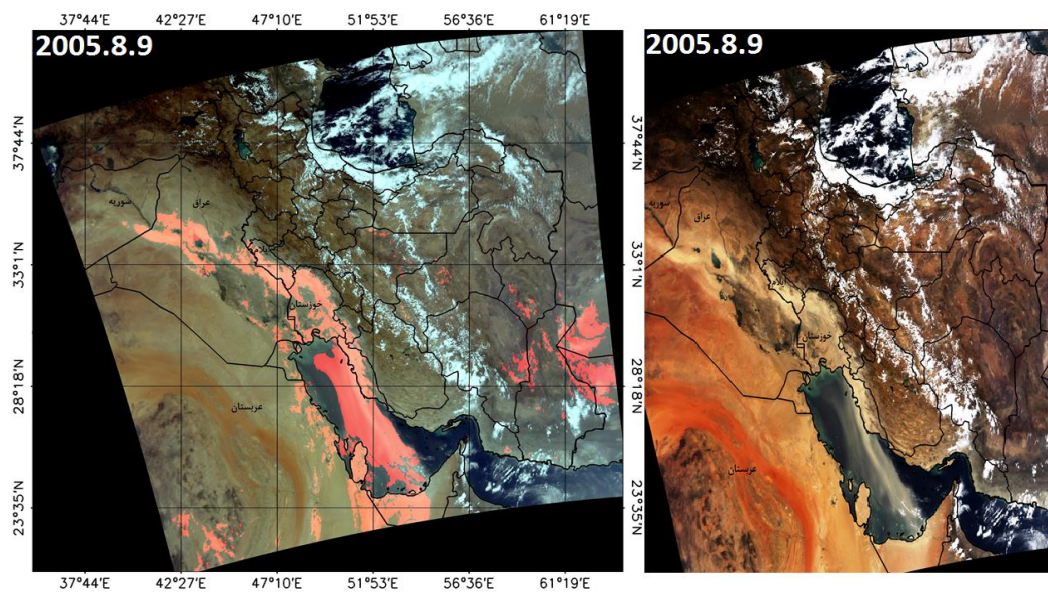
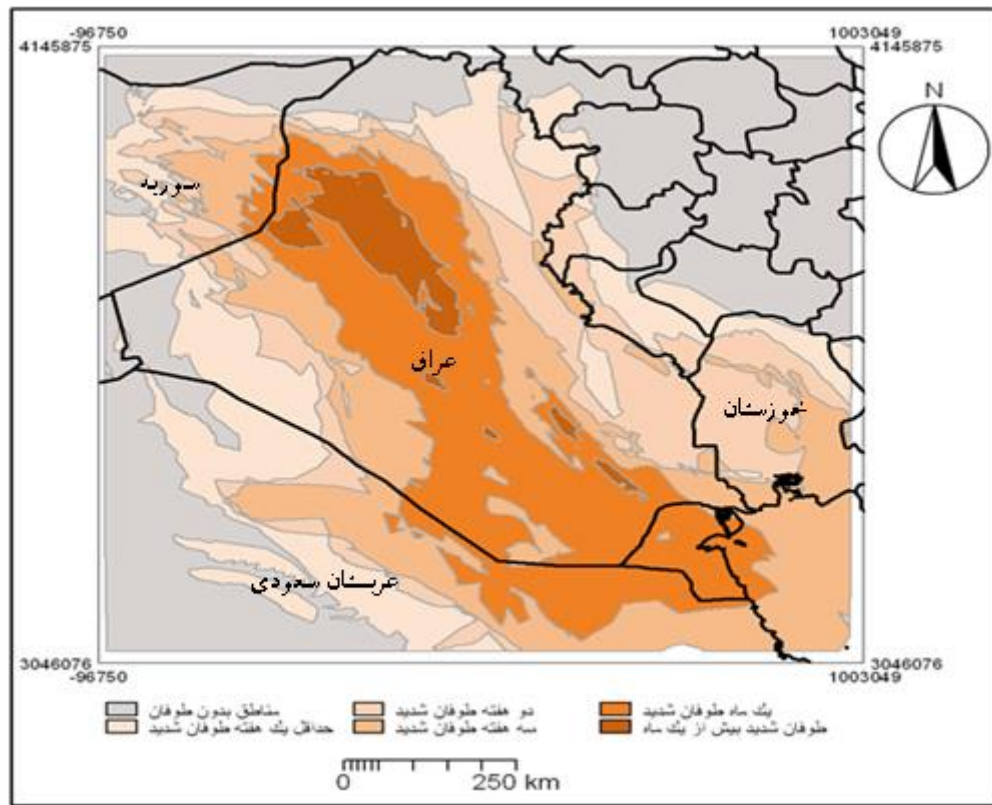
### نتایج و بحث

با یادآوری این‌که مدل اختلاف دمای درخشایی به‌وسیله Karimi و همکاران (۲۰۱۲) توصیه شده است، تصاویر حاصل از روش محاسبه اختلاف دمای روشنایی (به‌عنوان مثال تصویر ۱۸ مرداد ۱۳۸۴) که به‌وسیله Azizi و همکاران (۲۰۱۲) تهیه شده، در شکل ۶ ارائه شده است، برای ارزیابی نتایج مورد استفاده قرار گرفت. نتیجه این مدل نشان می‌دهد که

استقرار سالانه طوفان‌های شدید گرد و غبار: نقشه‌های به‌دست آمده تحت عنوان استقرار روزانه طوفان‌های گرد و غبار در سال‌های ۱۳۸۴، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷، به‌منظور ارائه نقشه کلی استقرار این طوفان‌ها در سال‌های مختلف، با هم جمع شدند. با توجه به حد بودن و شدت گرفتن این طوفان‌ها در سال ۱۳۸۷، نقشه وضعیت استقرار طوفان‌ها، به شرح زیر در شکل ۵ ارائه شده است.

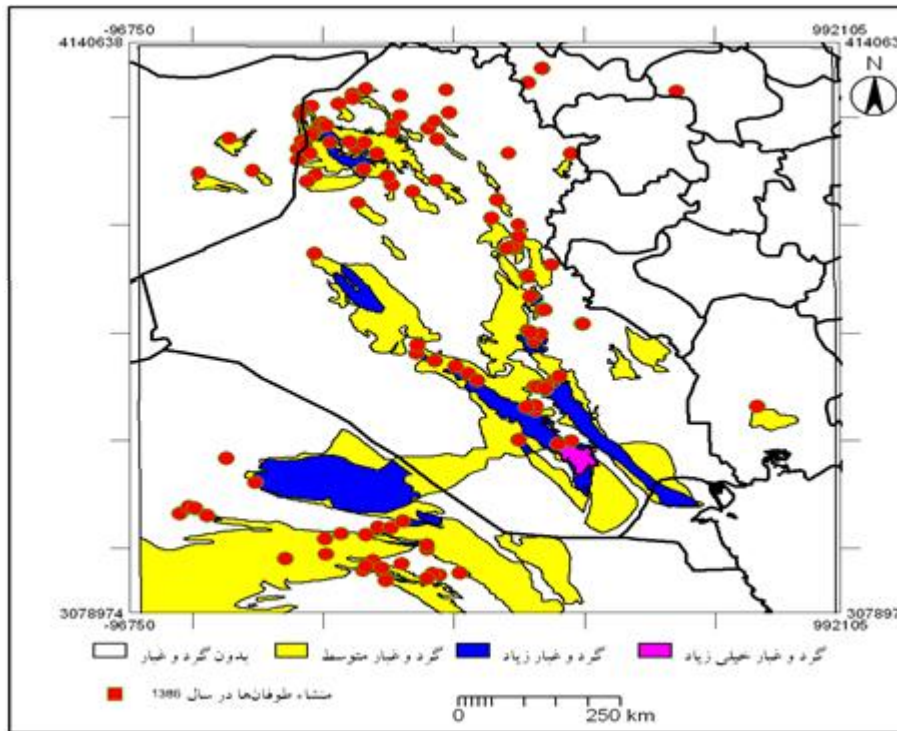
روش تفسیر چشمی تصویر رنگی و آشکارسازی آن‌ها به روش طبقه‌بندی هیبرید، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که آنچه به روش مدل‌سازی به‌دست آمده است با نتایج به‌دست آمده از روش‌های به‌کار رفته در این پژوهش، انطباق دارد.

گرد و غبار وارد شده به منطقه مورد مطالعه از کشورهای سوریه و عراق منشاء گرفته است. همان‌طور که بر روی تصاویر قابل مشاهده است گرد و غبار قسمت‌های زیادی از استان‌های خوزستان و ایلام را در زمان تصویربرداری در بر گرفته است. با توجه به قابل شناسایی بودن گسترش کشند این نوع طوفان‌ها به



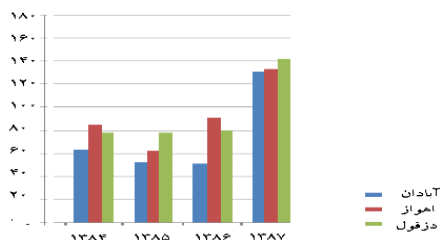
به عبارت دیگر، این انطباق دلیلی بر صحت روش‌های استفاده شده و دقت نتایج به دست آمده است. در شکل ۷، تلفیق این دو نقشه برای طوفان‌های گرد و غبار سال ۱۳۸۶، نشان داده شده است.

تلفیق نقشه کشنده‌های گرد و غبار در تاریخ‌های تصویربرداری با نقاط شناسایی شده به عنوان منشاء گرد و غبار در همان تاریخ، که به دو روش مختلف طبقه‌بندی هیبرید و تفسیر چشمی به دست آمده‌اند، نشانگر ارتباط منطقی کشنده‌ها با منشاء آن‌ها می‌باشد.



شکل ۷- تلفیق نقشه کشنده‌های گرد و غبار در سال ۱۳۸۶ با نقاط منشاء آن‌ها

بوده‌اند. تفاوت بین این دو در شدت، ماندگاری و تعداد روزهای وقوع گرد و غبار است، به طوری که فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار در دوره اول و شدت و فراگیری مکانی و تعداد روزهای تداوم آن در دوره دوم به‌ویژه در سال ۱۳۸۷ مورد توجه هستند.



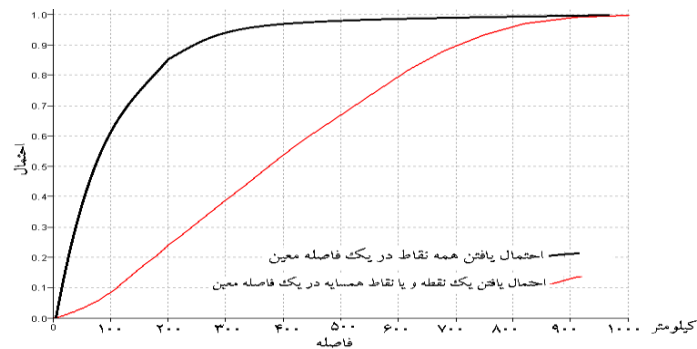
شکل ۸- فراوانی روزهای گرد و غباری ثبت شده در ایستگاه‌های سینوپتیک آبادان، اهواز و دزفول

فراوانی رخداد‌های گرد و غبار ثبت شده بر اساس کدهای سینوپتیک با رخداد این پدیده بر روی تصاویر

قابل ذکر است که امکان دسترسی به آمار ایستگاه‌های همدیدی در منطقه عراق و سوریه وجود نداشت و فقط از آمار روزانه تعدادی از ایستگاه‌های داخل کشور که در قلمرو و تاثیر طوفان‌های گرد و غبار بوده‌اند، برای این بخش از کار استفاده شده است. بنابراین به منظور ارزیابی صحت نتایج به دست آمده از پردازش‌های تصاویر، داده‌های روزانه گرد و غبار ثبت شده به وسیله دیده‌بانی‌های ایستگاه‌های سینوپتیک آبادان، اهواز و دزفول، برای دوره مورد بررسی استفاده شدند. بررسی‌ها نشان داد که در مجموع ایستگاه دزفول دارای بیشترین روزهای همراه با گرد و غبار در منطقه بوده است. بررسی سالانه و دراز مدت داده‌ها نیز نشان می‌دهد که پدیده گرد و غبار در تمامی ایستگاه‌ها دارای دو بیشینه زمانی بوده‌اند در طول سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۶۰ و دیگری از ۱۳۸۴ تا ۱۳۶۷

شده در ایستگاه‌های سینوپتیک، انطباق دارند. نقاط شناسایی شده به‌عنوان منشأ گرد و غبار، به روش تحلیل آماری الگوی توزیع مکانی نقاط (Pattern Analysis)، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مشخص شد که این نقاط، از یک توزیع تصادفی تبعیت می‌کنند. نتایج این تحلیل الگوی توزیع مکانی به‌عبارت دیگر احتمال یافتن همه نقاط همسایه در یک فاصله معین و همچنین احتمال یافتن یک نقطه همسایه در یک فاصله معین در شکل ۹، نشان داده شده است.

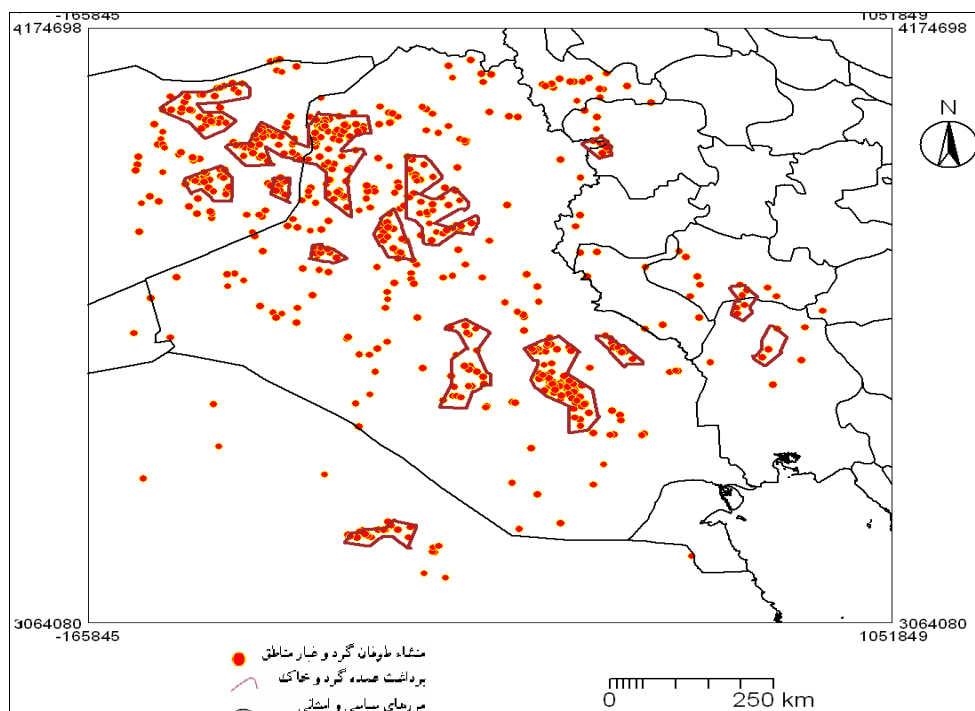
در زمان مشترک مقایسه شد. برای انجام این مرحله، تصاویر ماهواره‌ای برای تمام روزهای همراه با گرد و غبار ثبت شده به‌وسیله ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه تهیه شد. این کار برای هر ایستگاه و هر سال به‌صورت جداگانه انجام شد. بر اساس مقایسه تمامی این تصاویر، مشخص شد که تفاوت قابل توجهی بین روزهای گرد و غبار ثبت شده به‌وسیله ایستگاه‌های سازمان هواشناسی و مشاهده آن‌ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای وجود ندارد و طوفان‌هایی که در تصاویر مادیس مشاهده می‌شوند با مشاهدات زمینی ثبت



شکل ۹- احتمال یافتن یک نقطه و یا همه نقاط در یک فاصله معین

دسته‌ها را به‌عنوان نواحی و کانون‌های طوفان‌ها معرفی کرد.

با وجود تصادفی بودن توزیع نقاط منشأ گرد و غبار، به نظر می‌رسد بتوان آن‌ها را به نحوی که در شکل ۱۰، مشخص شده دسته‌بندی نموده و محدوده این



شکل ۱۰- کانون‌ها و نقاط منشأ طوفان‌های شدید و بسیار شدید در منطقه سوریه، عراق و ایران

## نتیجه‌گیری

مذکور بتوان طوفان‌های گرد و غبار را به واسطه رفتار طیفی متمایز آن‌ها از ابر و سطح زمین در تصاویر مادیس آشکار کرد ولی در موارد زیادی به‌خصوص در شناسایی نقاط و موقعیت منشاء طوفان‌ها به‌دلیل هندسه‌کننده‌های گرد و غبار و الگوهای خاص آن‌ها امکان آشکارسازی طیفی آن‌ها وجود ندارد و در این موارد باید از روش‌های دیگر نظیر تشخیص الگوها و تفسیر چشمی که بر منبای تشخیص الگوها، اشکال، تون و رنگ تصاویر استوار است، استفاده می‌شود.

## پیشنهادات

با توجه به کارایی متفاوت شاخص‌ها در آشکارسازی طوفان‌های گرد و غبار، پیشنهاد می‌شود که پس از تعیین پهنه‌های گرد و غباری با شدت‌های متفاوت، علاوه بر ادغام طبقاتی که رفتار طیفی نسبتاً مشابهی دارند، به روش تفسیر چشمی مرز پلیگون‌های مربوط به پهنه‌ها مورد بازبینی قرار گرفته و تدقیق شوند. علاوه بر این، با توجه به این‌که شناسایی نقاط و موقعیت منشاء طوفان‌ها به‌دلیل هندسه‌کننده‌های گرد و غبار و الگوهای خاص آن‌ها به روش آشکارسازی طیفی آن‌ها وجود ندارد، تاکید می‌شود که باید برای این کار از روش‌های دیگری نظیر تشخیص الگوها و تفسیر چشمی که بر منبای تشخیص الگوها، اشکال، تون و رنگ تصاویر استوار است، استفاده شود.

با توجه به ماهیت تصاویر رنگی مرکب سنجنده‌های آکوا و ترا، روش تفسیر چشمی تصاویر، با دقت قابل قبولی برای شناخت منشاء و مناطق تحت تاثیر طوفان‌های گرد و غبار، دنبال شد. اگرچه تصاویر در دسترس، داده‌های خام و اولیه را در بر نداشت، لیکن استفاده از تصاویر حاصل از تجزیه تصاویر ترکیب رنگی به نوارهای سازنده آن‌ها (که در مقایسه با سایر نوارهای سنجنده مادیس از توان تفکیک بهتری برخوردارند) و به کارگیری روش طبقه‌بندی خودکار و هیبرید، باعث افزایش دقت نتایج و کاهش سهم سلیقه در تفسیرها شد. یادآوری وی شود که به‌دلیل عدم دسترسی به تصاویر سری زمانی برای مدل‌سازی و محاسبه ضخامت نوری گرد و غبار این امر صورت نگرفت. اگرچه دقت مکانی تصاویری که برای مدل‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند نیز در مقایسه با دقت تصاویر نوارهای مرئی ضعیف‌تر می‌باشد. حتی محصولات مرتبط با گرد و غبار سنجنده مادیس، دقت مکانی به مراتب ضعیف‌تری در حد ۱۰ کیلومتر دارند. بنابراین، برای تحلیل‌ها و دستیابی به اهداف، تصاویر به‌دست آمده از تجزیه تصاویر ترکیب رنگی به نوارهای سازنده آن‌ها (به‌علت فراوانی و دقت مکانی مناسب ۲۵۰ متر) و روش‌های طبقه‌بندی هیبرید و تفسیر چشمی مورد استفاده قرار گرفتند. گرچه ممکن است با استفاده از شاخص‌های

## منابع مورد استفاده

1. Ackerman, S. 1989. Using the radiative temperature difference at 3.7 and 11  $\mu\text{m}$  to track dust outbreaks. *Remote Sensing of Environment*, 27(2): 129-133.
2. Azizi, Q., M. Miri and S.O. Nabavi. 2012. Tracking of dust storm in western part of Iran. *Journal of Geographic Studies at Arid Regions*, 2(7): 12-27.
3. Bahrami, H., M. Jalali, A. Darvishi Blorani and R. Azizi. 2013. Spatio-temporal modeling of dust storm occurrence in Khuzestan province. *Iranian Journal of Remote Sensing and GIS*. 2(5): 95-114 (in Persian).
4. Draxler, R.R., D.A. Gillette, J.S. Kirkpatrick and J. Heller. 2001. Estimating  $\text{PM}_{10}$  air concentrations from dust storms in Iraq, Kuwait, and Saudi Arabia. *Atmospheric Environment*, 35: 4315-4330.
5. Ekhtesasia, M.R. and Z. Gohari. 2013. Determining area affected by dust storms in different wind speeds, using satellite images, case study: Sistan Plain, Iran. *Journal of Desert*, 17: 193-202.
6. Faleh zozuli, M., A. Vafaiejad, M. Kheirkhah Zarkesh and F. Ahmadi dehka. 2014. Monitoring and synoptic analysis of dust storm by means of remote sensing and GIS. *Journal of Remote Sensing in Natural Resources*, 5(4): 61-77.
7. Haralick, R.M. and L.G. Shaprio. 1985. Image segmentation techniques. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 29: 100-132.
8. Hook, D.D. 1984. Adaptations to flooding with fresh water. In: T.T. Kozlowski (Editor), *Flooding and Plant Growth*. Academic Press, Inc., Orlando, Florida, 265-293.

9. Iranmanesh, F., M. Arabkhedri and M. Akram. 2005. Investigation on dust storm sources and their spreading properties in Sistan storm using image processing. *Pajooresh and Sazandegi*, 67: 25-33 (in Persian).
10. Jalali, N., B. Saghafian, H. Taheri, M. Tajrishishi and B. Aminipouri. 2002. Spatio-temporal mapping of smoke fraction index generated by the Kuwaiti oil well fires. *Asian Journal of Geoinformatics*, 3(1): 29-35.
11. Karimi, N., A. Moridnejad, S. Golian, M.V. Samani, J. Karimi Danesh and S. Javadi. 2012. Comparison of dust source identification techniques over land in the Middle East region using MODIS data. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 38(5): 58-65.
12. Karimi, Kh., H. Taheri Shahraini, M. Habibi Nokhandan and N. Hafezi Moghaddas. 2011. Identification of the point sources of dust storms in the Middle East using remote sensing. *Journal of Climate Research*, 2(7): 122-132.
13. Khosroshahi, M. 1987. Investigation on desert and sand dunes and combating them. Natural Resources Head Quarter Organization in Khorasan Province.
14. Khosroshahi, M. 2008. Final report on determination of desert extents in Iran. Forest and Rangeland Research Institute, Tehran, Iran.
15. Kramber, W.J. and J. Morse. 1994. Integrating image interpretation and unsupervised classification procedures. *ASPRS/ACSM*.
16. Li, X. and S. Weidong. 2009. Dust storm detection based on MODIS data. Liaoning Technology University, No. 47, Zhonghua Road, Fuxin, Liaoning, 169-172.
17. Qu, J. and K. Menas. 2006. Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua MODIS SRB measurements. *Geosciences and Remote Sensing Letters*, 3(4): 484-486.
18. Roskovensky, J.K. and K.N. Liou. 2005. Differentiating airborne dust from cirrus clouds using MODIS data, *Geophys. Geophysical Research Letters*, 32: 12-23.
19. Shamschiri, S., R. Jafari, S. Soltani and N. Ramazani. 2014. Identification and zonation of dust storms in Kermanshah Province by using MODIS images. *Applied Ecology*, 3(8): 23-35.
20. Wilkerson, M. 1991. Dust and sand forecasting in Iraq and adjoining countries. Air Weather Service, Scot Air Force Base, Illinois, 62225-5008.
21. Zheng, X., F. Lu, W. Yunhen and G. Liang. 1998. Study of dust storms in china using remote sensing. *Optical Remote Sensing Conference of the Atmosphere and Clouds*, Volume 3501, Beijing, China.

## Identification on dust storm sources and their affecting areas in south-west provinces of Iran, using MODIS image

Nader Jalali<sup>\*1</sup>, Fazel Iranmanesh<sup>2</sup> and Mohammadhadi Davoodi<sup>3</sup>

<sup>1 and 2</sup> Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran and <sup>3</sup> Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 02 May 2015

Accepted: 11 October 2015

### Abstract

Generally, satellite images and climatological and environmental data are used simultaneously in dust storm studies. Most of the processing techniques are limited to a few indices such as brightness temperature differences, normalized dust density index, aerosol optical depth, false color composite and visual image interpretation. Since the reliability of the above-mentioned methods are varied, so an attempt was made to increase the reliability of automatic spatial image clustering by contributing the expert knowledge via visual image interpretation. Therefore, the required satellite images were collected for a period of 2005 to 2008, in Mesopotamian, Syria and south-western provinces of Iran. For doing this, the MODIS color composite images were decomposed into their ordinary bands and then used for further analysis. In this research, spatial image clustering followed by visual image interpretation (hybrid classification) was applied for accurate mapping of geographical extents of dust storm with different intensities. The sources of dust storms were also identified through visual image interpretation by considering the interpretation criteria such as shapes and patterns. Comparison of the previous results and obtained by this research, indicated critical conditions in terms of dust storm occurrence in the region. Image clustering and hybrid classification led to daily dust persistence over the region and then those images compiled in order to prepare annual total heavy dust persistence map. The result of using brightness temperature difference method verified similarity and reliability of obtained results. Therefore, this simple method could be proposed for identification of dust sources, related plumes and their affecting areas, when raw image data are not available.

**Key words:** Dust Storms, Iran, Satellite Images, Spatial Clustering, Visual Interpretation

---

\* Corresponding Author: jalali\_n@yahoo.com