

## شناسایی کانون‌های داخلی برداشت گردوغبار و مسیرهای انتقال آن در استان هرمزگان (مطالعه موردی: منطقه کوهستک تا بندرعباس)

محمود دمی‌زاده<sup>۱\*</sup>، مرتضی میری<sup>۱</sup> و مهران زند<sup>۲</sup>

۱. استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان آموزش، تحقیقات و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲. دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان آموزش، تحقیقات و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

(دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۳، پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۶/۲۹)

### چکیده

هدف پژوهش حاضر شناسایی کانون‌های داخلی تولید گردوغبار در منطقه حدفاصل بندرکوهستک تا بندرعباس در استان هرمزگان است. داده‌های مورد استفاده شامل: کدهای هواشناسی ایستگاه‌های همدیدی منطقه، تصاویر ماهواره‌ای مودیس و برداشت‌های میدانی می‌باشد. روش مورداستفاده مبتنی بر مطالعات میدانی، تکنیک‌های دورسنجی و مدل‌سازی اقلیمی است که در این راستا از چهار الگوریتم بارزسازی TDI، Ackerman، NDDI، TIIDI و مدل Hysplit استفاده شده است. نتایج ارزیابی شاخص‌های مورداستفاده در بارزسازی گردوغبار منطقه بیانگر کارایی بهتر الگوریتم TDI است. نتایج بارزسازی همچنین نشان داد که کانون‌های برداشت و تولید گردوغبار متعددی در منطقه وجود دارند که این کانون‌ها در گستره وسیعی از منطقه موردمطالعه پراکنش دارند. پس از شناسایی کانون‌های گردوغبار منطقه، با استفاده از نقشه‌های تهیه شده و مطالعات میدانی مشخص شد که سه واحد رسوبات دشت‌های سیلابی (Qa13)، رسوبات خاکریزهای طبیعی (Qa2) و تلماسه‌های ساحلی (Qdune)، بیشترین نقش را در تولید گردوغبار منطقه به‌عهده دارند. مسیریابی حرکت طوفان گردوغبار با استفاده از مدل انتشار لاگرانژی ذرات HYSPLIT نشان داد که سه مسیر کلی ورود طوفان‌های گردوغبار به منطقه وجود دارد که شامل مسیر شمال‌شرقی، مسیر غربی و مسیر جنوب‌غربی می‌باشند. همچنین بر اساس نتایج مدل، مشخص شد که ادامه حرکت طوفان در منطقه در مسیرهای متفاوتی بوده که مسیر شمال و شمال‌شرقی با ۳۰ درصد، مسیر جنوبی ۲۵ درصد و مسیر شرقی ۲۰ درصد از مجموع رخداد‌های دوره مطالعاتی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ را شامل می‌شود.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم آشکارسازی، مودیس، میناب، مسیریابی، Hysplit.

### ۱. مقدمه

از روش‌های پایش پدیده گردوغبار بوده که مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است؛ به‌طوری‌که از دهه ۱۹۷۰ و با شروع عرضه تصاویر ماهواره‌ای به جوامع علمی و دانشگاهی، پژوهش در زمینه استفاده از دانش سنجش از دور در زمینه شناسایی توده‌های گردوغبار انجام گرفته است. افراد مختلفی نظیر اکرم (۱۹۹۷)، روسکونسکی و لیو (۲۰۰۳)، میلر (۲۰۰۳)، کیو و همکاران (۲۰۰۶)، ژائو و همکاران (۲۰۱۰) و پژوهشگران دیگری با ابداع شاخص‌ها و الگوریتم‌های مختلف به بررسی پدیده گردوغبار از طریق تصاویر ماهواره‌ای پرداختند. همچنین استفاده از تصاویر ماهواره‌ای AVHRR، POLDAR، TOMS، MODIS، SEAWIFS، GEOS، MISR، SEVIRI

طوفان‌های گردوغبار یکی از پدیده‌هایی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان رخ می‌دهد. طی سال‌های اخیر وقوع طوفان‌های گردوغبار با تعداد بالا از جمله مخرب‌ترین بلاهای زیست‌محیطی در منطقه خاورمیانه می‌باشد. با توجه به تأثیرات وسیع گردوغبار در تغییر اقلیم در مقیاس جهانی و محلی، تغییر در میزان تابش ورودی به زمین، تغییرات در چرخه بیولوژیکی، زمین‌شناسی و شیمیایی، تأثیر بر سلامت افراد و هزینه‌های بسیار گزاف اقتصادی که برای جوامع بشری به بار می‌آورد، بررسی و پایش این رخداد لازم و ضروری است (دمی‌زاده و همکاران، ۱۴۰۰).

استفاده از سنجش از دور و الگوریتم‌های آشکارساز یکی

در خاورمیانه ایجاد شده و به شهر ساپورو ژاپن رسیده بود، پرداختند. همچنین رجایی و همکاران (۲۰۲۰)، در پژوهش خود نسبت به استفاده از روش مسیریابی Backward مدل HYSPLIT در سه سطح ارتفاعی و به مدت ۴۸ ساعت قبل از وقوع دو طوفان در شهرهای اهواز و کرمانشاه اقدام کردند. جوادیان و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی ارتباط خشکسالی‌های کشور عراق و طوفان‌های گردوغبار جنوب غرب ایران بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ پرداختند. نتایج اجرای مدل HYSPLIT آنها نشان داد که مناطق مرکزی و جنوبی عراق منشأ گردوغبار مناطق جنوب غربی ایران هستند.

همچنین افراد دیگری نظیر سبحانی و همکاران (۱۳۹۹)، خلیدی و همکاران (۲۰۱۹)، گنات و جاگرد (۲۰۱۹)، محمد یاسین و همکاران (۲۰۱۸)، یو و همکاران (۲۰۱۹)، وانگ و همکاران (۲۰۱۰) و هامیش و اندریو (۲۰۰۸) پژوهش‌های مختلفی را جهت مسیریابی حرکت طوفان‌های گردوغبار، بر اساس مدل‌های عددی انتشار ذرات مورد استفاده قرار دادند.

## ۲. روش پژوهش

### ۲-۱. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حدفاصل شهر بندرعباس تا بندرکوهستک در شرق استان هرمزگان بین مختصات  $26/84$  تا  $27/2$  درجه عرض جغرافیایی شمالی و  $56/4$  تا  $57$  درجه طول جغرافیایی شرقی در مجاورت آب‌های خلیج فارس واقع شده است (شکل ۱). در منطقه مورد مطالعه، شهرها و روستاهای زیادی چون میناب، کوهستک، حسن‌لنگی، جلابی، گوربند و تیاب قرار گرفته‌اند. همچنین شهر بندرعباس به‌عنوان مرکز استان هرمزگان که یکی از مهم‌ترین شهرهای اقتصادی و پرجمعیت جنوب ایران می‌باشد و صنایع و بنادر مهم و راهبردی کشور را در کنار خود جای داده است، در این منطقه واقع شده است.

OMI AIRS و IASI به‌صورت موفق در پایش گردوغبار مورداستفاده قرار گرفته‌اند (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۰) هر چند تعدادی از آنها جهت تعیین منشأ گردوغبار از کارایی لازم برخوردار نیستند (بادوک و همکاران، ۲۰۰۹).

در داخل کشور نیز، جبال‌ی و همکاران (۱۳۹۸)، خیراندیش و همکاران (۱۳۹۷)، قادری‌نسب و همکاران (۱۳۹۷)، رایگانی و همکاران (۱۳۹۶)، مهربانی و همکاران (۱۳۹۴) از جمله پژوهشگرانی هستند که با استفاده از سنجش از دور و الگوریتم‌های آشکارسازی، پدیده گردوغبار را در مناطق مختلف ایران نظیر یزد، البرز، سیستان و بلوچستان مورد بررسی قرار داده‌اند. همچنین زندکریمی و همکاران (۲۰۲۰)، ساریخانی و همکاران (۲۰۲۰)، ژانگ و همکاران (۲۰۲۰)، کریمی و همکاران (۲۰۱۲)، لی و همکاران (۲۰۱۰)، بادوک و همکاران (۲۰۰۹) و درمانف و سوکولیک (۲۰۰۵) نیز در مناطق مختلف دنیا به بررسی پدیده گردوغبار با استفاده از دانش دورسنجی اقدام کرده‌اند.

در زمینه استفاده از مدل‌های عددی پخش ذرات جهت ردیابی پدیده گردوغبار نیز مطالعات مختلفی به انجام رسیده است. کارگر و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای با عنوان شبیه‌سازی و تحلیل عددی طوفان گردوغبار شدید شرق ایران به بررسی پدیده گردوغبار و پیش‌بینی آن با استفاده از مدل WRF-Chem در مناطق شرقی کشور پرداختند. نتایج مدل نشان داد که منطقه سیستان به‌خصوص بستر خشک تالاب هامون، چشمه اصلی طوفان گردوغبار بوده است. ملکوتی و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهش خود با استفاده از مدل‌سازی عددی به بررسی توزیع زمانی و مکانی گردوغبار در یکی از شدیدترین رخداد‌های گردوغباری کشور و با استفاده از مدل WRF/Chem و مدل HYSPLIT اقدام کردند.

سوگی‌موتو و همکاران (۲۰۲۰)، نسبت به ردیابی طوفان بزرگی که در مارس ۲۰۱۸ از منطقه صحرا

## ۲-۲. داده‌های مورد استفاده

جهت مطالعه رخدادهای گردوغبار استان هرمزگان، تعداد دوازده ایستگاه سینوپتیک استان برای یک دوره ۱۹ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ میلادی انتخاب شدند. در ابتدا داده‌های ساعتی مربوط به پدیده‌های جوی از اداره کل هواشناسی استان هرمزگان اخذ و سپس از میان آنان روزهای همراه با گردوغبار و سرعت و جهت باد غالب استخراج شد. روز گردوغباری در این پژوهش روزی می‌باشد که طی یک شبانه‌روز حداقل یک‌بار در طی هشت‌بار دیده‌بانی عناصر جوی در ساعات دیده‌بانی اصلی (۰۶، ۱۲، ۱۸) و فرعی (۰۳، ۰۹، ۱۵، ۲۱) گردوغبار گزارش شده باشد. کدهای هواشناسی مورد استفاده برای تعیین روزهای گردوغباری در این تحقیق شامل کدهای ۰۶، ۰۷، ۰۸، ۰۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴ و ۳۵ می‌باشد.

به منظور انجام آشکارسازی گردوغبار در منطقه مورد مطالعه، تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس مورد استفاده قرار گرفت. سنجنده مودیس بر روی دو ماهواره ترا و اکوا نصب شده است و فعالیت خود را به ترتیب در دسامبر ۱۹۹۹ و می ۲۰۰۲ و در ۳۶ باند طیفی شروع کرده است. این ماهواره به صورت روزانه سطح کره زمین را در تصاویری با دقت مکانی ۲۵۰ متر برای باندهای طیفی یک و دو، ۵۰۰ متر برای باندهای طیفی سه تا هفت و یک کیلومتر برای سایر باندهای طیفی تصویر برداری می‌کند و به همین دلیل از قابلیت بالایی جهت پایش پدیده گردوغبار برخوردار می‌باشد. همچنین تصاویر این سنجنده از طریق وبسایت <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov> به صورت رایگان قابل دانلود می‌باشد.

## ۳. اندازه‌گیری، مشاهدات و محاسبات

## ۳-۱. الگوریتم‌های آشکارساز گردوغبار

به منظور انجام این پژوهش از تعداد چهار الگوریتم آشکارسازی گردوغبار Ackerman، TDI (Thermal- Thermal Infrared) TIIDI، (infrared Dust Index Normalized) NDDI و (Integrated Dust Index Differences Dust Index) استفاده شد. همچنین جهت درک بهتری از وضعیت شدت و پراکنش توده گردوغبار از محصول AOD (Aerosol Optical Depth) این ماهواره نیز بهره‌گیری شد که رابطه آنها در جدول شماره ۱ ارائه شده است. الگوریتم اکرم از اختلاف دمای درخشایی باند ۳۱ و ۳۲ سنجنده مودیس جهت تشخیص و آشکارسازی پدیده گردوغبار استفاده می‌کند. با توجه به این که الگوریتم اکرم از باندهای طیفی ۱۱ و ۱۲ میکرومتر جهت جداسازی گردوغبار استفاده می‌کند و به دلیل این که گردوغبار بازتاب بالاتری در محدوده طول موج ۱۲ میکرومتر نسبت به ۱۱ میکرومتر دارد؛ بنابراین اختلاف دمای درخشایی و تفاضل این دو باند برای گردوغبار اعداد منفی بوده و از این رو اکرم آستانه‌ای که جهت جداسازی پدیده گردوغبار از سایر پدیده‌ها پیشنهاد داد اختلاف صفر درجه کلون بود که بعداً در سال ۲۰۰۲ این عدد به منفی یک درجه کلون تغییر پیدا کرد (اکرم، ۲۰۰۲). شاخص TIDI (یکپارچه مادون قرمز گرمایی) در سال ۲۰۱۱ توسط لیو و لیو ارائه شد. اساس الگوریتم فوق بر پایه چهار باند طیفی در محدوده ۳/۷، ۸/۶، ۱۱ و ۱۲ میکرومتر معادل باندهای ۲۰، ۲۹، ۳۱ و ۳۲ سنجنده مودیس بوده و مقادیر بالای صفر معرف وجود گردوغبار در تصویر می‌باشد (لیو و لیو، ۲۰۱۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

سال ۲۰۰۶ ارائه شد و اساس آن استفاده از اختلاف طیف‌های ۰/۴۶۹ و ۲/۱۳ میکرومتر سنجنده مودیس حاصل می‌شود؛ به طوری که از نسبت اختلاف باندهای انعکاسی سه و هفت این سنجنده همچنان که در جدول دو دیده می‌شود آشکارسازی گردوغبار فراهم می‌شود. در این الگوریتم مقادیر بیشتر از صفر بیانگر وجود گردوغبار بر روی تصویر می‌باشند (کیو و همکاران، ۲۰۰۶).

TDI (شاخص گرد غبار مادون قرمز حرارتی) یکی دیگر از شاخص‌های مورد استفاده جهت تشخیص پدیده گردوغبار در یک منطقه بوده که توسط هائو و کیو در سال ۲۰۰۷ ارائه شد و از باندهای ۲۰، ۳۱ و ۳۲ سنجنده مودیس و ضرایبی که در این خصوص طراحی شده‌اند، به شکلی که در جدول ۱ آمده استفاده می‌کند. شاخص NDDI (شاخص نرمال شده تفاوت گردوغبار) توسط کیو و همکاران در

جدول ۱. مشخصات الگوریتم‌های آشکارساز گردوغبار.

حد آستانه	شرح الگوریتم	نام الگوریتم
< 0	$D=BT31-BT32$	Ackerman (BTD) (اکرمن، ۱۹۹۷)
> 0	$TDI=c_0+c_1*BT20+c_2*BT30+c_3*BT31+c_4*BT32$ $C_0 = -7.9370, C_1 = 0.1227, C_2 = 0.0260, C_3 = -0.7068, C_4 = 0.5883$	TDI (هائو و کیو، ۲۰۰۷)
> 0	$NDDI = (B7 - B3)/(B7 + B3)$	NDDI (کیو و همکاران، ۲۰۰۶)
> 0	$TIIDI = (BTD32-31)*exp((BTD29-31)/a)*(BTD20-31)$ a=10 در صورتی که BTD29-31 مثبت باشد a=5 در صورتی که BTD29-31 منفی باشد	TIIDI (لیو و لیو، ۲۰۱۱)

جدول ۲. تاریخ و مشخصات تصاویرسنجنده مودیس مورد استفاده.

ردیف	نام تصویر	نام ماهواره	تاریخ (میلادی)	تاریخ (شمسی)
۱	MOD021KM.A2003346.0625.061.2017196122001.hdf	ترا	۲۰۰۳/۱۲/۱۲	۱۳۸۲/۰۹/۲۱
۲	MOD021KM.A2012079.0650.061.2017330154202.hdf	ترا	۲۰۱۲/۰۳/۱۹	۱۳۸۶/۱۲/۲۹
۳	MOD021KM.A2015092.0705.061.2017320020512.hdf	ترا	۲۰۱۵/۰۴/۰۲	۱۳۹۴/۰۱/۱۳

### ۲-۳. ترکیب رنگی تصاویر

(۱۹۹۵) مقدار AOD برابر با ۰/۱ را مرز میان آسمان صاف و آسمان همراه با گردوغبار بیان کرده‌اند که هرچه رقم به سمت بالاتر افزایش پیدا کند بیانگر افزایش حضور آئروسول‌ها و در نتیجه کاهش قدرت دید در یک منطقه می‌باشد.

جهت بررسی‌های اولیه و تفسیر چشمی در زمینه پراکنش گردوغبار در یک منطقه استفاده از ترکیب‌های رنگی متفاوت یکی از رایج‌ترین روش‌های تشخیص گردوغبار در یک منطقه می‌باشد که دوتا از مهم‌ترین آنها که در این پژوهش نیز به کار برده شده ترکیب رنگی واقعی یک، چهار، سه (RGB1 4 3) سنجنده مودیس بوده و همچنین ترکیب رنگی کاذب یک، دو، هفت (RGB1 2 7) می‌باشد. همچنین امروزه با توجه به امکانات و قابلیت‌های گسترده نرم‌افزارهای سنجنش از دور در زمینه بارزسازی، استفاده از ترکیب‌های رنگی به شکل مؤثری در زمینه تشخیص توده و منشأ گردوغبار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### ۴-۳. تعیین مسیر انتشار ذرات گردوغبار

پس از آشکارسازی رخداد‌های گردوغبار و شناسایی و تعیین مناطق و کانون‌های برداشت، در نهایت با استفاده از مدل اتمسفری HYSPLIT اقدام به ردیابی مسیر پخش آنها شد. مدل HYSPLIT برای اولین بار توسط آزمایشگاه منابع هوایی نوا در سال ۱۹۸۲ و با کمک اداره هواشناسی استرالیا توسعه یافت که کاربردهای آن شامل ردیابی و پیش‌بینی مسیر مواد آلوده‌کننده آزاد، مسیریابی ذرات هوا، خاکسترهای آتشفشانی و دوده‌های ناشی از آتش‌سوزی‌های جنگل‌ها می‌باشد. اساس کار این مدل، استفاده از داده‌های سرعت و جهت باد می‌باشد از این رو پس از تهیه داده‌های مورد نیاز از سازمان هواشناسی کشور و نیز مرکز ملی پیش‌بینی محیطی/مرکز ملی پژوهش‌های جوی NCEP/NCAR و وارد کردن آنها به مدل، مسیر پخش گردوغبار برای روزهای انتخابی شبیه‌سازی و ردیابی شدند.

### ۳-۳. محصول AOD

یکی از محصولات تولیدی از سنجنده مودیس محصول AOD (عمق نوری آئروسول) می‌باشد که پارامتری مهم در مطالعه رخداد‌های گردوغبار و بررسی توزیع ذرات معلق حاصل از طوفان‌های گردوغباری در یک منطقه جغرافیایی می‌باشد.

AOD یک کمیت بی بعد وابسته به طول موج می‌باشد که به معنای کاهش عبور نور در واحد طول و بر روی یک مسیر مشخص می‌باشد؛ به عبارت دیگر AOD نشان‌دهنده میزان آئروسول در امتداد ستونی قائم از هوا و میزان دید در امتداد این ستون می‌باشد. معمولاً مقادیر AOD بالای صفر می‌تواند شاخصی از حضور گردوغبار و آئروسول در جو یک منطقه تلقی شود به طوری که برخی منابع (اوگرن،

### ۴. نتایج و بحث

#### ۴-۱. واکای داده‌های هواشناسی

بر اساس نتایج حاصل از پردازش داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی منطقه مورد مطالعه، بیشترین فراوانی

عملکرد نامناسبی بوده و توانایی آشکارسازی توده گردوغبار در منطقه مورد مطالعه را نداشت.

الگوریتم‌های THDI و TDI دارای شباهت‌های زیادی با یکدیگر بوده ولی با این وجود شاخص TDI در تفکیک توده و کانون‌های گردوغبار از دقت بیشتری برخوردار بود. بررسی الگوریتم TDI نشان می‌دهد که این شاخص از کارایی بالایی در کلیه رخدادهای مورد بررسی برخوردار بوده و ضمن این که گردوغبار مستقر بر روی آب‌های خلیج فارس و دریای عمان را با دقت نسبتاً خوبی آشکار کرده است، از تطابق نسبتاً مناسبی نیز با تصاویر AOD منطقه در هر سه رخداد مورد بررسی برخوردار می‌باشد.

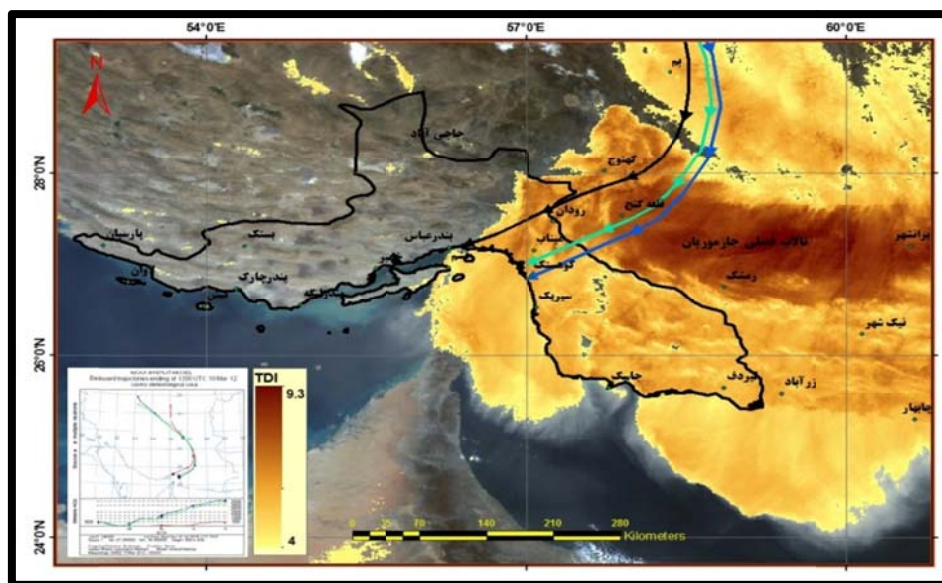
نتایج ارزیابی الگوریتم‌ها نشان می‌دهد که الگوریتم اکرم نیز فاقد عملکرد مناسب در آشکارسازی گردوغبار در منطقه بوده به طوری که در رخداد ۲۰۱۵/۴/۲ علی‌رغم این که طوفان گردوغبار از ضخامت بسیار بالایی در بخش عظیمی از شبه‌جزیره عربستان برخوردار بوده است. با این حال این شاخص هیچ‌گونه بارزسازی را در این منطقه به نمایش نگذاشت که احتمال دارد به دلیل پایین بودن ارتفاع طوفان و نزدیکی آن به سطح زمین و شباهت‌های رفتار طیفی در محدوده باندهای گرمایی در این منطقه و بیابان‌های اطراف باشد.

وقوع گردوغبار مربوط به سه ماه ژوئیه، آگوست و می می‌باشد که از نظر آب‌وهوایی در فصل بهار و فصل تابستان است. همچنین ماه اکتبر و بعد از آن دسامبر و نوامبر دارای کمترین وقوع گردوغبار در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین فصل پاییز با ۱۲/۵ درصد دارای کمترین رخداد گردوغبار در تمامی ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه و فصل بهار با ۳۴/۴ درصد و بعد از آن نیز فصل تابستان با ۳۳/۶ درصد به‌عنوان بیشترین وقوع پدیده گردوغبار ثبت شده است در مجموع می‌توان گفت که در تمام فصول سال وقوع پدیده گردوغبار را می‌توان مشاهده کرد.

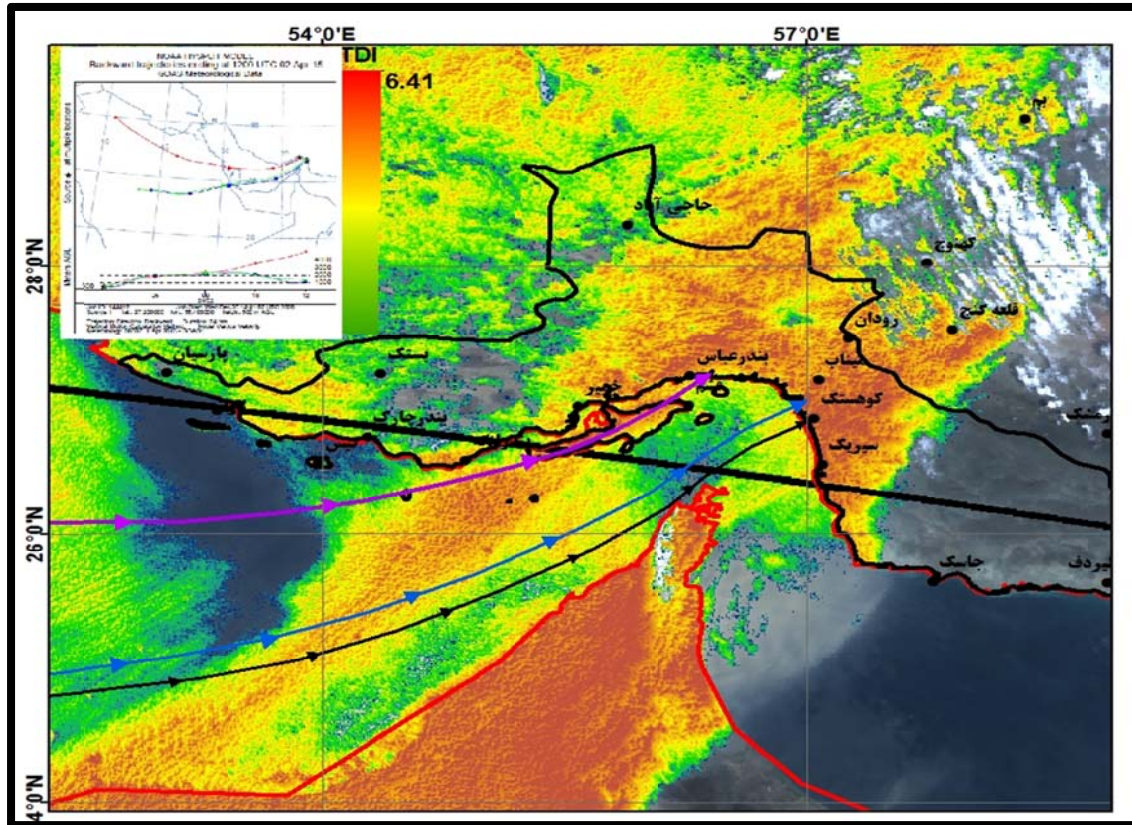
#### ۲-۴. آشکارسازی گردوغبار

پس از انجام واکاوی بر روی داده‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه، تعداد سه رخدادی که در آنها دید افقی به کمتر از ۱۰۰۰ متر کاهش پیدا کرده است، جهت اجرای الگوریتم‌های آشکارسازی تصاویر ماهواره‌ای انتخاب شدند.

نتایج به‌دست‌آمده از به‌کارگیری الگوریتم‌های مختلف نشان می‌دهد که به‌غیر از شاخص NDDI مابقی شاخص‌ها توانسته‌اند توده گردوغبار را به‌خوبی بارزسازی کنند. الگوریتم NDDI در کلیه رخدادهای مورد بررسی دارای



شکل ۲. آشکارسازی رخداد ۲۰۰۳/۱۲/۱۲ با استفاده از الگوریتم TDI و مسیر بادهای ورودی به منطقه با استفاده از مدل HYSPLIT



شکل ۳. آشکارسازی رخداد ۲۰۱۵/۴/۲ با استفاده از الگوریتم TDI و مسیر بادهای ورودی به منطقه با استفاده از مدل HYSPLIT.

نشان‌دهنده این نکته می‌باشد که بدون استفاده از آستانه مناسب در هر الگوریتم، تشخیص مناسب توده گردوغبار و محدوده فعالیت آن به‌سادگی امکان‌پذیر نمی‌باشد. همچنین نتایج استفاده از الگوریتم‌های مورد استفاده بیانگر ضعف کلیه این شاخص‌ها در آشکارسازی گردوغبار بر روی محیط‌های آبی بوده به‌طوری‌که تعیین محدوده دقیق توده گردوغبار بر روی خلیج فارس و دریای عمان امکان‌پذیر نشد. این می‌تواند به دلیل ضخامت کم توده گردوغبار و شباهت‌های رفتار طیفی در باندهای گرمایی در این منطقه باشد. ضمناً در مناطقی که توده گردوغبار در میان ابرها نفوذ کرده باشد، تشخیص ابرها و تفکیک آنها از گردوغبار با کمی مشکل مواجه می‌شود.

#### ۳-۴. بررسی منشأ گردوغبار

پس از بارزسازی تصاویر مورد استفاده و تعیین محدوده توده‌های گردوغبار با استفاده از الگوریتم‌های آشکارساز، نقاط داغ (HotSpot) گسیل گردوغبار در منطقه

بررسی محصول AOD منطقه نیز بیانگر عدم وجود داده‌های مناسب در منطقه وقوع طوفان در خشکی بوده که احتمالاً به دلیل خطای ماسک ابر در تولید این محصول می‌باشد. حذف مناطق گردوغباری و عدم وجود داده بر روی مناطق بیابانی یکی از مشکلات شناخته‌شده در مناطقی است که سطح زمین دارای روشنایی و بازتاب زیاد نور خورشید می‌باشد، به‌طوری‌که حتی در تصاویری که در مواقع عدم وجود ابر و عاری از گردوغبار اخذ شده نیز می‌توان این خطا را مشاهده کرد. مناطقی به مانند دریاچه‌های فصلی نظیر تالاب فصلی جازموریان در شمال شرق استان و یا بیابان‌های شرق استان، به دلیل روشنایی زیاد سطح خود، دارای بازتاب زیاد بر روی تصاویر ماهواره‌ای می‌باشند و باعث می‌شود که در مرحله تولید محصول AOD و توسط الگوریتم ماسک ابر به‌عنوان سطوح ابری در نظر گرفته شوند و از تصویر حذف شوند.

در مجموع استفاده از الگوریتم‌های مورد استفاده

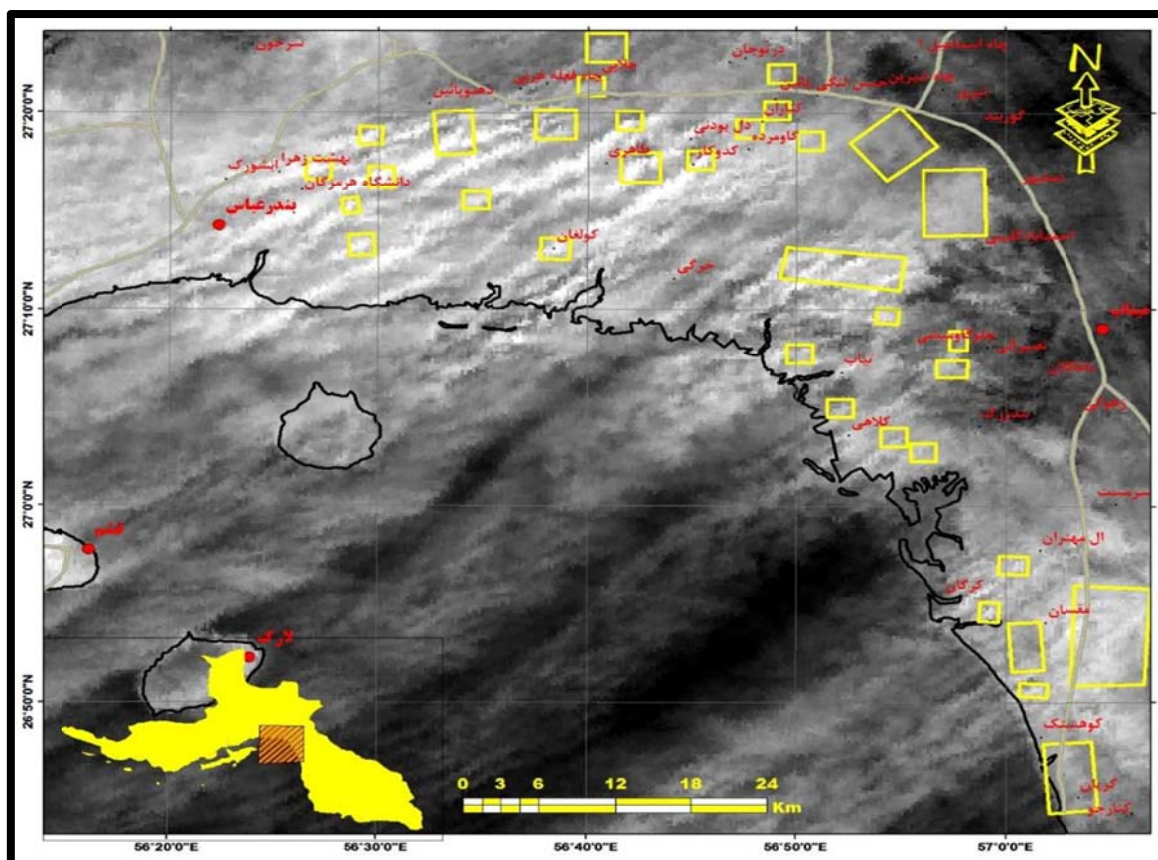
بخش از کشور می‌باشد که تأثیرات مخربی را بر محیط پیرامونی خود به همراه دارد.

#### ۴-۵. بررسی وضعیت واحدهای رسوبی

با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل ۲ و همچنین نقشه‌های زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، واحدهای اراضی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و نقشه ویژگی سواحل استان در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و همچنین انجام عملیات میدانی، نقشه واحدهای رسوبی منطقه تهیه و پس از پردازش‌های مکانی که با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS و Envi انجام شد وضعیت پتانسیل تولید گردوغبار منطقه مورد بررسی بیشتری قرار گرفت. شکل ۵، پراکنش واحدهای رسوبی منطقه مورد مطالعه به همراه موقعیت کانون‌های تولید گردوغبار که با مربع‌های قرمز رنگ نشان داده شده است را نشان می‌دهد.

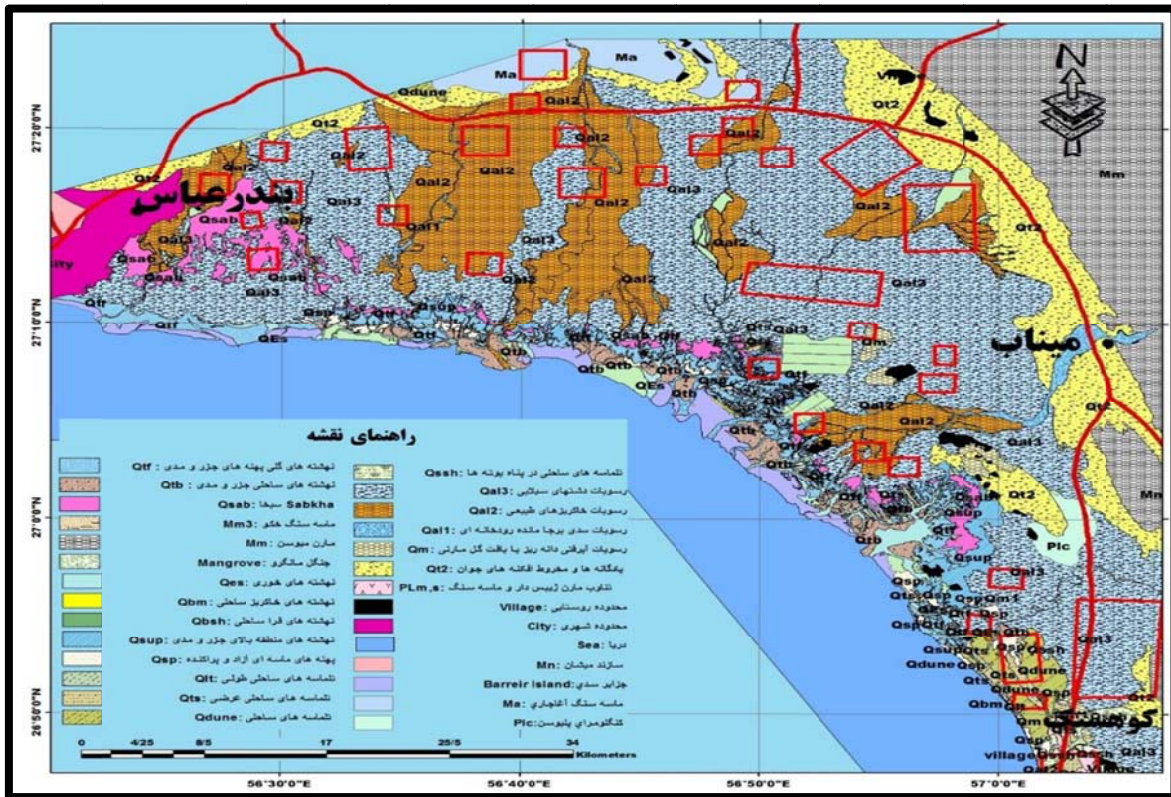
مورد مطالعه شناسایی شدند. بررسی این تصاویر بیانگر وجود تعداد زیادی از کانون‌های گردوغبار در داخل منطقه مورد مطالعه و مناطق همجوار آن می‌باشد. و از همین رو می‌توان گفت منطقه فوق یکی از مهم‌ترین کانون‌های تولید و انتشار گردوغبار در استان هرمزگان می‌باشد که تأثیرات زیادی را بر بخش قابل توجهی از شهرهای هرمزگان و همچنین استان‌های همجوار دارد.

شکل ۴، پراکنش چشمه‌های گردوغبار منطقه را برای رخداد ۲۰۱۶/۱۱/۲۱ نشان می‌دهد. همچنان که مشاهده می‌شود بخش اعظم منطقه مورد مطالعه توسط طوفان گردوغبار پوشیده شده است و چشمه‌های گردوغبار که موقعیت آنها با مربع‌های زرد رنگ بر روی تصویر نشان داده شده است، در کلیه منطقه مشاهده می‌شود. این موضوع بیانگر بالا بودن پتانسیل تولید گردوغبار در این



شکل ۴. پراکنش چشمه‌های گردوغبار در منطقه کوهسنگ-بندرعباس در طوفان ۲۰۱۶/۱۱/۲۱.





شکل ۵. پراکنش واحدهای رسوبی در منطقه کوهستک-بندرعباس.

(Qal3)، همچنان یکی از واحدهای مؤثر و فعال در انتشار گردوغبار منطقه می‌باشد. بررسی سایر نواحی منطقه مورد مطالعه نیز بیانگر نقش فعال رسوبات سیلابی در تولید و پخش گردوغبار می‌باشد. به‌طور مثال یکی دیگر از کانون‌های تولید گردوغبار در شرق شهر بندرعباس می‌باشد که بررسی‌های انجام شده بیانگر تمرکز تعداد قابل توجهی چشمه گردوغبار در این منطقه می‌باشد. بر اساس شکل ۷ در این منطقه، علاوه بر رسوبات دشت‌های سیلابی (Qal3) و رسوبات خاکریزهای طبیعی (Qal2)، بخش قابل توجهی از منطقه نیز توسط واحد سبخا (Qsab) پوشیده شده است که باعث تولید گردوغبار در مناطق شرقی شهر بندرعباس می‌شود.

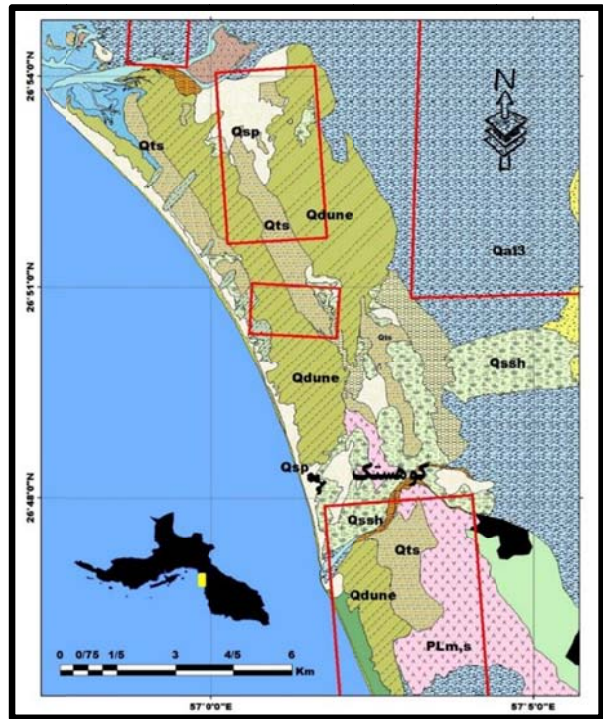
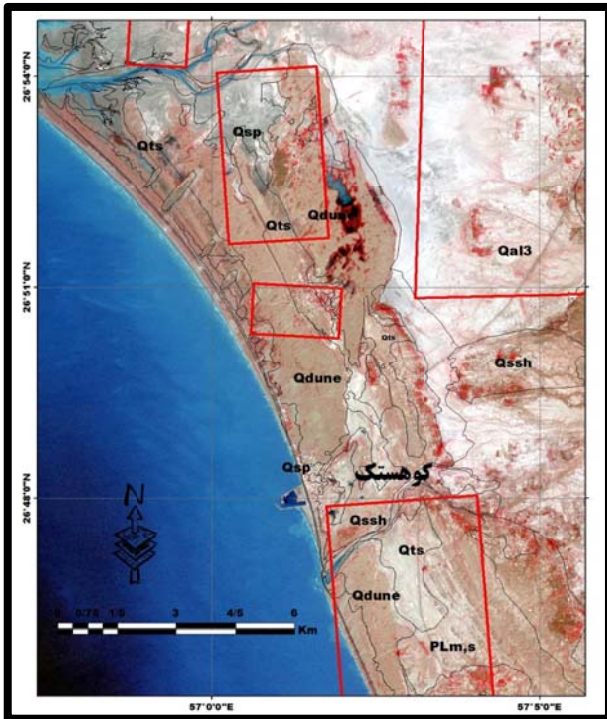
بر اساس نقشه فوق و نیز جدول ۲، وضعیت پراکنش واحدهای رسوبی در محدوده‌هایی که در تصاویر سنجنده مودیس به‌عنوان چشمه‌های گردوغبار مورد شناسایی قرار گرفتند، سه واحد رسوبات دشت‌های سیلابی (Qal3)، رسوبات خاکریزهای طبیعی (Qal2) و تلماسه‌های ساحلی (Qdune)، بیشترین نقش را در تولید گردوغبار منطقه مورد مطالعه به‌عهده دارند. همچنین بر اساس شکل ۶، تپه‌های ماسه‌ای در کنار رسوبات آبرفتی نقش فعالی را در تولید گردوغبار در منطقه کوهستک به‌عهده دارند، به‌طوری که وجود تلماسه‌های ساحلی (Qdune)، پهنه‌های ماسه‌ای آزاد (Qsp) و تلماسه‌های ساحلی عرضی (Qts) باعث ایجاد یک کانون گردوغبار در این منطقه شده است. در این منطقه واحد رسوبات دشت‌های سیلابی

جدول ۳. پراکنش واحدهای رسوبی در چشمه‌های گردوغبار منطقه کوهستک-بندرعباس.

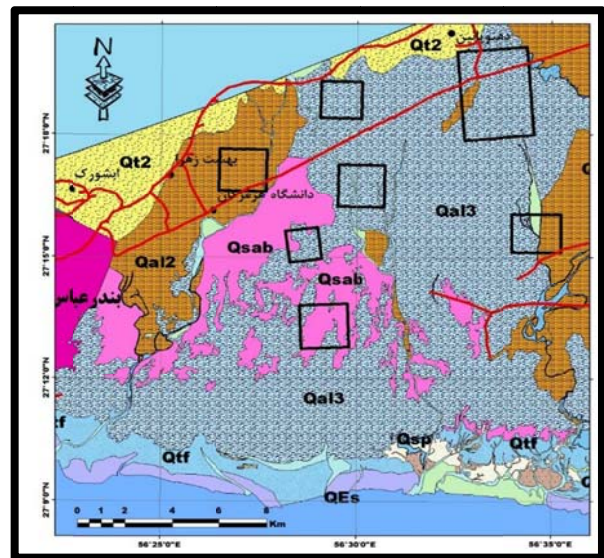
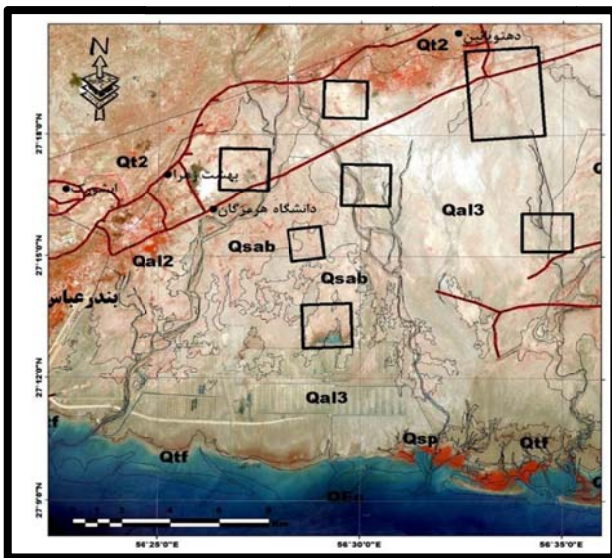
ردیف	نام واحد رسوبی	مساحت (هکتار)
۱	Qal3: رسوبات دشت‌های سیلابی	۱۶۹۷۶/۱
۲	Qal2: رسوبات خاکریزهای طبیعی	۴۹۰۸/۱
۳	Qdune: تلماسه‌های ساحلی	۱۱۳۳/۲
۴	Ma: ماسه سنگ آغاچاری	۱۰۰۸/۹
۵	Qt2: پادگانه‌ها و مخروط‌افکنه‌های جوان	۶۲۶
۶	Qts: تلماسه‌های ساحلی عرضی	۶۱۰/۷
۷	Qsab: سبخا	۳۳۵/۳
۸	Qsp: پهنه‌های ماسه‌ای آزاد و پراکنده	۳۳۳/۶
۹	Qal1: رسوبات سدی برجا مانده رودخانه‌ای	۲۹۳/۵
۱۰	Qsup: نهشته‌های منطقه بالای جزرومدی	۲۵۳/۳
۱۱	Qssh: تلماسه‌های ساحلی در پناه بوته‌ها	۲۵۲/۴
۱۲	Mm: مارن میوسن	۱۷۴/۲
۱۳	Qbsh: نهشته‌های فراساحلی	۱۳۷/۵
۱۴	Qtf: نهشته‌های گلی پهنه‌های جزرومدی	۱۳۳/۷
۱۵	Qm: رسوبات آبرفتی دانه‌ریز با بافت گل مارنی	۹۳/۲
۱۴	Qtf: نهشته‌های گلی پهنه‌های جزرومدی	۱۳۳/۷
۱۵	Qm: رسوبات آبرفتی دانه‌ریز با بافت گل مارنی	۹۳/۲

نشان می‌دهد این منطقه دارای حساسیت بسیار زیاد در برابر فرسایش می‌باشد. این موضوع حتی در مناطق مرتفع شمالی که با سازندهای آغاچاری و میشان پوشیده شده است نیز به چشم می‌خورد و همین امر یکی از دلایل میزان بالای تولید رسوب و تولید گردوغبار در منطقه می‌باشد.

در مجموع بررسی سایر منابع اطلاعاتی نظیر نقشه واحدهای اراضی و نیز حساسیت سنگ‌ها به فرسایش نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه اراضی نسبتاً مسطح ساحلی و دشت‌های سیلابی بیشترین پراکنش را در منطقه دارند و بخش غالب منطقه توسط این واحدها پوشیده شده است. همچنین نگاهی به نقشه وضعیت حساسیت سنگ‌ها



شکل ۶. پراکنش واحدهای رسوبی در چشمه‌های گردوغبار کوهسنگ بر روی تصویر ماهواره سنتینل ۲.



شکل ۷. پراکنش واحدهای رسوبی در چشمه‌های گردوغبار شرق بندرعباس بر روی تصویر ماهواره سنتینل ۲.

HYSPLIT استفاده شد. همچنین برای سنجش دقت مسیریابی حرکت ذرات که توسط مدل فوق پیش‌بینی شد، نتایج اجرای این مدل با تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های همدیدی منطقه مورد مقایسه قرار گرفت. در این پژوهش ابتدا از فرآیند پسگرد (Backward) این مدل جهت ردیابی مسیر ذرات طوفان گردوغبار استفاده شد به طوری که همزمان با شروع اولیه طوفان در منطقه،

۴-۶. ردیابی مسیر گردوغبار با استفاده از مدل HYSPLIT پس از بارسازی توده گردوغبار بر روی تصاویر ماهواره‌ای و تعیین کانون‌های گردوغبار، برای مسیریابی و نشان دادن مسیر حرکت باد در این مناطق که در واقع مولد گردوغبار است از داده‌های سرعت و جهت باد با دقت ۱×۱ درجه و مدل انتشار پخش لاگراتژی ذرات

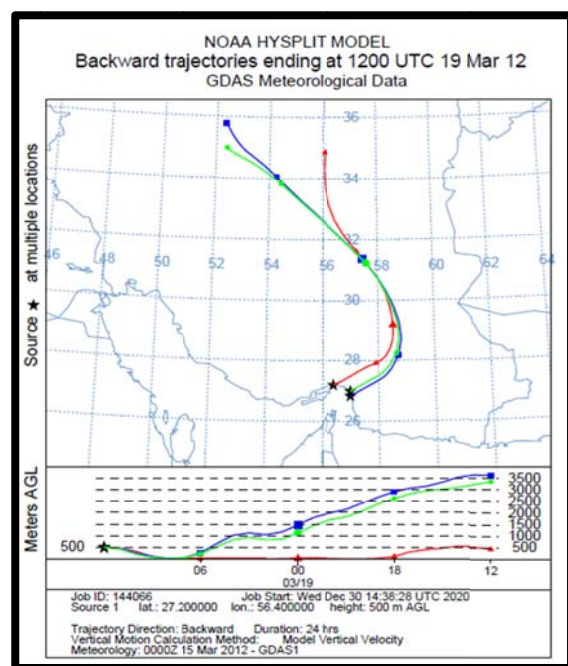
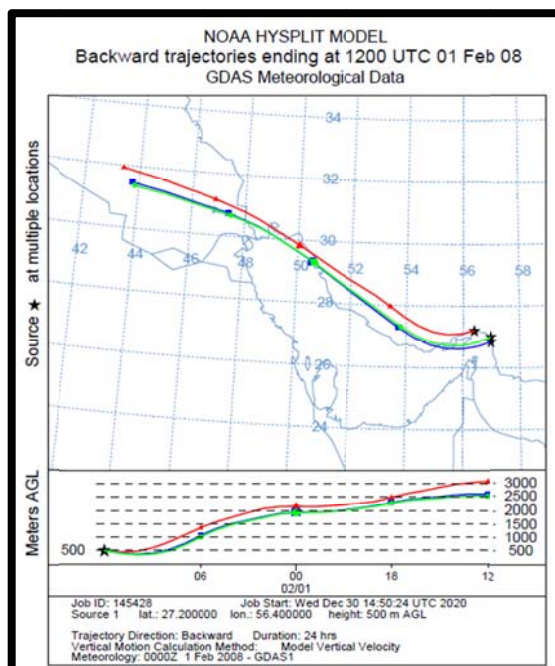
مشاهده می‌شود به موازات سواحل خلیج فارس بوده که ابتدا از مناطق جنوب غربی کشور شروع شده و پس از عبور از هسته‌ها و کانون‌های گردوغبار موجود در مناطق جنوبی کشور نظیر کانون‌های گردوغباری واقع در استان بوشهر و همچنین مناطق غربی استان هرمزگان باعث افزایش غلظت طوفان‌های گردوغباری منطقه می‌شود. همچنین بررسی خروجی‌های مدل HYSPLIT در این منطقه بیانگر این موضوع می‌باشد که طوفان گردوغبار در ساعات پایانی رسیدن به منطقه مورد مطالعه در ارتفاع نزدیک سطح زمین حرکت می‌کند. این خود باعث تماس بیشتر جریانات جوی با کانون‌های گردوغبار منطقه و افزایش غلظت گردوغبار در این منطقه می‌شود که این موضوع در شکل شماره ۸ به وضوح قابل مشاهده است.

سومین مسیر ورود طوفان به منطقه مورد مطالعه مسیر جنوب غرب منطقه می‌باشد که از داخل شبه جزیره عربستان و آب‌های خلیج فارس بوده و در حدود ۱۵ درصد طوفان‌های منطقه را شامل می‌شود. سایر مسیرهای شرقی و شمال غربی تنها ۱۰ درصد مسیرهای ورود طوفان به منطقه را شامل می‌شوند.

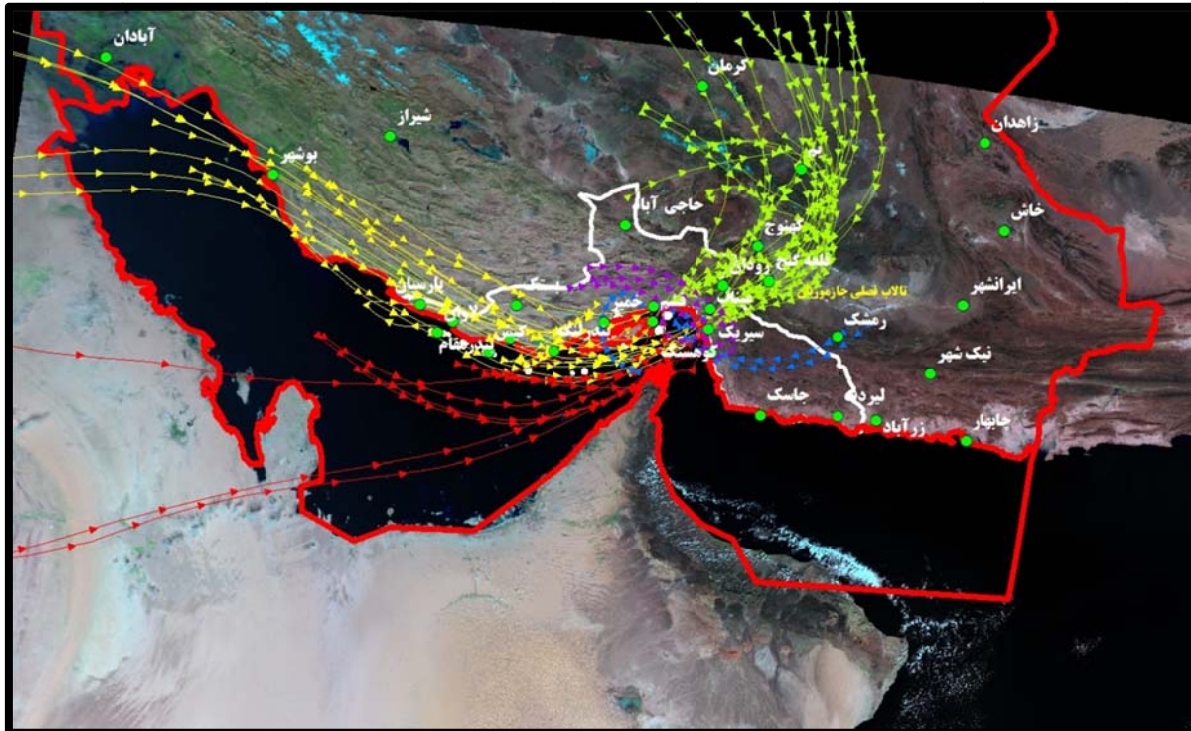
مسیر باد تا ۴۸ ساعت قبل از آن در ارتفاع ۵۰۰ متری سطح زمین مناطق تولید گردوغبار مورد بررسی قرار گرفت. در نقشه‌های خروجی، علائم مربع، مثلث و دایره بیانگر یک بازه زمانی ۶ ساعته بر روی مسیرهای باد می‌باشد. همچنین علامت ستاره محل جغرافیایی ایستگاه هواشناسی مورد بررسی می‌باشد. بررسی نقشه‌های خروجی مدل HYSPLIT بیانگر وجود سه مسیر کلی ورود طوفان‌های گردوغبار به منطقه می‌باشد.

اولین مسیر ورود بادهایی که منجر به ایجاد گردوغبار در منطقه می‌شود از مناطق شمال شرقی منطقه می‌باشد که در حدود ۵۰ درصد رخدادها را گردوغباری را شامل می‌شود. وجود کانون‌های بزرگ تولید گردوغبار در مسیر فوق، مانند تالاب فصلی جازموربان در استان کرمان، باعث انتشار و انتقال حجم زیادی از گردوغبار به این منطقه می‌شود.

دومین مسیر ورود طوفان‌های گردوغبار به داخل منطقه مورد مطالعه از سمت غرب منطقه مورد مطالعه می‌باشد که در حدود ۲۵ درصد رخدادها را طوفان‌های گردوغباری با دید افقی زیر ۱۰۰۰ متر منطقه را شامل می‌شود. نگاهی به مسیر حرکت این جریانات همچنان که در شکل ۹ نیز



شکل ۸. ردیابی پس‌گرد مسیر باد با گام زمانی ۶ ساعته برای ۲۴ ساعت قبل از وقوع طوفان در منطقه مورد مطالعه (۲۰۱۸-۲۰۰۰).



شکل ۹. ردیابی مسیرهای باد برای ۲۴ ساعت قبل از وقوع طوفان در منطقه کوهستک-بندرعباس (۲۰۱۸-۲۰۲۰).

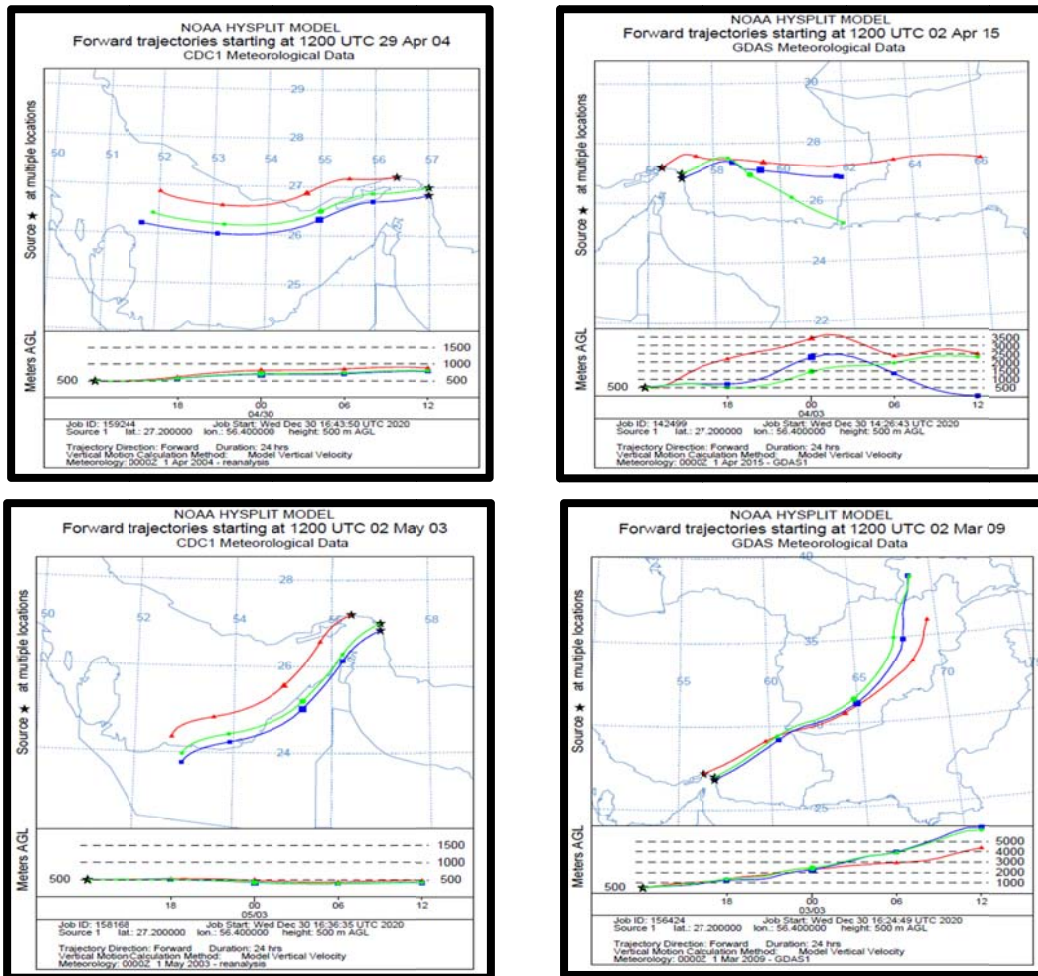
#### ۴-۷. ردیابی مسیر گردوغبار بعد از وقوع طوفان

جهت درک بهتر تأثیر طوفان‌های گردوغبار و مسیر حرکت آنها از مناطق منشأ به سمت سایر مناطق همجوار خود، ردیابی مسیر حرکت طوفان برای ساعات بعد از وقوع نیز با استفاده از مدل HYSPLIT انجام شد. با توجه به اهمیت اقتصادی و گردشگری شهرهای واقع در این منطقه نظیر بندرعباس، میناب، قشم و تأثیراتی که به واسطه وقوع طوفان بر روی این مناطق حادث می‌شود، بررسی مسیر حرکت ذرات از سمت مناطق منشأ و تأثیراتی که بر روی سایر مناطق دارد دارای اهمیت فراوان می‌باشد. این موضوع خصوصاً در مواقعی که طوفان دارای منشأ محلی می‌باشد دارای اهمیت بیشتری بوده که می‌تواند در جهت کاهش اثرات این پدیده اقدامات مدیریتی لازم انجام پذیرد.

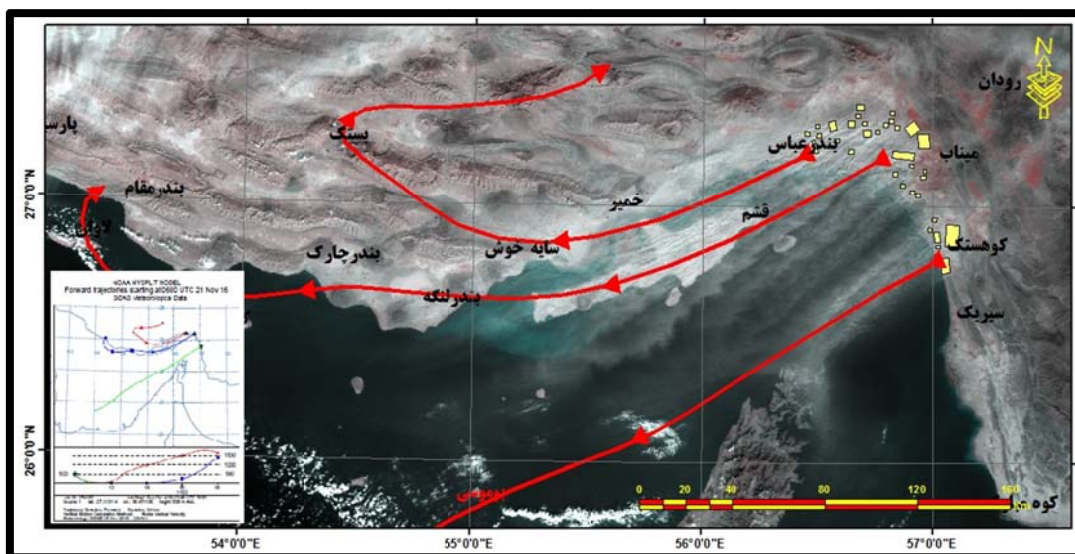
همچنان‌که در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود ادامه

حرکت طوفان در منطقه مورد مطالعه در مسیرهای متفاوتی بوده که مسیر شمال و شمال‌شرقی با ۳۰ درصد، مسیر جنوبی ۲۵ درصد و مسیر شرقی ۲۰ درصد از مجموع رخدادهای مورد بررسی با دید افقی زیر ۱۰۰۰ متر را در دوره مطالعاتی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ را شامل می‌شود.

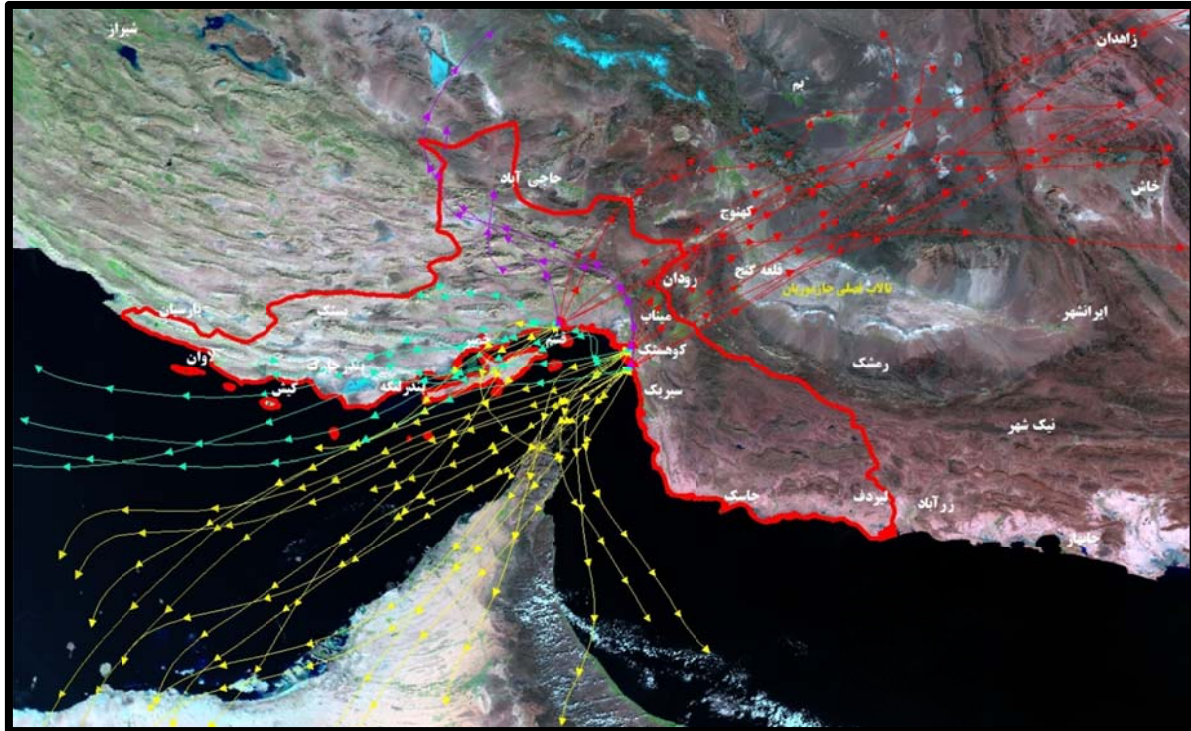
نکته قابل توجه همچنان‌که در شکل ۱۰ نیز قابل مشاهده است این‌که ادامه حرکت طوفان گردوغبار به سمت سایر مناطق، در ارتفاع نزدیک به سطح زمین بوده که این خود باعث انتقال حجم زیادی از آلودگی به سایر شهرها و آبادی‌های منطقه و همچنین مناطق همجوار خود می‌شود. شکل ۱۱، نمونه‌ای از انتقال گردوغبار از مناطق کانونی منطقه مورد مطالعه به سمت شهر بندرعباس و جزیره قشم و همچنین مناطق اقتصادی و جمعیتی غرب بندرعباس می‌باشد.



شکل ۱۰. ردیابی مسیر باد با گام زمانی ۶ ساعته برای ۲۴ ساعت بعد از وقوع طوفان در رخدادهای مورد مطالعه (۲۰۱۸-۲۰۰۰).



شکل ۱۱. ردیابی مسیر حرکت باد برای ۲۴ ساعت بعد از وقوع طوفانها در منطقه کوهستک-بندرعباس.



شکل ۱۲. ردیابی مسیرهای باد برای ۲۴ ساعت بعد از وقوع طوفان در منطقه کوهستک-بندرعباس (۲۰۱۸-۲۰۲۰).

##### ۵. نتیجه‌گیری

تصویر نظیر ۱۴۳ و ۷۲۱ قابل تشخیص می‌باشد. ولی در بسیاری موارد که گردوغبار به صورت کم‌ضخامت و نازک باشد کارایی نداشته و استفاده از الگوریتم‌های آشکارساز که امکان تشخیص بهتر پراکنش گردوغبار را فراهم می‌آورند ضروری می‌باشد.

در بین الگوریتم‌های مورد استفاده در این پژوهش الگوریتم TDI عملکرد بهتری را به نمایش گذاشته و منابع و محدوده توده گردوغبار را بهتر از سایر الگوریتم‌های مورد استفاده، تعیین و آشکار کرد. نکته قابل توجه این‌که شاخص اکرم‌ن‌علی‌رغم این‌که در بسیاری از منابع به‌عنوان یک شاخص مناسب در زمینه آشکارسازی طوفان‌های گردوغبار معرفی شده است بر خلاف انتظار عملکرد مناسبی را در این منطقه و خصوصاً در رخدادهای ۲۰۱۵/۴/۲ به همراه نداشت. همچنین در مناطقی که ضخامت توده گردوغبار کم باشد و یا توده گردوغبار نزدیک سطح زمین باشد شاخص فوق‌دارای محدودیت‌هایی در آشکارسازی گردوغبار می‌باشد که می‌تواند ناشی از ویژگی محیط زیرین و تأثیر آن بر رفتار

استان هرمزگان یکی از مناطق کشور بوده که پدیده گردوغبار به صورت قابل توجهی در آن به وقوع می‌پیوندد. بررسی‌های انجام شده بیانگر شدت این پدیده در مناطقی مثل میناب، بندرعباس، قشم و جاسک بوده که تأثیرات مهمی را بر محیط پیرامونی خود به جا می‌گذارد.

نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر نشان‌دهنده این موضوع است که استفاده از تصاویر ماهواره مودیس همچنان‌که در سایر پژوهش‌های صورت گرفته در داخل و خارج از کشور نیز گزارش شده است از قابلیت مناسبی در جهت تشخیص توده گردوغبار و پایش آن برخوردار است. با این حال با توجه به دقت مکانی پایین آن جهت تعیین منشأ و کانون‌های گردوغبار خصوصاً طوفان‌هایی که همراه با شدت و ضخامت بالا همراه باشند با محدودیت‌هایی همراه می‌باشد.

ترکیب رنگی تصاویر مودیس قابلیت‌شناسایی گردوغبار را به‌سهولت فراهم می‌آورد به طوری که بخش عمده توده گردوغبار با استفاده از ترکیب‌های رنگی مختلف بر روی

گرمایی توده گردوغبار باشد و به همین دلیل امکان تشخیص گردوغبار توسط شاخص فوق فراهم نشد. کارایی مناسب الگوریتم‌های مورد بررسی و دقت مناسب نقشه‌های به دست آمده، منوط به تعیین دقیق دامنه در هر الگوریتم می‌باشد ضمن این که استفاده از آستانه‌های ارائه شده در منابع و گزارشات علمی داخلی و خارجی در اکثر موارد برای مناطق دیگر نتایج دقیقی را به همراه ندارد. بر اساس نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر، تعیین و استفاده از یک آستانه یکسان در کلیه الگوریتم‌ها و نیز رخدادهای مختلف امکان‌پذیر نبوده و مقدار آن برای الگوریتم‌های مختلف و از رخدادی به رخداد دیگر متفاوت می‌باشد.

استفاده از محصول AOD بخوبی می‌تواند وجود گردوغبار را در یک منطقه به نمایش بگذارد ولی به دلیل وجود ماسک ابر در فرایند تولید این محصول در مناطقی مثل استان هرمزگان که سطوح روشن بیابان دارای بازتاب بسیار زیاد در طیف‌های مرئی و گرمایی می‌باشند، از کارایی لازم برخوردار نبوده و در بخش قابل توجهی از موارد، توده گردوغبار از روی تصویر حذف می‌شوند. این موضوع در تعدادی از مطالعاتی که در سایر مناطق کره زمین نیز انجام شده گزارش شده است؛ به طوری که در مطالعه‌ای که توسط بادوک و همکاران (۲۰۰۹) در دریاچه ایر استرالیا انجام گرفته است وجود الگوریتم ماسک ابر باعث شده است که مناطق قابل توجهی از منطقه مورد مطالعه که تحت تأثیر طوفان گردوغبار بوده در محصول AOD به عنوان ابر شناسایی شده و از تصویر حذف شود. همچنین وجود این مشکل در مناطق دیگری از سطح زمین به مانند امریکا و افریقای جنوبی نیز توسط ایشان گزارش شده است.

بررسی‌های انجام گرفته نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که منطقه مورد مطالعه از پتانسیل بالایی برای وقوع طوفان‌های گردوغبار در طول سال برخوردار بوده و کانون‌های گردوغبار زیادی در این منطقه شناسایی شده‌اند. همچنین وقوع بیش از یک دهه خشکسالی،

شرایط سخت محیطی، وجود سازندهای حساس به فرسایش و نیز وجود واحدهای رسوبی حساس به فرسایش در منطقه مورد مطالعه و مناطق پیرامونی آن خصوصاً در تالاب فصلی جازموریان در شمال شرقی منطقه شرایط را برای تشدید این وضعیت فراهم کرده است.

بررسی مسیر بادهای ورودی به منطقه که باعث ایجاد طوفان گردوغبار می‌شود، بیانگر وجود سه مسیر از مناطق شمال شرق، غرب و جنوب غرب منطقه می‌باشد. این بادهای در بسیاری از موارد پس از عبور از کانون‌های واقع در استان‌های کرمان و بوشهر و نیز شبه‌جزیره عربستان به همراه کانون‌های گردوغبار متعدد داخل منطقه، باعث تقویت و افزایش غلظت گردوغبار این طوفان‌ها می‌شود.

نتایج اجرای مدل HYSPLIT و بررسی مسیر انتقال ذرات گردوغبار در ۲۴ ساعت بعد از وقوع طوفان مسیر و تأثیرات نامطلوب این پدیده بر روی سایر شهرها و مناطق اطراف آنها نیز دارای اهمیت زیادی برای اقدامات مدیریتی بوده که می‌تواند کمک بزرگی در جهت الویت‌گذاری اقدامات آبخیزداری و برنامه‌ریزی در جهت کاهش اثرات مخرب طوفان را در اختیار مدیران مربوطه قرار دهد. این موضوع با توجه به اهمیت اقتصادی و گردشگری شهرهایی چون بندرعباس، میناب، قشم از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد.

در مجموع بررسی‌های انجام گرفته نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که منطقه مورد مطالعه از پتانسیل بالایی جهت وقوع طوفان‌های گردوغبار در طول سال برخوردار بوده و کانون‌های گردوغبار زیادی در منطقه شناسایی شدند که می‌بایست مورد توجه جدی مدیران دستگاه‌های اجرای قرار گرفته و اقدامات آبخیزداری در جهت تثبیت و کاهش تأثیرات مخرب این پدیده انجام شود.

#### مراجع

جبال، ع.، اختصاصی، م. و جعفری، ر.، ۱۳۹۸، ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های آشکارساز طوفان‌های



معین‌الدینی، م. و گشتاسب، ح.، ۱۳۹۵، شبیه‌سازی و تحلیل عددی طوفان گردوغبار شدید شرق ایران، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، شماره ۴، ۱۰۱-۱۱۹.

قادری‌نسب، ف. و راهنما، م. ب.، ۱۳۹۷، آشکارسازی گردوغبار در حوضه آبریز جازموریان با استفاده از تکنیک‌های چند طیفی در تصاویر سنجنده مودیس، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۵ شماره ۳، ۵۴۵-۵۶۲.

مهرابی، ش.، جعفری، ر.، سلطانی‌کویانی، س.، ۱۳۹۴، بررسی کارایی شاخص NDDI در پهنه‌بندی طوفان گردوغبار (مطالعه موردی: استان خوزستان)، مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، سال چهارم، شماره ۸، ۱-۱۰.

ملکوتی، ح.، باباحسینی، س.، نوحه‌گر، ا.، آزادی، م. و محمدپور، م.، ۱۳۹۲، مطالعه هم‌دیدگی و عددی نشر، انتقال و شناسایی چشمه یک طوفان گردوغبار سنگین در منطقه خاورمیانه. فصلنامه علمی- پژوهشی پژوهش‌های فرسایش محیطی سال سوم، شماره ۱۲، ۶۹-۸۰.

گردوغبار در مناطق خشک (مطالعه موردی استان یزد). مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، سال هشتم، شماره ۲۳، ۸۵-۱۰۵.

خیراندیش، ز.، بلاق جمالی، ج. و رایگانی، ب.، ۱۳۹۷، شناسایی بهترین الگوریتم تشخیص گردوغبار با کمک داده‌های مودیس، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۵، ۲۰۵-۲۱۸.

دمی‌زاده، م.، مهدوی، ر.، نوروزی، ع.، حلی‌ساز، ا. و غلامی، ح.، ۱۴۰۰، آشکارسازی و واکاوی گردوغبار در استان هرمزگان، مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۱۳، شماره ۱، صص ۱۱۱-۱۲۴.

سبحانی، ب.، صفریان، ز.، و فیض‌اله‌زاده، س.، ۱۳۹۹، مدل‌سازی و پیش‌بینی گردوغبار در غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۲۵، شماره ۱.

رایگانی، ب. و خیراندیش، ز.، ۱۳۹۶، بهره‌گیری از سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای به منظور اعتبارسنجی کانون‌های شناسایی شده تولید گردوغبار استان البرز، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات طبیعی، سال چهارم شماره ۴، ۱۸-۱.

کارگر، ا.، بلاق جمالی، ج.، رنجبرسعادت‌آبادی، ع.،

Environment 42 (29) 6915-6925, doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.05.053

Ganbat, G. and Jugder, D., 2019, Observations and transport modeling of dust storm event over Northeast Asia using HYSPLIT.E3S Web of Conferences; Les Ulis Vol. 99, doi.org/10.1051/e3sconf/20199902002.

Hao, X. and Qu, J. J., 2007, Saharan dust storm detection using moderate resolution imaging spectroradiometer thermal infrared bands. Journal of Applied Remote Sensing 1(1), 013510.

Javadian, M., Behrangi, A. and Sorooshian, A., 2019, Impact of drought on dust storms: case study over Southwest Iran. Environmental Research Letters, 14, 124029 https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab574e.

Karimi, K., Moridnejad, A., Golian, S., Mohammad Vali Samani, J., Karimi, D. and Javadi, S., 2012, Comparison of dust source identification techniques over land in the Middle East region using MODIS data. Canadian Journal of Remote Sensing, 38, 5, 586\_599.

Ackerman, S. A., 1997, Remote sensing aerosols using satellite infrared observations. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 102(D14), 17069-17079.

Ackerman, S., Strabala, K., Menzel, W., Frey, R., Moeller, C., Gumley, L., Baum, B., Seemann, S. and Zhang, H., 2002, Discriminating clear-sky from cloud with MODIS—algorithm theoretical basis document. (MOD35), ATBD Reference Number: ATBD-MOD-06. Goddard Space Flight Center.

Baddock, M. C., Bullard, J. E. and Bryant, R. G., 2009, Dust source identification using MODIS: A comparison of techniques applied to the Lake Eyre Basin, Australia. Remote Sensing of Environment 113(7), 1511-1528.

Darmenov, A. and Sokolik, I. N., 2005, Identifying the regional thermal-IR radiative signature of mineral dust with Modis, Geophysical Research Letters, 32, 16803, doi: 10.1029/2005GL023092.

Hamish, M. and Andrew, C., 2008, Identification of dust transport pathways from Lake Eyre, Australia using Hysplit, Atmospheric

- Khalidy, R., Salmabadi, H. and Saeedi, M., 2019, Numerical Simulation of a Severe Dust Storm over Ahvaz Using the HYSPLIT Model. *International Journal of Environmental Research*, 13, 161–174.
- Lee, Y. C., Yang, X. and Wenig, M., 2010, Transport of dusts from East Asian and non-East Asian sources to Hong Kong during dust storm related events 1996- 2007. *Atmospheric Environment*. Vol. 44, 3728-3738.
- Liu, Y. and Liu, R., 2011, A thermal index from modis data for dust detection, 2011 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Vancouver, BC, Canada.
- Miller, S. D., 2003, A consolidated technique for enhancing desert dust storms with MODIS, *Geophysical Research Letters* 30(20).
- Mohamed, F. Y., Sarah K. A. and Ali A. H., 2018, Dust storms backward Trajectories' and source identification over Kuwait. *Atmospheric Research*, Vol. 212, 158-171.
- Qu, J. J., Hao, X., Kafatos, M. and Wang, L., 2006, Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua MODIS SRB measurements. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 3(4), 484-486.
- Rajaei, T., Rohani, N., Jabbari, E. and Mojaradi, B., 2020, Tracing and assessment of simultaneous dust storms in the cities of Ahvaz and Kermanshah in western Iran based on the new approach. *Arabian Journal of Geosciences*, 13, 461.
- Roskovensky, J. K. and Liou, K. N., 2003, Detection of thin cirrus from 1.38  $\mu\text{m}$ /0.65  $\mu\text{m}$  reflectance ratio combined with 8.6–11  $\mu\text{m}$  brightness temperature difference. *Geophysical Research Letters* 30(19).
- Sarikhani, A., Dehghani, M., Karimi-Jashni, A. and Saadat, S., 2020, A New Approach for Dust Storm Detection Using MODIS Data. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*.
- Sugimoto, N., Shimizu, A., Nishizawa, T., Jin, Y. and Yumimoto, K., 2020, Long-Range-Transported Mineral Dust from Africa and Middle East to East Asia Observed with the Asian Dust and Aerosol Lidar Observation Network (AD-Net). *The 29<sup>th</sup> International Laser Radar Conference (ILRC 29)*, 237, <https://doi.org/10.1051/epjconf/202023705009>
- Yu, Y., Kalashnikova, O. V., Garay, M. J. And Notaro, M., 2019, Climatology of Asian dust activation and transport potential based on MISR satellite observations and trajectory analysis. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 363–378, <https://doi.org/10.5194/acp-19-363>.
- Wang, H., Zhang, X., Gong, S., Chen, Y., Shi, G. and Li, W., 2010, Radiative feedback of dust aerosols on the East Asian dust storms. *Journal of Geophysical Research, Atmospheres* 115(D23).
- Zandkarimi, A., Fatehi, P. and Shah-Hoseini, R., 2020, An improved dust identification index (IDII) based on MODIS observation. *International Journal of Remote Sensing*, 41(20), 8048-8068. <https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1770366>.
- Zhang, Z., Zhang, M., Bilal, M., Su, B., Zhang, C. and Guo, L., 2020, Comparison of MODIS- and CALIPSO-Derived Temporal Aerosol Optical Depth over Yellow River Basin (China) from 2007 to 2015. *Earth Systems and Environment*, 4, 535–55.
- Zhao, T. X.-P., Ackerman, S. and Guo, W., 2010, Dust and Smoke Detection for Multi-Channel Imagers. *Remote Sensing* 2(10), 2347.

## Dust Storms Trajectories and Identification of the Internal Sources over Hormozgan Province: A Case Study on Kohestak- Bandar Abbas, south of Iran

Damizadeh, M.<sup>1\*</sup>, Miri, M.<sup>1</sup> and Zand, M.<sup>2</sup>

1. Assistant Professor, Soil Conservation & Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Tehran, Iran

2. Associate Professor, Soil Conservation & Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Tehran, Iran

(Received: 12 Jan 2021, Accepted: 20 Sep 2021)

### Summary

Today, the existence of numerous sources of dust production is one of the environmental challenges of Hormozgan province. Remote sensing and using MODIS data is one of the effective methods for the detection and mapping of dust storms. At first, meteorological data of all synoptic stations in the study area were collected and analyzed. According to the results, the highest frequency of dust occurrence is related to the three months of July, August, and May, which are in spring and summer. October, December and November have the lowest occurrence of dust storms in the study area. Also, autumn with 12.5% has the lowest occurrence of dust storms in all stations in the study area, and spring with 34.4%, and then summer with 33.6% has been recorded as the highest occurrence of the dust storms. This research monitors and evaluates four detecting algorithms for identification of plume and dust source and dust storm emission in the Kostak- Bandar Abbas area in the Hormozgan Province using MODIS satellite data and the HYSPLIT model. Ackerman's model, Normalized Difference Dust Index (NDDI), Thermal-infrared Dust Index (TDI), and thermal Infrared Integrated Dust Index (TIIDI) were four Algorithm methods for dust source and plume identification using MODIS Level 1B and MODIS Level 2 data. The results show that all of the algorithms except NDDI were successful in detecting dust plumes, but the most effective algorithm for plumes identification varied from event to event. In addition, TDI is the best algorithm comparing its results with those of other three algorithms. The results show that there are a lot of dust sources in the study area that have many negative effects on other populated areas in the Hormozgan province and its neighboring areas. The results indicate that the Flood Plains Deposits (Qal3), Natural Levee Deposits (Qal2), and Coastal Dunes (Qdune) play the most important role in dust production in the study area. The HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) model was used to trace wind flow backward and forward to the study area. The results of the HYSPLIT model show that the dust particles are mainly transported to the study area from three main paths, namely, Northeastern, the West, and the Southwestern part of the study area. The results also, show that dust plumes lifted and dispersed towards different directions including the north and northeast with 30%, the south with 25%, and the east with 20% of the total events in the study period 2000 to 2018. In addition, the results show that the study area has a high potential for the occurrence of dust storms during the year as many dust hotspots have been identified in this area. Also, the occurrence of more than a decade of drought, the presence of erosion-sensitive formations, and the presence of erosion-sensitive sedimentary units in the study area and its surrounding areas, especially in the seasonal wetland Jazmourian has provided conditions to aggravate this situation. Due to the economic and tourism importance of cities such as Bandar Abbas, Qeshm, and Minab, and especially the industrial and economic region west of Bandar Abbas and the existence of active dust sources around this region, the need for executive operations and watershed management activities is highly recommended.

**Keywords:** Algorithm detector, Hysplit, Modis, Minab, Trajectory.

---

\* Corresponding author:

damizadeh@yahoo.com