

# مقایسه شاخص‌های حرارتی و انعکاسی در بارزسازی طوفان‌های گردوغبار در منطقه غرب و جنوب غرب ایران

کاظم رنگزن<sup>۱</sup>، مجید وظیفه دوست<sup>۲</sup>، سمیه آجودانی<sup>۳</sup>، علی عبدالخانی<sup>۴</sup>

۱- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استادیار گروه مهندسی کشاورزی- آب دانشگاه گیلان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید چمران اهواز

[kazemrangzan@scu.ac.ir](mailto:kazemrangzan@scu.ac.ir)

[majid.vazifiedoust@yahoo.com](mailto:majid.vazifiedoust@yahoo.com)

[s.ajodani@yahoo.com](mailto:s.ajodani@yahoo.com)

[aliabdolkhani@gmail.com](mailto:aliabdolkhani@gmail.com)

## چکیده

به دلیل موقعیت قرارگیری ایران در کمربند اقلیمی خشک و نیمه خشک هر از چندگاه تحت تاثیر پدیده گردوغبار می‌باشد. مطالعات اخیر نشان می‌دهد استفاده از ایستگاه‌های زمینی به تنهایی قادر به ردیابی و آشکارسازی طوفان‌های گردوغبار نیستند و استفاده از ماهواره‌های هواشناسی و محیطی به دلیل قدرت تفکیک زمانی و مکانی مطلوب می‌توانند به عنوان مکمل ایستگاه‌های زمینی در شناسایی پدیده گرد و غبار مورد استفاده قرار گیرند. در این تحقیق، شاخص‌های مبتنی بر تفاضل درجه حرارت روشنایی و تفاضل بازتابش سطحی در شناسایی وسعت طوفان‌های گردوغبار مورد بررسی قرار گرفته است. بارزسازی گردوغبار روی تصاویر مادیس در شاخص حرارتی (Brightness Temperature Difference) با استفاده از تفاضل درجه حرارت روشنایی طول موج ۳/۹، ۱۱ و ۱۲ میکرومتر و میزان بازتابش در طول موج ۱/۳۸ میکرومتر و در شاخص گردو غبار تفاضلی نرمال شده (Normalized Difference Dust Index) NDDI با استفاده از تفاضل نرمال شده میزان بازتابش در طول موج‌های ۰/۴۶۹ و ۲/۱۳ میکرومتر در محیط نرم افزار ENVI 4.7 و ERDAS IMAGINE صورت پذیرفت. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که بر اساس شاخص گرد و غبار تفاضلی نرمال شده ۳۷/۷ درصد و بر اساس شاخص‌های حرارتی، حدود ۵۴ درصد از منطقه تحت تاثیر گردوغبار قرار دارد. مقایسه تصاویر بارزسازی شده در این تحقیق با تصاویر رنگی طبیعی منطقه و نمودار میزان دید افقی و ضخامت نوری آئروسول‌ها، نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های مبتنی بر باندهای حرارتی نتایج دقیق‌تر و مفیدتری را در بارزسازی طوفان‌های گردوغبار در منطقه مورد مطالعه در اختیار ما قرار می‌دهد.

**واژگان کلیدی:** گردوغبار، بارزسازی، سنجش از دور، سنجنده مادیس، شاخص، درجه حرارت روشنایی، بازتابش

با توجه به مسائل یاد شده، استفاده از آخرین علوم و فناوری‌ها در این زمینه ضرورت می‌یابد. نظارت ماهواره-ای یکی از این فناوری‌ها است که به عنوان ابزاری قوی برای مطالعه ویژگی‌های طوفان‌های گردوغبار در مقیاس بزرگ شناخته شده است [۴]. با توجه با آثار این پدیده در بعد جهانی، کارشناسان باید با استفاده از ابزارهایی از جمله تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌ها و روش‌های آماری این پدیده را مورد بررسی قرار دهند تا با شناسایی منشأ و آثار آن‌ها اقدامات لازم برای کاهش آسیب‌های احتمالی ناشی از گرد و غبارها انجام شود. تکنیک‌های زیادی برای شناسایی پدیده گردوغبار با استفاده از مشاهدات مادون قرمز حرارتی<sup>۳</sup> و مرئی<sup>۴</sup> مطرح شده است. شناسایی بر اساس تفاوت درجه حرارت روشنایی (BTD)<sup>۵</sup> در ۲ یا ۳ باند و تفاضل بازتابش سطحی می‌باشد. بطور مثال اگر من در سال ۱۹۹۷ نشان داد که ترکیبی از سه طول موج در محدوده مادون قرمز شامل ۸، ۱۱ و ۱۲ میکرومتر روش قوی‌تری برای شناسایی گرد و غبار می‌باشد. تکنیک وی بر مبنای تفاوت درجه حرارت روشنایی است. اگر من توضیح داد که آنالیز BTD بین طول موج ۸ و ۱۱ میکرومتر در مقابل BTD بین ۱۱ و ۱۲ میکرومتر قادر است گردوغبار را از آسمان صاف روی خشکیها و اقیانوسها تشخیص دهد. چون وجود توده‌های گرد و غبار باعث افزایش ضخامت نوری<sup>۶</sup> گردوغبار شده و در نتیجه باعث افزایش اختلاف بین BT<sup>۱۲</sup> - BT<sup>۱۱</sup> و B<sup>۱۱</sup> - B<sup>T<sup>۱۲</sup></sup> می‌شود [۵]. میلر نیز در سال ۲۰۰۳ با استفاده از روش چند طیفی جدید داده‌های مرئی و مادون قرمز را با هم ترکیب نمود. وی با ایجاد یک ترکیب رنگی کاذب<sup>۷</sup>، توده‌های گردوغبار را از سطوح روشن<sup>۸</sup>، ابر و بیابان متمایز کرد [۶].

تحقیقات بعمل آمده نشان می‌دهد که تصاویر سنجنده MODIS<sup>۹</sup> از ماهواره‌های ترا<sup>۱۰</sup> و آکوا<sup>۱۱</sup> به دلیل قدرت

در چند سال اخیر بروز پدیده طوفان‌های گرد و غبار حساسیت‌ها و مشکلاتی را در سطح منطقه و برای کشور جمهوری اسلامی ایران ایجاد کرده است. تأثیر این پدیده در ایران آن قدر وسیع است که بیش از نیمی از استان‌های کشور را به نحوی با مسایل و محدودیت‌های این پدیده طبیعی درگیر کرده است که علاوه بر اثرات سوء زیست محیطی، موجب اختلال در اجرای طرح‌های توسعه پایدار ملی شده و پیامدهای منفی را به دنبال داشته و خواهد داشت. طوفان‌های گرد و غبار<sup>۱</sup> به عنوان یک منبع عمده از ذرات معدنی می‌باشد که عموماً در مناطق خشک و نیمه خشک رخ می‌دهد و یک خطر جدی زیست محیطی به شمار می‌آید [۱]. همچنین مدارک مستندی وجود دارد که آئروسول‌های معدنی گرد و غبار بر تشکیل ابر، خصوصیات ابر و میزان نزولات جوی تأثیر می‌گذارد [۲] و حتی منجر به کاهش اسیدیته آن‌ها می‌گردد. در میان مناطق مختلف ایران، نواحی غربی و جنوب غربی بیش از سایر نقاط کشور تحت تأثیر این پدیده بوده است. استان خوزستان به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود و همجواری با کشورهای بیابانی مانند عراق، عربستان و سوریه تحت تأثیر سیستم عمومی فشار هوا و وجود کانونهای فرسایش بادی می‌باشد که این امر باعث انتقال ذرات گرد و غبار از این کشورها و فراوانی وقوع و غلظت بیشتری از این پدیده شده است؛ به طوریکه در سال‌های اخیر این پدیده تبدیل به پدیده حاکم بر هوای استان خوزستان شده است [۳]. با توجه به اینکه گرد و غبار همچنین اثرات مضر بر سلامت و اقتصاد جامعه و اقلیم دارد، اما تاکنون مطالعات کافی و ادامه‌داری بر روی شناسایی منابع گرد و غبار ایران و بویژه کاربرد تکنیک‌های سنجش از دور<sup>۲</sup> در این راستا انجام نشده است. رایج‌ترین روش پایش گرد و غبار و کسب اطلاعات در خصوص شدت و غلظت ذرات گرد و غبار استفاده از ایستگاه‌های زمینی می‌باشند. اما استفاده از ایستگاه‌های زمینی به دلیل به هنگام نبودن، نقطه‌ای بودن و سطح پوشش کم با محدودیت زیادی در پایش گرد و غبار روبرو می‌باشند.

<sup>۱</sup> Dust Storm

<sup>۲</sup> Remote sensing

<sup>۳</sup> Thermal Infrared

<sup>۴</sup> Visible

<sup>۵</sup> Brightness Temperature Difference

<sup>۶</sup> Optical Depth

<sup>۷</sup> False color Composition

<sup>۸</sup> Bright surface

<sup>۹</sup> Moderate Resolution Imaging

Spectroradiometer

<sup>۱۰</sup> Terra

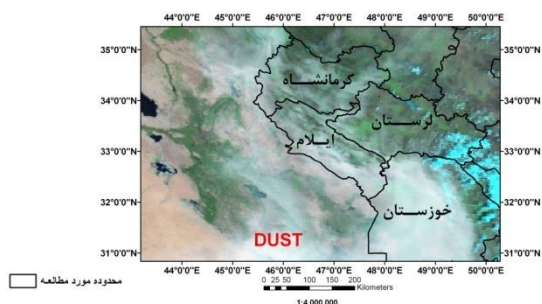
<sup>۱۱</sup> Aqua

تفکیک مکانی، زمانی و طیفی کاربرد گسترده‌ای در بررسی غلظت و وسعت طوفان‌های گردوغبار و شناسایی مسیر حرکت و گستره جغرافیایی تحت تاثیر آنها دارند. هدف از این مطالعه، مقایسه شاخص‌های حرارتی و انعکاسی در بارزسازی طوفان‌های گرد و غبار و متمایز سازی گردوغبار از سایر عارضه‌های موجود در تصویر اعم از، ابرها و سایر عارضه‌های زمینی با کمک الگوریتم‌های تعریف شده می‌باشد.

## ۲- مواد و روش

### ۲-۱- مشخصات منطقه مورد مطالعه

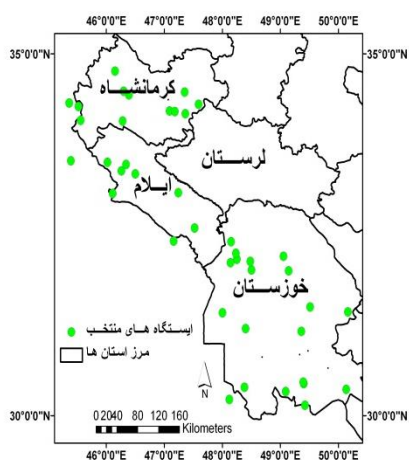
منطقه مورد مطالعه در این تحقیق غرب و جنوب غرب ایران و به طور موردی استان‌های ایلام، کرمانشاه و خوزستان (شکل شماره ۱) است. اما از آنجایی که کانون‌های گرد و غبار در کشورهای همسایه از جمله عراق، سوریه و عربستان واقع گردیده‌اند، محدوده وسیع‌تری مورد بررسی قرار گرفت. فراوانی ذرات بسیار ریز سبک همانند سیلت، رس و ماسه در نواحی بیابانی کشورهای مجاور از جمله عراق، سوریه، عربستان، اردن و کویت و نیز وزش باد از این مناطق به سمت استان‌های غربی و جنوب غربی منجر به بروز پدیده‌ی گردوغبار و در نتیجه آلودگی هوا می‌شود. گرد و غبار در استان ایلام در سال‌های اخیر به یک چالش بسیار مهم تبدیل شده است. ویژگی‌هایی چون فاصله نزدیک با کشور عراق، شکل طولیل استان و بیش از ۶۰۰ کیلومتر مرز مشترک با کشور عراق باعث شده که این استان همیشه در معرض گرد و غبار قرار گیرد. همچنین مشخص شده است که پرفشار آזור همراه با سیستم‌های مهاجر بادهای غربی، مهمترین عوامل سینوپتیک تأثیرگذار بر سیستم‌های گردوغبار منطقه به شمار می‌روند [۷]. هر چند که گردوغبار یک پدیده تقریباً غیر قابل کنترل است ولی حداقل می‌توان با شناخت محدوده دقیق آن، برای جلوگیری از پیامدهای آن برنامه‌ریزی نمود.



شکل شماره (۱): تصویر رنگی مادیس برای منطقه مورد مطالعه با قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰ متر در تاریخ 04/13/2011

### ۲-۲- داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک

داده‌های آماری گردوغبار به صورت روزانه، از ۴۱ ایستگاه منتخب در غرب و جنوب غرب ایران (شکل شماره ۲) از سازمان هواشناسی اخذ شدند و با استفاده از روش‌های آماری پردازش و تحلیل شدند. داده‌های مربوط به دید افقی ایستگاه‌ها، در تاریخ‌های مرتبط با وقوع گردوغبار، جهت اعتبارسنجی الگوریتم‌ها مورد بررسی قرار گرفتند.



شکل شماره (۲): ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب در محدوده مورد مطالعه

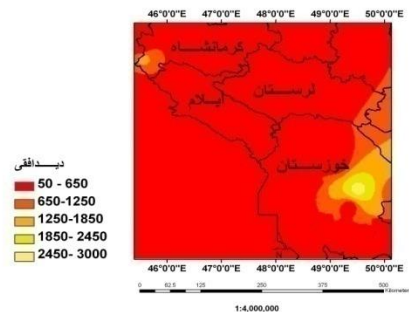
شکل شماره (۳) نقشه توزیع محدوده دید را در سیستم مختصات جغرافیایی برای منطقه‌ای که درگیر غبار آلودگی است نشان می‌دهد. این اطلاعات از داده‌های خام ایستگاه‌های زمینی که وظیفه بررسی شرایط جوی را دارند استخراج شده است. می‌توان بزرگترین محدوده

وجود ذرات گرد و غبار را که در آن محدوده دید کمتر از ۶۵۰ متر است، در تصویر با رنگ قرمز ملاحظه نمود.

و این محصولات به صورت روزانه و برای هر ناحیه از کره زمین قابل دسترسی هستند.

جدول ۱. مشخصات فنی باندهای مورد استفاده سنجنده مادیس

ابعاد پیکسل زمینی در دید پاسو (متر)	محدوده طیفی	نام باند
۵۰۰	۰/۴۷۹ - ۰/۴۵۹	۳
۵۰۰	۲/۱۵۵ - ۲/۱۰۵	۷
۱۰۰۰	۳/۹۸۹ - ۳/۹۲۹	۲۲
۱۰۰۰	۱/۳۹۰ - ۱/۳۶۰	۲۶
۱۰۰۰	۱۱/۲۸۰ - ۱۰/۷۸۰	۳۱
۱۰۰۰	۱۱/۲۷۰ - ۱۲/۲۷۰	۳۲



شکل شماره (۳): نقشه توزیع محدوده دید برحسب متر

## ۲-۳- داده‌های حاصل از سنجنده مادیس

سنجنده مادیس<sup>۱</sup> مستقر بر روی EOS<sup>۲</sup> با قابلیت ایجاد یک پوشش جهانی ساخته شده است. این سنجنده برای تصویربرداری در محدوده طیفی مرئی تا مادون قرمز حرارتی از طول موج ۰/۴۱۵ تا ۱۴/۲۳۵ میکرومتر طراحی شده است. به منظور مطالعه گرد و غبار می‌توان از ۶ باند این سنجنده استفاده نمود که مشخصات این باندها در جدول (۱) نشان داده شده است.

سنجنده مادیس با در اختیار داشتن ۳۶ باند طیفی مختلف دارای داده‌هایی با ۳ قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر، ۵۰۰ متر و ۱ کیلومتر است. لذا استفاده از این گونه تصاویر بدلیل تنوع تفکیک مکانی و زمان کوتاه تصویربرداری از یک منطقه (۴ بار در روز) کمک بسیار خوبی محسوب می‌گردد. سنجنده مادیس بر روی دو سکوی اکوا و ترا نصب شده است. و برخی تفاوت‌های فنی بین این دو وجود دارد [۸]. در این تحقیق از داده‌های Level 1B سنجنده مادیس بر روی ماهواره ترا استفاده شده است. داده‌های سطح اول شامل بازتابندگی و تابندگی بالایی جو است که کاملاً مختصات‌دار، کالیبره و تصحیح شده‌اند. این داده‌ها برای تولید تصاویر رنگی و تحلیل‌های کمی و کیفی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۹].

در این تحقیق از تصاویر زیر استفاده شده است:

- تصویر کاملاً آلوده، این تصویر مربوط به تاریخ ۱۳ آوریل ۲۰۱۱ می باشد. در تاریخ ۱۳ آوریل گردوغبار قابل ملاحظه‌ای در غرب ایران رخ داد و در اکثر ایستگاه‌های سینوپتیک باعث کاهش دید افقی تا ۱۰۰ متر شد.
- همچنین در این مطالعه، از تصاویر Deep Blue AOD<sup>۶</sup> از محصولات سطح ۳<sup>۷</sup> مادیس به صورت ۱×۱ روزانه جهت محاسبه ضخامت نوری آئروسول‌ها استفاده شده است.

## ۲-۴- پیش پردازش تصاویر مادیس

تصاویر در این پژوهش از طریق وب سایت ناسا<sup>۸</sup> و در قدرت تفکیک های مکانی ۵۰۰ متر و یک کیلومتر اخذ شده‌اند. تصاویر ۵۰۰ متری به منظور استخراج شاخص‌های انعکاسی و تصاویر یک کیلومتری جهت تشخیص پیکسل‌های حاوی ابر و استخراج شاخص‌های حرارتی استفاده می‌شوند. نکته قابل توجه این است که این تصاویر به صورت کالیبره شده در اختیار کاربران قرار می‌گیرد؛ بدین معنی که تصاویر خام از قبل پردازش شده‌اند و طی انجام عمل کالیبراسیون روی آن‌ها تصاویر خام به صورت بازتابندگی در (باند های مرئی) و تابندگی در (باند های مرئی و حرارتی) تبدیل شده‌اند.

<sup>۱</sup> MODIS

<sup>۲</sup> Earth Observing system

<sup>۳</sup> MOD 02 Qkm

<sup>۴</sup> MOD 02 Hkm

<sup>۵</sup> MOD 02 1km

<sup>۶</sup> Aerosol optical Depth

<sup>۷</sup> MOD08\_D3

<sup>۸</sup> [http:// IPDaac.usgs.gov](http://IPDaac.usgs.gov)

## ۲-۵- روش کار

در این تحقیق الگوریتم‌های آشکارسازی بر پایه آنالیز میزان بازتابش یا رادیانس تصاویر در باندهای مرئی و درجه حرارت روشنایی<sup>۱</sup> در باندهای مادون قرمز حرارتی می‌باشند. بارزسازی گرد و غبار روی تصاویر MODIS در شاخص‌های انعکاسی با استفاده از میزان بازتابش در طول موج‌های ۰/۴۶۹ و ۲/۱۳ میکرومتر و در شاخص-های حرارتی توسط درجه حرارت روشنایی در طول موج‌های ۳/۹، ۱۱ و ۱۲ میکرومتر در محیط نرم افزار ENVI4.7 و ERDAS IMAGIN 9.1 انجام شده است. بدین منظور پس از تصحیح هندسی تصاویر و برش منطقه مورد مطالعه مقادیر رادیانس تصاویر با استفاده از عکس تابع پلانک به دمای درخشندگی تبدیل شدند.

با توجه به تاثیر عمده ای که ذرات گرد و غبار بر روی میزان بازتابش و درجه حرارت روشنایی باندهای انتخاب شده می‌گذارند، توده های گرد و غبار آشکار خواهند شد.

## ۳- الگوریتم‌های آشکارسازی

### ۳-۱- شاخص گردوغبار تفاضلی نرمال شده

بر اساس مستندات موجود [۱۰] بازتابش گرد و غبار (خاک و شن) عموماً در طول موج‌های بین ۰/۴ میکرومتر تا ۲/۵ میکرومتر افزایش می یابد. با بهره گیری از این خصوصیات طیفی و با استفاده از نسبت دو باند ۳ و ۷ مطابق با رابطه (۱) می توان در تفکیک ابرهای گردوغبار از سایر عارضه‌ها استفاده کرد:

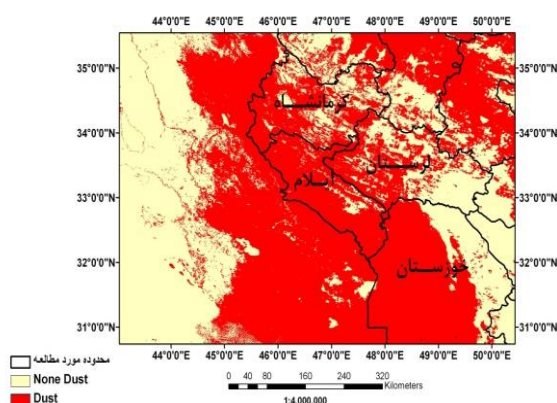
(۱)

$${}^2\text{NDDI} = (\rho_{2.13\mu\text{m}} - \rho_{0.469\mu\text{m}}) / (\rho_{2.13\mu\text{m}} + \rho_{0.469\mu\text{m}})$$
  
میزان بازتابش در باند ۳ سنجنده مادیس می باشد.

$\rho_{2.13\mu\text{m}}$ : میزان بازتابش در باند ۷ سنجنده مادیس می باشد.

این شاخص توده های گرد و غبار را از آب، ابر یخی متمایز می‌کند. چون بازتاب ذرات گردوغبار در باند ۳ (۰/۴۶۹ میکرومتر) دارای مقدار حداقل و در باند ۷ (۲/۱۳ میکرومتر) دارای مقدار حداکثر می باشد. در حالیکه ابرهای یخی در باند ۳ دارای حداکثر بازتابش می‌باشند [۱۱]. این خصوصیات طیفی کمک می کند تا به راحتی گردوغبار را از سایر ابرها تفکیک نمود. چرا که مقدار شاخص NDDI برای ابرها مقدار منفی گزارش شده است. شاخص NDDI به آسانی قادر است توده های گردوغبار را بر روی سطوح روشن همانند مناطق بیابانی شناسایی کند [۱۰]. شیان لی در سال ۲۰۰۹ در شمال چین از آستانه ۰/۲۶ به منظور جداسازی پیکسل‌های گرد و غبار از سایر پدیده‌ها استفاده نمود [۱۱]. کیو و همکارانش نیز در سال ۲۰۰۶ مقادیر NDDI پیکسل-های گرد و غبار را بزرگتر از ۰/۲۸ قرار دادند [۱۰].

در منطقه مورد مطالعه تحقیق نیز به منظور جداسازی گرد و غبار سبک و سنگین به ترتیب از آستانه بزرگتر از ۰/۱۳ و ۰/۲۸ استفاده گردیده است که نتایج در شکل شماره (۴) ارائه شده است. در نقشه خروجی پدیده گردوغبار به رنگ قرمز ظاهر شده است.



شکل شماره (۴): گردوغبار بارزسازی شده با شاخص NDDI در تاریخ ۱۳ آوریل ۲۰۱۱

همان‌طور که مشاهده می‌گردد قابلیت این شاخص به تنهایی در متمایز سازی سایر عارضه‌ها از قبیل گردوغبار ها و ماسه های زمینی با محدودیت جدی روبرو است. بدین منظور در این مطالعه از درجه حرارت روشنایی باند ۳۱ با آستانه دمایی بزرگتر از ۲۷۸ کلوین به منظور جدا سازی سایر عارضه‌ها استفاده گردید. چون ماسه ها

<sup>1</sup> Brightness Temperature

<sup>2</sup> Normalize Difference Dust Index

و غبار های معلق در هوا نسبت به ماسه های زمینی سردتر می باشند، به همین دلیل دمای درخشندگی به راحتی توده های گردوغبار هوابرد را از زمین های شنی و ماسه ای متمایز می کند [۱۰]. در نهایت از روابط زیر به منظور آشکارسازی پدیده گرد و غبار از سایر پدیده ها استفاده شد:

(۲)

بارزسازی بر اساس تفاوت درجه حرارت روشنایی در ۲ یا ۳ باند صورت می پذیرد. اگرمن در سال ۱۹۹۷ توضیح داد که ترکیب ۳ طول موج مادون قرمز نزدیک ۸، ۱۱ و ۱۲ میکرومتر روش بسیار قوی برای شناسایی گردوغبار می باشد. ایشان نشان دادند به دلیل اینکه گردوغبار دارای آلودوی بالاتری در طول موج ۱۲ میکرومتر نسبت به ۱۱ میکرومتر می باشد، میزان BT۱۲ - BT۱۱ برای گردوغبار منفی می باشد [۵]. از

سوی دیگر چون باندها  $0.28 \leq NDDI < 0.36$  AND  $278 < BT_{31} < 288$  THEN Light Dust قرار گرفته اند، عمل جذب توسط گازهای

(۳)

اتمسفریک به صورت ناچیزی کم است و گرد و غبار دارای تشعشع بالاتری در طول موج ۱۲ میکرومتر نسبت به ۱۱ میکرومتر می باشد [۱۲]. در منطقه مورد مطالعه به منظور جداسازی پیکسل های ابری از گرد و غبار از دو آزمون BT۱۱ - BT۳/۹ و BT۱۲ - BT۱۱ در پنجره های

IF  $0.28 \leq NDDI < 0.36$  AND

$278 < BT_{31} < 288$  THEN Thick Dust

(۴)

مادون قرمز<sup>۱</sup> استفاده شد. چرا که گرد و غبار انرژی خورشیدی را در طول موج ۳/۹ میکرومتر منعکس می -

که در این روابط BT31 درجه حرارت روشنایی در باند ۳۱ سنجنده مادیس می باشد. در خروجی نهایی، گردوغبار به رنگ قرمز، ابر ها به رنگ آبی و سایر پدیده ها به رنگ زرد نمایان شده اند (شکل ۵).

کند و تفاوت درجه حرارت روشنایی را در طول موج ۱۱ میکرومتر افزایش می دهد [۱۳]. شائو در سال ۲۰۱۲ نشان داد که اختلاف درجه حرارت روشنایی مربوط به طوفان های گرد و غبار درباندهای ۳۱ و ۳۲ کم تر از ۰/۵- کلوین می باشد. در منطقه مورد مطالعه نیز از الگوریتم شائو با آستانه دمایی کوچک تر از ۰/۵- کلوین به منظور بارزسازی توده های گرد و غبار از ابر و اشکال زمینی استفاده شد.

الگوریتم های استفاده شده به صورت زیر محاسبه می شوند:

(۵)

IF  $BT_{11\mu m} - BT_{12\mu m} < -0.5$  AND

$16 < BT_{3.9\mu m} - BT_{11\mu m} < 28$  AND

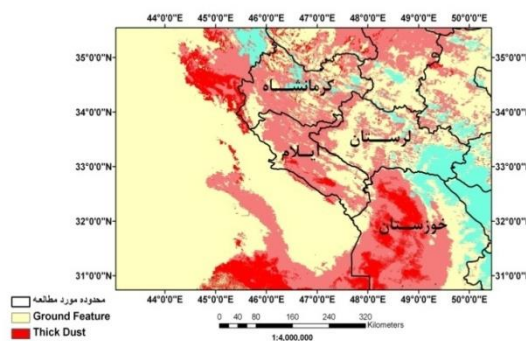
$R_{1.38\mu m} < 0.4$  THEN Thick Dust

(۶)

IF  $BT_{11\mu m} - BT_{12\mu m} < -0.5$  AND

$10.6 \leq BT_{3.9\mu m} - BT_{11\mu m} \leq 16$

AND  $R_{1.38\mu m} < 0.4$  THEN Light Dust



شکل شماره (۵): گردوغبار بارزسازی شده از ترکیب شاخص NDDI، BT در تاریخ ۱۳ آوریل ۲۰۱۱

نتایج نشان می دهد که ۱۰/۵ درصد از منطقه تحت تاثیر گردوغبار سنگین و ۲۷ درصد تحت تاثیر گرد و غبار سبک قرار دارد.

## ۳-۲- شاخص اختلاف درجه حرارت روشنایی

شاخص های مبتنی بر مشاهدات مادون قرمز حرارتی تا کنون در شناسایی گرد و غبارها بصورت گسترده بکار گرفته شده است که تقریباً در تمام این روش ها

<sup>1</sup> Window Infrared

(۷)

IF BT31 < 278 THEN Cloud

در این الگوریتم:

BT11 $\mu$ m – BT12 $\mu$ m: اختلاف درجه حرارت

روشنایی باند ۳۱ و ۳۲ سنجنده مادیس

BT3.9 $\mu$ m – BT11 $\mu$ m: اختلاف درجه حرارت

روشنایی باند ۲۲ و ۳۱ سنجنده مادیس

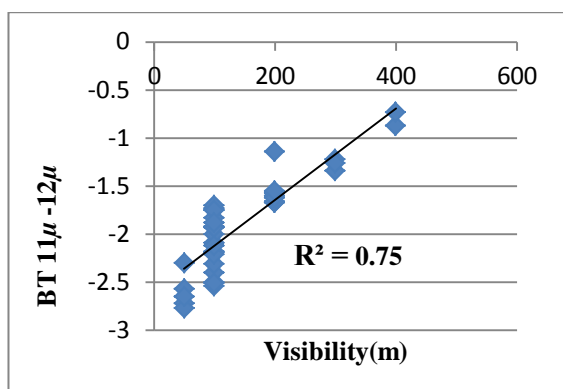
R1.38  $\mu$ m: میزان بازتابش در باند ۲۶ سنجنده مادیس می‌باشد.

از آن جایی که ابرهای سطح پایین همانند کومولوس‌های مرتفع نیز باعث ایجاد اختلاف درجه حرارت روشنایی منفی می‌شوند، از میزان بازتابش در طول موج ۱/۳۸ میکرومتر با آستانه کوچکتر از ۰/۴ نیز استفاده شد. ابرها در تصاویر ماهواره‌ای تحت عنوان پدیده‌هایی شناسایی می‌شوند که در باندهای مرئی طیف الکترومغناطیس نسبت به سایر پدیده‌های زمینی میزان بازتابندگی بالاتری داشته و در باندهای حرارتی هم دمای پایین‌تری دارند [۱۴]. در منطقه مورد مطالعه با استفاده از درجه حرارت روشنایی باند ۳۱ با آستانه دمایی کوچکتر از ۲۷۸ کلون ابرها از پدیده گردوغبار متمایز شدند. در نقشه‌های خروجی، گرد و غبار به رنگ قرمز ظاهر شده است (شکل شماره ۶).

نتایج نشان می‌دهد که ۳۳ درصد از منطقه تحت تاثیر گرد و غبار سنگین و ۲۱ درصد تحت تاثیر گرد و غبار سبک قرار دارد.

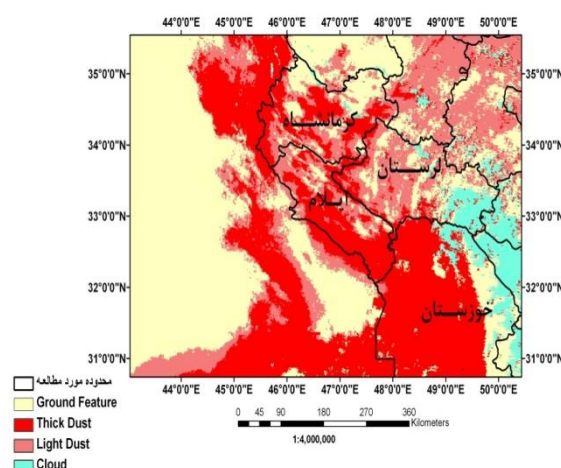
#### ۴- نتایج شناسایی و اعتبار سنجی

الگوریتم‌های شناسایی گرد و غبار با استفاده از داده‌های دید افقی ۴۱ ایستگاه زمینی و شاخص‌های عمق اپتیکی (AOD) مورد اعتبار سنجی قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل داده‌های دید افقی در زمان‌های مرتبط با وقوع گرد و غبار نشان می‌دهد که در تاریخ ۱۳ آوریل میزان دید افقی پایینی گزارش شده است. نتیجه مقایسه همبستگی بین شاخص‌های شناسایی گرد و غبار با داده‌های دید افقی حاکی از میزان همبستگی بالا (۷۵ درصد) بین داده‌های به دست آمده از شاخص BTD و داده‌های دید افقی می‌باشد (شکل شماره ۷).



شکل شماره (۷): همبستگی بین شاخص BTD و داده‌های دید افقی در تاریخ ۱۳ آوریل ۲۰۱۱

در حالیکه شاخص NDDI با داده‌های دید افقی از میزان همبستگی پایین‌تری (۱۷ درصد) برخوردار است که نشان دهنده ضعف این شاخص در مقایسه با شاخص BTD در بارسازی گرد و غبار می‌باشد (شکل شماره ۸).



شکل شماره (۶): گردوغبار بارسازی شده با شاخص BTD در تاریخ ۱۳ آوریل ۲۰۱۱

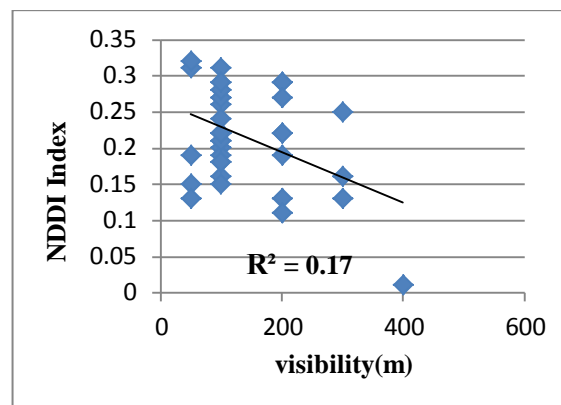


## ۵- نتایج

الگوریتم‌های آشکارسازی مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای بر پایه آنالیز میزان بازتابش یا رادیانس تصاویر در باندهای مرئی و درجه حرارت روشنایی در باندهای مادون قرمز حرارتی می‌باشند. در این مطالعه داده‌های مادیس به علت دارا بودن باندهای چند طیفی و قدرت تفکیک زمانی بالا برای شناسایی طوفان‌های گرد و غبار به کار رفت. شناسایی به صورت موثری در سطح پیکسل‌ها انجام گردید و خروجی به صورت شاخص مطرح شد. از شاخص‌های NDDI و BTD برای بارزسازی طوفان‌های گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه استفاده گردید. شاخص NDDI با آستانه بزرگتر از ۰/۲۸ گرد و غبار را به طور موثری از آب و ابر یخی متمایز می‌کند. اما این شاخص به تنهایی قادر به تشخیص گرد و غبارها و ماسه‌های زمینی نیست و باید به صورت مرکب با شاخص‌های حرارتی بکار گرفته شود. در گام دوم از شاخص BTD استفاده نمودیم. نتایج نشان داد که باندهای حرارتی منطقه بزرگتری از گرد و غبار را بویژه در مناطق پوشیده از ابر نمایش می‌دهد. بویژه زمانی که اختلاف درجه حرارت روشنایی باند ۳۱ و ۳۲ با آستانه دمایی کوچکتر از ۰/۵- کلون با میزان بازتابش در طول موج ۱/۳۸ میکرومتر تلفیق می‌شود، نتایج دقیق‌تری را می‌توان مشاهده نمود. در حقیقت شاخص BTD روش کاملی برای شناسایی گرد و غبار خالص اتمسفریک بر روی سطوح خشکی و دریا می‌باشد. چون باندهای حرارتی به طور قابل توجهی خطاهای commission را کاهش می‌دهند و استفاده از این باندها نتایج دقیق‌تر و مفیدتری را در بارزسازی طوفان‌های گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه در اختیار ما قرار می‌دهد.

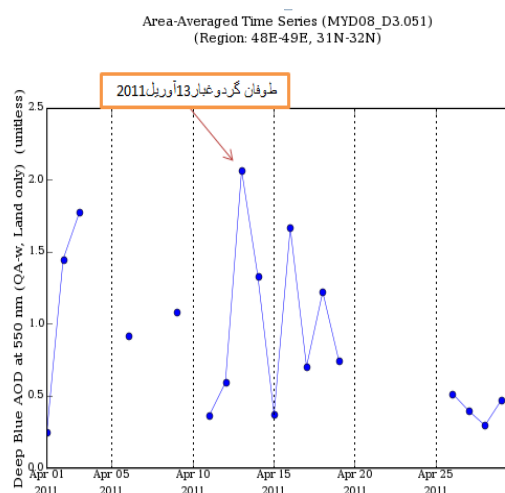
## سپاسگزاری

این پژوهشگران بر خود لازم می‌دانند تا از همکاری‌های اداره کل هواشناسی استان خوزستان و سازمان هواشناسی کشور در تأمین داده‌های مورد نیاز قدردانی نمایند.



شکل شماره (۸): همبستگی بین شاخص NDDI و داده‌های دید افقی در تاریخ ۱۳ آوریل ۲۰۱۱

همچنین تجزیه و تحلیل داده‌های عمق اپتیکی در زمان‌های مرتبط با وقوع گرد و غبار نشان می‌دهد که در تاریخ ۱۳ آوریل ۲۰۱۱ میزان AOD بالایی را در مقابل روزهای صاف داشته‌ایم. همانطور که در شکل شماره (۹) مشاهده می‌کنید بالاترین مقادیر ضخامت نوری ۲/۰۷ مربوط به ۱۳ آوریل می‌باشد و میزان ضخامت نوری در تاریخ ۱۲ و ۱۴ آوریل ۲۰۱۱ نیز به ترتیب ۰/۵۹ و ۱/۳۳ می‌باشد. البته این مقادیر به صورت میانگین برای عرض جغرافیایی ۳۲-۳۱ و ۴۹-۴۸ درجه می‌باشند.



شکل شماره (۹): تغییرات AOD روزانه ماهواره آکو در آوریل ۲۰۱۱



- [1] Prospero, J.M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S.E., and Gill, T. (2002). Environmental Characterization of Global Sources of Atmospheric Soil Dust Identified with the NIMBUS 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) Absorbing Aerosol Product. *Journal of American Geophysical Union. Vol.40.* doi: 10.1029/2000RG000095.
- [2] زراسوندی، ع.، ۱۳۸۸، ارزیابی زیست محیطی پدیده گرد و غبار در استان خوزستان، فاز اول، طرح سازمان محیط زیست استان خوزستان، ۲۷۰ صفحه.
- [3] عبدالخانی، ع.، ۱۳۸۹، بارزسازی و زون بندی توده های گردوغبار جنوب غرب ایران با استفاده از سنجش از دور و GIS، پا یان نامه کارشناسی ارشد از دانشگاه شهید چمران اهواز، صفحه ۵.
- [4] Zhang, P., Lu, N., Hu, X., and Dong, Ch. (2006). Identification and physical retrieval of dust storm using three MODIS thermal IR channels. *Global and Planetary Change. Vol.52, PP. 197-206.*
- [5] Ackerman, S. A.( 1997). Remote sensing aerosols using satellite infrared observations. *Journal of Geophysical Research. Vol.102, PP.17069–17080.*
- [6] Miller, S. D.( 2003). A Consolidated technique for enhancing dust storms with MODIS. *Geophysical Research Letters. Vol. 30, NO.20, PP.2071-2075.*
- [7] ذوالفقاری، ح.، عابدزاده، ح.، ۱۳۸۴، تحلیل سینوپتیک سیستم های گرد و غبار در غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه، پاییز و زمستان ۱۳۸۴.
- [8] Chin, T., Yung-Jyh, J., and Allen Chu, D.(2009). Analysis of the relationship between MODIS aerosol optical depth and particulate matter from 2006 to 2008. *Atmospheric Environment. Vol. 45, PP. 4777– 4788*
- [9] Engel-Cox, JA., Holloman, ch., Coutant, B., and Raymond, MH.(2004). Qualitative and quantitative evaluation of MODIS satellite sensor data for regional and urban scale air quality. *Atmospheric Environment. Vol.38, PP.2495-2509.*
- [10] Qu, J. J., Hao, X., Kafatos, M., and Wang, L.( 2006). Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua MODIS SRB measurements. *IEEE Geosciences and Remote Sensing Letters. Vol.3, No.4, PP.484– 486.*
- [11] Xian L., Weidong, S.(2009). Dust Storm Detection Based On MODIS Data. Available in: <http://www.docstoc.com/docs/38402490>
- [12] Huang, j., Ge, j., and Weng, F. (2007). Detection of Asia dust storms using multisensor satellite measurements. *Remote Sensing of Environment. Vol. 110, PP. 186-191.*
- [13] Zhao, T. X. P.(2012). Asian Dust Detection from the Satellite Observations of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). *Aerosol and Air Quality Research. Vol.12, PP.1073–1080.*
- [14] Ackerman, S. A., Strabala, K. I., Menzel, W. P., Frey, R.A., Moeller, C.C., and Gumley, L.E.(2006). Discriminating clear sky from clouds with MODIS. *Journal of Geophysical Reserch. Vol.103, No. D24, PP. 32141-32157.*

# **The comparison of the thermal and reflective indexes on the enhancement of the dust storms in the west and south-west of the Iran**

**Kazem Rangzan<sup>1</sup>, Majid Vazifedoust<sup>2</sup>, Somaye Ajodani<sup>3</sup>, Ali Abdolkhani<sup>4</sup>**

**1-Associate Professor of GIS and Remote Sensing ShahidChamran University**

**2- Assistant Professor of Water Engineering Department University of Guilan**

**3- MSc student of GIS and Remote Sensing in ShahidChamran University**

**4- MSc of GIS and Remote Sensing ShahidChamran University**

**[kazemrangzan@scu.ac.ir](mailto:kazemrangzan@scu.ac.ir)**

**[majid.vazifedoust@yahoo.com](mailto:majid.vazifedoust@yahoo.com)**

**[s.ajodani@yahoo.com](mailto:s.ajodani@yahoo.com)**

**[aliabdolkhani@gmail.com](mailto:aliabdolkhani@gmail.com)**

## **Abstract:**

Regarding the location of Iran on the dry and semi-dry climate belt, this country is affected by the dust storms every so often. the recent studies have revealed that utilizing the ground stations alone cannot detect the dust storms; Hence, the local and metrological satellites, as the complementary for the ground station, can be utilized to do so for the dust phenomena because of their capability of spatial and temporal resolution. In this research the specific index are used in computations which all are based on the brightness temperature and surface reflectance differences, to measure the expansion of the dust storms. The enhancement of the dust is carried out on the Modis images based on the BT index via utilizing the 3.9,11 and 12 micro meter wave length and the level of reflection in 1.38 micro meters, and on Normalized Difference Dust Index (NDDI) via utilizing the normalized difference of the level of reflection at 0.469 and 2.13 micro meters wave length in ENVI 4.7 and ERDAS IMAGINE environment. The results have implies that based on the 37.7% normalized differential index, and based on thermal index, 54 % of the area is being affected by the dust. In this research the comparison of the enhanced images and the natural colored images of the area, along with the horizontal visibility graph and the Aerosol optical thickness, show that utilizing the methods based on the thermal bands, give us more precise and useful results in marking the dust storms in studied area.

**Keywords:** Dust, Enhancement, Remote Sensing, MODIS Sensor, Index, Brightness Temperature, Reflectance.