

# شناسایی گردوغبار با استفاده از روش درخت تصمیم گیری از تصاویر سنجنده مادیس

شیما عطایی<sup>۱</sup>، علی محمدزاده<sup>۲\*</sup>، علی اکبر آبکار<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور - دانشکده نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
shima.ataei68@gmail.com

<sup>۲</sup> استادیار گروه فتوگرامتری و سنجش از دور - دانشکده نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
almoh2@gmail.com  
alibkar@gmail.com

(تاریخ دریافت مهر ۱۳۹۳، تاریخ تصویب آذر ۱۳۹۳)

## چکیده

کشور ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی و اقلیمی و نزدیکی به بیابان‌های کشورهای مجاور مانند عراق، سوریه و عربستان، همواره در معرض سامانه‌های گردوغباری قرار گرفته است. از این روش‌شناسایی پدیده‌ی گرد و غبار از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. در تحقیق پیش رو با به کارگیری اندازه‌گیری‌های سنجنده MODIS و تکنیک چند طیفی به شناسایی گردوغبار رخ داده در استان‌های ایلام و خوزستان در طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۱ پرداخته شده است و شاخص‌های بکار رفته در مدل‌های جهانی برای منطقه مورد نظر بومی سازی گردیده است. در این راستا یک الگوریتم درخت تصمیم‌گیری بهبود یافته جهت تمایز ابر از گردوغبار و سپس جداسازی گردوغبار از سطح زمین با رفتارهای بازتابندگی مشابه با ذرات گردوغبار، استفاده شده است. بنابراین در ابتدا داده‌های آموزشی مناسب برای سه کلاس ابر، گردوغبار بر روی سطوح روشن و تاریک و آسمان بدون ابر و گردوغبار انتخاب می‌شود. سپس رفتار بازتابندگی پیکسل‌ها در کلاس‌های مذکور بررسی می‌گردد. در مرحله بعدی مناسب‌ترین باندها جهت شناسایی و تمایز پیکس‌های گردوغبار انتخاب می‌شود و درخت تصمیم‌گیری بهبود یافته‌ای برای منطقه مطالعاتی ارائه می‌شود. در نهایت نیز دقت الگوریتم پیشنهاد شده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و با الگوریتم‌های قبلی مقایسه می‌گردد. برای ارزیابی از معیارهایی همچون میدان دید و کدهای هواشناسی حاصل از ایستگاه‌های هواشناسی منطقه استفاده می‌شود. نتایج حاکی از افزایش دقت در صورت استفاده از روش بهبود یافته است. بر این اساس اگر برای شناسایی گردوغبار بر روی سطوح روشن، شاخص‌های تفاوت نرمال گردوغبار (NDDI) و لگاریتم باند یک ( $\ln(b1)$ ) استفاده شود دقت ۵۸٪ بدست می‌آید. برای سطوح تاریک نیز با بکارگیری شاخص‌های NDDI و اختلاف دمای درخشندگی باندهای ۲۰ و ۳۱ دقتی معادل با ۵۳٪ حاصل می‌شود.

**واژگان کلیدی:** شناسایی گردوغبار، درخت تصمیم‌گیری، شاخص‌های طیفی، داده هواشناسی، سنجنده MODIS

\* نویسنده رابط

## ۱- مقدمه

پدیده گردوغبار، فرآیند پیچیده‌ای است که تعاملات زمین و اتمسفر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و اصولاً توسط بادهایی با سرعت زیاد در زمین‌های بایر و شرایط هوای خشک تشکیل می‌شود و اغلب مناطق خشک و نیمه خشک را در بر می‌گیرد [۱۰]. مناطق غرب و جنوب غرب کشور ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی و اقلیمی و نزدیکی به بیابان‌های کشورهای مجاور مانند عراق، سوریه و عربستان، بیشتر در معرض سامانه‌های گردوغبار قرار گرفته است [۱۹]. به همین دلیل در تحقیق پیش رو کشف گردوغبار در مناطق غربی ایران با تأکید بر استان‌های ایلام و خوزستان مورد بررسی قرار گرفته است.

طوفان گردوغبار، نام عمومی از طوفان ماسه و طوفان گردوخاک است و عبارتست از شرایط آب و هوایی که بادهای قوی، گردوخاک و ماسه را از سطح زمین به آسمان بلند می‌کنند و باعث ایجاد هوای ناپاک و میدان دید کمتر از ۱ کیلومتر می‌شوند [۱۰].

پدیده گردوغبار و طوفان‌های مربوط به آن با بکارگیری روش‌های زمینی و ماهواره‌ای قابل بررسی و مطالعه می‌باشد. یکی از سنجنده‌های زمینی پایش هواویز<sup>۱</sup> موسوم به AERONET<sup>۲</sup> است [۱۱] و [۱۸]. نحوه عملکرد این سنجنده بر اساس اندازه‌گیری مستقیم رادیانس طیفی آسمان است که با استفاده از مدل‌های معکوس انتقال تابشی، ویژگی‌های نوری و اندازه ذرات هواویز را محاسبه و فراهم می‌کند در این راستا بهراموش با بکارگیری داده‌های سطح<sup>۲</sup> این سنجنده به برآورد و بررسی این پارامترها پرداخته است [۱۸]. فناوری سنسجش از دور به دلیل وسعت منطقه‌ای که مورد پایش قرار می‌دهد همواره به عنوان یکی از کارآمدترین روش‌ها در مطالعه همزمان پدیده‌های مختلف اقلیمی، اتمسفری و فرایندهای هیدرولوژیکی مدنظر محققان بوده است. یکی از سنجنده‌های مطرح در این زمینه سنجنده MODIS<sup>۳</sup> می‌باشد [۱۶]، [۷]، [۴] و [۱۲]. تصاویر MODIS به صورت گسترده در بررسی‌های هواشناسی و پدیده‌های اتمسفری مثل آتش سوزی جنگل، وقوع گردوغبار، طوفان، گردباد، آتش فشان و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. همانگونه که گفته شد

در فرایند شکل‌گیری گردوغبار، دانه‌های ماسه توسط باد بلند شده و وارد هوا می‌شوند و بعد از گذشت چند ساعت به زمین بازمی‌گردند اما ذرات کوچکتر برای یک هفته یا بیشتر همچنان در هوا معلق باقی می‌مانند و می‌توانند هزاران کیلومتر در مسیر باد حرکت کنند. با توجه به اینکه ذرات معلق بر روی میزان تابش زمین تأثیر می‌گذارند در نتیجه آب و هوا را به واسطه تغییر رفتار پراکنش و جذب اتمسفر، تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این تحقیق سعی بر بررسی رفتارهای بازتابندگی و تابشی پیکسل‌های آلوده به ابر، گردوغبار و آسمان در باندهای حرارتی و مادون قرمز مادیس و پس از آن به کارگیری مناسب‌ترین باندها برای تمایز سه کلاس فوق از یکدیگر شده است. به این منظور درخت تصمیم‌گیری پیشنهاد شده توسط Xie برای منطقه مطالعاتی غرب ایران بهبود داده شده است [۱۷]. پس از بررسی‌های دقیق و همچنین بکارگیری داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی برای ارزیابی دقت، شاخص‌های بهینه انتخاب شده و حد آستانه‌ها بومی‌سازی گردیده است.

لازم به ذکر است در مورد آسمان بدون ابر و گردوغبار، باندهای موجود در محصول MOD21 سنجنده مادیس رفتار بازتابندگی و تابشی سطح زمین را در بالای اتمسفر نشان می‌دهند. بنابراین در صورت وجود هر نوع پوششی مثل اراضی بیابانی، بازتابندگی بالای اتمسفر میزان بازتابندگی سطح زمین را به همراه تأثیر اتمسفر نشان می‌دهد. با توجه به اینکه در شناسایی گردوغبار هدف بررسی تأثیر ذرات گردوغبار موجود در اتمسفر در طول موج‌های مختلف مادیس است بنابراین میزان بازتابندگی و تابش سه کلاس مذکور در بالای اتمسفر مورد نظر می‌باشد. در این راستا در منطقه مطالعاتی دو نوع پوشش زمین یعنی سطح روشن<sup>۴</sup> و سطح تاریک<sup>۵</sup> در نظر گرفته‌ایم. سطوح روشن شامل زمین‌های بایر و بیابان‌ها هستند و سطوح تاریک پوشش گیاهی را شامل می‌شود. بنابراین آسمان بدون ابر و گردوغبار بر روی سطوح تاریک و بر روی سطوح روشن و گردوغبار بر روی این دو سطح بررسی می‌شود.

## ۲- پیشینه تحقیق

شاخص‌های طیفی بر اساس ویژگی‌های گردوغبار بر روی نواحی مری، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز حرارتی

<sup>۱</sup> Aerosol

<sup>۲</sup> The Aerosol Robotic NET work

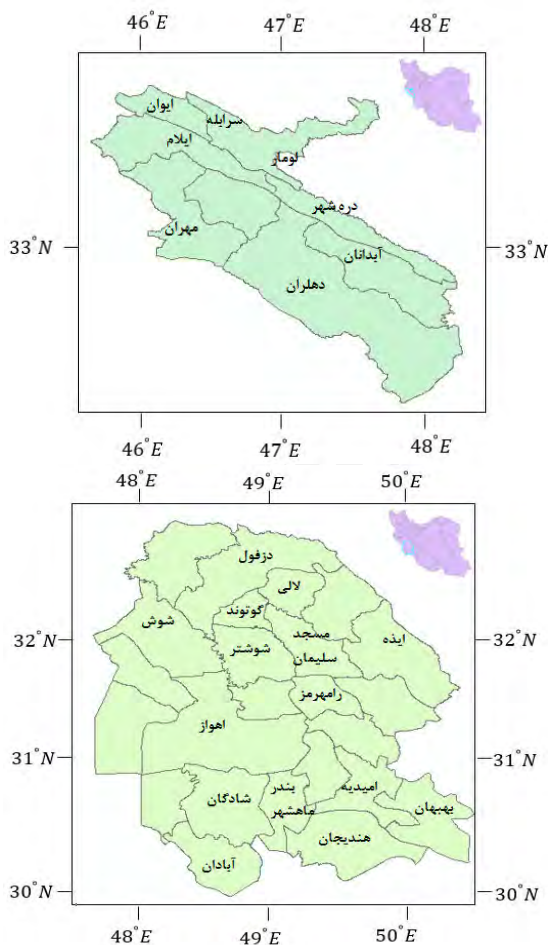
<sup>۳</sup> Moderate Resolution Imaging Spectrometer

۴ Bright Surface

۵ Dark Surface

تحقیقات پیشین، الگوریتم‌های ارائه شده در مناطق بیابانی تست و اجرا شده است [۷]، [۱۶] و [۱۷]. بنابراین حدآستانه‌های بکار رفته نیاز به بررسی و آنالیز در مناطق دیگر مانند مناطق داری پوشش گیاهی، دارد. به عنوان مثال در مناطق غربی ایران (مثل استان ایلام) که منطقه کوهستانی به همراه پوشش گیاهی وجود دارد نیاز است روش‌های شناسایی، تست و ارزیابی شوند. به عبارت دیگر با توجه به اینکه ویژگی‌های طیفی ذرات گردوغبار به دلیل تغییرات منطقه‌ای مشخصات خاک و ترکیب گردوغبار با سایر گونه‌های ذرات معلق، از لحاظ مکانی و زمانی متفاوت است. مطابق با آنچه که بیان شد با توجه به محلی بودن حدآستانه در روش‌های آستانه‌گذاری، باید رفتارهای بازتابندگی پیکسل‌های آلوده به گردوغبار در منطقه مطالعاتی بررسی شود.

#### ۴- داده‌های مورد استفاده



شکل ۱- نمایش شماتیک منطقه مطالعاتی مورد نظر شامل استان‌های ایلام و خوزستان و موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی در هر استان

اطلاعات زیادی را پیرامون مشخصات گردوغبار فراهم می‌کند [۱۷]. بیشتر روش‌های چند طیفی ترکیبی از باندها هم در طیف انعکاسی خورشید و هم در طیف حرارتی رابه کار می‌برند. البته بیشتر این روش‌ها می‌توانند دود یا گردوغبار را تنها در مناطقی دور از ابر شناسایی کنند [۱۷]. در صورت وجود ابر می‌توان از روش پیشنهادی Shang استفاده نمود [۱۵]. یعنی اگر در منطقه ابر و همچنین گردوغبار سنگین وجود داشته باشد به قسمی که الگوریتم ماسک ابر مادیس، پیکسل‌های گردوغبار را به اشتباه بعنوان ابر شناسایی کند [۱۵]. در همین راستا در روش دیگری که توسط Yingying Ma ارائه شده است از طبقه بندی کننده SVM برای جداسازی ابر از گردوغبار استفاده شده است [۹]. Ackerman امکان شناسایی ذرات معلق آتش فشانی و گردوغبار را با استفاده از مشاهدات مادون قرمز در طول موج ۸/۵ میکرون به همراه مشاهدات در کانال‌های ۱۱ و ۱۲ میکرون را گسترش داده است [۲]. Qu شاخص NDDI که یک نسبت نرمالیزه از باند ۲/۱ میکرون و باند آبی است را برای شناسایی طوفان‌های گردوغبار و نظارت بر تغییرات رطوبت ناشی از گردوغبار، به کار برده است [۱۴]. از طرف دیگر باند ۳۱ و ۳۲ مادیس که در پنجره مادون قرمز حرارتی هستند، به اندازه جزئی توسط سایر گازهای اتمسفر جذب می‌شوند. گردوغبار انتشار بالاتری در باند ۳۲ نسبت به باند ۳۱ دارد. بنابراین برای کشف این ذرات می‌توان از BTD<sup>۲</sup> بین این دو باند استفاده کرد [۵]، [۷] و [۱۲]. Xie تکنیک چند طیفی برای شناسایی ذرات معلق گردوغبار آسیایی بر اساس ترکیب اندازه‌گیری‌های شش باند طیفی MODIS در هر دو طیف حرارتی و خورشیدی گسترش داده است [۱۷]. الگوریتم تنها بر روی طوفان گردوغبار در مناطق خشک تمرکز کرده که در آن منطقه به دو شاخه تقسیم شده است: گردوغبار بر روی سطوح تاریک و سطوح روشن [۱۷]. شناسایی ذرات معلق گردوغبار بوسیله یک سری از تست‌های آستانه‌گذاری برای جداسازی پیکسل‌های غیرگردوغبار، اجرا شده است.

#### ۳- ضرورت تحقیق

با توجه به اینکه هدف از تحقیق توسعه روش پیشنهاد شده توسط Xie می‌باشد و با در نظر گرفتن این نکته که در

۱ Normalized Difference Dust Index

۲ Brightness Temperature Difference

در این تحقیق از داده‌های سطح ۱، ۲ و ۳ سنجنده مادیس شامل MOD021، MCD12Q1 و MOD35، نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ استان‌های ایلام (31°58' to 34°15' N, 45°24' to 48°10' E) و خوزستان (29°57' to 33°00' N, 47°32' to 50°39' E) برای بدست آوردن نوع پوشش زمین و همچنین داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک این دو استان در دوره زمانی ۱۳۸۴-۱۳۹۱ برای پیاده سازی الگوریتم مورد نظر و در نهایت اعتبارسنجی آن استفاده شده است.

به این منظور ۲۸ تصویر گردوغباری، ۲۵ تصویر بدون ابر و گردوغبار و ۱۴ تصویر ابری مورد بررسی قرار گرفتند. در شکل (۱) نمایی از منطقه مطالعاتی در تحقیق مشخص می‌باشد.

## ۵- روش تحقیق

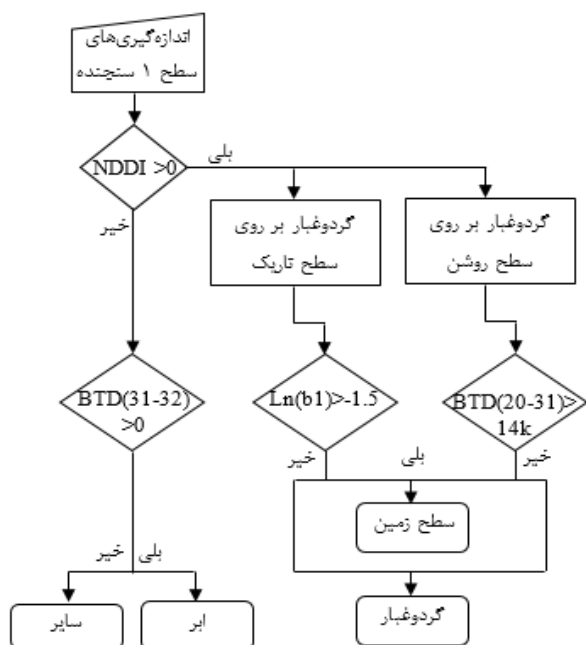
همانگونه که پیش از این بیان شد در تحقیق پیش رو قصد داریم درخت تصمیم‌گیری توسعه یافته Xie را برای شناسایی پیکسل‌های گردوغبار با استفاده از اندازه‌گیری‌های سنجنده مادیس بکار بریم [۱۷]. به این منظور در هر استان اطلاعات هواشناسی مربوط به کیفیت هوا در هر ایستگاه هواشناسی جمع‌آوری گردید و سپس ۳۰ پیکسل که در واقع محل ایستگاه‌های هواشناسی در تصاویر مادیس است، مورد بررسی قرار گرفت.

در این روش توسعه یافته ابتدا با بکارگیری دو شاخص NDDI و BT31-BT32 پیکسل‌های ابر جداسازی می‌شوند. سپس برای شناسایی گردوغبار و تمایز آنها از آسمان بدون ابر و گردوغبار (بر روی سطح روشن و تاریک) از شاخص‌های  $\ln(b1)$  و BT20-BT31 و حدآستانه‌های متفاوت استفاده می‌شود. بنابراین در ابتدا این درخت تصمیم‌گیری برای منطقه مطالعاتی پیاده‌سازی می‌شود و حدآستانه‌های محلی برای شاخص‌های مذکور بدست می‌آید.

سپس دقت روش با بکارگیری داده‌های ایستگاه هواشناسی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. به دلیل پایین بودن دقت درخت تصمیم‌گیری پیشنهاد شده برای منطقه مطالعاتی، ترکیب شاخص‌های مختلف شامل NDDI، BT31-BT32،  $\ln(b1)$  و BT20-BT31 (مورد آزمایش قرار گرفت. به عبارت دیگر با استفاده

از این شاخص‌ها درخت‌های تصمیم‌گیری متفاوتی (۶ درخت تصمیم‌گیری متفاوت) تست و اجرا شد و در هر مورد دقت‌ها محاسبه گردید.

و در نهایت در شکل (۲) درخت تصمیم‌گیری بهینه که دارای بهترین دقت می‌باشد، ارائه شده است.



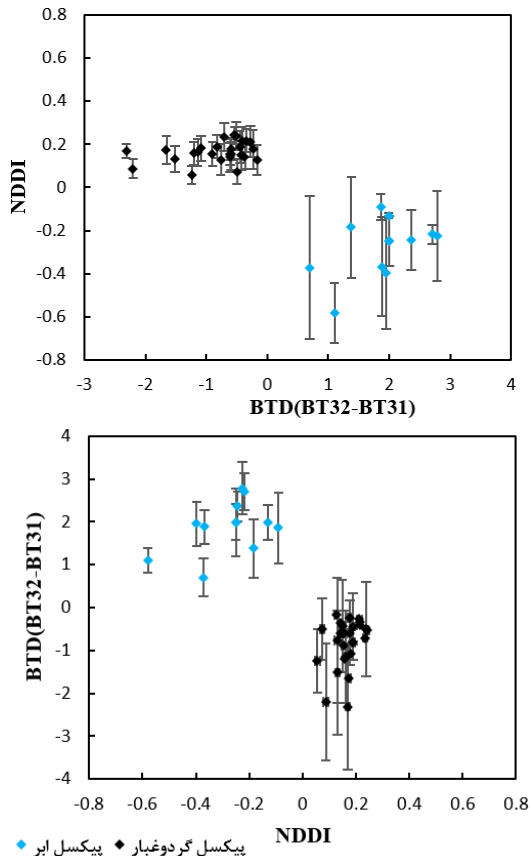
شکل ۲- فلوجارت توسعه یافته Xie به همراه حدآستانه‌های بومی سازی شده برای منطقه مطالعاتی

بنابراین مراحل پیاده‌سازی به صورت زیر خواهد بود:

### ۵-۱- جداسازی پیکسل‌های ابر

با در نظر گرفتن این نکته که در منطقه مطالعاتی مورد نظر با سه نوع پیکسل گردوغبار، ابر و آسمان عاری از ابر و گردوغبار مواجه هستیم، باید در گام اول برای هر سه کلاس داده‌های آموزشی مناسب جمع‌آوری گردد. نمودار مربوط به بازتابندگی سه کلاس ابر، گردوغبار و آسمان بدون ابر و گردوغبار برای داده‌های آموزشی در باندهای مختلف مادیس بدست آمده و مورد آنالیزهای آماری قرار می‌گیرد.

به طور کلی با توجه به دو نمودار شکل (۳)، ابر در طول موج‌های کوتاه دارای بیشترین بازتابندگی و در باندهای حرارتی دارای کمترین دمای درخشندگی می‌باشد. همچنین در مورد ابر، شیب نمودار از باند ۳ به باند ۷ منفی ولی در گردوغبار و آسمان عاری از ابر و گردوغبار مثبت می‌باشد. پس می‌توان از اختلاف بازتابندگی باند ۳ و ۷ جهت تفکیک پیکسل‌های ابری از دو کلاس دیگر استفاده نمود.

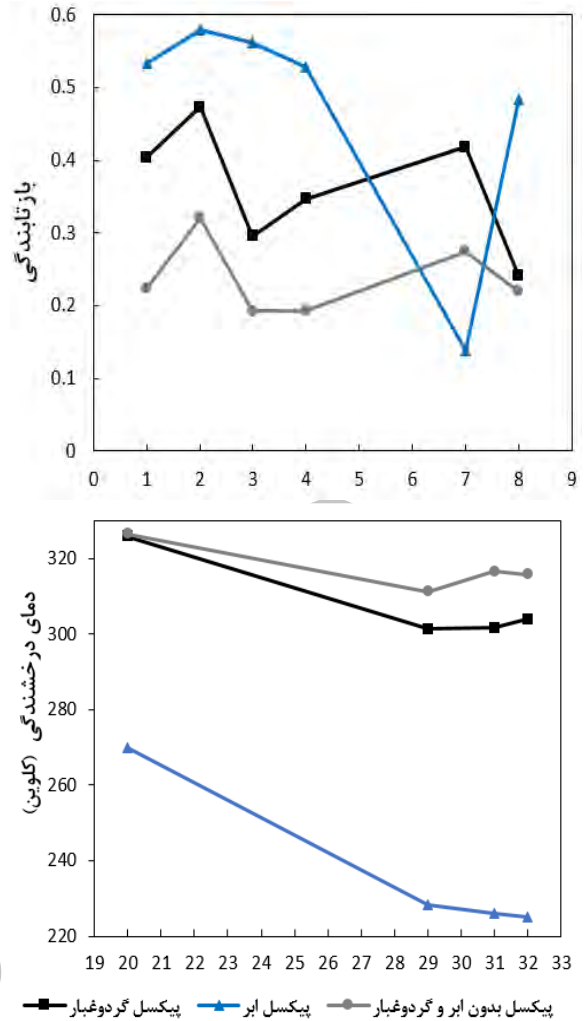


شکل ۴- آنالیز آماری برای بدست آوردن حد آستانه دو شاخص BTD و NDDI جهت تفکیک پیکسل‌های گردوغبار از ابر

بنابراین طبق نمودار شکل (۴) حد آستانه صفر برای شاخص‌های NDDI و  $BTD(BT31-BT32)$  مناسب می‌باشد. بر این مینا آن دسته از پیکسل‌هایی که دارای NDDI کمتر از صفر هستند و  $BTD(BT32-BT31)$  منفی دارند به عنوان ابر شناخته شده و آنهایی که NDDI بیشتر از صفر و  $BTD(BT32-BT31)$  مثبت دارند وارد مرحله بعدی پردازش می‌شوند.

#### ۵-۲- تفکیک گردوغبار به دو کلاس (گردوغبار بر روی سطوح تاریک و روشن)

تا این مرحله پیکسل‌های ابر حذف شده‌اند و آنچه که باقی مانده ترکیبی از پیکسل‌های گردوغبار و آسمان بدون ابر و گردوغبار است. در این مرحله با توجه به اینکه در شکل (۳)، شیب خط از باند ۳۱ به ۳۲ برای گردوغبار و آسمان بدون ابر و گردوغبار متفاوت است می‌توان از همین اختلاف برای شناسایی گردوغبار استفاده نمود ولی برای شناسایی دقیق‌تر گردوغبار باید شاخص‌های مناسب تر و بیشتری تعریف گردد.

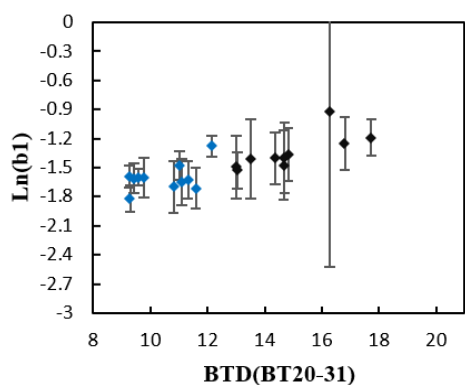


شکل ۳- نمودار رفتار بازتابندگی و دمای درخشندگی پیکسل‌های آموزشی ابر، گردوغبار و آسمان بدون ابر و گردوغبار در باندهای طول موج کوتاه، مادون قرمز و حرارتی مادیس

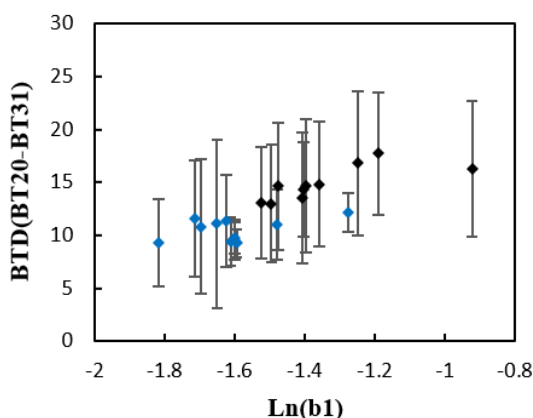
به‌علاوه اختلاف دمای درخشندگی باندهای ۳۱ و ۳۲ برای ابر و آسمان بدون ابر و گردوغبار مثبت ولی در گردوغبار منفی می‌باشد. در شکل (۴) هر یک از نقاط، میانگین NDDI و  $BTD(BT32-BT31)$  برای پیکسل محل ایستگاه هواشناسی در روزهای ابری و گردوغباری انتخاب شده است.

### ۵-۳- تمایز پیکسل‌های گردوغبار از سطح زمین

پس از پیش پردازش‌هایی که برای تفکیک آسمان بدون گردوغبار به دو کلاس آسمان بدون غبار بر روی سطوح تاریک و روشن انجام پذیرفت، در مرحله بعد برای انتخاب بهترین باندها و شاخص‌ها جهت تمایز پیکسل‌های گردوغبار از این دو کلاس، رفتار بازتابندگی و تابشی پیکسل‌های آلوده به گردوغبار و آسمان بدون غبار به صورت جداگانه بر روی سطوح تاریک و روشن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد در طول موج‌های کوتاه شاخص لگاریتم انعکاسی باند یک ( $\ln(b1)$ ) و در طول موج‌های بلند شاخص اختلاف دمای درخشندگی باندهای ۲۰ و ۳۱ ( $BTD(BT20-BT31)$ ) برای چنین تفکیکی مناسب می‌باشد [۱۷]. در این راستا همچنین با در نظر گرفتن نمودارهای شکل (۴) حدآستانه‌های مناسب برای هر یک از شاخص‌های  $\ln(b1)$  و  $BTD(BT20-BT31)$  مشخص می‌گردد تا اینکه بتوان با استفاده از آنها گردوغبار را از آسمان عاری از ابر و گردوغبار متمایز کرد.



(الف)



- ◆ پیکسل گردوغبار بر روی سطح تاریک
- ◆ پیکسل بدون ابر و گردوغبار بر روی سطح تاریک

(ب)

همانگونه که پیش از این ذکر شد در فلوچارتی که آقای Xie در تحقیق خود پیشنهاد داده است  $BTD(BT31-BT32)$  فقط برای پیکسل‌های ابری مقادیر مثبت دارد و برای پیکسل‌های مربوط به آسمان عاری از ابر و گردوغبار بر روی سطح بیابان منفی می‌باشد. چنین نتیجه‌گیری زمانی درست است که سطح زمین کاملاً یک دست و هر پیکسل فقط شامل کلاس بیابان باشد در صورتی که با توجه به پیچیدگی منطقه مطالعاتی ما،  $BTD$  برای آسمان بدون ابر و گردوغبار همانند ابر مثبت است به این علت که یک پیکسل  $1km \times 1km$  مادیس در منطقه مطالعاتی مورد نظر تنها شامل یک کلاس نبوده و چندین کلاس مثل زمین‌های بایر، پوشش گیاهی و ... را شامل می‌شود. بنابراین برای تمایز گردوغبار از آسمان بدون ابر و گردوغبار توجه به این نکته ضروری است که نوع پوشش زمین زیرین گردوغبار مهم است. زیرا که بررسی‌های ما نشان می‌دهد رفتار بازتابندگی گردوغبار (مخصوصاً گردوغبارهایی که در آن غلظت ذرات معلق کمتر است و میدان دید افقی بیش از ۱۰۰۰ متر می‌باشد) در جاییکه سطح زیرین آن بیابان است و جاییکه گیاه است تفاوت دارد. بر این اساس می‌توان پیکسل‌های مورد نظر را با توجه به نوع پوشش زمین به دو دسته سطوح تاریک و روشن تفکیک کرد. با توجه به آنالیز رفتار بازتابندگی و تابشی پیکسل‌های محل ایستگاه‌های هواشناسی در باندهای حرارتی و مادون قرمز نزدیک، محصول پوشش زمین<sup>۱</sup> مادیس و همچنین با در نظر گرفتن نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه مورد نظر، می‌توان ایستگاه‌های دره شهر، ایوان، لومار، سراپله، ایلام و مهران در ایلام و اهواز (منطقه کشاورزی)، بستان، دهدز، سفیه آباد و گوتوند در خوزستان در کلاس سطوح تاریک جای داد زیرا که رفتار بازتابندگی شبیه به پوشش گیاهی را دارند یعنی در باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۷ و ۸ دارای کمترین بازتابندگی می‌باشند. بنابر همین توجیه سایر ایستگاه‌ها شامل بهبهان، آغاچاری، هندیجان، لالی، شادگان، حسینییه، شوشتر، شوش، ایذه، آبادان، دزفول (فرودگاه)، امیدیه، مسجدسلیمان، بندرماهشهر، رامهرمز، اهواز در خوزستان و آبدانان، دهلران در ایلام در زمره سطوح روشن قرار می‌گیرند.

<sup>۱</sup> Land Cover Map

جدول ۱- حدآستانه‌های مربوط به شاخص‌های انتخابی برای تمایز گردوغبار از ابر و از سطوح تاریک و روشن

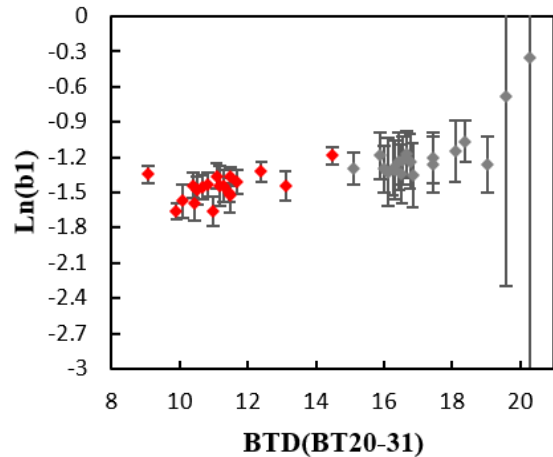
شاخص	نوع سطح	حدآستانه (کلوین)
NDDI	-	صفر
BTD(BT31-BT32)	-	صفر(k)
BTD(BT20-BT31)	سطح روشن	۱۴(k)
	سطح تاریک	۱۲/۵(k)
Ln(b1)	سطح روشن	-۱/۳
	سطح تاریک	-۱/۵

#### ۵-۴- ارزیابی دقت

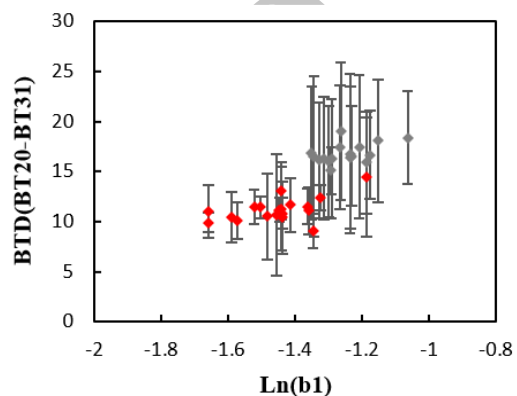
در نهایت با اعمال روش درخت تصمیم‌گیری، برای ارزیابی دقت روش پیشنهاد شده می‌توان از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی کشور در استان‌های ایلام و خوزستان استفاده کرد. دلیل استفاده از داده‌های زمینی برای ارزیابی دقت در دسترس بودن این داده‌ها برای همه روزهای مورد بررسی است. بر این اساس داده‌های مورد نظر، میدان دید افقی<sup>۲</sup> و کدهای هواشناسی می‌باشد. به این صورت که در روزهای گردوغباری کاهش میدان دید افقی بوجود می‌آید و به کمتر از ۱۰۰۰۰ متر می‌رسد و کد هواشناسی مربوط به آنها با عدد ۰۵ یا ۰۶ یا ۰۷ مشخص می‌شود.

به دلیل نوع پوشش زمین در منطقه مطالعاتی، برای یافتن مناسب‌ترین شاخص‌ها، ترکیبی از شاخص‌های مختلف شامل NDDI، BTD(BT31-BT32)، Ln(b1) و BTD(BT20-BT31) مورد آزمایش قرار گرفت. به عبارت دیگر با استفاده از این شاخص‌ها درخت‌های تصمیم‌گیری متفاوتی (شش درخت تصمیم‌گیری متفاوت که در شکل (۶) مشخص شده‌اند. هر یک از ستون ۱ تا ۶ نماینده ترکیب‌های مختلف چهار شاخص NDDI، BTD(BT31-BT32)، Ln(b1) و BTD(BT20-BT31) برای بدست آوردن درخت تصمیم‌گیری بهینه است).

تست و اجرا شد و در هر مورد دقت‌ها محاسبه گردید. نتایج در شکل، نشان می‌دهد که بیشترین دقت هنگامی بدست می‌آید که در ابتدا با بکار بردن شاخص‌های NDDI و BTD(BT31-BT32) ابر را جداسازی کرده، سپس بر روی سطوح تاریک از شاخص BTD(BT20-BT31) و بر روی سطوح روشن از شاخص Ln(b1) استفاده شود. در این صورت طبق شکل (۶) دقت بدست آمده در هر مورد به ترتیب ۵۸٪ و ۵۳٪ خواهد بود.



(ج)



(د)

- ♦ پیکسل گردوغبار بر روی سطح روشن
- ♦ پیکسل بدون ابر و گردوغبار بر روی سطح روشن

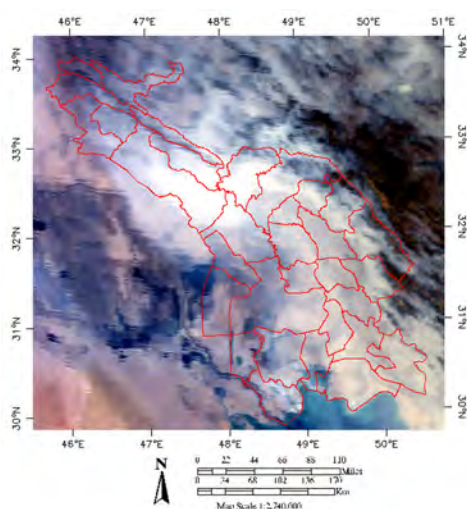
شکل ۵- بررسی آماری برای بدست آوردن حدآستانه مناسب برای شاخص‌های Ln(b1) و BTD(BT20-BT31) جهت تمایز (الف) و (ب): پیکسل‌های گردوغبار از سطح تاریک (ج) و (د): پیکسل‌های گردوغبار از سطح روشن

جدول (۱) حدآستانه‌های بهینه مطابق با شکل (۵) برای هر یک از شاخص‌های انتخابی را نشان می‌دهد. همانگونه که مشخص است برای گردوغباری که بر روی سطوح روشن است با انتخاب Ln(b1) و BTD(BT20-BT31) برابر با ۱/۳- و ۱۴ (کلوین) و برای سطوح تاریک معادل با ۱/۵- و ۱۲/۵ (کلوین) می‌توان گردوغبار را از آسمان بدون ابر و گردوغبار متمایز کرد.

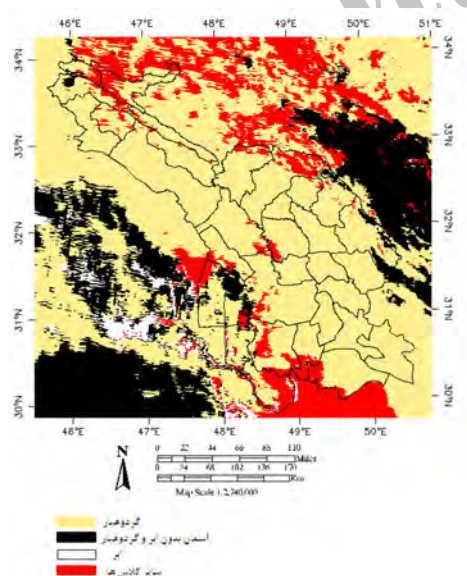
<sup>۱</sup> Visibility

BT32) و NDDI ابر را متمایز کرده سپس از شاخص NDDI،  $\ln(b1)$  و  $BTD(BT20-BT31)$  برای شناسایی گردوغبار استفاده می‌شود. که برای گردوغبار موجود بر روی سطوح روشن از شاخص‌های NDDI و  $\ln(b1)$  و برای گردوغبار بر روی سطوح تاریک از شاخص‌های NDDI و  $BTD(BT20-BT31)$  استفاده می‌شود.

برای ارزیابی کیفی روش توسعه یافته یک مورد طوفان گردوغبار که در تاریخ ۱۵ تیر ۱۳۸۸ به وقوع پیوسته مورد بررسی قرار گرفته است. شکل (۷) قسمت (الف) تصویر رنگی حقیقی مربوط به این روز که توسط سنجنده مادیس در ساعت ۱۰:۳۵ محلی اخذ شده است را نمایش می‌دهد.

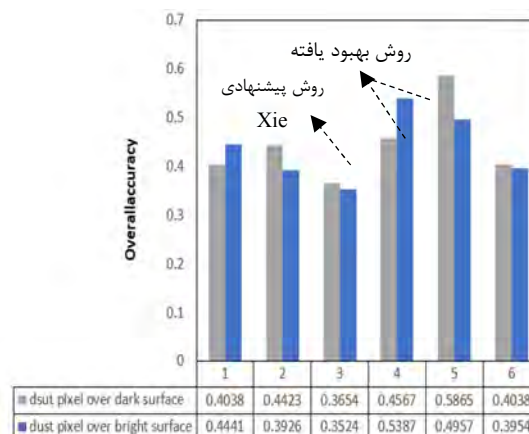


(الف)



(ب)

شکل ۷- مقایسه (الف) تصویر ترکیب رنگی حقیقی مادیس در تاریخ ۶ جولای ۲۰۰۹ و (ب) درخت تصمیم‌گیری بهبود یافته برای منطقه مطالعاتی



- 1: NDDI,  $BTD(BT31-BT32)$  &  $BTD(BT20-BT31)$
- 2: NDDI,  $BTD(BT31-BT32)$  &  $\ln(b1)$
- 3: NDDI,  $BTD(BT31-BT32)$ ,  $BTD(BT20-BT31)$  &  $\ln(b1)$
- 4: NDDI &  $BTD(BT20-BT31)$
- 5: NDDI &  $\ln(b1)$
- 6: NDDI,  $BTD(BT20-BT31)$  &  $\ln(b1)$

شکل ۶- نمودار برآورد میزان دقت کلی بر اساس ترکیب شاخص‌های مختلف و با بکارگیری داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی استان‌های ایلام و خوزستان برای سطوح تاریک و سطوح روشن

## ۶- بحث و آنالیز نتایج

به طور کلی هدف اولیه از انجام این تحقیق شناسایی گردوغبار روی داده در استان‌های ایلام و خوزستان با استفاده از اندازه‌گیری‌های سنجنده مادیس با بکارگیری روش درخت تصمیم‌گیری پیشنهاد شده توسط Xie بوده است. اما پس از پیاده‌سازی درخت تصمیم‌گیری مذکور به دلیل پایین بودن دقت در شناسایی گردوغبار، درخت تصمیم‌گیری بهبود یافته ارائه گردید. زیرا که بررسی‌های ما از رفتار بازتابندگی پیکسل‌های ابر، گردوغبار و آسمان بدون ابر و گردوغبار در منطقه مطالعاتی مورد نظر نشان می‌دهد در آسمانی که عاری از گردوغبار و ابر است بر خلاف انتظار اختلاف دمای درخشندگی دو باند ۳۱ و ۳۲ ( $BT31-BT32$ ) رفتاری همچون رفتار آسمان ابری دارد. بنابراین با استفاده از همین دو شاخص و با یک روش بسیار ساده می‌توان گردوغبار را براحتی شناسایی و از ابر و آسمان بدون ابر و گردوغبار تفکیک کرد. همانگونه که Peng در سال ۲۰۰۶ شاخص NDDI برای جداسازی گردوغبار از ابر و زمین‌های غیر شنی استفاده نموده است [۱۲]. با توجه به اینکه در منطقه مطالعاتی مورد نظر زمین‌های شنی وجود ندارد، استفاده از شاخص NDDI خطای خیلی زیادی ایجاد نمی‌کند. اما برای بهبود دقت، در مرحله اول با بکارگیری دو شاخص- $BTD(BT31-$



روزهای گردوغباری در فصل‌های مختلف سال اتفاق افتاده که این نیز باعث عدم قطعیت در رفتار بازتابندگی گردوغبار هم در طول موج‌های کوتاه و هم حرارتی می‌شود و استفاده از حدآستانه واحد برای همه طوفان‌ها باعث کاهش دقت می‌گردد.

## ۷- نتیجه‌گیری

مطابق با آنچه بیان شد در صورت استفاده از روش بهبود یافته برای منطقه مطالعاتی، افزایش دقت را در بر خواهد داشت به قسمی که در مورد سطوح تاریک دقت از ۳۶٪ به ۵۸٪ و برای سطوح روشن از ۳۵٪ به ۵۳٪ ارتقا می‌یابد. پس در مجموع شاخص‌های طیفی ارائه شده برای شناسایی گردوغبار در مورد سطوح تاریک عملکرد نسبتاً بهتری نسبت به سطوح روشن دارند. ضمن اینکه اگر برای سطح روشن از شاخص‌هایی در طیف حرارتی استفاده شود دقت بهتری بدست می‌آید زیرا که تمایز این سطوح از گردوغبار در طیف‌های مرئی و مادون قرمز با مشکل شباهت بازتابندگی مواجه هستند. برعکس در مورد سطوح تاریک بکارگیری شاخص‌هایی در باند مرئی و مادون قرمز نتیجه بهتری را نشان می‌دهد. به هر حال برای تمایز گردوغبار بر روی هر دو سطح تاریک و روشن با بکارگیری روش چند طیفی و آستانه گذاری، دقتی بیش از ۵۸٪ بدست نخواهد آمد.

در این تاریخ طوفان گردوغبار در قسمت غرب و جنوب غربی ایران رخ داده است که با توجه به داده‌های هواشناسی میدان دید افقی به حداقل ۲۰۰ متر و حداکثر ۶۰۰۰ متر در منطقه کاهش می‌یابد. مقایسه تصویر قسمت (ب) که نتیجه الگوریتم توسعه را یافته را به تصویر کشیده با تصویر ترکیب رنگی حقیقی مادیس در قسمت (الف) تطابق خوبی را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل به خصوص در قسمت‌هایی که گردوغبار شدت بیشتری دارد یعنی طبق داده‌های هواشناسی غلظت ذرات معلق بیشتر بوده و میدان دید بیشتر کاهش یافته است، الگوریتم عملکرد بهتری را داشته است. علاوه بر این با توجه به آنچه که در قسمت‌های پیشین بیان شد، دقتی معادل با ۵۸٪ در شناسایی گردوغبار بر روی سطوح تاریک و ۵۳٪ برای سطوح روشن بدست می‌آید. علت وجود خطا در روش پیشنهادی می‌تواند به دلایل زیر باشد:

- عدم تمایز کامل سطح روشن و تاریک در پیکسل‌های مورد نظر به دلیل رزولوشن مکانی پایین مادیس و وجود کلاس‌های مختلف در یک پیکسل که هر کدام در طول موج‌های مورد بررسی رفتاری متفاوت دارند که باعث پیچیدگی منطقه مطالعاتی مورد نظر می‌شود.
- با توجه به اینکه برای جمع‌آوری داده‌های آموزشی از ۲۸ طوفان گردوغبار که در طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۱ رخ داده بود، استفاده شده است. این

## مراجع

- [1] Ackerman, S. (1989). Using the radiative temperature difference at 3.7 and 11  $\mu\text{m}$  to tract dust outbreaks. *Remote Sensing of Environment* 27(2), 129-133.
- [2] Ackerman, S. (1997). Remote sensing aerosol using satellite infrared observations. *Journal of Geophysical Research*, v. 102, no. D14,, 17069-17079.
- [3] Ackerman, S., Strabala, K., Menzel, P., Frey, R., Moeller, C., & Gumley, L. (1998). Discriminating clear sky from clouds with MODIS. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, 141-157.
- [4] Askary, H., Gautam, R., Singh, R. P., & Kafatos, M. (2006). Dust storms detection over the Indo-Gangetic basin using multi sensor data. *Advances in Space Research*, 728-733.
- [5] Badarinath, K., Kharol, K., Kaskaoutis, D., Shama, A., Ramaswamy, V., & Kambezidis, H. (2010). Long-range transport of dust aerosol over the Arabian Sea and Indian region-Acase study using satellite data and grond based measurements. *Global and Planetary Change*, 164-181.
- [6] El\_ossta, E., Qahwaji, R., & S.Ipson, S. (2013). Detection of Dust Storm Using MODIS Reflective and Emissive Bands. *IEEE JOURNAL OF SELECTED IN APPLIED EARTH OBSERVATION AND REMOTE SENSING*, 1939-1404.

- [7] Haung, J., Ge, J., & Weng, F. (2007). Detection of Asia dust storms using multisensor satellite measurements. *Remote Sensing of Enviornment*, 186-191.
- [8] Hsu, N., Tsay, S.-C., D. King, M., & R. Herman, J. (2014). Aerosol Properties Over Bright-Reflecting Source Regions. *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING VOL. 42, NO. 3,* 557-569.
- [9] Ma, Y., & Gong, W. (2012). Evaluating the Performance of SVM in Dust Aerosol Discrimination and Testing its Ability in an Extended Area. *IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING*, 1849-1859.
- [10] Mei, D., & Xiushan, L. (2008). A DUST-STORM PROCESS dYNAMIC MONITORING WITH MULTI-TEMPORAL MODIS DATA. *The International Archives of the Photogrammatry Remote Sensing and Spatial Informatino Sciences* , 965-970.
- [11] Park, S. S., Kim, J., Lee, J., Lee, S., Kim, J. S., Chang, L. S., & Steven, Q. (2013). Combined dust detection algorithm by using MODIS infrared channels over East Asia. *Remote Sensing of Environment*, 24-39.
- [12] Peng, Z., Nai-Meng, L., Xiu-qing, H., & Chao-Hau, D. (2006). Identification and physical retrieval of dust storm using three MODIS thermal IR channels. *Global and Planetary Change* 52, 197-206.
- [13] Platnick, S., D.King, M., Ackerman, S., Menzel , W., & Brayan. (2003). the MODIS Cloud Prouducts: Algorithms and Examples From Terra. *IEEE TRANSACTION ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*, 459-473.
- [14] Qu, J., Hao, X., Kafatso, M., & Wng, L. (2006). Asian Dust Storm Monitoring Combining Terra and Aqua MODIS SRB Measurements. *IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS, VOL. 3, NO. 4,* 484-486.
- [15] Shang, H., Chen, L., Tao, J., Su, L., & Jia, S. (2014). Synergetic Use of MODIS Cloud Parameters for Distinguishing High Aerosol Loadings From Clouds Over the North China Plain. *IEEE*, 1939-1404.
- [16] Tao, H., Yaohui, L., Hui, H., Yongzhaong, Z., & Yujie, W. (2005). Automatic Detection of Dust Storm in the Northwest of China Using Decision Tree Classifier Based on MODIS Visible Bands Data. *IEEE*, 3603-3606.
- [17] Tao, H., Yaohui, L., Hui, H., Yongzhaong, Z., & Yujie, W. (2005). Automatic Detection of Dust Storm in the Northwest of China Using Decision Tree Classifier Based on MODIS Visible Bands Data. *IEEE*, 3603-3606.

[۱۸] بهراموش، ش. و محمدزاده، ع. (۱۳۹۲). بررسی ویژگی های اپتیکی و اندازه ذرات گردوغبار ایران بوسیله AERONET همایش

تخصصی ریزگردها، پایش، اثرات و راهکارهای مقابله با آن. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی.

[۱۹] شجاعی زاده، ک.، دریجانی، ر. و حیدری، ف. (۲۰۱۳). بررسی رابطه اقلیم و پدیده گردوغبار(مطالعه موردی: شهر ماهشهر).

کنفرانس بین المللی فتوگرامتری، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی تهران.