

مقاله پژوهشی

شناسایی گردوغبار و تحلیل آن بر روی تصاویر ماهواره‌ای مودیس (مطالعه موردی: شهرستان زابل)

سعیده حسین‌آبادی^۱، دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
مصطفی یعقوب زاده، استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
مهديه فروزان‌مهر، دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

چکیده

آلودگی هوا در شهرها یکی از مشکلات جدی زیست‌محیطی است. در کشور ایران چند سالی است که این پدیده دامن‌گیر مناطق وسیعی شده است و شهرستان زابل به دلیل شرایط خاص ژئومورفولوژی و اقلیمی از کانون‌های اصلی این پدیده است. در تحقیق حاضر، شهرستان زابل به دلیل وجود پدیده گردوغبار فراوان در آن به‌عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب گردیده است. با توجه به این‌که این منطقه در ماه‌های تابستان خصوصاً تیر و مرداد دارای حداکثر میزان گردوغبار است، روزهای ۲۱ مردادماه ۱۳۹۶ و ۱۴ تیرماه، ۴ و ۲۱ مردادماه سال ۱۳۹۷ به‌عنوان چهار رویداد پر گردوغبار موردبررسی قرار گرفتند. در این خصوص از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس استفاده شد و پس از اعمال دو شاخص گردوغبار آکرمین و TDI روی این تصاویر، مقایسه‌ای بین نتایج آن‌ها با یکدیگر و همچنین با نتایج شاخص پوشش گیاهی (NDVI) انجام گرفت. یافته‌های تحقیق نشان داد که در هر چهار رویداد موردبررسی، بهترین کارایی مربوط به شاخص TDI بوده و این شاخص نتایج بهتر و قابل‌قبول‌تری را در منطقه مورد مطالعه با توجه به میزان واقعی گردوغبار ارائه داده است. همچنین نتایج ارزیابی صحت تصاویر نشان داد که شاخص TDI با دقت قابل‌قبولی به شناسایی گردوغبار در منطقه پرداخته است. به گونه‌ای که در هر چهار رویداد موردبررسی ریزگردهای با شدت بالا بیشتر در قسمت‌های شرقی و جنوب شرقی منطقه مطالعاتی وجود داشته است و نقشه NDVI نیز، نشان از رابطه مستقیم پوشش گیاهی منطقه با پدیده گردوغبار و ضعف پوشش گیاهی در نواحی دارای شدت بالای گردوغبار دارد.

کلمات کلیدی: شاخص آکرمین، شهرستان زابل، گردوغبار، مودیس، NDVI.

مقدمه

طوفان‌های گردوغبار از پدیده‌های هواشناسی هستند که معمولاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک با بارش سالانه کمتر از ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر در مواقع وزش تندبادهایی با سرعت بیش از حد آستانه رخ می‌دهند. خاورمیانه یکی از کانون‌های عمده گردوغبار در ماه‌های تابستان است و طوفان‌های گردوغبار در این منطقه، اغلب با بادهای شمالی و سیکلون‌ها همراه می‌شود (گودیه^۱، ۲۰۰۹: ۹۲). این پدیده در ایران، بیشتر در نواحی شرقی و چاله‌های مرکزی، جنوب و جنوب غرب کشور به وقوع می‌پیوندد. وقوع این طوفان‌ها ارتباط نزدیکی با پارامترهای اقلیمی محلی مثل بارندگی، دما و همچنین ویژگی‌های سطح زمین مانند پوشش گیاهی، پوشش برف روی سطح زمین و بافت خاک دارد. امروزه پیامدهای مختلف طوفان‌های گردوغبار علاوه بر آلودگی هوا، در بخش‌های مختلف محیط‌زیست، بهداشت، سلامت، اقتصاد، صنعت، گیاهان و محصولات کشاورزی، نظارت و کنترل آن را به صورت امری گریزناپذیر در تمام جوامع و در رأس مسائل ملی مطرح کرده است (گریفن^۲، ۲۰۰۷: ۴۷۰). از جمله مهم‌ترین روش‌های مطالعه و بررسی پدیده گردوغبار و طوفان‌های مرتبط با آن، اطلاعات حاصل از مشاهدات و اندازه‌گیری‌های زمینی و ماهواره‌ای است که سنجش‌ازدور با ایجاد پوشش منظم و وسیع از منطقه مورد مطالعه امکان دید کلی‌تر و عام‌تر از آن را فراهم می‌سازد (پروسپرو و همکاران^۳، ۲۰۰۲: ۲۲). یکی از روش‌های کاربرد فن‌آوری سنجش‌ازدور در مطالعات مربوط به پدیده گردوغبار، شاخص‌های مختلفی است که بسته به هدف پژوهشگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. تاکنون مطالعات گسترده‌ای در سراسر جهان حول محور این پدیده زیست‌محیطی انجام شده است. شمشیری و همکاران (۱۳۹۳) به منظور بررسی وضعیت گردوغبار در استان کرمانشاه، از داده‌های سنجش‌ازدور استفاده کرده و با استفاده از شاخص‌های گردوغبار آکرمن، میلر و TDI، به بارزسازی و پهنه‌بندی دو رویداد مهم

¹ Goudie

² Griffin

³ Prospero

گردوغباری این استان پرداخته‌اند. نتایج حاصل بیانگر آن است که شاخص‌های گردوغبار بر پایه مودیس، از رویدادی به رویداد دیگر متفاوت بوده و به ترتیب شاخص آکرم، TDI و میلر بهترین کارایی را در آشکارسازی گردوغبار بر عهده داشته‌اند. لی و همکاران (۲۰۱۰)، تصاویر ماهواره‌ای مودیس را به‌منظور پایش طوفان گردوغبار در استرالیا به کاربرند و از طریق محاسبات اختلاف درجه حرارت روشنایی دو باند حرارتی مادون‌قرمز، موفق به جدا کردن گردوغبار از ابرها شدند. حمزه و ابراهیمی (۱۳۹۶)، به بررسی تعداد وقایع و کانون‌های تولید گردوغبار محلی در محدوده دریاچه نمک قم پرداختند که نتایج نشان داد محل اصلی ایجاد اکثر طوفان‌های گردوغبار محلی در جنوب، جنوب غرب و غرب دریاچه نمک است. حیدریان و همکاران (۱۳۹۶)، در تحقیقی به شناسایی منشأهای داخلی طوفان‌های گردوغبار در استان خوزستان با استفاده از سنجش‌ازدور، GIS و زمین‌شناسی پرداختند که نتایج ایشان نشان داد که ۹ درصد از مساحت دشت خوزستان، معادل ۳۴۹۲۵۴ هکتار منشأ اصلی تولید گردوغبار هستند. هائو و کو (۲۰۰۷)، در تحقیقشان شاخص TDI را به‌منظور تشخیص طوفان گردوغبار در تصاویر سنجنده مودیس پیشنهاد دادند. بهرامی و همکاران (۲۰۱۳)، در تحقیقی ارتباط بین پوشش گیاهی و فراوانی روزهای همراه با ریزگردها را با استفاده از مدل رگرسیون چند متغیره بررسی کردند که نتایج آن‌ها نشان داد شاخص پوشش گیاهی تأثیر منفی بر وقوع ریزگردها دارد.

با توجه به شرایط اقلیمی ایران و کشورهای هم‌جوار غربی و جنوب غربی و افزایش چشمگیر فراوانی وقوع طوفان‌های گردوغبار در چند دهه اخیر و همچنین عدم وجود مطالعات جامع و کافی در این زمینه، مطالعه این موضوع را به‌منظور مدیریت بهتر اثرات زیان‌بار آن، اجتناب‌ناپذیر کرده است. در این خصوص، تحقیق حاضر با در نظر گرفتن اهداف زیر انجام شده است:

۱- آشکارسازی و پهنه‌بندی پدیده گردوغبار در منطقه مورد مطالعه، با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای سنجنده مودیس.

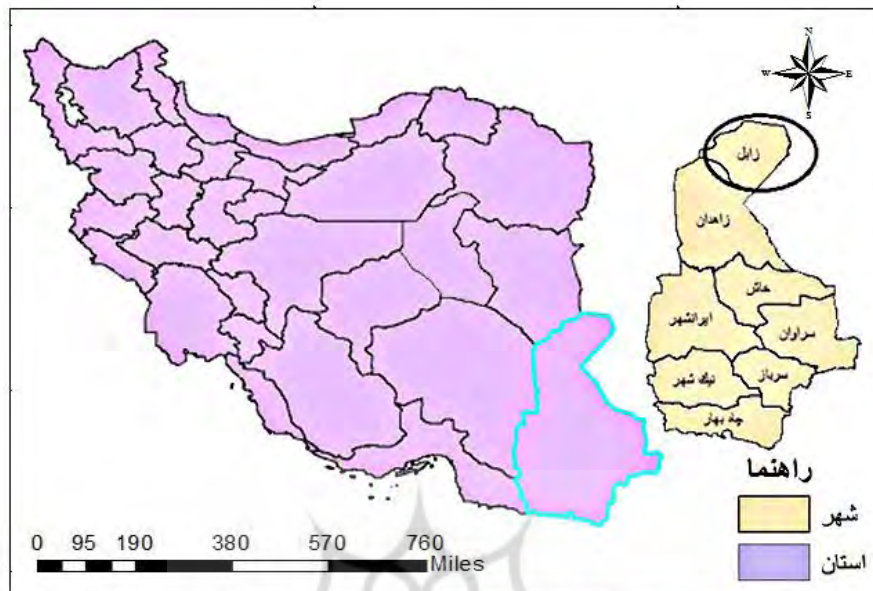
۲- آشکارسازی پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از شاخص مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای سنجنده مودیس.

۳- مقایسه شاخص‌های پهنه‌بندی گردوغبار در سه رویداد انتخابی و انتخاب شاخص برتر و همچنین مقایسه نتایج با وضعیت پوشش گیاهی و میزان رطوبت منطقه.

داده‌ها و روش‌ها

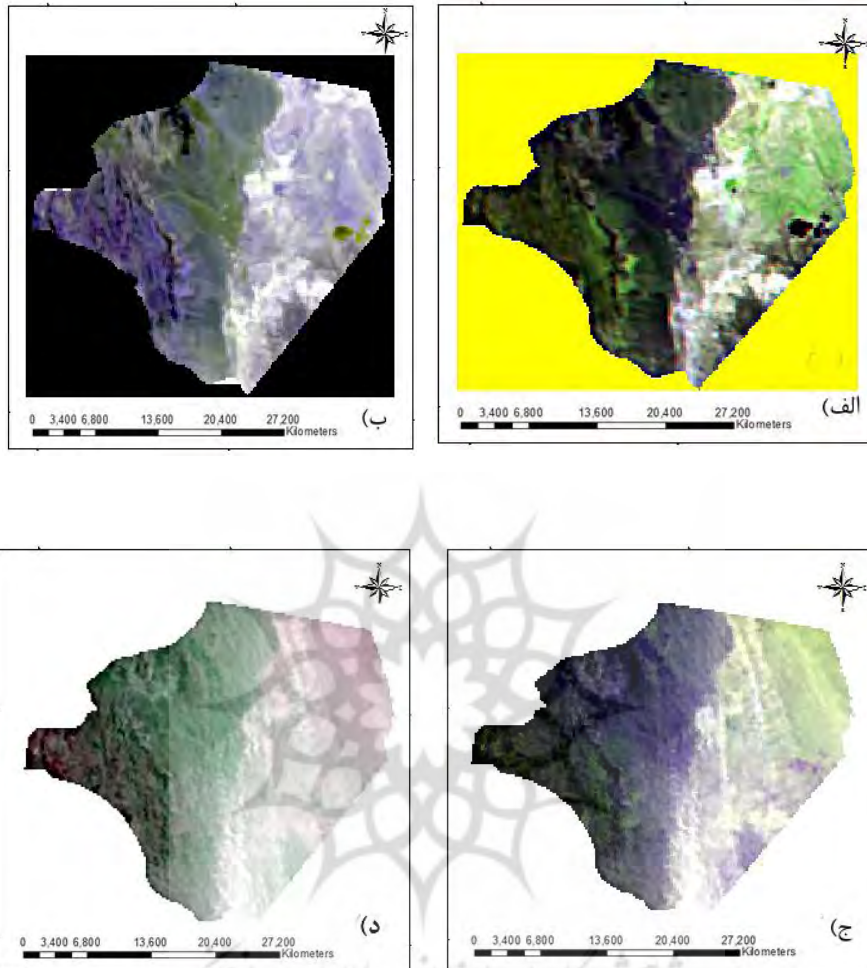
یکی از مناطقی که در ایران در سال‌های اخیر به شدت در معرض طوفان‌های محلی گردوغبار قرار گرفته است، شهرستان زابل در استان سیستان و بلوچستان است که به دلیل شرایط آب‌وهوایی، کاهش بارندگی و وجود منشأهای داخلی، تولید گردوغبار در آن افزایش یافته و خطرات زیست‌محیطی فراوانی را برای ساکنین منطقه ایجاد کرده است. استان سیستان و بلوچستان با وسعتی حدود ۱۸۰۷۲۶ کیلومترمربع، پس از استان کرمان دومین استان پهناور ایران است که در ۲۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۵۸ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. شهرستان زابل با مساحت حدود ۲۰۸۴/۵ هکتار در شمال استان سیستان و بلوچستان قرار گرفته است (طاووسی و رئیس‌پور، ۱۳۸۹: ۱۰۲). شکل ۱ نشان‌دهنده موقعیت جغرافیایی این شهرستان است.

در این مطالعه، جهت شناسایی پدیده گردوغبار، سه رویداد در سال ۱۳۹۷ (روزهای ۱۴ تیر، ۴ و ۲۹ مردادماه) و یک رویداد در سال ۱۳۹۶ (۲۱ مردادماه) به دلیل فراوانی این پدیده، مطابق آمار و اطلاعات هواشناسی انتخاب شدند. در این تحقیق برای بررسی طوفان‌های گردوغبار از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس (شکل ۲) استفاده شده است. در سنجنده مودیس، ماهواره‌های Aqua-Terra، ۳۶ کانال در دامنه‌ی طیفی ۰/۴ تا ۱۴/۳۸۵ میکرومتر (مرئی تا مادون‌قرمز) قرار گرفته است. قدرت تفکیک بالای زمانی داده‌ها سبب می‌شود که طوفان‌های گردوغبار به‌طور مداوم بررسی شود. در این تحقیق، پس از تهیه تصاویر مورد نیاز، عملیات پیش‌پردازش و پردازش لازم با استفاده از نرم‌افزار ENVI انجام و سپس به بررسی فرایند گردوغبار در تاریخ‌های مذکور پرداخته شده است.



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

زمانی که طوفان گردوغبار اتفاق می‌افتد، میزان زیادی از ذرات آن با یکدیگر جمع شده و شکل لایه‌ای ایجاد می‌کنند. این لایه ضخیم گردوغبار می‌تواند تابش سطحی و خورشیدی را جذب کرده و انعکاس دهد. برای اندازه‌گیری انعکاس پدیده‌ها در سنجنده مودیس، از کانال‌های مادون‌قرمز نزدیک و مرئی استفاده شده است. مقایسه ویژگی‌های طیفی برخی از پدیده‌ها مانند ابر و زمین در طول گردوغبار، در شناسایی و تمرکز این پدیده بسیار مهم است. به این معنا که زمین، انعکاس پایین و دمای درخشندگی بالایی دارد، در صورتی که ابر انعکاس بالا و دمای درخشندگی پایینی دارد. انعکاس و دمای درخشندگی طوفان گردوغبار بین این دو قرار دارد؛ بنابراین به دلیل این که بازتابش طوفان‌های گردوغبار با ذرات موجود در ابر، سطوح زمین‌های خشک، تپه‌های ماسه‌ای و مناطق بیابانی مشابه هم هستند، برای رفع این مشکل از دو شاخص آکرمن و TDI با توجه به وجود تصاویر بدون ابر و وضعیت منطقه برای تفکیک و شناسایی گردوغبار منطقه مورد مطالعه استفاده شده است.



شکل ۲- تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس الف) تاریخ ۱۴ تیرماه ۱۳۹۷ ب) تاریخ ۴ مردادماه ۱۳۹۷ ج) تاریخ ۲۹ مردادماه ۱۳۹۷ د) تاریخ ۲۱ مردادماه ۱۳۹۶

شاخص آکرمین برای اولین بار توسط آکرمین در سال ۱۹۸۹ ارائه شد. در این روش با استفاده از اختلاف موجود در دمای درخشندگی متناظر با باندهای ۱۰ و ۱۱ میکرومتر و اعمال حد آستانه می‌توان به بارز سازی و شناسایی پدیده گردوغبار اقدام نمود. به این صورت که در بررسی تصاویر، نواحی دارای مقادیر منفی، نشان‌دهنده غبار و نواحی

دارای مقدار مثبت، پدیده‌های غیر از غبار هستند و هر چه توده‌ها با مقادیر منفی تری ثبت شده باشند، غلظت غبار این توده‌ها بیشتر است. رابطه کلی این شاخص به صورت زیر بیان شده است (آکرمن^۱، ۱۹۸۹: ۱۳۱):

$$D = (BT31 - BT32) \quad \text{رابطه ۱)}$$

$$Dust < 0 \quad BT31 = 10.780 - 11.280 \mu m \quad BT32 = 11.770 - 12.27 \mu m$$

برای شاخص TDI (رابطه ۲) نیز بر اساس تحقیقات صورت گرفته، پیکسل‌های بزرگ‌تر از ۲+ حاوی گردوغبار هستند و به عنوان آستانه برای این شاخص تعریف می‌شوند (ونگ و همکاران، ۲۰۱۱: ۶۳۷۵).

$$TDI = C0 + C1 \times BT20 + C2 \times BT30 + C3 \times BT31 + C4 \times BT32$$

$$C0 = -7.9370, C1 = 0.1227, C2 = 0.0260, C3 = -0.7068, \quad \text{رابطه ۲)}$$

$$C4 = 0.5883$$

پس از اعمال شاخص‌های آکرمن و TDI به کمک آستانه‌های موجود در منابع و همچنین هیستوگرام تک بانندی تصاویر بارز سازی شده، پیکسل‌های حاوی گردوغبار از سایر پیکسل‌ها جدا و به صورت توده‌های جدا از پس‌زمینه تفکیک شده‌اند. هر یک از این شاخص‌ها به طور جداگانه طبق روابط ۱ و ۲، بر روی هر کدام از تصاویر، اعمال شده و پس از تعیین محدوده طوفان در مرحله بعد با توجه به ارزش شاخص‌های خروجی هر الگوریتم، حد بالا و پایین مشخص و در نهایت نقشه پهنه‌بندی گردوغبار برای رویدادهای ذکر شده تهیه شده است.

با توجه به ارتباط مستقیم پوشش گیاهی منطقه با پدیده گردوغبار و ارتباط آن در جلوگیری از وقوع این پدیده (در صورت نشأت گرفتن گردوغبار از داخل منطقه) و کنترل آن (در صورت نشأت گرفتن گردوغبار از خارج منطقه)، یکی دیگر از اهداف این تحقیق تعیین نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه است که به کمک شاخص NDVI و اعمال این شاخص روی تصاویر در مورد چهار رویداد انجام گرفت و پس از مقایسه، ارتباط وقوع پدیده گردوغبار با پوشش گیاهی بررسی شد. برای بررسی پوشش گیاهی

¹ Ackerman

از شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی که به اختصار $NDVI^1$ نامیده می‌شود استفاده شده است. این شاخص، ابزار گرافیکی ساده‌ای است که در تحلیل‌ها و اندازه‌گیری‌های سنجش‌ازدور، در ارزیابی وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی یک منطقه کاربرد دارد. دامنه تغییرات این شاخص بین $+1$ تا -1 است؛ به گونه‌ای که مقادیر منفی شاخص $NDVI$ یعنی اعداد نزدیک به -1 نشان‌دهنده پهنه‌های آبی است. مقادیر نزدیک به صفر (بین $-0/1$ تا $+0/1$) معمولاً نشان‌دهنده سطوح برهنه سنگی، ماسه‌ای یا برفی است، مقادیر پایین و مثبت شاخص (حدود $+0/2$ تا $+0/4$) نشان‌دهنده پوشش درختچه‌ای و علف‌زار و مقادیر بالای شاخص $NDVI$ یعنی اعداد نزدیک به $+1$ نشان‌دهنده جنگل‌های بارانی مناطق گرم و استوایی است (وایر^۲، ۲۰۰۰).

بحث اصلی

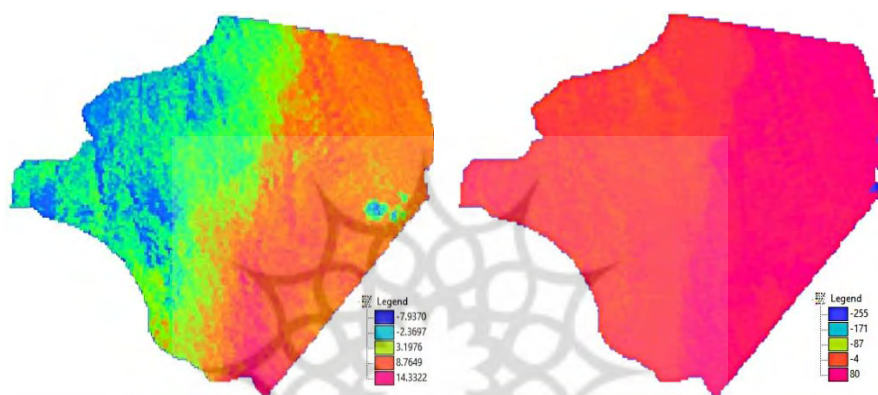
خروجی روش‌های شناسایی گردوغبار برای یک رویداد در سال ۱۳۹۶ (۲۱ مردادماه ۱۳۹۶) و سه رویداد در سال ۱۳۹۷ (۱۴ تیرماه، ۴ مردادماه و ۲۹ مردادماه ۱۳۹۷) در شکل‌های ۳، ۶، ۹ و ۱۲ و همچنین نمودار هیستوگرام خروجی این روش‌ها نیز در شکل‌های ۴، ۷، ۱۰ و ۱۳ نمایش داده شده است. جداول ۱ تا ۴، در این پژوهش نشان‌دهنده تعداد پیکسل‌های حاوی گردوغبار در تصاویر است که ارزیابی صحت برای ارزیابی مناسب‌ترین شاخص تعیین گردوغبار در منطقه مورد مطالعه، در هر چهار رویداد مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است.

در رویداد ۲۱ مردادماه ۱۳۹۶، طبق آمار و اطلاعات هواشناسی، وزش باد با سرعت ۱۱۹ کیلومتر بر ساعت، میزان غلظت ذرات معلق را در هوای زابل به بیش از ۶۰ برابر حد مجاز رساند. طبق نتایج جدول ۱ و همچنین شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود که شاخص TDI در این رویداد با دقت بیشتری به آشکارسازی گردوغبار پرداخته است به نحوی که اکثر مناطق شرقی محدوده مورد مطالعه حاوی گردوغبار بوده و نتیجه اعمال

¹ Normalized Difference Vegetation Index

² Weier

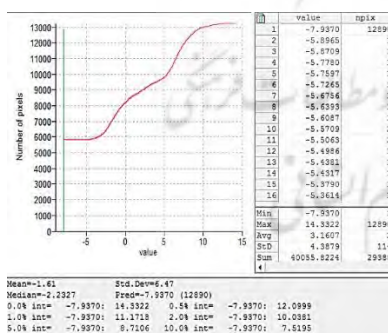
این شاخص نشان می‌دهد که قسمت جنوبی منطقه مورد مطالعه نسبت به سایر نواحی از گردوغبار بیشتری برخوردار است. شکل ۵، نشان‌دهنده اعمال شاخص NDVI در این رویداد است که همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود محدوده اعداد شاخص، نشان‌دهنده سطوح برهنه سنگی، ماسه‌ای و به دنبال آن پوشش گیاهی ضعیف می‌باشند. همین پوشش گیاهی ضعیف همراه با سرعت بالای وزش باد باعث شده است که غلظت گردوغبار در منطقه افزایش یابد.



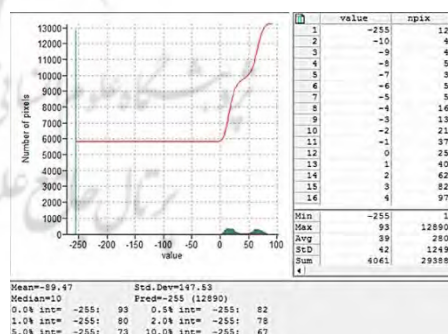
ب) شاخص TDI

الف) شاخص آکرمن

شکل ۳- اعمال شاخص گردوغبار در رویداد اول (تاریخ ۲۱ مردادماه ۱۳۹۶)



ب) شاخص TDI

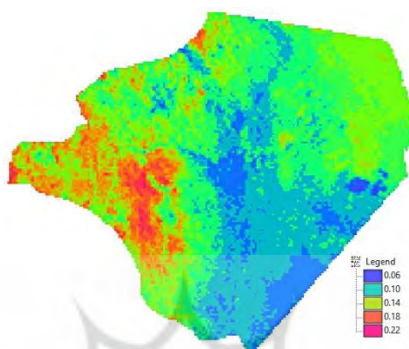


الف) شاخص آکرمن

شکل ۴- هیستوگرام شاخص گردوغبار در رویداد اول (۲۱ مردادماه ۱۳۹۶)

جدول ۱. تعداد پیکسل‌های حاوی گردوغبار در رویداد اول (۲۱ مردادماه ۱۳۹۶)

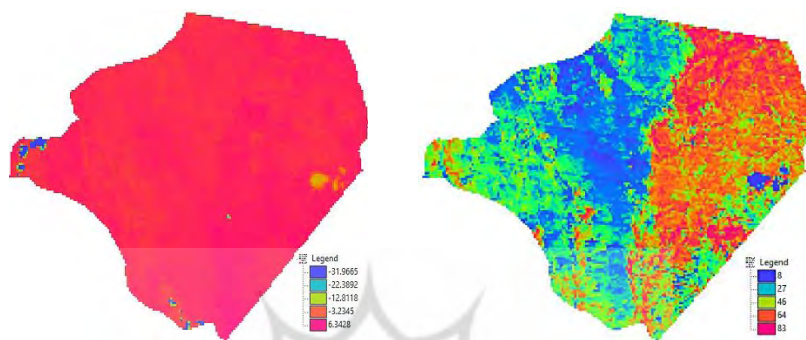
شاخص	تعداد پیکسل‌های حاوی گردوغبار
آکرمن	۱۱۸
TDI	۹۶۲۹



شکل ۵- اعمال شاخص NDVI در رویداد اول (۲۱ مردادماه ۱۳۹۶)

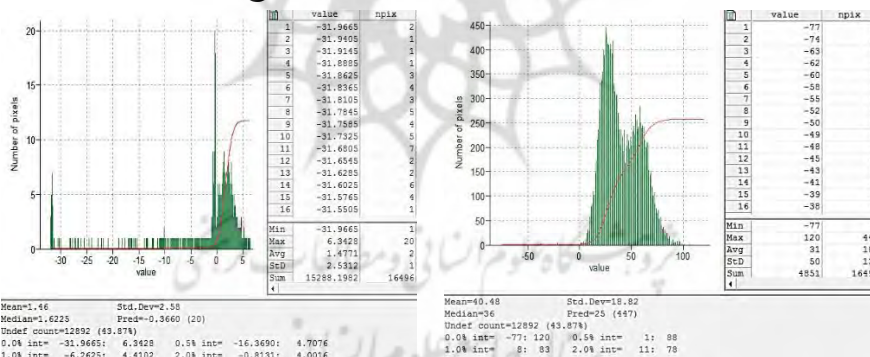
در رویداد ۱۴ تیرماه بر اساس گزارش هواشناسی استان سیستان و بلوچستان، سرعت طوفان گردوغبار در زابل به ۱۰۴ کیلومتر در ساعت رسید که دید افقی را بسیار کاهش داد و باعث گردید غلظت گردوغبار در این منطقه به ۲۲ برابر حد مجاز خود برسد. طبق نتایج جدول ۲ و همچنین شکل ۶ و ۷، مشاهده می‌شود که نواحی دارای گردوغبار حاصل از اعمال شاخص آکرمن در این رویداد بسیار کم بوده ولی در مقابل، شاخص TDI نتایج قابل قبول تری با توجه به غلظت واقعی گردوغبار در این تاریخ ارائه داده است که نواحی دارای رنگ صورتی برای این شاخص نشان‌دهنده گردوغبارند. در ادامه، شاخص NDVI نیز برای هر سه رویداد در شکل‌های ۵، ۸، ۱۱ و ۱۴ ارائه شده است که شکل ۸ در مورد رویداد ۱۴ تیرماه، نشان می‌دهد که در تمام منطقه مورد مطالعه به‌غیر از ناحیه کوچکی در شرق، پوشش گیاهی بسیار ناچیز بوده و با توجه به رابطه مستقیم پوشش گیاهی و میزان گردوغبار در منطقه، مشاهده می‌شود که نتایج حاصل از اعمال شاخص NDVI رابطه مستقیم و نزدیکی با نتایج حاصل از شاخص TDI در این رویداد

دارد یعنی نواحی دارای پوشش گیاهی ضعیف، شاهد گردوغبار بسیار بوده‌اند؛ بنابراین در رویداد ۱۴ تیرماه ۱۳۹۷، شاخص TDI کارایی بهتر و نتایج واقعی‌تری را برای نشان دادن گردوغبار ارائه داده است.



الف) شاخص آکرمین ب) شاخص TDI

شکل ۶- اعمال شاخص گردوغبار در رویداد اول (تاریخ ۱۴ تیرماه ۱۳۹۷)



(ب)

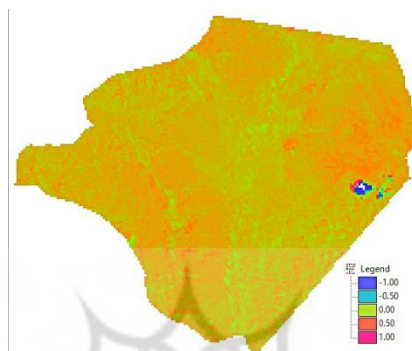
(الف)

شکل ۷- هیستوگرام شاخص گردوغبار در رویداد دوم (۱۴ تیرماه ۱۳۹۷) الف) شاخص

آکرمین ب) شاخص TDI

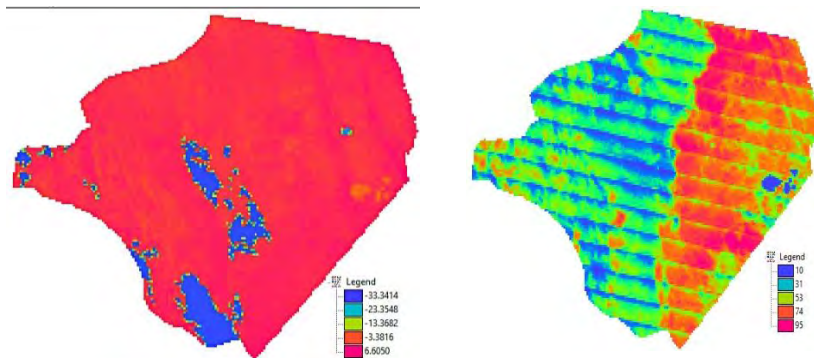
جدول ۲- تعداد پیکسل‌های حاوی گردوغبار در رویداد دوم (۱۴ تیرماه ۱۳۹۷)

شاخص	تعداد پیکسل‌های حاوی گردوغبار
آکرمن	۷۷
TDI	۶۲۰۳



شکل ۸- اعمال شاخص NDVI در رویداد دوم (۱۴ تیرماه ۱۳۹۷)

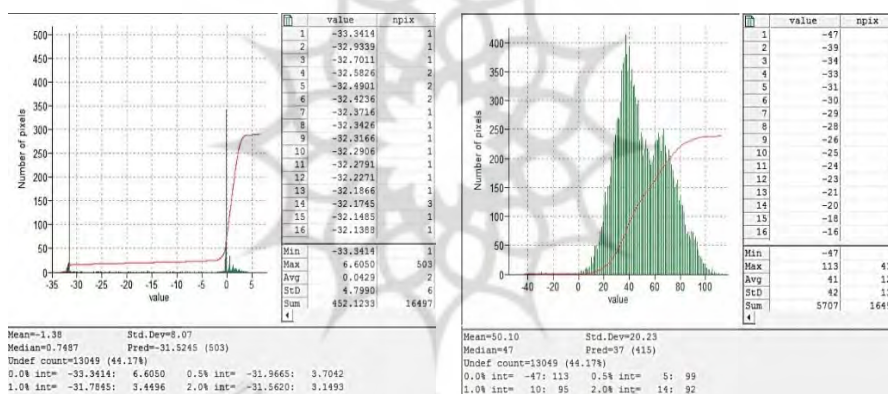
در رویداد سوم (۴ مردادماه ۱۳۹۷)، طبق آمار و اطلاعات هواشناسی غلظت گردوغبار در زابل به ۳۷ برابر حد مجاز رسید. این در حالی است که حد مجاز و استاندارد ذرات معلق در هوا ۱۵۰ میکروگرم بر مترمکعب است اما غلظت ذرات معلق در این محدوده و در این تاریخ، ۵۶۷۳ میکروگرم بر مترمکعب گزارش شده است. همچنین سرعت وزش باد همراه با گردوخاک در این تاریخ، به ۱۱۲ کیلومتر بر ساعت رسیده که با توجه به غلظت واقعی گردوغبار و توجه به شکل‌های ۹، ۱۰ و جدول ۳ ملاحظه می‌شود که در این رویداد نیز، نتایج به‌دست‌آمده از شاخص TDI نزدیکی بیشتری نسبت به نتایج واقعی دارد (رنگ صورتی در این شاخص نشان‌دهنده گردوغبار و رنگ آبی، سبز و نارنجی عدم وجود گردوغبار را نشان می‌دهند). شکل ۱۱، نشان‌دهنده اعمال شاخص NDVI در منطقه مورد مطالعه است که محدوده اعداد شاخص نشان‌دهنده سطوح برهنه سنگی، ماسه‌ای و به دنبال آن پوشش گیاهی ضعیف می‌باشند. همین پوشش گیاهی ضعیف همراه با سرعت بالای وزش باد باعث شده که غلظت گردوغبار در منطقه افزایش یابد.



(ب) شاخص TDI

(الف) شاخص آکرمین

شکل ۹- اعمال شاخص گردوغبار در رویداد سوم (تاریخ ۴ مردادماه ۱۳۹۷)

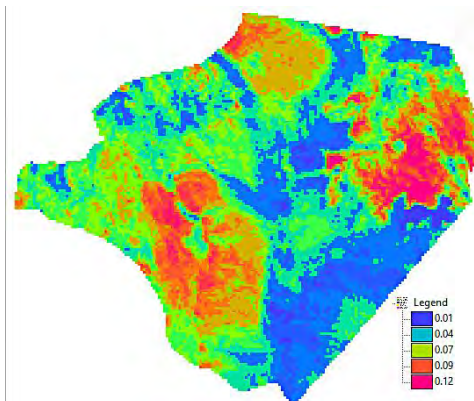


(الف) شاخص آکرمین (ب) شاخص TDI

شکل ۱۰- هیستوگرام شاخص گردوغبار در رویداد سوم (۴ مردادماه ۱۳۹۷)

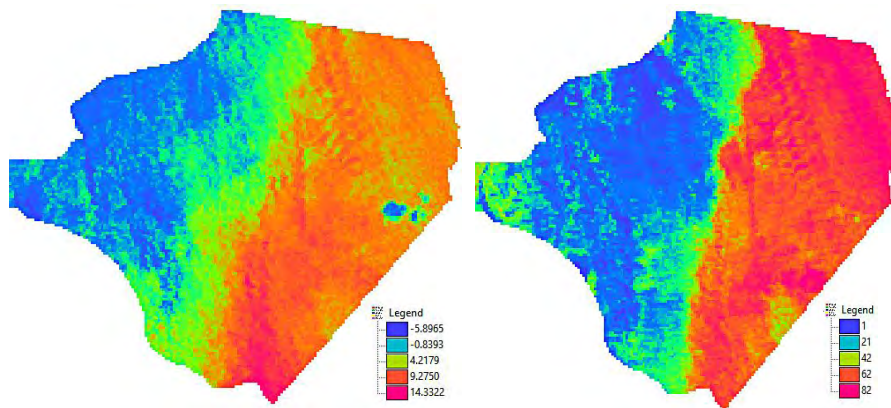
جدول ۳. تعداد پیکسل‌های حاوی گردوغبار در رویداد سوم (۴ مردادماه ۱۳۹۷)

شاخص	تعداد پیکسل‌های حاوی گردوغبار
آکرمین	۴۸
TDI	۲۷۵۶



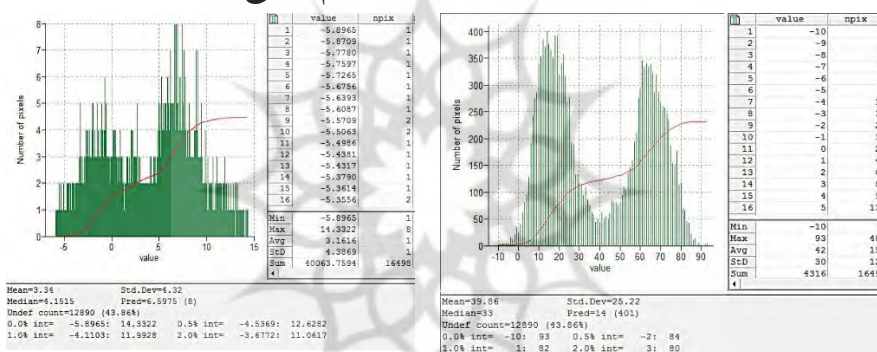
شکل ۱۱- اعمال شاخص NDVI در رویداد سوم (۴ مردادماه ۱۳۹۷)

در رویداد چهارم (۱۳۹۷/۰۵/۲۹)، غلظت ذرات معلق به ۹۰۷۵ میکروگرم بر مترمکعب رسیده که با توجه به شکل ۱۲، ۱۳ و جدول ۴ و با مقایسه نتایج اعمال دو شاخص آکرمین و TDI، ملاحظه می‌شود که شاخص آکرمین نتایج ضعیفی ارائه داده ولی در شاخص TDI رنگ سبز، نارنجی و صورتی، نشان‌دهنده گردوغبارند که بخش زیادی از تصویر را فراگرفته‌اند. با توجه به غلظت واقعی گردوغبار در این روز، شاخص TDI نتایج بهتری ارائه داده و طبق این شاخص تقریباً بیشتر نواحی شهرستان زابل غیر از نواحی غربی حاوی گردوغبار بوده‌اند؛ به طوری که در جنوب منطقه مورد مطالعه (رنگ صورتی)، مقادیر گردوغبار به حداکثر میزان خود رسیده است. همچنین بررسی نقشه NDVI (شکل ۱۴) در این رویداد، نشان‌دهنده آن است که اعداد شاخص نزدیک به صفر در حال تغییر هستند که نشان‌دهنده پوشش گیاهی ضعیف است.



الف) شاخص آکرمن ب) شاخص TDI

شکل ۱۲- اعمال شاخص گردوغبار در رویداد چهارم (تاریخ ۲۱ مردادماه ۱۳۹۷)

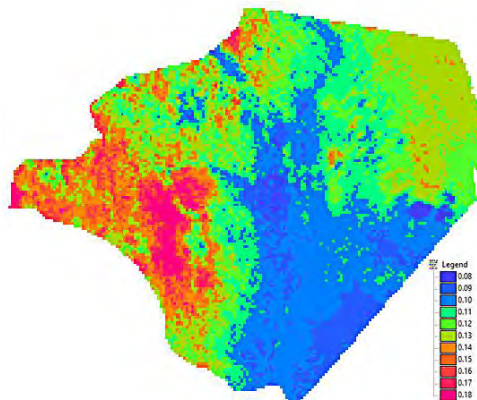


الف) شاخص آکرمن ب) شاخص TDI

شکل ۱۳- هیستوگرام شاخص گردوغبار در رویداد چهارم (۲۱ مردادماه ۱۳۹۷)

جدول ۴- تعداد پیکسل‌های حاوی گردوغبار در رویداد چهارم (۲۱ مردادماه ۱۳۹۷)

شاخص	تعداد پیکسل‌های حاوی گردوغبار
آکرمن	۱۱۳
TDI	۹۵۱۹



شکل ۱۴- اعمال شاخص NDVI در رویداد چهارم (۲۱ مردادماه ۱۳۹۷)

درنهایت پس از مشخص شدن شاخص TDI به‌عنوان بهترین شاخص تشخیص گردوغبار در منطقه مورد مطالعه، ارزیابی صحت انجام شده است. صحت کلی، بیان‌گر نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده به تعداد کل پیکسل‌های مورد مقایسه است که نتایج جدول ۵، حاکی از بالا بودن درصد صحت کلی این شاخص در هر سه رویداد است؛ بنابراین روش مذکور به‌عنوان بهترین روش شناسایی گردوغبار انتخاب می‌شود. جدول ۶ نیز نشان‌دهنده مقادیر رطوبت در زمان رویدادهای مورد بررسی و روزهای قبل از آن است که نشان می‌دهد علاوه بر نبود پوشش گیاهی مناسب در منطقه، کاهش بارندگی و میزان رطوبت کم هوا را می‌توان دلیل انتشار گردوغبار در این منطقه دانست.

جدول ۵- ارزیابی صحت روش TDI برای رویدادهای مورد بررسی

رویداد	صحت کلی شاخص TDI (درصد)
۲۱ مردادماه ۱۳۹۶	۸۰
۱۴ تیرماه ۱۳۹۷	۸۳
۴ مردادماه ۱۳۹۷	۸۹
۲۹ مردادماه ۱۳۹۷	۹۲

جدول ۶- حداقل و حداکثر رطوبت روزانه

تاریخ	حداقل رطوبت (درصد)	حداکثر رطوبت (درصد)
۲۰ مردادماه ۱۳۹۶	۵	۱۴
۲۱ مردادماه ۱۳۹۶	۴	۱۴
۱۳ تیرماه ۱۳۹۷	۵	۱۲
۱۴ تیرماه ۱۳۹۷	۴	۱۵
۳ مردادماه ۱۳۹۷	۸	۱۷
۴ مردادماه ۱۳۹۷	۸	۱۷
۲۸ مردادماه ۱۳۹۷	۶	۱۳
۲۹ مردادماه ۱۳۹۷	۵	۱۵

نتیجه‌گیری

گردوغبار پدیده‌ای است که در دوران گذشته نیز وجود داشته اما فراوانی و شدت آن در سال‌های اخیر افزایش یافته و پیامدهای مختلف اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی را باعث شده است؛ بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی پدیده گردوغبار در شهرستان زابل با استفاده از داده‌های اقلیمی و سنجش‌ازدور انجام شده است که بر این مبنا میزان گردوغبار با استفاده از داده‌های واقعی و با توجه به شاخص‌های آکرمن و TDI برای تاریخ‌های ۲۱ مردادماه ۱۳۹۶، ۱۴ تیرماه، ۵ و ۲۹ مردادماه سال ۱۳۹۷ مورد بررسی قرار گرفته است. ارتباط میان وقوع و شدت گرفتن گردوغبار با پوشش گیاهی نیز با استفاده از شاخص NDVI در این تحقیق ارزیابی شده است.

نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان‌دهنده کارایی بهتر شاخص TDI نسبت به آکرمن و نزدیک‌تر بودن نتایج آن به واقعیت است. همچنین مشخص گردید که پوشش گیاهی ضعیف و میزان رطوبت کم باعث شدت گرفتن گردوغبار در منطقه می‌شود. نتایج مطالعه مشابهی که توسط یغمایی و همکاران در استان چهارمحال و بختیاری انجام شده، نیز الگوریتم TDI را به‌عنوان مناسب‌ترین روش نشان داده است. در تحقیق دیگری که در استان کرمانشاه در این راستا صورت گرفته، نشان داده است که در سه رویداد مورد بررسی در این استان، شاخص‌های گردوغبار به‌صورت متفاوتی عمل کرده و به ترتیب شاخص

آکرم، TDI و میلر بهترین کارایی را در این زمینه داشته‌اند (شمشیری و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۸). با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر می‌توان نتیجه گرفت که با استفاده از داده‌های سنجنده مودیس و شاخص‌های موجود می‌توان به‌طور موفقیت‌آمیزی توده‌های گردوغبار را شناسایی و پهنه‌بندی نمود. نقشه‌های گردوغبار حاصل از داده‌های سنجنش‌ازدور، می‌تواند دستگاه‌های اجرایی را قادر سازد که نواحی مختلف را مناسب با میزان بحرانی بودن آن‌ها، شناسایی و برنامه‌های مدیریتی و احیایی را اولویت‌بندی نمایند.

منابع

- Ackerman, S. A. (1989). Using the radiative temperature difference at 3.7 and 11 μm to tract dust outbreaks. *Remote Sensing of Environment*, 27, 129-133.
- Bahrami, H. A., Jalali, M., Darvishi Bolorani, A., & Azizi, A. (2013). Spatial-temporal modeling of dust storms in Khuzestan province. *Iranian Remote Sensing & GIS*, 5, 95-114, (in Farsi).
- Goudie, A. S. (2009). Dust storms: Recent developments. *Journal of environmental management*, 90, 89-94.
- Griffin, D. W. (2007). Atmospheric movement of microorganisms in clouds of desert dust and implications for human health. *Clinical microbiology reviews*, 20, 459-477.
- Hua, N. P., Kobayashi, F., Iwasaka, Y., Shi, G. Y., & Naganuma. T. (2007). Detailed identification of desertoriginated bacteria carried by Asian dust storms to Japan. *Aerobiologia*, 23, 291-298.
- Heidarian, P., Azhdari, A., Jodaki, M., Darvishi khatooni, J., & Shahbazi. R. (2016). Identifying interior sources of dust storms using remote sensing, GIS and geology (case study: Khuzestan province). *Journal of Earth Sciences*, 27, 33-46, (In Farsi).
- Hamzeh, S., Ebrahimi, O. (2017). Investigation of the number of occurrence and detection of dust storms in the area of Qom Salt Lake using remote sensing data. In: *Fourth International Conference on Environmental Planning and Management*, 2 and 3 June 2017, Tehran University, (in Farsi).
- Li, X., Ge, L., Dong, Y., & Chang. H. C. (2010). Estimating the greatest dust storm in eastern Australia with MODIS satellite images. In *2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 1039-1042.
- Prospero, J. M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S. E., & Gill. T. E. (2002). Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust

- identified with the Nimbus 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product. *Reviews of geophysics*, 40, 1-31.
- Shamshiri, S., Jafari, R., Soltani, S., & Ramazani, N. (2014). Identification and zonation of dust storms in Kermanshah Province by using MODIS images. *Applied Ecology*, 3, 29-41, (in Farsi).
- Tavousi, T., Raispour, K. (2011). Statistical analysis and prediction of the probability of occurrence of severe storms using partial series analysis (case study: Sistan region). *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 1, 93-105, (in Farsi).
- Weier, J., Herring, D. (2000). <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation>.
- Yaghmaie, L., Jafari, R., Soltani, S., & Bashari, H. (2018). Dust Storm Zoning Using Aqua and Terra Satellite Images (Case Study: Chaharmahal va Bakhtiari Province). 4th National Conference on Wind Erosion and Storm Storms, Yazd, (in Farsi).



Detecting dust and analyzing its effect on Modis satellite photos: A case study of the city of Zabol

Saeideh Hoseinabadi¹, Msc Student Water Resources Management in Water Engineering Department, University of Birjand, Birjand, Iran

Mostafa Yaghoobzadeh, Assistant Professor, Department of Science and Water Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran

Mahdiye Forozanmehr, Msc student water resources management in water engineering Department, University of Birjand, Birjand, Iran

Received: 21-06-2019

Accepted: 22-02-2020

Abstract

Air pollution is one of the serious environmental problems in cities. In recent years in Iran, this problem has extended in large areas. Zabol County is a major source of this phenomenon, which is because of its special geomorphological situation and climate. In this research, due to many dust occurrences in Zabol County, the area is selected as the study area. Considering the occurrence of maximum dust in summer, especially from 22 of June to 23 of August, four dates are chosen for evaluation. They include August 12, 2017, July 5, 2018, July 26, 2018, and August 12, 2018. So, images of MODIS satellite sensor were taken, and then two dust indicators (Ackerman and TDI) were applied to images. Finally, their results and results of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) were compared. The results showed that, in the four evaluated events, the best performance belonged to the TDI index; with regard to the real amount of dust, this index provided better and more acceptable results in the study area. Also, the evaluation of the image accuracy showed that the TDI index could detect dust more accurately. This index suggested that, in the four evaluated events, high-intensity dust occurred in the east and north east of the study area. Moreover, the NDVI map showed a direct relationship between ambient vegetation and dust as well as poor vegetation with severe dust.

Keywords: Ackerman index, Dust, MODIS, NDVI, City of Zabol.

¹ Corresponding Author Email: saeide.hh123@gmail.com