

بررسی اثر اجرای پروژه‌های بیولوژیک حفاظت خاک بر رطوبت و دمای خاک با استفاده از

تکنیک‌های سنجش از دور در منطقه دهنو شهرستان هندیجان استان خوزستان

پرویز گرشاسبی^{۱*}، معاون آبخیزداری، امور مراتع و بیابان سازمان جنگل‌ها، پست الکترونیک (p.garsh@yahoo.com)

اکرم توفیقی، مدیرکل دفتر ممیزی و امور زمین، پست الکترونیک (akramtofighi@yahoo.com)

محمد صباغی، رئیس گروه آبخیزداری و کنترل سیل، پست الکترونیک (sabaghi1349@yahoo.com)

افروز مشفق کوجل، کارشناس ارشد ژئومورفولوژی و هیدرولوژی، پست الکترونیک (a_moshfeghi1981@yahoo.com)

چکیده

برآورد میزان رطوبت و دمای سطحی زمین به منظور مدیریت آب و خاک و ارتباط آن با اجرای عملیات پروژه مهار و تثبیت عرصه‌های بحرانی تولیدکننده گردوغبار با توجه به تغییرات ایجاد شده در محدوده طرح امری ضروری به شمار می‌رود. در این بررسی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ ابتدا تصاویر سال ۲۰۱۶ مربوط به قبل از اجرای عملیات و سپس تصاویر سال ۲۰۲۰ مربوط به بعد از اجرای عملیات از سایت USGS بر گرفته شده و با اعمال عملیات پیش پردازش و پردازش‌های لازم، نسبت به بررسی اثربخشی و برآورد شاخص‌های رطوبت خاک (MNDWI)، دمای سطح زمین (LST) و پوشش گیاهی (NDVI) در محدوده طرح اقدام گردید. نتایج نشان داد که رابطه نزدیکی بین اجرای عملیات فوق با رطوبت خاک و دمای سطح زمین وجود دارد. به گونه‌ای که میزان افزایش شاخص MNDWI وابسته به تغییرات LST بوده و با افزایش دمای سطح زمین کاهش می‌یابد. همچنین مشخص گردید با تغییرات ایجاد شده در NDVI به واسطه مانعی که برای ورود حرارت ایجاد می‌کند از میزان دمای سطح زمین کاسته شده است و می‌توان گفت که پوشش گیاهی رابطه‌ای معکوس با حرارت سطح زمین دارد.

واژه‌های کلیدی:

گردوغبار، NDVI، AOD، MNDWI و LST.

مقدمه

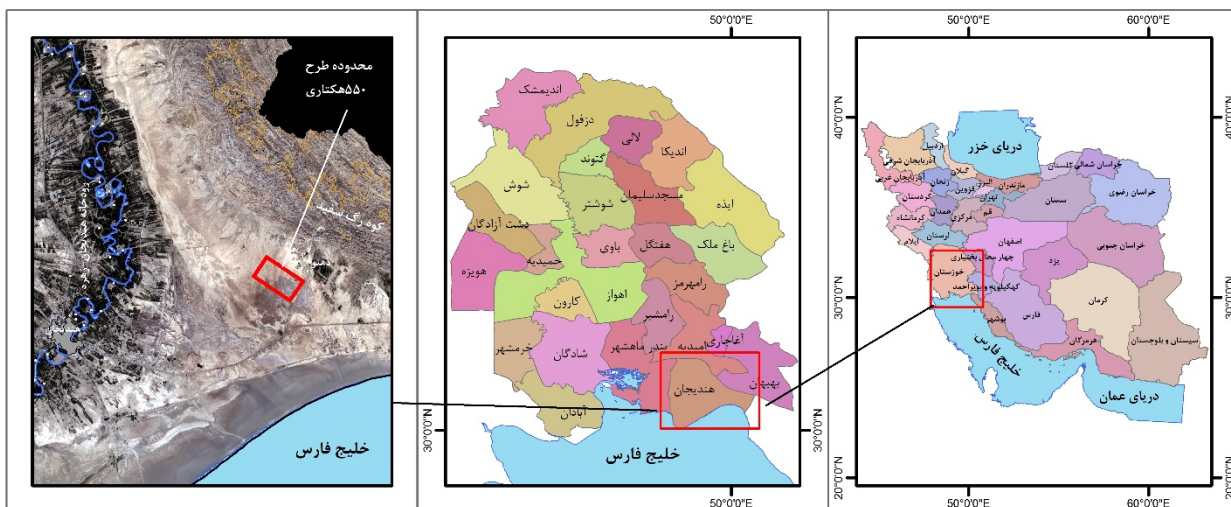
در سال‌های اخیر شناسایی مناطق گردوغبار در تحقیقات بی شماری مورد توجه محققان قرار گرفته است و نواحی مختلفی را در سراسر جهان به عنوان منابع اصلی گردوغبار معرفی کرده‌اند. در غرب و جنوب غرب ایران مناطق بیابانی همچون عراق، عربستان سعودی و در فاصله دورتر سوریه و شمال آفریقا قرار دارند که مجاورت با این بیابان‌ها، موجب رخداد مکرر پدیده گردوغبار با شدت‌های متفاوت در طول سال شده است. بطوریکه برنامه محیط زیست سازمان ملل (UNEP) در گزارشی وقوع خشک سالی در منطقه جنوب غرب ایران و کشورهای همسایه همچون عراق با کاهش رطوبت سطحی و زیرسطحی و همچنین از بین رفتن پوشش‌های گیاهی و توسعه پهنه‌های رسوبی و ریزدانه در این مناطق را مهم‌ترین علل تشدید پدیده گردوغبار دانسته است (عزیزی و همکاران، ۲۰۱۲).

پدیده گردوغبار علاوه بر کاهش دید، مشکلات بسیاری از نظر تنفسی، قلبی، پوستی و چشمی برای ساکنین منطقه به وجود آورده و هر ساله خسارات زیادی به اراضی کشاورزی و تأسیسات زیربنایی وارد می‌نماید. همچنین گردوغبار می‌تواند باعث افزایش میزان تبخیر و به تبع آن خشک شدن قشر سطحی خاک و از بین رفتن پوشش گیاهی طبیعی و در نهایت عریان شدن سطح زمین گردد. همچنین از بین رفتن زمین‌های کشاورزی، گسترش نواحی بیابانی و آلودگی آب‌های سطحی و خشک سالی از دیگر تأثیرات نامطلوب طوفان‌های گردوغبار است. در راستای اهمیت حفاظت از منابع طبیعی به عنوان سرمایه‌های ملی، شناسایی کانون‌های گردوغبار و ارزیابی تغییرات مدیریتی آن‌ها، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری با هدف تثبیت پایدار عرصه‌های بحرانی تولید کننده گردوغبار و تبدیل آن‌ها به زمین‌هایی با بازده اقتصادی مناسب و محافظت از صدمات ناشی از پدیده گردوغبار بر بنیان‌های اجتماعی-اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی با روش توسعه پوشش گیاهی از طریق توان اکولوژیکی منطقه و کاشت نهال و انجام عملیات بیومکانیکی و استفاده از

فناوری‌های نوین مانند پلیمرهای شیمیایی و زیستی جایگزین مالچ‌های نفتی به‌عنوان پایلوت عملیات اجرایی خود را از فروردین ۱۳۹۶ در جنوب روستای دهنو واقع در شهرستان هندیجان شروع نمود. در این مقاله پس از بررسی داده‌های هواشناسی و استخراج اطلاعات از پروداکت‌های ماهانه و روزانه سنجنده مادیس ماه‌های دارای بیشترین گردوغبار شناسایی و سپس با انجام عملیات پیش‌پردازش و پردازش‌های لازم بر روی دو سری تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸، یکی مربوط به زمان قبل از اجرای عملیات (۲۰۱۶) و دیگری مربوط به زمان بعد از اجرای عملیات (۲۰۲۰) نسبت به تغییرات ایجاد شده در محدوده مورد نظر، از نظر شاخص‌های پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده، رطوبت سطحی خاک و دمای سطح زمین که با روش‌های سنتی اندازه‌گیری میدانی نمی‌توان تغییرات مکانی آن‌ها را به نحو مطلوبی نشان داد، پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه با مساحت ۵۵۰ هکتار با موقعیت جغرافیایی $49^{\circ}51'22''$ تا $49^{\circ}53'41''$ طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و $30^{\circ}15'40''$ تا $30^{\circ}17'24''$ عرض شمالی از خط استوا و ارتفاع بین ۴ تا ۷ متر از سطح دریا در جنوب روستای دهنو و قسمت شرق شهرستان هندیجان، استان خوزستان واقع شده است. این منطقه که بخشی از حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان است از سمت شمال به رشته‌کوه‌های زاگرس و کوه رگ سفید، از شرق به استان بوشهر، از غرب به بندر ماهشهر و از سمت جنوب به خلیج فارس منتهی می‌شود که تماماً دشت آبرفتی است که به همراه دشت زیدون، بزرگ‌ترین دشت‌های حوزه رودخانه هندیجان زهره را به خود اختصاص داده‌اند. در شکل ۱ موقعیت محدوده مورد مطالعه در سطح کشور و استان خوزستان نمایش داده شده است.



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه در سطح کشور و استان

داده‌ها

در این پژوهش از سه سری داده‌ها و اطلاعات استفاده شده است. ابتدا اطلاعات اسنادی برای تقویت مبنای نظری و اشراف بر روش تحقیق که با بررسی گزارش مدل الگویی مهار و تثبیت عرصه‌های بحرانی تولید کننده گردوغبار در منطقه طرح و مطالعه منابع مختلف به دست آمده است. سپس جهت بررسی میزان تغییرات عمق نوری هواویزها AOD با استفاده از سنجنده Modis ماهواره‌های Terra و Aqua به‌عنوان تصاویر با توان تفکیک زمینی پایین به ابعاد 1000×1000 مترمربع، حدود ۱۰۰ هکتار را پوشش می‌دهند و توان تفکیک زمانی بالا از سامانه Google Earth Engine استفاده شده است.

1- Aerosol Optical Depth

2- <https://Code.earthengine.google.com>

همچنین از داده‌های چند طیفی ماهواره Landsat 8 OLI / TIRS C1 Level1 مربوط به مسیر ۱۶۴ و ردیف ۳۹ به عنوان تصاویر با توان تفکیک زمینی بالا استفاده شده است. تصاویر این سنجنده که هر ۱۶ روز یکبار از هر نقطه تصویر تهیه می‌کند و ابعاد سلول آن ۳۰*۳۰ مترمربع است از وبگاه ناسا سایت USGS دریافت شده‌اند.

در این مقاله جهت افزایش قدرت تفکیک مکانی تصاویر ماهواره‌ای، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار ENVI تصاویر چند طیفی با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر، با استفاده از باند Panchromatic به قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر تبدیل شده و سپس عملیات پیش‌پردازش و پردازش بر روی داده‌های تصاویر ماهواره‌ای انجام و در نهایت شاخص‌های پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) منطقه تهیه گردید. همچنین برآورد شاخص رطوبت نسبی خاک (MNDWI) و دمای سطح زمین (LST) در اثر اجرای مدل و طرح الگویی مهار و تثبیت عرصه‌های بحرانی بر روی منشأ تولید گردوغبار منطقه در زمان قبل و بعد از اجرای عملیات مورد بررسی قرار گرفته و خروجی نهایی در نرم‌افزار ArcGIS به نمایش درآمده است.

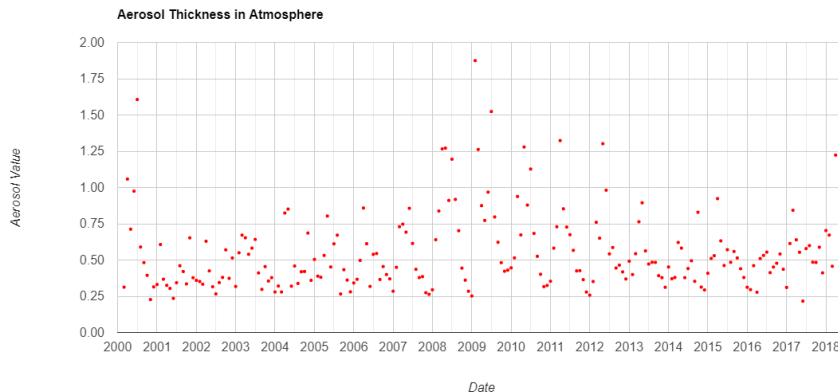
نتایج و بحث

۱) روند تغییرات گردوغبار در محدوده مورد مطالعه

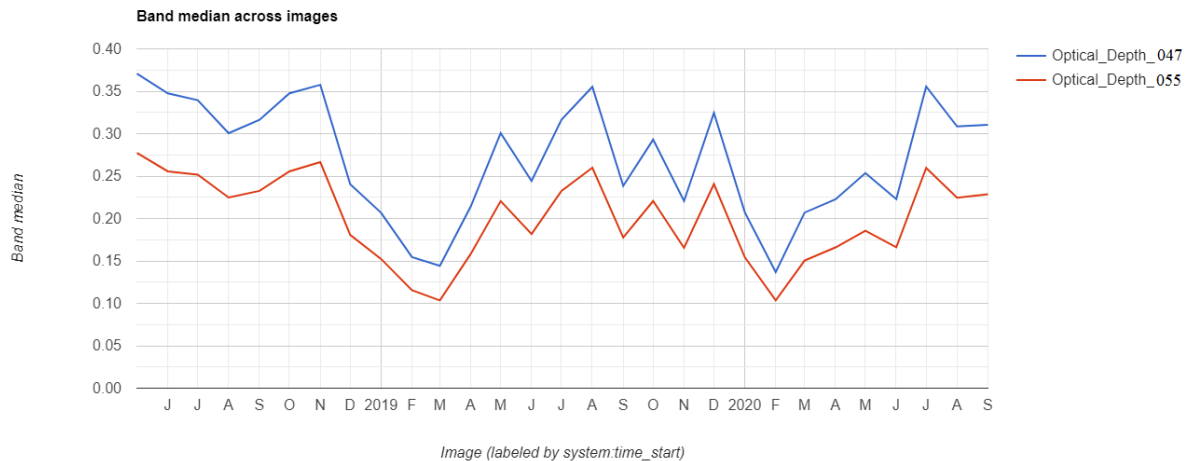
ذرات گردوغبار به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق افزایش جذب و یا انعکاس تابش موج‌بلند یا کوتاه بر آب‌وهوا تأثیرگذار است و منجر به تغییرات اقلیم در مقیاس جهانی و محلی و تغییر در چرخه بیولوژیکی-زمین‌شناسی-شیمیایی و محیط‌زیست انسان می‌گردد. همچنین اثبات شده است که آئروسول‌های معدنی گردوغبار بر تشکیل ابر و میزان نزولات جوی تأثیر گذاشته و با افزایش خشک سالی‌ها، طوفان‌های گردوغباری افزایش می‌یابد. از مهم‌ترین شرایط ایجاد گردوغبار در کنار هوای ناپایدار، وجود یا عدم وجود رطوبت است؛ بطوریکه اگر هوای ناپایدار رطوبت کافی داشته باشد بارش و طوفان رعدوبرق و اگر فاقد رطوبت باشد طوفان گردوغبار ایجاد می‌کند (علیچانی، ۱۹۹۷). بر اساس تعریف سازمان جهانی هواشناسی (WMO) وقوع گردوغبار از نظر میزان دید افقی به چهار طبقه گردوغبار ضعیف با دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر، گردوغبار متوسط با دید افقی بین ۱ تا ۱۰ کیلومتر، توفان شدید با دید افقی بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و توفان خیلی شدید با دید افقی کمتر از ۲۰۰ متر تقسیم‌بندی می‌شود (تان و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به اطلاعات به دست آمده از ایستگاه سینوپتیکی هندیجان طی سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ میلادی به‌طور میانگین وقوع پدیده گردوغبار که دید افقی به زیر ۱۰ کیلومتر رسیده ۲۵ روز در سال گزارش شده ولی از سال ۲۰۰۴ به بعد این میانگین به بیش از ۱۰۰ روز در سال رسیده است (کمیتة ملی گردوغبار، ۱۳۹۸). همچنین آمارهای سازمان هواشناسی حاکی از آن است که طی سال‌های ۲۰۰۰ تا سوم سپتامبر (۱۳ شهریور) ۲۰۲۰ در مجموع ۱۹ روز همراه با پدیده توفان شدید که در آن سرعت باد به بیش از ۱۵ متر بر ثانیه و حداقل دید از ۱۰۰۰ متر پائین تر آمده که ۱۶ روز آن مربوط به سال‌های بعد از ۲۰۰۴ است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بین ساعت‌های ۱۲:۳۰ تا ۱۵:۳۰ به‌وقت محلی، رخداد گردوغبار از فراوانی بیشتری نسبت به ساعت‌های دیگر برخوردار است و مدت زمان پایداری طوفان با توجه به شرایط منطقه‌ای خوزستان از چند ساعت تا حداکثر ۲ روز (۳۰ و ۳۱ ماه مارس -فروردین- ۲۰۱۴) متغیر است (پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۳۹۷).

شایان ذکر است پایش تغییرات عمق نوری هواویزها AOD^۳ که با استفاده از پروداکت ماهانه MOD08_M3 ماهواره Terra (شکل ۲) و پروداکت روزانه MCD19_A2 ماهواره Terra&Aqua با مقادیر Optical Depth 047 و Optical Depth 055 (شکل ۳) از محدوده شهرستان هندیجان به دست آمده، نشان می‌دهد هرچقدر میزان غلظت AOD موجود در جو از میزان ۰.۵ بیشتر شده باشد شاهد افزایش ماه‌های گردوغباری بوده و هرچقدر به میزان ۰.۳ نزدیک‌تر باشد شاهد آسمان صاف و بدون گردوغبار است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۴ به بعد، هم‌زمان با احداث سدهای آسک و کوثر بر روی بالادست رودخانه هندیجان-زهره (بخصوص در نیمه اول سال هم‌زمان با بالا رفتن دما و خشکی سطح خاک) بر میزان غلظت آئروسول‌های جوی در منطقه افزوده شده است.

3- Multi-Spectral
4- <https://earthexplorer.usgs.gov>
5- Aerosol Optical Depth



شکل ۲- پروداکت ماهانه تغییرات عمق نوری هواویزها در محدوده شهرستان هندیجان



شکل ۳- پروداکت روزانه تغییرات عمق نوری هواویزها در محدوده شهرستان هندیجان

۲) پارامترهای تأثیرگذار بر وقوع گردوغبار در محدوده مورد مطالعه

در این مقاله برای تعیین پارامترهای تأثیرگذار بر وقوع پدیده گردوغبار و مدل‌سازی رفتار زمانی-مکانی آن به دو دسته نسبتاً دینامیک و نسبتاً استاتیک تقسیم‌بندی می‌شود. در این خصوص داده‌های اقلیمی (سرعت باد، بارندگی، دما، در صد رطوبت نسبی، تبخیر و تعرق) و شاخص NDVI به‌عنوان پارامترهای نسبتاً دینامیک و ویژگی‌های سطح زمین مثل زمین‌شناسی و جنس خاک، کاربری اراضی و پوشش گیاهی به‌عنوان پارامترهای نسبتاً استاتیک مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۱- پارامترهای نسبتاً دینامیک

اطلاعات آمار هواشناسی در دوره آماری ۲۰ ساله (از سال ۲۰۰۰ تا سوم سپتامبر ۱۳۹۹- شهریور ۲۰۲۰) از ایستگاه سینوپتیکی هندیجان استان خوزستان و سایر اطلاعات مورد نیاز از گزارش طرح الگویی استفاده و شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده NDVI از تصاویر ماهواره Landsat 8 بر گرفته از سایت USGS استخراج شده است.

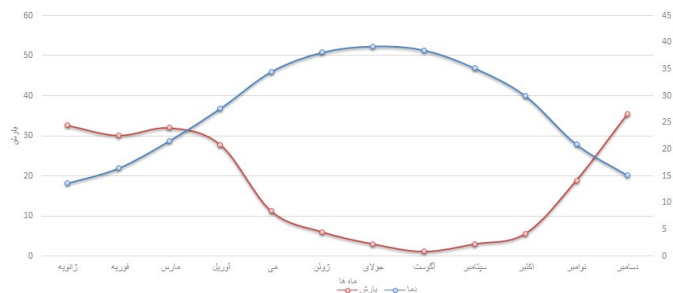
- داده‌های اقلیمی

از منظر اقلیمی، محدوده مورد مطالعه بر اساس سیستم طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن اصلاح شده، در تیپ اقلیمی خشک و گرم با

رژیم بارندگی بسیار نامنظم به لحاظ توزیع مکانی، زمانی، تبخیر و تعرق بالا و دمای حداکثر بالا واقع شده است. از ویژگی‌های اقلیمی این منطقه وجود رطوبت نسبی بالای هواست بطوریکه هوای منطقه در تمام سال مرطوب است و متوسط رطوبت نسبی حدود ۴۱ درصد است و در هیچ ماهی کمتر از ۲۰ درصد نیست. به موازات آن میزان متوسط سالانه تبخیر و تعرق که از آمار ایستگاه دهلا در نزدیکی منطقه طرح استفاده شده حدود ۲۴۷۴٫۸ میلی‌متر است که حداقل تبخیر در دی‌ماه ۷۷٫۸ میلی‌متر با میانگین ساعات آفتابی ۱۴۵ ساعت و حداکثر آن در تیرماه ۳۲۹٫۷۵ میلی‌متر با میانگین ساعات آفتابی ۲۶۰ ساعت گزارش شده است (پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۳۹۷).

مطابق نمودار آمبروترمیک (شکل ۴) در این محدوده دوره مرطوب سال از اواخر ماه November (آذر) شروع شده و تا اوایل ماه April (فروردین) ادامه دارد. در این بازه زمانی میانگین متوسط دما ۱۹ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالیانه حدود ۲۰۰ میلی‌متر و دوره خشک از ماه May (اردیبهشت) تا اواخر ماه October (آبان) با میانگین دمای ۳۶ درجه سانتی‌گراد با بارش صفر و یا بسیار ناچیز قابل شناسایی است. به‌طور کلی در منطقه بارندگی کم است و عمده بارش‌ها در درجه اول زمستانه و سپس پائیزه و بهار می‌باشند که ناشی از انقلاب‌های جوی وابسته به کم‌فشارهای مدیترانه‌ای و جریان بادهای غربی است که شرایط ناپایداری و عامل صعود را فراهم می‌نماید. هر چند که به علت آرایش خاص گردش جوی، اغتشاشات زمستانی غربی کمتر به این ناحیه می‌رسد، اما اگر زمانی عامل صعود قوی وجود داشته باشد، به علت وجود رطوبت کافی و گرمی هوا بارش‌ها به شکل رگبار ظاهر می‌شوند.

در فصل تابستان از یک‌طرف با توجه به استقرار پرفشار جنب‌حاره‌ای آזור در بالای ایران مانع صعود هوا شده و از ناپایداری‌های جوی جلوگیری می‌کند و از طرف دیگر با ایجاد سیستم کم‌فشار بر روی زاگرس، هوای گرم سرزمین‌های اطراف مانند عراق و عربستان به داخل ایران کشیده شده و در نتیجه تولید بادهای قوی و توفان‌های مقیاس منطقه‌ای در محدوده خلیج فارس و جنوب غرب ایران می‌کند که به علت وجود تبخیر شدید و خشکی خاک، منابع متناهی رسوبات و نمک‌ها را از زمین جدا کرده و جریان سریع هوا، باعث ایجاد بادهای گرم و سوزان همراه با طوفان گردوغبار و حرکت ماسه‌ها شده و گردوغبار را با خود به سوی ایران حمل نموده و با گذر از روی زمین‌های کشاورزی و با جا گذاردن نمک‌های خود، موجب شور شدن و عدم حاصلخیزی آن‌ها می‌گردند. وزش باد غالب منطقه عمدتاً از سمت جنوب غربی به سمت شمال شرقی با میانگین سرعت ۴٫۴ متر بر ثانیه است.



شکل ۴- نمودار آمبروترمیک

- شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده NDVI

بعد از شناسایی کانون‌های اصلی منشأ گردوغبار و با توجه به نقش پوشش گیاهی در جلوگیری از انتشار ذرات گردوغبار در محدوده مطالعاتی برای دستیابی به اطلاعات پوشش گیاهی از روش تعیین شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) در تفکیک مناطق آبی، پوشش گیاهی و خاک لخت که از مهم‌ترین و رایج‌ترین روش‌های تعیین پوشش گیاهی است استفاده شده است. شاخص NDVI نشان دهنده ویژگی‌های بیوفیزیکی پوشش گیاهی مانند شاخص سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی (میزان کلروفیل) و فراوانی پوشش گیاهی است (Salah, 2014). فرمول کلی شاخص فوق به‌صورت زیر است:

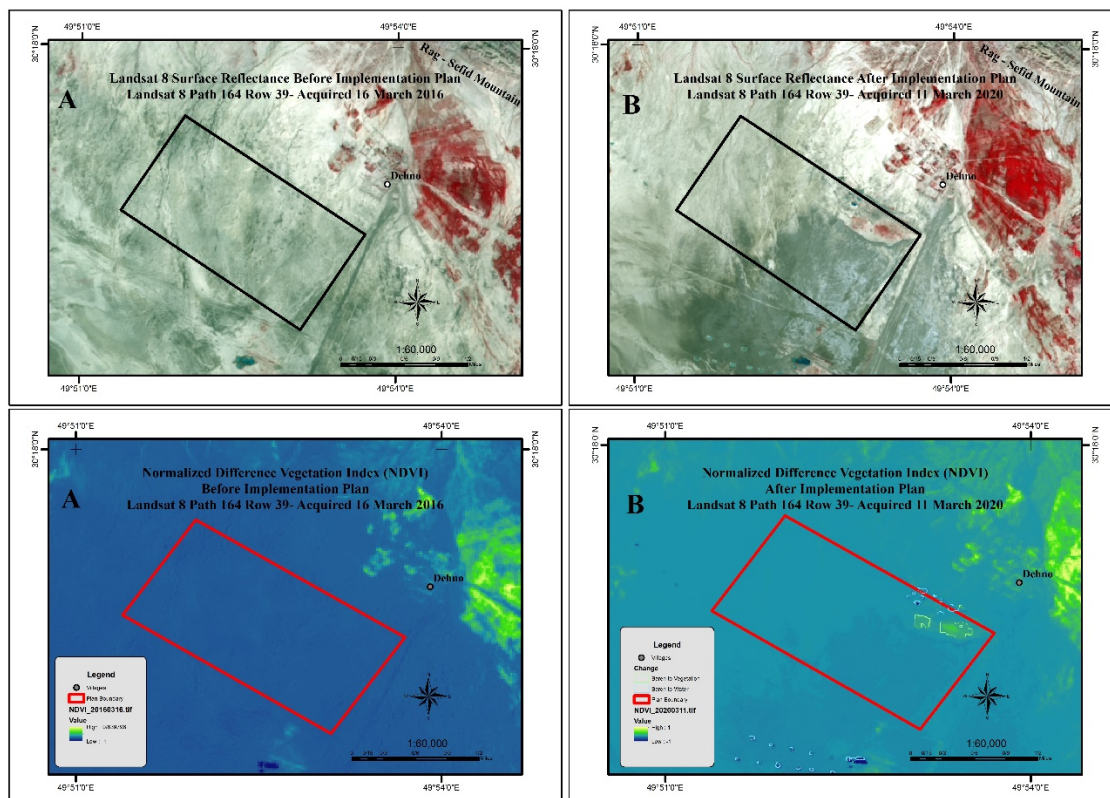
$$NDVI = \frac{(B_{NIR} - B_{Red})}{(B_{NIR} + B_{Red})}$$

در این رابطه: NIR، باند مادون قرمز نزدیک و Red، باند قرمز است (ناسا، ۲۰۰۰).

ارزش عددی این شاخص بین ۱- تا ۱+ است. عموماً مقادیر کمتر از ۰ بیانگر پوشش خاکی و مراتع و مقادیر بیشتر از ۰,۲ بیانگر پوشش گیاهی زراعی و جنگل در نظر گرفته می شود. همان گونه که از جدول ۱ و شکل ۵ برمی آید محدوده طرح در زمان قبل از اجرای طرح (سال ۲۰۱۶) تماماً متعلق به کلاس زمین بایر بوده در حالی که در تصویر اخذ شده مربوط به سال ۲۰۲۰ نشان می دهد که در قسمت شمال شرقی محدوده مورد نظر بیش از ۴۰۰ هکتار از اراضی تحت تأثیر عملیات اجرایی بیولوژیک و ۳ هکتار از اراضی فوق تحت تأثیر عملیات بیومکانیکی و احداث سامانه های آبیگر هلالی قرار گرفته است که آثار آبیگری در تصاویر به خوبی آشکار است. شایان ذکر است که عملیات فوق باعث افزایش قابل توجه رطوبت خاک و آبیگری بیشتر سامانه های آبیگر در پائین دست محدوده و به تبع آن کاهش دمای سطح زمین شده است.

جدول ۱- مساحت کاربری اراضی در زمان قبل و بعد از اجرا عملیات (هکتار)

نوع کلاس	سال ۲۰۱۶	سال ۲۰۲۰	توضیحات
خاک	۵۵۰	۱۴۰	تغییر کاربری خاک به پوشش گیاهی و آب
پوشش گیاهی	۰	۴۰۰	افزایش تبخیر و تعرق و کاهش دما
آب	۰	۱۰	افزایش رطوبت سطحی خاک در پائین دست



شکل ۵- تصویر تغییرات ایجاد شده در NDVI محدوده طرح مربوط به زمان قبل از اجرای عملیات (A) و بعد از اجرای عملیات (B)

۲-۲- پارامترهای نسبتاً استاتیک

دسته دوم از پارامترهای تأثیرگذار بر طوفان های گردوغبار، ویژگی های سطح زمین مثل زمین شناسی و جنس خاک، پوشش گیاهی، شوری و قلیایی بودن خاک هستند. با توجه به تغییرات نسبتاً کندتر این پارامترها در مقایسه با پارامترهای اقلیمی و میزان NDVI به عنوان پارامترهای نسبتاً پایا و تأثیرگذار نامیده شده اند.

- زمین‌شناسی و جنس خاک

محدوده مورد مطالعه (شرق هندیجان) یکی از کانون‌های اصلی منشأ گردوغبار در داخل کشور شناسایی شده است که از نظر ژئومورفولوژی به دو رخساره کوهستان و دشت‌های آبرفتی تقسیم‌بندی می‌شود. در رخساره کوهستان قدیمی‌ترین واحدهای زمین‌شناسی که به‌طور مجزا در شمال شرق محدوده بانام طاق‌دیس کوه رگ سفید رخنمون یافته و به تبعیت از زاگرس دارای روند شمال غربی-جنوب شرقی است. واحدهای آواری-تبخیری میوسن موسوم به گروه فارس است که هم‌زمان با کوهزایی آلپ پایانی و در محیط دریایی پسرونده تشکیل شده و واحدهای آواری بعد از کوهزایی موسوم به کنگلومرای بختیاری است که معرف فرسایش‌های نسبتاً شدید بعد از کوهزایی آلپ پایانی (واحد ژئوئورفولوژیکی بدلند یا هزار دره) است. بر روی رخساره دشت‌های آبرفتی نیز نهشته‌های آواری کواترنری متعلق به محیط‌های رسوبی قاره‌ای و دریایی پوشیده شده است. مطابق آخرین زمان‌سنجی انجام شده به روش ایزوتوپ کربن ۱۴، دشت‌های محدوده از تیپ پهنه‌های رسی است که پس از تغییرات تراز دریا در دوره‌های یخچالی و بین یخچالی هولوسن در شرق رودخانه هندیجان-زهره و به‌موازات کوه رگ سفید گسترش یافته‌اند.

این پهنه‌های رسی بیشتر توسط آبراهه‌های فصلی و رودخانه هندیجان-زهره که از ارتفاعات سرچشمه می‌گیرند تغذیه می‌شوند. همچنین رودخانه‌ها در دشت‌های محدوده مطالعاتی به علت شیب بسیار ملایم زمین به شعبات زیادی تقسیم می‌شوند، به همین علت حجم بسیار زیادی از رسوبات بالادست خود را به یک‌باره در این منطقه بر جای می‌گذارند بطوریکه توزیع اندازه رسوبات از محل رودخانه تا دشت سیلابی حاشیه آن‌ها از ماسه درشت تا سیلت در تغییرند که معرف فرسایش‌های شدید است (پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۳۹۷). این رودخانه‌ها در زمانی نه‌چندان طولانی بستر یا بسترهای خود را عوض می‌کنند و بستر قبلی رودخانه خشک شده و بدین ترتیب رسوبات آبرفتی فراوان مساعد برای فرسایش بادی می‌گردند (معمد، ۱۳۸۲).

- پوشش گیاهی

خاک‌های عاری از هر نوع پوشش گیاهی و حفاظ در برابر باد قرار دارد درحالی‌که در قسمت‌هایی از محدوده مطالعاتی که پوشش گیاهی مناسبی ایجاد شده است (نقشه NDVI) به بادهایی با سرعت بیشتر برای بلند کردن ذرات خاک نیاز است. در نتیجه امکان انتشار ذرات خاک و ایجاد طوفان‌های گردوغبار در این مناطق در مقایسه با مناطقی که پوشش علفی کم تراکم تا بدون پوشش گیاهی دارند کمتر است.

- شوری خاک

خاک‌های محدوده از نوع خاک‌های شور و قلیایی هستند که از نظر ساختمان فیزیکی جزء نامطلوب‌ترین خاک‌ها به شمار می‌روند. از عوامل تشدید کننده این شوری وجود رودخانه هندیجان-زهره است که حاوی منابع بسیار زیادی از انواع یون‌های محلول مانند سدیم، پتاسیم و کلسیم است که در زمان رسیدن به زیر حوزه پایاب زهره و حرکت در بستر آبرفتی و وجود آب‌وهوای گرم و خشک بخصوص در تابستان، تبخیر شدت یافته و غلظت این یون‌ها در آب بیشتر می‌شود و در صورت استفاده از این آب‌ها در آبیاری مزارع، حاصل آن جز شور شدگی زمین‌ها و کاهش حاصلخیزی و در نهایت خروج خاک از حیض انتفاع نخواهد بود. همچنین آب دریای خلیج فارس در حدود ۳۸ گرم در لیتر حاوی نمک‌های گوناگون است که بر اثر پدیده جزر و مد، زمین‌های ساحلی منطقه را پوشانده و زمین به‌صورت متبلور باقی می‌ماند که علاوه بر شور شدگی زمین‌های ساحلی منابع بزرگ نمک جهت فرسایش بادی را نیز فراهم می‌آورد و چون رودخانه هندیجان-زهره به‌صورت یک خور عمل می‌نماید، آب دریا در هنگام مد از طریق رودخانه به سمت شمال منطقه حرکت کرده و باعث ترکیب آب رودخانه و دریا تا عمق ۴۰ کیلومتری ساحل می‌شود بطوریکه در هنگام مد بزرگ رودخانه به‌صورت وارونه جریان می‌یابد و هم‌زمان با عمل تبخیر باعث تشدید نمکی شدن زمین‌های اطراف خود خواهد شد.

۳) اثر اجرای مدل و طرح الگویی مهار و تثبیت عرصه‌های بحرانی بر گردوغبار

هرچند پدیده گردوغبار در همه ماه‌های سال گزارش شده اما بیشترین فراوانی وقوع مربوط ماه‌های مارس تا سپتامبر (ا سفتد تا شهریور) که طی این مدت هرچقدر بر میزان متوسط دمای منطقه افزوده شده، به همان میزان از بارش‌ها کاسته شده و عملاً ماه‌های

خشک منطقه فرا می‌رسد، که از نظر آب‌وهوایی با فصول بهار و تابستان که در آن وزش بادهای موسمی و فرسایش بادی بر روی رسوبات تبخیری از شدت بیشتری برخوردار است، منطبق می‌باشد. چراکه بارش‌ها در فصول اوایل بهار، پاییز و زمستان نقش بسزایی در کنترل ذرات معلق در منطقه ایفا می‌نماید. به‌منظور بررسی میزان افزایش رطوبت سطحی خاک و کاهش دمای سطح زمین بر اثر اجرای مدل و طرح الگویی مهار و تثبیت عرصه‌های بحرانی تولید کننده گردوغبار در منطقه، از تصاویر ماهواره Landsat 8 برای ماه‌های فوق استفاده شده است.

۳-۱- بررسی رطوبت سطحی خاک

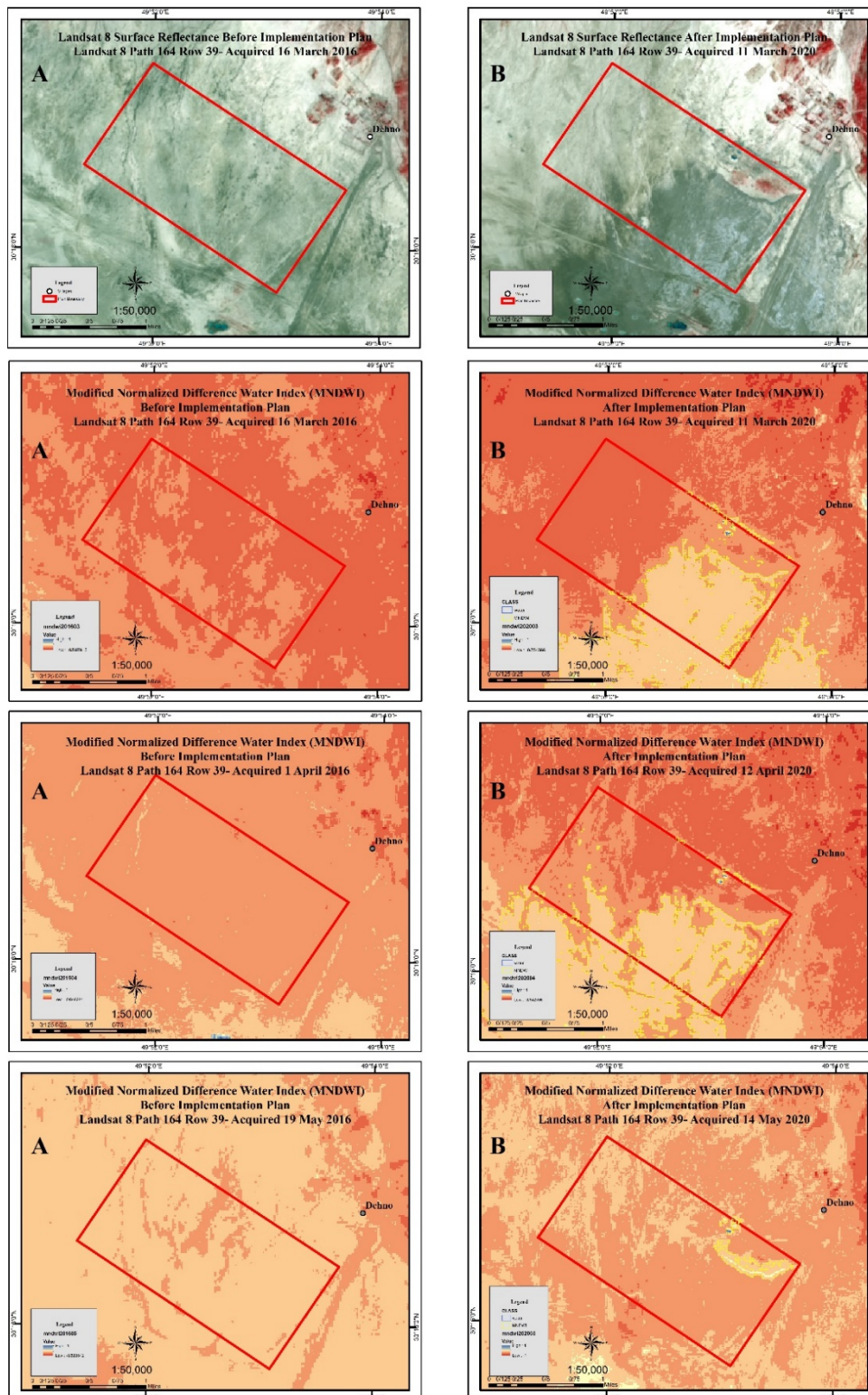
با توجه به سست بودن خاک‌های منطقه و آب‌وهوای گرم و خشک تابستان که به‌تبع آن موجب افزایش شدت تبخیر می‌شود، وجود رطوبت سطحی خاک در جهت جلوگیری از انتشار ذرات گردوغبار در منطقه طرح نقش اساسی را ایفا می‌نماید. برای دستیابی به اطلاعات میزان رطوبت سطحی خاک در اثر اجرای طرح در دو دوره پیش از اجرا و بعد از اجرای طرح، از فرمول شاخص آب نرمال اصلاح شده (MNDWI)^۷ که جزء شاخص‌های کاربردی آب می‌باشد، استفاده شده است (Ji و همکاران، ۲۰۱۵).

$$MNDWI = \frac{(B_{Green} - B_{swir1})}{(B_{Green} + B_{swir1})}$$

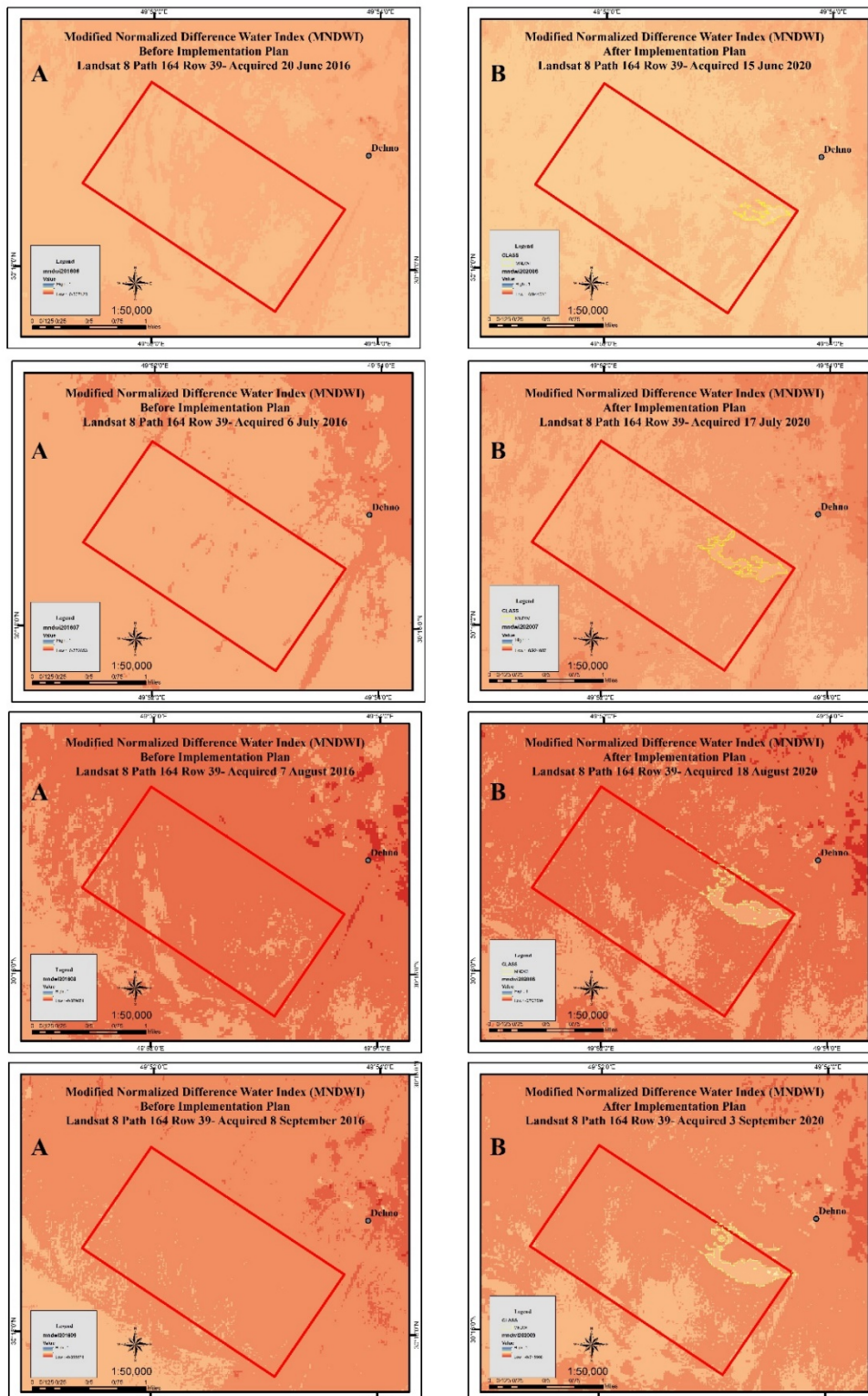
در این رابطه: Green، باند سبز و swir1، باند مادون‌قرمز میانی را شامل می‌شود.

لوبل و همکاران (۲۰۰۲) ثابت کردند تا زمانی که رطوبت حجمی خاک تا سطح پایین‌تر از ۵۰ درصد باقی بماند، باندهای مادون‌قرمز کوتاه بهتر از باندهای مادون‌قرمز نزدیک می‌توانند رطوبت خاک را نشان دهند.

همان‌گونه که از شکل ۶ برمی‌آید بر اساس شاخص MNDWI حاصل از تصاویر لندست ۸ در دوره قبل از اجرای عملیات به‌واسطه بایر بودن زمین و دمای بالای، میزان رطوبت سطحی خاک در محدوده طرح بسیار ناچیز بوده ولی پس از اجرای طرح میزان رطوبت سطحی خاک به میزان چشمگیری افزایش یافته و حدود ۵ کیلومتر پایین‌دست محدوده طرح را به وسعت ۹۶۰ هکتار تحت تأثیر خود قرار داده است. هر چند که میزان افزایش شاخص رطوبت سطحی خاک وابسته به تغییرات دما می‌باشد که با افزایش دمای سطح زمین در فصول تابستان از میزان رطوبت سطحی خاک کاسته شده و به وسعت ۱۰۰ هکتار می‌رسد. پس از برآورد شاخص رطوبت مشخص گردید بین مقادیر دمای سطح زمین و شاخص MNDWI یک رابطه خطی برقرار است و مقایسه میزان شاخص پوشش گیاهی افزایشی بسیار زیاد را که غالباً به دلیل ایجاد NDVI در محدوده طرح بود را نشان می‌دهد. شایان ذکر است با توجه به اطلاعات دریافت شده از ایستگاه سینوپتیکی هندیجان در تمام روزهایی که تصاویر ماهواره‌ای مورد نظر اخذ شده، طی ۲۴ ساعت گذشته هیچ بارندگی‌ای گزارش نشده است.



شکل ۶- تصویر قبل از اجرای عملیات (A) و تصویر افزایش رطوبت سطحی خاک بعد از اجرای عملیات (B) در محدوده طرح توضیح: انتخاب ماه‌های مارس تا سپتامبر (اسفند تا شهریور) به دلیل وجود فراوانی پدیده گردوغبار در منطقه است.



ادامه شکل ۶ - تصویر قبل از اجرای عملیات (A) و تصویر افزایش رطوبت سطحی خاک بعد از اجرای عملیات (B) در محدوده طرح توضیح: انتخاب ماه‌های مارس تا سپتامبر (اسفند تا شهریور) به دلیل وجود فراوانی پدیده گردوغبار در منطقه است.

۲-۳- بررسی آنومالی‌های حرارتی

سه عنصر آب، باد و خاک در ایجاد ریزگردها نقش دارند و به صورت چرخه وار ریزگرد را ایجاد می‌کنند. در این چرخه تشدید باد باعث کاهش رطوبت سطحی و به‌مرور موجب از بین رفتن پوشش گیاهی و در پی آن فرسایش خاک می‌شود که همگی باعث افزایش درجه حرارت زمین نسبت به مناطق مجاور شده و در نهایت شرایط لازم برای شدت یافتن باد را ایجاد خواهند کرد. چرا که هرچه در میزان اختلاف دما در منطقه‌ای با مناطق مجاور بیشتر باشد، سرعت باد افزایش می‌یابد. در این میان باد به‌عنوان عامل اصلی طوفان گردوغبار در تمام دنیا می‌باشد. فعالیت یک کانون منشأ گردوغبار به مشخصات سطح زمین و آن قسمت از باد بستگی دارد که از آستانه حرکت ذرات تجاوز می‌کند. فرسایش‌پذیری بالا، میزان رطوبت و خشکی، پوشش گیاهی و اقدامات حفاظتی به‌عنوان مجموعه عواملی هستند که کانون‌های منشأ طوفان‌های گردوغبار را متمایز می‌کنند.

نقش دمای سطح زمین در جهت جلوگیری یا تشدید جریان باد و انتشار ذرات گردوغبار در هر منطقه‌ای حائز اهمیت می‌باشد. جهت تعیین دمای سطح زمین (LST) از معادله پلانک^۸ استفاده شده است. از نظر علم ریاضی، فرمول کلی معادله فوق به صورت زیر می‌باشد:

$$TS = \frac{BT}{\{1 + [\frac{\lambda BT}{\rho}] \cdot \ln \epsilon\}}$$

در این رابطه: BT، دمای درخشندگی باند ۱۰ حرارتی، λ برابر با طول موج باند مورد نظر، ρ عدد ثابت ۱۳۸۴۰ و $\ln \epsilon$ برابر با alog گسیلمندی^۹ می‌باشد (Avdan و Ndossi، ۲۰۱۶).

در این پژوهش با بررسی رابطه بین دمای سطح زمین به روش پلانک و استخراج کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی درختی^{۱۰} مشخص شد که مقادیر اندازه‌گیری شده تا حدودی در تمام ماه‌ها به دمای ثبت شده در ایستگاه سینوپتیکی هندیجان نزدیک می‌باشد. نتایج حاصل از جدول ۲ و شکل ۷ در خصوص دمای سطح زمین محاسبه شده با معادله پلانک برای ماه‌های مارس تا سپتامبر (اسفند تا شهریور) سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۰ نشان می‌دهد که ارتباط نزدیکی بین دمای سطح زمین و نوع کاربری اراضی وجود دارد؛ بطوریکه پس از کلاس آب، پوشش گیاهی دومین کلاس خنک از لحاظ دمایی می‌باشد. با توجه به اینکه در محدوده‌های دارای پوشش گیاهی تبخیر کمتر و تعرق بیشتری نسبت به سایر مناطق صورت می‌گیرد، بالطبع در خنک نگه‌داشتن دمای سطح زمین بسیار مؤثر خواهد بود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۴). چرا که پوشش گیاهی با جذب اشعه خورشید آن را صرف تبخیر و تعرق می‌کند و به صورت گرمای نهان ظاهر گشته و افزایش گرمای نهان باعث کاهش دمای محسوس محیط شده و اختلاف دمای قابل توجهی نسبت به پیکسل‌های مجاور خود ایجاد می‌نمایند. هر چند که کاربری مناطق آبی به دلیل جذب کمتر حرارت دارای دمای کمتری هستند اما در فصل تابستان دارای افزایش دما بوده و به‌تبع آن منجر به افزایش تبخیر و کاهش حجم آب ذخیره‌سازی شده و به‌موازات آن رطوبت سطحی خاک نیز کم می‌گردد.

8- Land Surface Temperature

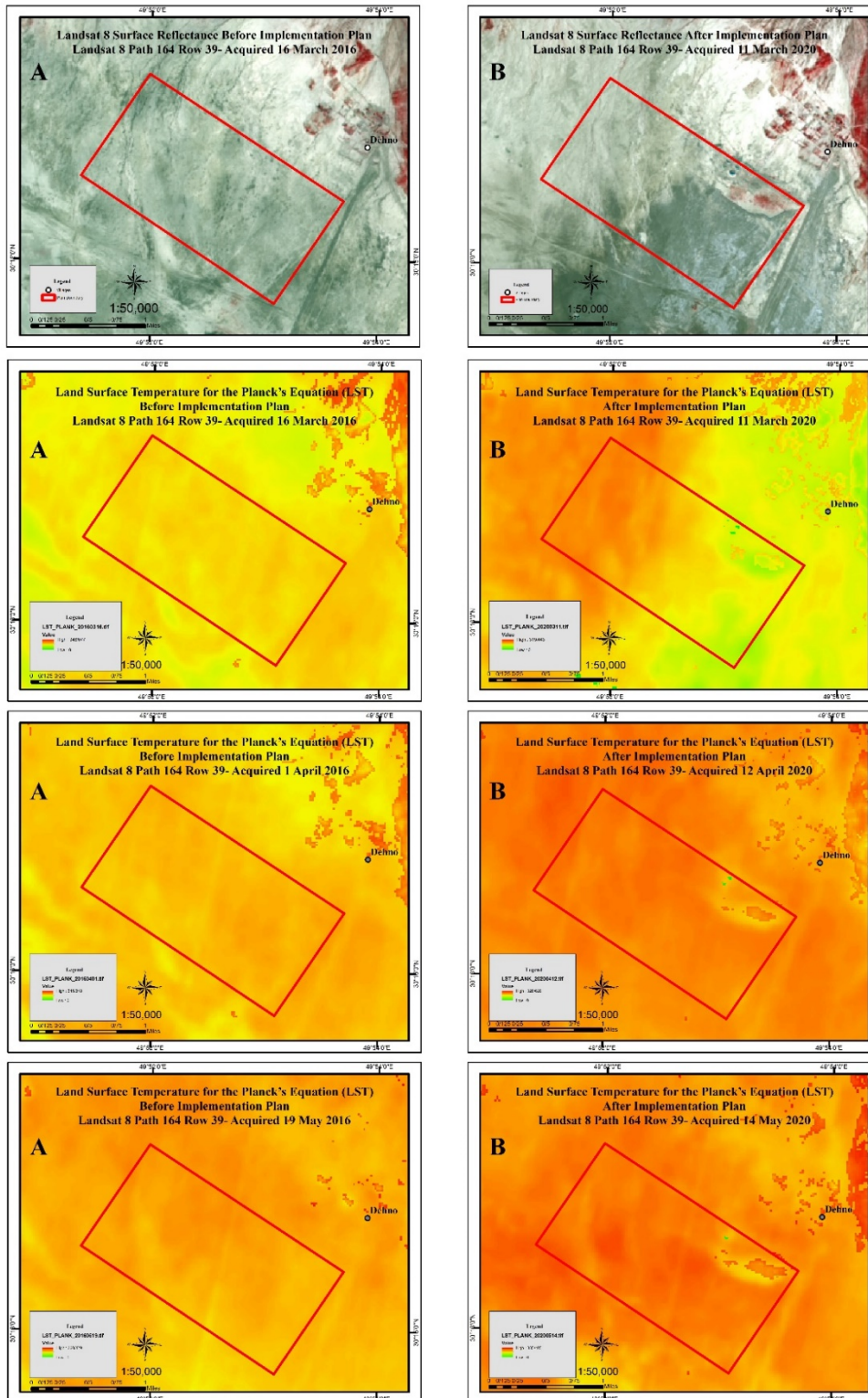
9- Planck's Equation

1 - Emissivity 0

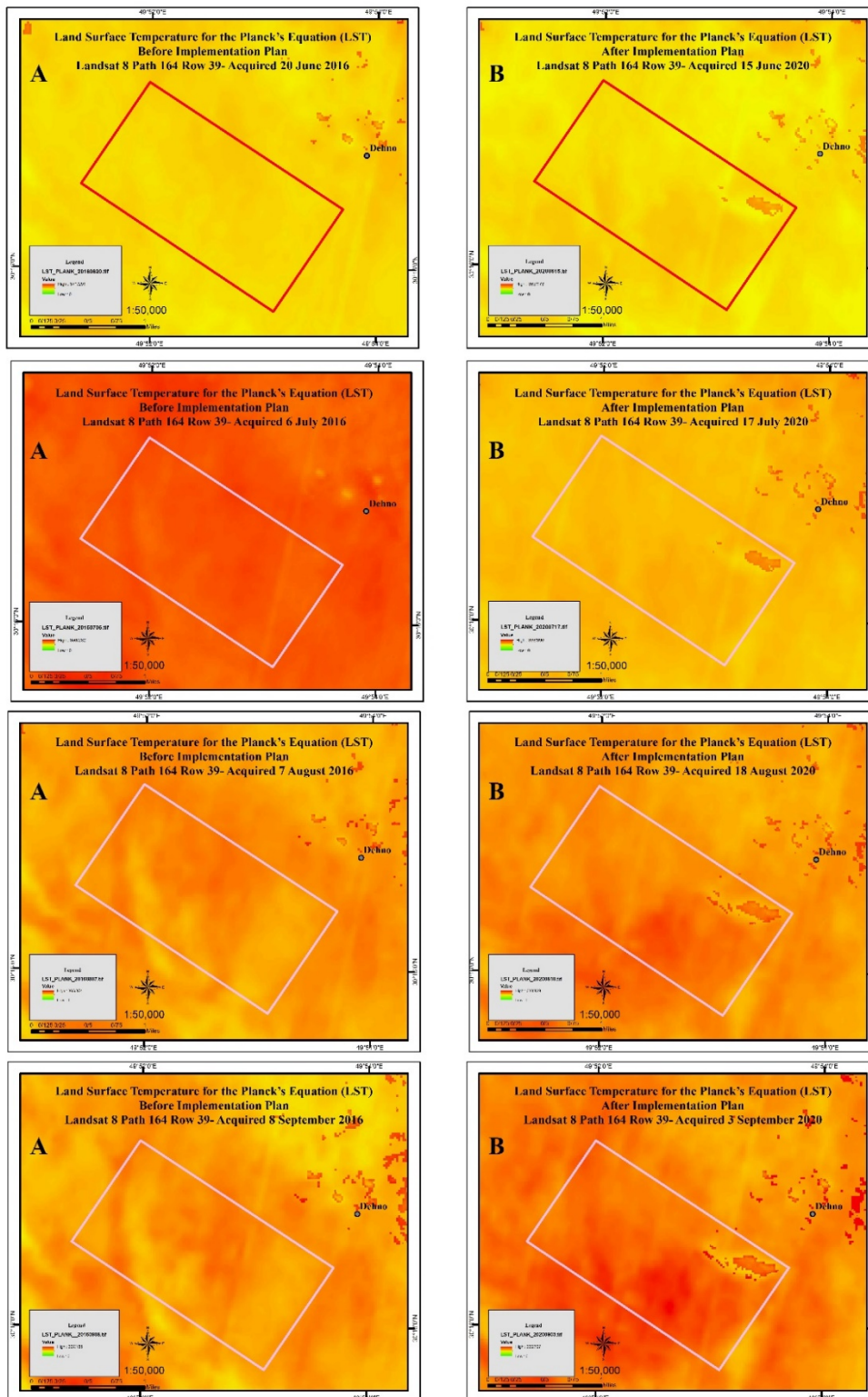
1 - Decision Tree 1

جدول ۲- دمای سطح زمین در کاربری‌های مختلف (کلوین)

ماه	سال ۲۰۱۶			سال ۲۰۲۰		
	کاربری	دمای ایستگاه	دمای سطح زمین	کاربری	دمای ایستگاه	دمای سطح زمین
مارس (اسفند)	خاک	۲۹۲	۳۰۳	خاک	۲۹۳	۳۱۲
				پوشش گیاهی		۳۰۴
				آب		۳۰۰
آوریل (فروردین)	خاک	۲۹۳	۳۰۶	خاک	۳۰۲	۳۱۹
				پوشش گیاهی		۳۱۵
				آب		۳۱۰
می (اردیبهشت)	خاک	۳۱۰	۳۲۴	خاک	۳۰۴	۳۳۰
				پوشش گیاهی		۳۲۶
				آب		۳۱۹
جون (خرداد)	خاک	۳۱۳	۳۲۳	خاک	۳۱۴	۳۲۷
				پوشش گیاهی		۳۲۸
				آب		۳۲۰
جولای (تیر)	خاک	۳۱۰	۳۲۶	خاک	۳۱۰	۳۲۴
				پوشش گیاهی		۳۲۶
				آب		۳۲۰
آگوست (مرداد)	خاک	۳۱۴	۳۲۷	خاک	۳۰۸	۳۲۸
				پوشش گیاهی		۳۲۴
				آب		۳۱۶
سپتامبر (شهریور)	خاک	۳۰۵	۳۲۴	خاک	۳۱۰	۳۲۵
				پوشش گیاهی		۳۲۱
				آب		۳۱۵



شکل ۷ - تصویر دمای سطح زمین قبل از اجرای عملیات (A) و بعد از اجرای عملیات (B) در محدوده طرح
توضیح: انتخاب ماه‌های مارس تا سپتامبر (اسفند تا شهریور) به دلیل وجود فراوانی پدیده گردوغبار در منطقه است.



ادامه شکل ۷ - تصویر دمای سطح زمین قبل از اجرای عملیات (A) و بعد از اجرای عملیات (B) در محدوده طرح توضیح: انتخاب ماه‌های مارس تا سپتامبر (اسفند تا شهریور) به دلیل وجود فراوانی پدیده گردوغبار در منطقه است.

نتیجه گیری و پیشنهادها

تعداد وقوع گردوغبار به سرعت نسبت به کاهش پوشش گیاهی و رطوبت سطحی خاک عکس العمل نشان می دهد و در سال هایی که پوشش گیاهی کاهش داشته، بر وقوع گردوغبار افزوده شده است. در محدوده مطالعاتی از یک طرف تأثیر تغییر اقلیم که با نوسانات آب و هوایی که بیشتر با کاهش میزان بارندگی، افزایش دما و خشکی، افزایش تبخیر و ترق و در نتیجه تخریب پوشش گیاهی و ایجاد طوفان های ماسه ای همراه با گردوغبار در شرایط عمومی منطقه خاورمیانه حکم فرماست، وجود دارد و از طرف دیگر در مقیاس حوزه ای، با احداث سد کوثر در اسفندماه ۱۳۸۲ (مارس ۲۰۰۴) و سد آسک در مردادماه ۱۳۸۵ (آگوست ۲۰۰۶) بر روی بالادست رودخانه هنديجان-زهره از سال ۲۰۰۴ شاهد روند تغییرات افزایشی در میزان عمق نوری هواپیزها AOD در شهرستان هنديجان و افزایش روزهای گردوغبار در دوره گرم سال و بالطبع در معرض باد قرار گرفتن حجم بالایی از رسوبات ریزدانه به همراه ایجاد جزیره گرمایی در قسمتی که قبلاً آب و رطوبت خاک باعث تعدیل حرارت آن می گشت، روبرو هستیم؛ که همه این عوامل دست به دست هم داده و به افزایش وقوع پدیده گردوغبار کمک کرده است. این مسئله با نتایج (Reynolds, 2007)، (Washington, 2005)، (Mohowald, 2003) و (Troin, 2010) که به بررسی ارتباط انتشار گردوغبار با پوشش گیاهی سطحی پرداخته و به این نتیجه رسیدند که با کاهش پوشش گیاهی بر تعداد وقوع گردوغبار افزوده می شود مطابقت دارد. در مجموع می توان گفت که با توجه به دمای بالای سطح زمین در فصول گرم و در نتیجه کاهش محسوس رطوبت سطحی خاک و خشک شدن رسوبات ریزدانه آبرفتی و محدود بودن سنگریزه به عنوان بازدارنده فرسایش خاک در دشت های این محدوده، شرایط کاملاً مناسبی برای بروز طوفان گردوغبار بخصوص در ماه های مارس تا آوریل (اسفند تا فروردین) فراهم می آید که در صورت مهیا شدن شرایط اتمسفری، این مناطق کاملاً آماده انتقال گردوغبار به اتمسفر هستند. همان گونه که قابل مشاهده است آنومالی حرارتی در زمین های بایر به واسطه عدم وجود پوشش گیاهی و رطوبت کافی، در زمان قبل از اجرای طرح در محدوده مورد نظر بالا بوده و بدین جهت استفاده از پوشش گیاهی به عنوان یک کاربری تعدیل کننده اقلیم و همچنین به عنوان عامل تثبیت کننده کانون های گردوغبار ضرورت پیدا می کند و با توجه به اینکه گرمای محسوس با دمای محیط ارتباط مستقیمی دارد کاهش آن نیز موجب کاهش دمای محیط می گردد.

پایش توزیع مکانی و زمانی تغییرات رطوبت سطحی خاک و دمای سطح زمین در محدوده طرح مشخص نمود که برای پیدا کردن راه حل و برنامه ریزی جهت اجرای عملیات مهار و تثبیت عرصه های بحرانی بر گردوغبار در سایر مناطق کشور و همچنین منطقه خاورمیانه می توان با ایجاد یک ساختار مناسب از سطح راهبردی تا سطح عملیاتی، ضمن استفاده از دانش و تجارب سایر کشورها از سازمان های بین المللی مانند UNDP، یونسکو و بانک جهانی برای تبدیل شرایط نامطلوب (دمای بالا و نبود پوشش گیاهی و رطوبت سطحی خاک) به شرایط مطلوب (دمای پائین و ایجاد پوشش گیاهی و افزایش رطوبت سطحی خاک) که عامل مهمی در تثبیت کانون های بحرانی گردوغبارهای با منشأ محلی و منطقه ای هستند استفاده نمود. همچنین نتایج این تحقیق می تواند به عنوان مبنایی برای تحلیل و تصمیم گیری های مختلف مدیریتی در بحث مدیریت منابع آب و خاک به عنوان سرمایه های ملی مورد استفاده قرار گرفته و با اتخاذ سیاست های مطلوب و درست در سایر مناطق نیز گسترش یابد.

منابع

- اژدری، ع. ۱۳۹۵. گزارش ژئوشیمی رسوبی کانون‌های گردوغبار در استان خوزستان، مدیریت زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی منطقه جنوب باختری (اهواز)، ۶۵ صفحه.
- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. ۱۳۹۷. گزارش مدل و طرح الگویی مهار و تثبیت عرصه‌های بحرانی تولید کننده گردوغبار، ۲۴۱ صفحه.
- دادرسی سبزواری، آ. آخوند علی، ع.م. رادمنش، ف. نوروزی، ع.ا. ۱۳۹۶. تخمین توزیع مکانی رطوبت سطحی خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک با استفاده از داده‌های دورسنجی. تحقیقات مرتع و بیابان. ۲۴ (۲)، ۳۷۰-۳۸۲.
- ذرتی پور، آ. فیروزی نژاد، م. ۱۳۹۷. بررسی تغییرات شاخص‌های LST، NDVI، NDMI با استفاده از تصاویر مودیس در شهرستان اهواز. سیزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران و سومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه محقق اردبیلی. ۵ صفحه.
- معتمد، آ. ۱۳۸۲. جغرافیای کوآترنر. انتشارات سمت.
- Alijani, B. 1997. Climate of Iran, PayamNoor University Press, 221 (In Persian).
- Azizi, G. Miri, M., Nabavi, A. 2012. Dust in the western half of the tracking events, Journal of Arid Regions Geographic Studies., 7:81-63 (In Persian).
- Department of the Interior U.S. Geological Survey. 2020, Landsat 8 Collection 1 (C1) Land Surface Reflectance Code (LaSRC) Product Guide, Version 3.0.
- Endossi, M.I. and Avdan, U. 2016. Application of Open Source Coding Technologies in the Production of Land Surface Temperature (LST) Maps from Landsat: A PyQGIS Plugin. mdpi/ journal/ Remote Sensing, 8 , 413 (31).
- Hassanlou , M. Mostofi, N. 2015. Investigation Urban Heat Island Estimation and Relation between various Land cover indices in Tehran city using Landsat8 Imagery, 1 ST International Electronic Conference on Remote sensing.
- <https://Code.earthengine.google.com>
- <https://earthexplorer.usgs.gov>
- Ji , L. Geng, X. Sun, K. Zhao. Y. Gong, P. Target Detection Method for Water Mapping Using Landsat 8 OLI/TIRS Imagery, mdpi/ journal/ water, 2015, 7(794-817).
- Lili Wang, a, Yuesi Wanga, Jinyuan Xin a, Zhanqing Li b, Xiaoyuan Wanga. 2010. Assessment and comparison of three years of Terra and Aqua MODIS Aerosol Optical Depth Retrieval (C005) in Chinese terrestrial regions, Atmospheric Research, 97(229-240).
- Lobell , D.B. Gregory, P. Asner, G.P. 2002. Moisture Effects on Soil Reflectance, SOIL SCI. SOC.AM.J, 66, 112-127.
- Mohowald, NM. Bryant, RG. Del-Corral, J. Steinberger, L. 2003. Ephemeral Lakes and Desert Dust Sources. Geographic Research Letters, 30(2): 1074-1083.
- Reynolds, RL. Yount, JC. Reheis, M. Goldesteni, H. Chavez, P. Fulton, R. Whintiney, J. Fuller, C. Forester, RM. 2007. Dust Emission from Wet and Dry Playas in the Mojave Desert, USA. Earth Surface Processes and Landforms, 32(12): 1811-1827.
- Robinson , D.A. Campbell, C.S. Hopmans, J.W. Hornbuckle. B.K. and Jones, S.B. 2008. Soil Moisture Measurement for Ecological and Hydrological Watershed-Scale Observatories, Vadose Zone journal. water, 358-389.
- Salah Abdul Hameed Saleh1. 2014. Estimation of PM10 Concentration using Ground Measurements and Landsat 8 OLI Satellite Image. Geophysics & Remote Sensing.
- Sobrino, JA. Jimenez-Munoz, JC. Soria, G. Romaguera, M. Guanter, L. Moreno, J. Associate Member, IEEE. Palza, A. Senior Member, IEEE, and Martinez, P. 2008. Land Surface Emissivity Retrieval From Different VNIR and TIRS Sensors, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, VOL.46, NO.2, 316-327.
- Tan, M. Li, X. Xin, L. 2014. Intensity of Dust Storms in China from 1980 to 2007: A new definition. Atmospheric Environment, 85: 215-222.
- Troin, M. Vallet-Coulomb, C. Sylvestre, F. Piovano, E. 2010. Hydrological Modelling of a Closed Lake (Laguna Mar Chiquita, Argentina) in the Context of 20th Century Climatic Changes. Journal of Hydrology, 393(3): 233-244.
- UNEP, WMO and UNCCD, 2016. Global Assessment of Sand and dust Storm, United Nations Environment Programme, Nairobi.



چهارمین کنفرانس ملی حفاظت خاک و آبخیزداری با محوریت گرد و غبار

تهران- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

۲۸ بهمن ماه ۱۳۹۹



- Wang , F. Qin, ZH. Song, C. Tu, L. Karnieli, A. Zhao, S. An Improved Mono-Window Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 Thermal Infrared Sensor Data. mdpi/ journal/ water, 2015, 7(4268-4289).
- Washington, R. Todd, MC. Engelstaedter, S. Mbainayel, S. Mitchell, F. 2006. Dust and the low level Circulation Over the Bodele Depression, Chad: Observation from BoDEX 2005 . Journal of Geographic Research: Atmospheres (1984-2012), 111(D3): 1-18.
- www.Climatology.ir