

واکاوی اثر پوشش گیاهی بر وقوع پدیده گرد و غبار (مطالعه موردی: استان هرمزگان)

سعیده ناطقی: استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

تهران، ایران

آزاده گوهردوست*: کارشناس ارشد پژوهشی، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، تهران، ایران

فرشاد سلیمانی ساردو: استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۲۷)



20.1001.1.22517812.1401.12.2.6.3

چکیده

پوشش گیاهی، نخستین و مهم‌ترین تولیدکننده هر اکوسیستم است و عوامل متعدد آن را منعکس می‌کند؛ بنابراین، با مطالعه رابطه تغییرات آن با سایر عوامل نظیر پدیده گرد و غبار می‌توان به اثر متقابل این عوامل پی برد. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر پوشش گیاهی و ارتباط آن با وقوع عمق نوری هواپزه‌های (AOD) ناشی از وقایع گردوغبار در استان هرمزگان، طی دوره مطالعه ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ با استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI، SAVI و متغیر اقلیمی است. ابتدا با کدنویسی در محیط موتور گوگل ارث (GEE)، تصویر ماهواره‌ای از محصولات گردوغبار MODIS استخراج و ضمن تهیه سری زمانی AOD، میانگین حداکثر گردوغبار ماهیانه در یک بازه زمانی بیست ساله استخراج شد. تصاویر شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و SAVI متناسب با دوره نیز از ماهواره لندست ۵، ۷ و ۸ استخراج شد. همچنین محصولات اقلیم و بیلان آب ماهانه شامل تبخیر و تعرق مرجع (پنمن - مانیت) و واقعی، رطوبت خاک، سرعت باد (در ارتفاع ده متری)، شاخص خشکسالی پالمر، کمترین و بیشترین دمای هوا و میزان بارش در محیط موتور گوگل ارث فراخوانی شد. سپس روابط همبستگی بین شاخص‌های پوشش گیاهی و متغیرهای اقلیمی با شاخص AOD محاسبه شد. نتایج حاصل از خروجی تحلیل همبستگی نشان داد که بین شاخص گردوغبار AOD و پوشش گیاهی ارتباط معنی‌داری وجود دارد. این ارتباط به ویژه در سال‌هایی که میزان گردوغبار افزایش یافته، معنی‌دار بوده است. همچنین نتایج نشان داد که شاخص NDVI در استان هرمزگان، همبستگی بالایی نسبت به شاخص SAVI با شاخص AOD دارد و بیشترین ضریب تعیین (R^2) به ترتیب مربوط به سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۱۵، ۲۰۱۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۰۶ بوده است. میزان ارتباط پوشش گیاهی با شاخص گرد و غبار در سال ۲۰۰۴ با ۸۵ درصد، بیشترین ارتباط و در سال‌های ۲۰۱۵، ۲۰۱۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۰۶ به ترتیب ۵۷، ۵۶، ۵۳ و ۵۰ درصد بوده است. همچنین در بررسی همبستگی متغیرهای اقلیمی با شاخص AOD، به ترتیب متغیرهای دمای حداقل، تبخیر و تعرق، سرعت باد و بارش، بیش از سایر متغیرهای اقلیمی در بروز حداکثر گرد و غبار ماهیانه استان هرمزگان نقش داشته‌اند. وضعیت پوشش گیاهی سطحی با مقدار AOD نیز ارتباط معنی‌داری داشت و با کاهش پوشش گیاهی، مقدار AOD افزایش یافت. در مناطقی از استان که پوشش گیاهی در آن تنک و بایر است، نسبت به سایر بخش‌های استان AOD بیشتری وجود دارد.

واژگان کلیدی: پوشش گیاهی، گرد و غبار، سیستم اطلاعات جغرافیایی، هرمزگان.

۱- مقدمه

پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های خشک، شاخصی مهم در ارزیابی محیط زیست است و در حفظ تعادل اکوسیستم‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند (Pringle et al, 2012). توفان گرد و غبار، فرایند پیچیده‌ای است که تحت تأثیر فعل و انفعالات سامانه‌های جوی قرار دارد و اساساً شرایطی مانند سرعت زیاد، خاک برهنه و هوای خشک به ایجاد آن منجر می‌شود (Mei et al, 2008). در سال‌های اخیر خطر گرد و غبار از نظر گسترش فضایی و فراوانی رخداد، افزایش چشمگیری داشته‌است. توفان گرد و غبار معمولاً در مناطق خشک عرض‌های معتدله، حاره و جنب حاره، جایی که میانگین بارش سالانه ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر است (Indoitu et al, 2012)، در نتیجه سرعت زیاد باد و تلاطم آن بر روی سطح خاک بدون پوشش و مستعد فرسایش رخ می‌دهد (Goudie, 2009).

در سال‌های اخیر به سبب فراوانی رخداد توفان‌های گرد و غبار و کثرت خسارت‌های ناشی از آن، مطالعات زیادی در دنیا و ایران انجام شده‌است. Kurosaki و Mikami (۲۰۰۵)، به بررسی رخداد گرد و غبارهای اخیر و ارتباط آن با سطح باد در شرق آسیا پرداختند. نتایج نشان داد که با افزایش سرعت باد و کاهش پوشش گیاهی در مناطق برداشت گرد و غبار در شرق آسیا، تعداد رخداد گرد و غبار افزایش یافت و در سال‌هایی که شرایط خشکسالی حاکم بود، پوشش گیاهی کاهش یافت و شدت وقوع گرد و غبار، افزایش معنی‌داری داشت. Akhzari و Haghghi (۲۰۱۵) با استفاده از مدل شبکه تابع پایه شعاعی، به ارزیابی خطر فرسایش بادی در عراق به عنوان منشأ مهم توفان‌های گرد و غبار بیشتر شهرهای غربی ایران در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ پرداختند. نتایج نشان داد که درصد پوشش گیاهی در تمامی کاربری‌ها در سال ۲۰۰۳ بیش از ۲۰۱۳ بود. Pourhashemi و همکاران (۲۰۱۶)، ارتباط پوشش گیاهی و وقوع گرد و غبار را در استان خراسان رضوی بررسی کردند. نتایج نشان داد که تعداد روزهای گرد و غبار با پراکنش پوشش گیاهی ارتباط نزدیکی دارد و با کاهش این پوشش بر تعداد رخداد گرد و غبار افزوده می‌شود. Bayat و همکاران (۲۰۱۶)، در مطالعه‌ای ارتباط تغییرات پوشش گیاهی و وقوع توفان گرد و غبار را ارزیابی کردند. نتایج بیانگر کاهش ۷/۳۶ درصدی سطح پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ بود و با افزایش گرد و غبار بعد از سال ۲۰۰۲، مجموع غلظت سالیانه ریزگردها ضریب تبیین بالایی (۰/۸۵) با شاخص NDVI داشت. نتایج مطالعات Sohrabi و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که تحلیل رگرسیونی فراوانی رخداد گرد و غبار، با پوشش گیاهی ارتباط نزدیکی دارد و با کاهش این پوشش، بر تعداد رخداد گرد و غبار افزوده می‌شود. پایش و اندازه‌گیری منظم غلظت گرد و غبار و توزیع اندازه ذرات آن، هزینه بالای این اندازه‌گیری‌ها، نقطه‌ای بودن اندازه‌گیری‌های زمینی و پیچیدگی‌های آن، کمبود ایستگاه‌های اندازه‌گیری به‌ویژه در مناطق شهری و فقدان قابلیت لازم داده‌های نقطه‌ای برای تهیه نقشه توزیع اندازه ذرات در مقیاس ناحیه‌ای یا جهانی سبب شده‌است که به مشاهدات ماهواره‌ای در پهنه‌بندی خصوصیات ذرات معلق جوی و تفکیک زمانی و مکانی قابل قبول آنها توجه ویژه‌ای شود (Guo et al, 2009).

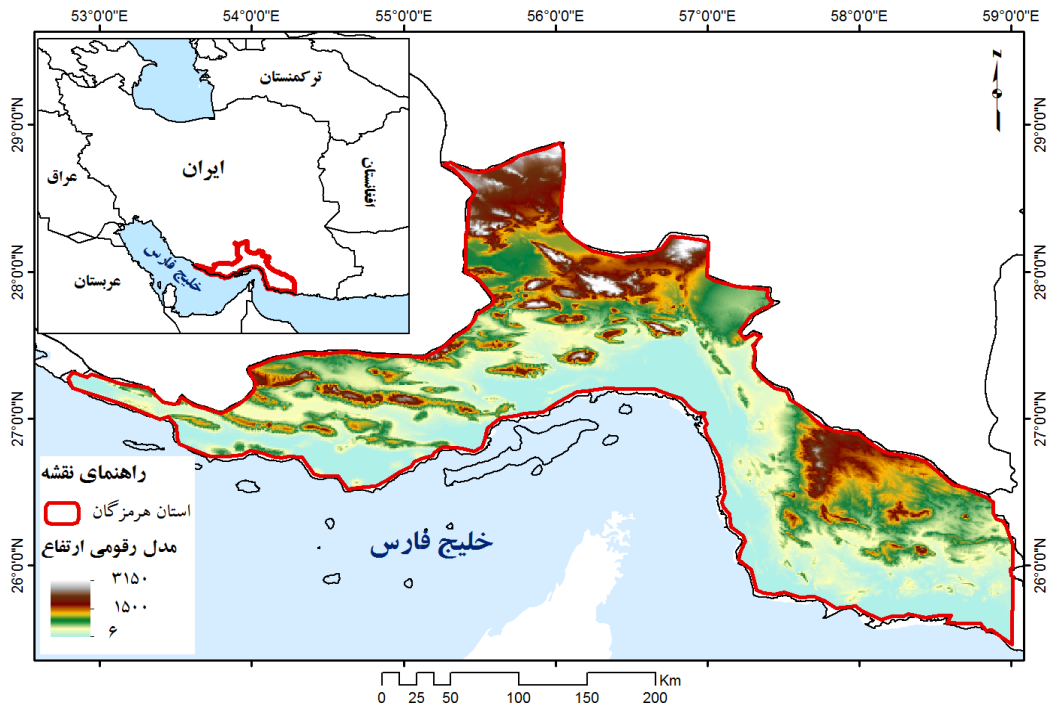
در مورد استان هرمزگان نتایج تحقیقات پیشین از جمله Khajeh و همکاران (۲۰۱۵)، حاکی از روند افزایشی پدیده گرد و غبار از سال ۲۰۰۰ به بعد است. همچنین تحلیل زمانی و مکانی گرد و غبار در ایران نشان داد که ایستگاه‌های بندرعباس و جاسک در استان هرمزگان، پس از زابل، زاهدان، بوشهر و طبس بیشترین فراوانی تعداد روزهای گرد و غباری را به خود اختصاص داده‌است (Farajzadeh Asl and Alizadeh, 2012). بنابراین، مطالعه منطقه و بررسی

رابطه بين پارامترهاى اقليمى و پوشش گياهى با پديده گرد و غبار امرى ضرورى است. Danesh-Shahraki و همكاران (۲۰۱۷)، تغييرات فصلى و مكانى ميزان گرد و غبار حمل شده از روى شهرهاى دشت سيستان و بلوچستان و ارتباط آن را با برخى از پارامترهاى اقليمى شامل سرعت باد، دماى هوا، رطوبت نسبى، بارندگى، تبخير و تعرق و ميانگين دماى خاك بررسى كردند. نتايج آنان نشان داد كه مقدار ميانگين ميزان گرد و غبار حمل شده، با سرعت باد، دماى هوا، دماى خاك و تبخير و تعرق همبستگى مثبت معنى دار داشت و با رطوبت نسبى، همبستگى منفى معنى دار. Kazemi و همكاران (۲۰۲۱)، رابطه حداكثر گرد و غبار و متغيرهاى اقليمى را در منطقه هرمزگان بررسى كردند و نتايج نشان داد كه به ترتيب متغيرهاى پوشش گياهى، رطوبت خاك و ميزان بارش، بيشترين تاثير را بر ميزان گرد و غبار داشته است. Soleimani Sardoo و همكاران (۲۰۲۱)، به تحليل روند الكوى زمانى و مكانى گرد و غبار و اثر- پذيرى آن از پوشش گياهى در حوضه جازموريان پرداختند و نتايج نشان داد كه همبستگى بين ميانگين سالانه داده‌هاى AOD و NDVI، ۰/۵۶- است كه ارتباط اين دو پديده را به صورت معكوس در منطقه تأييد مى كند.

هدف از اين پژوهش، بررسى رابطه بين حداكثر گرد و غبار ماهيانه (محصول AOD سنجنده موديس) با پوشش گياهى در استان هرمزگان است؛ به عبارت ديگر، ارتباط تغييرات پوشش گياهى در زمينه حداكثر گرد و غبار ماهيانه بررسى مى شود. در اين راستا، استخراج تصاوير با استفاده از موتور گوگل ارث انجين (GEE) در منطقه مورد مطالعه (استان هرمزگان) به صورت نمودار سري زمانى مقادير AOD و استخراج شاخص پوشش گياهى SAVI و NDVI، سپس تحليل رگرسيونى اين دو عامل، از نوآورى‌هاى اين تحقيق است.

۲- منطقه مورد مطالعه

استان هرمزگان در حفاصل بين مختصات جغرافياى ۲۵ درجه و ۲۴ دقيقه تا ۲۸ درجه و ۵۷ دقيقه عرض شمالى و ۵۳ درجه و ۴۱ دقيقه تا ۵۹ درجه و ۱۵ دقيقه طول شرقى واقع شده است. اين استان حدود ۶۸ هزار كيلومتر مربع مساحت دارد (شكل ۱). با توجه به مشخصات اقليمى و استقرار استان هرمزگان در منطقه فوق حاره‌اى، گرمى هوا مهم‌ترين پديده مشهود اقليمى است. استان هرمزگان از مناطق گرم و خشك ايران است (Paroon et al, 2019). هواى نوار ساحلى در تابستان‌ها بسيار گرم و مرطوب است و گاهى نيز دماى آن از ۵۲ درجه سانتى گراد تجاوز مى كند. دماى متوسط سالانه اين منطقه در حدود ۲۷ درجه سانتىگراد است. از ويژگى‌هاى آب و هواى استان هرمزگان، يك فصل طولانى گرم و يك فصل کوتاه خنك است؛ فصل گرم همراه با هواى شرجى ۹ ماه به درازا مى كشد و فصل خنك آن همراه با خشكى نسبى هوا در حدود ۳ ماه. ميزان رطوبت نسبى در سواحل خليج فارس نيز عمدتاً بالاست و بين بيست تا صد درصد نوسان دارد.



شکل ۱: موقعیت استان هرمزگان در کشور

۳- مواد و روش

شاخص عمق نوری هواویزها (AOD)

در این مطالعه به منظور بررسی ارتباط گرد و غبار با پوشش گیاهی، از عمق اپتیکی آئروسول (AOD) - که یکی از شاخص‌های پرکاربرد برای تحلیل و پایش ذرات معلق موجود در جو است - استفاده شد. AOD، عبارت است از توزیع ذرات معلق موجود در ستون عمودی جو به طوری که میزان بالای AOD حاکی از تراکم زیاد ذرات معلق همچون گرد و غبار در جو است (Ramanathan and Crutzen, 2003)؛ به عبارت دیگر، AOD بیانگر میزان جذب و پراکنش ناشی از ذرات معلق جو در مسیر عبوری نور است. عمق اپتیکی ذرات معلق، از اختلاف بین بازتابندگی سطح و بازتابندگی رسیده به سنجنده به دست می‌آید (Mobasheri et al, 2012).

برای مشخص کردن مناطق گرد و غباری، شاخص AOD با استفاده از رابطه ۱ نرمال شد تا اعداد شاخص بین صفر و یک قرار گیرند و مقدار عددی AOD، ۰/۵ به بالا به عنوان میزان بالای گرد و غبار در نظر گرفته شد. در رابطه ۱:

AOD تصویر AOD به دست آمده از تصاویر مادیس

Min: کمترین مقدار عددی به دست آمده از شاخص AOD

Max: بیشترین مقدار عددی به دست آمده از شاخص AOD

$$\text{AOD(normal)} = \frac{\text{AOD} - \text{Min}}{\text{Max} - \text{Min}}$$

رابطه ۱

^۱ Aerosol Optical Depth

گرد و غبار عمده دنيا مقاديرى بين ۰/۳ تا ۲/۵ دارد و براى شرايط قاره‌اى صاف (هواى صاف)، مقادير ۰/۱ تا ۰/۲ AOD را در نظر مي‌گيرند. Tao و همكاران (2020)، مقادير AOD برابر با ۰/۸ تا ۰/۹ را به‌عنوان ميزان بالاي گرد و غبار در نظر گرفتند.

به‌منظور بررسى روند تغيير AOD، در ابتدا با استفاده از محصول گرد و غبار سنجنده موديس و كدنويسى در محيط موتور گوگل ارث، تمام تصاوير ماهواره‌اى از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ (بازه زمانى بيست ساله) بررسى و نمودار سرى زمانى گرد و غبار استخراج شد. با توجه به اين نمودار، ماه و سالى كه در اين بازه زمانى بيشترين گردوغبار را داشت، تعيين شد.

پس از بررسى‌هاى انجام شده مشخص شد كه بيشترين رخداد گرد و غبار در منطقه در ماه جون، جولاي و آگوست رخ داده‌است. به همين منظور، تصاوير ميانگين سه ماه (جون، جولاي و آگوست) براى هر سال در بازه يادشده در محيط GEE كدنويسى و در فرمت رستري استخراج شد.

شاخص‌هاى پوشش گياھى

شاخص SAVI اولين بار توسط Huete در سال ۱۹۸۸ ارائه شد. از اهداف اين شاخص، به حداقل رساندن اثرات خاك پي‌زمينه بر روى سيگنال‌هاى پوشش گياھى به‌وسيله تركيب كردن فاكتر تنظيم‌كننده خاك (L) با مخرج معادله NDVI است. شاخص پوشش گياھى با تنظيم انعكاس خاك SAVI، يك شاخص گياھى عالى براى محيط‌هاى با پوشش كم است. L: شاخص تعديل‌كننده اثر خاك است كه معمولاً با سعى و خطا محاسبه مي‌شود. اگر L صفر باشد، SAVI همانند NDVI است. براى مقادير متوسط پوشش گياھى، L در حدود ۰/۵ است. در مناطقى كه پوشش گياھى تنك و كم است، L را يك در نظر مي‌گيرند. در اين تحقيق به دليل پوشش اندك منطقه، L يك در نظر گرفته شد. فاكتر (L+۱) تضمين مي‌كند كه حدود SAVI همانند NDVI بين ۱- تا ۱ باشد (Huete, 1984).
براى محاسبه شاخص، از رابطه ۲ استفاده مي‌شود:

$$SAVI = \frac{P_{NIR} - P_{RED}(1 + L)}{P_{NIR} + P_{RED} + L} \quad \text{رابطه ۲}$$

NIR: باند مادون قرمز نزديك، RED: باند قرمز و L: شاخص تعديل‌كننده اثر خاك است.
شاخص NDVI توسط Rouse و همكاران (۱۹۷۴) معرفى شد كه پوشش گياھى سبز را از خاك زمينه جدا مي‌كند (رابطه ۳).

$$NDVI = (P_{NIR} - P_{RED}) / (P_{NIR} + P_{RED}) \quad \text{رابطه ۳}$$

براى بررسى پوشش گياھى نيز از شاخص NDVI و SAVI طى دوره آمارى (۲۰۰۰-۲۰۲۰) استفاده و به صورت ميانگين سه ماه (جون، جولاي و آگوست)، در محيط موتور گوگل ارث كدنويسى شد. تمام تصاوير ماهواره‌اى، از سنجنده لندست ۷.۵ و ۸ در بازه زمانى بيست ساله ياد شده با قدرت تفكيك سى متر استخراج شد. براى محاسبه شاخص NDVI و SAVI سنجنده ETM، از باند سه (قرمز) (۰/۶۳-۰/۶۹ ميكرومتر) و باند چهار (مادون قرمز نزديك) (۰/۷۶-۰/۹۱ ميكرومتر)، و در سنجنده OLI از باندهاى چهار (۰/۶۷-۰/۶۴) و باند پنج (۰/۸۸-۰/۸۵) استفاده شد. پس از آن كه

شاخص‌های پوشش گیاهی محاسبه و نقشه‌های مربوطه تهیه شد، برای بررسی ارتباط بین گرد و غبار و پوشش گیاهی از تحلیل رگرسیونی استفاده شد. هدف از این تحلیل، بررسی رابطه بین متغیرها و پراکنش آنها بود.

متغیرهای اقلیمی

در ادامه با کدنویسی، متغیرهای اقلیمی از محصولات اقلیم و بیلان آب ماهانه دانشگاه آیداهو (Abatzoglou et al, 2018) فراخوانی شد. محصولات اقلیمی استخراج شده در مقیاس ماهانه شامل تبخیر و تعرق مرجع (پنمن - مانیتش) و واقعی، رطوبت خاک، سرعت باد (در ارتفاع ده متری)، شاخص خشکسالی پالمر، کمترین و بیشترین دمای هوا و میزان بارش در فرمت اکسل، در محیط موتور گوگل ارث فراخوانی شد که در جدول ۱، ویژگی‌های آن ذکر شده است.

جدول ۱: مشخصات داده‌های ماهواره‌ای فراخوانی شده از محصولات اقلیمی ماهانه دانشگاه آیداهو

نام کامل	توضیحات	مقیاس به درجه	واحد
Actual evapotranspiration	تبخیر و تعرق واقعی	۰/۱	mm
Palmer Drought Severity Index	شاخص شدت خشکسالی پالمر	۰/۰۱	-
Reference evapotranspiration	تبخیر و تعرق مرجع	۰/۱	mm
Precipitation accumulation	تجمع بارش	۰/۱	mm
Soil moisture	رطوبت خاک	۰/۱	mm
Minimum temperature	حداقل دمای هوا	۰/۱	°C
Maximum temperature	حداکثر دمای هوا	۰/۱	°C
Wind-speed at 10m	سرعت باد در ارتفاع ده متری از سطح زمین	۰/۰۱	m/s

برای بررسی ارتباط بین گرد و غبار و پوشش گیاهی، از تحلیل رگرسیونی استفاده شد که هدف از آن، بررسی رابطه بین متغیرها و پراکنش آنها بود. برای بررسی توزیع فضایی متغیر وابسته AOD در سطح استان، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به بررسی آمار فضایی و روابط همبستگی داده‌های گرد و غبار با شاخص‌های پوشش گیاهی پرداخته شد. در نهایت، رابطه بین پارامترها با یکدیگر با استفاده از نرم‌افزار spss ارزیابی شد.

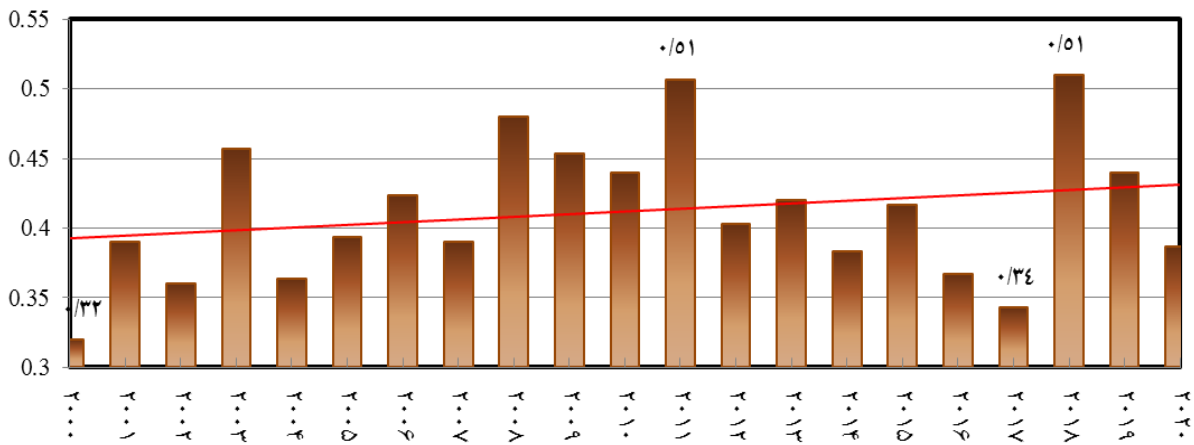
۴- نتایج

نتایج تغییرات AOD به تفکیک ماه در طول دوره مطالعاتی (۲۰۲۰ - ۲۰۲۰)، در جدول ۲ ذکر شده است. نتایج بررسی نشان داد که ماه‌های جون، جولای و آگوست، بیشترین میزان AOD را در طول دوره آماری داشت و کمترین آن در ماه دسامبر هر سال بود. از بین سه ماه، در ماه جولای بزرگ‌ترین AOD در طول دوره مطالعاتی رخ داد و شدیدترین آن، در جولای سال ۲۰۱۸ با بزرگی ۰/۶۹ و کمترین آن، در دسامبر ۲۰۰۰ بود. نتایج پژوهش Namdari و همکاران (۲۰۱۶) و Kazemi و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که بیشتر طوفان‌های گرد و غبار ایران در ماه جولای (۱۱ خرداد تا ۹ تیرماه) رخ داده است. نتایج این تحقیق نیز این مطلب را تأیید می‌کند که بیشتر طوفان‌های گرد و غبار برای سال‌های مختلف، در این ماه از سال رخ داده است. تحلیل نمودار نقطه‌ای در بازه زمانی مذکور نشان داد که بیشتر گرد و غبارهای

رخ داده در استان هرمزگان، در سالهاى ۲۰۰۳، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۸ بوده است. كمتريـن ميزان گرد و غبار نيز در بازه زـمـانـى ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در سالهاى ۲۰۰۰، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۷ رخ داده است (شکل ۲).

جدول ۲: تغييرات AOD در طول دوره مطالعه (۲۰۲۰-۲۰۰۰)

سال	ژانويه	فوريه	مارس	اپريل	مى	جون	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
۲۰۰۰	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱
۲۰۰۱	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۵۶	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۳
۲۰۰۲	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۳	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۳۶	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۲
۲۰۰۳	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۴	۰/۳۵	۰/۶۵	۰/۳۷	۰/۲۸	۰/۲	۰/۱۶	۰/۲۲
۲۰۰۴	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۳	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۳۱	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۱۷
۲۰۰۵	۰/۱۶	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۲۶	۰/۵۲	۰/۴	۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۴
۲۰۰۶	۰/۱۵	۰/۲۱	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۵۴	۰/۴۱	۰/۲۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲
۲۰۰۷	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۳۳	۰/۳	۰/۲۸	۰/۳۹	۰/۴۹	۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۲۲
۲۰۰۸	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۴	۰/۳۲	۰/۵۶	۰/۵۱	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۵
۲۰۰۹	۰/۱۸	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۵	۰/۵۵	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۱۵
۲۰۱۰	۰/۱۵	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۵۷	۰/۳۶	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۱۴
۲۰۱۱	۰/۱۷	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۴۷	۰/۶	۰/۴۵	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۱۷	۰/۱۲
۲۰۱۲	۰/۱۸	۰/۲۹	۰/۴۸	۰/۳۷	۰/۴۴	۰/۳۲	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۳۱	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۱۵
۲۰۱۳	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۳۷	۰/۲۵	۰/۳۷	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۱۴
۲۰۱۴	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۳	۰/۴۵	۰/۴	۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۱۵
۲۰۱۵	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۳۱	۰/۴۱	۰/۳۱	۰/۴	۰/۵۳	۰/۳۲	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۱	۰/۱۵
۲۰۱۶	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۳	۰/۵	۰/۲۷	۰/۳۴	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۱۳
۲۰۱۷	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۳	۰/۴۶	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۱۵
۲۰۱۸	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۴	۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۶۹	۰/۴۶	۰/۳۱	۰/۲۲	۰/۱۳	۰/۱۴
۲۰۱۹	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۳	۰/۵۳	۰/۴۹	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۱۶	۰/۱۷
۲۰۲۰	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۴۶	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۲۳	۰/۱۶



شکل ۲: تغییرات میانگین سالانه میزان AOD استان هرمزگان از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

با توجه به نتایج جدول ۲، میانگین تصاویر سه ماهه جون، جولای و آگوست محصول گرد و غبار سنجنده مودیس و برای هر سال تهیه شد (شکل ۲). بعد از استخراج تصاویر شاخص NDVI و SAVI از ماهواره لندست، همبستگی بین شاخص‌های مذکور با شاخص گرد و غبار AOD در محیط جی ای اس اندازه‌گیری شد (جدول ۴). نتایج تحلیل همبستگی شاخص SAVI نشان داد که طبق جدول ۳، بین شاخص SAVI با گرد و غبار در تمام سال‌ها رابطه ناچیز یا ضعیفی وجود داشت و در مورد شاخص NDVI، این رابطه به صورت متوسط تا قوی بود. نتایج تحلیل همبستگی نشان داد که شاخص NDVI، همبستگی بالایی نسبت به SAVI با شاخص گرد و غبار داشت. نتایج حاصل از خروجی تحلیل همبستگی نیز نشان داد که بین شاخص گرد و غبار AOD و پوشش گیاهی ارتباط معنی‌داری وجود داشت. این ارتباط به ویژه در سال‌هایی که میزان گرد و غبار افزایش یافته، معنی‌دار بوده‌است. همچنین بیشترین ضریب تعیین (R^2) به ترتیب مربوط به سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۱۵، ۲۰۱۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۰۶ بود. میزان ارتباط پوشش گیاهی با شاخص گرد و غبار در سال ۲۰۰۴ با ۸۵ درصد، بیشترین ارتباط و در سال‌های ۲۰۱۵، ۲۰۱۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۰۶ به ترتیب ۵۷، ۵۶، ۵۳ و ۵۰ درصد بود. به دلیل محدودیت تعداد صفحات برای مقایسه و بررسی وضعیت نقشه‌های پوشش گیاهی NDVI و شاخص AOD هر چهار سال در شکل ۴ نمایش داده شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در سال‌هایی که پوشش گیاهی تنک‌تر و ضعیف‌تر بود، گرد و غبار منطقه بیشتر شد. در سال‌های اخیر به خصوص سال ۲۰۲۰ به دلیل بارش مناسب در سال قبل، تراکم پوشش گیاهی افزایش یافت؛ بنابراین، از شدت گرد و غبار کاسته شد.

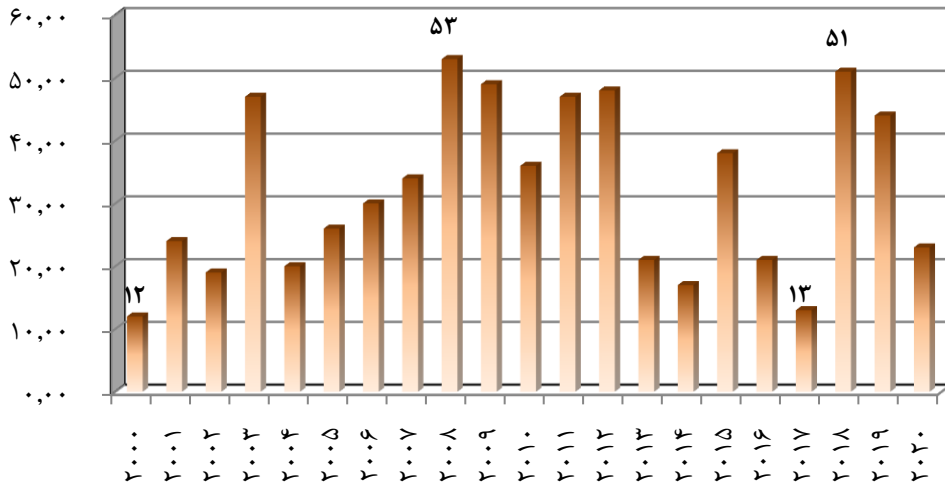
جدول ۳: شدت رابطه در همبستگی پیرسون (Schober et al, 2018)

تفسیر	شدت رابطه
رابطه بسیار قوی	۰/۹ تا ۱
رابطه قوی	۰/۷ تا ۰/۸۹
رابطه متوسط	۰/۴ تا ۰/۶۹
رابطه کم (یا ضعیف)	۰/۱ تا ۰/۳۹
فقدان رابطه یا رابطه ناچیز	صفر تا ۰/۱

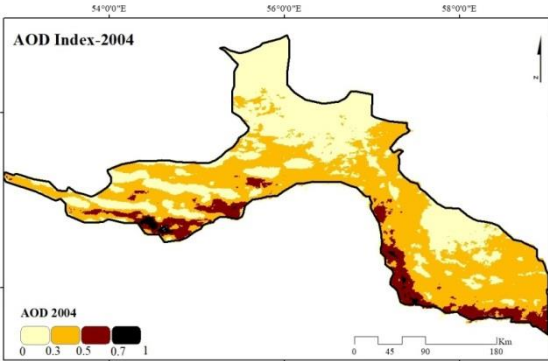
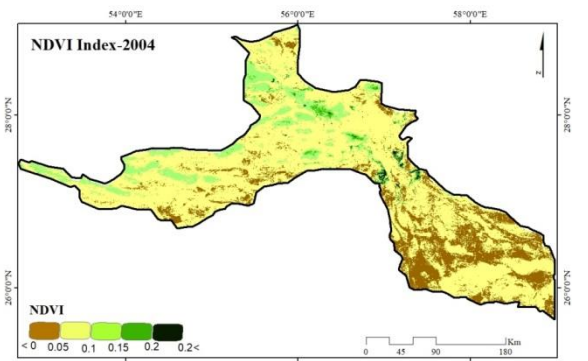
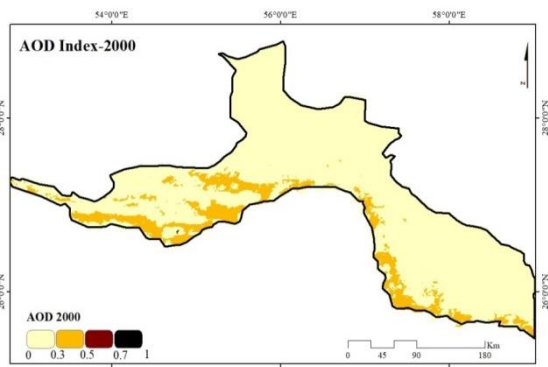
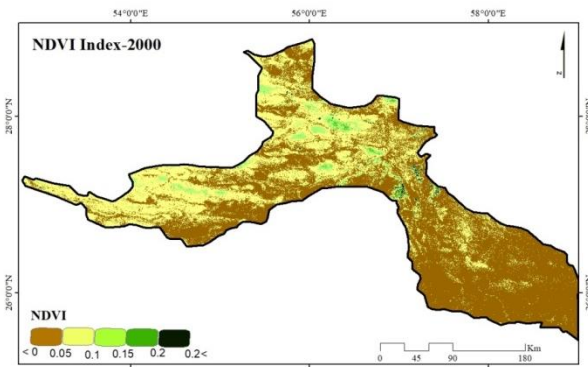
جدول ۴: نتايج تحليل همبستگى شاخص پوشش گياھى NDVI و SAVI با شاخص AOD (۲۰۰۰-۲۰۲۰)

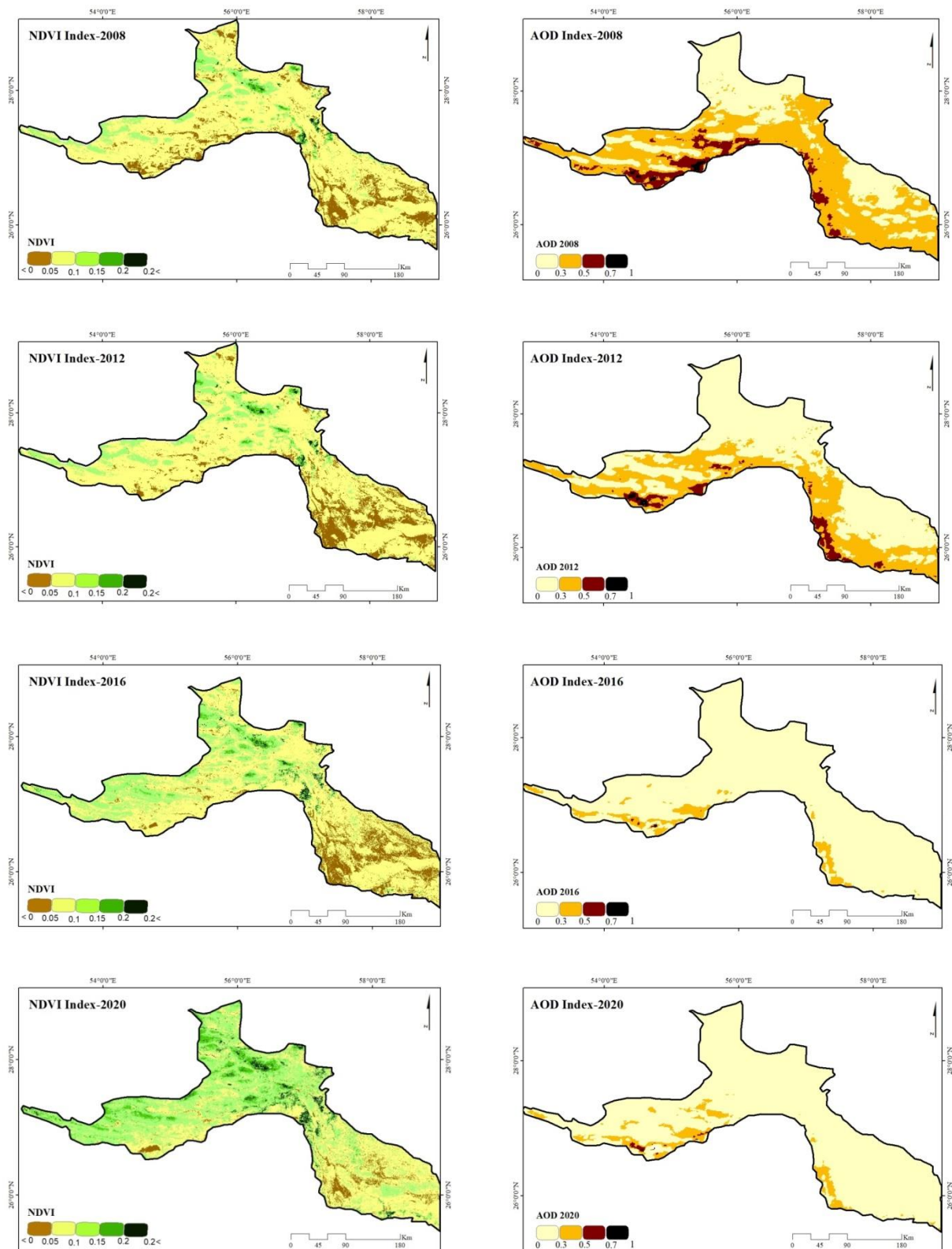
سال	Savi	Ndvi	R	R Square	Sig
۲۰۰۰	-۰/۱۳۳	-۰/۶۱۵	-۰/۵۹۹	۰/۳۵	۰/۰۳۹ *
۲۰۰۱	-۰/۲۲۶	-۰/۶۰۹	-۰/۶۵	۰/۴۲	۰/۰۲۲ *
۲۰۰۲	-۰/۲۲۶	-۰/۶۰۹	-۰/۶۸	۰/۴۶	۰/۰۳۶ *
۲۰۰۳	-۰/۴۱۰	-۰/۶۵۲	-۰/۵۷۹	۰/۳۳	۰/۰۵ *
۲۰۰۴	-۰/۵۴۹	-۰/۹۲۴	-۰/۹۲۴	۰/۸۵	۰ **
۲۰۰۵	۰/۰۶۸	-۰/۲۳۸	-۰/۲۴	۰/۰۵	۰/۴۵ ns
۲۰۰۶	-۰/۵۶۴	-۰/۷۱۶	-۰/۷۱	۰/۵۰	۰/۰۰۹ **
۲۰۰۷	-۰/۱۷۱	-۰/۴۰۵	-۰/۴	۰/۱۶	۰/۱۹ ns
۲۰۰۸	-۰/۱۲۱	-۰/۵۲۷	-۰/۵۲	۰/۲۷	۰/۰۷۲ ns
۲۰۰۹	-۰/۳۲۲	-۰/۷۳۰	-۰/۷۳	۰/۵۳	۰/۰۰۷ **
۲۰۱۰	-۰/۰۶۹	-۰/۳۶۸	-۰/۳۷	۰/۱۳	۰/۲۳ ns
۲۰۱۱	-۰/۰۷۲	-۰/۵۵۶	-۰/۵۹	۰/۳۴	۰/۰۶ ns
۲۰۱۲	-۰/۳۴۴	-۰/۶۹۰	-۰/۶۹	۰/۴۷	۰/۰۱۳ *
۲۰۱۳	-۰/۲۹۱	-۰/۶۱۰	-۰/۶۱	۰/۳۷	۰/۰۳۵ *
۲۰۱۴	۰/۰۱۳	-۰/۳۲۹	-۰/۳۲	۰/۱۰	۰/۲۹ ns
۲۰۱۵	-۰/۴۸	-۰/۷۶۱	-۰/۷۶	۰/۵۷	۰/۰۰۴ **
۲۰۱۶	-۰/۵۶۲	-۰/۷۰۳	-۰/۷	۰/۴۹	۰/۰۱ *
۲۰۱۷	۰/۲۲۸	-۰/۰۵۱	۰/۱۲	۰/۰۱	۰/۷ ns
۲۰۱۸	-۰/۵۲۷	-۰/۷۵۶	-۰/۷۶	۰/۵۶	۰/۰۰۴ **
۲۰۱۹	-۰/۲۵۲	-۰/۵۶۱	-۰/۵۶	۰/۳۱	۰/۰۵۸ *
۲۰۲۰	-۰/۰۳	-۰/۲۰۳	-۰/۲۳	۰/۰۵	۰/۵۲ ns

نتايج تغييرات پهنه‌هاى شاخص AOD در دوره مطالعاتى (۲۰۲۰-۲۰۰۰) در شكل ۴ نشان داد كه شاخص AOD در تمام سال‌ها به جز سال‌هاى ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷، داراى طبقه بالاتر ۰/۵ بود كه بيانگر وجود گرد و غبار در منطقه است. براى مشخص شدن تعداد روز گرد و غبار در دوره مورد مطالعه طبق تحقيقات صورت گرفته از اطلاعات ايستگاه‌هاى هواشناسى، مقدار عددى بالاي ۰/۵ به عنوان روز گرد و غبارى در نظر گرفته شد (شكل ۳). نتايج نشان داد كه به ترتيب سال‌هاى ۲۰۱۸، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۳، بيشترين روزهاى گرد و غبارى و سال‌هاى ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷، كمترين روز گرد و غبارى در سال است. با توجه به نتايج، بيشترين ميزان AOD در جنوب و جنوب غرب استان هرمزگان رخ داده و دقيقاً طبق نتايج شاخص NDVI، پوشش گياھى در اين مناطق در كلاس ۰/۱ - ۰ (فاقد پوشش) است. اين مطلب، وجود رابطه بين گرد و غبار و پوشش گياھى را تأييد مى‌كند. كمبود پوشش گياھى يا فقدان آن، به افزايش شاخص AOD منجر مى‌شود.



شکل ۳: تغییرات تعداد روز گرد و غبار در دوره مورد مطالعه



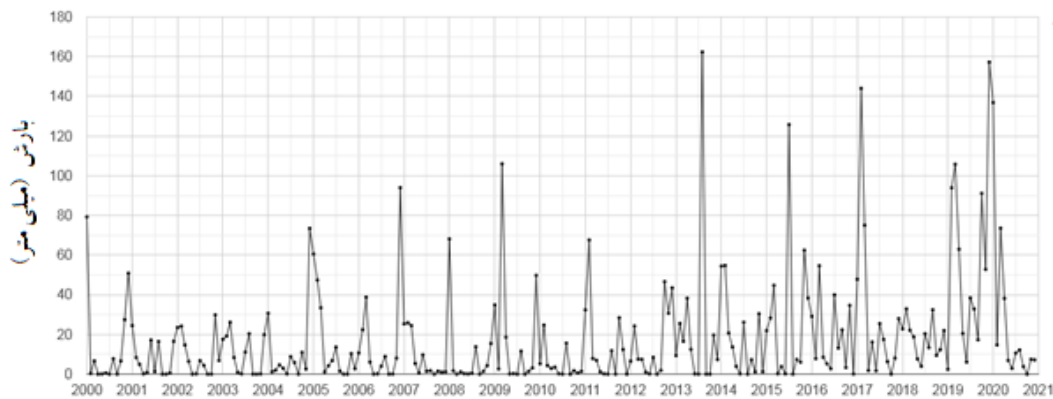


شکل ۴: تغییرات شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص AOD طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در بازه چهار سال یکبار

بعد از مشخص شدن رابطه معکوس شاخص پوشش گیاهی با شاخص AOD، به منظور بررسی بیشتر تأثیر شاخص‌های اقلیمی و آنالیز ارتباط آنها با شاخص پوشش گیاهی و گرد و غبار، از محصولات اقلیمی دانشگاه آیداهو و

کدنویسی در سامانه موتور گوگل ارث انجین، داده‌های اقلیمی از جمله بارش، سرعت باد (m.s)، تبخیر و تعرق (mm) دمای حداقل، دمای حداکثر، شاخص خشکی پالم و رطوبت خاک به صورت ماهانه برای سال‌های مورد مطالعه استخراج شد. شکل ۵، نمودار سری زمانی تغییرات میزان بارندگی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد. براساس نتایج حاصل شده به ترتیب سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۷، کمترین مقدار بارش و سال‌های ۲۰۱۹، ۲۰۱۷، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰، بیشترین مقدار بارش را داشته‌اند.

جدول ۴، همبستگی متغیرهای اقلیمی و تراکم پوشش گیاهی با شاخص گرد و غبار را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که در بین شاخص‌های اقلیمی، تبخیر، تعرق، دمای حداقل و سرعت باد بیشترین همبستگی را با شاخص گرد و غبار دارد. همچنین از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ میزان تبخیر و تعرق و دمای حداقل، با شیب ملایمی رو به افزایش است و با توجه به ارتباط مستقیمی که این عوامل با شاخص گرد و غبار دارد، به افزایش این شاخص در طول دوره منجر می‌شود. همچنین نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که بیشترین پارامتر اقلیمی تأثیرگذار بر پوشش گیاهی، به ترتیب شاخص خشکی پالم، رطوبت خاک و بارش است. با توجه به مقایسه‌های صورت گرفته بین میزان بارش و تراکم پوشش گیاهی، هر چه در سال قبل بارش بیشتر باشد، تراکم پوشش گیاهی سال بعد آن نیز بیشتر می‌شود. پس بین تراکم پوشش گیاهی و بارش منطقه، رابطه مستقیمی وجود دارد.



شکل ۵: متوسط تغییرات بارش در طول دوره مورد مطالعه (۲۰۲۰-۲۰۰۰)

جدول ۴: همبستگی متغیرهای اقلیمی و تراکم پوشش گیاهی با شاخص گرد و غبار

شاخص اقلیمی	سرعت باد (m.s)	تبخیر و تعرق mm	بارش mm	دمای حداقل	دمای حداکثر	خشکی پالمر	رطوبت خاک	ND VI	SA VI	شاخص گرد و غبار
سرعت باد	۱									
تبخیر تعرق	۰/۷۵	۱								
بارش	-۰/۲۲	-۰/۳۸	۱							
دما - حداقل	۰/۵۷	۰/۹۳	-۰/۴۱	۱						
دما - حداکثر	۰/۵۵	۰/۹۴	-۰/۴۸		۱					
شاخص - خشکی پالمر	-۰/۱۲	-۰/۱۳	۰/۵۱	-۰/۰۸	-۰/۰۹	۱				
رطوبت خاک	-۰/۰۹	-۰/۲۱	۰/۷۳	-۰/۲۳	-۰/۲۵	۰/۶	۱			
پوشش گیاهی NDVI	-۰/۱۷	-۰/۴۳	۰/۵۹	-۰/۵	-۰/۵	۰/۷	۰/۵۷	۱		
پوشش گیاهی SAVI	-۰/۰۷	-۰/۲	۰/۳۸	-۰/۲۳	-۰/۲۶	۰/۶۶	۰/۴۵	۰/۹۳	۱	
شاخص گرد و غبار	۰/۷۲	۰/۷۶	-۰/۴۸	۰/۷۳	۰/۶۸	-۰/۳۵	-۰/۴	۰/۵۷	-۰/۳	۱

۵- بحث و نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که تغییرات شاخص AOD در دوره بیست ساله (۲۰۰۰-۲۰۲۰) مورد بررسی، روند معنی داری ندارد و بیشتر تحت تأثیر عوامل اقلیمی و تراکم پوشش گیاهی استان هرمزگان است. همچنین نتایج بررسی الگوی فضایی AOD در سطح استان نشان داد که پراکنش مقدار AOD در مناطق جنوبی به سمت جنوب غربی مانند شهرستان‌های دژگان، حومه و مغویه، بیش از مناطق جنوب شرقی استان هرمزگان است.

نتایج تحقیق نشان داد که وضعیت پوشش گیاهی سطحی با مقدار AOD ارتباط معنی داری دارد و با کاهش پوشش گیاهی، مقدار AOD افزایش می‌یابد. بررسی‌ها نشان داد در مناطقی از استان که پوشش گیاهی تنک و بایر است، نسبت به سایر بخش‌های استان AOD بیشتری وجود دارد. همچنین در سال‌هایی که پوشش گیاهی به علت کاهش بارش، تراکم کمتری داشت، شدت وقوع گرد و غبار در این سال‌ها افزایش یافت که این امر با نتایج Pourhashemi و همکاران (۲۰۱۶) و Sohrabi و همکاران (۲۰۱۹) - که رابطه انتشار گرد و غبار با پوشش گیاهی سطحی را بررسی کردند و به این نتیجه دست یافتند که با کاهش پوشش گیاهی بر تعداد رخداد گرد و غبار افزوده می‌شود - مطابقت دارد. در این مطالعه بین شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و SAVI، شاخص NDVI با شاخص AOD استان هرمزگان همبستگی بالاتری را نشان داد. نتایج پژوهش Namdari و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان داد که بیشتر طوفان‌های گرد و غبار ایران در ماه جولای (۱۱ خرداد تا ۹ تیرماه) رخ داده‌اند. همچنین در تحقیق Kazemi و همکاران (۲۰۲۱)، بیشترین رخداد گرد و غبار استان هرمزگان در ماه جولای است. نتایج این تحقیق نیز این مطلب را

تأیید می‌کند که بیشترین مقدار شاخص AOD و تعداد روز گرد و غباری استان هرمزگان، در ماه جولای رخ داده است. در این تحقیق متغیرهای تراکم پوشش گیاهی، دمای حداقل، تبخیر و تعرق، سرعت باد و بارش بیش از سایر متغیرهای اقلیمی در بروز حداکثر گرد و غبار ماهیانه استان هرمزگان نقش داشتند. اما در تحقیقات دیگر میزان همبستگی متغیرهای اقلیمی با پدیده گرد و غبار بیشینه، متغیرهای متفاوتی مانند فشار بخار هوا یا حداکثر دمای هوا همبستگی بیشتری با گرد و غبار نشان داده‌اند که آن هم از مکانی به مکان دیگر متغیر است. برخی پژوهشگران معتقدند که پیدایش و شدت طوفان‌های گرد و غبار علاوه بر اینکه متأثر از شرایط اقلیمی مثل سرعت باد است، از ویژگی‌های سطح زمین مثل پوشش گیاهی، مقدار رطوبت خاک و ... نیز تأثیر می‌گیرد (Mehrabi et al, 2015). عده‌ای از پژوهشگران بر این باورند که در برخی مناطق مانند شرق آسیا، بین وقوع ریزگردها و سرعت باد در مجاورت سطح زمین همبستگی زیادی وجود دارد (Mehrabi et al, 2015). در این تحقیق با توجه به مقیاس ماهانه تحقیق، بین سرعت باد با حداکثر شاخص AOD ماهیانه ارتباط معناداری دیده شد. Masatoshi (۲۰۰۲)، معتقد است دمای بالای هوا در ایجاد شرایط مناسب برای وقوع طوفان گرد و غبار نقش مهمی دارد که با نتایج تحقیق حاضر - که همبستگی بالایی بین دمای حداقل و شاخص AOD نشان می‌دهد - مطابقت دارد. نتایج پژوهش Khajeh و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان داد که بین فراوانی رخداد گرد و غبار در شهرستان بندرعباس و داده‌های بارش سالیانه، رابطه معکوس وجود دارد. در این تحقیق، بارش به‌عنوان یکی از متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر گرد و غبار استان، تطابق نتایج ذکرشده را تأیید می‌کند.

به طور کلی، استفاده از محصولات ماهواره‌ای در مقیاس ماهانه و سالانه می‌تواند به تحلیل مکانی پدیده گرد و غبار از نظر عوامل اقلیمی و بیلان آب مناطق مختلف، کمک شایانی داشته باشد که توانمندی سامانه گوگل ارث انجین در گرفتن حجم وسیعی از داده‌ها انکارناپذیر است که با نتایج Kazemi و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد؛ از این رو توصیه می‌شود در پژوهش‌های آتی و علوم محیطی، از این سامانه و محصولات ماهواره‌ای آن به صورت گسترده‌تر استفاده شود.

منابع

1. Abatzoglou, J. T.; Dobrowski, S. Z.; Parks, S. A.; & K. C. Hegewisch, 2018. Terra Climate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015, *Journal of Scientific Data*, 5, 170-191.
2. Akhzari, D., & S. Haghighi., (2015). Effect of Vegetation Change of Source Area on Dust Storms Occurrence in the West of Iran. *ECOPERSIA*. 3(4), 1133-1143.
3. Bayat, R.; Jafari, S.; Ghermezcheshmeh, B.; & A. H. Charkhabi, 2016. Studying the effect of dust on vegetation changes (Case study: Shadegan wetland, Khuzestan), *Iranian Journal of RS & GIS for Natural Resources*, 7(2), 17-32.
4. Danesh-Shahraki, M.; Shahriari, A.; Ganjali, M.; & A. Bameri, 2017. Seasonal and spatial variability of airborne dust loading rate over the Sistan plain cities and its relationship with some climatic parameters, *Journal of Water and Soil Conservation*, 23(6), 199-215.
5. Farajzadeh Asl, M., & K. H. Alizadeh., (2012). Spatial and temporal analysis of dust storms in Iran. *Journal of Spatial Planning*. 15 (1), 65-84.

6. Goudie, A. S.: 2009. Dust storms: Recent developments, *Journal of Environmental Management*, 90, 89-94.
7. Guo, J. P.; Zhang, X. Y.; Che, H. Z.; Gong, S. L.; An, X.; Cao, C. X.; Guang, J.; Zhang, H.; Wang, Y. Q.; Zhang, X. C.; & M. Xue, 2009. Correlation between PM concentrations and aerosol optical depth in eastern China, *Journal of Atmospheric Environment*, 43(37), 5876-5886.
8. Huete, A. R.; Post, D. F.; & R. D. Jackson, 1984. Soil spectral effects and 4-space vegetation discrimination, *Journal of Remote sensing of Environment*, 15, 155-165.
9. Indoitu, R.; Orlovsky, L.; & N. Orlovsky, 2012. Dust storms in Central Asia: Spatial and temporal variations, *Journal of Arid Environments*, 85, 62-70.
10. Kazemi, M.; Nafarzadegan, A. R.; & F. Mohammadi, 2021. Investigation of the relationship between maximum dust and climatic variables using remote sensing data (Case study: Hormozgan province), *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 27 (4), 798- 812.
11. Khajeh, M.; Kheyrandish, H.; & H. Pishdad, 2015. Review the phenomenon of dust and study of effective winds on it (Case Study: Bandar Abbas, Hormozgan province), *Environmental Erosion Research Journal*, 4 (4), 37-48.
12. Kurosaki, Y., & M. Mikami. (2005). Regional difference in the characteristic of dust event in East Asia: relationship among dust outbreak, surface wind and land surface condition. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. 83(1), 1-18.
13. Masatoshi, Y., 2002. Climatology of yellow sand (Asian sand, Asian dust or Kosa) in East Asia. Science in China Series D, *Journal of Earth Sciences*, 45(1), 59-70.
14. Mehrabi, S.; Soltani, S.; & R. Jafari, 2015. Analyzing the relationship between dust storm occurrence and climatic parameters, *Journal of Water and Soil Science*, 19 (71), 69-81.
15. Mei, D.; Xiushan, L.; Lin, S.; & W. Ping, 2008. A duststorm process dynamic monitoring with multitemporal MODIS data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.*, 37, 965-970.
16. Mobasher, A.; Kalamegam, G.; Musumeci, G.; & M. E. Batt, 2014. Chondrocyte and mesenchymal stem cell-based therapies for cartilage repair in osteoarthritis and related orthopaedic conditions, *Maturitas* 78, 188–198. doi: 10.1016/j.maturitas.2014.04.017.
17. Namdari, S.; Valizade, K. K.; Rasuly, A. A.; & B. S. Sarraf, 2016. Spatio-temporal analysis of MODIS AOD over western part of Iran, *Arabian Journal of Geosciences*, 9(3), 191- 205.
18. Paroon, S.; Yavari, G. H.; & M. Rezazadeh, 2019. Climate classification of Hormozgan province using classical methods, *Journal of Quarterly of Geography (Regional Planning)*, 9 (1), 115-127.
19. Pourhashemi, S.; Beroghani, M.; Zanganeh, A.; & V. A. Amirahmadi, 2016. Analysis relation of vegetation cover on the number of dust event in Khorasan Razavi using geographic information system and remote sensing, *Iraninan Journal of RS & GIS for Natural Resources*, 6(4), 33-45.
20. Pringle, M. J.; Denham, R. J.; & R. Devadas, 2012. Identification of cropping activity in central and southern Queensland, Australia, with the aid of MODIS MODIS imagery, *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*, 19, 276- 285.
21. Ramanathan, V., & P. J. Crutzen., (2003). New directions: Atmospheric brown clouds. *Atmosphere Environment*. 37, 4033-4035.
22. Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Deering, D. W.; & J. A. Sehell, 1974. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Green wave effect) of natural vegetation. Final Rep. RSC 1978-4, Remote Sensing Center, Texas A&M Univ., College Station.

23. Schober, P.; Boer, C.; & L. A. Schwarte, 2018. Correlation Coefficients, *Journal of Anesthesia & Analgesia*, 126(5), 1763-1768. doi:10.1213/ane.0000000000002864
24. Sohrabi, T.; Vali, A. A.; Ranjbar Fordoei, A.; & S. H. Mousavi, 2019. Quantitative analysis of vegetation feedback on the occurrence of dust in arid ecosystems (Case study: Isfahan province), *Journal of Range and Watershed Management*, 71(4), 973-985.
25. Tao, M.; Li, R.; Wang, L.; Lan, F.; Wang, Z.; Tao, J.; & L. Chen, 2020. A critical view of long-term AVHRR aerosol data record in China: Retrieval frequency and heavy pollution, *Journal of Atmospheric Environment*, 223, 117246.

Investigating the Effect of Vegetation on the Occurrence of Dust Phenomenon (Case Study: Hormozgan Province)

Saeedeh Nateghi: Assistant Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Azadeh Gohardoust* : Researcher, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Farshad Soleimani Sardoo: Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Kerman, Iran

Article History (Received: 2021/07/24

Accepted: 2021/11/18)



20.1001.1.22517812.1401.12.2.6.3

Extended abstract

1- Introduction

Vegetation is the first and the most important producer of any ecosystem and reflects many factors in the ecosystem, so by studying the relationship between its changes and other factors such as dust, the interaction of factors can be understood. The purpose of this study was to investigate the effect of vegetation cover and its relationship with the occurrence of optical depth of air (AOD) caused by dust events in Hormozgan province during the study period of 2000 to 2020 by using NDVI, SAVI vegetation indexes and other climatic variables.

2- Methodology

The present research investigated the relationship between dust and vegetation. For this purpose, aerosol optical depth (AOD), which is one of the most widely-used indicators for analysis and monitoring of suspended particles in the atmosphere, was used. To determine the dust areas, the AOD index was normalized; then the numerical value of $AOD > 0.5$ was considered as the high amount of dust. For studying the trend of AOD change, by coding in the Google Earth Engine environment (GEE), the image of MODIS dust products from 2000 to 2020 (20-year period) was extracted and subsequently the dust time series diagram was prepared. According to this chart, the month and year that had the highest level of dust during this period were determined. The NDVI and SAVI indexes during the years (2000-2020) were coded for an average of three months (June, July and August) in the Google Earth engine environment and all satellite images from Landsat 5, 7 and 8 sensors were extracted with a resolution of 30 meters. Then the correlation between vegetation indices and climatic variables with AOD index were calculated.

3- Results

The results showed that June, July and August had the highest AOD index during the study period and the lowest level was in December of each year. The largest AOD occurred in July during the study period. The most severe case occurred in July 2018 with a magnitude of 0.69 and the lowest case was in December 2000. The charts illustrated that the largest level of dusts occurred in 2003, 2011 and 2018 and the lowest levels occurred in 2000, 2002 and 2017 in Hormozgan province. The results showed that, among the climatic indicators, evapotranspiration, minimum temperature and wind speed had the highest correlation with AOD index. Also, from 2000 to 2020, the rate of evapotranspiration and temperature increased with a slight slope, and due to the direct relationship between these factors and the AOD index, the AOD index increased during the period. The results of correlation between SAVI and AOD showed that there was a slight or weak relationship between them and the correlation index between NDVI and AOD showed a moderate to strong relationship.

* Corresponding Author: azade.gohardoust@gmail.com

4- Discussion & Conclusions

The results of the study indicated that the changes in the AOD index in the twenty-year period (2000-2000) have no significant trend and have been mostly influenced by climatic factors and vegetation density in Hormozgan province. Also, the results of studying the spatial pattern of AOD in the province showed that the distribution of AOD in the south to south-west is more than the south-eastern regions of the province. The results showed that the condition of surface vegetation was significantly related to the amount of AOD and their levels increased with decreasing vegetation. Studies have shown that in areas of the province where vegetation is sparse and barren compared to other parts of the province more AOD exist. Also in years when vegetation is less dense due to reduced rainfall, the intensity of dust has increased in these years. The results showed that 2018, 2008 and 2003 years showed the dustiest days and 2000 and 2017 showed the least dusty days per year. According to the results, the highest amount of AOD occurred in the south and southwest of Hormozgan province, which matched the results of NDVI index in these areas according to which vegetation is in the class of 0.1-0 (without cover). This confirms the results of the relationship between dust and vegetation.

Key Words: Vegetation, Dust, Geographic information system, Hormozgan.