

## تعیین و تحلیل روند الگوی زمانی و مکانی گردوغبار و اثرپذیری آن از پوشش گیاهی (مطالعه موردی حوضه جازموریان)

فرشاد سلیمانی ساردو<sup>۱</sup>: استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، ایران

سارا کرمی: استادیار پژوهشی، پژوهشکده هواشناسی و علوم جو، سازمان هواشناسی کشور ایران

نسیم حسین حمزه: محقق پژوهشی، دانش‌آموخته دکتری علوم هواشناسی

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۲

تاریخ مقاله (تاریخ دریافت): ۱۴۰۰/۰۳/۰۹

DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.3.7.9

### چکیده

حوضه جازموریان به لحاظ تأثیرگذاری آن بر روی جو حاکم در استان‌های کرمان، هرمزگان و سیستان و بلوچستان اهمیت زیادی دارد. وجود ذرات گردوغبار در جو می‌تواند بر روی بودجه تابشی و سیستم تنفسی انسان‌ها اثرات مختلفی داشته باشد. در این مطالعه، از داده‌های عمق نوری هواویزهای سنجنده MISR ماهواره ترا با تفکیک افقی ۰/۵ درجه، میانگین ماهانه و فصلی عمق نوری هواویزها به منظور بررسی روند تغییر AOD، و میانگین منطقه‌ای AOD سنجنده MODIS ماهواره TERRA به صورت سالانه در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ استفاده شد. از محصول آماده ضخامت نوری هواویزهای سنجنده MODIS - که از ترکیب دو الگوریتم *deep blue* و *dark targets* به دست آمده است - باهدف بررسی توزیع مکانی و تغییرات فصلی مقادیر عمق نوری هواویزها در طول موج ۵۵۰ نانومتر در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. همچنین به منظور بررسی این روند، از روش تخمین شیب سن و روش من - کندال با سطح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد استفاده شد. در ادامه به منظور بررسی اثرپذیری الگوی زمانی و مکانی گردوغبار از پوشش گیاهی در منطقه، از شاخص NDVI محصول سنجنده MODIS ماهواره ترا استفاده شد. در ادامه با استفاده از شاخص NDVI و تصاویر ماهواره‌ای، ارتباط بین شاخص AOD و پوشش گیاهی تحلیل شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در طول دوره مطالعاتی، روند افزایشی AOD در منطقه از ماه‌های آوریل تا ژوئیه مشاهده شد؛ به گونه‌ای که در بخش وسیعی از حوضه جازموریان، میانگین عمق نوری هواویزها در ماه ژوئیه به حدود ۰/۶ رسید. همچنین نتایج نشان داد که همبستگی بین میانگین سالانه داده‌های AOD و NDVI برابر ۰.۵۶ - است که ارتباط این دو پدیده را به صورت معکوس در منطقه تأیید می‌کند.

واژگان کلیدی: گرد و غبار، حوضه جازموریان، شاخص AOD، شاخص NDVI.

## ۱- مقدمه

حوضه جازموریان در جنوب شرق ایران، بخش‌هایی از استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان را شامل می‌شود. این منطقه یکی از منابع تولید گردوغبار در جنوب شرق ایران محسوب می‌شود (Mesbahzadeh et al, 2020). حداکثر انتشار گردوغبار منطقه سیستان در شرق ایران و جنوب غرب افغانستان و پاکستان، در فصل تابستان رخ می‌دهد و این طوفان‌ها، گردوغبار را از مقیاس محلی به منطقه‌ای بارگذاری می‌کنند (Rashki et al, 2012). پوشش گیاهی و نوع آن نیز در شدت وقوع گردوغبار نقش مؤثری ایفا می‌کند. بین بارش و گسیل غبار از سطح، بازخورد مثبتی وجود دارد؛ به این معنی که گسیل غبار از نواحی بیابانی، به کاهش بارندگی و این کاهش، به خشک شدن خاک و در نتیجه افزایش بیشتر غبار منجر می‌شود (Rosenfeld, 2000). وجود غبار علاوه بر تأثیری که بر میزان بارندگی دارد، در توزیع مکانی آن نیز مؤثر است (Yoshioka et al, 2007). ذرات معلق، متغیر اصلی سیستم‌های اقلیمی است که به‌طور مستقیم و غیر مستقیم بر اقلیم منطقه تأثیر می‌گذارد. این ذرات با جذب و پراکندگی تابش خورشیدی، به‌طور مستقیم بر تعادل تابش زمین تأثیر می‌گذارد (Sayer et al, 2013 & Khoshsima et al, 2013).

عمق اپتیکی آئروس (AOD)، یکی از شاخص‌های پر کاربرد برای تحلیل و پایش ذرات معلق موجود در جو است که در مطالعات مختلف از آن استفاده می‌شود. AOD<sup>۱</sup> عبارت است از توزیع ذرات معلق موجود در ستون عمودی جو؛ به طوری که میزان بالای آن، از تراکم زیاد ذرات معلق همچون گردوغبار در جو حکایت دارد (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). یکی از سنجنده‌های موجود برای استخراج این اطلاعات، سنجنده MODIS است (Soleimani et al, 2016). الگوریتم‌های اندازه‌گیری ذرات معلق با شاخص AOD به وسیله ماهواره‌ها کمک می‌کنند تا از داده‌ها و اطلاعات تابش موجود بر فراز جو به بهترین شکل استفاده شود. اصلی‌ترین مرحله در توسعه این الگوریتم‌ها، تفکیک تابش‌های ناشی از اتمسفر و زمین از مقدار تابش‌های رسیده به سنجنده است. الگوریتم‌های بازیابی MODIS برای تخمین ذرات معلق و خواص میکرو فیزیکی اتمسفر، برای حل مسائل مرتبط با ذرات معلق در مقیاس جهانی و محلی با دو الگوریتم ترکیبی Deep Blue و Dark Target توسعه داده شده‌است. این داده‌ها با داده‌های AOD ایستگاه‌های زمینی شبکه AERONET همبستگی خوبی دارد (Heidari, 2015). از جمله الگوریتم‌های شناسایی توده‌های گردوغبار در تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS، الگوریتم Deep Blue است. این الگوریتم برای شناسایی محدوده و خصوصیات طوفان‌های گردوغبار طراحی شده و مبنای آن شناسایی اهداف تیره است. در این الگوریتم فرض می‌شود که نسبت بازتابندگی سطح زمین، در بین طول موج‌های ۰/۴۷ میکرومتر و ۲/۱ میکرومتر است؛ بنابراین، الگوریتم Deep Blue بر مقایسه بازتابندگی در طول موج‌های آبی الکترومغناطیسی سطح زمین، قبل و هنگام وقوع گردوغبار استوار است. این مدل با توجه به اینکه از طول موج‌های آبی استفاده می‌کند و در این طول موج‌ها سطح مناطق بیابانی و نیمه بیابانی، توابع پراکندگی بازتابندگی دو جهتی پایینی دارد - در مقایسه با مناطق غیر بیابانی که دارای

<sup>۱</sup> Aerosol Optical Depth

پوشش‌های گیاهی است - و به خوبی می‌توان از آن برای شناسایی گردوغبار و استخراج خصوصیات مختلف آن استفاده کرد.

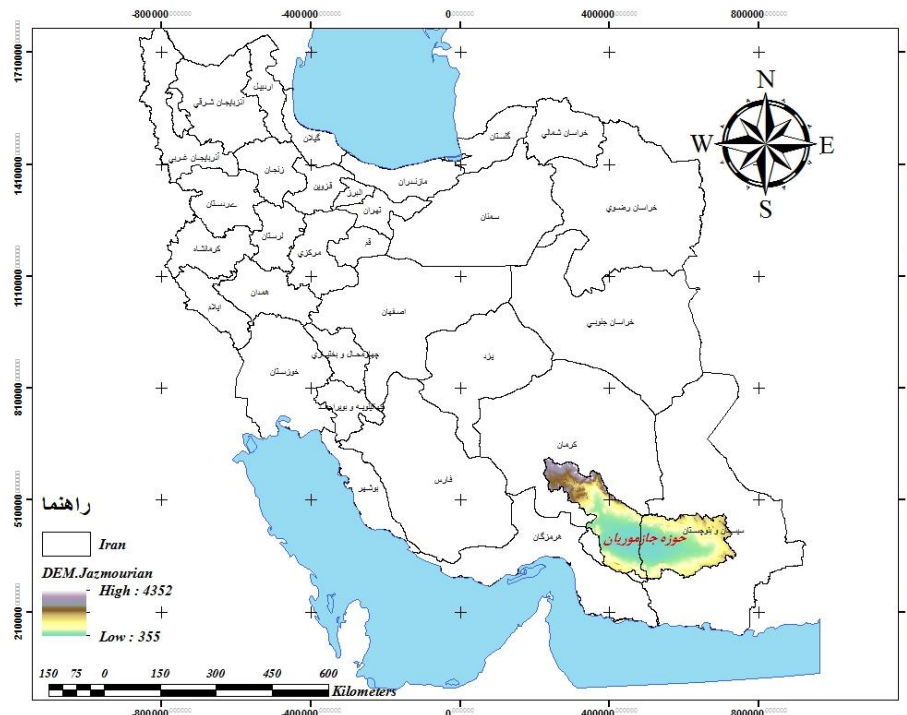
Di و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های ماهواره INSAT، به مطالعه ردیابی گردوغبار در منطقه سین کیانگ پرداختند. آنها در این مطالعه از شاخص AOD و EDI استفاده کردند و نتایج نشان داد که شاخص EDI علاوه بر میزان گردوغبار، شدت آن را نیز مشخص می‌کند و بین واقعیت زمینی و EDI همبستگی خوبی (R2: ۰/۷۸) وجود دارد. 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 پوشش گیاهی بر تعداد وقوع گرد و غبار افزوده می‌شود. Bayat و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای به بررسی تغییرات پوشش گیاهی و وقوع توفان گردوغبار پرداختند. نتایج بیانگر کاهش ۷/۳۶ درصدی سطح پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ بود و با افزایش گردوغبار بعد از سال ۲۰۰۲، مجموع غلظت سالیانه ریزگردها ضریب تبیین بالایی (۰/۸۵) با شاخص NDVI داشت. Halos و همکاران (۲۰۱۷)، تأثیر گردوغبار بر خصوصیات نوری آئروسول را در عراق مطالعه کردند. آنها در این پژوهش سه شاخص AAOD، AOD و AI را بررسی کردند و نتایج نشان داد که هر سه شاخص تقریباً از یک الگو تبعیت می‌کنند. تغییرات فصلی AAOD و AOD در ایستگاه‌های کشور عراق نشان داد که بیشترین میزان این دو شاخص در بهار و تابستان اتفاق می‌افتد و AAOD شاخص مسئول تغییر در AOD است. Ensafi Moghaddam و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از روش سنجش از دور و GIS، به پایش و ارزیابی اثرات گردوغبار بر تغییرات بارش در جنوب غرب ایران پرداختند و نتایج تحقیق نشان داد که خروجی محصول AOD حاصل از تصاویر سنجنده MODIS، الگوریتم ترکیبی Deep Blue و Dark Target، روش خوبی برای شناسایی پدیده گردوغبار در منطقه مورد مطالعه است و می‌تواند تغییرات غلظت گردوغبار را با داده‌های زمینی بسنجد و مقایسه کند. Meshkizadeh و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از تکنیک سنجش از دور (R.S)، به بررسی توزیع زمانی- مکانی عمق اپتیکی ذرات معلق هوا (AOD) در استان خوزستان پرداختند و با نقشه‌های توزیع AOD در هر چهار فصل در سال ۲۰۱۳ نشان دادند که با پیشروی از شهرستان‌های شمال شرقی به سمت جنوب غربی، مقدار AOD افزایش می‌یابد. همچنین با پیشروی به سمت مرکز استان، مقدار این شاخص در هر چهار فصل کاهش می‌یابد. Arjmand و همکاران (۲۰۱۸) نیز از شاخص‌های گرد و غبار سنجنده‌های MISR OMI TOMS و مودیس برای بررسی پدیده گرد و غبار در حوضه جازموریان واقع در جنوب شرقی کشور استفاده کردند. براساس یافته‌های حاصل از این مطالعه، زابل، جازموریان، مرز ایران و پاکستان و سواحل مکران، به عنوان کانون‌های اصلی تولید گرد و غبار در این منطقه از کشور شناسایی شد. Raispour و Khosravi (۲۰۱۹)، با استفاده از مدل MERRA-2 به تحلیل رفتار بلندمدت عمق اپتیکی آئروسول (AOD) در دشت سیستان پرداختند. نتایج این پژوهش بیانگر افت و خیزهایی در میزان این شاخص طی سال‌های آماری مورد مطالعه بود، ولی به طور کلی روند شاخص مورد مطالعه روند صعودی داشت؛ به طوری که میزان آن در سال‌های آخر دوره آماری افزایش یافت. تحلیل‌های آماری نیز تفاوت‌های معناداری را به لحاظ زمانی (سالانه، فصلی و ماهانه) و مکانی در میزان AOD نشان داد.

Karami و Asadi (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به بررسی توزیع مکانی و زمانی گردوغبار در ایران پرداختند و نتایج نشان داد که مناطق جنوب، جنوب شرقی و جنوب غربی یا به عبارتی نیمه جنوبی کشور با توجه به موقعیت نسبی خود مانند عرض جغرافیایی پایین و قرار گرفتن مناطق بیابانی در این مناطق، در تمام فصول سال گردوغبار دارند؛ حتی در فصل زمستان که پدیده گردوغبار در تمام کشور به حداقل خود می‌رسد، در جنوب شرق کشور گردوغبار با شدت‌های متفاوت وجود دارد. Li و همکاران (۲۰۲۰)، تأثیرات هواشناسی و پوشش گیاهی را بر غلظت گردوغبار سطحی در کشورهای خاورمیانه ارزشیابی کردند و نتایج نشان داد که تغییرات آب و هوایی و شرایط پوشش گیاهی، با تغییر در سطح گردوغبار در مناطق خشک همراه است. Mirakbari و Ebrahimi Khusfi (۲۰۲۰) با استفاده از شاخص AOD، به بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی ذرات معلق جو در جنوب شرق ایران پرداختند. نتایج نشان داد که میانگین AOD، سالانه بین ۰/۱۴ تا ۰/۵۳ متغیر است که بالاترین مقدار آن، در سال ۱۳۸۲ و کمترین آن، در سال ۱۳۹۵ اتفاق افتاده است. Deep و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای دو شاخص AOD و EI را در منطقه‌ای از هند به صورت ماهانه، فصلی و سالانه بررسی کردند. نتایج نشان داد که حداکثر میزان فصلی AOD، در قبل از فصل مانسون ۰/۲۳ ± ۰/۰۶ و حداقل آن، ۰/۰۹۹ ± ۰/۰۲ در بعد از فصل مانسون بوده است. Kazemi و همکاران (۲۰۲۱)، رابطه بیشینه گردوغبار و متغیرهای اقلیمی را در منطقه هرمزگان مطالعه کردند و نتایج نشان داد که به ترتیب متغیرهای پوشش گیاهی، رطوبت خاک و میزان بارش، بیشترین تأثیر را بر میزان گردوغبار داشته‌اند.

هدف از این پژوهش، تحلیل زمانی و مکانی گردوغبار و اثرپذیری آن از پوشش گیاهی و بارش در منطقه جازموریان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای دو شاخص AOD و NDVI است.

## ۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مختصات عرض جغرافیایی ۲۶° ۳۳' تا ۲۹° ۳۶' شمالی و طول جغرافیایی ۵۶° ۱۶' تا ۶۱° ۲۶' شرقی و با مساحت ۶۹۳۷۴ کیلومتر مربع، در استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان واقع شده است. بارندگی متوسط سالیانه این حوضه، حدود ۱۷۲ میلی‌متر است. ارتفاع بلندترین نقطه این محدوده، ۴۳۵۹ متر و پست‌ترین نقطه آن، ۳۵۴ متر از سطح آزاد دریا است (Ahmadi et al, 2019). به‌طور کلی، سازندهای منطقه مورد مطالعه به دوران سنوزوئیک بازمی‌گردد که مقاطعی از سازندهای دوره‌های کواترنر و ترشیاری در آن فراوان است. عمده‌ترین کاربری‌های اراضی نیز شامل مراتع ضعیف و اراضی بایر است. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

### ۳- مواد و روش

در این پژوهش، نخست با استفاده از داده‌های عمق نوری هواویزهای سنجنده MISR ماهواره ترا با تفکیک افقی ۰/۵ درجه، میانگین ماهانه و فصلی عمق نوری هواویزها در حوضه جازموریان تعیین شد. به منظور بررسی روند تغییرات AOD، میانگین منطقه‌ای AOD سنجنده MODIS ماهواره TERRA به صورت سالانه در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ نشان داده شد و با روش تخمین شیب سن و روش من-کندال با سطح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد محاسبه شد. میزان تغییرات پوشش گیاهی در منطقه، با استفاده از میانگین سالانه شاخص NDVI در منطقه جازموریان بررسی شد. از آنجا که میزان بارش یکی از عوامل مؤثر بر وقوع رخداد‌های گردوغبار است، مقادیر میانگین سالانه آهنگ بارش ماهواره TRMM نیز بررسی شد. در نهایت به منظور بررسی میزان تأثیر تغییر پوشش گیاهی بر گردوغبار، همبستگی بین میانگین سالانه داده‌های AOD و NDVI و به منظور بررسی تأثیر بارش سالانه بر پوشش گیاهی، همبستگی بین میانگین سالانه داده‌های آهنگ بارش و NDVI محاسبه شد (شکل ۲).

جدول ۱: داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده

نوع داده	ماهواره	تفکیک
AOD	MISER/TERRA	۰/۵ درجه
AOD	MODIS/TERRA	۱ درجه
NDVI	MODIS/TERRA	۰/۰۵ درجه
آهنگ بارش	TRMM	۰/۲۵ درجه

### ۱-۳- عمق نوری هواویزها AOD

عمق نوری یا ضخامت نوری هواویزها، پارامتری بی‌بعد است که میزان عبوردهی پرتو نور در جو را نشان می‌دهد و بیانگر میزان جذب و پراکنش ناشی از هواویزها در مسیر عبور نور است. مقادیر بالای ضخامت نوری، بیانگر انباشت بالای هواویزها در ستون جو و در نتیجه دید افقی کمتر است. محصول ضخامت نوری هواویزهای سنجنده MODIS، از ترکیب دو الگوریتم *deep blue* و *dark target* به ترتیب برای سطوح روشن و اراضی کشاورزی با هدف بررسی توزیع مکانی و تغییرات فصلی مقادیر عمق نوری هواویزها در طول موج ۵۵۰ نانومتر در منطقه مورد مطالعه تولید می‌شود. الگوریتم *dark target*، به بازیابی داده‌های ضخامت نوری هواویزها بر روی اراضی کشاورزی تحت شرایط هوای صاف - که در آن بازتاب سطحی در کانال‌های مرئی (۰/۴۷ و ۰/۶۵ میکرومتر) و فرسرخ نزدیک (۲/۱ میکرومتر) دارای مقادیر کمی است - می‌پردازد؛ این در حالی است که الگوریتم *Deep Blue (DB)*، داده‌های ضخامت نوری هواویزها را بر روی سطوح روشن با در نظر گرفتن خواص سطوح تیره در کانال‌های آبی (۰/۴۷ و ۰/۴۱۲ میکرومتر) و جذب ضعیف گردوغبار در طول موج قرمز بازیابی می‌کند.

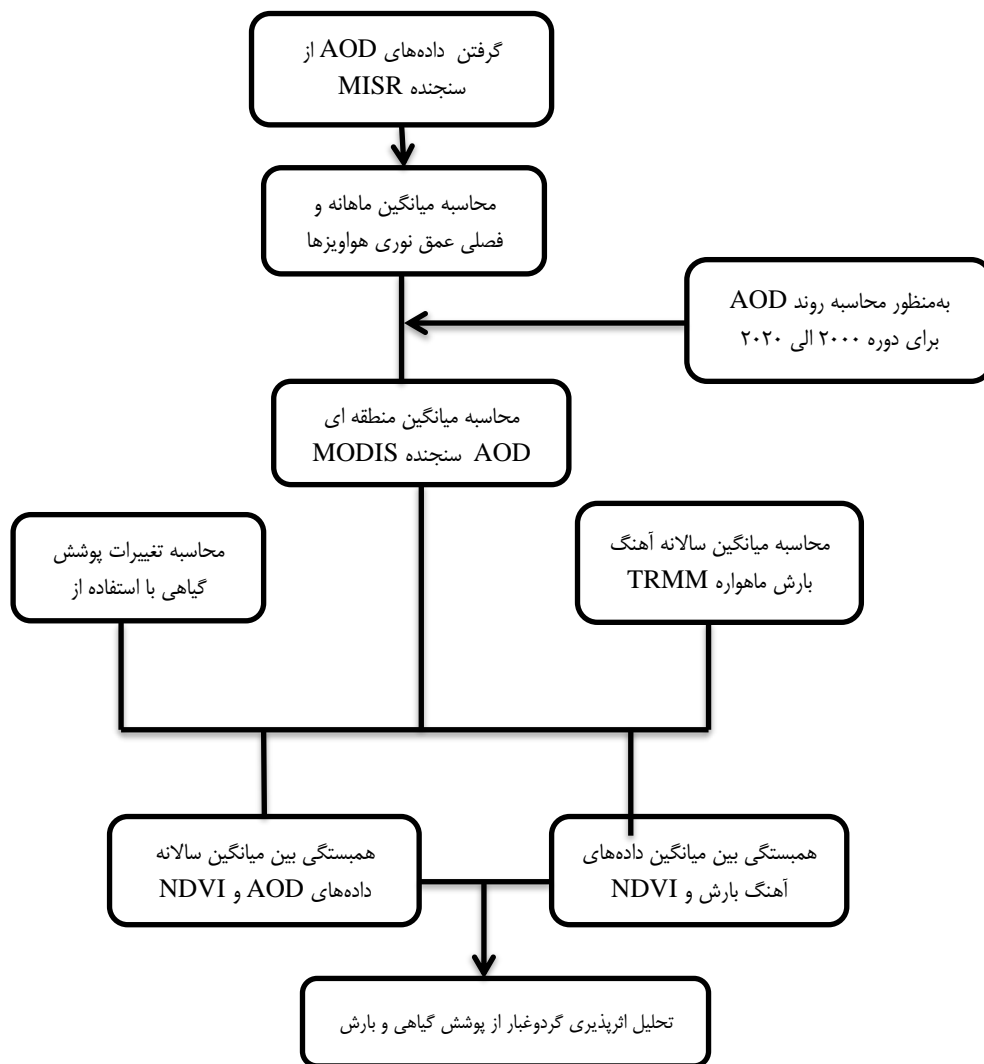
### ۲-۳- شاخص NDVI

پوشش گیاهی به‌نوعی از پوشش زمینی گفته می‌شود که توسط گیاهان ایجاد شده‌است. پوشش گیاهی به‌صورت *Enhanced Vegetation Index (EVI)*، *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* و کسر پوشش اندازه‌گیری می‌شود. شاخص NDVI توسط Rouse و همکاران (۱۹۷۴) معرفی شده‌است که پوشش گیاهی سبز را از خاک زمینه جدا می‌کند. فرمول ریاضی NDVI عبارت است از:

$$NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS)$$

رابطه ۱

که در آن، NIR تابش نزدیک مادون‌قرمز و VIS تابش طول‌موج مرئی است.



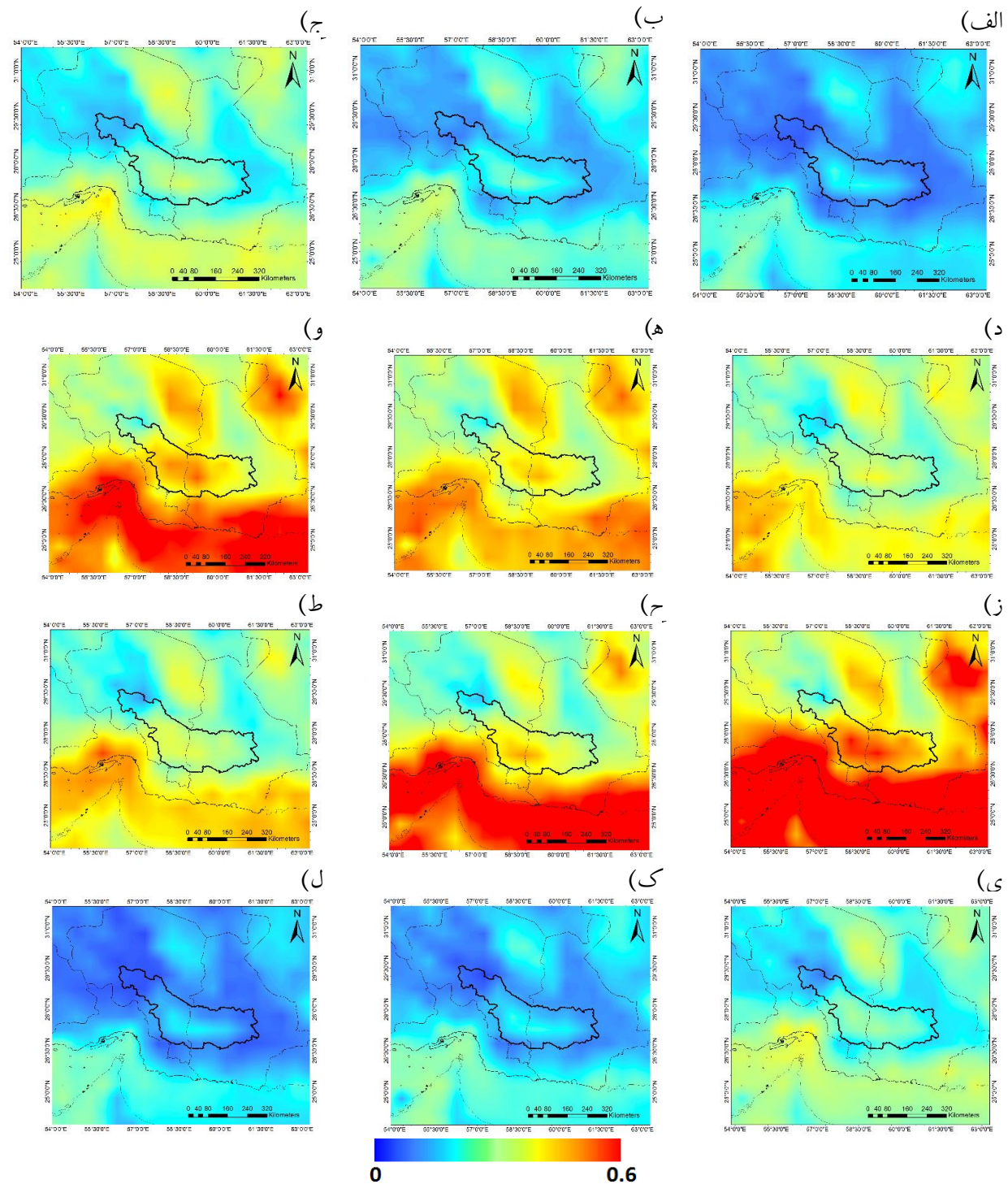
شکل ۲: نمودار فرآیندی روش مطالعاتی پژوهش

#### ۴- یافته‌ها (نتایج)

##### ۴-۱- تعیین الگوی زمانی و مکانی رخداد گردوغبار در حوضه جازموریان

مقادیر میانگین ماهانه عمق نوری هواویزها در دوره زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، در شکل ۲ نشان داده شده است. در ماه ژانویه، مقادیر AOD در مرکز حوضه جازموریان واقع در مرز دو استان سیستان و بلوچستان و کرمان اندکی بیش از سایر بخش‌ها است. در ماه‌های فوریه تا ژوئیه نیز افزایش AOD در منطقه مشاهده می‌شود؛ به گونه‌ای که در بخش وسیعی از این حوضه، میانگین عمق نوری هواویزها در این ماه به حدود ۰/۶ رسیده است. از ماه اوت به تدریج مقادیر AOD کاهش می‌یابد تا در ماه دسامبر تنها در مناطق مرکزی حوضه، مقادیر کوچکی از آن مشاهده می‌شود که در شکل ۳ نشان داده شده است.

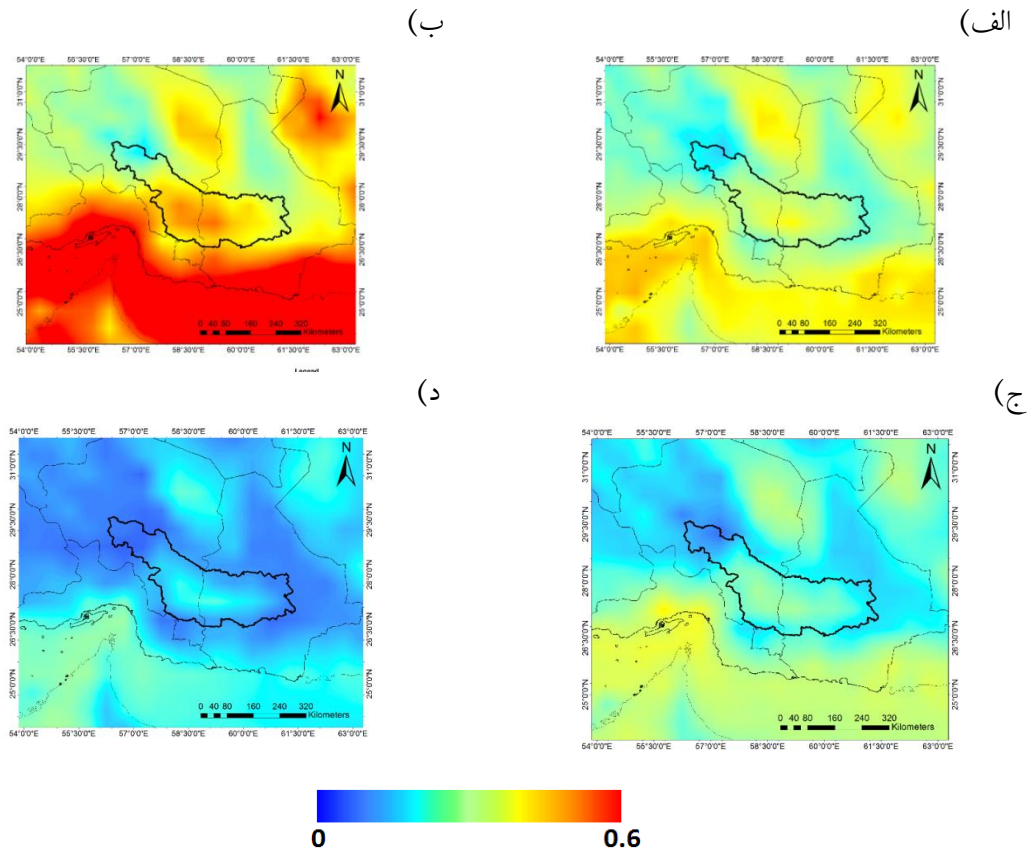




شکل ۳: میانگین ماهانه عمق نوری هواویزها در (الف) ماه ژانویه، (ب) ماه فوریه، (ج) ماه مارس، (د) ماه آوریل، (ه) ماه مه، (و) ماه ژوئن، (ز) ماه ژوئیه، (ح) ماه اوت، (ط) سپتامبر، (ی) اکتبر، (ک) نوامبر و (ل) دسامبر در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

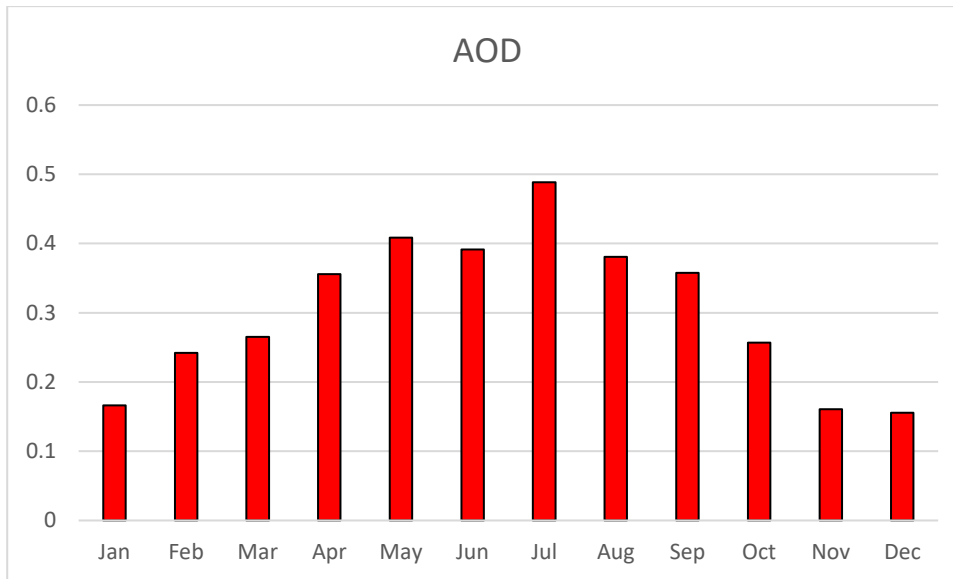


شکل ۴، مقادیر میانگین فصلی عمق نوری هواویزها در دوره زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد. همان‌طور که انتظار می‌رود، حداکثر میزان AOD در این منطقه در فصل تابستان مشاهده می‌شود و پس از آن، فصل بهار در رتبه دوم قرار دارد. این مقدار در فصل‌های پاییز و زمستان نیز به صورت قابل توجهی کاهش یافته است.



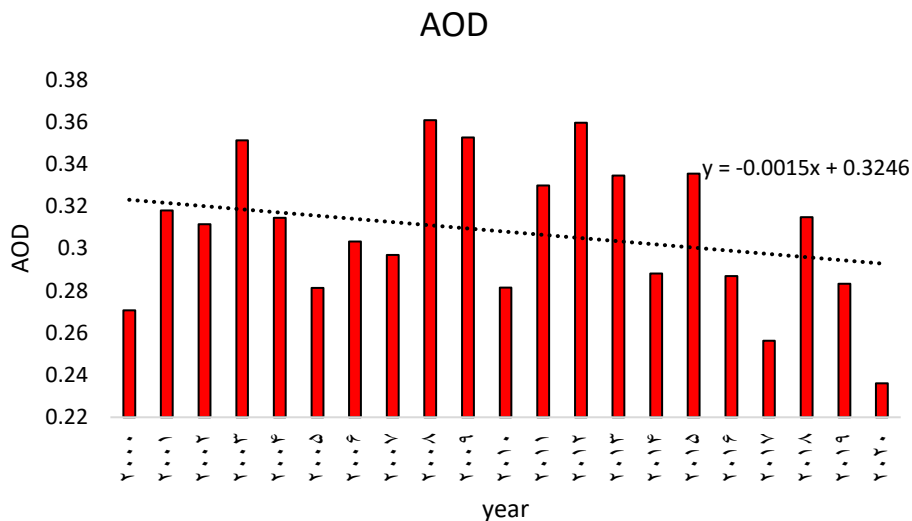
شکل ۴: میانگین فصلی عمق نوری هواویزها در فصل (الف) بهار، (ب) تابستان، (ج) پاییز و (د) زمستان در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

مقادیر میانگین ماهانه AOD در منطقه در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ (شکل ۵) نشان می‌دهد که به طور کلی بیشترین مقادیر AOD، در ماه ژوئیه و پس از آن ماه‌های ژوئن و اوت مشاهده شده است.



شکل ۵: مقادیر متوسط ماهانه AOD در منطقه جازموریان از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

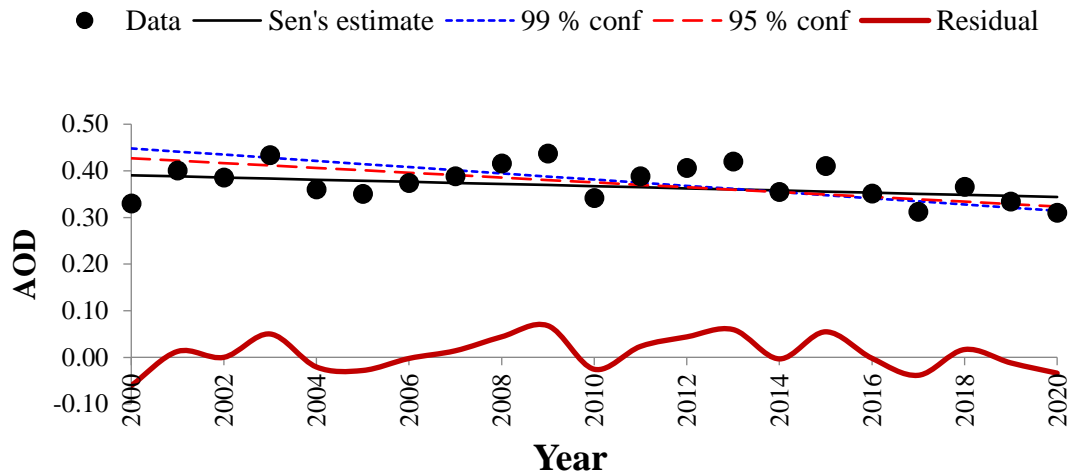
شکل ۶، مقادیر AOD متوسط سالانه را در منطقه جازموریان از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهد. شیب خط رگرسیون خطی، منفی است که کاهش بودن روند میانگین سالانه عمق نوری ذرات را نشان می‌دهد. بیشترین میزان متوسط سالانه AOD در این منطقه، در سال ۲۰۰۸ و پس از آن در سال ۲۰۱۲ مشاهده شده است. میزان متوسط سالانه AOD در سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۲۰ نیز کاهش محسوسی در این منطقه داشته است.



شکل ۶: مقادیر AOD متوسط سالانه در منطقه جازموریان از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

#### ۲-۴- تعیین روند تغییرات سالانه عمق نوری هواویزها در دوره مورد مطالعه

در شکل ۷، میانگین سالانه AOD سنجنده MODIS ماهواره TERRA نشان داده شده است. آزمون تخمین سن، شیب خط رگرسیون را  $-0.0023$  تخمین زده است. خط رگرسیون مربوط به روش من-کندال نیز با سطح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد نشان داده شده است. همچنین مقدار باقیمانده در این شکل نیز نمایش داده شده است.



شکل ۷: خطوط تخمین سن و من-کندال با سطح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد و مقادیر باقیمانده از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

جدول ۲، شیب خط رگرسیون با تخمین سن و روش من-کندال با سطح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد را نشان می‌دهد. بیشترین شیب خط، مربوط به روش من-کندال با سطح اعتماد ۹۹ درصد است. شیب خط تخمین سن نیز به شیب رگرسیون خطی بسیار نزدیک است و هر دو تقریباً یک عدد را نمایش می‌دهند. با وجود اینکه مقادیر شیب خط بسیار کوچک است، اما هر دو روش، بیانگر شیب خطی منفی و کاهش بودن روند تغییرات AOD در این منطقه است.

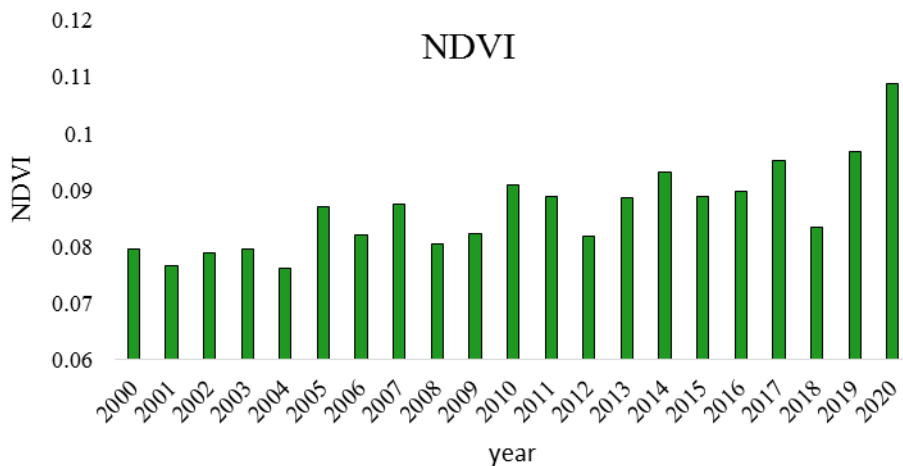
جدول ۲: شیب خط در آزمون‌های مورد استفاده

شیب خط (Q)	نوع آزمون
$-0.0023$	سن (Sen's Slope)
$-0.005$	من-کندال با سطح اعتماد ۹۵ درصد
$-0.007$	من-کندال با سطح اعتماد ۹۹ درصد

#### ۳-۴- بررسی اثر میزان بارش و پوشش گیاهی بر رخداد گردوغبار در منطقه

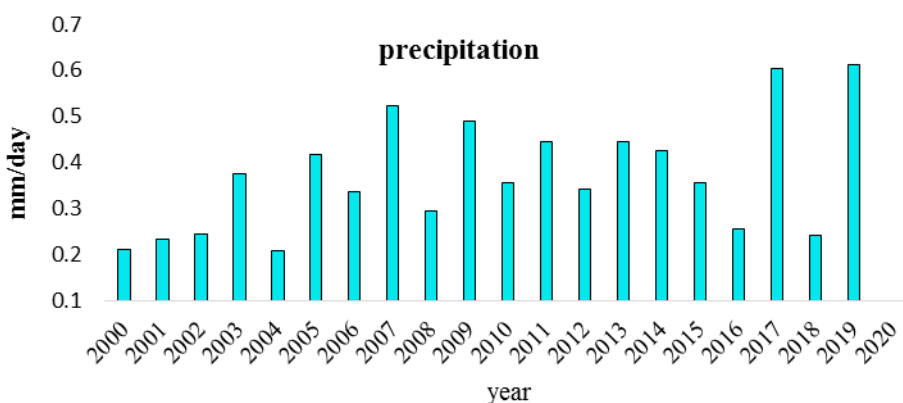
در این بخش به منظور بررسی پوشش گیاهی در منطقه جازموریان، از مقادیر شاخص NDVI متوسط سالانه سنجنده MODIS ماهواره TERRA و برای بررسی میزان بارش، از مقادیر میانگین سالانه آهنگ بارش ماهواره TRMM استفاده شده است. شکل ۸، مقادیر NDVI متوسط سالانه سنجنده MODIS ماهواره TERRA در منطقه جازموریان را از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، در سال‌هایی که مقادیر میانگین عمق نوری ذرات زیاد بوده، مقادیر

NDVI کم بوده است؛ به عنوان مثال، در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ که مقادیر AOD بیش از سال‌های دیگر بود، مقادیر میانگین سالانه NDVI کاهش نشان داد. بررسی‌ها نشان داد که مقادیر میانگین سالانه عمق نوری ذرات در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۱۷، کمتر از سال‌های دیگر بود؛ با وجود اینکه در همین سال‌ها، مقادیر میانگین سالانه NDVI بیش از سال‌های دیگر بود.



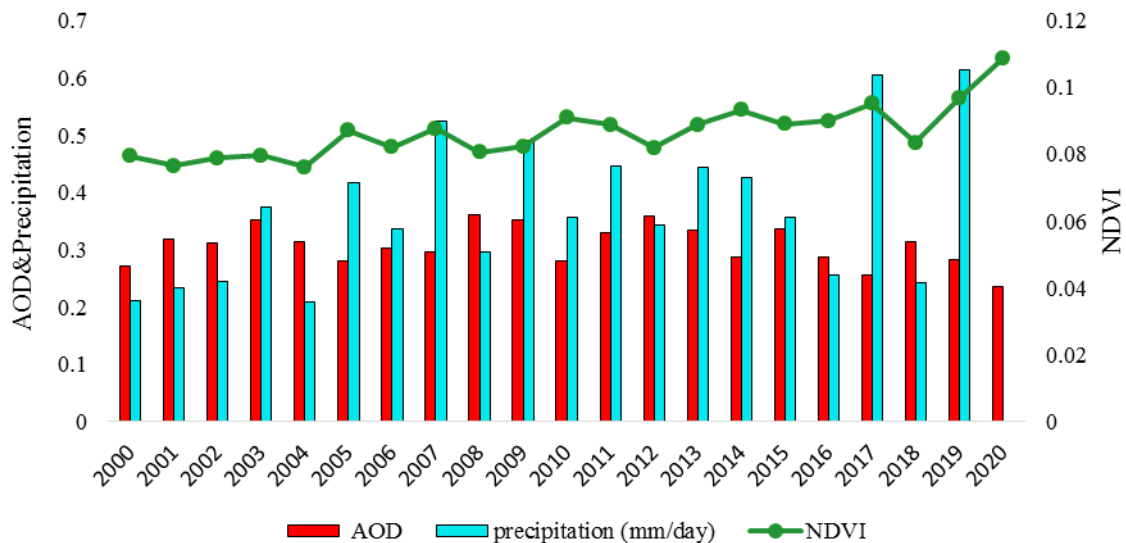
شکل ۸: مقادیر NDVI متوسط سالانه سنجنده MODIS ماهواره TERRA در منطقه جازموریان از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

شکل ۹، مقادیر میانگین سالانه آهنگ بارش ماهواره TRMM در منطقه جازموریان را از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ نشان می‌دهد. مقادیر میانگین سالانه آهنگ بارش در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۱۷، بیش از بقیه سال‌ها بود که با مقادیر میانگین سالانه NDVI توافق داشت. مقادیر این کمیت در دهه دوم مورد بررسی نسبت به دهه اول نیز بیشتر است.



شکل ۹: مقادیر آهنگ بارش ماهواره TRMM در منطقه جازموریان از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹

به منظور مقایسه بهتر ارتباط میان کمیت‌ها، هر سه کمیت بر روی یک نمودار در شکل ۱۰ نشان داده شد. نتایج نشان داد در سال‌هایی که بارندگی در منطقه افزایش داشت، افزایش پوشش گیاهی و کاهش نسبی AOD نسبت به سال‌های قبل نیز مشاهده می‌شد. ذکر این امر لازم است که در برخی سال‌ها با افزایش بارندگی و پوشش گیاهی، میزان AOD کاهش چندانی نشان نداده که می‌توان گفت میزان AOD علاوه بر فعالیت چشمه محلی گردوغبار، ناشی از ورود ذرات گردوغبار چشمه‌های گردوغبار سایر مناطق به منطقه مورد مطالعه است و تغییرات AOD، صرفاً ناشی از تغییرات بارش و پوشش گیاهی در منطقه نیست.



شکل ۱۰: مقادیر میانگین سالانه آهنگ بارش، NDVI و AOD در منطقه جازموریان از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

بررسی آماری ارتباط عمق نوری هواویزها با میزان بارش و پوشش گیاهی در منطقه جدول ۳، همبستگی بین داده‌های آهنگ بارش و NDVI و همبستگی بین مقادیر میانگین سالانه AOD و NDVI را نشان می‌دهد که با استفاده از نرم‌افزار اکسل محاسبه شده است. همبستگی بین میانگین سالانه داده‌های AOD و NDVI، برابر ۰/۵۶- است که همبستگی بالایی دارد و معکوس یکدیگر است و نشان می‌دهد که با افزایش یکی، مقادیر دیگری کاهش می‌یابد. همچنین همبستگی بین میانگین سالانه داده‌های آهنگ بارش و NDVI، برابر با ۰/۷۸ است که همبستگی بالا بین این دو کمیت را نشان می‌دهد و افزایش هر کمیت، به افزایش دیگری منجر می‌شود. مقادیر ضریب تعیین برای آهنگ بارش و NDVI، برابر ۰/۵۴ و برای AOD و NDVI، برابر ۰/۴۱ است که قابل قبول می‌باشد.

جدول ۳: همبستگی بین داده‌های ماهواره‌ای

کمیت	همبستگی	ضریب تعیین $R^2$
آهنگ بارش و NDVI	۰/۷۴	۰/۵۴
NDVI و AOD	- ۰/۶۳	۰/۴۱

## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

مقادیر میانگین ماهانه عمق نوری هواویزها در دوره زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهد که در ماه ژانویه مقادیر AOD در مرکز حوضه جازموریان واقع در مرز دو استان سیستان و بلوچستان و کرمان، اندکی بیش از سایر بخش‌ها است. در ماه‌های فوریه تا ژوئیه نیز افزایش AOD در منطقه مشاهده می‌شود؛ به گونه‌ای که در بخش وسیعی از حوضه جازموریان، میانگین عمق نوری هواویزها در این ماه به حدود ۰/۶ رسیده است. از ماه اوت به تدریج مقادیر AOD کاهش می‌یابد تا در ماه دسامبر تنها در مناطق مرکزی حوضه، مقادیر کوچکی از AOD مشاهده می‌شود. همچنین مقادیر میانگین ماهانه AOD در منطقه در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهد که بیشترین مقدار AOD، در ماه ژوئیه مربوط به سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۱ و در ماه ژوئن مربوط به سال ۲۰۰۸ است که نسبت به سایر سال‌ها تفاوت قابل توجهی دارد. بررسی مقادیر میانگین فصلی عمق نوری هواویزها در دوره زمانی مورد بررسی نشان می‌دهد که حداکثر میزان AOD در این منطقه، در فصل تابستان و پس از آن در فصل بهار مشاهده می‌شود و در فصل‌های پاییز و زمستان به صورت قابل توجهی کاهش یافته است. همبستگی بین میانگین سالانه داده‌های AOD و NDVI، برابر با ۰/۵۶ - به دست آمد که مقدار بالایی داشت و معکوس یکدیگر بود و نشان داد که با افزایش یکی، مقادیر دیگری کاهش می‌یابد.

Pourhashemi و همکاران (۲۰۱۵)، در مطالعه‌ای به بررسی تغییرات پوشش گیاهی و تعداد رخداد‌های گردوغبار پرداختند. نتایج آنها نشان داد که تعداد وقوع گردوغبار، با پراکنش پوشش گیاهی ارتباط نزدیکی دارد و با کاهش پوشش گیاهی، بر تعداد وقوع گردوغبار افزوده می‌شود که نتایج این تحقیق را تأیید می‌کند. Bayat و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیق بررسی تأثیر طوفان‌های گردوغبار بر پوشش گیاهی تالاب شادگان، نتایج این مطالعه را تأیید کردند. نتایج آنها نشان داد که روند تغییرات بین میزان غلظت گردوغبار با پوشش گیاهی در یک، دو، سه، چهار و پنج ماه قبل از تهیه شاخص فوق، به صورت کاهشی بود و رابطه بین غلظت گردوغبار یک ماه قبل با درصد پوشش گیاهی شاخص (SAVI)، با ضریب ۰/۹۹ بیشترین همبستگی را نشان داد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. همچنین همبستگی بین میانگین سالانه داده‌های آهنگ بارش و NDVI، برابر با ۰/۷۸ است که همبستگی بالا بین این دو کمیت را نشان می‌دهد و افزایش هر کمیت به افزایش دیگری منجر می‌شود. Sharma و همکاران (۲۰۰۹)، به بررسی مشاهدات ماهواره یا رخداد گردوغبار شدید روی شمال شرق هند و ارتباطش با شرایط هواشناسی در تاریخ ۱۷ مارس ۲۰۰۹ پرداختند. نتایج نشان داد که در دو ماه قبل از وقوع توفان، شرایط آب و هوایی خشک و بدون بارش بوده است که نتایج این تحقیق، مبنی بر تأثیرگذاری گردوغبار و پوشش گیاهی از آهنگ بارش را تأیید می‌کند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که شاخص AOD شاخص مناسبی برای تحلیل داده‌های گردوغبار است و از اثرپذیری معنی‌دار این شاخص از پوشش گیاهی مشخص می‌شود که تخریب پوشش گیاهی، در توسعه کانون‌های گردوغبار و افزایش مقدار آن در جو نقش به‌سزایی دارد.



## منابع

1. Ahmadi, H.; Moradi, A.; Ismailpour, Y.; & H. Gholami, 2019. Evaluation of land sensitivity to desertification using the system dynamics approach in Jazmourian watershed, *Journal of Water and Soil Conservation Research*, 26(2), 211-224.
2. Arjmand, M.; Rashki, A.; & H. Sargazi, 2018. Monitoring of spatial and temporal variability of desert dust over the Hamoun e Jazmuriian, Southeast of Iran based on the Satellite Data, *Geographical Information*, 27(106), 153- 168. (In Persian)
3. Asadi, M., & M. Karami., (2019). Spatial and Temporal Distribution of Dust in Iran. *Journal of Environmental Researches*. 19(10), 293-300.
4. Bayat, R.; Iranmanesh, F.; & R. Kazemi, 2021. Investigating effect of dust storms on the vegetation of Shadegan Wetland. *Environ. Water Eng]*, 7(1), 1–13. DOI: 10. 22034/ jewe. 2020. 246746. 1414
5. Bayat, R.; Jafari, S., Ghermezcheshmeh, B.; & A. H. Charkhabi, 2016. Studying the effect of dust on vegetation changes (Case study: Shadegan wetland, Khuzestan), *Iraninan Journal of RS & GIS for Natural Resources*, 7(2), 17-32.
6. Deep, A.; Pandey, C.; Nandan, H.; Singh, N.; Yadav, G.; Joshi, P. C.; Purohit, K. D.; & S. C. Bhatt, 2021. Aerosols optical depth and Ångström exponent over different regions in Garhwal Himalaya, India, *Journal of Environ Monitoring Assessment*, 193: 324. Doi. Org/ 10. 1007% 2Fs10661-021-09048-4.
7. Di, A.; She, L.; Xue, Y.; Yang, X.; Leys, J.; Guang, J.; Mei, L.; Wang, J.; Hu, Y.; He, X.; Che, Y.; & C. Fan, 2016. Dust Aerosol Optical Depth Retrieval and Dust Storm Detection for Xinjiang Region Using Indian National Satellite Observations, *Journal of Remote Sensing*, 8, 702. doi:10.3390/rs8090702.
8. Ensafi Moghaddam, T.; Khoshakhlagh, f.; Shamsipour, A. A.; Akhavan, R.; Safarrad, T.; & F. Amiraslani, 2017. Monitoring and Assessing of Dust Occurance Effects on Precipitation Variations in South-West of Iran Using Remote Sensing and GIS, *Iranian Journal of Remote Sencing & GIS*, 9(2), 79-98.
9. Halos, S. H.; Al-Taai, O.; & M. Al-Jiboori, 2017. Impact of dust events on aerosol optical properties over Iraq, *Arab Journal Geo science*, 10, 263. DOI 10.1007/s12517-017-3020-2.
10. Heidari, P., 2015, Development of depth extraction model Particle Optics with High Spatial Resolution, Master Thesis, Sharif University of Technology, Faculty of Civil Engineering.
11. 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.
12. Khoshsima, M.; Akbari Bidokhti, A.; & F. Givi, 2013. Evaluation of aerosol optical depth using visibility and remote sensing data in urban and semi urban areas in Iran, *Journal of the Earth and Space Physics*, 39(1), 163- 174.
13. Li, J.; Garshick, E.; Hemoud, c.; Huang, S. H.; & P. Koutrakis, 2020. Impacts of meteorology and vegetation on surface dust concentrations in Middle Eastern countries, *Journal of Science of The Total Environment*, 712, 136597.
14. Meshkizadeh, P.; orak, N.; & J. Morshedi, 2016. Assessment and compare the spatial-temporal distribution of aerosol optical depth (AOD) in the Khuzestan province, using remote sensing (R.S), *Journal of Geography and Environmental Studies*, 5(17), 69-78.
15. Mirakbari, M., & Z. Ebrahimi Khusfi., (2020). Investigation of spatial and temporal changes in atmospheric aerosol using aerosol optical depth in Southeastern Iran. *Journal of RS & GIS for Natural Resources*. 11(3), 87-105.
16. Mobasheri, M.; Ghorbani, R.; & M. Rahimzadegan, 2012. Assessment of the MODIS Data Ability in Quantitative and Qualitative Analysis of Air Quality in Urban Area, *Journal of Climate Research*, 1(3), 59- 72.

17. Pourhashemi, S.; Broghni, M.; Zangane asadi, M. A.; & A. Amirahmadi, 2015. Analysis relation of vegetation cover on the number of dust event in Khorasan Razavi using geographic information system and remote sensing, *Journal of Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources*, 6(4), 33-45.
18. 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.
19. Raispour, K., & M. Khosravi., (2019), Analysis of Long Term Behavior of Aerosol Optical Depth (AOD) in Sistan Plain Using MERRA-2 Model, International Dust Conference in Southwest Asia, Zabol.
20. Ramanathan, V., & P. J. Crutzen., (2003). New directions: Atmospheric brown clouds. *Atmospheric Environment*, 37(28), 4033-4035.
21. Rashki, A. R.; Kaskaoutis, D. G.; Rautenbach, C. J.; Dew, E.; Patrick, G.; Qiang, M.; & P. Gupta, 2012. "Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan", *Journal of Aeolian Research*, 5, 51-62.
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. Sayer, A. M.; Hsu, N.; Bettenhausen, C.; & M. J. Jeong, 2013. Validation and uncertainty estimates for MODIS Collection 6 "Deep Blue" aerosol data, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(14): 78647872. doi:<https://doi.org/10.1002/jgrd.50600>.
24. Sharma, A. R.; Kharol, S. K.; & K. Badarinath, 2009. Satellite observations of unusual dust event over North-East India and its relation with meteorological conditions, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 71(17), 2032-2039.
25. Soleimani, A.; Asgari, M.; Dadelahi, A.; Elmizadeh, H.; & H. Khazaie, 2016. Evaluation of optical depth from MODIS satellite imagery in the Persian Gulf, *Marine Science and Technology*, 14(4), 75- 83.

# Determining and analyzing the temporal and spatial trend of dust and its effect on vegetation and precipitation (Case study of Jazmourian Basin)

Farshad Soleimani Sardoo<sup>1</sup>: Assistant Professor, Department of Ecological Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Iran

Sara Karami: Research Assistant, Institute of Meteorology and Atmospheric Sciences, Meteorological Organization of Iran, Tehran, Iran

Nasim Hossein Hamzeh: Researcher, PhD in Meteorology

Article History (Received: 2021/05/30

Accepted: 2021/08/03)

## Extended abstract

### 1- Introduction

Jazmourian basin in southeastern Iran includes parts of Kerman and Sistan, and Baluchestan provinces. This region is one of the sources of dust production in southeastern Iran. The maximum dust emissions in the Sistan region occur in eastern Iran, southwestern Afghanistan, and Pakistan in the summer, and these storms load dust from local scales to regions. Vegetation and its type also play an important role in the severity of dust. There is positive feedback between precipitation and dust emission from the surface; This means that the dust from desert areas reduces rainfall and decreases rainfall, causes the soil to dry out, and further increases dust. In addition to the effect on rainfall, the presence of dust is also effective in its spatial distribution.

### 2- Methodology

In this study, first, using the optical depth data of the MISR sensors of Terra satellite with a horizontal separation of 0.5 degrees, the monthly and seasonal average optical depth of the aerators in the Jazmourian basin is determined. In order to study the trend of AOD change, the average AOD regions of TODRA satellite MODIS sensor are shown annually in the period 2000 to 2020, and the regression line slope was calculated by age estimation method and Mann-Kendall method with 95% and 99% confidence levels. The amount of vegetation changes in the region has been studied using the annual average of the NDVI index in the Jazmourian region. Since precipitation is one of the factors affecting the occurrence of dust events, the average annual precipitation rates of the TRMM satellite have also been studied. Finally, to investigate the effect of vegetation change on dust, the correlation between the average annual data of AOD and NDVI data and the correlation between the average annual rainfall data and NDVI was calculated to investigate the effect of annual rainfall on vegetation.

### 3- Results

The monthly average values of the optical depth of air vents were in the period 2000 to 2020. In January, AOD values in the center of the Jazmourian Basin, located on the border of Sistan and Baluchestan and Kerman provinces, are slightly higher than in other parts. From February to July, an increase in AOD is observed in the region so that in large parts of the Jazmourian Basin, the average optical depth of air vents in this month has reached about 0.6. Since August, AOD values have gradually decreased until December; only in the central areas of the basin, small amounts of AOD are observed. As expected, the maximum AOD in this region is observed in summer, and then in spring is in second place. The amount of AOD has decreased significantly in autumn and winter. According to the results, NDVI values were low in years

<sup>1</sup> Corresponding author : f.soleimani@ujiroft.ac.ir

when the mean optical depth of the particles was high. For example, in 2008 and 2012, when AOD values were higher than in other years, the average annual NDVI values decreased. Interestingly, the average annual values of optical particle depth in 2020 and 2017 were lower than in other years, but in the same years, the average annual NDVI values are higher than in neighboring years. The results show that in the years when there is an increase in rainfall in the region, an increase in vegetation and a relative decrease in AOD compared to previous years are also observed. It should be noted that in some years, with increasing rainfall and vegetation, the amount of AOD has not decreased much that it can be said that the amount of AOD, in addition to the activity of local dust sources, is due to dust particles from other areas to the study area and AOD changes only Not due to changes in rainfall and vegetation in the area.

#### **4- Discussion & Conclusions**

The average monthly light depth values of air vents in the period from 2000 to 2020 show that in January, the AOD values in the center of Jazmourian Basin, located on the border of Sistan and Baluchestan and Kerman provinces, are slightly higher than other sectors. From February to July, an increase in AOD is observed in the region so that in large parts of the Jazmourian Basin, the average optical depth of air vents in this month has reached about 0.6. From August, when small amounts of AOD were observed only in the central areas of the basin, AOD values gradually decreased until December. Also, the average monthly AOD values in the region in the period 2000 to 2020 show that the highest AOD values in July are related to 2003 and 2001, and in June are related to 2008, which is significantly different from other years. Examination of the seasonal average values of the optical depth of air vents in the period under study shows that the maximum amount of AOD in this region is observed in summer and then spring, and AOD values in the autumn and winter seasons have decreased significantly.

**Key Words:** dust, Jazmourian Basin, AOD Index, NDVI Index