

مقدمه

طی سال‌های اخیر، طوفان‌های گرد و غبار به اصلی‌ترین معضل جوامع انسانی تبدیل شده و منجر به خسارات زیادی در حوزه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی، سلامت شده است [۱۱، ۲۳]. همچنین احتمال افزایش وقوع آن در سال‌های آتی ایجاب می‌کند که با تحقیق، برنامه‌ریزی و ارائه راهبردهای مناسب از تشدید آن جلوگیری کرد. بر اساس گزارش کنوانسیون مقابله با بیابانزایی ملل متحد، ۲۰۱۵، تحت تاثیر طوفان‌های گرد و غبار هر ساله بالغ بر ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلیون تن خاک در سطح جهان منتشر و جابجا می‌شود. این پدیده در هر منطقه دارای فرایند خاص خود بوده اما در طول دهه‌های اخیر در اغلب نقاط جهان روند افزایشی داشته است [۱۶]. از عوامل اصلی و موثر در رخداد پدیده گرد و غبار، موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی منشاء و مناطق تحت تاثیر این پدیده است. قرارگیری ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهان و از طرف دیگر مجاورت با کشورهایی چون عربستان، عراق و سوریه که دارای فقر پوشش گیاهی بوده و به دلیل بارش اندک و دمای بالا اغلب مساحت این کشورها از بیابان تشکیل شده است، منجر به این می‌شود که کشور ایران نیز در معرض گرد و غبار خارجی ناشی از شرایط بیابانی، ناپایداری هوا و جریان باد در کشورهای همسایه قرار گیرد [۳، ۵]. از طرف دیگر استفاده نامطلوب از منابع طبیعی و محیط زیست توسط انسان در داخل کشور و همچنین خشکسالی‌های متناوب اقلیمی نیز منجر به تشدید پدیده گرد و غبار به شکل گرد و غبار داخلی می‌شود [۱۲].

جهت مطالعه منشاء و مناطق تحت پوشش غبار، استفاده از ابزارها و تکنیک‌های سنجش از دور ضروری است [۱، ۱۰، ۲۲]، و با استفاده از شاخص‌هایی از قبیل عمق لایه نوری می‌توان بطور نسبتاً دقیق مسیر حرکت گرد و غبار و مناطق تحت تاثیر گرد و غبار را مشخص کرد [۶]. برای مطالعه پدیده گرد و غبار، به تصاویر ماهواره‌ای با پوشش وسیع و تکرار زمانی زیاد نیاز است. لذا سنجنده مادیس^۵ از ماهواره‌های آکوا^۶ و ترا^۷، با سطح پوشش مکانی بالا و تکرار تصویربرداری روزانه، بهترین گزینه است. یکی از محصولات سنجنده مادیس، عمق اپتیکی گرد و غبار^۸ است که در سال‌های

بررسی پدیده گرد و غبار در استان گلستان، با تاکید بر شاخص عمق اپتیکی و سمت و سرعت باد

سمانه رضوی‌زاده^۱، حمیدرضا عباسی^۲ و فاطمه درگاهیان^۳
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۸

چکیده

در پژوهش حاضر به مطالعه پدیده گردوغبار و روند تغییرات سالانه و فصلی آن در استان گلستان با استفاده از فنون سنجش از دور و گلبارهای منطقه‌ای، در یک بازه زمانی ۱۸ ساله (۱۳۷۹-۱۳۹۶) اقدام شد. بدین منظور از شاخص عمق نوری گرد و غبار (AOD) مربوط به سنجنده MODIS استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که در سال ۱۳۸۸ شاهد بالاترین مقدار AOD متوسط سالانه (معادل ۰/۳۲۱) بوده‌ایم که نشان‌دهنده بیشترین شدت و غلظت گرد و غبار است. همچنین به لحاظ تغییرات فصلی، دو فصل پاییز و زمستان سهم کمی از غلظت گردوغبار را داراست و بیشترین غلظت گرد و غبار استان گلستان مربوط به فصل تابستان و به ویژه ماه‌های تیر-مرداد می‌باشد. نمودارهای گلبار فصلی بدست آمده، نشان می‌دهد که جهت گرد و غبار غالباً غربی و جنوب غربی بوده و نقش بادهای شمالی در تولید گرد و غبار ناچیز است؛ این نتیجه نشان می‌دهد که بر خلاف تصورات عمومی مبنی بر اینکه منشاء گرد و غبارهای خارجی استان گلستان غالباً کشور ترکمنستان است، نقش کشور ترکمنستان در گردوغبارهای استان کم‌رنگ بوده و توده غبار از غرب وارد ایران و از بخش‌های شمالی کشور به استان گلستان وارد شده است.

کلیدواژه‌ها: گردوغبار، سامانه Google Earthengine، شاخص AOD، گلبار، استان گلستان

- ۱- نویسنده مسئول و استادیار پژوهش، بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. پست الکترونیک: srazavizadeh@yahoo.com
- ۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
- ۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

4. UNCCD
5. MODIS
6. Aqua
7. Terra
8. AOD

اخیر به منظور منشاء یابی و تعیین مناطق تحت تاثیر گرد و غبار بطور گسترده مورد توجه و استفاده پژوهشگران قرار گرفته است [۹، ۱۹]. مقایسه میان عمق اپتیکی گرد و غبار حاصل از اندازه گیری توسط سنجنده مادیس ماهواره های آکوا و ترا و میزان ذرات معلق (PM10) برآورد شده از ایستگاه های محیط زیست در منطقه خلیج فارس نشان داد که بین این دو مقدار همبستگی معنی داری وجود دارد که نشان می دهد که داده های عمق اپتیکی حاصل از تصاویر مادیس می تواند اطلاعات دقیقی از میزان ریزگردهای منطقه خلیج فارس ارائه دهند [۱۸]. همچنین مطالعه تغییرات زمانی-مکانی AOD در آسیای مرکزی نشان داد که استفاده از این محصول از ماهواره AQUA-سنجنده MODIS، این امکان را فراهم می سازد که تغییرات سالانه، ماهانه و فصلی غلظت گرد و غبار در سطح منطقه مورد مطالعه با دقت مناسب ارزیابی شود [۲۱].

مطالعه منشاء گرد و غبار در مناطق و استان های مختلف کشور، نشان می دهد که در مواردی منشاء گرد و غبار داخلی و در بسیاری از موارد خارجی و از کشورهای همسایه بوده است. بررسی گرد و غبار در طوفان های منطقه سیستان با استفاده از سنجنده مادیس از ماهواره ترا و تهیه نقشه شاخص پوشش گیاهی مستخرج از تصاویر لندست و جهت باد غالب در ایستگاه هواشناسی زابل، مناطق برداشت را مشخص نموده و نشان می دهد که اصلی ترین منطقه برداشت ذرات گرد و غبار بر روی دریاچه هامون صابری و مسیر طوفان ها نیز به طور مجزا از دالان های موازی به سمت ایران، افغانستان و پاکستان می باشد [۶].

علاوه بر مطالعه منشاء و مناطق تحت تاثیر گرد و غبار، تغییرات زمانی و مکانی گرد و غبار نیز با استفاده از محصول عمق اپتیکی گرد و غبار تصاویر مودیس مطالعه شده است [۳]. تحلیل گرد و غبار های غرب ایران در بازه زمانی ۲۰۱۸-۲۰۲۰، نشان می دهد که مقدار گرد و غبار دارای دو دوره فعال (۲۰۱۰-۲۰۲۰) و غیرفعال (۲۰۱۸-۲۰۲۰) بوده است [۱۳]. مطالعات فصلی گرد و غبار در مناطق مختلف نیز، از اهمیت ویژه ای در شناسایی منشاء گرد و غبار فصلی داشته و در برخی تحقیقات به این موضوع پرداخته شده است. مطالعه فصلی طوفان های گرد و غبار منطقه جازموریان با استفاده از شاخص AI بدست آمده از سنجنده های Nimbus، Earth Probe و OMI و از شاخص عمق نوری گرد و غبار حاصل از سنجنده های MISR و MODIS، نشان می دهد که وقوع گرد و غبار در از ۲۰۰۱ به بعد روند صعودی داشته و عمده طوفان های گرد و غبار در دو فصل بهار و تابستان اتفاق می افتد [۱].

مرور مجموع مطالعات انجام شده در بررسی پدیده گرد و غبار، تغییرات فصلی و سالانه آن و منشاء یابی منطق برداشت و مسیر حرکت و مناطق تحت تاثیر آن، نشان می دهد که در سال های اخیر با توجه به ابزارها و تکنیک های سنجنش از دور نوین، امکان این مطالعات با دقت بالا تسهیل شده است. اما علیرغم این موضوع، مطالعه جامعی به ویژه در منابع فارسی به چشم نمی خورد که با

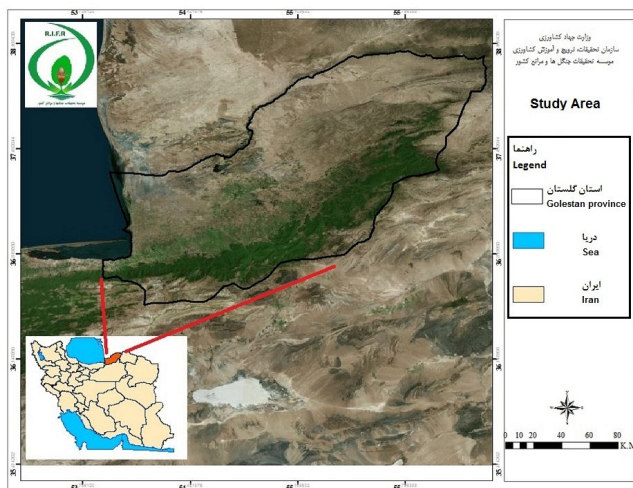
چینش پارامترهای مختلف غلظت گرد و غبار سالانه و فصلی و مطابقت آن با جهت باد غالب، به بررسی دقیق مسیر حرکت و مسیرهای ورودی گرد و غبار به منطقه هدف پرداخته باشد.

لذا با توجه به ضرورت مطالعه موضوع قبل از تبدیل آن به یک بحران، در پژوهش حاضر به مطالعه پدیده گرد و غبار و روند تغییرات سالانه و فصلی آن در استان گلستان، همچنین با توجه به ابزار و فنون سنجنش از دور در دسترس و با مطالعه جهت باد غالب در منطقه، به مطالعه روند تغییرات فصلی و سالانه گرد و غبار استان و مسیر حرکت آن در وقایع حداکثری پرداخته شد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

استان گلستان با مساحت ۲۰۳۶۷ کیلومترمربع، بین طول های جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی و عرض های جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۷ دقیقه شمالی واقع شده است (شکل ۱). از ۱۳ اقلیم شناخته شده در جهان، استان گلستان از اقلیم متعدد معتدل و مرطوب و مدیترانه ای گرفته تا اقلیم خشک، نیمه خشک و بیابانی و سرد کوهستانی برخوردار می باشد [۱۵].



شکل ۱- موقعیت استان گلستان
Fig 1. Location of Golestan province

روش تحقیق

تجزیه و تحلیل داده های باد

گلباد -

با استفاده از آمار و داده های باد (سمت و سرعت باد) دوره مشترک آماری ۱۵ ساله در ایستگاه های سینوپتیک در سطح استان گلستان، جهت باد غالب در منطقه مشخص شد. بدین منظور از آمار جهت و سرعت باد مربوط به ۱۰ ایستگاه سینوپتیک در سطح استان گلستان استفاده شد (شکل ۲). جدول ۱ مشخصات این ایستگاه ها

را نمایش می‌دهد.

با استفاده از نرم‌افزار WRPLOT View و داده‌های سرعت و جهت باد به فواصل زمانی ۳ ساعت، گباد سالیانه هر یک از ایستگاه‌های سینوپتیک استان گلستان در جهات ۸ گانه ترسیم شد. بدین طریق جهت باد غالب سالیانه و فصلی و همچنین سرعت باد، در نقاط مختلف استان گلستان (۱۰ نقطه یا ۱۰ ایستگاه سینوپتیک مورد استفاده) مشخص شد (جدول ۱).

- گل‌بار

در گام بعدی، با استفاده از آمار و داده‌های باد (سمت و سرعت باد ساعتی) در وقایع گرد و غبار گزارش شده، نسبت به تهیه گل‌بار سالانه و فصلی در ایستگاه سینوپتیک گرگان با استفاده از نرم‌افزار WRPLOT View اقدام شد. بدین طریق با دقت بالاتری جهت باد در هنگام وقوع گرد و غبار و منشاء گرد و غبار قابل شناسایی است.

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور

در این مرحله به مطالعه وضعیت گرد و غبار و مسیرهای ورود و حرکت گرد و غبار در استان گلستان، از محصول AOD تصاویر ماهواره‌ای مودیس استفاده شد. بدین منظور از سامانه Google Earthengine و همچنین از سایت Worldview استفاده شد. با طراحی کد استخراج غلظت گرد و غبار (AOD) ماهانه در حداکثر بازه زمانی موجود از تصاویر ماهواره‌ای MODIS (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷)، AOD ماهانه استان گلستان استخراج شد.

در گام بعدی نمودار غلظت گرد و غبار فصلی و همچنین گلبادهای فصلی استان گلستان ترسیم شده و با مطابقت جهت باد

غالب فصلی استان گلستان با شاخص AOD فصلی که بیانگر غلظت گرد و غبار است، منشاء گرد و غبار به وقوع پیوسته شناسایی شد. همچنین در دو واقعه گرد و غبار که در ۱۸ سال اخیر بیشترین غلظت گرد و غبار را در استان گلستان نشان می‌دهد و مربوط به ژوئیه ۲۰۰۳ و ژوئیه ۲۰۰۹ می‌باشد، نسبت به پایش روزانه AOD این دو ماه به صورت روزانه از سایت worldview اقدام شد. در تاریخ‌های مورد بررسی، سرعت و جهت باد بدست آمده از سازمان هواشناسی ایران در ایستگاه‌های سینوپتیک استان گلستان با روند تغییرات تصاویر غلظت گرد و غبار (AOD) و جهت حرکت گرد و غبار در تصاویر ماهواره‌ای مطابقت داده شده و مناطق منشاء تولید گرد و غبار در وقایع شناسایی شد.

نتایج

تحلیل داده‌های باد

با استفاده از نرم‌افزار WRPLOT View و داده‌های سرعت و جهت باد به فواصل زمانی ۳ ساعت، گباد سالیانه هر یک از ایستگاه‌های سینوپتیک استان گلستان در جهات ۳۶ گانه ترسیم شد. بدین طریق جهت باد غالب سالیانه و سرعت باد، در نقاط مختلف استان گلستان (۹ نقطه یا ۹ ایستگاه سینوپتیک مورد استفاده) مشخص شد. گلبادهای سالیانه تهیه شده در شکل (۳) نمایش داده شده است. همچنین گل‌بارهای فصلی تهیه شده برای ایستگاه سینوپتیک گرگان، در شکل (۴) نمایش داده شده است که نمایش دهنده جهت آورد گرد و غبار می‌باشد.



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک در استان گلستان

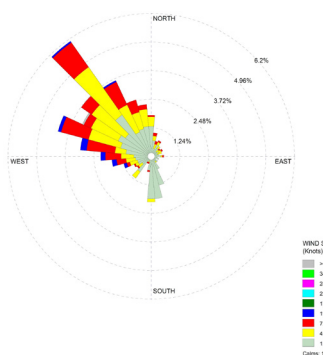
Fig 2. Location of synoptic stations in Golestan province

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک استان گلستان

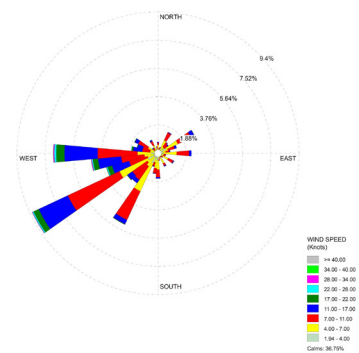
Table 1. Details of synoptic stations in Golestan province

ارتفاع Elevation	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	سال تاسیس Establish year	نوع ایستگاه Station type	نام ایستگاه Station name
13.3	36.91	54.41	1363	سینوپتیک synoptic	هاشم‌آباد Hashemabad
44	32.27	55.20	1371	سینوپتیک synoptic	گنبد کاووس Gonbad Kavous
127	37.38	55.46	1380	سینوپتیک synoptic	کلاله Kalaleh
450	37.80	55.95	1372	سینوپتیک synoptic	مراوه تپه Maraveh Tappeh
184	36.90	54.91	1384	سینوپتیک synoptic	علی‌آباد کتول Aliabad
2	36.91	54.41	1386	سینوپتیک synoptic	فرودگاه گرگان Gorgan airport
-10	36.91	54.06	1386	سینوپتیک synoptic	بندر ترکمن Bandar-e-Torkaman
-16	36.78	53.96	1390	سینوپتیک synoptic	بندرگز Bandargaz
7	37.45	54.72	1388	سینوپتیک synoptic	اینچه برون Inchebroon
21	37.23	55.38	1390	سینوپتیک synoptic	مینودشت Minoodasht

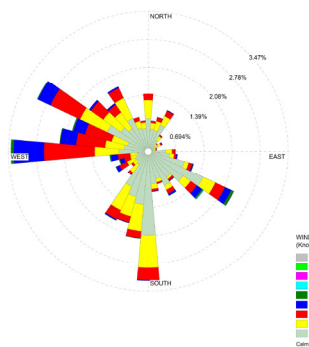
Bandar-Gaz Station



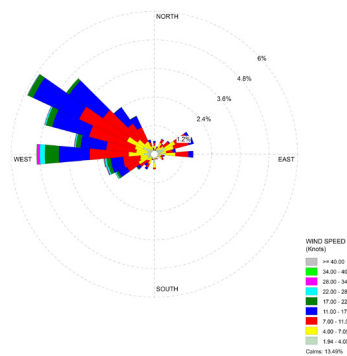
Gorgan Station

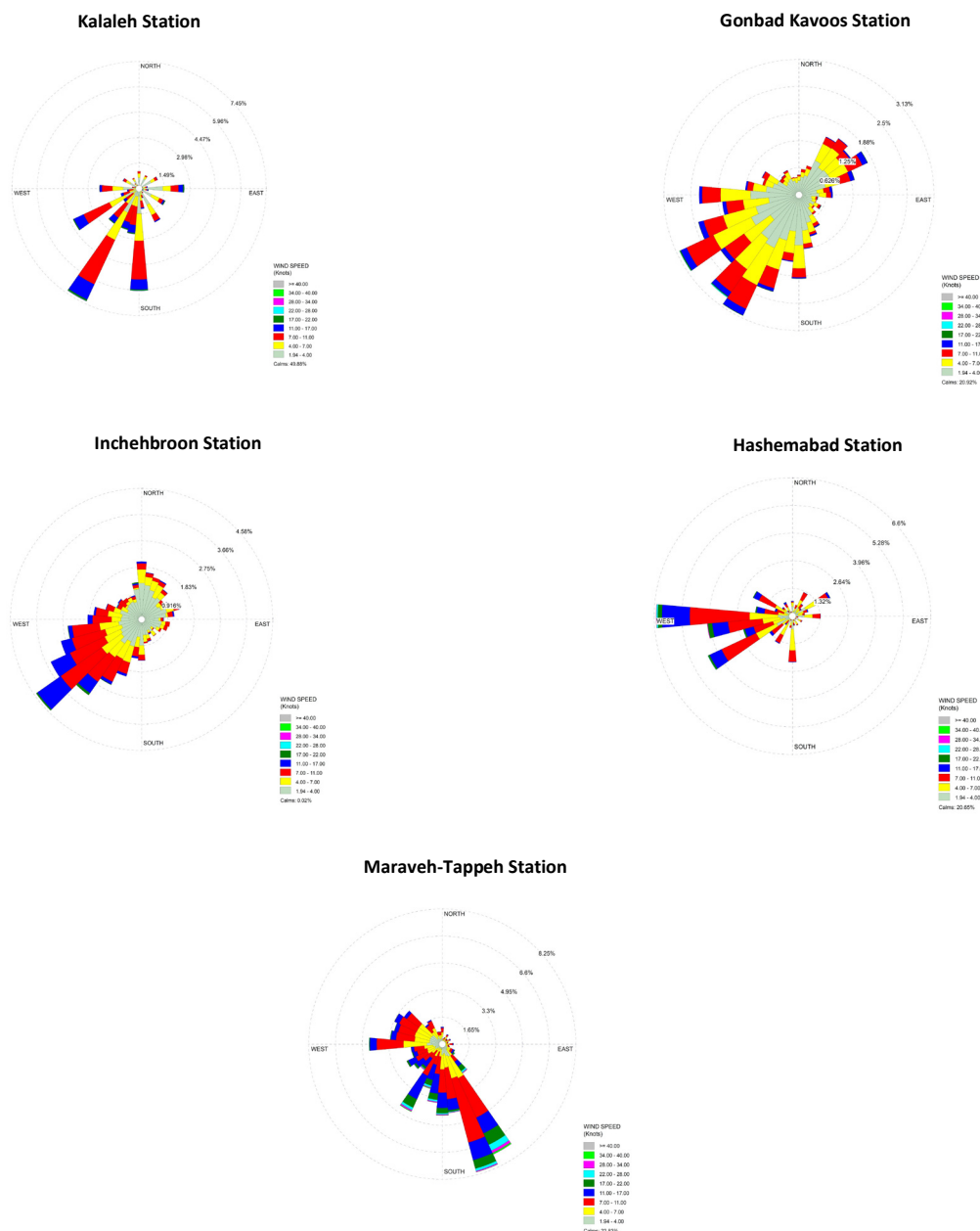


Aliabad Station



Bandar-Torkaman Station



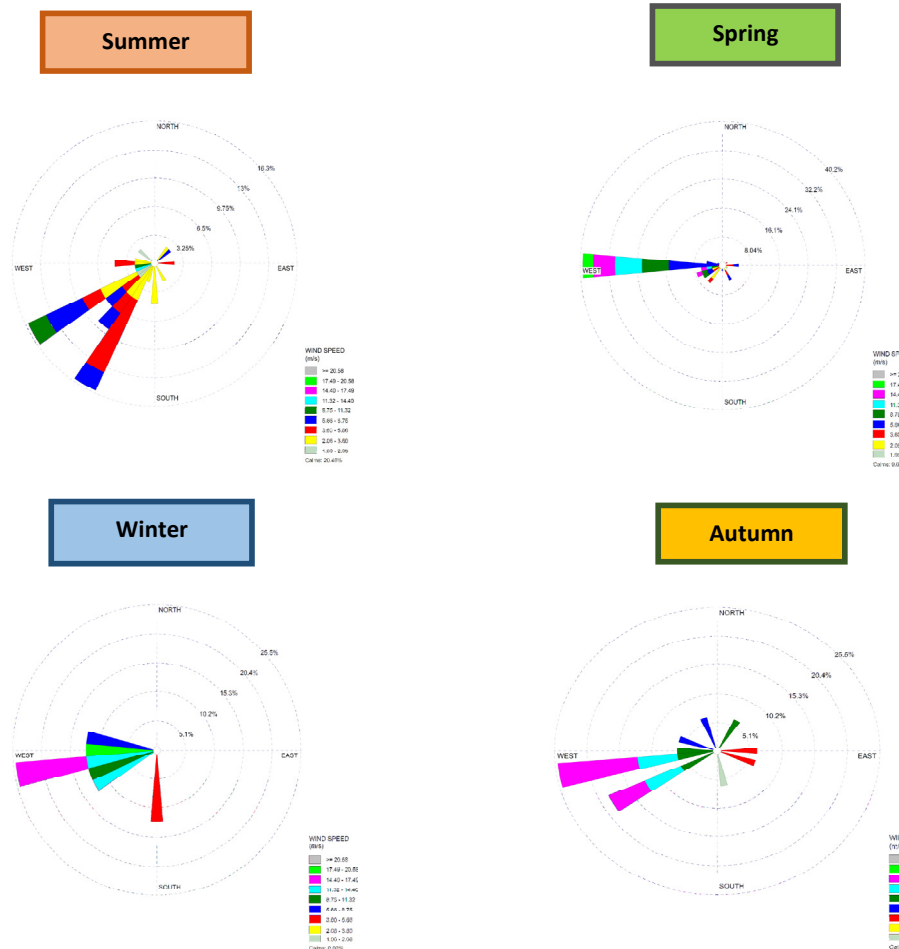


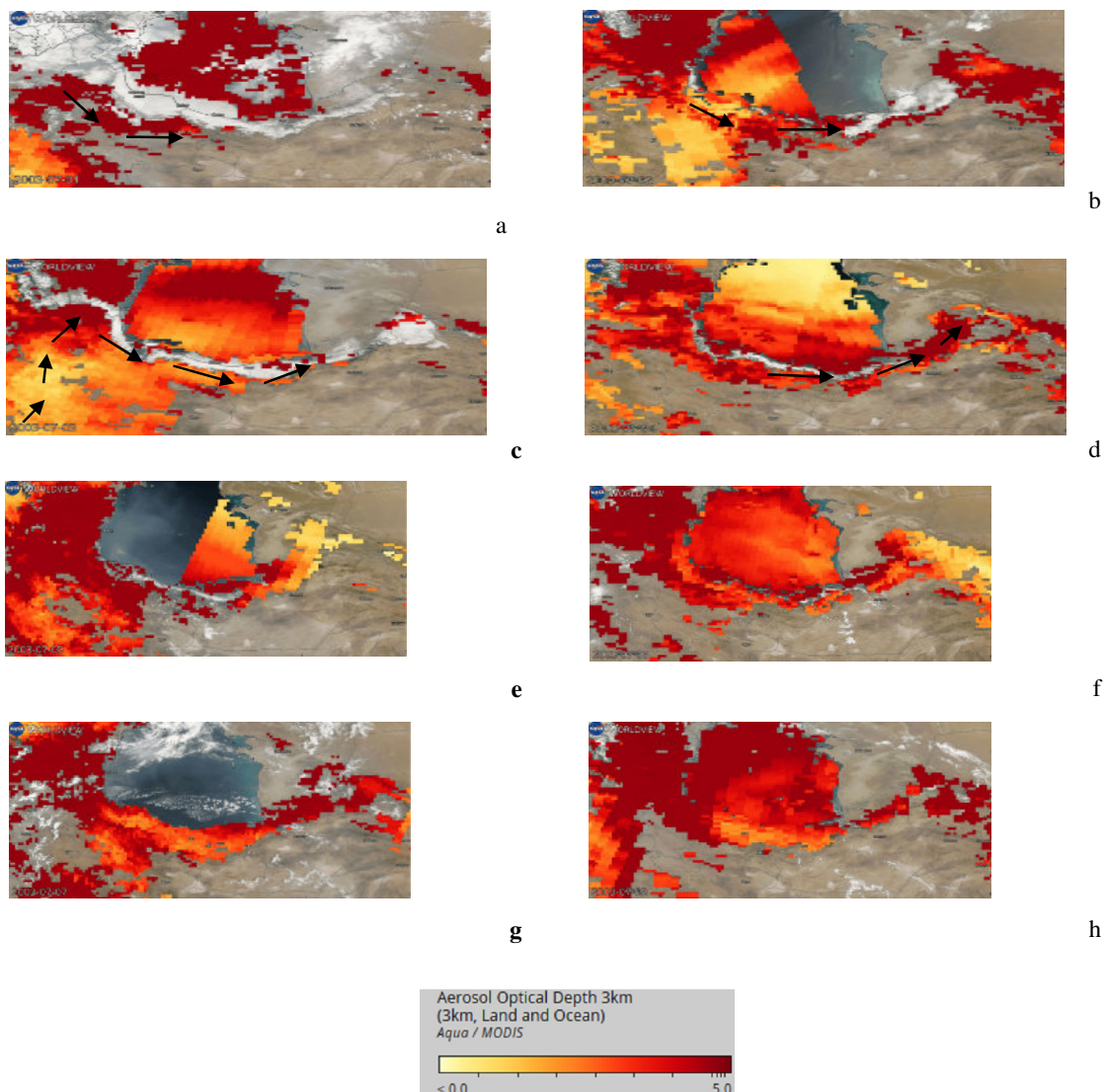
شکل ۳- گلبادهای سالیانه ترسیم شده برای ده ایستگاه سینوپتیک استان گلستان

Fig 3. Annual wind rose diagrams for ten synoptic stations of Golestan province

تنها در دو فصل پاییز و زمستان پررنگ تر است. نتایج بدست آمده از غلظت گرد و غبار ماهانه در محدوده استان گلستان و در بازه زمانی ۱۸ ساله با طراحی کد، از سامانه Google earth Engine استخراج شد. شکل (۵) نمودار تغییرات متوسط سالیانه شاخص AOD در استان گلستان را نشان می‌دهد. این نمودار، بالاترین مقدار AOD متوسط سالانه را در سال ۲۰۰۹ با ۰/۳۲۱ و سپس در سال ۲۰۱۱ با ۰/۳۱۹ نشان می‌دهد. این مسئله نشان‌دهنده این است که در این دو سال شاهد بیشترین شدت وقوع گرد و غبار در استان گلستان بوده‌ایم. سپس نمودار غلظت ماهیانه گرد و غبار به صورت سال به سال تفکیک و

مطالعه جهت باد غالب سالیانه در ۱۰ ایستگاه سینوپتیک با پراکنش مناسب در سطح استان گلستان، نشان می‌دهد که جهت باد غالب سالانه عموماً غربی-شرقی و جنوب غرب-شمال شرق بوده و تنها در ایستگاه مراوه تپه جهت باد غالب سالانه جنوبی-شمالی و جنوب شرق-شمال غرب بوده است. همچنین جهت باد غالب در ایستگاه‌های بندرگز و بندر ترکمن که در مجاورت دریای خزر قرار دارد، شمال غرب-جنوب شرق و غربی-شرقی می‌باشد. مطالعه گلبهارها در فصول مختلف سال نشان می‌دهد که جهت باد در زمان وقوع گرد و غبار فصلی نیز غربی و جنوب غربی بوده و نقش بادهای شمالی





شکل ۷- غلظت گرد و غبار مستخرج از پروداکت AOD ماهواره MODIS مربوط به تیر ۱۳۸۲

Fig7. Dust density extracted from MODIS satellite AOD product related to July 2003

زمان (شکل ۸)، نشان‌دهنده این مسئله است که گرد و غبار جولای ۲۰۰۳ دارای منشأ خارجی بوده (کشور عراق) و از روی دریای خزر به سمت ایران و در نهایت به استان گلستان منتقل شده است.



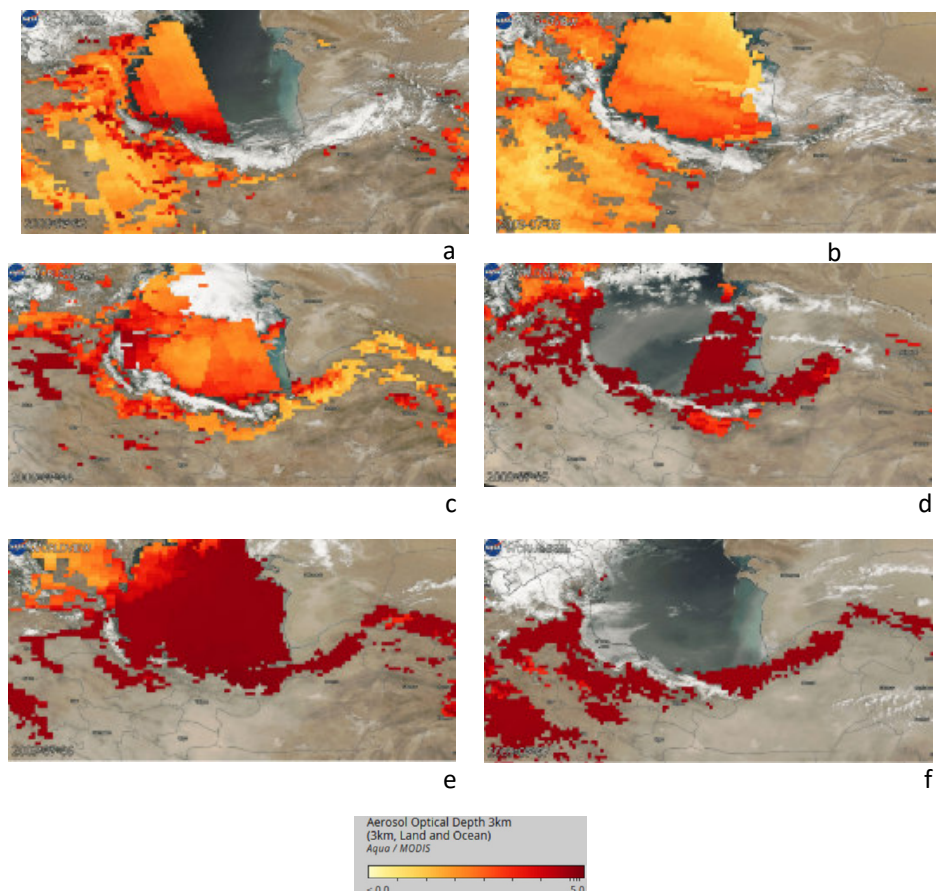
شکل ۸- جهت باد غالب در تیر ۱۳۸۲

Fig 8. Dominant wind direction in July 2003

همچنین نتایج بدست آمده از مطالعه غلظت گرد و غبار (AOD)

همچنین دو واقعه گرد و غبار که در ۱۸ سال اخیر بیشترین غلظت گرد و غبار را در استان گلستان نشان می‌دهد، مربوط به ژولای ۲۰۰۳ و ژولای ۲۰۰۹ می‌باشد. تصاویر AOD این دو ماه به صورت روزانه از سایت worldview پایش شد. نتایج بدست آمده از مطالعه غلظت گرد و غبار (AOD) از سنجنده MODIS مربوط به اول تا هشتم جولای ۲۰۰۳، در شکل (۷) ارائه شده است. تصاویر ماهواره مودیس نشان می‌دهد که تغییرات مکانی AOD از روند خاصی پیروی می‌کند و پدیده گرد و غبار به وقوع پیوسته در جولای ۲۰۰۳، منشأ خارجی داشته و توده غبار از غرب وارد ایران شده و از بخش‌های شمالی کشور به استان گلستان وارد شده است.

همچنین در شکل (۸) جهت باد غالب ماه ژولای ۲۰۰۳، در سه ایستگاه گرگان، گنبدکاووس و مراوه تپه نمایش داده شده است. مجموع نتایج بدست آمده از بررسی توالی زمانی حرکت گرد و غبار مستخرج از تصاویر MODIS (شکل ۷) و جهت باد غالب در همان

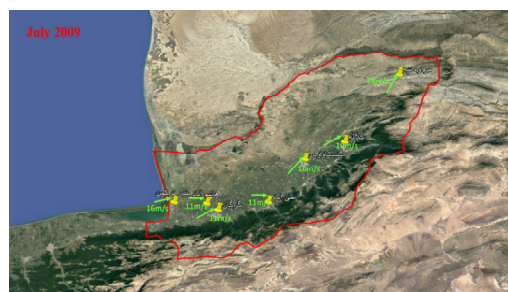


شکل ۹- غلظت گرد و غبار مستخرج از پروداکت AOD ماهواره MODIS مربوط به تیر ۱۳۸۸
Fig 9. Dust density extracted from MODIS satellite AOD product related to July 2009

بحث و نتیجه گیری

در مطالعه حاضر با طراحی کد در سامانه Google earth Engine غلظت گرد و غبار ماهانه در محدوده استان گلستان و در بازه زمانی ۱۸ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۷) استخراج شد. مطالعات انجام شده در صحت‌سنجی شاخص AOD با داده‌های زمینی گرد و غبار، نشان‌دهنده دقت مناسب این شاخص در برآورد غلظت گرد و غبار است [۱۷؛ ۱۴]. نتایج بدست آمده از مطالعه شاخص AOD نشان داد که غلظت گرد و غبار سالانه کمتر از ۰/۳۳ و ماکزیمم غلظت گرد و غبار ماهانه ۰/۷۷۶ است. با توجه به اینکه دامنه تغییرات شاخص AOD بین ۰ تا ۵ متغیر است، لذا غلظت‌های گرد و غبار زیر ۱ معمولاً بحرانی محسوب نمی‌شود، نتایج و اعداد بدست آمده از غلظت گرد و غبار در استان گلستان، نشان می‌دهد که مسئله گرد و غبار به لحاظ غلظت در استان گلستان مشکل‌ساز نیست. همچنین نتایج بدست آمده از تغییرات متوسط سالیانه شاخص AOD در استان گلستان نشان می‌دهد که بالاترین مقدار AOD متوسط سالانه را در سال ۲۰۰۹ با ۰/۳۲۱ و سپس در سال ۲۰۱۱ با ۰/۳۱۹ شاهد بوده‌ایم. این مسئله نشان‌دهنده این است که در این دو سال بیشترین شدت وقوع گرد و غبار در استان گلستان گزارش شده است. ونگ و همکاران [۲۱]، در نتایج بدست نشان دادند که AOD متوسط سالانه در بازه زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷ در آسیای مرکزی از

مربوط به دوم تا هفتم جولای ۲۰۰۹، در شکل (۹) ارائه شده است در شکل (۱۰) نیز جهت باد در ماه ژولای ۲۰۰۹، در ایستگاه‌های بندرترکمن، هاشم‌آباد، گرگان، علی‌آباد، گنبدکاووس، کلالة و مراوه‌تپه نمایش داده شده است که با تصاویر AOD بدست آمده ماهواره مودیس مطابقت دارد. مجموع نتایج بدست آمده از بررسی توالی زمانی حرکت گرد و غبار مستخرج از تصاویر MODIS (شکل ۹) و جهت باد در همان زمان (شکل ۱۰) در مورد این واقعه گرد و غبار نیز مانند واقعه گرد و غبار ژولای ۲۰۰۳ بوده و نشان‌دهنده این مسئله است که گرد و غبار دارای منشأ خارجی بوده و سمت غرب به استان گلستان وارد شده است.



شکل ۱۰- جهت باد غالب در تیر ۱۳۸۸
Fig 10. Dominant wind direction in July 2009

می‌کند و پدیده گرد و غبار به وقوع پیوسته در ژوئای ۲۰۰۳ و ژوئای ۲۰۰۹، منشاء خارجی داشته و توده غبار از غرب وارد ایران شده و از بخش‌های شمالی کشور به استان گلستان وارد شده است.

منابع

1. Arjmand, M. Rashki, A. and Sargazi, H. 2018. Monitoring of spatial and temporal variability of desert dust over the Hamoun e Jazmurian, Southeast of Iran Based on the satellite Data, Journal of Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 27(106): 153-168. (In Persian)
2. Azarnivand, H. Gholami, H. and Khosravi, H. 2006. Desert Dust in the Global System. The Tehran University Press, Tehran, 300 p. (In Persian)
3. Dong, Z., Yu, X., Li, X., & Dai, J. 2013. Analysis of variation trends and causes of aerosol optical depth in Shaanxi Province using MODIS data. Chinese Science Bulletin. 58(35): 4486-4496.
4. Fallah zazuli, M. Vafaeinezhad, A. R. Kheirkhah zarkesh, M. M. and Ahmadi dehka, F. 2015. Source routing of dust haze phenomenon in the west and southwest of Iran and its synoptic analysis by using remote sensing and GIS. RS & GIS for Natural Resources. 5(4):61-78. (In Persian)
5. Goudie, A. S., & Middleton, N. J. 2000. Dust storms in south west Asia. Acta Universitatis Carolinae, Supplement, 7383.
6. Iran Manesh, F. Arab Khedri, M. and Akram, M. 2005. Investigation of dust origin and characteristics of their spreading in Sistan's storms, Iran region, using image processing. Scientific Information Database. 18(2): 25-33.
7. Jafari, M. Zehtabian, Gh. and Mesbahzadeh, T. 2018. Statistical analysis the phenomenon of Dust Storm (case study: Isfahan), Iranian Journal of Rangeland and Desert Research, 25(4): 863-876. (In Persian)
8. Justiniano-Santos, A.M. 2010. Influence of Saharan aerosols on phytoplankton biomass in the tropical North Atlantic Ocean (Doctoral dissertation).
9. Klingmüller, K., Pozzer, A., Metzger, S. Stenchikov, G. L., & Lelieveld, J. 2016. Aerosol optical depth trend over the Middle East

۱۸۳/۰ تا ماکزیمم ۲۳۲/۰ متغیر است. مطالعات دیگری نیز در سراسر جهان جهت تعیین منشاء و مناطق تحت پوشش غبار با استفاده از ابزارها و تکنیک‌های سنجش از دوری به انجام رسیده است که نشان می‌دهد با استفاده از شاخص‌هایی از قبیل عمق لایه نوری می‌توان بطور نسبتاً دقیق مناطق برداشت گرد و غبار را مشخص کرد [۱۵]. اگرچه در پژوهش‌های داخلی کمتر از محصولات سنجنده مودیس مانند شاخص AOD استفاده شده است، اما مطالعات خارجی و همچنین مطالعات اندک داخلی نشان‌دهنده نتایج قابل قبول این شاخص داشته که امکان مطالعه سریع و با دقت مناسب گرد و غبار را فراهم می‌سازد [۱۹:۹].

پس از بررسی اهمیت پدیده گرد و غبار در استان گلستان و روند کلی تغییرات سالانه آن در استان، از دیگر اهداف این پژوهش، مطالعه گلغبارهای فصلی و جهت و سرعت باد در زمان وقوع گرد و غبار، مسیر ورود و حرکت و مناطق متأثر از گرد و غبار به وقوع پیوسته آشکارسازی شود. در برخی مطالعات انجام شده مانند جعفری و همکاران [۷] و جاستینیانو سانتوس^۱ [۸] نیز از شاخص AOD به منظور استخراج غلظت گرد و غبار سالانه و ماهانه استفاده کرده و روند تغییرات غلظت گرد و غبار را با استفاده از این شاخص استفاده شده است. در این راستا در پژوهش حاضر نیز جهت باد غالب در فصول مختلف سال با ترسیم گلبادهای سالانه و گلغبارهای فصلی انجام شد که نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که جهت باد در زمان وقوع گرد و غبار، غربی و جنوب غربی بوده و نقش بادهای شمالی تنها در دو فصل پاییز و زمستان کمی پررنگ‌تر است. از سوی دیگر مطالعه شاخص AOD در ۱۸ سال اخیر نشان می‌دهد که دو فصل پاییز و زمستان سهم کمی از غلظت گرد و غبار را داراست. محمدپور و همکاران [۱۳] نیز در مطالعه خود از شاخص AOD جهت استخراج غلظت گرد و غبار ماهانه در ۵ استان غرب کشور، استفاده کردند. نتایج بدست آمده نشان داد که بیشترین میزان AOD مربوط به ماه‌های اپریل تا آگوست (بهار و تابستان) می‌باشد.

در مطالعه جهت باد غالب و گلغبارهای فصلی در وقایع گرد و غبار ثبت شده و مطابقت آنها با دو واقعه گرد و غباری حداکثری (ژوئای ۲۰۰۳ و ژوئای ۲۰۰۹) نیز تایید شد. این نتیجه بدست آمده نشان می‌دهد که بر خلاف تصورات عمومی مبنی بر اینکه منشاء گرد و غبارهای خارجی استان غالباً کشور ترکمنستان است، به لحاظ جهت باد در پدیده‌های گرد و غبار به وقوع پیوسته، این امکان فراهم نبوده و نقش کشور ترکمنستان در گرد و غبارهای استان گلستان کم‌رنگ است. محمدپور و همکاران [۱۳] نیز در مطالعه خود نشان دادند که توزیع مکانی گرد و غبار بدست آمده از شاخص AOD سنجنده مودیس، دارای الگوی مکانی جنوبی-شمالی است. در گام نهایی از مطالعه، پایش سری زمانی تصاویر ماهواره مودیس در دو واقعه گرد و غباری حداکثری (ژوئای ۲۰۰۳ و ژوئای ۲۰۰۹) نشان داد که تغییرات مکانی AOD از روند خاصی پیروی

1. Justiniano Santos

18. Soleimany, A. Mohammad-Asgari, H. Dadolahi-Sohrab, A. Elmizadeh, H. and Khazaei, S.H. 2016. Evaluation of optical depth from MODIS satellite imagery in the Persian Gulf, *Journal of Marine Science and Technology*. 14 (4): 75-83. (In Persian)
19. Sorek-Hamer, M., Kloog, I., Koutrakis, P., Strawa, A.W., Chatfield, R., Cohen, A., Ridgway, W.L. & Broday, D.M. 2015. Assessment of PM_{2.5} concentrations over bright surfaces using MODIS satellite observations. *Remote Sensing of Environment*, 163:180-185.
- 20- United Nations Convention to Combat Desertification. 2015. www.unccd.int/, Official documents.
21. Wang, D., Zhang, F., Yang, S., Xia, N., & Arike, M. 2020. Exploring the spatial-temporal characteristics of the aerosol optical depth (AOD) in Central Asia based on the moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS). *Environmental monitoring and assessment*, 192, 1-15.
22. Zeinali, B. and Asghari, S. 2018. Evaluation of some indicators to identify and monitor dust storm (case study: dust storms 10 August 2008 East the Iran), *Journal of Geography and Planning*, 22(65): 205-222. (In Persian)
23. Zhou, Y., Li, N., Wu, W., Wu, J., Gu, X., & Ji, Z. 2013. Exploring the characteristics of major natural disasters in China and their impacts during the past decades. *Natural Hazards*. 69 (1): 829–843.
24. Zong, X., Xia, X., & Che, H. (2015). Validation of aerosol optical depth and climatology of aerosol vertical distribution in the Taklimakan Desert. *Atmospheric Pollution Research*, 6(2), 239-244.
10. Mei, D., Xiushan, L., Lin, S. & Ping, W. 2008, A Dust-Storm Process Dynamic Monitoring With Multi-Temporal MODIS Data, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVII, Part B7, pp 965-970.
11. Mirakbari, M. Mesbahzadeh, T. Mohseni saravi, M. 2018. Temporal trend study of hydrological and meteorological drought in Karkheh watershed. *Iranian Journal of Watershed Management Science*. 12(40): 115-124.
12. Miri, M. 2011. Statistical analysis - synoptic of dust phenomenon in the western half of Iran. Master Dissertation. Faculty of Geography. Tehran University, 110 pages. (In Persian)
13. Mohammadpour, K., Saligheh, M., Darvishi Bloorani, A. and Razinei, T. 2020. Analysis and comparing satellite products and simulate of AOD in West Iran. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 7(1): 15-32.
14. Morcrette, J.J., Boucher, O., Jones, L., Salmond, D., Bechtold, P., Beljaars, A., Benedetti, A., Bonet, A., Kaiser, J.W., Razinger, M. and Schulz, M.. 2009. Aerosol analysis and forecast in the European Centre for medium-range weather forecasts integrated forecast system: Forward modeling. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D6).
15. Shahkoubi, E. 2011. Investigating the role of climate in tourism planning in Golestan province. *SEPEHR*. 20(79): 1-96.
16. Shuai, Z. 2016. Intensification of dust storms is an important environmental challenge of the last decade in West Asia and Iran, *The 1st international conference of Iranian natural hazards and environmental crisis strategies and challenges*, Ardebil, Iran.
17. Silakhori, E., Niknahad Gharmanakher, H. and Aghtabye, A. 2018. Desertification risk assessment of Incheh-broun area in Golestan Province using ESAs model. *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 25(1): 63-77.

Investigation of Dust Phenomenon in Golestan Province, with Emphasis on Aerosol Optical Depth Index and Wind Direction and Speed

S. Razavizadeh¹, H. Abbasi² and F. Dargahian³
Received: 01-12-2020 Accepted: 16-02-2021

Abstract

In the present study, the phenomenon of dust and the annual and seasonal trends were studied in Golestan province over a period of 18 years (2000-2017). According to the tools and techniques of Remote Sensing and wind dust diagrams, the dust phenomenon was studied. In order to investigate the occurrence of dust, AOD related to MODIS sensor was used. The results show that the highest annual average of AOD (equivalent to 0.321) was indicated in the year 2009 which shows the highest intensity and concentration of dust. Also, in terms of seasonal changes, autumn and winter seasons have a small share of dust concentration. The highest dust concentration in Golestan province is related to summer and especially July. Also, the seasonal wind dust diagrams show that the dust direction is mostly from west and southwest and the role of north winds in dust production is negligible. This result shows that contrary to popular belief that the source of foreign dust in the province is often Turkmenistan, the role of Turkmenistan in the Golestan dust production is small and the dust mass has entered to Iran from the west and from the northern parts of the country to Golestan province.

Keywords: *Dust, Google earthengine web, AOD, Wind rose, Golestan province*

1. Corresponding author and Assistant Professor, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Terhran, Iran, Email: srazavizadeh@ymail.com

2. Assistant Professor, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Terhran, Iran

3. Assistant Professor, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Terhran, Iran