



کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم محیطی، شماره ۱۲، دوره ۴، فصل پاییز سال ۱۴۰۳،

صص ۷۲-۹۴

Application of remote sensing and GIS in environmental sciences, Vol.4., No.12, Autumn

2024, pp.72-94



## پایش مکانی-زمانی پدیده گردوغبار در جنوب غربی ایران با تأکید بر تغییرات آب‌های سطحی منطقه

رسول افسری\*، کاظم برهانی، شاهین جعفری

استادیار گروه پدافند غیرعامل، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران

پژوهشگر جغرافیا، دانشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی، تهران، ایران

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران،

ایران

### چکیده

به دلیل نزدیکی به منابع اصلی تولید گردوغبار (بیابان‌های عراق، سوریه و عربستان سعودی) در غرب، ایران همواره با طوفان‌های گردوغبار و مشکلات ناشی از آن مواجه بوده است. بعلاوه، حوضه وسیع دجله و فرات یکی از کانون‌های اصلی گردوغبار در منطقه قلمداد می‌شود و عدم توجه به این مسئله می‌تواند منجر به پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی، به‌ویژه در نواحی خشک استان‌های جنوب غربی شده و اختلال در فعالیت‌های انسانی همچون کشاورزی، حمل‌ونقل، صنایع، خدمات اجتماعی و پزشکی در آن را سبب گردد. بنابراین، شناسایی و ارزیابی این پدیده حائز اهمیت اساسی است. بر همین اساس، هدف پژوهش حاضر بررسی الگوهای زمانی و فضایی پراکنش گردوغبار در جنوب غربی ایران و شناسایی ارتباط آن با روند تغییرات آب‌های سطحی در حوضه دجله و فرات می‌باشد. در پژوهش حاضر از مجموعه داده JRC لندست برای پایش تغییرات آب‌های سطحی و از یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر تفسیر بصری و ارزیابی عمق نوری آئروسول (AOD) تصاویر MODIS بهره گرفته شده و پردازش‌ها در بستر سامانه گوگل ارث انجام به انجام رسیده است. یافته‌ها نشان داده است که روند وقوع گردوغبار تا حد زیادی منطبق با الگوی زمانی تغییرات آب‌های سطحی منطقه بوده و همبستگی منفی به میزان ۰/۴۱۲ وجود داشته است. بر این اساس، با شروع روند کاهش آب در سال ۲۰۰۸ که مساحت آن به حدود ۸۱۹۹ کیلومتر مربع تقلیل یافته است، گردوغبار نیز تشدید شده و بیشترین فراوانی سالانه گردوغبار با ۲۶۱۲ مورد مشاهده شده است. بنابراین، نتایج مطالعه نقش تغییرات آبی را در این زمینه برجسته نموده است.

**کلمات کلیدی:** گردوغبار، سنجش از دور، جنوب غربی ایران، دجله و فرات.

## ۱- مقدمه

پدیده گردوغبار یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی در بسیاری از نقاط جهان و به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک شناخته می‌شود (علی‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۴). هر ساله مقادیر زیادی گردوغبار در مناطق خشک و بیابان‌های جهان تولید شده و باد سبب جابه‌جایی آن‌ها تا صدها کیلومتر دورتر می‌گردد (Jafary et al., 2019). بنابراین، گردوغبار نوعی از مخاطرات زیست‌محیطی فراگیر است که منشأ آن به‌طور کلی یا جزئی در قلمرو سرزمینی یک یا چند کشور واقع شده است و از این رو، گردوغبار یک مخاطره جدی برای جامعه بشری است و گستره آن تنها به نواحی بیابانی و خشک محدود نمی‌شود؛ بلکه جوامعی که فراتر از این مناطق زندگی می‌کنند نیز به‌دلیل انتقال ریزگردها در فواصل طولانی در معرض اثرات و پیامدهای آن واقع شده‌اند (صمدیار و صمدیار، ۱۳۹۴؛ UNEP, 2020).

پدیده گردوغبار می‌تواند منشأ طبیعی یا انسانی داشته باشد. از یک‌سو، تغییرات سطح زمین و به‌ویژه تغییرات کاربری اراضی، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم با تغییرات اقلیمی و زیست‌محیطی مرتبط با فعل‌وانفعالات جوئی، جنگل‌زدایی، بیابان‌زایی و نهایتاً تشکیل طوفان‌های گردوغبار مرتبط است (Bolorani et al., 2021). از سویی دیگر، یکی از فرآیندهای اولیه که منجر به خیزش گردوغبار می‌شود، تغییرات در پهنه‌های آبی دائمی یا موقت است که پیامدهای آن ممکن است به‌صورت فصلی یا در طول چندین سال رخ دهد (Papi et al., 2022). بر این اساس، بسترهای خشک بدنه‌های آبی به‌شدت مستعد فرسایش بادی بوده و از منابع اصلی ریزگرد محسوب می‌شوند که می‌توانند نقش قابل‌توجهی در انتشار گردوغبار در مقیاس جهانی داشته باشند. ایران نیز با توجه به اینکه بر روی کمربند جهانی بیابان‌زایی و فرسایش بادی قرار گرفته است و همچنین به‌دلیل وقوع خشک‌سالی‌های متناوب اخیر در اقصی نقاط آن، یکی از مناطق متأثر از گردوغبار بوده است (انصافی‌مقدم و دیگران، ۱۳۹۶؛ Velayatzadeh, 2020). با این حال، روند گردوغبار و عوامل محرک آن به‌خوبی بررسی نشده است و در حال حاضر، اطلاعات در مورد مناطق متأثر از گردوغبار در نواحی مختلف ایران هنوز محدود می‌باشد.

در یکی از مطالعات پیشین، شایسته و غریبی (۱۴۰۱) به شناسایی منابع بالفعل گردوغبار در استان همدان با استفاده از محصولات مادیس (MODIS) و سنتینل-۵ (Sentinel-5) پرداخته‌اند. نتایج آنان نشان داده است که بیشتر ریزگردها در تصاویر سنتینل-۵ در مراتع فقیر و اراضی غیرقابل کشت و در تصاویر مادیس نیز در مراتع فقیر و کشاورزی دیم شکل یافته‌اند. Solomos و همکاران (۲۰۱۷) نیز در مطالعه خود طوفان‌های گردوغبار در منطقه خاورمیانه و شرق مدیترانه را بررسی نموده و مکانیسم‌های اصلی را نشان داده‌اند که منجر به تولید و تداوم ابر گردوغبار بر فراز خاورمیانه و قبرس شده است. مطابق نتایج، ترکیبی از فرآیندهای هواشناسی و سطحی از قبیل ایجاد دمای پایین در محدوده سوریه، فعالیت همرفتی در شمال عراق و تغییر کاربری زمین

به دلیل جنگ در منطقه در این زمینه نقش داشته است. حیدریان و همکاران (۲۰۱۸) با تلفیق تکنیک‌های سنجش از دور (RS)، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و رسوب‌شناسی به شناسایی کانون‌های گردوغبار در استان خوزستان پرداخته‌اند. مطابق نتایج این پژوهش، ۹ درصد از مجموع مساحت جلگه خوزستان که ۳۵۰ هزار هکتار را در بر می‌گیرد، به‌عنوان منشأ انتشار گردوغبار شناسایی شده است. بعلاوه، Liu و همکاران (۲۰۲۰) حساسیت زمین به طوفان گردوغبار در مناطق خشک و نیمه‌خشک شمال چین را مورد بررسی قرار داده‌اند. بر اساس نتایج، همبستگی مثبتی بین شدت طوفان گردوغبار و شدت باد قوی برای هر نوع از کاربری اراضی وجود داشته است و شرایط سطح زمین تأثیر زیادی بر حساسیت طوفان گردوغبار دارد. علاوه بر این، در طی نزدیک به چهار دهه گذشته، حساسیت طوفان گردوغبار روند افزایشی کلی را در سطوح مختلف زمین نشان داده که ممکن است به فعالیت‌های محلی انسانی و گرم شدن آب‌وهوا مرتبط باشد. علی‌عسکری و همکاران (۲۰۲۱) اقدام به ارزیابی وقایع گردوغبار در شهر زاهدان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نموده‌اند. نتایج آنان چنین مشخص نموده است که بهار فصل گردوغبار در شهر بوده و دارای تغییرات مکانی و زمانی بوده است که می‌تواند ناشی از کم بودن فضای سبز به‌ویژه در جهت وزش باد، فعالیت‌های عمرانی و بادهای ۱۲۰ روزه سیستان و تفاوت تراکم شهری و عوارض توپوگرافی حاشیه‌ای شهری باشد. همچنین، بخشی از این پدیده به دلیل خشک شدن دریاچه هامون بوده است و اقدامات کنترل فرسایش بادی در این مناطق می‌تواند در کاهش ریزش گردوغبار در شهرستان زاهدان مؤثر باشد. همچنین، نامداری و همکاران (۲۰۲۲) به تحلیل ارتباط پوشش گیاهی و وقایع گردوغبار در منطقه خاورمیانه با استفاده از سری‌های زمانی داده‌های سنجش از دور پرداخته‌اند. در این راستا، آنان پوشش گیاهی و فعل‌وانفعالات انتشار گردوغبار را با استفاده از داده‌های شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) درازمدت ۱۶ روزه و داده‌های روزانه عمق نوری آئروسول (AOD) ماهواره مادیس بررسی کرده‌اند. نتایج تغییرات بین سالانه طی ۲۰ سال رابطه قوی بین کاهش پوشش گیاهی و افزایش شدت گردوغبار را نشان داده و تأثیر قابل توجه تاج پوشش گیاهی بر نوسانات سالانه گردوغبار را برجسته ساخته است. بر اساس شواهد موجود، منطقه غرب آسیا (عراق، سوریه، ایران و شبه‌جزیره عربستان) به‌عنوان منشأ اصلی گردوغبار معرفی گردیده است (Kamal et al., 2020). یکی از مهم‌ترین مناطق غرب آسیا، حوضه دجله و فرات است که در سالیان گذشته به دلیل گرمایش جهانی، خشک‌سالی، بیابان‌زایی و رشد جمعیت یا فعالیت‌های انسانی از قبیل سدسازی (به‌عنوان مثال پروژه آناتولی جنوب شرقی (GAP) در ترکیه) دستخوش تغییرات شگرفی شده است (صدرانیا و همکاران، ۱۴۰۱). ایران اگرچه سهم قابل توجهی در منابع آب دجله و فرات ندارد اما به دلیل همجواری با این منطقه رو به بحران، قطعاً با چالش‌های غیرقابل جبرانی روبرو خواهد شد که در حداقل حالت می‌توان افزایش وقوع و گسترش ریزگردها تا عمق کشور و سخت‌زیست شدن بسیاری از مناطق غربی و مرکزی کشور را نام برد (Geravandi et al., 2018; Ghomeshion et al., 2022). از جمله مهم‌ترین

پیامدهای منفی تغییرات آب‌های حوضه دجله و فرات بر کشور ایران می‌توان به تشدید کانون‌های گردوغبار، تهدید اکوسیستم خلیج فارس، تغییر اقلیم منطقه، تهدید سلامت مردم منطقه توسط ریزگردهای آلوده، سیل مهاجرت و تبعات اجتماعی و امنیتی برای کشور اشاره نمود (مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری، ۱۳۹۷؛ فرهادی، ۱۳۹۹؛ کاظمی و همکاران، ۱۴۰۰). با توجه به موارد مذکور، پژوهش حاضر به دنبال این است که با پایش تغییرات آبی در حوضه دجله و فرات ارزیابی مناسبی از روند گردوغبار در منطقه جنوب غربی ایران به انجام رسانده و از داده‌ها و ابزارهای مختلف تحلیلی در این زمینه بهره گیرد. گفتنی است که حوضه وسیع دجله و فرات حوضه دجله و فرات یکی از منابع فعال گردوغبار شناخته می‌شود. با این وجود، نقش تغییرات هر یک از پهنه‌های آبی این حوضه در انتشار گردوغبار در منطقه جنوب غربی ایران به‌طور واضح مشخص نشده است. از این‌رو، علی‌رغم مطالعات متعدد انجام‌شده در نواحی مختلف ایران، توجه اندکی به الگوهای تغییر (آب و پوشش گیاهی) در حوضه دجله و فرات و اثرات بالفعل آن‌ها بر انتشار گردوغبار در جنوب غربی ایران مبذول شده است. بعلاوه، پدیده گردوغبار به‌عنوان یک مخاطره محیطی از نظر پراکنش زمانی و مکانی اثرات آن چندان مورد توجه واقع نشده است که پژوهش حاضر در تلاش است تا ارزیابی مناسبی در این زمینه فراهم سازد.

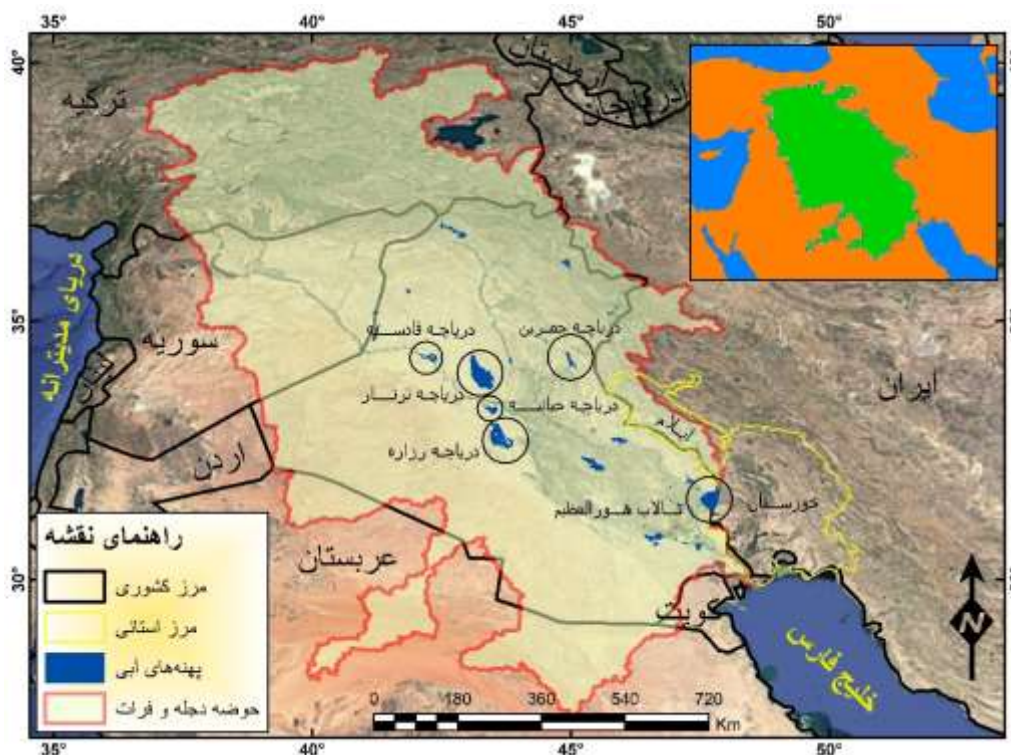
## ۲- مواد و روش تحقیق

مطالعه حاضر یک پژوهش کاربردی با هدف ارزیابی روند زمانی و مکانی وقوع گردوغبار در استان‌های خوزستان و ایلام و شناسایی کانون‌های خارجی گردوغبار در ارتباط با تغییرات تراز آبی منطقه است. بازه زمانی مورد مطالعه در پژوهش مشتمل بر یک دوره بلندمدت از ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳ می‌باشد. به دلیل تغییرات سریع در ماهیت و گسترش فضایی طوفان‌های گردوغبار، محدودیت‌های مختلفی در پایش و سنجش این پدیده وجود دارد (Boroughani et al., 2020). برای غلبه بر این محدودیت، از قابلیت‌های سنجش از دور ماهواره‌ای در راستای انجام تجزیه و تحلیل‌ها بهره گرفته شده است. در سالیان اخیر و با توسعه روزافزون فناوری‌های سنجش از دور، استفاده از ابزارهای پردازشی در مقیاس‌های مکانی و زمانی گسترده به یکی از رویکردهای رایج در زمینه سنجش و پایش وقایع گردوغبار تبدیل شده است. از طرفی دیگر، با توجه به محدودیت‌های سخت‌افزاری و حجم بالای داده‌های موجود، ابزارهای پردازش ابری از قبیل گوگل ارث انجین (GEE) محبوبیت بسیار زیادی در این زمینه کسب نموده‌اند (Atiz et al., 2023). از این‌رو، با توسعه سامانه گوگل ارث انجین، پردازش زمانی و مکانی داده‌های سنجش از دور برای ارائه اطلاعات دقیق در مورد تغییر و تحولات محیطی در مطالعات متعددی مورد توجه قرار گرفته است (Yue et al., 2023). علاوه بر این، گوگل ارث انجین مزیت‌های دسترسی رایگان و امکان پردازش سریع‌تر داده‌های سری زمانی را به محققان ارائه نموده است (مهدوی فرد و همکاران، ۱۴۰۱). در

پژوهش حاضر نیز از از قابلیت‌های پردازشی گوگل ارث انجین بهره گرفته شده است و در این راستا، با کاربرد پروداکت‌های مختلف در بستر ارث انجین به انجام تحلیل‌های مورد نظر اقدام شده است.

#### ۱-۲- منطقه مورد مطالعه

قلمرو پژوهش حاضر مشتمل بر محدوده‌ای وسیع واقع در منطقه شمال غربی خلیج فارس است (شکل ۱). بر این اساس، حوضه آبریز دجله و فرات (حوضه خارجی) از نظر کانون‌های گردوغبار و استان‌های جنوب غربی ایران (حوضه داخلی) از نظر روند زمانی و مکانی این پدیده مورد ارزیابی قرار گرفته است. حوضه وسیع دجله و فرات، ۳۶ درصد از مساحت کشور ترکیه و ۷۳ درصد از مجموع مساحت دو کشور عراق و سوریه را دربر گرفته است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱). بخش اصلی این حوضه که در پژوهش حاضر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است، در قلمرو سرزمینی کشور عراق واقع شده و دربرگیرنده دریاچه‌ها، تالاب‌های موجود در نواحی مرکز تا جنوب این کشور بوده است. با توجه به اینکه دجله و فرات در ادامه مسیر پس از گذر از سوریه و عراق در ناحیه جنوب شرقی عراق به هم پیوسته و شط‌العرب (اروند رود) را تشکیل داده و نهایتاً به خلیج فارس می‌ریزند، عملیات عمرانی و ساخت‌وسازها در بالادست این دو رودخانه منجر به کاهش آب یا خشکی تالاب هورالعظیم و به دنبال آن تشکیل کانون‌های گردوغبار و وقوع فاجعه زیست‌محیطی در بخش بزرگی از منطقه غرب و حتی مرکز ایران خواهد گردید (عباسی، ۱۴۰۰). از طرفی دیگر، با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی خاص منطقه جنوب غربی ایران، پدیده گردوغبار یکی از عمده‌ترین مخاطرات زیست‌محیطی در این نواحی قلمداد می‌شود (آرامی و دیگران، ۱۳۹۷). استان خوزستان در این منطقه، بیشترین درصد روزهای دارای طوفان‌های گردوغبار با غلظت بالا را به خود اختصاص داده است و مطالعات نشان داده است که آبادان و اهواز بیشترین تعداد روزهای دارای گردوغبار را دارا بوده‌اند (مهرابی و همکاران، ۱۳۹۴). استان ایلام نیز با توجه موقعیت جغرافیایی خود به‌طور گسترده در معرض طوفان‌های گردوغبار قرار دارد که این امر منجر به پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی و خسارات اقتصادی همچون اختلال در فعالیت ناوگان حمل‌ونقل هوایی و زمینی، بیماری‌های مختلف، کاهش محصولات کشاورزی و غیره در آن شده است (عمارلوئی و همکاران، ۱۳۹۳: معظم و همکاران، ۱۳۹۷).



شکل (۱): نقشه محدوده مورد مطالعه  
 Fig. (1): Map of the study area

## ۲-۲- داده‌های مورد استفاده

در پژوهش حاضر، تجزیه و تحلیل‌ها در دو فاز و در مجموع با استفاده از داده‌های ۲۵۲ ماه در قالب یک سری زمانی به انجام رسیده است. در فاز اول، پردازش‌ها بر روی متغیر آب به انجام رسیده و پس از استخراج کلاس آب از پروداکت آب‌های سطحی جهانی (JRC) لندست و ماسک آن از نظر مقادیر میانگین ماهانه کل دوره، نمودار سری زمانی آب ترسیم شده است. مجموعه JRC شامل یک طبقه‌بندی از فصلی بودن آب بر اساس مقادیر شناسایی شده در طول هر سال است که دقتی معادل ۳۰ متر ارائه می‌دهد (Pekel et al., 2016). هدف اصلی از این فرآیند، تحلیل روند زمانی تغییرات آب‌های سطحی منطقه و استخراج الگوهای مکانی تغییرات در آن بوده است. در فاز بعدی، به تجزیه و تحلیل روند وقایع گردوغبار در سطح منطقه پرداخته شده است و در این راستا از دو رویکرد مکمل برای پایش تغییرات مکانی و زمانی رویدادهای گردوغبار در سطح منطقه بهره

گرفته شده است. بر این اساس، استفاده از روش تفسیر بصری تصاویر ماهواره مادیس و بررسی تغییرات عمق نوری آئروسول (AOD) مدنظر قرار گرفته است. رویکرد MODIS-AOD به‌طور گسترده در سال‌های اخیر به‌عنوان شاخصی از ویژگی‌های آئروسول اتمسفر، شناسایی منابع طوفان گردوغبار و نظارت بر الگوهای مکانی-زمانی آنها استفاده شده است (Boloorani et al., 2021). تصاویر مادیس در حال حاضر به‌عنوان بهترین منبع داده با وضوح مکانی و زمانی بالا برای شناسایی بصری منابع گردوغبار محسوب می‌شود. به بیانی دیگر، AOD به‌تنهایی نمی‌تواند به‌عنوان یک داده دقیق برای شناسایی منابع گردوغبار و پایش تغییرات مکانی-زمانی رویدادهای گردوغبار استفاده شود. از این‌رو، باید گفت که در مراحل اولیه انتشار گردوغبار، نقاط شروع یا منابع طوفان‌های گردوغبار را می‌توان با استفاده از تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای به‌طور دقیق شناسایی کرد. لازمه اصلی این رویکرد، توجه به ماهیت پویای پدیده گردوغبار و استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک زمانی بالا است. به همین دلیل، در مطالعه حاضر، سری زمانی تصاویر روزانه Terra/Aqua مادیس با ترکیب رنگی حقیقی از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳ برای شناسایی منابع گردوغبار به کار گرفته شده است.

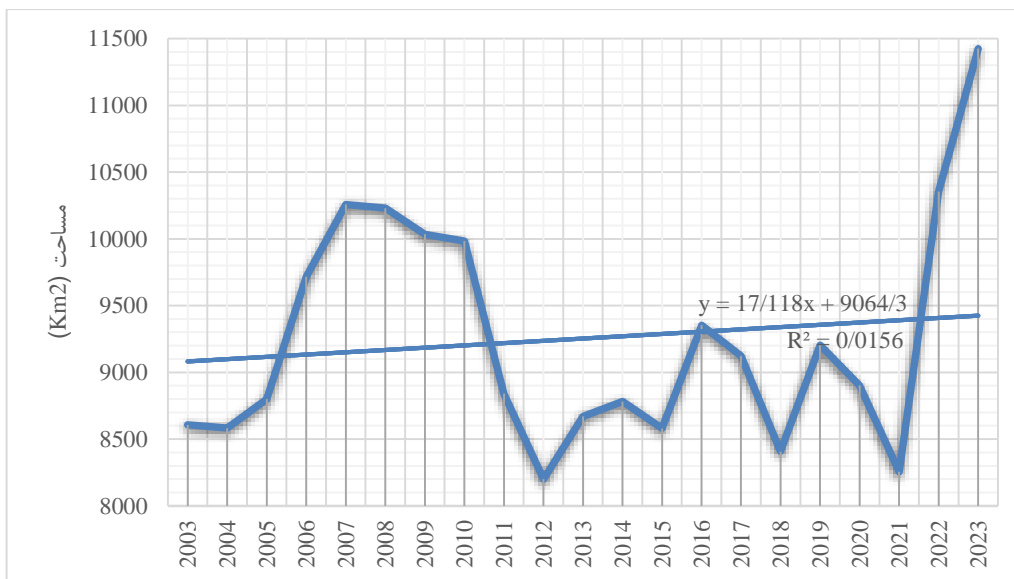
### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- بررسی و ارزیابی روند تغییرات آب‌های سطحی

آب‌های سطحی در سرتاسر جهان دستخوش تغییرات مکانی و زمانی ناشی از عوامل بسیاری می‌شوند. برای بررسی این موضوع، آب‌های سطحی حوضه دجله و فرات از نظر زمانی و مکانی مورد ارزیابی قرار گرفته است. به بیانی دیگر، علاوه بر اینکه سری زمانی کلی مساحت آب در سطح منطقه از نظر میانگین سالانه مورد بررسی واقع شده است، وضعیت تغییرات بدنه‌های آبی اصلی منطقه اعم از کاهشی یا افزایشی بودن آنها در طول بازه زمانی مورد مطالعه نیز ارزیابی شده است. در این راستا، گستره کلی آب‌های سطحی در حوضه دجله و فرات در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳ در بستر گوگل ارث انجین محاسبه گردید تا بدین‌وسیله کمیت تغییرات در مقیاس سالانه به شکل دقیقی مشخص شود. مطابق ارزیابی‌ها، میانگین مساحت آب‌های سطحی منطقه در طول این بازه برابر با ۹۲۵۲/۶ کیلومتر مربع بوده است که در طی ۸ سال از این بازه مقادیر بیشتر از میانگین مذکور و در طی ۱۳ سال دیگر مقادیر کمتر از میانگین بلندمدت ثبت شده است. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، مساحت آب‌های سطحی منطقه در سال ۲۰۱۲ در حداقل میزان (۸۱۹۹/۵۲ کیلومتر مربع) و در سال ۲۰۲۳ در حداکثر میزان خود (۱۱۴۲۴/۷۶ کیلومتر مربع) قرار داشته است. علاوه بر این، بررسی‌ها حاکی از روند زمانی متناوب تغییرات آبی می‌باشد. به‌عبارتی، گستره آبی منطقه با کاهش جزئی مساحت از ۸۶۰۵/۹۴ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۳ به ۸۵۸۲/۸۵ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۴ رسیده است اما این روند در سه سال



متوالی سیر صعودی به خود گرفته و به ۱۰۲۵۶/۹۳ کیلومتر مربع در ۲۰۰۸ افزایش یافته است. در مقابل، از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ روند کاملاً نزولی مشاهده می‌شود، به نحوی که مساحت پهنه‌های آبی در سال ۲۰۱۲ به ۸۱۹۹/۵۲ کیلومتر مربع تقلیل یافته است که به معنای کاهش ۲۰/۰۶ درصد پوشش آب‌های سطحی حوضه می‌باشد. روند تغییرات در ادامه این بازه کاملاً متناوب بوده است به طوری که تا سال ۲۰۱۴ افزایشی و در سال ۲۰۱۵ کاهشی شده است. همچنین، روند متناوب افزایشی و کاهشی در چهار سال بعدی نیز ادامه داشته و مساحت آب در سال ۲۰۱۹ به ۹۲۰۵/۰۱ کیلومتر مربع رسیده است. بعلاوه، از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۱ روند کاهشی و از ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۳ روند افزایشی حاکم بوده است و در انتهای این بازه زمانی (سال ۲۰۲۳)، مساحت آب در منطقه برابر با ۱۰۰۲۱/۸۸ کیلومتر مربع محاسبه شده است. مدل خطی روند برای بیان بهتر تغییرات در سطح آب‌های منطقه اعمال شده است (شکل ۲).



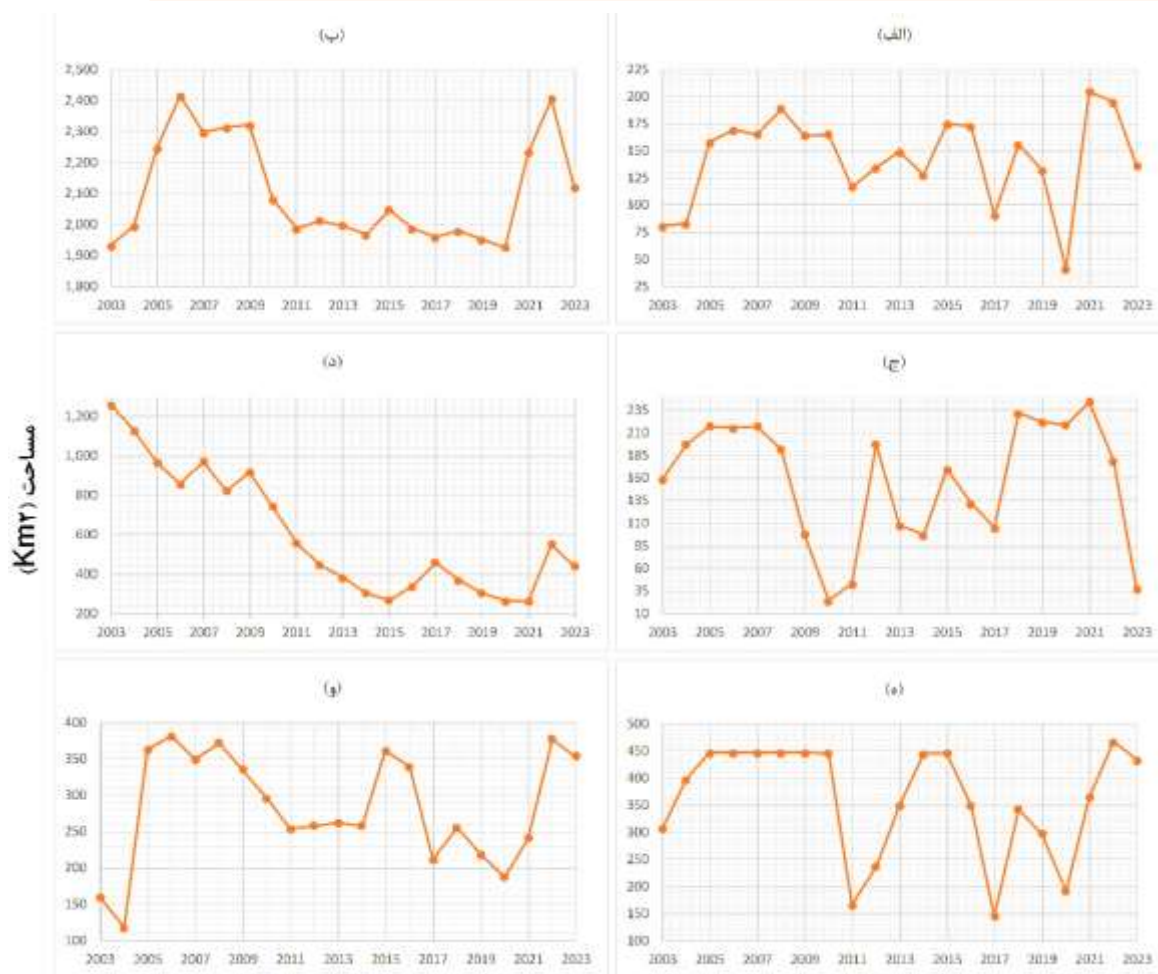
شکل (۲): سری زمانی میانگین مساحت سالانه آب

Fig. (2): Time series of average annual water extent

از طرفی دیگر، همان‌طور که در نمودار شکل ۳ نشان داده شده است، روند حاکم بر تغییرات گستره بدنه‌های آبی اصلی منطقه اعم از دریاچه‌های حبانیه، حمزین، رزازه، قادسیه، ثرثار و تالاب هورالعظیم متفاوت بوده است. از این نظر، به استثنای دریاچه حمزین و رزازه سایر این بدنه‌های آبی مهم در طی دوره زمانی بیست ساله با افزایش مساحت همراه شده‌اند. براساس ارزیابی‌ها، مساحت دریاچه حمزین در استان دیالی در شمال شرق عراق



از ۱۵۷/۹۸ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۳ به ۱۰۷/۶۳ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۳ و ۳۷/۰۵ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۳ کاهش یافته (شکل ۳-ج) که این امر ناشی از خشک‌سالی طولانی مدت و کاهش آبرسانی از رودخانه سیروان به دلیل احداث سد و برنامه‌های تغییر مسیر آب در بخش ایرانی رودخانه بوده است. بعلاوه، مساحت دریاچه رزازه در استان کرمان نیز از ۱۲۶۰ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۳ به ۴۴۰/۰۴ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۳ تنزل یافته است (شکل ۳-د). بررسی‌ها چنین مشخص نموده است که در بازه زمانی بین ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ گستره دریاچه‌های حمرین، ثرثار، قادسیه و تالاب هورالعظیم با افزایش پیوسته همراه بوده است و در مقابل، گستره دریاچه رزازه در این بازه مداوم کاهش یافته و دریاچه حبابیه نیز در سال ۲۰۰۴ با ۱۱۷/۶۲ کیلومتر مربع در حداقل وسعت خود واقع شده است. از سویی دیگر، در بازه ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۱ سطح آب دریاچه رزازه به‌طور مداوم پسروی کرده و سبب شده است که این دریاچه در سال ۲۰۲۱ شاهد کم‌ترین مساحت خود (۲۶۰/۴۱ کیلومتر مربع) باشد. همین روند در بازه ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ برای دریاچه ثرثار به وقوع پیوسته است و کم‌ترین مساحت دریاچه در سال ۲۰۲۰ با ۱۹۲۶ کیلومتر مربع ثبت شده است. همچنین، مساحت تالاب هورالعظیم در سه سال آخر دوره روند کاهشی به خود گرفته و این تالاب پراهمیت به سمت خشک‌تر شدن سیر نموده است (شکل ۳-الف). بررسی‌ها چنین نشان می‌دهند که عوامل مختلفی بر تغییرات آب در سطح منطقه و گستره زمانی و مکانی آن تأثیر می‌گذارند. به‌طور کلی، ویژگی‌های هیدرولوژیکی هر حوضه آبی به اقلیم، توپوگرافی، پوشش و کاربری زمین، خصوصیات خاک و بسیاری از عوامل دیگر بستگی دارد. تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی به‌عنوان دو عنصر اصلی، هر دو نقش مهمی در تأثیرگذاری بر دسترسی‌پذیری آب‌های سطحی در یک منطقه و زمان معین دارند (Hiatt et al., 2019). از آنجایی که توپوگرافی و خواص خاک اغلب برای مدت طولانی بدون تغییر باقی می‌مانند، بنابراین اقلیم و کاربری زمین همیشه به‌عنوان عوامل محرک اصلی تغییرات در ویژگی‌های هیدرولوژیکی در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین، اغلب فرایندهای هیدرولوژیکی و تغییرات آبی در این حوضه به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر کاربری زمین قرار می‌گیرند که نشان‌دهنده نقش فعالیت‌های انسانی در ساختارهای سطح زمین است. بعلاوه، از میان عوامل مختلف اقلیمی نیز، دما و تبخیر هر دو بر حرکت و تنوع اجزای خاک تأثیر دارند که منجر به تغییرات فصلی در کمیت و کیفیت آب در سطح منطقه می‌شود.



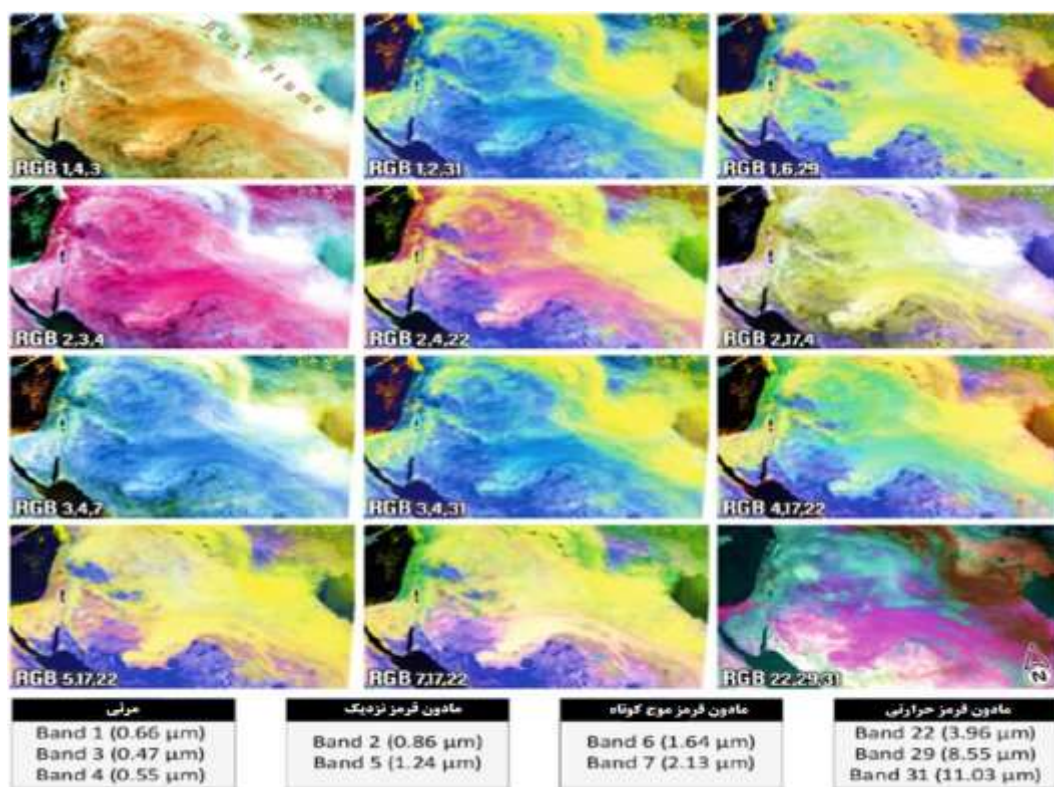
شکل (۳): سری زمانی مساحت سالانه بدنه‌های آبی (الف: تالاب هورالعظیم؛ ب: دریاچه ثرثار؛ ج: دریاچه حمیرین؛ د: دریاچه رزازه؛ ه: دریاچه قادسیه؛ و: دریاچه حبانیه)

**Fig. (2): Time series of the annual area of water bodies**  
 (a: Hour-ol-Azim; b: Tharthar; c: Hamrin; d: Razazeh; e: Qadisiyah; f: Habbaniyah)

### ۳-۲- ارزیابی و پایش گردوغبار در سطح منطقه

در پژوهش حاضر همان‌طور که بدان اشاره گردید، از دو رویکرد مکمل برای پایش تغییرات مکانی و زمانی رویدادهای گردوغبار در سطح منطقه استفاده شده است. از آنجایی که محصول AOD اساساً برای مناطق خشک طراحی شده است، عملکرد آن در مناطق تحت پوشش آب (آب‌های داخلی و اقیانوس‌ها) محدود است و در این

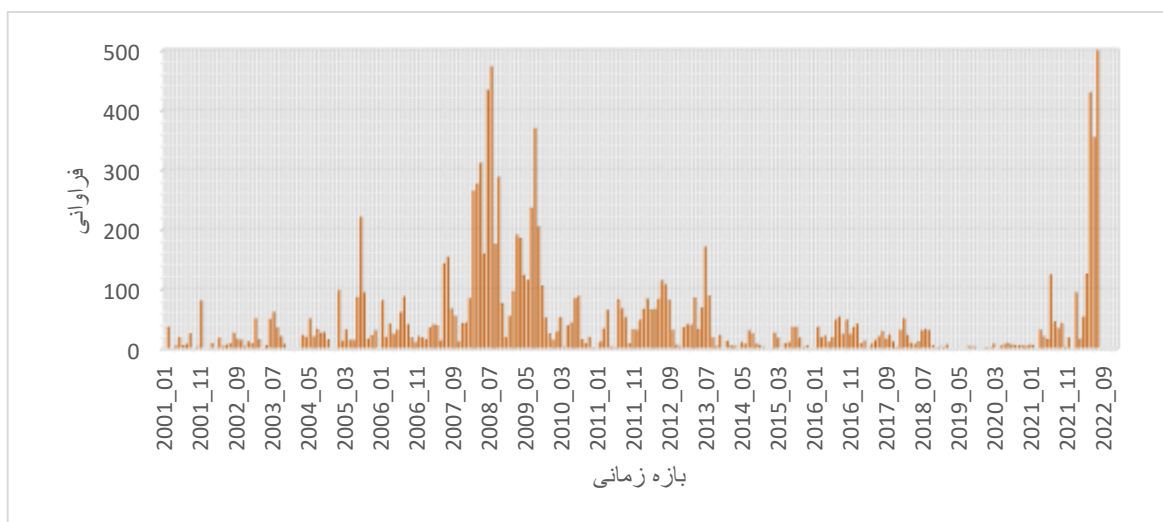
صورت مقادیر نادرست یا تخمین بیش از حد روی می‌دهند. علاوه بر این، با توجه به مکانیسم جو و باد (سرعت و جهت)، مقدار تخمینی AOD برای یک پیکسل خاص ممکن است از منطقه دیگری نشأت گرفته باشد زیرا ذرات گردوغبار ممکن است کیلومترها از مبدأ خود دور شوند. از سوی دیگر، مقادیر بالای AOD لزوماً به معنای وقوع رویدادهای گردوغبار نیست و ممکن است ناشی از دود، مه و سایر ذرات آئروسل نیز باشد. با توجه به این محدودیت‌ها، صرفاً استفاده از AOD ممکن است که یک مجموعه داده دقیق برای شناسایی منابع گردوغبار و پایش تغییرات مکانی-زمانی وقایع گردوغبار نباشد. از این‌رو، در مراحل اولیه انتشار گردوغبار، نقاط شروع یا منابع طوفان‌های گردوغبار را می‌توان با استفاده از تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای به‌طور دقیق شناسایی نمود. تفسیر بصری قدیمی‌ترین و متداول‌ترین رویکرد مبتنی بر دانش بشری است که برای به دست آوردن اطلاعات کمی و کیفی درباره پدیده‌های جغرافیایی و چشم‌اندازها با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای استفاده می‌شود. در مقایسه با نقشه‌هایی که اطلاعات موضوعی را ارائه می‌کنند، داده‌های رقومی سنجش از دور و عکس‌های آنالوگ حاوی طیف وسیعی از اطلاعات هستند که بر اساس رویکرد تفسیر بصری قابل شناسایی و استخراج می‌باشند. از این نظر، سنجنده‌های ماهواره‌ای سنجش از دور می‌توانند وقوع رویدادهای گردوغبار را در هر زمان و مکانی بر روی زمین ثبت کنند. بنابراین، تصاویر ماهواره‌ای امکان شناسایی وقایع گردوغبار و منابع آن را به‌عنوان یک پدیده با ماهیت جغرافیایی از طریق تفسیر بصری فراهم می‌کنند (Boloorani et al., 2022). از طرفی دیگر، بهره‌گیری از رویکرد تفسیر بصری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به روش‌های متفاوتی به انجام می‌رسد که در تحقیقات مختلف مدنظر قرار گرفته است. با این حال، ادبیات مربوطه حاکی از این می‌باشد که استفاده از ترکیب رنگی حقیقی تصاویر Terra/Aqua دقیق‌ترین نتایج را حاصل می‌کند. با استفاده از ترکیبات رنگی حقیقی امکان نمایش ویژگی‌های مختلف با استفاده از رنگ‌های دلخواه میسر می‌باشد و علاوه بر این، به‌دلیل اینکه بسیار نزدیک به دید طبیعی انسان است لذا نیاز به پیچیدگی کمتری برای تفسیر دارد که همین امر آن را به گزینه بهتری برای این منظور تبدیل کرده است. از این‌رو، در پژوهش حاضر از سری زمانی تصاویر روزانه Terra/Aqua مادیس با ترکیب باندهای حقیقی (باندهای ۱، ۳ و ۴) از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ برای شناسایی منابع گردوغبار در محدوده بده‌های آبی اصلی منطقه استفاده شده است. بر این اساس، ترکیبات رنگی مختلف برای رویدادهای گردوغبار مورد بررسی قرار گرفته تا رفتارهای طیفی مختلف این پدیده در باندهای مختلف ارزیابی شده و مناسب‌ترین باندها در این زمینه انتخاب شوند. همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، سه باند مختلف تصویر در هر رویداد گردوغبار ترکیب شده است تا بدین‌وسیله طوفان‌های گردوغبار از سایر پدیده‌های تصویری تفکیک شوند.



شکل (۴): ترکیبات باندی تصاویر مادیس برای شناسایی وقایع گردوغبار  
 Fig. (4): Color composites of MODIS bands to discriminate dust events

با توجه به موارد مذکور، در ادامه ارزیابی‌ها به شناسایی پدیده گردوغبار در تصاویر ماهواره‌ای سال‌های مختلف دوره و استخراج فراوانی وقایع گردوغبار روزانه در طی این مدت پرداخته شده است. بر این اساس، در شکل ۵ نمودار سری زمانی فراوانی وقایع گردوغبار در سطح منطقه در بازه زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۳ و با یک گام زمانی ده ماهه برای هر سال نشان داده شده است. مطابق بررسی‌ها، بیشترین فراوانی سالانه وقایع گردوغبار در این مدت مربوط به سال ۲۰۰۸ بوده است که ۲۶۱۲ رویداد گردوغبار در آن ثبت شده است که از این میزان نیز بیشترین وقایع گردوغبار در ماه جولای (تابستان) این سال با ۴۷۳ مورد شناسایی شده است. از طرفی دیگر، کمترین فراوانی سالانه وقایع گردوغبار در سطح منطقه در سال ۲۰۱۹ اتفاق افتاده است که در آن تنها ۱۹ واقعه گردوغبار مشاهده شده است و حداکثر وقایع گردوغبار ماهانه آن مربوط به ماه ژانویه (زمستان) آن سال بوده است. علاوه بر این، در طی بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳، حداکثر فراوانی وقایع گردوغبار در طول یک ماه در جولای ۲۰۲۲ با تعداد ۷۸۸ مورد رخ داده است و این در حالی است که در بعضی از ماه‌ها در طول سال‌های

مختلف نیز هیچ‌گونه گردوغباری شناسایی نشده است. بررسی‌ها چنین مشخص نموده است که به‌طور کلی میزان قابل توجهی از وقایع گردوغبار در بستر خشک یا حاشیه رودخانه‌ها یا در مجاورت بدنه‌های آبی همچون دریاچه‌ها، تالاب‌ها و باتلاق‌ها نشأت گرفته است.

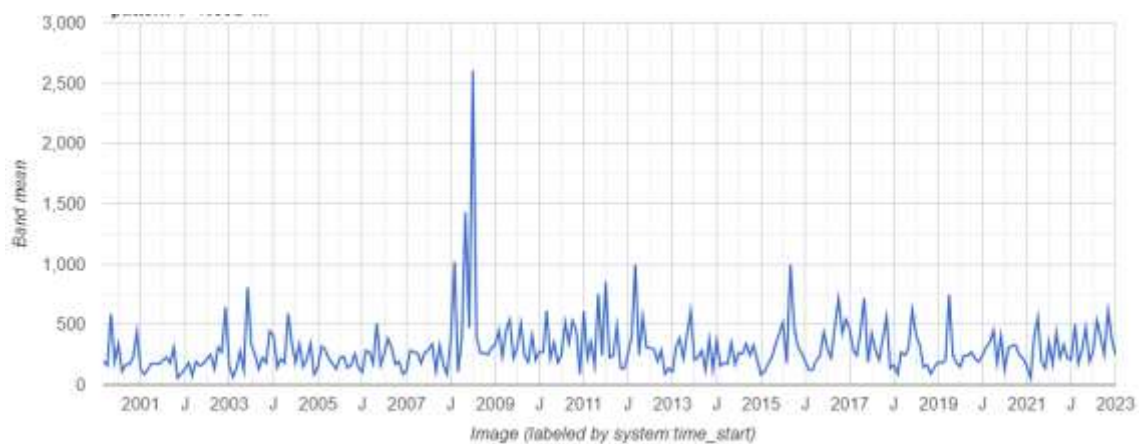


شکل (۵): سری زمانی سالانه فراوانی وقایع گردوغبار  
Fig. (5): Annual time series of frequency of dust events

محصول MODIS-AOD به‌عنوان نشانگر گردوغبار اتمسفری، برای پایش الگوهای مکانی-زمانی توده‌های گردوغبار با تأکید بر بسترهای خشک اطراف بدنه‌های آبی که سرشار از رسوبات ریزدانه مستعد فرسایش بادی هستند، استفاده می‌شود. بر همین اساس، در پژوهش حاضر از داده‌های AOD در مقیاس ۱ کیلومتری برای تحلیل الگوهای زمانی و مکانی وقایع گردوغبار منطقه استفاده شده است. در این راستا، سری زمانی AOD مادیس در دو طول موج ۴۷۰ نانومتر (باند آبی) و ۵۵۰ نانومتر (باند سبز) از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ مورد استفاده قرار گرفته است. گفتنی است که به‌دلیل وجود محدودیت‌های گرافیکی برای نمایش حجم زیاد داده‌های روزانه سری زمانی AOD، از میانگین ماهانه برای رسم نمودارها استفاده شده است و پس از محاسبه میانگین ماهانه تصاویر و نمایش آن در قالب سالانه، نمودار سری زمانی برای گردوغبار منطقه ترسیم شده است. در شکل ۶ نمودار سری زمانی گردوغبار بر اساس باند ۴۷۰ نانومتر مادیس و در شکل ۷ نمودار سری زمانی گردوغبار بر اساس باند ۵۵۰ نانومتر مادیس نشان داده شده است. بر اساس نمودارهای حاصله، چنین مشخص شده است که گردوغبار در منطقه در چند مقطع و به‌دنبال کاهش مساحت آب در سطح منطقه تشدید شده است

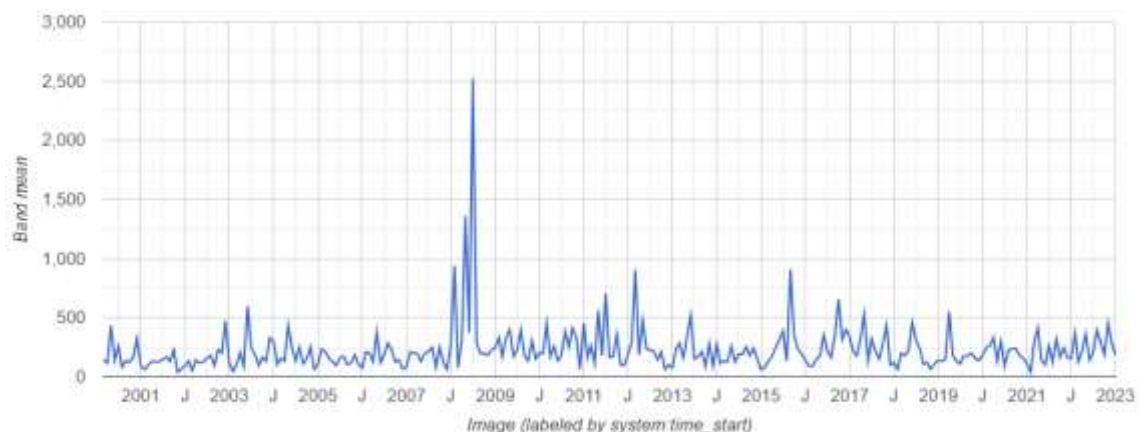


که یکی از آنها در سال ۲۰۰۸ و دیگری در سال ۲۰۱۲ رخ داده است که از این نظر تا حد زیادی منطبق بر روند تغییرات میانگین سالانه مساحت آب و کاهش آن در سطح منطقه بوده است. به عبارتی دیگر، شروع روند پیوسته کاهش مساحت آب در منطقه از سال ۲۰۰۸ بوده و تا سال ۲۰۱۲ ادامه داشته است که در طی این بازه گردوغبار اغلب روند افزایشی از خود نشان داده است و در این مدت گستره بدنه‌های آبی مهم منطقه اغلب در سطحی پایین‌تر از میانگین بلندمدت قرار داشته است.



شکل (۶): سری زمانی AOD گردوغبار بر اساس میانگین باند ۴۷۰ نانومتر

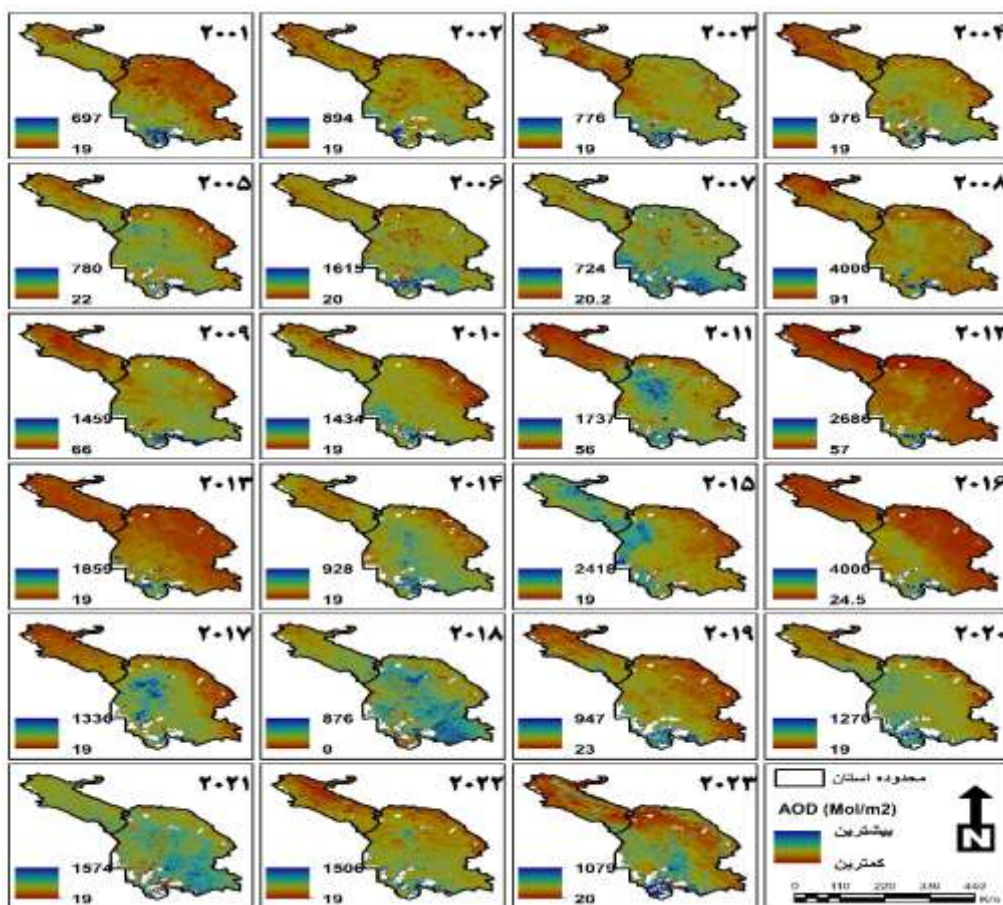
Fig. (6): AOD time series for dust events (Band 470 nm)



شکل (۷): سری زمانی AOD گردوغبار بر اساس میانگین باند ۵۵۰ نانومتر

Fig. (7): AOD time series for dust events (Band 550 nm)

نهایتاً، نظر به اینکه یکی از اهداف اصلی پژوهش شناسایی مناطق در معرض مخاطرات گردوغبار در جنوب غربی ایران بوده است، لذا ارزیابی‌ها بر محدوده دو استان خوزستان و ایلام معطوف شده است. همان‌طور که در شکل ۸ قابل مشاهده است، پراکندگی و شدت گردوغبار در سال‌های مختلف در اقصی نقاط جنوب غربی ایران متفاوت می‌باشد. با این وجود، ارزیابی نقشه حاصله حاکی از این است که شدت و پراکندگی گردوغبار در استان خوزستان در مقایسه با استان ایلام همواره بالاتر بوده است و تنها در سال ۲۰۱۵ گستردگی بیشتری از گردوغبار در استان ایلام در مقایسه با خوزستان مشاهده گردیده است که می‌تواند به انتشار گردوغبار از کانون‌های مجاور در داخل کشور عراق و یا عوامل محلی آن مرتبط باشد.

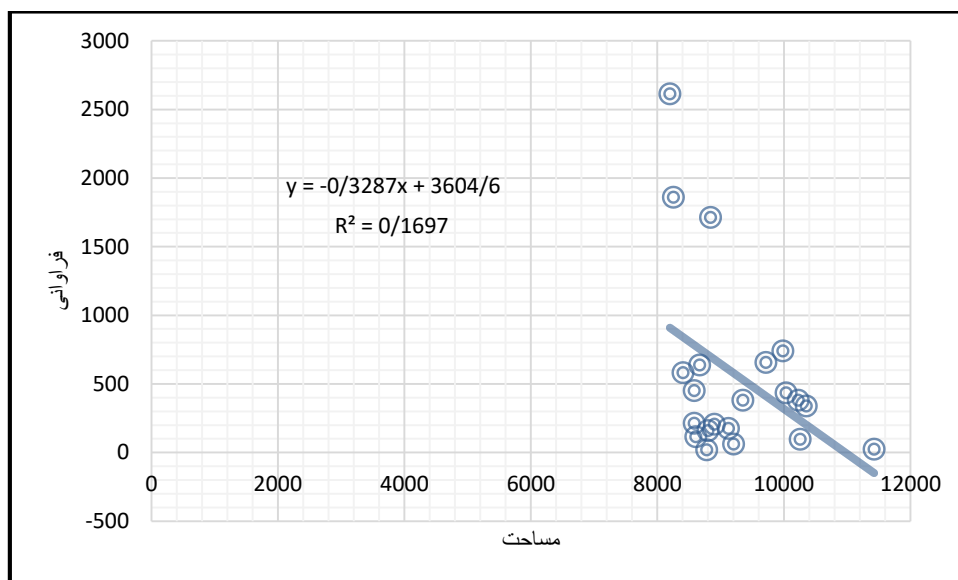


شکل (۸): نقشه پراکندگی سالانه گردوغبار در خوزستان و ایلام

Fig. (8): Annual dust distribution map



مطابق بررسی‌ها، و جهت سنجش رابطه میان تغییرات آب و وقوع گردوغبار در سطح منطقه، از آزمون همبستگی میان این دو گروه از متغیرها استفاده شده است. در این راستا، براساس آنچه که در شکل ۹ نشان داده شده است، یک همبستگی منفی و متوسط به میزان  $0/4119$  میان متغیرها قابل مشاهده است و این امر بدان معناست که کاهش سطح آب با افزایش نسبی فراوانی گردوغبار و در مقابل، افزایش سطح آب با کاهش نسبی فراوانی گردوغبار در منطقه همراه شده است. همچنین، مقدار ضریب تعیین ( $R^2$ ) برابر با  $0/1697$  محاسبه شده است.



شکل ۹: نمودار همبستگی میان تغییرات آب و فراوانی گردوغبار  
Fig. (9): Correlation chart between water changes and dust frequency

#### ۴- نتیجه گیری

در طی سالیان اخیر توجه خاصی به مبحث آلودگی هوا معطوف شده است و بخش عمده‌ای از ادبیات این مبحث به طوفان‌های گردوغبار و انتشار ریزگردهای ناشی از آن اختصاص یافته است. در این راستا، مطالعات مختلف حاکی از این بوده است که منطقه غرب آسیا که قلمرو سرزمینی ایران نیز بخشی از آن می‌باشد، در محدوده موسوم به کمربند گردوغبار کره زمین واقع شده است و حوضه دجله و فرات در غرب ایران یکی از کانون‌های اصلی انتشار و انتقال ریزگردها در این محدوده می‌باشد. با توجه به اینکه بخش وسیعی از اراضی دجله و فرات به‌وسیله بیابان‌های خشک و دشت‌های بایر پوشانده شده است و از طرفی به‌دلیل خشک‌سالی‌ها و چالش‌های

مدیریت آب که اغلب در بالادست حوضه رخ داده است، شرایط گردوغبار در طی یک دهه اخیر شدت گرفته است و طوفان‌های گردوغبار به سمت مرزهای غربی و جنوب غربی ایران کشانده شده است.

بر همین اساس، در پژوهش حاضر به مطالعه پدیده گردوغبار و ارزیابی روندهای زمانی و فضایی آن در محدوده جنوب غربی ایران پرداخته شده و از قابلیت‌های فناوری سنجش از دور و ابزارهای پردازشی موجود در این زمینه استفاده گردید. با توجه به تنوع فضایی بالای ویژگی‌های گردوغبار همراه با انتشار آن، سنجش از دور می‌تواند یک رویکرد مناسب برای کشف الگوهای گردوغبار و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ناشی از آن باشد و به همین دلیل در سالیان اخیر برای مطالعه مناطق در معرض مخاطره گردوغبار با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است. برمبنای یافته‌ها و دستاوردهای پژوهش باید گفت که سامانه گوگل ارث انجین به‌عنوان یکی از پلتفرم‌های نوین سنجش از دور می‌تواند ابزارهای ارزشمندی را در زمینه پایش تغییرات آب‌های سطحی ارائه دهد. در ارتباط با سری‌های زمانی تغییرات، حجم داده‌ها بسیار زیاد بوده که این امر منجر به افزایش زمان پردازش داده‌ها و بار محاسباتی آن می‌شود و بنابراین، پایش دقیق بدنه‌های آبی منطقه در پژوهش حاضر در بستر این سامانه با سهولت و انعطاف‌پذیری بالایی به انجام رسیده است. از طرفی دیگر، کارایی پروداکت‌های مختلف موجود در این سامانه سبب شده است تا پردازش‌های موردنظر با حداکثر دقت و سرعت و بدون نیاز به پیش‌نیازهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری خاص به انجام برسند. با این وجود، در ارتباط با بررسی‌ها در مطالعه حاضر چنین مشخص شده است که استفاده از تصاویر AOD دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد. در این راستا، قدرت تفکیک مکانی پایین این تصاویر می‌تواند ارزیابی‌ها را در مناطقی با مقیاس کوچک با چالش همراه سازد. بعلاوه، تأثیرپذیری این پروداکت از پوشش ابر تا حدی کیفیت نقشه‌های حاصله را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد که این‌که در مطالعه حاضر نیز قسمت‌هایی از منطقه به دلیل اثر ابر به شکل نقاط سفید رنگ و یا به عبارتی No Data نمایش داده شده است. با این حال، کارایی این پروداکت در مواردی که نیاز جدی به قدرت تفکیک مکانی بالا وجود نداشته باشد، می‌تواند مورد توجه محققان قرار بگیرد.

مطابق یافته‌های پژوهش، پراکنش گردوغبار در جنوب غربی ایران از روندهای متفاوتی تبعیت نموده و همان‌طور که نتایج پژوهش Ghomeshion و همکاران (۲۰۲۲) نیز به آن پرداخته است، این روند تا حد زیادی ناشی از عوامل محلی و به‌ویژه تغییرات کاربری اراضی بوده است. علاوه بر این، یافته‌ها حاکی از این بوده است که رابطه بین تغییرات بدنه‌های آبی و پدیده گردوغبار در سطح منطقه لزوماً به شکل خطی و مستقیم نیست و چنانچه نتایج آزمون همبستگی نیز مشخص نمود، همبستگی میان آب و گردوغبار در منطقه نسبتاً ضعیف بوده است که نشان‌دهنده این است که وقوع گردوغبار می‌تواند در ارتباط با تغییرات سایر عوامل محیطی نیز تشدید و یا تضعیف شود که این امر یافته‌های پژوهش Boloorani و همکاران (۲۰۲۱) را تأیید می‌نماید. از این‌رو، ارزیابی

ارتباط سری زمانی تغییرات عوامل محیطی مختلف (آب، پوشش گیاهی، اقلیم و غیره) با روندهای زمانی و فضایی گردوغبار در سطح منطقه می‌تواند جهت‌گیری مطالعات آتی را به خود اختصاص دهد.

#### ۵- منابع

- Abbasi, F. (2021). Crisis of fine dust and its effects on regional security (Case study: Ahvaz city). *Geography and Human Relationships*, 3(4): 156-174. (In Persian)
- Aliabadi, K., Zangeneh, M. A., Roudbari, A. D. (2015). Evaluation and monitoring dust storm by using remote sensing (Case study: west and southwest of Iran). *Quarterly Scientific Journal of Rescue & Relief*, 17(1): 1-20. (In Persian)
- Amarloei, A., Jafari, A. J., Mahabadi, H. M., and Asadollahi, K. (2014). The evaluation of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> concentration during dust storm events in Ilam city, from Mar 2013 through Feb 2014. *Journal of Ilam University of medical sciences*, 22: 240-259. (In Persian)
- Arami, S. A., Ownegh, M., MohammadianBehbahani, A., Akbari, M., and Zarasvandi, A. (2018). The analysis of dust hazard studies in southwest region of Iran in 22 years (1996-2017). *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*. 5(1): 39-66. (In Persian)
- Atiz, Ö. F., Alkan, T., & Durduran, S. S. (2023). Google Earth Engine Based Spatio-Temporal Changes of Bafa Lake from 1984 to 2022. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 10(3), 116-123.
- Bolorani, A. D., Papi, R., Soleimani, M., Al-Hemoud, A., Amiri, F., Karami, L., Samany, N. N., Bakhtiari, M., & Mirzaei, S. (2023). Visual interpretation of satellite imagery for hotspot dust sources identification. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 29, 100888.
- Bolorani, A. D., Papi, R., Soleimani, M., Karami, L., Amiri, F., & Samany, N. N. (2021). Water bodies changes in Tigris and Euphrates basin has impacted dust storms phenomena. *Aeolian Research*, 50, 100698.
- Boroughani, M., Pourhashemi, S., Hashemi, H., Salehi, M., Amirahmadi, A., Asadi, M. A. Z., & Berndtsson, R. (2020). Application of remote sensing techniques and machine learning algorithms in dust source detection and dust source susceptibility mapping. *Ecological Informatics*, 56, 101059.
- Center for development research and foresight. (2018). Investigating the effects of water regulation programs of neighboring countries in shared border basins on Iran. Foresight group of water, environment and natural resources, 11th edition. (In Persian)

- Ensafi, T., Khoshakhlagh, F., Shamsipour, A., Akhavan, R., Safarrad, T., and Amiraslani, F. (2018). Monitoring and Assessing of Dust Occurance Effects on Precipitation Variations in South-West of Iran Using Remote Sensing and GIS. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, 9(2): 79-98. (In Persian)
- Farhadi, A. (2021). The Impacts of the Southeast Turkish Anatolian Strategic Plan (GAP) on the Security of the Islamic Republic of Iran. *National Security*, 10(38): 185-216. (In Persian)
- Geravandi, S., Yari, A. R., Jafari, M., Goudarzi, G., Vosoughi, M., Dastoorpoor, M., Vosoughi, M., Farhadi, M., & Mohammadi, M. J. (2018). Effects of dust phenomenon and impacts with emphasis on dust problems and present solutions in Khuzestan (Iran). *Archives of Hygiene Sciences*, 7(2), 134-138.
- Ghomeshion, M., Vali, A. A., Ranjbar Fordoei, A., & Mousavi, S. H. (2022). Investigating the effect of land cover on dust spatial distribution in Southern Khuzestan province. *ECOPERSIA*, 10(3), 179-189.
- Heidarian, P., Azhdari, A., Joudaki, M., Khatooni, J. D., & Firoozjaei, S. F. (2018). Integrating remote sensing, GIS, and sedimentology techniques for identifying dust storm sources: a case study in Khuzestan, Iran. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 46(7), 1113-1124.
- Hiatt, M., Snedden, G., Day, J. W., Rohli, R. V., Nyman, J. A., Lane, R., & Sharp, L. A. (2019). Drivers and impacts of water level fluctuations in the Mississippi River delta: Implications for delta restoration. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 224, 117-137.
- Jafary, P., Zandkarimi, A., & Jannati, M. (2019). Annual monitoring of Dust storm in Iran and adjacent areas using MODIS images (1396 and 1397 Hijri Shamsi). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*.
- Kamal, A., Wu, C., & Lin, Z. (2020). Interannual variations of dust activity in western Iran and their possible mechanisms. *Big Earth Data*, 4(2), 175-190.
- Kazemi, Mohamad., Nafarzadegan, A., Mohammadi, F., Rezaei, Ali. (2021) Identifying Origins of Atmospheric Aerosols using Remote Sensing and Data Mining (Case study: Yazd province). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, (1): 63-85. (In Persian)
- Liu, Y., Wang, G., Hu, Z., Shi, P., Lyu, Y., Zhang, G., Gu, Y., Liu, Y., Hong, C., Guo, L., Hu, X., Yang, Y., Zhang, X., Zheng, H., & Liu, L. (2020). Dust storm susceptibility on different land surface types in arid and semiarid regions of northern China. *Atmospheric research*, 243, 105031.
- Mahdavifard, M., Jafari, S., Valizadeh\_Kamran, K., and Karimzadeh, S. (2022). Rapid monitoring of mangrove covers changes using support vector machine algorithm in Google Earth Engine computing platform (Case study: Qeshm mangrove forests). *Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences*, 2(2): 36-23. (In Persian)

- Mehrabi, S., Jafari, R., and Soltani, S. (2022). Investigating the performance of NDDI index for dust mapping of arid lands (Khuzestan Province). *Desert Ecosystem Engineering*, 4(8): 1-10. (In Persian)
- Moazzam, M. S., Mahdavi, R., Javanmard, S., and Rezaei, M. (2018). The effect of dust on the feedback of some climatic factors from Ilam province. *Journal of environmental studies*, 44(3): 549-563. (In Persian)
- Mohammadi, H. R., Mirzaei-pour, T., and Hosseinpour, R. (2013). Spatial analysis of Tigris-Euphrates basin hydro-politics. *Geography*, 10(35), 229-261. (In Persian)
- Namdari, S., Zghair Alnasrawi, A. I., Ghorbanzadeh, O., Sorooshian, A., Kamran, K. V., & Ghamisi, P. (2022). Time series of remote sensing data for interaction analysis of the vegetation coverage and dust activity in the middle east. *Remote Sensing*, 14(13), 2963.
- Ostad-Ali-Askari, K., Rahimi, N., Ashrafi, P., Gholami, H., Ashrafi, A. & Dehghan, S. (2021). Assessment of Dust Event by RS, GIS, MODIS and Statistical Methods Among Satellite Images. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 14(2), 198-213.
- Papi, R., Attarchi, S., Darvishi Boloorani, A., & Neysani Samany, N. (2022). Characterization of hydrologic sand and dust storm sources in the Middle East. *Sustainability*, 14(22).
- Pekel, J. F., Cottam, A., Gorelick, N., & Belward, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540(7633), 418-422.
- Sadrana, H., & Nasri Fakhrdavod, S. (2022). The Impact of water shortage crisis on Iran-Iraq Hydro-political Relations. *Political Organizing of Space*, 4(2), 112-125.
- Samadyar, H., & Samadyar, R. (2015). Air pollution (dust), national security and passive defense solutions. The 3d national conference on environment, energy and biodefense, Tehran. (In Persian)
- Shayesteh, K., and Gharibi, S. (2022). Application of GEE in Dust Actual Sources Detection using Sentinel- 5 and Modis. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 11(34), 1-16. (In Persian)
- Solomos, S., Ansmann, A., Mamouri, R. E., Biniotoglou, I., Patlakas, P., Marinou, E., & Amiridis, V. (2017). Remote sensing and modelling analysis of the extreme dust storm hitting the Middle East and eastern Mediterranean in September 2015. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(6), 4063-4079.
- United Nations Environment Programme. (2009). Impacts of Sand and Dust Storms on Oceans. A Scientific Environmental Assessment for Policy Makers. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

Velayatzadeh, M. (2020). Introducing the causes, origins and effects of dust in Iran. *Journal of Air Pollution and Health*, 5(1), 63-70.

Yue, L., Li, B., Zhu, S., Yuan, Q., & Shen, H. (2023). A fully automatic and high-accuracy surface water mapping framework on Google Earth Engine using Landsat time-series. *International Journal of Digital Earth*, 16(1), 210-233.







## ***Spatio-temporal monitoring of the dust phenomenon in southwestern Iran with an emphasis on the surface water changes***

### **Abstract**

Due to its proximity to three major sources of dust production (the deserts of Iraq, Syria and Saudi Arabia) in the west, Iran has always faced dust storms and their sequences. In addition, the Tigris and Euphrates basin is considered one of the main centers of dust in the region. Hence, it can lead to adverse environmental, social and economic consequences, especially in the dry areas of southwestern Iran, and cause problems in human activities such as agriculture, transportation, industries, social services and medicine. Thus, identifying and evaluating different dimensions of this phenomenon is of vital importance. Accordingly, the aim of the current study is to investigate the temporal and spatial patterns of dust distribution in the southwest of Iran and to identify its relationship with the trend of surface water changes in the Tigris and Euphrates basin (TEB). In this regard, the JRC Landsat dataset was used to monitor surface water changes and an integrated approach based on visual interpretation and assessment of aerosol optical depth (AOD) of MODIS images was used, and the processing was done on the platform of Google Earth Engine (GEE) platform. The findings have shown that the occurrence of dust was largely consistent with the time pattern of surface water changes in the region and there was a negative correlation of 0.412. Accordingly, with the beginning of the decreasing trend of water in 2008, which has reduced its area to about 8199 km<sup>2</sup>, the dust storm has intensified and the highest annual frequency of dust has been observed with 2612 cases. Therefore, the role of water changes has been highlighted in this context.

**Keywords:** Dust Storm, Remote Sensing, MODIS, Google Earth Engine, Tigris and Euphrates.