Golestan University

Journal of the Climate Change Research

Scientific Journal of Golestan University
Vol. 5, No. 17, Spring 2024

Revealing the role of changes in vegetation cover and soil moisture in the annual distribution of dust events in Khuzestan province

Mohammad Sadegh Ghadam Khair[1], Reza Borna[2*], Jafar Morshedi[3], Jibril Ghorbanian[4]

[1] Ph.D. student of climatologhy, Department of Geography, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran, Email: Zadiq566@yahoo.co.uk
[2] Associate Professor of Geography Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Email: bornareza@yahoo.com
[3] Assistant Professor of Urban Planning Department, Shushtar Branch, Islamic Azad University, Shushtar, Iran, Email: jafarmorshedi@gmail.com
[4] Assistant Professor of Geography Department, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran, Email: ghr1391@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-11-10
Accepted: 2024-1-30

Keywords:
Dust
Soil moisture
Vegetation
Khuzestan province

ABSTRACT

Dust events are one of the most important and challenging environmental and climatic hazards of the whole country and especially of Khuzestan province. The main goal of this research is to reveal the role of changes in vegetation cover and soil moisture in the annual distribution of dust events in Khuzestan province. In this regard, 3 categories of data were used. The data related to station dust codes obtained during the statistical period of 2010-2020 for the synoptic stations of Khuzestan province on an hourly scale. The second set of monthly vegetation data was obtained from the NDVI product (MOD13C3) of the MODIS sensor, and finally, the moisture data of the upper 5 cm layer of the soil was provided from the SMAP sensor on a monthly basis. By analyzing the frequency of dust codes, the monthly frequency of dust events, the concentration and persistence of dust were investigated. By obtaining the spatial average values of the two moisture indices of the upper 5 cm soil layer and the monthly NDVI index, the correlation and relationship between the dust indices and these indices was analyzed. The results showed that based on the average period of 2010-2020, the period of 4 months from May to August is the dust peak period in the province. There are at least 11 days of dust in every month, and the concentration of dust is more than 2800 micrograms per cubic meter in the air, and the duration of the dust event in the province is at least 40 hours. The investigation of the moisture indicators of the upper layer of the soil and vegetation showed that, exactly in the province during the same dust peak period, the soil moisture of the upper layer of the soil reached less than 10% in a large part of the central and southern regions of the province, and at the same time, the vegetation index also In these sectors, it has reached less than 0.18. In addition, in this research, it was observed that the monthly changes in the moisture content of the upper 5 cm layer of the soil with a correlation coefficient of -0.88 have the greatest effect on controlling the dust concentration in Khuzestan province.

Cite this article: Ghadam Khair, M.S., Borna, R., Morshedi, J., Ghorbanian, J. (2024). Revealing the role of changes in vegetation cover and soil moisture in the annual distribution of dust events in Khuzestan province. *Journal of the Climate Change Research*, 5 (17), 17-30.

©The author(s)
Publisher: Goletan University
Doi: 10.30488/CCR.2024.422066.1168

نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی

فصلنامه علمی دانشگاه گلستان

سال پنجم/ شماره مسلسل هفدهم/ بهار ۱۴۰۳ / صفحات: ۳۰-۱۷

آشکارسازی نقش تغییرات پوشش‌گیاهی و رطوبت خاک در توزیع درون سالی رخدادهای گردوغبار استان خوزستان

محمدصادق قدم خیر[۱]، رضا برنا[۲]*، جعفر مرشدی[۳]، جبرائیل قربانیان[۴]

[۱] دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، رایانامه: Zadiq566@yahoo.co.uk

[۲] دانشیار گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، رایانامه: bornareza@yahoo.com

[۳] استادیار گروه شهرسازی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران، رایانامه: jafarmorshedi@gmail.com

[۴] استادیار گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، رایانامه: ghr1391@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۰

واژه‌های کلیدی:
گردوغبار
رطوبت خاک
پوشش گیاهی
استان خوزستان

چکیده

رخدادهای گردوغبار یکی از مهمترین و چالش برانگیزترین مخاطرات محیطی و اقلیمی کل کشور و به ویژه استان خوزستان است. هدف اساسی این تحقیق آشکارسازی نقش تغییرات پوشش‌گیاهی و رطوبت‌خاک در توزیع درون سالی رخدادهای گردوغبار استان خوزستان است. در این راستا از ۳ دسته داده استفاده گردید. داده‌های مربوط به کدهای گردوغبار ایستگاهی که طی دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۲۰، برای ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان در مقیاس ساعتی اخذ شد. دسته دوم داده‌های پوشش‌گیاهی ماهانه که از محصول NDVI (MOD13C3) سنجنده MODIS اخذ شد و در نهایت داده‌های رطوبت لایه ۵ سانتی‌متری فوقانی خاک از سنجنده SMAP بصورت ماهانه فراهم گردید. با تحلیل فراوانی کدهای گردوغبار، فراوانی ماهانه رخدادهای گردوغبار، غلظت و تداوم گردوغبار بررسی گردید. با به دست آوردن مقادیر میانگین فضایی دو شاخص رطوبت لایه ۵ سانتی‌متری فوقانی خاک و شاخص NDVI ماهانه، اقدام به تحلیل همبستگی و ارتباط بین شاخص‌های گردوغبار و این شاخص‌ها گردید. نتایج بیانگر آن بود براساس میانگین دوره ۲۰۱۰-۲۰۲۰، دوره ۴ ماه می تا اوت دوره پیک گردوغبار در سطح استان است. دوره حداقل ۱۱ روز گردوغباری در هر ماه وجود دارد و غلظت گردوغبار بیش از ۲۸۰۰ میکروگرم بر مترمکعب در هوا بوده و تداوم ماندگاری رخداد گردوغبار در سطح استان حداقل ۴۰ ساعت است. بررسی شاخص‌های رطوبت لایه فوقانی خاک و پوشش‌گیاهی نشان داد، دقیقاً در سطح استان در همین دوره پیک گردوغبار، رطوبت‌خاک لایه فوقانی خاک در بخش وسیعی از نواحی مرکزی و جنوبی استان به کمتر از ۱۰ درصد رسیده و همزمان شاخص پوشش‌گیاهی نیز در این بخش‌ها به کمتر از ۰/۱۸ رسیده است. علاوه بر آن در این تحقیق مشاهده گردید که تغییرات ماهانه رطوبت لایه ۵ سانتی‌متر فوقانی خاک با ضریب همبستگی ۰/۸۸- بیشترین تأثیر را در کنترل غلظت گردوغبار در سطح استان خوزستان دارد.

استناد: قدم خیر، محمدصادق؛ برنا، رضا؛ مرشدی، جعفر؛ قربانیان، جبرائیل. (۱۴۰۳). آشکارسازی نقش تغییرات پوشش گیاهی و رطوبت خاک در توزیع درون سالی رخدادهای گردوغبار استان خوزستان. *نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی*، ۵ (۱۷)، ۳۰-۱۷.

ناشر: دانشگاه گلستان

© نویسندگان.

Doi: 10.30488/CCR.2024.422066.1168

مقدمه

پدیده گردوغبار یکی ازرخدادهای حدی یا فرین اقلیمی است که اغلب در مناطق خشک و بیابانی جهان شکل می‌گیرد و به عنوان یک مخاطره طبیعی شناخته می‌شود (آرامی، ۱۳۹۷: ۴۶). این ذرات به شکل معلق در هوا تا ارتفاع چندین کیلومتر ازسطح زمین پراکنده می‌شوند. ترکیب ذرات بسیار پیچیده بوده که دراکثر مواقع شامل ترکیبی از دود، گردوخاک و ذرات بیولوژیک می‌باشد. در نوع بسیار شدید این پدیده باد مجموع عظیمی ازذرات خاک و ماسه را به هوا بلند می‌کنند و دید افقی را بین ۱ تا ۲ کیلومتر کاهش می‌دهند. بر اساس توافق سازمان هواشناسی جهانی، هرگاه در ایستگاهی سرعت باد از ۱۵ متر بر ثانیه تجاوز و دید افقی به علت گردوغبارکمتر ازیک کیلومتر (۱۰۰۰متر) برسد طوفان گردوغبارگزارش می‌شود (مهرابی و همکاران، ۱۳۹۴: ۷۱). طوفان‌های گردوغبار در بسیاری از نواحی کره زمین یک پدیده عمومی به شمار می‌رود ولی طبق آمار موجود فراوانی رخداد آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (میلر و همکاران[1]، ۲۰۰۸: ۳). این پدیده دارای عواقب متعدد زیست‌محیطی است که بر روی تغییرات آب و-هوایی، رسوب‌گذاری دریایی، کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی، رشد گیاهان و... تأثیرات نامطلوبی بر جای می‌گذارد قرار گرفتن ایران در کمربند خشک و نیمه-خشک جهان و همچنین همجواری کشور و استان خوزستان با بیابانهای عراق، عربستان و سوریه و تغییر کاربری اراضی این منطقه طی سال‌های اخیر و برهمکنش عناصر مختلف جوی موجب شده است که غرب و جنوب‌غرب ایران در سالهای اخیر در معرض پدیده گردوغبار قرار گیرد بنابراین شناخت ارتباط بین طوفان گردوغبار و تغییرات کاربری اراضی و پوشش-زمین، در منابع طبیعی و بخش‌های دیگر می‌تواند به عنوان یک پارامتر مهم، برنامه‌ریزان بخش‌های مختلف اجرایی را در مدیریت و توسعه همه جانبه یاری نماید. مطالعات گوناگون نشان داده است که کاربری اراضی یکی از فاکتورهای مهم در وقوع طوفان‌های گردوغبار خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (ربیعی و همکاران، ۱۳۸۴: ۴۳). دلایل متعددی را می‌توان برای پدیده گردوغبار نام برد که می‌توان به فاکتورهای تغییر اقلیم، کمبود بارندگی، وقوع خشکسالی، کاهش پوشش‌گیاهی و تخریب و عدم مدیریت‌مناسب اشاره نمود که منجر به وقوع بیابان‌زایی و تشدید گردوغبار می‌شوند (الهربان[2]،۲۰۱۴: ۶۶۸؛ دینگ[3]،۲۰۰۵: ۳؛ نیکلینگ[4]، ۱۹۸۴: ۶۴۷) مطالعات نشان می‌دهد وقوع پدیده گردوغبار ارتباط نزدیکی با شرایطاقلیمی (بارندگی، دما، سرعت باد، خشکسالی و...) و ویژگی‌های سطح‌زمین (پوشش‌گیاهی، رطوبت، بافت‌خاک، توپوگرافی و ...) دارد (جلیلی و همکاران، ۲۰۱۲: ۳؛ کریمی و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۱۵؛ سان[5] و همکاران، ۲۰۰۳: ۱۲۸). همچنین سهرابی و همکاران (۱۳۹۷)، به بررسی تحلیل کمی بازخورد پوشش گیاهی بر وقوع گردوغبار در اکوسیستم‌های مناطق‌خشک استان اصفهان، نوروزی و همکاران (۱۳۹۸)، به بررسی روند تغییرات کاربری‌اراضی در کانون‌های ریزگرد جنوب و جنوب‌شرق اهواز، درگاهیان و همکاران (۱۳۹۸)، به بررسی تغییر کاربری‌زمین در هورمنصوریه و ارتباط آن با رخدادهای خشکسالی و گردوغبار در کلان شهر اهواز بیات و همکاران (۱۴۰۰)، به بررسی تأثیر طوفان‌های گردوغبار بر پوشش‌گیاهی تالاب شادگان، سلیمانی ساردو و همکاران (۱۴۰۰) به تعیین و تحلیل روند الگوی زمانی‌ومکانی گردوغبار و اثرپذیری آن از پوشش‌گیاهی ناطقی و همکاران (۱۴۰۱) به واکاوی اثر پوشش‌گیاهی بر وقوع پدیدهٔ گردوغبار، تان (۲۰۱۶) به مطالعه رابطه بین پوشش‌گیاهی و شدت گردوغبار طوفان (DSI) همچنین مینگوگ تان[6] (۲۰۱۶) به بررسی رابطه بین پوشش‌گیاهی و شدت طوفان گردوغبار (DSI) در چین پرداختند، لی و همکاران (۲۰۲۰)، به بررسی اثرات هواشناسی و پوشش‌گیاهی بر غلظت گردوغبار سطحی در کشورهای خاورمیانه،

[1] Miller et al

[2] Al-Hurban,
[3] Ding
[4] Nickling
[5] Sun
[6] Minghong Tan

آموس[7] و همکاران (۲۰۲۱)، به بررسی تأثیر تغییرات کاربری‌اراضی روی رخدادهای گرد و غبار بهاره شرق‌آسیا، یانگ[8] و همکاران (۲۰۲۲) به مطالعه تأثیرکاربری و پوشش‌زمین بر عمق نوری آئروسل بر فراز شهر پکن پرداختند. تغییرات پوشش/کاربری اراضی با منشأ انسانی یا طبیعی، منجر به ایجاد یک چرخه از ناهنجاری‌های محیطی شده است که یکی ازمهمترین این ناهنجاری‌ها تشکیل و توسعه کانون‌های گردوغبار محلی در سطح استان خوزستان و به تبع آن افزایش رخدادهای گردوغبار با منشأ محلی و کاهش کیفیت هوا می‌باشد. کاهش مساحت اراضی جنگلی در سطح استان، به زیرکشت رفتن عرصه‌های مرتعی، زراعت زیر اشکوب جنگلی، توسعه عرصه‌های شهری و مسکونی در زیراشکوب جنگل‌واراضی منابع‌طبیعی، چرای بیش از حد دام‌ها، فعالیت‌های کشاورزی نادرست، الگوهای کشت‌نادرست و مبتنی بر بهره‌کشی بیش از حد از زمین، همگی از مواردی است که تغییر در پوشش‌گیاهی منجر به تغییر در فراوانی رخدادهای گردوغبار و کاهش کیفیت هوای استان شده است. لذا در این تحقیق هدف اساسی بررسی نقش دو عامل کنترل کننده گردوغبار یعنی پوشش‌گیاهی و رطوبت‌خاک در سطح استان در تغییرات ماهانه رخدادهای رطوبت‌خاک در سطح استان خوزستان است.

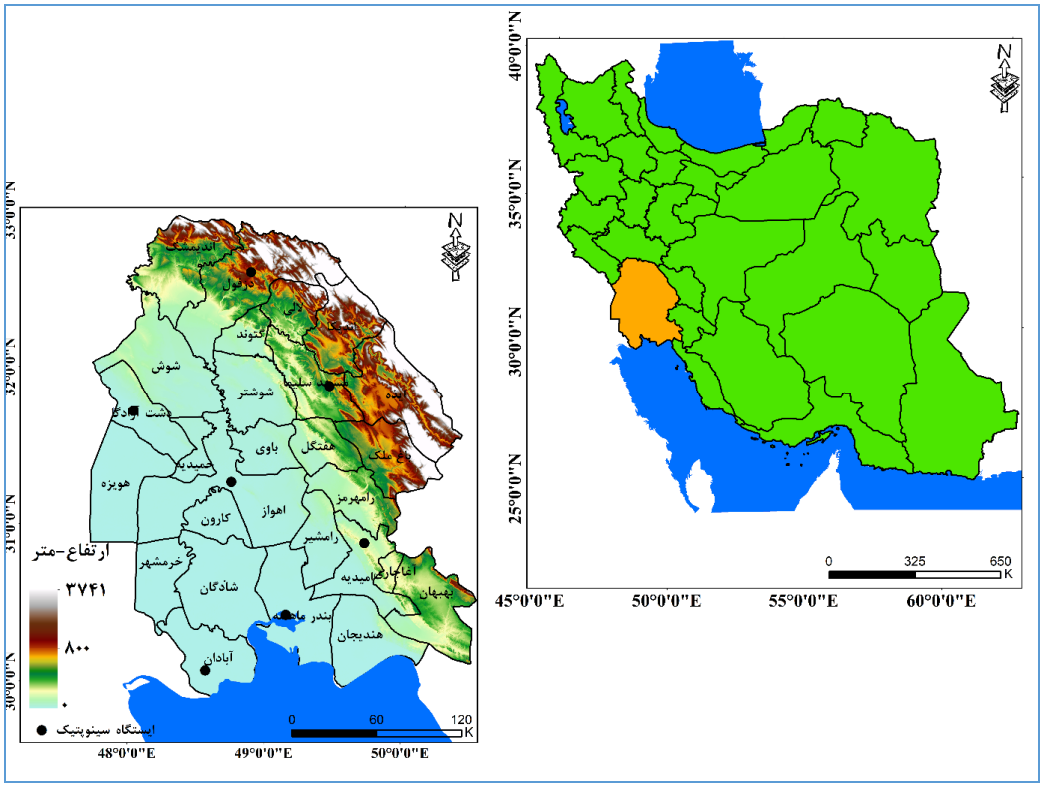
روش تحقیق

محدوده و قلمرو پژوهش: موقعیت مورد مطالعه این تحقیق استان خوزستان است که از لحاظ مخاطرات محیطی یکی از پرچالش‌ترین استان‌های کشور به شمارمی‌رود. این استان با مساحتی حدود ۶/۵ میلیون هکتار، حدود ۴ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. گردوغبار یکی از عمده‌ترین و مهمترین چالش‌های این استان است آثار مخرب آن در ابعاد مختلفی از قبیل، کیفیت منابع آب، کیفیت و عملکرد محصولات‌کشاورزی، صنایع و شبکه‌های انتقال انرژی، کیفیت هوای شهرها قابل ردیابی است. رخدادهای گردوغبار در این استان هم به دلیل وجود کانون‌های داخلی و هم نزدیکی به بیابان‌های عراق و عربستان، هر ساله به ویژه در بهار و تابستان، به یکی از پدیده‌های رایج اقلیمی این استان تبدیل شده است. اما در کنار این چالش‌های گسترده در سطح استان، استان خوزستان یکی از پرظرفیت‌ترین استان‌های کشور از لحاظ کشاورزی به شمار می‌رود، به‌طوری‌که براساس گزارش وزارت جهات کشاورزی، در طی ۵ سال اخیر استان خوزستان در زمینه حجم تولید محصولات کشاورزی (بین ۱۳ تا ۱۵ میلیون تن محصول زراعی باغی در سال)، رتبه نخست تولیدات محصولات کشاورزی را داشته است (بارونیان و همکاران،۱۴۰۰).

داده‌های مورد استفاده: در این تحقیق از ۳ دسته اساسی از داده‌ها استفاده شده است. در جدول ۱ داده‌های مورد استفاده در این تحقیق ارائه شده است. دسته اول داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه بود. این داده‌ها به صورت رکوردهای دیدبانی کدهای گردوغبار روزانه طی دوره آماری۲۰۱۰-۲۰۲۰، برای ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان بود. در ابتدا با استفاده از فراوانی تجمعی سالانه و فصلی رکوردهای گردوغبار هر ایستگاه، الگوی توزیع درون‌سالی (ماهانه) رخدادهای گردوغبار در سطح استان به دست می‌آید. دسته دوم از داده‌هایی که در این تحقیق استفاده شد، داده‌های مربوط به میزان سبزینگی یا پوشش‌گیاهی و رطوبت‌خاک ماهانه در کانون‌های آشکارشده گردوغبار منطقه بود. داده‌های مربوط به پوشش‌گیاهی کانون‌های دخیل در گردوغبار ماهانه استان خوزستان، با استفاده از محصول پوشش‌گیاهی سنجنده MODIS، یعنی محصول MOD13A3 ماهانه با رزلوشن فضایی ۱کیلومتر بررسی شد. داده‌های رطوبت‌خاک نیز از محصول رطوبت‌خاک سنجنده SMAP[9] از داده‌های پایگاه ERA5 با رزلوشن فضایی ۰/۲۵ درجه قوسی فراهم گردید. این داده‌ها رطوبت

[7] Amos
[8] Yang
[9] Soil Moisture Active Pasive

عمق صفر تا ۵ سانتی‌متری خاک را بر حسب درصد، ارائه می‌کنند. در این تحقیق از میانگین ماهانه رطوبت عمق صفر تا ۵ سانتی‌متر خاک استفاده شد.



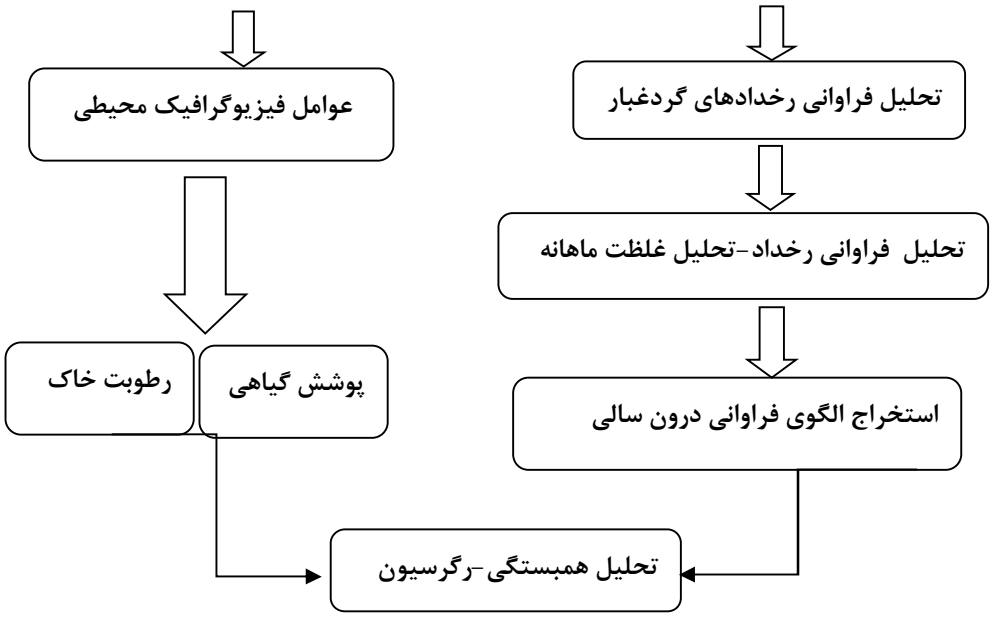
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های سینوپتیک در سطح استان

جدول ۱- مشخصات داده‌های ایستگاهی مورد استفاده در تحقیق

نوع داده	مشخصات	منبع
داده‌های ایستگاهی	کدهای گردوغباری ۰۶-۰۷-۰۸-۰۹-۳۰-۳۱-۳۲-۳۳-۳۴-۳۵-۹۸	آبادان، اهواز، ایده، دزفول، ماهشهر، امیدیه، مسجدسلیمان، دشت آزادگان
محصول پوشش گیاهی سنجنده MODIS	MOD13A3، رزولوشن ۱ کیلومتر-میانگین ماهانه	https://modis.gsfc.nasa.gov/
رطوبت خاک پایگاه ERA5	رزولشن ۰/۲۵ درجه قوسی-میانگین ماهانه	https://cds.climate.copernicus.eu

روش کار: برای بررسی وضعیت توزیع درون‌سالی یا ماهانه رخدادهای گردوغبار در سطح استان‌خوزستان، ابتدا رکوردهای روزانه کدهای گردوغبار ایستگاه‌های مورد بررسی در مقیاس ماهانه طی دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۲۰، مورد بررسی قرار می‌گیرد. با تحلیل فراوانی ماهانه این کدهای گردوغبار در دهه اخیر، الگوی توزیع فراوانی درون سالی رخدادهای گردوغبار در سطح استان‌خوزستان آشکار می‌گردد. از طرف دیگر، بررسی الگوهای توزیع ماهانه کدهای گردوغبار در ارتباط با دو فاکتور میزان سبزینگی پوشش‌گیاهی و میزان رطوبت‌خاک، مورد تحلیل قرار می‌گیرد. میانگین‌های فضایی ماهانه دو فاکتور رطوبت‌خاک و میزان سبزینگی با استفاده از اجرای توابع آمار فضایی در محیط ARC_GIS در سطح استان‌خوزستان محاسبه می‌گردد. در شکل ۲- مراحل انجام تحقیق ارائه شده است.

تحلیل تغییرات درون سالی گردغبار در استان خوزستان



شکل۲- فلوچارت مراحل تحقیق

بحث اصلی

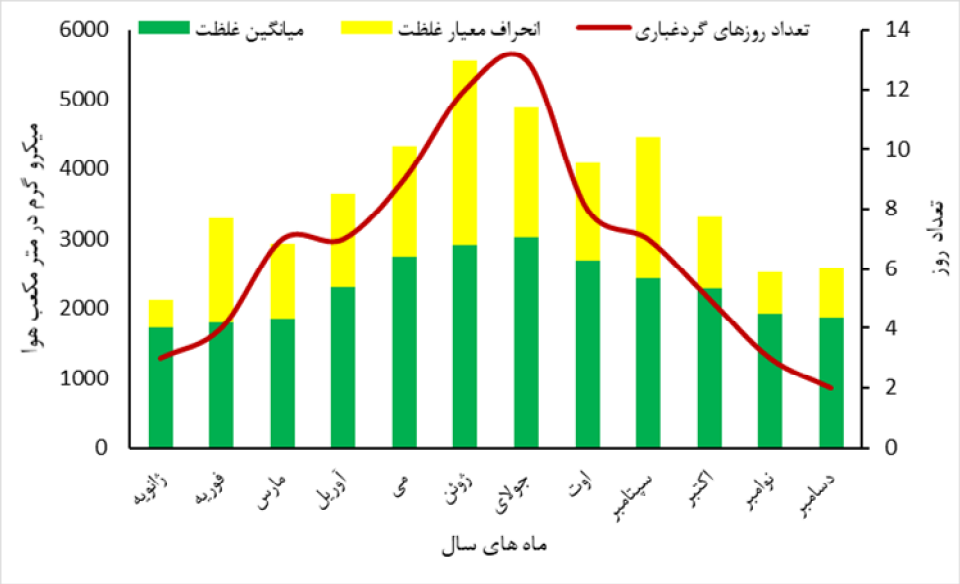
در جدول ۲ ویژگی‌های آماری رخدادهای گردوغبار در سطح استان خوزستان ارائه شده است. همانطور که در این جدول دیده می‌شود، به طور کلی ماه‌های می تا اوت (اردیبهشت تا مرداد)، بیشترین فراوانی رخدادهای گردوغبار در سطح استان خوزستان ثبت شده است. طول دوره ماندگاری رخدادهای گردوغبار در این ماه‌های پیک گردوغبار (دوره می تا اوت) به‌طور متوسط ۲۰± ۴۴ ساعت بوده است. بیشترین غلظت گردوغبار در سطح استان نیز مربوط به همین دوره پیک رخدادهای گردوغبار یعنی دوره می تا اوت بوده است.

جدول ۲- تحلیل ویژگی‌های درون سالی (ماهانه) مشخصات رخدادهای گردوغبار در سطح استان خوزستان براساس میانگین دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۲۰

	فراوانی ماهانه-روز	طول متوسط ماندگاری (ساعت)	غلظت (میکروگرم بر مترمکعب)
ژانویه	۳	24±3	1715±415
فوریه	۴	26±7	1791±1500
مارس	۷	28±8	1841±1090
آوریل	۷	30±16	2301±1350
می	۹	35±14	2749±1580
ژوئن	۱۲	42±20	2910±2640
جولای	۱۳	51±25	3017±1870
اوت	۸	45±17	2684±1402
سپتامبر	۷	27±15	2443±2012
اکتبر	۵	26±7	2293±1016
نوامبر	۳	15±10	1920±612
دسامبر	۲	21±7	1772±710

همانطور که در شکل ۳ دیده می‌شود، بیشترین فراوانی تعداد روزهای گردوغباری طی دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۲۰، در سطح ایستگاه‌های استان خوزستان مربوط به ماه جولای با ۱۳ روز و سپس ماه ژوئن با ۱۲

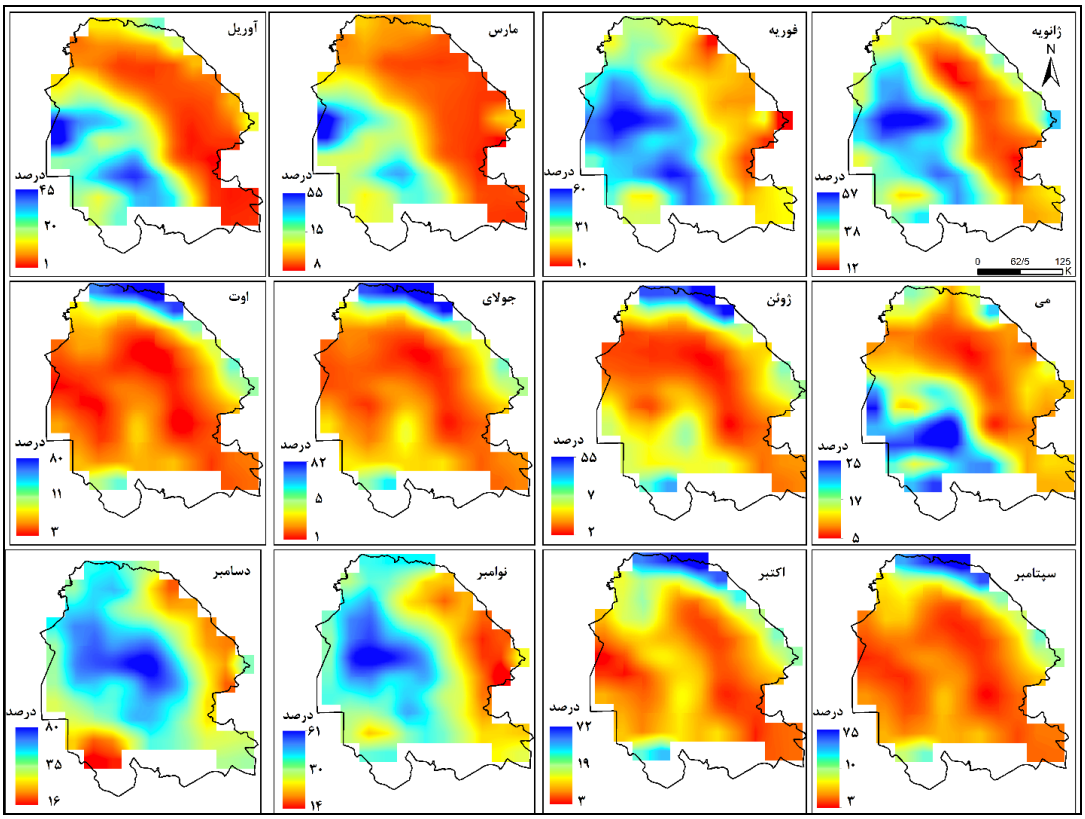
روز بوده است. در این دو ماه میزان غلظت گردوغبار نیز در سطح استان خوزستان در بیشترین مقدار خود قرار داشته است. در ما جولای میزان غلظت ریزگردها در سطح استان به بیش از ۳۰۰۰ میکروگرم برمترمکعب هوا رسیده است و این شاخص در ماه ژوئن برابر ۲۹۱۰ میکروگرم بر مترمکعب هوا بوده است. ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه، علاوه بر اینکه کمترین تعداد روزهای گردوغباری را به خود اختصاص داده‌اند (بین ۲ تا ۴ روز)، میزان غلظت ریزگردها در رخدادهای گردوغباری این ماه‌ها نیز به صورت قابل توجهی کمتر از ماه‌های می تا اوت بوده است و در این سه ماه دوره سرد سال یعنی دسامبر تا فوریه میزان غلظت ذرات معلق در اتمسفر استان خوزستان کمتر از ۱۸۰۰ میکروگرم بر مترمکعب هوا بوده است. از طرف دیگر، در دوره سرد سال یعنی ماه‌های دسامبر تا فوریه، رخدادهای گردوغباری ثبت شده عموماً از تداوم زمانی کمتر از ۲۴ ساعت برخوردار بوده‌اند در حالی که در دوره می تا اوت رخدادهای گردوغباری ثبت شده، بیش از ۴۴ ساعت تداوم داشته‌اند.



شکل ۳- وضعیت متوسط (میانگین دوره ۲۰۱۰-۲۰۲۰) فراوانی ماهانه روزهای گردوغباری و غلظت رخدادهای گردوغباری در سطح استان خوزستان

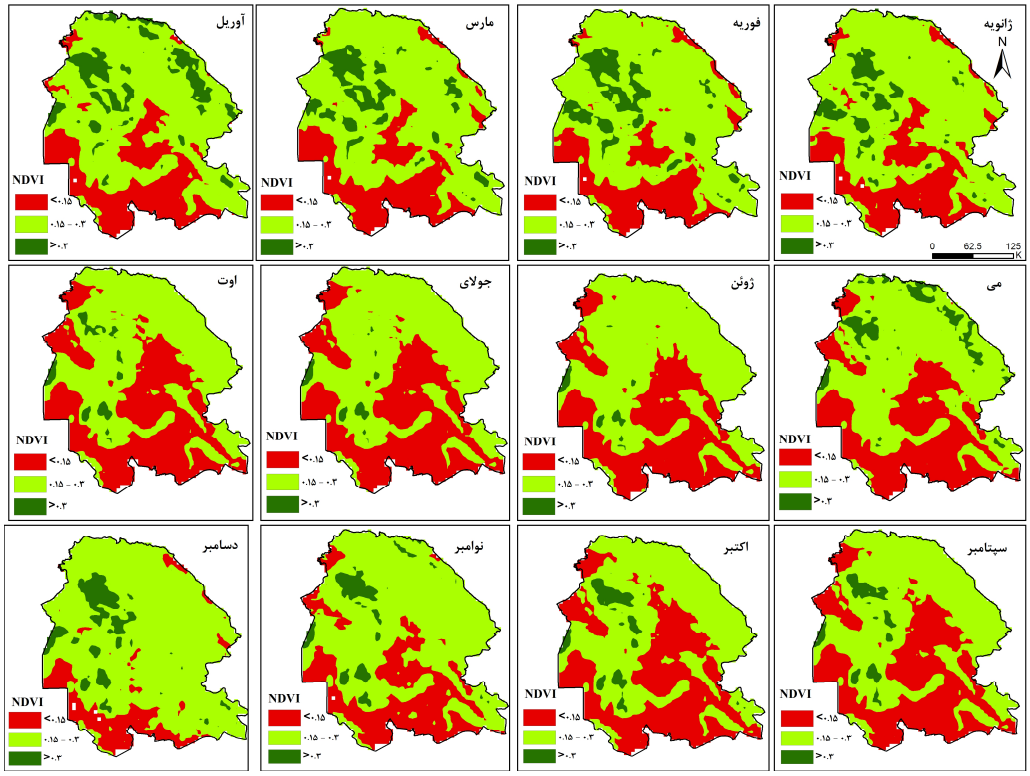
برای آشکارسازی ارتباط درون سالی بین رخدادهای گردوغبار و ویژگی‌های آن‌ها، با دو شاخص رطوبت‌خاک و پوشش‌گیاهی در سطح استان، نقشه‌های توزیع فضایی ماهانه پوشش‌گیاهی (محصول NDVI سنجنده MODIS) و رطوبت عمق‌صفرتا ۵ سانتیمتری خاک (مستخرج از داده‌های رطوبت‌خاک سنجنده SMAP)، براساس میانگین ماهانه دوره ۲۰۱۰-۲۰۲۰ ارائه شد. همانطور که در نقشه‌های رطوبت‌خاک SMAP دیده می‌شود، الگوی توزیع فضایی رطوبت عمق صفر تا ۵ سانتیمتری خاک، به این صورت است که در ماه‌های می تا اوت که ماه‌های پیک گردوغبار در سطح استان است، در بخش‌های وسیعی از استان خوزستان رطوبت عمق ۵ سانتی‌متری فوقانی خاک، کمتر از ۷ درصد است. طبقه با رطوبت‌خاک کمتر از ۱۰ درصد در این ماه‌ها، بیشترین فراوانی پیکسل‌های رطوبت‌خاک را به خود اختصاص داده است. در این ماه‌ها عموماً کشت‌های‌آبی در بخش‌های شمالی استان در بخش‌های محدودی از نواحی شمالی استان، رطوبت لایه ۵ سانتیمتر فوقانی خاک را به صورت قابل توجهی به بیش از ۷۰ درصد افزایش داده است که ناشی از آبیاری اراضی است. اما بخش‌های وسیعی از نواحی‌مرکزی و هموار استان با

رطوبت بسیارکم، مستعد ایجاد ریزگردها و تزریق گردوغبار به اتمسفر نزدیک سطح زمین استان هستند. در ماه‌های نوامبر تا فوریه که به نوعی کمترین میزان رخدادهای گردوغبار در این دوره ثبت شده است و علاوه بر آن غلظت رخدادهای گردوغبار در این دوره نیز به صورت قابل‌توجهی پایین بوده است (جدول ۲) رطوبت لایه ۵ سانتیمتری فوقانی‌خاک، بیش از ۳۰ درصد بوده است و پیکسل‌های با رطوبت بین ۲۵ تا ۳۵ درصد پرفراوانی‌ترین پیکسل‌های رطوبتی در این ماه‌ها بوده‌اند که بیانگر آن است بخش وسیعی از استان دارای رطوبت سطحی بیش از ۲۵ درصد بوده است که به نوعی کنترل کننده گردوغبار بوده و علاوه بر فراوانی، غلظت و تداوم رخداد گردوغبار را نیز کاهش داده است.



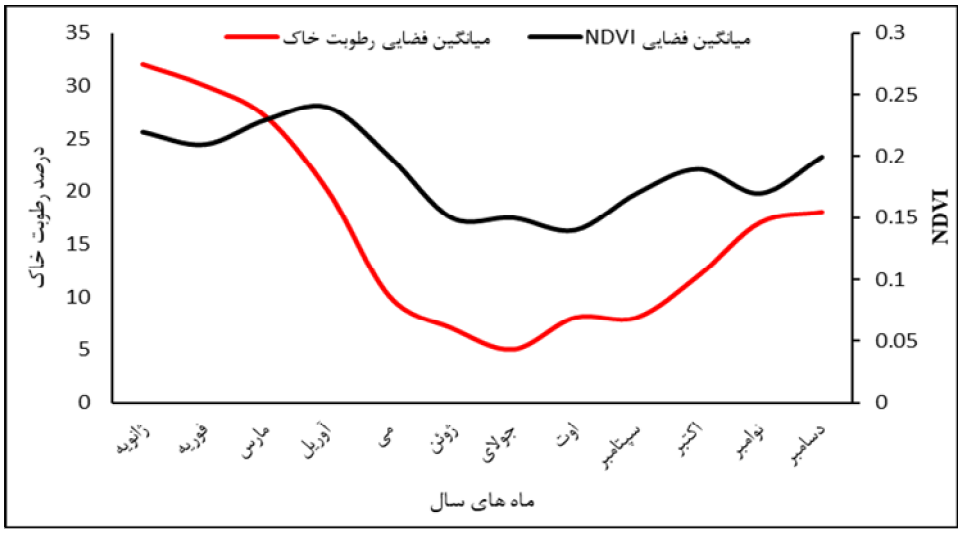
شکل ۴- توزیع فضایی شاخص رطوبت عمق ۰ تا ۵ سانتی‌متری خاک (برحسب درصد) مستخرج از داده‌های سنجنده SMAP، (میانگین دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۲۰)

در مورد الگوی توزیع فضایی شاخص سبزینگی نیز، همانطور که در شکل ۵ دیده می‌شود، در ماه‌های پیک رخدادهای گردوغبار یعنی می تا اوت، تنها در بخش‌های شمال‌غرب استان که بخش‌های کوهستانی استان است سبزینگی بالای ۰/۲ دیده می‌شود، در بخش‌های‌مرکزی جدای از برخی اراضی کشاورزی آبی، سایر پهنه‌های استان دارای مقادیر سبزینگی کمتر از ۰/۲ است که به نوعی فاقد پوشش‌گیاهی یا دارای پوشش‌گیاهی بسیار ضعیف است. در دوره سرد سال یعنی از نوامبر تا مارس، میانگین فضایی سبزینگی استان، برابر ۰/۲۴ است که به صورت قابل توجهی از دوره گرم سال بالاتر است و این وجود سبزینگی، به صورت قابل توجهی غلظت و فراوانی رخدادهای گردوغبار را در این دوره در سطح استان کاهش داده است.



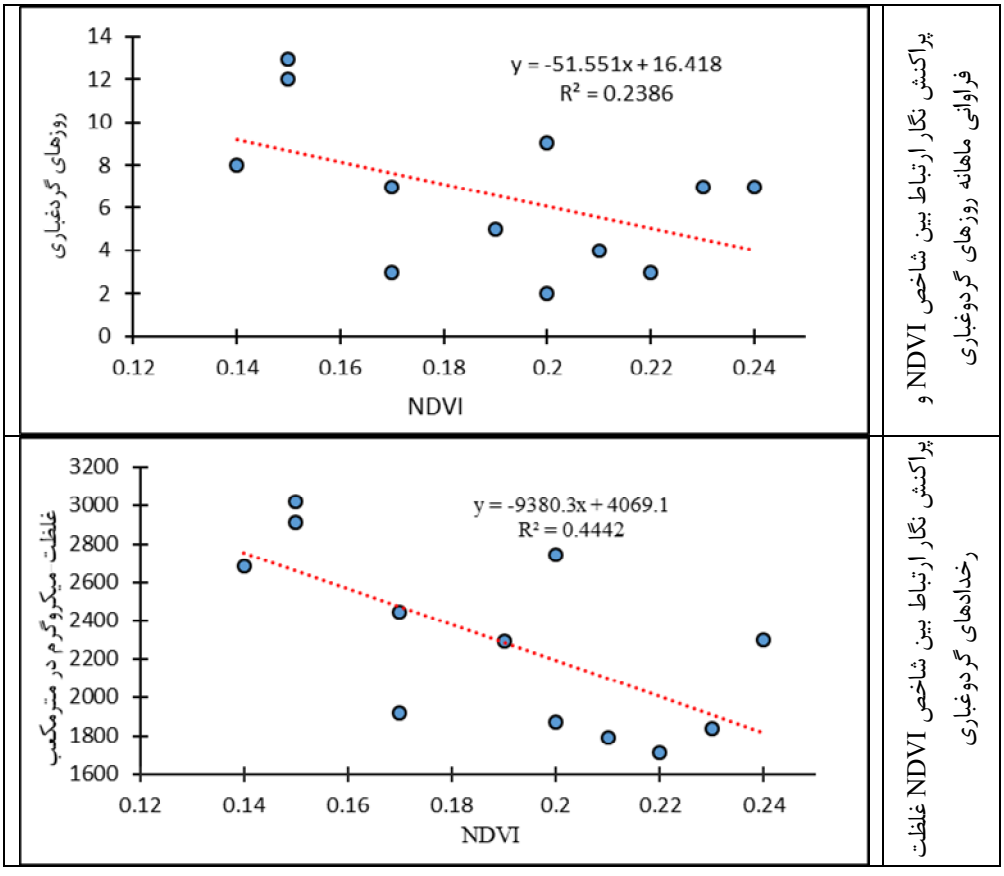
شکل ۵- توزیع فضایی شاخص سبزینگی پوشش‌گیاهی ماهانه استان خوزستان مستخرج از محصول پوشش‌گیاهی سنجنده MODIS (میانگین دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۲۰)

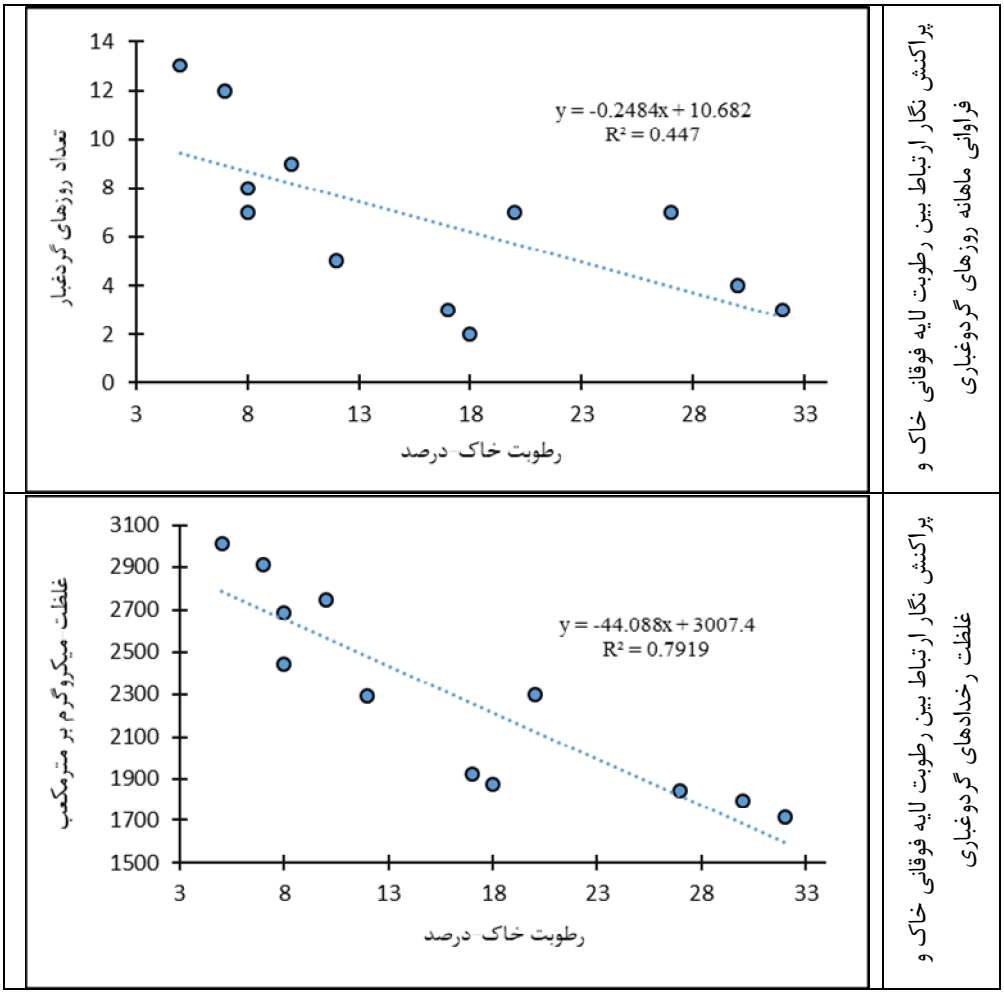
در شکل ۶ تغییرات ماهانه میانگین فضایی رطوبت لایه ۵ سانتی‌متری فوقانی خاک و شاخص پوشش‌گیاهی NDVI در سطح استان براساس میانگین دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۲۰ دیده می‌شود، همانطور که در این شکل دیده می‌شود، هر دو عامل کنترل کننده غلظت و فراوانی رخدادهای گردوغبار یعنی رطوبت خاک و پوشش‌گیاهی، در ماه‌های می تا اوت به کمینه مقدار خود رسیده‌اند و این دوره ۴ ماهه به دوره پیک رخدادهای گردوغبار با غلظت بیش از ۲۸۰۰ میکروگرم بر مترمکعب هوا، تبدیل شده است.



شکل ۶- تغییرات ماهانه میانگین فضایی رطوبت لایه ۵ سانتیمتری فوقانی خاک و شاخص پوشش‌گیاهی NDVI در سطح استان براساس میانگین دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۲۰

همانطور که در پراکنش نگارهای شکل ۷ دیده می‌شود، هر دو عامل رطوبت لایه فوقانی خاک و شاخص NDVI در سطح استان خوزستان ارتباط معکوسی با فراوانی رخدادهای گردوغبار و غلظت این رخدادها، در سطح استان دارند. شاخص پوشش‌گیاهی NDVI ماهانه دارای همبستگی برابر ۰/۵۰ – با فراوانی ماهانه تعداد روزهای گردوغبار بود. این همبستگی معکوس که در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P_value =0.05)، معنی‌دار است، بیانگر آن است که در ماه‌هایی که میانگین فضایی سبزینگی پوشش‌گیاهی در سطح استان بالا بوده است، (دوره نوامبر تا مارس)، فراوانی ماهانه روزهای گردوغباری به صورت معنی‌داری کم بوده است در حالی که در دوره‌ای از سال که میانگین‌فضایی این شاخص در سطح استان پایین بوده است (می تا اوت) فراوانی رخدادهای گردوغبار به صورت معنی‌داری بالا بوده است. تغییرات ماهانه میانگین‌فضایی شاخص NDVI، در سطح استان خوزستان ارتباط معکوس قوی‌تری با غلظت رخدادهای گردوغبار در سطح استان نشان داد (R= -۰/۶۶)، که گویای این است بیشترین غلظت رخدادهای گردوغبار در دوره‌ای از سال است که مقدار میانگین فضایی شاخص پوشش گیاهی NDVI در سطح استان به کمینه رسیده باشد (مقادیر زیر ۰/۲ در دوره جولای تا اگوست). اما نتایج حاصل از تحلیل همبستگی فضایی بین فاکتورهای کنترل کننده گردوغبار در سطح استان خوزستان نشان داد که عامل رطوبت لایه ۵ سانتیمتر فوقانی خاک نقش اساسی‌تری در کنترل گردوغبار دارد. فراوانی ماهانه تعداد روزهای گردوغبار دارای همبستگی برابر ۰/۶۷- با رطوبت لایه فوقانی خاک بود و غلظت رخدادهای گردوغبار نیز همبستگی برابر ۰/۸۸- با رطوبت لایه فوقانی خاک نشان داد که هر دوی این همبستگی‌ها در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P_value =0.05) معنی‌دار بوده است.





شکل ۷- پراکنش نگارهای ارتباط بین دو فاکتور NDVI و رطوبت لایه فوقانی خاک با فراوانی ماهانه روزهای گردوغباری و میانگین ماهانه غلظت رخدادهای گردوغباری در سطح استان خوزستان

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

استان خوزستان یکی از قطب‌های تولیدات کشاورزی و صنایع کشور است اما در دهه‌های اخیر، مخاطره گردوغبار در استان خوزستان تبدیل به چالش اصلی و عمده اقلیمی و زیست محیطی استان شده است. در این تحقیق اقدام به بررسی تغییرات درون سالی ویژگی‌های رخدادهای گردوغبار در سطح استان خوزستان در ارتباط با دو فاکتور محیطی رطوبت لایه فوقانی خاک و پوشش گیاهی شد. براساس نتایج ا ین تحقیق دیده شد که براساس میانگین دوره ۲۰۱۰-۲۰۲۰، دوره ۴ ماه می تا اوت دوره پیک گردوغبار در سطح استان است. در این دوره حداقل ۱۱ روز گردوغباری در هر ماه وجود دارد و غلظت گردوغبار نیز بیش از ۲۸۰۰ میکروگرم بر مترمکعب هوا بوده و علاوه بر آن تداوم ماندگاری رخداد گردوغبار در سطح استان حداقل ۴۰ ساعت است. براین اساس دوره گرم سال یعنی اواسط بهار تا اواسط تابستان دوره اوج رخدادهای گردغبار درسطح استان خوزستان است. توزیع درون‌سالی رخدادهای گردوغبار در تحقیق احدی و همکاران (۱۴۰۰)، نیز بیانگر آن بود ماه‌های ژوئن و جولای حدود ۴۹ درصد از رخدادهای گردغبار استان خوزستان را به خود اختصاص داده است و بر این اساس در این دوره حداقل بیش از ۶ رخداد گردغبار در ماه ثبت شده است که یافته‌های این تحقیق نیز نتیجه مشابهی را یافته بود. در ادامه بررسی ارتباط توزیع درون سالی رخدادهای گردغبار، ارتباط

آن با رطوبت‌خاک و نیز پوشش‌گیاهی بررسی گردید. بررسی شاخص‌های رطوبت لایه فوقانی‌خاک و پوشش-گیاهی نشان داد، دقیقاً در سطح استان در همین دوره پیک گردوغبار، رطوبت خاک لایه فوقانی خاک در بخش وسیعی از نواحی مرکزی و جنوبی استان به کمتر از ۱۰ درصد رسیده. براین اساس در دوره پیک رخدادهای گردغبار یعنی ماه‌های می تا اوت، رطوبت عمق صفر تا ۵ سانتیمتری خاک به مقدار کمینه یعنی کمتر از ۱۰ درصد رسیده است. و همزمان شاخص پوشش‌گیاهی نیز در این بخش‌ها به کمتر از ۰/۱۸ رسیده است. علاوه بر آن در این تحقیق مشاهده گردید که تغییرات ماهانه رطوبت لایه ۵ سانتیمتر فوقانی خاک با ضریب همبستگی ۰/۸۸- بیشترین تأثیر را در کنترل غلظت گردوغبار در سطح استان خوزستان دارد. صداقت و نظری پور(۱۳۹۹) نشان دادند که با کاهش رطوبت‌خاک در طی دهه اخیر در سطح تالاب هورالعظیم استان خوزستان، دمای سطح زمین دقیقاً در سطح تالاب هورالعظیم افزایش داشته است و به دنبال آن شاخص تراکم پوشش‌گیاهی نیز در سطح این تالاب کاهش داشته است. برایند کلی این فرایند سه وجهی در سطح تالاب هورالعظیم افزایش رخدادها و غلظت گردوغبار بوده است که این مسئله در این تحقیق نیز آشکار گردید.

منابع

۱. احدی، پریسا، خالدی، شهریار، احمدی، محمود. ۱۴۰۰. پایش آماری پدیده گرد و غبار در استان خوزستان بارویکرد ساعتی، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۱ (۶۰)، ۲۵۹-۲۷۷

۲. آرامی، سیدعبدالحسین، اونق، مجید، محمدیان بهبهانی، علی، اکبری، مهری،زراسوندی علیرضا.۱۳۹۷. تحلیل مطالعات مخاطره گردوغبار در جنوب غرب ایران در دوره ۲۲ ساله (۲۰۱۷-۱۹۹۶)، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۵ (۱)، ۳۹-۶۶.

۳. بارونیان، ایرج، برنا، رضا، ظهوریان، منیژه ، مرشدی، جعفر.۱۴۰۰. آشکارسازی تاثیرگذاری تغییرات کاربری زمین‌ها در توزیع فضایی غلظت گردوغبار استان خوزستان با استفاده از محصولات سنجنده MODIS، جغرافیا و پایداری محیط، ۱۱(۳)، ۹۷-۱۱۴.

۴. بیات، رضا، ایرانمنش، فاضل، کاظمی، رحیم. ۱۴۰۰. بررسی تاثیر طوفان‌های گردوغبار بر پوشش گیاهی تالاب شادگان، محیط زیست و مهندسی آب، ۷(۱)، ۱-۱۳.

۵. درگاهیان، فاطمه، تیموری، سارا، لطفی نسب اصل، سکینه، رضوی‌زاده، سمانه. ۱۳۹۸. بررسی تغییر کاربری زمین در هور منصوریه و ارتباط آن با رخدادهای خشکسالی و گرد و غبار در کلان‌شهر اهواز، پژوهش‌های آبخیزداری، ۳۲(۴)، ۹۴- ۱۰۴.

۶. ربیعی، حمیدرضا، ضیائیان، پرویز، علیمحمدی، عباس. ۱۳۸۴. کشف و بازیابی تغییرات کاربری اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدرس علوم انسانی-برنامه ریزی و آمایش فضا، ۴ (۴۳)، ۴۱-۵۴.

۷. سلیمانی ساردو، فرشاد، کرمی، سارا، حسین حمزه، نسیم.۱۴۰۰. تعیین و تحلیل روند الگوی زمانی و مکانی گردوغبار و اثرپذیری آن از پوشش گیاهی (مطالعه موردی حوزه جازموریان)، پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۱۱ (۳)، ۸۱-۶۴.

۸. سهرابی، طیبه‌السادات، ولی، عباسعلی، رنجبر فردویی، ابوالفضل، موسوی، سید حجت‌اله. ۱۳۹۷. تحلیل کمی باز خورد پوشش گیاهی بر وقوع گرد و غبار در اکوسیستم‌های مناطق خشک استان اصفهان، فصلنامه علمی – پژوهشی نشریه مرتع آبخیز داری، ۷۱(۴)، ۹۷۳–۹۸۵.

۹. صداقت، مهدی، نظری‌پور، حمید. ۱۳۹۹. پایش تغییرات رطوبت خاک در تالاب هورالعظیم و ارتباط آن با طوفان‌های گرد و غبار در جنوب غرب ایران، فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۹(۱۴)، ۱۳۳-۱۴۵.

۱۰. مهرابی، شهباز، سلطانی، سعید، جعفری، رضا. ۱۳۹۴. بررسی رابطه بین پارامترهای اقلیمی و وقوع ریزگردها (مطالعه موردی: استان خوزستان)، علوم آب و خاک، ۱۹ (۷۱)، ۶۹-۸۱.

۱۱. ناطقی، سعیده، گوهردوست، آزاده، سلیمانی ساردو، فرشاد. ۱۴۰۱. واکاوی اثر پوشش گیاهی بر وقوع پدیده

گـرد و غبـار (مطالعـه مـوردی: اسـتان هرمزگـان)، پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۱۲ (۲) ، ۶۰-۴۳
۱۲. نوروزی، آذین، انصاری، محمدرضا، معظمی، اصغری پور دشت بزرگ، نظام. ۱۳۹۸. روند تغییرات کاربری اراضی در کانون‌هـای ریزگـرد جنـوب و جنـوب شـرق اهـواز، نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۲۳(۳)، ۳۵۴- ۳۴۱.

13. Al-Hurban. Adeeba E. 2014. Effects of recent anthropogenic activities on the surface deposits of Kuwait, *Arabian Journal of Geosciences,* 7(2), 665-691
14. Amos, P.K., Tai, Perry, H.L., M., Yuk–Chun, Chan, Ming-Keung. Chow, David, A. Ridley, Jasper, F. Kok, 2021. Impacts of climate and land cover variability and trends on springtime East Asian dust emission over 1982–2010: A modeling study, *Atmospheric Environment,* 254, 118348, doi.org/ 10.1016/j.atmosenv.2021.118348
15. Ruiqiang, Ding, Jianping, Li, Shigong. Wang, Fumin, R. 2005. Decadal change of the spring dust storm in northwest China and the associated atmospheric circulation, *Geophysical Research Letters*, 32(2), 1-4.
16. Jalali, M., Bahrami, H. and Darvishi Bolourani, A. (2012). Investigation of the relationship between climatic and terrestrial factors with the occurrence of dust storms using MODIS satellite images (Case study: Khuzestan province). *The First National Desert Conference,* Iran, Tehran, 27-28 June.
17. Karimi, M., and Shakouhi Razi, K. 2009. Interaction between Atmospheric Circulation and Land Cover in the Mechanism of Creation of Summertime Dust Storms in Middle East (Case study, July 2009), *Physical Geography Research Quarterly,* 78, 113-130.
18. Jing, Li a, Eric, Garshick, Ali, Al-Hemoud, Shaodan. Huang, Petros, Koutr akis. 2020. Impacts of Meteorology and Vegetation on Surface Dust Concentrations in Middle Eastern Countries, *Science of the Total Environment*, 712, 1–9.
19. Steven D. Miller, Arunas. P. Kuciauskas, Ming. Liu, Qiang, Ji, Jeffrey, S., Reid, Daniel, W., Breed, Annette, L., Walker, Abdulla, Al Mandoos. 2008. Haboob dust storms of the southern Arabian peninsula, *J. Geophys. Res*., 113, 1-26.
20. Nickling, W.G., and Brazel, A.J. 1984. Temporal and spatial characteristics of Arizona dust storms (1965–1980), *Journal of Climatology*, 4(6), 645-660.
21. Sun, JianHua, Zhao, Linna, and Zhao, S.X. 2003. An integrated modeling system of dust storm suitable to northChina and applications, *Clim. Environ. Res.,* 8, 125-142
22. TAN. Minghong. 2016. Exploring the relationship between vegetation and dust-storm intensity (DSI) in China, *J. Geogr. Sci*., 26(4), 387-396
23. Tan, Mingong, Li, Xuibin. 2015. Does the green great wall effectively decrease dust storm intensity in China? a study based on NOAA NDVI and weather station data, *Land Use Policy*, 43, 42-47
24. Yang, Yue, Jan, Cermak, Kangzhuo. Yang, Eva, Pauli. Yunping, Chen. 2022. Land Use and Land Cover Influence on Sentinel-2 Aerosol Optical Depth below City Scales over Beijing, *Remote Sens*, 14(18), 4677.