Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.13, Issue 39, March 2024

Simultaneous analysis of ENSO, IOD, and QBO cycles on dust storm oscillations in western Iran

Fatemeh Vatanparast Galeh Juq[1], Bromand Salahi[2*], Batool Zeinali[3]

1. Ph.D of Climatology, Department of Physical Geography, University of Mohaghegh Ardabili, Iran
2. *Corresponding Author*, Professor of Climatology, Department of Physical Geography, University of Mohaghegh Ardabili, Iran
3. Associate Professor of Climatology, Department of Physical Geography, University of Mohaghegh Ardabili, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 29 May 2023
Revised: 16 September 2023
Accepted: 13 October 2023

Keywords:
Dust Storm, ENSO Index, Kriging Interpolation, Teleconnection Patterns, Western Iran.

ABSTRACT

Teleconnection patterns by affecting the creation and non-creation of wind cause dust particles to rise from the surface of the earth into the air and create dust storms. This research aim is to evaluate the simultaneous effects of El Niño-Southern Oscillation (ENSO), Quasi-Biennial Oscillation (QBO), and Indian Ocean Dipole (IOD) cycles on the fluctuation of dust storms in western Iran. For this purpose, dust storm codes and horizontal visibility of less than 1 km were used in 38 synoptic stations in western Iran during 1987-2022. By applying the statistical method, the outputs were transferred to the Geographic Information System (GIS) environment, and the zoning of the ratio of the averages was done with the kriging interpolation method. The findings showed that there is an inverse relationship between the teleconnections and the frequency of dust storms in most of the studied stations, which account for 95%, 58%, and 87% of the studied area in ENSO, IOD, and QBO indices, respectively. The highest correlation coefficients between -0.94 and -1 were observed in Piranshahr and Khalkhal stations, which is significant in the IOD index at the 99% confidence level. The results of the interpolation of the average dust ratio to the annual long-term average showed that the coincidence of the cold phase of ENSO with the negative phase of QBO had the greatest effect on the increase of annual dust storms in western Iran in the long-term, while the coincidence of the positive phase of IOD with the positive phase of QBO with a lesser effect is associated with increasing the frequency of dust storms.

Cite this article: Vatanparast Galeh Juq, F., Salahi, B., & Zeinali, B. (2023). Simultaneous analysis of ENSO, IOD, and QBO cycles on dust storm oscillations in western Iran. Journal of Natural Environmental Hazards, 13(39), 109-126. DOI: 10.22111/jneh.2023.45793.1966

© Bromand Salahi*
Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2023.45793.1966

* Corresponding Author Email: Salahi@uma.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۲۶۷۶-۴۳۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۳۸۵
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۳، شماره ۳۹، فروردین ۱۴۰۳

تحلیل تأثیر هم‌زمان چرخه‌های انسو، دوقطبی اقیانوس هند و نوسان شبه دو سالانه بر نوسان طوفان‌های گردوغبار در نیمه غربی ایران

فاطمه وطن پرست قلعه‌جوق[۱]، برومند صلاحی[۲*]، بتول زینالی[۳]

۱. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۲. استاد آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسئول)
۳. دانشیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۸

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۵

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۲/۰۷/۲۱

واژه‌های کلیدی:
طوفان گردوغبار، شاخص انسو، درون‌یابی کریجینگ، الگوهای دورپیوند، نیمه غربی ایران.

چکیده

الگوهای پیوند از دور با اثر بر ایجاد و عدم ایجاد باد سبب می‌شوند ذرات گردوغبار از سطح زمین به هوا بلند شده و طوفان‌های گردوغباری ایجاد کنند. هدف این پژوهش، ارزیابی اثرات هم‌زمان دورپیوندهای ال‌نینو-نوسان جنوبی (ENSO)، دوقطبی اقیانوس هند (IOD) و نوسان شبه دو سالانه (QBO) بر نوسان طوفان‌های گردوغبار نیمه غربی ایران است. برای این منظور، از کدهای طوفان گردوغبار و دید افقی کمتر از ۱ کیلومتر در ۳۸ ایستگاه همدید نیمه غربی ایران طی دوره آماری ۱۹۸۷-۲۰۲۲ استفاده شد. با اعمال روش آماری، خروجی‌ها به محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) انتقال یافت و پهنه‌بندی نسبت میانگین‌ها با روش درون‌یابی کریجینگ انجام گرفت. یافته‌ها نشان داد که ارتباط معکوسی بین دورپیوندها با فراوانی گردوغبار در اغلب ایستگاه‌های مورد بررسی وجود دارد که به‌ترتیب ۹۵ درصد، ۵۸ درصد و ۸۷ درصد از مساحت منطقه مورد بررسی را در شاخص‌های ENSO، IOD و QBO به خود اختصاص می‌دهد. بیشترین ضرایب همبستگی بین ۰/۹۴- تا ۱- در ایستگاه‌های پیرانشهر و خلخال مشاهده شد که در شاخص IOD در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. نتایج درون‌یابی نسبت میانگین گردوغبار به میانگین بلندمدت سالانه نیمه غربی ایران نشان داد که هم‌زمانی فاز سرد ENSO با فاز منفی QBO بیشترین تأثیر را بر افزایش گردوغبار سالانه نیمه غربی ایران در بلندمدت داشته است درحالی که هم‌زمانی فاز مثبت IOD با فاز مثبت QBO با اثر کمتری در افزایش فراوانی گردوغبار همراه است.

استناد: وطن پرست قلعه جوق، فاطمه، صلاحی، برومند، زینالی، بتول. (۱۴۰۲). تحلیل تأثیر هم‌زمان چرخه‌های انسو، دوقطبی اقیانوس هند و نوسان شبه دو سالانه بر نوسان طوفان‌های گرد و غبار در نیمه غربی ایران. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۳(۳۹)، ۱۰۹-۱۲۶.
DOI: 10.22111/jneh.2023.45793.1966

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© فاطمه وطن پرست قلعه‌جوق، برومند صلاحی*، بتول زینالی.

*- برومند صلاحی (نویسنده مسئول) Email: Salahi@uma.ac.ir

مقدمه

ارتباط بین الگوهای پیوند از دور و فراوانی طوفان‌های گردوغبار در سیگنال‌های آب‌وهوایی بزرگ‌مقیاس به‌ویژه در رابطه با تغییرات جهانی قابل‌توجه است (گونگ[۱] و همکاران، ۲۰۰۶). الگوهای پیوند از دور در مقیاس وسیع با حرکت هوا، وزش باد، تغییرات امواج جوی، فشار، دما و رطوبت تأثیر خود را به مناطق دورتر انتقال داده و سبب ایجاد مخاطرات اقلیمی می‌شوند. باتوجه به اینکه عامل اصلی رخداد طوفان‌های گردوغبار، بادهای ناپایدار و قوی می‌باشد، می‌توان گفت الگوهای پیوند از دور با تأثیرگذاشتن بر ایجاد و عدم ایجاد باد، شرایطی را مهیا می‌کنند که سبب می‌شود ذرات گردوغبار از سطح خاک به هوا بلند شده و طوفان‌های گردوغباری ایجاد کنند و به این صورت فراوانی رخداد طوفان‌های گردوغباری را کنترل می‌کنند (باغبانان، ۱۳۹۹). هنگامی‌که دمای آب اقیانوس یک درجه گرم‌تر یا سردتر از شرایط عادی می‌شود، نیروی بسیاری در پی هم خارج و یا داخل جو زمین می‌شود. بر هم خوردن تعادل معمولی نیروی میان جو، خشکی و اقیانوس‌های جهان از بازتاب‌های پدیده اِنسو (ENSO)[۲] است که در وسعت حاره‌ای اقیانوس آرام نمایان می‌شود. ردپای پدیده ENSO در اقلیم جهانی هنگامی قابل‌ملاحظه می‌شود که این پدیده در شرایط حدی خود واقع شده باشد. النینو و لانینا به‌ترتیب برای تعیین فازهای گرم و سرد ENSO به‌کار می‌روند (وانگ[۳] و همکاران، ۲۰۱۷). نمایه BEST[۴] بر پایه ترکیب یک جزء اقیانوسی پدیده (Nino 3.4 SST ENSO) و یک جزء جوی این پدیده یعنی نمایه نوسان جنوبی (SOI) شناسانده می‌شود (حلبیان و محمدی، ۱۳۹۰). اعداد مثبت و منفی شاخص BEST به‌ترتیب بیانگر فازهای گرم (النینو) و سرد (لانینا) ENSO هستند.

شاخص QBO[۵] (نوسان شبه دوسالانه)، نوسان دوره‌ای از بادهای غربی و شرقی در استراتوسفر استوایی با میانگین دوره ۲۸ تا ۲۹ ماهه است. رژیم‌های تناوبی باد در بالای استراتوسفر تحتانی توسعه یافته و با سرعت ۱ کیلومتر در ماه به جهت پایین توسعه می‌یابد تا هنگامی‌که در استراتوسفر استوایی از میان برود (جیمز[۶] و همکاران، ۲۰۱۰). فاز منفی نوسان شبه دوسالانه نشان‌دهنده نفوذ بادهای شرقی و فاز مثبت آن نشان‌دهنده اهمیت بادهای غربی است (مفیدی، ۱۳۸۵). دوقطبی اقیانوس هند (IOD)[۷] یک پدیده برهمکنش اقیانوس- جو در اقیانوس هند است. وقتی دمای آب سطح اقیانوس در جنوب غربی اقیانوس هند در منطقه حاره سردتر از اندازه عادی و حرارت سطح آب در غرب اقیانوس هند در حاره گرم‌تر باشد، همرفت نرمال در تمام اقیانوس هند شرقی اتفاق افتاده و حوضه آب گرم به غرب منتقل شده و بادهای غربی شدیدتر از حالت معمول خواهند بود (جهانبخش و همکاران، ۱۳۹۰). در فاز مثبت (منفی) IOD، آنومالی مثبت دمای سطح دریا در غرب (شرق) اقیانوس هند و آنومالی منفی در شرق (غرب) اقیانوس هند است (چاکرابورتی[۸] و همکاران، ۲۰۰۶).

1-Gong
2-El Niño Southern Oscillation
3 Wang
4 -Bivariate ENSO Time series index
5-Quasi – Biennial Oscillation
6-James
7-Indian ocean dipole
8 - Chakraborty

تاکنون مطالعات و بررسی‌های گستره و بسیاری در سرتاسر جهان از این پدیده زیست‌محیطی، در زوایای مختلف صورت گرفته است: در رابطه با تأثیر النینو - نوسان جنوبی (ENSO) بر رخداد طوفان گردوغبار، در پژوهش اوکین[۱] و ریهیس[۲] (۲۰۰۲) برای جنوب‌غربی ایالت متحده آمریکا، هارا[۳] و همکاران (۲۰۰۶) در آسیا، کاسکاوتیس[۴] و همکاران (۲۰۱۵) در منطقه سیستان واقع در جنوب شرق ایران طی دوره آماری ۲۰۱۲-۲۰۰۱ و ماه‌های ژوئن تا سپتامبر، القادی[۵] و همکاران (۲۰۲۱) در عراق برای سال ۲۰۱۶-۱۹۷۱ نشان داده شد که بین ENSO با فعالیت‌های گردوغبار ارتباط نزدیکی برقرار است.

لی[۶] و همکاران (۲۰۱۵) اثرات ENSO هم‌زمان با فاز منفی AO[۷] را بر فعالیت گردوغبار در شمال چین مورد ارزیابی قرار دادند و دریافتند که افزایش قابل‌توجهی در رخداد طوفان گردوغبار طی فاز منفی AO و النینو وجود دارد. المزرویی[۸] و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر نوسان اقیانوس اطلس شمالی (NAO)[۹] و النینو - نوسان جنوبی بر طوفان گردوغبار در شمال شبه‌جزیره عربستان را برای دوره (۱۹۸۳-۲۰۱۳) بررسی کردند و نشان دادند که فراوانی گردوغبار در طول فاز مثبت NAO و فاز سرد (لانینا) بیشتر و در فاز منفی NAO و فاز گرم نوسان النینو کمتر می‌شود.

گونگ و همکاران (۲۰۰۷)، همبستگی بین فراوانی طوفان گردوغبار شرق آسیا و الگوی پیوند از دور PNA[۱۰] را در مقیاس سالانه در طول دوره ۲۰۰۲ – ۱۹۶۲ بررسی کردند و نشان دادند که فراوانی طوفان گردوغبار در شمال چین به‌طور قابل‌توجهی با الگوی اقیانوس آرام - آمریکای شمالی با ضریب همبستگی ۰/۶۰ مرتبط است. شین[۱۱] (۲۰۲۲) فعالیت گردوغبار در آسیای مرکزی را در ارتباط با الگوهای پیوند از دور اقیانوس آرام و قطب شمال بررسی کرد.

باقرآبادی و معین‌الدینی (۱۴۰۱) به شناسایی منبع طوفان‌های گردوغبار شهر کرمانشاه طی دوره آماری ۱۳۹۶-۱۳۸۶ پرداختند. نتایج گل طوفان و مدل HYSPLIT نشان داد که جهت‌های غربی بیشترین سهم ورود گردوغبار را به شهر کرمانشاه دارند. بروغنی (۱۴۰۱) به بررسی روند تغییرات رخداد گردوغبار در ایران در دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۹۰ پرداخت و نشان داد که شهرهای زنجان و زابل به‌ترتیب کمترین و بیشترین رخداد گردوغبار را در طول دوره مورد مطالعه دارند.

ازآنجایی که طوفان‌های گردوغبار، مخاطره‌ای ناگهانی همراه با خسارت‌های زیاد می‌باشد؛ به‌دلیل اهمیت و خسارت-های جبران‌ناپذیر این مخاطره، بررسی عوامل تأثیرگذار بر وقوع آن ضرورت دارد. مجاورت نیمه غربی ایران با بیابان‌های جنوب عراق، عربستان سعودی، سوریه و شمال آفریقا سبب بروز مداوم گردوغبار با شدت‌های مختلف در

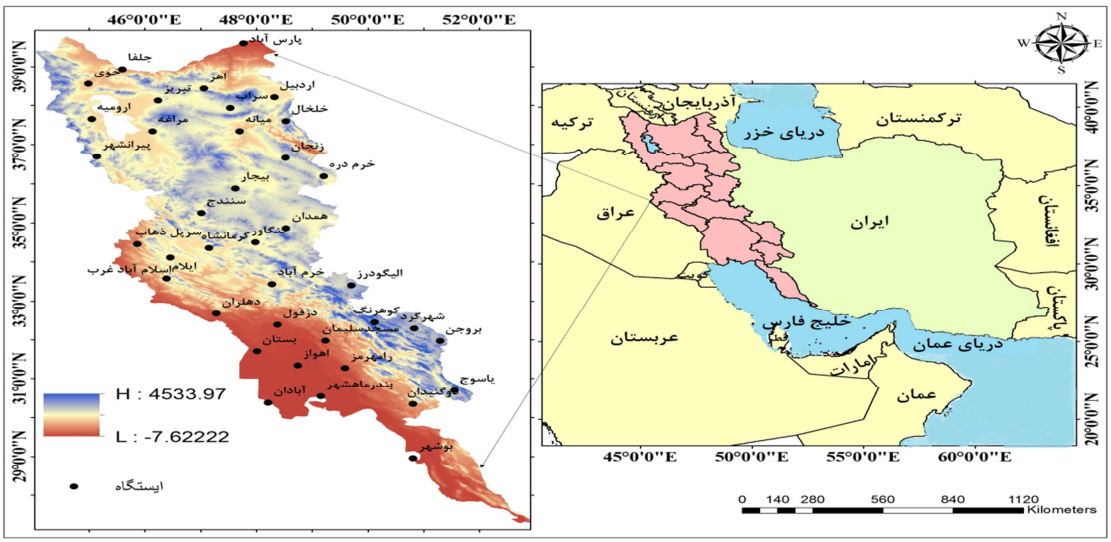
1-Okin
2 - Reheis
3 - Hara
4 - Kaskaoutis
5 - Al-Qadi
6 - Lee
7- Artic Oscillation
8 -Almazroui
9 -North Atlantic Oscillation
10 -Pacific North American
11 -Xin

طول سال می‌شود (میری، ۱۳۹۰). بیشتر مطالعات، اثرات جداگانه دورپیوندهای ENSO، IOD و QBO بر رخداد طوفان گردوغبار در مناطق گوناگون ایران را بررسی کرده‌اند و تأثیر هم‌زمان این پدیده‌ها بر گردوغبار منطقه‌ای درنظر گرفته نشده است. بنابراین در این پژوهش، اثرات هم‌زمان این دورپیوندها بر فراوانی رخداد طوفان گردوغبار در نیمه غربی ایران در مقیاس سالانه مورد بررسی قرار گرفته است. در واقع سؤالات اصلی این پژوهش این است که الگوهای مکانی طوفان‌های گردوغبار به چه صورت است، کدام‌یک از شاخص‌های پیوند از دور در افزایش یا کاهش وقوع طوفان‌های گردوغبار نیمه غربی ایران تأثیر بیشتری دارند و این شاخص‌ها با طوفان‌های گردوغبار چه نوع ارتباطی را نشان می‌دهد.

داده‌ها

معرفی محدوده مورد مطالعه

پهنه مورد پژوهش دربرگیرنده ایستگاه‌های واقع در استان‌های مناطق نیمه غربی ایران شامل آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، ایلام، بوشهر، خوزستان، چهارمحال و بختیاری، زنجان، کردستان، کرمانشاه، کهکیلویه و بویراحمد، لرستان و همدان است (شکل ۱).



شکل ۱: جایگاه جغرافیایی ایستگاه‌های همدید منتخب و گستره موردپژوهش در سطح ایران. *منبع: نگارندگان*

داده‌ها و فازبندی شاخص دورپیوندها

جهت انجام این پژوهش، داده‌های دید افقی از سازمان هواشناسی کشور به‌عنوان متغیرهای غیرمستقل بر اساس کدهای هوای حاضر ۶ تا ۹ و ۳۰ تا ۳۵ (بیانگر طوفان‌های گردوغباری) و دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر در ۳۸ ایستگاه همدید واقع در نیمه غربی ایران برای دوره آماری ۳۵ ساله (۱۹۸۷-۲۰۲۲) اخذ شد. سپس سری زمانی ماهانه ENSO دومتغیره (BEST) جهت محاسبه و ارائه شاخص ENSO از پایگاه اینترنتی

https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/ و سری زمانی ماهانه شاخص حالت دوقطبی (DMI) (جهت سنجش IOD) برای دوره زمانی ۲۰۲۲-۱۹۸۷ از پایگاه اینترنتی https://psl.noaa.gov/gcos_wgsp/Timeseries/DMI/ برداشت گردیدند و سری زمانی ماهانه شاخص QBO برای دوره زمانی مشترک با نمایه BEST و DMI از سایت psl.noaa.gov دریافت شد.

برای مقایسه پذیربودن داده‌های مربوط به فراوانی گردوغبار با دورپیوندها، داده‌های دید افقی بیان‌کننده رخداد پدیده گردوغبار به‌صورت ماهانه محاسبه و آماده‌سازی شد و مطابق با رابطه ۱ استانداردسازی شد (محمودی، ۱۳۹۴).

$$Z = \frac{(X_i - \bar{X})}{\delta} \quad (۱)$$

که در رابطه بالا، z نمره استانداردشده گردوغبار (برحسب دید افقی)، X_i میانگین گردوغبار برای هرماه، $\bar{X}$ دید افقی روز موردنظر در طی دوره آماری و δ انحراف از معیار ماه موردنظر است. داده‌های نرمال‌شده به‌عنوان متغیر وابسته و داده‌های ENSO، IOD و QBO به‌عنوان متغیر مستقل در مقیاس سالانه وارد محیط نرم‌افزار Spss شد و ضرایب همبستگی پیرسون در هر ایستگاه محاسبه شد. برای این منظور، میانگین حسابی این شاخص‌ها برای ۱۲ ماه در هر سال محاسبه و به‌منزله داده‌های سالانه درنظر گرفته شد. در گام دوم، این سری‌های زمانی از بزرگ به کوچک مرتب و به سه قسمت تقسیم شد و یک‌سوم (۱۲ سال) بیشترین و (۱۲ سال) کمترین اندازه‌های نمایه سالانه در دوره زمانی ۳۵ ساله به‌ترتیب برای فازهای گرم (مثبت) و سرد (منفی) سالانه پدیده‌های ENSO، IOD و QBO درنظر گرفته شد (قائد امینی و همکاران، ۱۳۹۳) و از یک‌سوم وسطی به‌عنوان فازهای خنثی در این پژوهش صرف‌نظر شد. رویدادهای هم‌زمان و فازهای جفت‌شده، از ترکیب و هم‌زمانی فازهای گرم (مثبت) و سرد (منفی) این پدیده‌ها به‌دست آمد (جدول ۱ و ۲).

در گام بعد، برای ارزیابی نسبت تغییرات میانگین فراوانی گردوغبار همه ایستگاه‌ها، فازبندی انجام گرفت. نسبت میانگین گردوغبار در دوره چیرگی سال‌های هر فاز به میانگین بلندمدت آن برای هر ایستگاه سنجیده می‌شود. هرگاه این نسبت به‌ترتیب بزرگ‌تر و کوچک‌تر از یک باشد، نشان از افزایش و کاهش رخداد طوفان‌های گردوغبار هنگام چیرگی هر فاز در آن ایستگاه دارد. به اندازه نسبت این میانگین‌ها می‌توان افزایش و کاهش رخداد فراوانی طوفان‌های گردوغبار نیمه غربی ایران را به چیرگی فازهای ترکیبی وابسته دانست.

از مجموع فراوانی رخداد طوفان گردوغبار سالانه برای هر ایستگاه، داده گردوغبار سالانه به‌دست آمد. در واقع برای هر ایستگاه میانگین بلندمدت (۲۰۲۲-۱۹۸۷) فراوانی گردوغبار سالانه محاسبه و با نماد $\overline{D}$ نشان داده شد. دوره‌های هم‌زمانی النینو و فاز مثبت IOD و QBO به‌ترتیب با EL-PIOD و El-PQBO و نسبت میانگین آن‌ها با $\overline{D}_{El-PIOD}$ و $\overline{D}_{El-PQBO}$، هم‌زمانی لانینا با فازهای منفی IOD و QBO و نسبت میانگین آن‌ها به‌ترتیب با La-NIOD و La-NQBO و $\overline{D}_{La-NIOD}$ و $\overline{D}_{La-NQBO}$ نشان داده شدند. همچنین برای تعیین رویدادهای هم‌زمانی فاز مثبت و منفی IOD و QBO و نسبت میانگین آن‌ها با هم به‌ترتیب نشان PIOD- PQBO، NIOD- NQBO و $\overline{D}_{PIOD-PQBO}$ و $\overline{D}_{NIOD-NQBO}$ به کار گرفته شد. سال‌هایی که در دسته‌های هم‌زمانی النینو با فازهای منفی IOD و QBO هستند به‌ترتیب با El-NIOD و El-NQBO و نسبت میانگین آن‌ها با هم با نمادهای $\overline{D}_{El-NIOD}$ و $\overline{D}_{El-NQBO}$ مشخص شد و سال‌های همراهی لانینا با فاز مثبت IOD و QBO و نسبت آن‌ها با هم به‌ترتیب با La-PIOD، La-PQBO،

$\overline{D}_{La-PIOD}$ و $\overline{D}_{La-PQBO}$ مشخص گردیدند. سال‌های همراه با چیرگی فاز مثبت IOD و فاز منفی QBO با علامت PIOD- NQBO و هم‌زمانی فاز منفی IOD با فاز مثبت QBO با علامت NIOD-PQBO و نسبت میانگین آن‌ها با نمادهای $\overline{D}_{PIOD-NQBO}$ و $\overline{D}_{NIOD-PQBO}$ مشخص شد.

با کاربرد روش کریجینگ در ArcMap، نتایج حاصل از ضرایب همبستگی و نسبت میانگین فازهای ترکیبی به میانگین بلندمدت و فازهای روبه‌روی هم در قالب نقشه‌های پهنه‌بندی برای نیمه غربی ایران تهیه گردید. نقشه‌های به‌دست‌آمده بزرگی و شدت تغییرات فراوانی گردوغبار را برای گستره مورد پژوهش نشان داد. در واقع روش درون‌یابی کریجینگ مهم‌ترین و گسترده‌ترین روش درون‌یابی آماری می‌باشد که وابستگی مکانی داده‌ها را مدل می‌کند و خودهمبستگی مکانی را درنظر می‌گیرد و با کمترین واریانس تخمین درون‌یابی می‌کند (فاضل نیا و همکاران، ۱۳۹۱؛ قهرودی تالی، ۱۳۸۱). فرایند پژوهش در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲: نمودار گام به گام فرایند پژوهش

جدول ۱: سال‌های مربوط به فازهای هم‌زمان پدیده‌های ENSO، IOD و QBO

El-PIOD	La-NIOD	El-NIOD	La-PIOD	El-PQBO	La-NQBO	El-NQBO	La-PQBO
۲۰۱۵	۱۹۸۸	۱۹۸۷	۲۰۱۱	۱۹۹۳	۱۹۸۹	۱۹۹۴	۱۹۹۹
۲۰۱۶	۱۹۸۹	۱۹۹۱	۲۰۱۳	۱۹۹۷	۱۹۹۶	۲۰۰۵	۲۰۰۸
۲۰۱۹	۱۹۹۶	۱۹۹۲	۲۰۲۰	۲۰۰۲	۲۰۱۰		۲۰۱۳
		۱۹۹۳	۲۰۲۱	۲۰۰۴			
		۱۹۹۴	۲۰۲۲	۲۰۱۶			
		۱۹۹۷		۲۰۱۹			

جدول ۲: سال‌های مربوط به فازهای هم‌زمان پدیده‌های IOD و QBO سالانه

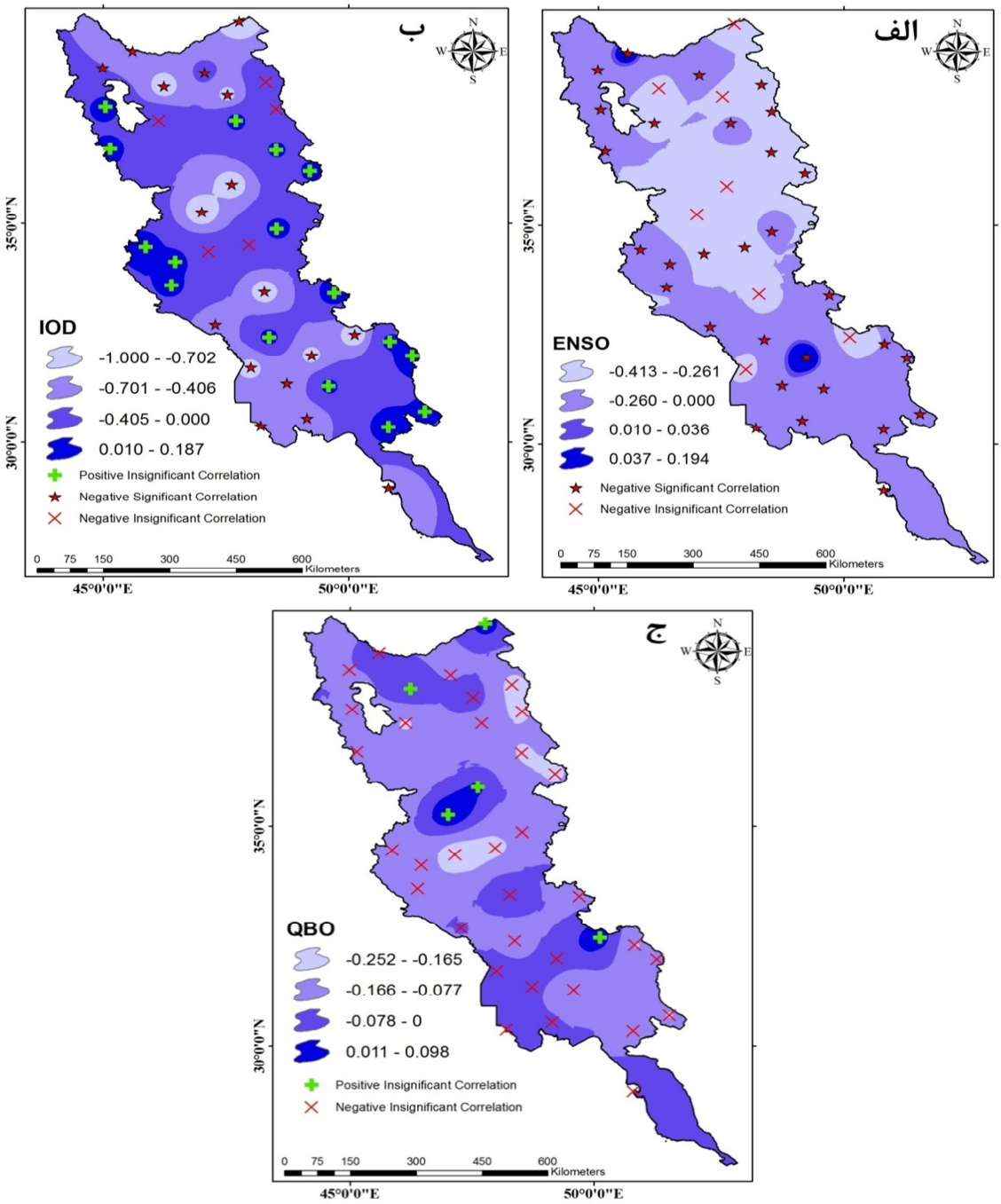
PIOD- PQBO	NIOD- NQBO	NIOD-PQBO	PIOD- NQBO
۲۰۱۳	۱۹۸۹	۱۹۹۰	۲۰۱۲
۲۰۱۶	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۲۰۱۴
۲۰۱۹	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۲۰۱۸
	۱۹۹۸		

یافته‌های پژوهش

بااستفاده از ضریب همبستگی پیرسون، در بازه زمانی سالانه، ارتباط شاخص‌های مورد مطالعه با طوفان‌های گردوغباری نیمه غربی ایران محاسبه شد تا ارتباط معنادار و غیر معنادار بین آن‌ها مشخص شود. این ضرایب همبستگی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی پهنه‌بندی شد و نقشه پراکنش مربوط به شاخص‌های ENSO، IOD و QBO ترسیم گردید.

همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر شاخص ENSO بر فراوانی گردوغبار در همه ایستگاه‌ها به‌جز جلفا و مسجدسلیمان با ضرایب همبستگی معکوس همراه است که ۹۵ درصد از مساحت منطقه مورد بررسی را در برمی‌گیرد. این ارتباط تنها در ۵ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار می‌باشد. بین رخداد گردوغبار در ایستگاه بوشهر ضعیف‌ترین و در ایستگاه‌های کوهرنگ و سنندج قوی‌ترین همبستگی معکوس با این شاخص برقرار است (شکل ۳-الف). شکل (۳-ب) به‌منظور ارزیابی ارتباط شاخص IOD با فراوانی رخداد گردوغبار ترسیم شده است. مطابق این شکل، ۴۲ درصد از مساحت منطقه مورد پژوهش ازنظر فراوانی طوفان‌های گردوغبار همبستگی مستقیم با این شاخص دارند که بیشتر استان‌های خوزستان، کرمانشاه و قسمت جنوبی استان کهکیلویه و بویراحمد را در بر می‌گیرد. ۵۸ درصد از کل مساحت نیمه غربی ایران نیز ارتباط معکوس با این شاخص را نشان می‌دهند که از این مقدار، ۴۴ درصد آن در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار است. به‌طوری که در استان‌های آذربایجان شرقی، کردستان و بخش‌هایی از لرستان و اردبیل همبستگی بسیار قوی ازنظر معناداری بین این دو متغیر کاملاً مشهود است.

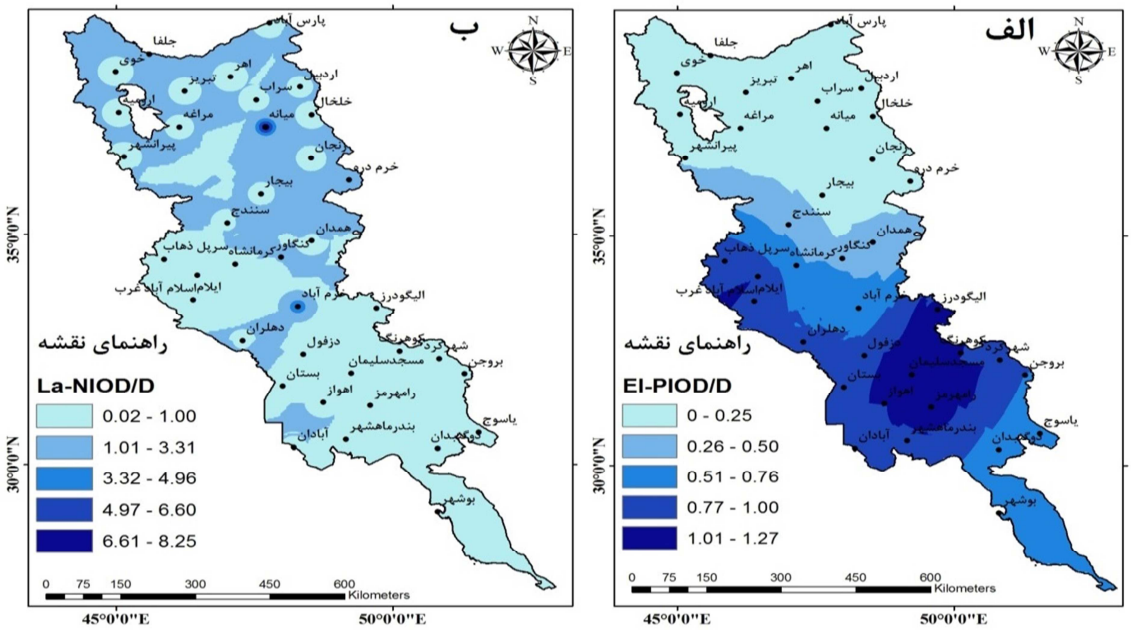
بر اساس شکل (۳-ج)، اثر نوسان شبه دوسالانه بر فراوانی گردوغبار نمایانگر عدم وجود ارتباط معنادار بین طوفان‌های گردوغباری با شاخص یادشده است. حدود ۸۷ درصد از محدوده مورد پژوهش همبستگی معکوسی را با فراوانی رخداد طوفان‌های گردوغبار نشان می‌دهد. تنها بخش کوچکی از این محدوده در حدود ۱۳ درصد ارتباط مثبت با این شاخص دارد که شامل ایستگاه‌های پارس‌آباد، کوهرنگ، بیجار و سنندج است. به‌طورکلی به نظر می‌رسد که ارتباط بین طوفان‌های گردوغبار با صرف‌نظر از تعداد کمتری از ایستگاه‌ها با شاخص IOD انطباق بیشتری نسبت به شاخص‌های ENSO و QBO نشان می‌دهد و شرایط محلی هر ایستگاه نیز می‌تواند دلیل همبستگی‌های متفاوت آن‌ها با الگوهای پیوند از دور باشد.



شکل ۳: ضریب همبستگی بین شاخص‌های الف) ENSO، ب) IOD و ج) QBO با فراوانی گردوغبار. *منبع: نگارندگان*

بر مبنای فازبندی‌های انجام‌گرفته برای رویدادهای هم‌زمان پدیده‌های ENSO، IOD و QBO (جدول ۱ و ۲)، نسبت میانگین فراوانی گردوغبار در فازهای یادشده به میانگین ۳۵ ساله (۱۹۸۷-۲۰۲۲) به‌صورت سالانه محاسبه و پهنه‌بندی این نسبت‌ها در شکل‌های ۴ تا ۹ آورده شده است. شکل ۴- الف و ۴- ب، به‌ترتیب پراکندگی مکانی النینو

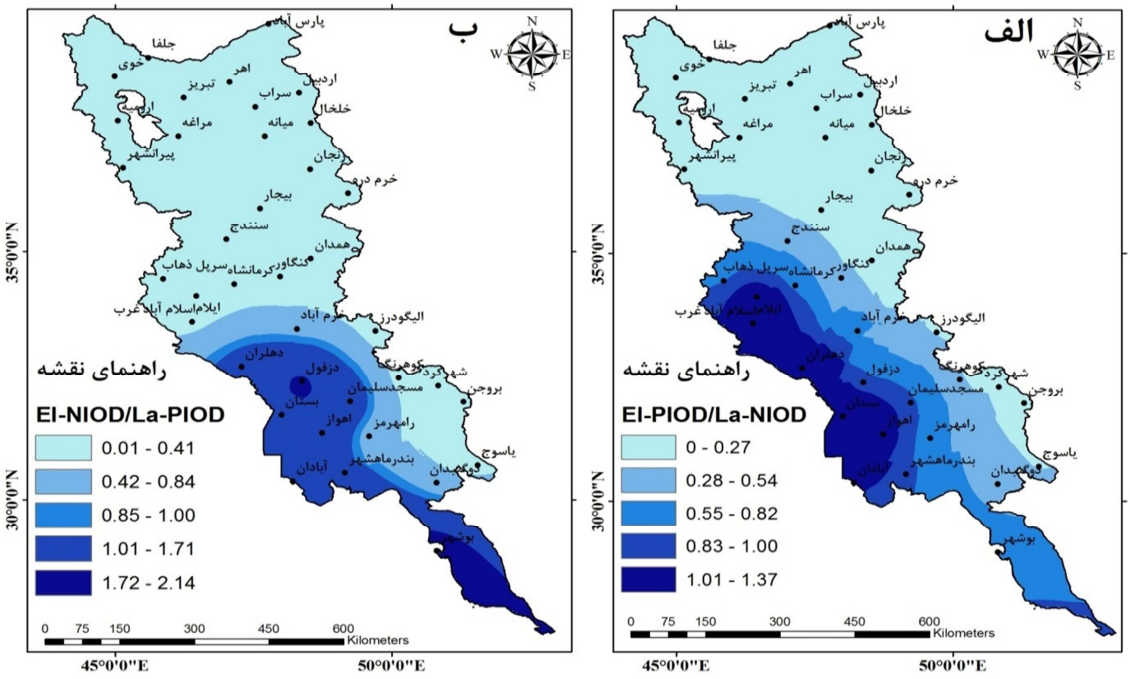
با فاز مثبت IOD و لانینا با فاز منفی IOD سالانه به میانگین بلندمدت گردوغبار سالانه را نشان می‌دهد. هم‌زمانی دوره چیرگی النینو با فاز مثبت IOD در بیشتر گستره مورد بررسی سبب کاهش فراوانی گردوغبار نسبت به میانگین بلندمدت گردوغبار سالانه شده است که ۸۷ درصد از محدوده مورد پژوهش را در برمی‌گیرد. درحالی که فقط ایستگاه‌های الیگودرز، رامهرمز، مسجدسلیمان و اهواز افزایش نسبت به میانگین بلندمدت سالانه را تجربه کرده‌اند و بیشترین مقدار این افزایش در الیگودرز با ۲/۱ برابر افزایش قابل‌مشاهده است. در واقع چیرگی این دوره نویدبخش کاهش فراوانی گردوغبار برای بیشتر پهنه‌ها می‌باشد. هم‌زمانی دوره لانینا با فاز منفی IOD سبب کاهش میانگین گردوغبار سالانه نسبت به میانگین بلندمدت در بیشتر ایستگاه‌های همدید به‌جز خرم‌آباد، خرمدره، جلفا و میانه به‌ترتیب با ۴/۳، ۵/۲ و ۷/۵ برابر افزایش شده است و بیشترین کاهش نیز در ایستگاه بستان با ۹۷ درصد دیده شد. در واقع ۷۱ درصد از کل مساحت منطقه در زمان چیرگی این دوره ازنظر فراوانی گردوغبار با شرایط کاهشی روبه‌رو بوده و تنها ۲۹ درصد از آن با افزایش گردوغبار مواجه شده است.



شکل ۴: پراکنش مکانی نسبت‌های الف) $\overline{D}_{El-PIOD/}\overline{D}$ و ب) $\overline{D}_{El-NIOD/}\overline{D}$ در نیمه غربی ایران. *منبع: نگارندگان*

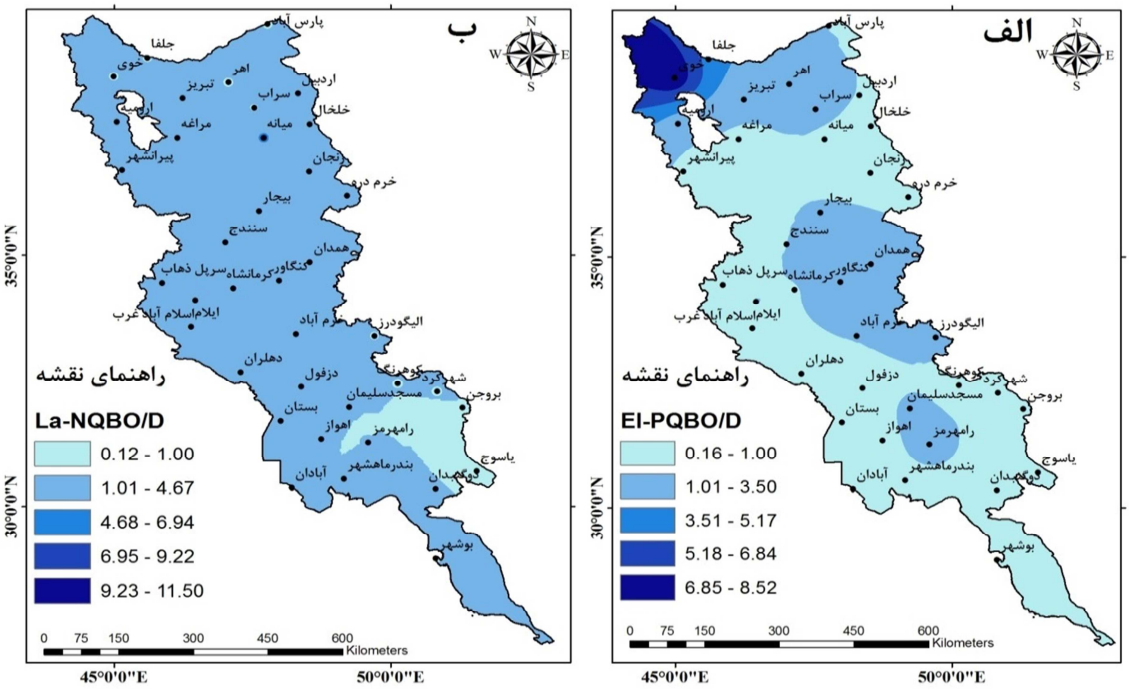
پهنه‌بندی اندازه $\overline{D}_{El-PIOD/}\overline{D}_{La-NIOD}$ و $\overline{D}_{El-NIOD/}\overline{D}_{La-PIOD}$ در (شکل ۵- الف و ب) بر روی نیمه غربی ایران با بهره‌گیری از آمار فراوانی گردوغبار سالانه در ۳۸ ایستگاه همدیدی آورده شده است. جابه‌جایی دو فاز El-PIOD و La-NIOD که متشکل از رویدادهای ترکیبی دو پدیده ENSO و IOD در مقیاس سالانه هستند تا حدود زیادی نوسان‌های فراوانی گردوغبار در نیمه غربی ایران را بیان می‌کنند. می‌توان گفت ۸۲ درصد از ایستگاه‌ها در زمان چیرگی این دوره یک شرایط کاهشی را ازنظر فراوانی گردوغبار داشته‌اند. اندازه $\overline{D}_{El-PIOD/}\overline{D}_{La-NIOD}$ در

همه ایستگاه‌ها به‌جز اسلام‌آباد غرب، ایلام، دهلران، بستان، آبادان و اهواز کمتر از یک است و اسلام‌آباد غرب با ۱/۰۸ برابر افزایش اثر پررنگ‌تری را بر نوسان‌های گردوغبار سالانه پیرو جابه‌جایی این دو رویداد به‌صورت هم‌زمان آشکار ساخته است. زمانی که شرایط El-NIOD به La-PIOD برقرار بوده، همه ایستگاه‌های موردبررسی به‌همراه ایستگاه رامهرمز یک دوره کاهشی را ازنظر فراوانی گردوغبار تجربه کرده‌اند و ازلحاظ میانگین گردوغبار سالانه، تنها سایر ایستگاه‌های استان خوزستان به‌همراه دهلران و بوشهر نسبت به میانگین بلندمدت یک دوره افزایشی را سپری کرده‌اند که ۲۱ درصد از ایستگاه‌ها را شامل می‌شود.



شکل ۵: پراکنش مکانی نسبت‌های الف) $\overline{D}_{La-NIOD}/\overline{D}_{La-PIOD}$ و ب) $\overline{D}_{El-PIOD}/\overline{D}_{El-NIOD}$ در نیمه غربی ایران. *منبع: نگارندگان*

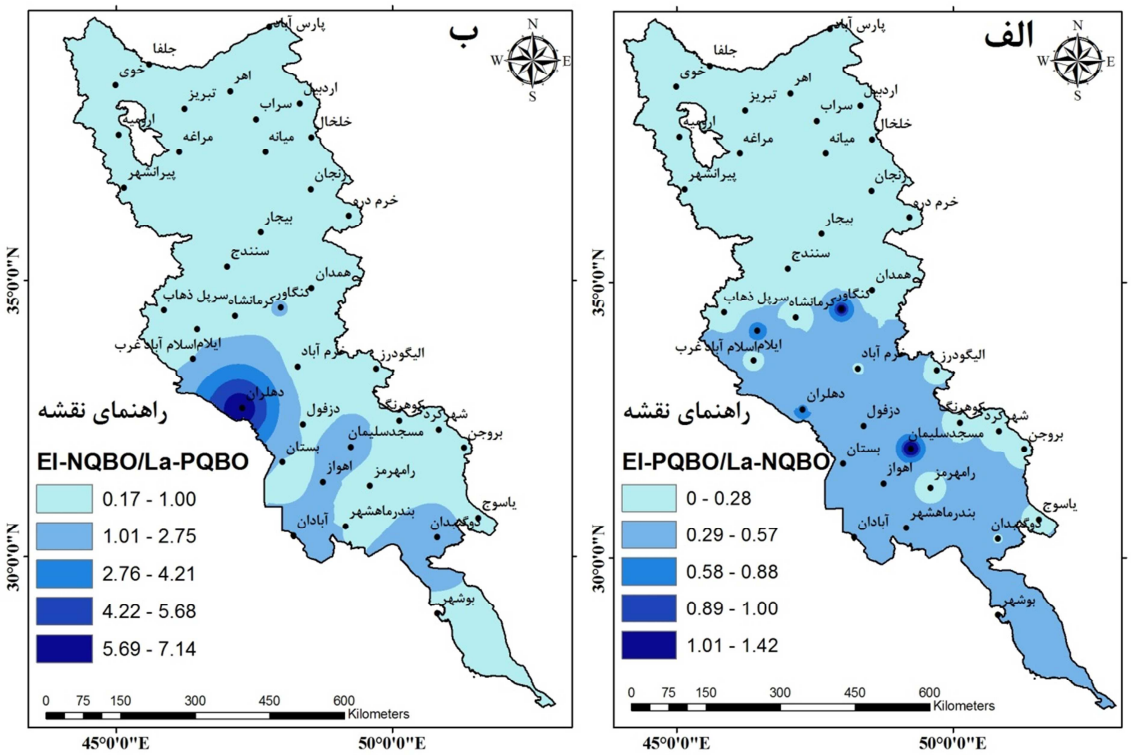
با درنظرگرفتن نتایج شکل ۶- الف، در دوره هم‌زمانی النینو با فاز مثبت نوسان شبه دوسالانه، در قسمت‌های شمالی و شرقی‌تر یعنی در حدود ۳۷ درصد از کل ایستگاه‌های مورد مطالعه، مقدار گردوغبار نسبت به میانگین بلندمدت سالانه افزایش داشته و در استان زنجان، قسمت‌های شرقی و جنوبی پهنه مورد بررسی، کاهش گردوغبار نسبت به میانگین بلندمدت اتفاق افتاده است. این شرایط افزایشی و کاهشی نقش پررنگ‌تری به‌ترتیب در ایستگاه‌های خوی و آبادان با ۹۷ درصد افزایش و کاهش نسبت به سایر مناطق داشته‌اند. شرایط در زمان چیرگی لانینا هم‌زمان با فاز منفی QBO متفاوت با هم‌زمانی النینو و فاز مثبت QBO نمایان شده است؛ به‌گونه‌ای که بیشتر ایستگاه‌هایی که در این دوره شرایط افزایشی را ازنظر رخداد طوفان‌های گردوغبار گذرانده‌اند در شکل ۶-ب در موقعیت افزایشی خود قرار گرفته‌اند که شامل حدود ۹۵ درصد از ایستگاه‌ها می‌باشد و تنها بروجن و یاسوج سیر کاهشی را در پیش داشته‌اند. بیشترین مقدار افزایش فراوانی طوفان گردوغبار سالانه در ایستگاه میانه با ۱/۱ برابر افزایش رخ داده است.



شکل ۶: پراکنش مکانی نسبت‌های الف) $\overline{D}_{El-PQBO/}$ و ب) $\overline{D}_{La-NQBO/}$ در نیمه غربی ایران. *منبع: نگارندگان*

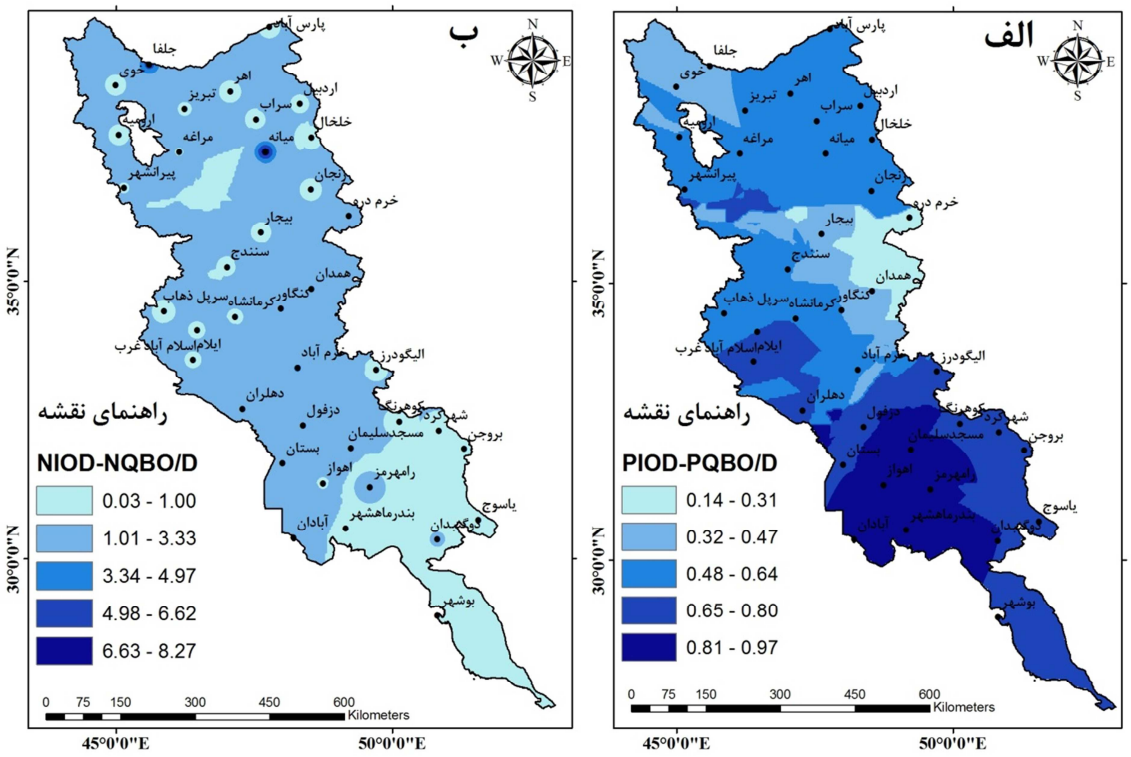
برآورد نسبت $\overline{D}_{El-PQBO/}$ $\overline{D}_{La-NQBO}$ در شکل ۷- الف یعنی نسبت همراهی فاز گرم ENSO با فاز مثبت (غربی) QBO به نسبت همراهی فاز سرد ENSO با فاز منفی (شرقی) QBO نشان می‌دهد که این نسبت در همه گستره مورد پژوهش به‌جز ایستگاه‌های کنگاور و مسجدسلیمان کمتر از یک بوده که بیانگر کاهش رخداد طوفان گردوغبار در بیشتر پهنه مورد بررسی است. این کاهش تا ۸۲ درصد در ایستگاه‌های ایلام و کرمانشاه و خرم‌آباد نیز دیده شده است. درحالی که بیشترین میزان افزایش گردوغبار سالانه در این دوره مربوط به ایستگاه کنگاور با ۴ درصد افزایش می‌باشد. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت این دوره نقش مهمی در کاهش رخداد طوفان‌های گردوغبار در ۹۵ درصد از مساحت پهنه مورد پژوهش دارد.

نسبت El-NQBO به La-PQBO در شکل ۷- ب در ایستگاه‌های کنگاور، اهواز، آبادان، مسجدسلیمان و دوگنبدان بیشتر از یک است که نشان از افزایش رخداد طوفان گردوغبار در زمان حاکمیت این شرایط دارد. میزان این افزایش در ایستگاه دهلران ۵۰ درصد و در ایستگاه دوگنبدان ۸۸ درصد بوده است. در سایر پهنه مورد بررسی، شرایط کاهشی در این دوره برای گردوغبار درنظر گرفته شده و بیشترین میزان کاهش با ۹۳ درصد مربوط به ایستگاه آبادان است.



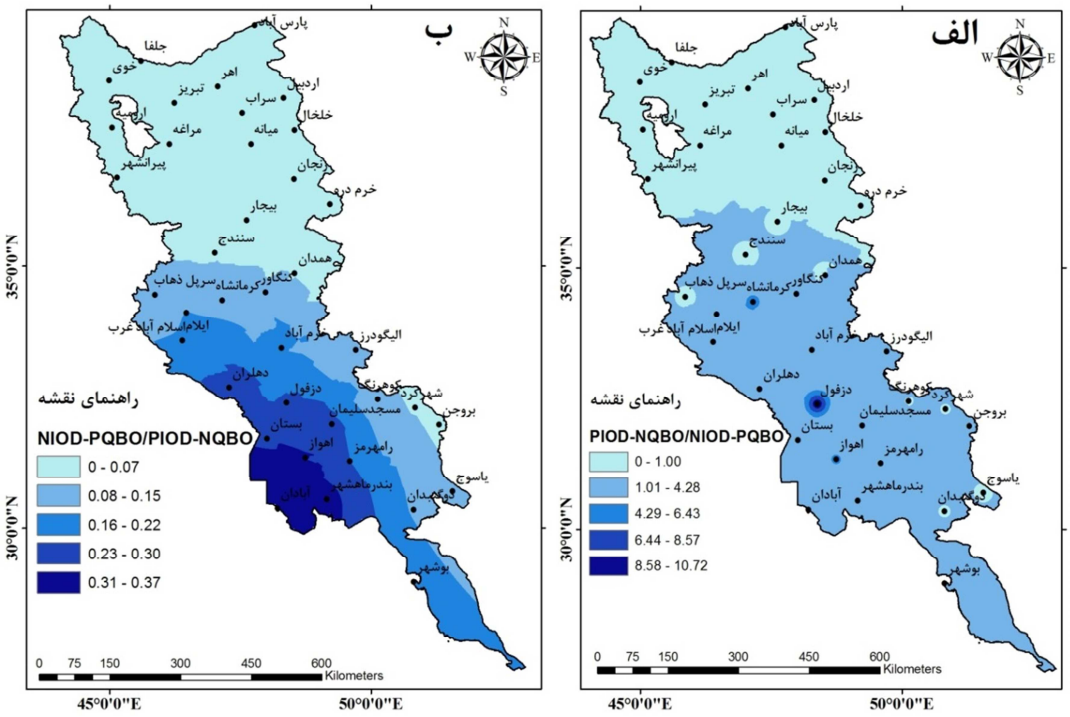
شکل ۷: پراکنش مکانی نسبت‌های الف) $\overline{D}_{La-NQBO}$ / $\overline{D}_{La-PQBO}$ و ب) $\overline{D}_{El-PQBO}$ / $\overline{D}_{El-NQBO}$ در نیمه غربی ایران. *منبع: نگارندگان*

شکل ۸- الف و ب نسبت میانگین فراوانی گردوغبار سالانه در دوره‌های چیرگی فاز مثبت و منفی IOD و نوسان شبه دوسالانه نسبت به میانگین بلندمدت سالانه را نشان می‌دهد. رخداد هم‌زمان فاز مثبت IOD و QBO در مقیاس سالانه برای تمام پهنه مورد بررسی، کاهش طوفان گردوغبار سالانه را نسبت به میانگین اقلیمی نشان می‌دهد. در شکل ۸- ب رویداد هم‌زمان فاز منفی IOD و QBO، گردوغبار سالانه را نسبت به میانگین بلندمدت در حدود ۶۶ درصد از کل مساحت مورد بررسی کاهش داده که شامل ایستگاه‌های واقع در استان‌های کهکیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری، همدان، بخش‌هایی از استان کرمانشاه، خوزستان، آذربایجان غربی و اردبیل است و در ۳۴ درصد باقی‌مانده، شرایط افزایشی در فراوانی رخداد گردوغبار آشکار شده است. این افزایش نسبت به همراهی فازهای گرم IOD و QBO بیشتر است. به‌طورکلی، نسبت میانگین‌های به‌دست‌آمده در شکل‌های ۴، ۶ و ۸ نشان می‌دهد که رویدادهای هم‌زمان همراهی فاز گرم و سرد ENSO با فاز مثبت و منفی QBO نسبت به همراهی فازهای النینو و لانینا با فاز مثبت و منفی IOD تأثیر بیشتری بر نوسان‌های گردوغبار سالانه نیمه غربی ایران دارد. طی این دوره، فراوانی رخداد گردوغبار در ایستگاه‌های بیشتری رو به افزایش بوده و بعد از این دوره، هم‌زمانی فازهای مثبت و منفی IOD با فازهای مثبت و منفی QBO فراوانی گردوغبار را نسبت به میانگین بلندمدت سالانه افزایش داده‌اند. هم‌زمانی فازهای گرم و سرد ENSO با فازهای مثبت و منفی IOD بر نوسان گردوغبار اثر کمتری داشته است و فراوانی گردوغبار را در ایستگاه‌های به نسبت کمتری افزایش داده است.



شکل ۸: پراکنش مکانی نسبت‌های الف) $\overline{D}_{PIOD-PQBO/}\ \overline{D}$ و ب) $\overline{D}_{NIOD-NQBO/}\ \overline{D}$ در نیمه غربی ایران. *منبع: نگارندگان*

شکل ۹- الف و ب توزیع جغرافیایی نسبت $\overline{D}_{NIOD-PQBO}\ /\overline{D}_{PIOD-NQBO}$ و $\overline{D}_{PIOD-NQBO}\ /\overline{D}_{NIOD-PQBO}$ را در نیمه غربی کشور نشان می‌دهد. در استان‌های آذربایجان غربی، شرقی، اردبیل، کردستان، همدان، زنجان، کهکیلویه و بویراحمد، چهارمحال بختیاری و لرستان (در حدود ۵۲ درصد از محدوده مورد پژوهش) نسبت $\overline{D}_{PIOD-NQBO/}\ \overline{D}_{NIOD-PQBO}$ کمتر از یک است. به‌عبارت‌دیگر، نسبت PIOD- NQBO به NIOD-PQBO میانگین گردوغبار سالانه را در پهنه‌های یادشده کاهش داده است که بیشترین کاهش گردوغبار به میزان ۹۸ درصد در ایستگاه بیجار بوده است؛ درحالی که در ایستگاه‌های کنگاور و کرمانشاه بین ۲/۲ تا ۲/۳ برابر رخداد طوفان گردوغبار در این دوره افزایش داشته‌اند. نسبت NIOD-PQBO به PIOD- NQBO در همه پهنه مورد بررسی کمتر از یک بوده که بیانگر کاهش میانگین گردوغبار سالانه در نیمه غربی ایران است.



شکل ۹: پراکنش مکانی نسبت‌های الف) $\overline{D}_{NIOD-PQBO}$ / $\overline{D}_{PIOD-NQBO}$ و ب) $\overline{D}_{PIOD-NQBO}$ / $\overline{D}_{NIOD-PQBO}$ در نیمه غربی ایران. *منبع: نگارندگان*

نتیجه گیری

پدیده ENSO و دوقطبی اقیانوس هند (IOD) یک پدیده تعامل اقیانوس- جو در اقیانوس آرام و هند و نوسان شبه دوسالانه جهت‌گیری غربی و شرقی باد در لایه پوش سپهر استوایی (حاره‌ای) است. هدف از این پژوهش، آشکارسازی نشان هم‌پیوندی پدیده‌های ENSO، IOD و QBO بر روی نوسانات طوفان‌های گردوغبار سالانه ۳۸ ایستگاه همدیدی نیمه غربی ایران در طول دوره آماری ۳۵ ساله بود. ازآنجایی که طوفان‌های گردوغباری منجر به خسارت‌ها و زیان‌های جبران‌ناپذیر فراوانی در محیط زیست و زندگی انسان‌ها می‌شود؛ بنابراین با درنظرگرفتن اهمیت این موضوع و باتوجه به آثار منفی این مخاطره، بررسی و شناسایی اثر برخی از الگوهای کلان‌مقیاس جوی- اقیانوسی و سازوکار تأثیرات آن‌ها می‌تواند در کاهش خسارت ناشی از این پدیده کمک بسیاری نماید. نوسانات وقوع طوفان‌های گردوغباری دارای تغییرات زمانی و فضایی می‌باشد. جهت تحلیل مکانی فراوانی وقوع طوفان‌های گردوغباری از روش زمین‌آماری کریجینگ استفاده شد. این روش با محاسبه کمترین مقدار واریانس تخمینی خطا و بررسی خودهمبستگی زمانی، سطوح پیوسته‌ای را ایجاد می‌کند که تابع واسطه‌یابی را مطلوب می‌نماید.

نتایج حاصل از تحلیل همبستگی نشان داد که بین شاخص ENSO و فراوانی گردوغبار در بیشتر ایستگاه‌ها، ارتباط معکوس وجود دارد. بین شاخص IOD و فراوانی رخداد گردوغبار در استان‌های خوزستان، کرمانشاه، قسمت جنوبی استان کهکیلویه و بویراحمد، ایستگاه‌های بوشهر، میانه و خوی همبستگی مستقیم و نسبتاً قوی در سطح ۹۹ درصد

معنی‌دار وجود دارد. این یافته با پژوهش هانگ[1] و همکاران (۲۰۲۱) که نشان دادند بین ENSO و گردوغبارهای شبه‌جزیره عربستان تا آسیای مرکزی ارتباط نزدیکی برقرار است تا حدی همسویی دارد. همچنین نتایج نشان داد که در ۸۷ درصد مساحت منطقه مورد بررسی، بین نوسان شبه دوسالانه و فراوانی گردوغبار همبستگی معکوس و در ۱۳ درصد دیگر از مساحت آن، همبستگی مستقیم وجود داشته است.

نتایج حاصل از تحلیل هم‌پیوندی بین شاخص‌های ENSO، IOD و QBO با فراوانی رخداد طوفان‌های گردوغبار در مقیاس سالانه نیز نشان داد که: ۱) میانگین گردوغبار سالانه هنگام جفت‌شدن فازهای مثبت ENSO با IOD در بیشتر ایستگاه‌های مورد بررسی کمتر از میانگین بلندمدت گردوغبار سالانه آن‌ها است. میانگین گردوغبار سالانه هنگام جفت‌شدن فازهای منفی ENSO با IOD همانند فاز مثبت فقط در ۵ ایستگاه بیشتر از یک بوده که تا ۷۵ درصد افزایش نسبت به میانگین بلندمدت در ایستگاه میانه توجیه‌پذیر است و هم‌زمانی لانینا با فاز منفی QBO بیشترین تأثیر را در افزایش گردوغبار داشته است. این یافته با پژوهش بانرجی[2] و کومار[3] (۲۰۱۶) که نشان دادند در شمال غربی اقیانوس هند بشترین فراوانی رخداد طوفان گردوغبار با فعالیت لانینا همراه است همساز است. ۲) نسبت El-PIOD به La-NIOD و El-NIOD به La-PIOD در ایستگاه‌های قسمت شمالی کاهش بیشتری را نسبت به ایستگاه‌های بخش جنوبی نشان می‌دهد و اثرات هم‌زمانی النینو با فاز مثبت نوسان شبه دوسالانه روی گردوغبار در قسمت‌های غرب و جنوب محدوده مورد پژوهش مشهودتر است. ۳) برآورد نسبت $\overline{D}_{El-PQBO/}\ \overline{D}_{La-NQBO}$ در ۶۱ درصد ایستگاه‌های مورد بررسی کاهش فراوانی و در ۳۹ درصد از ایستگاه‌ها نیز سیر افزایشی را نشان می‌دهد. اثر کاهشی نسبت El-NQBO به La-PQBO در ایستگاه‌های شمالی نسبت به ایستگاه‌های بخش جنوبی مشهودتر است. ۴) نسبت هم پیوندی میانگین فراوانی گردوغبار سالانه در دوره‌های چیرگی فاز مثبت IOD و نوسان شبه دوسالانه نسبت به میانگین بلندمدت سالانه نشان‌دهنده افزایش تا ۱/۴ برابری گردوغبار برای اهر و کاهش ۹۷ درصدی در ایستگاه آبادان بوده است. در زمان چیرگی فازهای منفی این دو پدیده، ایستگاه خرم‌آباد افزایش ۲/۴ برابری را نیز تجربه کرده است.

به‌طورکلی نتایج این پژوهش با توجه به عدم مطالعه تأثیر هم‌زمان این پدیده‌ها باهم بر نوسان گردوغبار چندان قابل-مقایسه با تحقیقات پیشین نیست. ناظم‌السادات و همکاران (۱۳۹۲) برای ایران و مهرآور و همکاران (۱۳۹۷) برای استان فارس در بررسی پیوند میان ENSO و نوسان مادن جولیان و اثر این دو بر بارش، چیرگی فاز منفی MJO در دوران النینو را سبب بارندگی بیشتر دانسته‌اند که با نتایج این پژوهش همسو است. قائد امینی و همکاران (۱۳۹۳) نیز هم‌زمانی پدیده النینو با فاز مثبت PDO را مسبب افزایش بارش پاییزه جنوب ایران دانسته‌اند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

1 - Huang
2 - Banerjee
3 - Kumar

منابع

باقرآبادی، رسول؛ معین‌الدینی، مظاهر. (۱۴۰۱). ردیابی منابع طوفان‌های گردوغبار غرب ایران (مطالعه موردی شهر کرمانشاه). نشریه مدیریت بیابان، دوره ۴، شماره ۱۰، صص ۲۱–۳۸.

باغبانان، پرستو. (۱۳۹۹). تحلیل نقش الگوهای کلان‌مقیاس جوی - اقیانوسی در تغییرات زمانی و مکانی طوفان‌های گردوغباری ایران، رساله دکتری مخاطرات آب و هوایی، استاد راهنما: یوسف قویدل رحیمی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

بروغنی، مهدی. (۱۴۰۱). بررسی روند تغییرات و همبستگی تعداد وقوع گردوغبار در ایران، مجله تحقیقات کاربردی خاک، دوره ۱، شماره ۱۰، صص ۶۹-۸۱.

جهانبخش، سعید؛ ساری صراف، بهروز؛ قائمی، هوشنگ؛ فرنازپور، اصغر. (۱۳۹۰). بررسی تأثیر پدیده دوقطبی دمایی اقیانوس هند بر تغییرپذیری بارش‌های فصلی استان‌های جنوبی کشور. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۱۰۳، شماره ۲۶، صص ۴۶-۲۷.

حلبیان، امیرحسین؛ محمدی، بختیار. (۱۳۹۰). ارتباط دمای ماهانه چند ایستگاه نمونه ایران با شاخص‌های مختلف انسو. فصلنامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی، دوره ۳۸، شماره ۱۲، صص ۱-۱۶۹.

فاضل نیا، غریب؛ حکیم دوست، سید یاسر؛ بلیانی، یدالله. (۱۳۹۱). راهنمای جامع مدل‌های کاربردی GIS در برنامه‌ریزی شهری و روستایی و محیطی، چاپ چهارم، انتشارات آزاد پیما، تهران، صص ۲۵۶.

قائد امینی، حبیب‌اله؛ ناظم‌السادات، سیدمحمدجعفر؛ کوهی‌زاده مرجان؛ سبزی‌پرور، علی‌اکبر. (۱۳۹۳). نشان جداگانه و هم‌زمان پدیده‌های PDO و ENSO بر رخداد خشک‌سالی و ترسالی پاییزه جنوب ایران. مجله ژئوفیزیک ایران، دوره ۲، شماره ۸، صص ۹۲-۱۰۹.

قهرودی تالی، منیژه. (۱۳۸۱). ارزیابی درون‌یابی به روش کریجینگ، مجله پژوهش‌های جغرافیائی، شماره ۴۳، صص ۱۰۸-۹۵.

مفیدی، عباس. (۱۳۸۵). تحلیل دینامیکی نقش گردش بزرگ‌مقیاس پوش سپهری در کاهش ازون پوش سپهری. فصلنامه جغرافیای سرزمین، دوره ۱۰، شماره ۳، صص ۱۵۵- ۱۲۷.

محمودی، پیمان؛ علیجانی، بهلول؛ مسعودیان، سید ابوالفضل؛ خسروی، محمود. (۱۳۹۴). رابطه بین الگوهای پیوند از دور و یخبندان‌های فراگیر ایران. مجله جغرافیا و توسعه، دوره ۱۳، شماره ۴۰، صص ۱۹۴-۱۷۵.

میری، مرتضی. (۱۳۹۰). واکاوی آماری– همدیدی پدیده گردوغبار در نیمه غربی ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: قاسم عزیزی، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، گروه آموزشی آب و هواشناسی.

مهرآور، صدیقه؛ قائد امینی، حبیب‌اله؛ ناظم‌السادات، سیدمحمدجعفر. (۱۳۹۷). بررسی پیوند نوسان‌های مادن - جولیان با النینو-نوسان‌های جنوبی و بازخورد آن بر بارش‌های پاییزه استان فارس. مجله ژئوفیزیک ایران، دوره ۲، شماره ۱۲، صص ۱۰۹ – ۱۲۶.

ناظم‌السادات، سید محمدجعفر؛ مهرآور، صدیقه؛ قائد امینی، حبیب‌اله. (۱۳۹۲). ارزیابی برهمکنش هم‌زمان پدیده‌های ENSO و MJO بر رخداد دوره‌های تر و خشک در ایران. مجله تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۱، شماره ۹، صص ۴۸-۶۰.

Almazroui, M., Alobaidi, M., Saeed, S., Mashat, A., Assiri, M. (2018). The possible impact of the circumglobal wave train on the wet season dust storm activity over the northern Arabian Peninsula. Climate Dynamics, 50, pp 2257–2268.

Al-Qadi, T. A., Muslih, K. D., Shiltagh, A.G. (2021). Analysis of Correlation and Coupling between El Niño-Southern Oscillation and Dust Storms in Iraq from 1971 to 2016. Iraqi Geological Journal, 54(1E), pp 103-113.

Banerjee P., Kumar, S. (2016). ENSO Modulation of Interannual Variability of Dust Aerosols over the Northwest Indian Ocean. Journal of Climate, 29(4), pp 1287–1303.

Gong, S. L., Zhang, X. Y., Zhao, T. L. X., Zhang, B., Barrie, L. A., McKendry, I. G., Zhao, C. S. (2006). A simulated climatology of Asiandust aerosol and its trans-Pacific transport. Part II: Interannual variability and climate connections, J. Clim, 19, pp 104–122.

Gong, D. Y., Mao, R., Shi, P. J., Fan, Y.D. (2007). Correlation between East Asian dust storm frequency and PNA, Geophysical Research Letters, https://doi.org/10.1029/2007GL029944.

Hara, Y., Uno, I., Wang, Z. (2006). Long-term variation of Asian dust and related climate factors. An Atmospheric Environment, 40(35), pp 6730-6740.

Huang, Y., Liu, X., Yin, Z. Y., An, Z. (2021). Global Impact of ENSO on Dust Activities with Emphasis on the Key Region from the Arabian Peninsula to Central Asia. JGR: Atmospheres, 126(9). e2020JD034068.

Chakraborty, A., Swadhin, B., Milind, M., Ryohjiand O., Toshio, Y. (2006). Diagnosis of Tropospheric Moisture over Saudi Arabia and Influences of IOD and ENSO. American Meteorological Society, 134, pp 598-617.

James A. A., Theodore, G., Shepherd J., Scinocca, F. (2010). Influence of the Quasi-Biennial Oscillation on the Extratropical Winter Stratosphere in an Atmospheric General Circulation Model and in Reanalysis Data. Journal of the Atmospheric Sciences, 67(5), pp 1402-1419.

Kaskaoutis, D. G., Rashki, A., Houssos, E. E., Mofidi, A., Goto, D., Bartzokas, A., Francois P., Legrand, M. (2015). Meteorological aspects associated with dust storms in the Sistan region, southeastern Iran. Climate Dynamics, 45, pp 407–424.

Lee, Y. G., Kim, J., Ho, C. H., An, S. I., Cho, H. K., Mao, R., Tian, B., Wu, D., Lee, J. N., Kalashnikova, O., Choi, Y., Yeh, S.W. (2015). The effects of ENSO under negative AO phase on spring dust activity over northern China: an observational investigation. International Journal of Climatology, 35(6), pp 935-947.

Okin, G. S., Reheis, M. C. (2002). An ENSO predictor of dust emission in the southwestern United States. Geophysical Research Letters, 29(9), pp1-46.

Xin, X. (2022). Recent extreme dust storms in Central Asia are associated with tropical Pacific and Arctic teleconnections. Bibcode: 2022AGUFM.A55O1314X.

University of Sistan and Baluchestan
Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Bagherabadi, R., M. Moeinaddini, M. (2023). Sources Tracking of Dust Storms in the West of Iran (Case Study Kermanshah City). Journal of Desert Management, 10(4), pp 21-38. [In Persian]

Baghbanan, B. (2020). The analysis of large-scale oceanic-atmospheric patterns' role in spatiotemporal variations of dust storms in Iran. Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy (Ph. D) in Climatology (Climatic Hazards), Supervisor: Yousef Ghavidel Rahimi Faculty of Humanities Department of Physical Geography, Tarbiat Modares University, Tehran. [In Persian]

Boroughani, M. (2022). Investigating the Trend of Changes and Correlation between the Occurrences of Dust in Iran. Journal of Geographical Research, 10(1), pp 69-81. [In Persian]

Fazel nia, G., hakim Dost, S. Y., Belyani, Y. A., (2014). A comprehensive guide of GIS models in urban. Rural and environmental planning. 4th edition, Azad Peyma Publishing House, Tehran, 256. [In Persian]

Halabian, A. H., Mohammadi, B. (2012). The relation of the monthly temperature of some sample stations in Iran with different ENSO indices. Journal of Geographical Space, 12(38), pp 1-69. [In Persian]

Ghaedamini, H., Nazem Alsadat, S. M. J., Kouhizadeh, M., Sabziparvar, A. A. (2014). Individual and coupled effects of the ENSO and PDO on autumnal dry and wet periods in the southern parts of Iran. Iranian Journal of Geophysics, 8(2), pp 92-109. [In Persian]

Jahanbakhsh, S., Sari Sarraf, B., Ghaemi H., Pourasghar, F. (2011). Studying the influence of the Indian Ocean dipole phenomenon on seasonal rainfall variability over the southern provinces of Iran. Journal of Geographical Research, 26(103), pp 27-46. [In Persian]

Mahmoudi, p., Khosravi, m., Masoodian, S. A., Alijani, B. (2015). Relationship between Teleconnection Patterns and Iran's Pervasive Frosts. Journal of Geography and Development, 13(40), pp 175-194. [In Persian]

Miri, M. (2011). Statistical analysis - Synopsis of the dust phenomenon in the western half of Iran. Master's thesis, supervisor, Qasem Azizi, Faculty of Geography, University of Tehran. [In Persian]

Mofidi, A. (2006). Dynamic analysis of the role of large-scale circulation in the ozone layer in the ozone layer. Quarterly Journal of Land Geography, 3(10), pp 155-127. [In Persian]

Mehravar□, S., Ghaedamini, H. A., Nazemosadat, M. J. (2018). On the Madden-Julian Oscillations and El Niño-Southern Oscillation. Iranian Journal of Geophysics, 12(2), pp 109-126. [In Persian]

Nazemosadat, M. J., Mehravar□, S., Ghaedamini, H. A. (2013). Evaluation of the Simultaneous Interactions of ENSO and MJO on the Occurrence of Dry and Wet Spells in Iran connection and their feedback on autumnal precipitation in Fars province, Iran. Iran-Water Resources Research, 9(1), pp 48-60. [In Persian]

Zeynali, B., Frotan, M. (2023). Simultaneous effect of NAO and AMO remote bonding indices on temperature and precipitation variability of cities adjacent to Sabalan. Journal of Environmental Sciences Studies, 8(1), pp 5857-5868. [In Persian]

References (in English)

Almazroui, M., Alobaidi, M., Saeed, S., Mashat, A., Assiri, M. (2018). The possible impact of the circumglobal wave train on the wet season dust storm activity over the northern Arabian Peninsula. Climate Dynamics, 50, pp 2257–2268.

Al-Qadi, T. A., Muslih, K. D., Shiltagh, A.G. (2021). Analysis of Correlation and Coupling between El Niño-Southern Oscillation and Dust Storms in Iraq from 1971 to 2016. Iraqi Geological Journal, 54(1E), pp 103-113.

Banerjee P., Kumar, S. (2016). ENSO Modulation of Interannual Variability of Dust Aerosols over the Northwest Indian Ocean. Journal of Climate, 29(4), pp 1287–1303.

Gong, S. L., Zhang, X. Y., Zhao, T. L. X., Zhang, B., Barrie, L. A., McKendry, I. G., Zhao, C. S. (2006). A simulated climatology of Asiandust aerosol and its trans-Pacific transport. Part II: Interannual variability and climate connections, J. Clim, 19, pp 104–122.

Gong, D. Y., Mao, R., Shi, P. J., Fan, Y.D. (2007). Correlation between East Asian dust storm frequency and PNA, Geophysical Research Letters, https://doi.org/10.1029/2007GL029944.

Hara, Y., Uno, I., Wang, Z. (2006). Long-term variation of Asian dust and related climate factors. An Atmospheric Environment, 40(35), pp 6730-6740.

Huang, Y., Liu, X., Yin, Z. Y., An, Z. (2021). Global Impact of ENSO on Dust Activities with Emphasis on the Key Region from the Arabian Peninsula to Central Asia. JGR: Atmospheres, 126(9). e2020JD034068.

Chakraborty, A., Swadhin, B., Milind, M., Ryohjiand O., Toshio, Y. (2006). Diagnosis of Tropospheric Moisture over Saudi Arabia and Influences of IOD and ENSO. American Meteorological Society, 134, pp 598-617.

James A. A., Theodore, G., Shepherd J., Scinocca, F. (2010). Influence of the Quasi-Biennial Oscillation on the Extratropical Winter Stratosphere in an Atmospheric General Circulation Model and in Reanalysis Data. Journal of the Atmospheric Sciences, 67(5), pp 1402-1419.

Kaskaoutis, D. G., Rashki, A., Houssos, E. E., Mofidi, A., Goto, D., Bartzokas, A., Francois P., Legrand, M. (2015). Meteorological aspects associated with dust storms in the Sistan region, southeastern Iran. Climate Dynamics, 45, pp 407–424.

Lee, Y. G., Kim, J., Ho, C. H., An, S. I., Cho, H. K., Mao, R., Tian, B., Wu, D., Lee, J. N., Kalashnikova, O., Choi, Y., Yeh, S.W. (2015). The effects of ENSO under negative AO phase on spring dust activity over northern China: an observational investigation. International Journal of Climatology, 35(6), pp 935-947.

Okin, G. S., Reheis, M. C. (2002). An ENSO predictor of dust emission in the southwestern United States. Geophysical Research Letters, 29(9), pp1-46.

Xin, X. (2022). Recent extreme dust storms in Central Asia are associated with tropical Pacific and Arctic teleconnections. Bibcode: 2022AGUFM.A55O1314X.