



Research Paper

Identification of the Most Important Synoptic Patterns of Dust Generation in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad County

Ashraf Asadi ^{a*}

^a. Department of Physical Geography Payame Noor University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Keywords:
Circulation Patterns,
Dust,
Vorticity,
Geopotential Height
roughness,
Cluster Analysis.



Received:

08 July 2022

Received in revised form:

11 September 2022

Accepted:

27 October 2022

pp. 1-20

ABSTRACT

This research aims to identify the synoptic patterns of dust generation in Kohgiluyeh and Boyer Ahmad provinces. Therefore, two sets of data including the daily data of dust code 06 from Hamdid stations in the statistical years 2007 to 2017 and the variables of air temperature, geopotential height, sea level pressure, orbital wind, meridian wind, specific humidity, and omega were used as upper atmosphere data. To check the synergism of the dust-generating patterns in the given years, the uneven circulation patterns of the geopotential height of 500 hectopascals in the dusty days of the province were drawn. After determining the days of dust using cluster analysis and integration by the Ward method, 5 patterns were extracted and drawn on the roughness data of peninsular height of 500 hectopascals. The results of this research showed that there is the most significant relationship between the synoptic patterns of the Middle East region and dust events in the province by circulation patterns number 2 and 5 at the level of 500 hectopascals. For a better conclusion of the conditions and factors causing the dust phenomenon in Kohgiluyeh and Boyer Ahmad provinces, maps of average sea level pressure, specific humidity at levels of 1000, 850, and 700 hectopascals, omega (vertical air velocity in the atmosphere) at levels of 1000 and 400 hectopascals, Tavai (Convergence and divergence of wind) at 500, 700 and 1000 hPa levels and drawing of a jet (river of wind) at 200 hPa level during the rule of each of the models were drawn and analyzed.

Citation: Asadi, A. (2022). Identification of the Most Important Synoptic Patterns of Dust Generation in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad County. *Geographical planning of space quarterly journal*, 12 (3), 1-20.

<http://doi.org/10.30488/GPS.2021.256866.3329>

* . Corresponding author (E-mail: ashraf-asadi@pnu.ac.ir)

Copyright©2022 The Authors. Published by Golestan University. This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Extended Abstract

Introduction

Dust event is one of the important environmental issues in different parts of the world that can have adverse socio-economic effects. Studies show that fine dust particles that originate in most arid and semi-arid regions of the world can be transported over long distances with atmospheric currents and cause adverse effects such as changes in local weather conditions, air pollution, and biostatic change. The chemical water and surface water pollution, respiratory problems, and diseases such as asthma and infectious diseases, severe damage in agricultural sectors, disruption of the transportation system (land, rail, and air) due to reduced horizontal visibility, interruption of Radio services, and create colorful rainfall. One of the effective factors in the formation of this event is the change of land cover and land-use and, in some cases, the change in the pattern of surface currents and aquifers by humans. The transfer of dust into the atmosphere and its transfer by the atmosphere is closely related to climatic conditions and how spatial and temporal distribution of atmospheric variables such as pressure, temperature, wind, and humidity. If the unstable air has enough humidity, a thunderstorm and lightning storm will occur, and if it does not have enough humidity, a dust storm will occur. In recent years, Iran has been affected by the adverse effects of these events due to its special climatic conditions and proximity to a large part of desert areas. Recent studies on the nature of dust storms include Iran's origin, frequency, causes, effects, and consequences. Areas located in Mesopotamia are the main areas of dust production. In recent years, the dust has spread throughout the year and has the highest frequency in the warm seasons, especially in July and August.

Methodology

Two categories of surface data and high atmosphere data are needed to do this research and all synoptic studies. In the surface data section, first, the data of code 06 dust events hourly and daily from 6

synoptic stations during the statistical years 1986 to 2017, which was received from the Research Office of the Meteorological Organization of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Provinces. For high atmospheric variables, air temperature data (in terms of Kelvin K), geopotential height (in terms of meters m), sea level pressure (in terms of hectopascals hPa), orbital component (in terms of meters per second m / s), The meridional wind component (in meters per second m / s), the specific humidity component (in grams per kilogram) and the omega component (vertical wind speed) were used. These variables are taken from the website www.cdc.noaa.gov as a 6-hour watch. To study the upper atmosphere data, the study area was wider than the territory of Iran in the framework of longitude 0 to 70 degrees east and latitude 0 to 60 degrees north.

Since the pattern of atmospheric currents of 500 hPa levels has a decisive role in the changes of the basic climatic variables of Iran. Drawing and examining the patterns of this level is the primary principle of synoptic study in this research. First, the daily geopotential height data of 500 hPa at 12 GMT during the 11 years and then during the selected 1019 days were extracted to draw the circulation patterns.

These data became a matrix with dimensions of 725×1019 , which includes 725 spatial cells and 1019 temporal cells (days). Finally, by performing base accumulation cluster analysis by integration method for 1019 days, 5 main circulation patterns of 500 hPa level were identified.

Results and discussion

Five main circulating patterns were identified at the level of 500 hPa to investigate the circulating patterns of the ruggedness of geopotential height at the level of 500 hPa on dusty days of the county in the selected days after the analysis of cluster accumulation in the integrated method for 1019 days,

Conclusion

The results showed that there is a significant relationship between the synoptic patterns of the Middle East region

with dust events in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces. The most significant relationship between the two is observed by circular patterns No. 2 and 5 at the level of 500 hPa. The general result of the study of synoptic patterns showed that at the level of 500 hPa, the fact that southwestern Iran is located below the east of the western winds and the formation of western wind orbits is the cause of most dust events in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad county. However, in all models, the establishment of widespread and strong low pressure at ground level, atmospheric moisture deficiency at all levels, and wind convergence at 700 and 1000 hPa levels, which leads to dust

retention and increased intensity, were effective.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.



شناسایی مهم‌ترین الگوهای سینوپتیکی ایجادکننده گرد و غبار در استان کهگیلویه و بویراحمد

اشرف اسدی^۱ - استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

واژگان کلیدی:

الگوهای گردشی، گردوغبار، تاوایی، ناهموازی ارتفاع ژئوپتانسیل، تحلیل خوشه‌ای.

هدف این پژوهش شناسایی الگوهای سینوپتیکی مولد گرد غبار در استان کهگیلویه و بویراحمد است. بنابراین دودسته داده شامل داده‌های روزانه کد ۰۶ گردوغبار ایستگاه‌های همدید استان طی سال‌های آماری ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ و متغیرهای دمای هوا، ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار تراز دریا، باد مداری، باد نصف‌النهاری، رطوبت ویژه و امگا به‌عنوان داده‌های جو بالا مورد استفاده قرار گرفتند. برای بررسی همدید الگوهای ایجادکننده گردوغبار در سال‌های موردنظر به ترسیم الگوهای گردشی ناهموازی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای گردوغباری استان پرداخته شد. پس از تعیین روزهای گردوغبار با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و ادغام به روش وارد بر روی داده‌های ناهموازی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۵ الگو استخراج و ترسیم شد. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین ارتباط معنی‌دار بین الگوهای همدید منطقه خاورمیانه با رویدادهای گردوغبار در استان توسط الگوهای گردشی شماره ۲ و ۵ در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال وجود دارد. برای نتیجه‌گیری بهتر از شرایط و عوامل به وجود آورنده پدیده گردوغبار در استان کهگیلویه و بویراحمد نقشه‌های متوسط فشار تراز دریا، رطوبت ویژه ترازهای ۱۰۰۰، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال، امگا (سرعت قائم هوا در جو) در ترازهای ۱۰۰۰ و ۴۰۰ هکتوپاسکال، تاوایی (همگرایی واگرایی باد) در ترازهای ۵۰۰، ۷۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و ترسیم جت (رود باد) تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در زمان حاکمیت هر یک از الگوها ترسیم و بررسی گردید.



تاریخ دریافت:

۱۴۰۱/۰۴/۱۷

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۱/۰۶/۲۰

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۱/۰۸/۰۵

صص. ۲۰-۱

استناد: اسدی، اشرف. (۱۴۰۱). شناسایی مهم‌ترین الگوهای سینوپتیکی ایجادکننده گرد و غبار در استان کهگیلویه و بویراحمد. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۰ (۳)، ۱-۲۰.

 <http://doi.org/10.30488/GPS.2021.256866.3329>

مقدمه

پدیده گردوغبار از جمله مسائل مهم زیست‌محیطی در نواحی مختلف جهان است که می‌تواند آثار سوء اجتماعی - اقتصادی به همراه داشته باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد ذرات ریز غبار که منشأ آن‌ها بیشتر مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد می‌توانند تا مسافت‌های دور به همراه جریانات جوی انتقال یابند و سبب بروز اثرات نامطلوبی مانند تغییر شرایط هوای محلی، آلودگی هوا، تغییر بیوزیستی و شیمیایی آب‌ها و آلوده کردن آب‌های سطحی، بروز مشکلات و بیماری‌های تنفسی مانند آسم و بیماری‌های عفونی، بروز خسارات فراوان در بخش‌های کشاورزی، ایجاد اختلال در سیستم حمل‌ونقل (زمینی، ریلی و هوایی) به دلیل کاهش دید افقی، قطع سرویس‌های رادیویی و ایجاد بارش‌های رنگین گردند. در مطالعه اثرات زیان‌بار طوفان خاک ۱۹۹۳ چین، تعداد کشته‌شدگان ۸۵ نفر و تخریب محصولات کشاورزی را ۳۷۳۰۰۰ هکتار برآورد شد (Youlin Yang, 2002:29). ترکیب فیزیکی و شیمیایی گردوغبارهای ورودی به کشور در استان‌های غربی نشان داد که این گردوغبارها اثرات سوئی بر مجاری تنفسی و ریه و به‌طور کلی بر سلامتی انسان دارند (نجیمی و همکاران، ۱۳۸۹: ۷). از عوامل مؤثر بر شکل‌گیری این پدیده می‌توان به تغییر پوشش و کاربری زمین و در مواردی تغییر در الگوی جریانات سطحی و آبخوان‌ها توسط بشر اشاره کرد. انتقال گردوغبار به درون جو انتقال آن توسط جو ارتباط تنگاتنگی با شرایط آب و هوایی و چگونگی توزیع مکانی و زمانی متغیرهای جوی دارد. در سال‌های اخیر کشور ایران به دلیل شرایط اقلیمی خاص خود و هم‌جوار بودن با بخش وسیعی از پهنه‌های بیابانی تحت تأثیر آثار نامطلوب این پدیده قرار گرفته است. تغییرات شدید فشار هوا، نیروی شتاب عرضی (کوریولیس) ناشی از حرکت وضعی زمین، تأثیر خط ناپایدار در صحاری کشورهای همسایه، فقر پوشش گیاهی منطقه، خشک‌سالی شدید، وقوع جنگ، بافت و ترکیب خاک، کانالیزه کردن جریانات هوا در اثر توپوگرافی، الگوهای سینوپتیکی وزش بادهای شدید و ناگهانی و فرسایش بادی شدید از عوامل مؤثر در افزایش رخداد این پدیده هستند.

مطالعات اخیر بر ماهیت طوفان‌های گردوغبار شامل منشأ، فراوانی، علل، اثرات و پیامدهای آن در ایران است. مناطق واقع در بین‌النهرین از مناطق عمده تولید گردوغبار هستند. در سال‌های اخیر گردوغبار در تمام طول سال گسترش داشته است و در فصول گرم و به‌ویژه در تیر و مردادماه دارای بیشترین فراوانی وقوع بوده است (غفاری و مصطفی‌زاده، ۱۳۹۴: ۱۰۷). طوفان‌های گردوغبار اتفاق افتاده در چند سال اخیر در ایران از نظر ویژگی‌هایی مانند غلظت، اندازه ذرات معلق و تداوم دوره زمانی از موارد مشابه قبلی متمایز است. به‌طوری‌که در گذشته معمولاً متوسط سالانه رخداد حدود ۱۵ روز یا کمتر بود، ولی در حال حاضر در حد ۱۰۰ روز و یا بیشتر هم گزارش می‌شود. وسعت منطقه تحت تأثیر هم ابتدا محدود به مناطقی از خوزستان و بوشهر بود، ولی در سال‌های اخیر به مناطق جنوب غرب، غرب، و شمال غرب کشور و مناطق مرکزی گسترش پیدا کرده است، در حال حاضر ۲۲ استان کشور با شدت و ضعف‌های متفاوت، تحت تأثیر این پدیده قرار دارد (عزیزی و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۲۳).

بررسی هم‌دید این پدیده در بخش‌های مختلف ایران توسط ذوالفقاری و همکاران (۱۳۸۴: ۱۷) در غرب ایران، امیدوار (۱۳۸۵: ۴۳۰) در دشت اردکان یزد، حیدری (۱۳۸۶: ۱۱) الگوهای مولد گردوغبار در غرب کشور، لشکری و کیخسروی (۱۳۸۷: ۱۷) در استان خراسان رضوی، خسروی (۱۳۸۹: ۵۵) در جنوب شرق ایران، طاووسی و همکاران (۱۳۸۹: ۹۷) در خوزستان، علیجانی و رئیس پور (۱۳۹۰: ۱۰۷) در جنوب شرق ایران، براتی و همکاران (۱۳۹۰: ۳۹) طوفان‌های غباری استان خوزستان، خوش کیش و همکاران (۱۳۹۰: ۹۱) در استان لرستان، ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۰: ۱۷) در مناطق غربی ایران، فرج زاده و علیزاده (۱۳۹۰: ۶۵) در ایران، مفیدی و جعفری (۱۳۹۰: ۱۷) نقش گردش منطقه‌ای جو بر روی

خاورمیانه در وقوع طوفان‌های گردوغباری تابستانه در جنوب غرب ایران، سید زاده اقدم و همکاران (۱۳۹۱: ۲۵) در کرمانشاه، شمسی‌پور و همکاران (۱۳۹۱: ۱۱۱) تحلیل ماهواره‌ای - همدیدی پدیده گردوغبار، عزیزی و همکاران (۱۳۹۱: ۱۲۳) در نیمه غربی ایران، نجف‌پور (۱۳۹۱: ۱۱۷) در استان فارس، زنگنه (۱۳۹۳: ۱) در ایران، ولی و همکاران (۱۳۹۳: ۹۶۱) در جنوب و مرکز ایران، محمدی و حسین زاده (۱۳۹۴: ۳۵) در مشهد، کرمی و همکاران (۱۳۹۸: ۱) در شرق و شمال شرق ایران، مبارک حسن و همکاران (۱۳۹۸: ۱۴) در خوزستان، میمندی پاریزی و همکاران (۱۳۹۹: ۱۷۵) ارزیابی شدت تخریب اراضی غرب و شمال غرب خوزستان با استفاده از روش مالوس و ایران‌منش (۱۴۰۰: ۷۱) نقش انسان بر مورفولوژی رودخانه‌ای هولوسن بالایی و شک‌گیری کانون‌های گردوغبار در جنوب غرب استان خوزستان انجام شده است. در سطح بین‌المللی نیز می‌توان به بررسی همدید پدیده گردوغبار توسط (Tao et al, 2006: 393) بر روی مغولستان، (Al-Jumaily & MorwaK, 2013: 851) بر روی عراق، (Hamidi et al, 2013: 279) در منطقه خاورمیانه، (Dehghanpour et al, 2014: 854) بر روی استان یزد، (Klose et al, 2010: 1) بر روی کشور ساحل، (Labban, 2015: 50) بر روی کشور عربستان، (Namdari et al, 2018: 265) بر روی خاورمیانه اشاره نمود. استان کهگیلویه و بویراحمد در جنوب غرب ایران در مسیر ارتباطی استان‌های فارس، خوزستان و بوشهر (۱۶۰ کیلومتر بزرگراه) قرار گرفته است. از نظر میزان منابع آب جاری این استان پس از خوزستان دارای مقام دوم کشوری بوده است و از نظر پوشش‌های جنگلی پس از شمال کشور در جایگاه دوم قرار دارد این عامل منجر به جذب تعداد زیاد گردشگران می‌شود. افزایش رویدادهای گردوغبار منجر به تأثیرگذاری در بخش‌های کشاورزی (به‌ویژه زنبورداری)، حمل نقل جاده‌ای و هوایی، سلامت، اقتصاد و صنعت گردشگری در استان می‌شود. بنابراین بررسی تعداد روزهای گردوغبار و منشأ آن‌ها به‌عنوان هدف این پژوهش قرار گرفت.

روش پژوهش

استان کهگیلویه و بویراحمد با مساحتی حدود ۱۵۵۰۵ کیلومترمربع (کمتر از ۱ درصد از مساحت کشور)، در امتداد رشته‌کوه‌های زاگرس در جنوب غرب ایران و موقعیتی بین ۲۹ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی قرار دارد و در سال ۱۳۹۵ جمعیت آن بالغ بر ۷۱۳۰۰۵۲ نفر بوده است. مساحت اراضی کشاورزی استان بیش از ۲۱۷ هزار هکتار است که ۹۰/۶ درصد به اراضی زراعی و مابقی معادل ۹/۴ درصد به باغ و قلمستان تعلق دارد. شرایط طبیعی منطقه به نحوی است که در امتداد حرکت از شمال شرقی به جنوب غربی استان میزان ارتفاعات و رطوبت هوا کاهش و در مقابل بر شدت درجه حرارت و خشکی هوا اضافه می‌گردد. تغییرات ارتفاع و نیز اختلاف دما و میزان بارندگی دو ناحیه اقلیمی کاملاً متمایز سردسیری و گرمسیری را در استان به وجود آورده است. وسعت جنگل‌های استان ۸۷۴ هزار هکتار و مراتع ۵۵۲ هزار هکتار و بیش از ۴۰ هکتار بیابان دارد. این استان در سال‌های اخیر به‌طور مکرر از پدیده گردوغبار متأثر گردیده است. وجود شرایط گوناگون آب و هوایی در مناطق مختلف استان به همراه عملکرد انواع بادهای غالب که عمدتاً فرامحلی نیز می‌باشند و همچنین حاکمیت خشک‌سالی‌های اخیر باعث شده است که پدیده گردوغبار از شدت و تداوم بیشتری برخوردار باشد. هدف از انجام پژوهش‌های همدید بررسی رابطه میان گردش‌های جوی با محیط سطحی است (یارنال، ۱۹۹۳: ۷). از این رو برای انجام این پژوهش و نیز تمامی بررسی‌های همدید، دودسته داده موردنیاز است، داده‌های سطحی و داده‌های جو بالا. در این پژوهش از رویکرد محیطی به گردشی استفاده شده است. بنابراین ابتدا داده‌های سطحی شناسایی و انتخاب، سپس بر

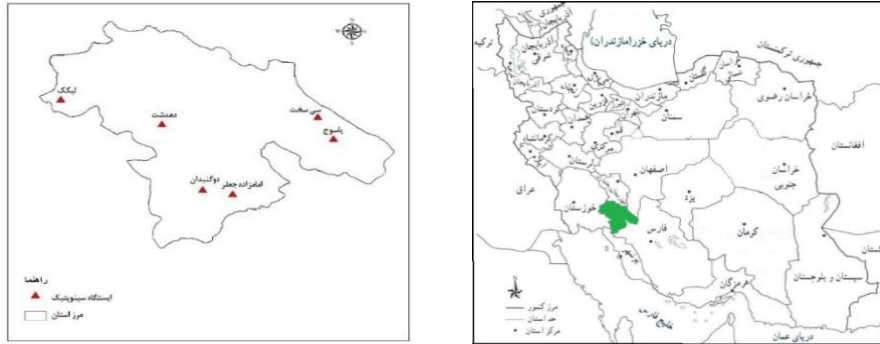
اساس روزهای منتخب الگوهای گردشی ترسیم و تحلیل گردید.

الف) پایگاه داده‌های محیط سطحی: برای این بخش از داده‌های ساعتی و روزانه گردوغبار ۶ ایستگاه همدید (جدول ۱) استان طی سال‌های آماری ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۶ که از اداره تحقیقات سازمان هواشناسی استان کهگیلویه و بویراحمد دریافت گردید. به دلیل اینکه ارتفاع ایستگاه‌های مورد مطالعه از سطح دریا به علت شرایط توپوگرافی متفاوت استان از حداقل ۷۲۶ متر مربوط به ایستگاه دو گنبدان و حداکثر ۲۱۳۳ متر مربوط به ایستگاه سی سخت متغیر بود بنابراین سعی شد تا از اطلاعات هر ۶ ایستگاه استفاده شود. اما به دلیل اینکه طول دوره آماری تمام ایستگاه یکسان نبود جهت پوشش یکدست داده‌های سطحی دوره آماری ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ انتخاب گردید. داده‌های گردوغبار در سازمان هواشناسی با کدهای مختلفی بر اساس شدت و دید افقی ثبت می‌گردد. در این پژوهش از آنجاکه بر اساس تعریف سازمان هواشناسی جهانی، توفان شدید گردوغبار به شرایط کاهش دید افقی کمتر از یک کیلومتر اطلاق می‌گردد داده‌های کد ۰۶ گردوغبار جهت مطالعه انتخاب شد تا بتوان عوامل ایجادکننده گردوغبار با منشأ خارج از ایستگاه را شناسایی و بررسی کرد. روز گردوغباری در این پژوهش روزی است که طی ۸ بار دیده‌بانی عناصر جوی در ایستگاه‌ها در شبانه‌روز حداقل یکبار دید افقی ناشی از گردوغبار به کمتر از یک کیلومتر رسیده باشد. بنابراین روزهایی که در تمام ایستگاه‌ها گردوغبار با کد ۰۶ مشاهده شده بود جدا گردید و تعداد ۱۰۱۹ روز به دست آمد. البته ایستگاه لیکک به دلیل اینکه طول دوره آماری کوتاه‌تری نسبت به سایر ایستگاه‌ها داشت داده‌های آن از بدو تأسیس در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. پس از استخراج داده‌ها جهت کنترل کیفی و بررسی همگنی آزمون ران تست بر روی آن‌ها انجام شد (جدول ۲).

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های همدیدی مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	سال تأسیس
۱	یاسوج	۳۰-۴۱	۵۱-۳۳	۱۸۱۶	۱۳۶۵
۲	دو گنبدان	۳۰-۲۰	۵۰-۴۹	۷۲۶	۱۳۶۴
۳	سی سخت	۳۰-۵۰	۵۱-۲۸	۲۱۳۳	۱۳۸۵
۴	دهدشت	۳۰-۴۷	۵۰-۳۵	۷۹۳/۳	۱۳۸۵
۵	لیکک	۳۰-۵۷	۵۰-۰۶	۷۶۰	۱۳۸۹
۶	امامزاده جعفر	۳۰-۱۸	۵۰-۵۹	۶۶۸	۱۳۷۸

ب: داده‌های سطوح بالای جو: پایگاه گردشی متغیرهای جو بالا نیز از داده‌های بازکاوی شده مؤلفه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل (بر حسب متر m)، دمای هوا (بر حسب کلوین K)، فشار تراز دریا (بر حسب هکتوپاسکال hPa)، مؤلفه باد مداری (بر حسب متر بر ثانیه m/s)، مؤلفه باد نصف‌النهاری (بر حسب متر بر ثانیه m/s)، مؤلفه رطوبت ویژه (بر حسب گرم بر کیلوگرم) و مؤلفه اُمگا (سرعت عمودی باد) استفاده گردید. این متغیرها از پایگاه داده NCEP/NCAR وابسته به سازمان ملی جو اقیانوس‌شناسی ایالات متحده، به صورت دیده‌بانی ۶ ساعته اخذ شد. دوره آماری پایگاه گردشی مطابق با پایگاه داده‌های محیطی بود و استخراج داده‌ها از طریق برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار گرادس (Grads) انجام گردید. برای بررسی داده‌های جو بالا محدوده مورد مطالعه، گسترده‌تر از قلمرو کشور ایران در چارچوب طول جغرافیایی ۰ تا ۷۰ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۰ تا ۶۰ درجه شمالی انتخاب گردید تا امکان شناخت بهتر الگوهای همدید موثر بر رخداد این پدیده فراهم شود.



شکل ۱. موقعیت استان کهگیلویه و بویراحمد در ایران و پراکنش ایستگاه‌های همدید در استان

هر کدام از الگوهای فشار یا جریان، یک الگوی گردشی نامیده می‌شود. الگوی گردشی مفهوم عام‌تری است و سامانه‌های فشار و اجزای آن‌ها را نیز در برمی‌گیرد. هر کدام از فرازاها یا فرودها، هسته‌های سرعت و حتی انحنای منحنی‌های توپوگرافی سطوح هم‌فشار نیز یک الگوی گردشی است (علی‌جانی، ۱۳۸۱، ۲۳۰). ارتفاع یک نقطه معین از جو نسبت به تراز دریا که متناسب با انرژی پتانسیل واحد جرم (ژئوپتانسیل) در همان ارتفاع باشد. در دستگاه SI رابطه میان ارتفاع ژئوپتانسیل Z و ارتفاع هندسی به‌قرار زیر است:

$$Z = \frac{1}{\rho/g} \int_0^z g dz \quad \text{رابطه ۱}$$

g شتاب گرانی است. در بسیاری از کاربردهای هواشناسی ارتفاع ژئوپتانسیل و ارتفاع هندسی را می‌توان به‌جای هم بکار برد. یک ژئوپتانسیل متر برابر $0/98$ ارتفاع دینامیکی است (مسعودیان، ۱۳۸۸: ۳۸۸). از آنجا که الگوی جریان‌های جوی ترازهای ۵۰۰ هکتوپاسکال نقش تعیین‌کننده‌ای در تغییرات متغیرهای اساسی اقلیمی ایران دارد (علی‌جانی ۲۰۰۲: ۵۰) ترسیم و بررسی الگوهای این تراز اصل اولیه بررسی همدید در این پژوهش است. برای ترسیم الگوهای گردشی ابتدا داده‌های روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت 12GMT محدوده موردنظر در طول دوره ۱۱ ساله و سپس در طول ۱۰۱۹ روز منتخب استخراج گردید. علت انتخاب ساعت 12GMT تطابق این ساعت با نیمروز ایران است. پایگاه داده در نرم‌افزار متلب به‌صورت ماتریسی به ابعاد 1019×725 با آرایش P ، تشکیل شد. آرایش P ، ماتریسی از پایگاه داده است که سطرهاى آن زمان و ستون‌ها متغیرهای اقلیمی هستند. سپس بر روی داده‌ها یک تحلیل خوشه‌ای پایگانی (سلسله مراتبی) به روش ادغام وارد صورت گرفت. در روش وارد میزان پراش درون گروهی به حداقل و پراش برون گروهی به حداکثر می‌رسد، در نتیجه همگنی و تجانس گروه‌های حاصله به بیشینه خود میل می‌کند (مسعودیان، ۱۳۸۶: ۷). در این روش گروه‌های r و s در صورتی ادغام می‌شوند که افزایش پراش ناشی از ادغام آن‌ها، نسبت به ادغام هر یک با دیگر گروه‌ها کمینه باشد (رابطه ۲). در این رابطه d_{rs}^2 فاصله بین گروه r و گروه s بوده و n تعداد مشاهدات است.

$$d(r, s) = \frac{n_r n_s d_{rs}^2}{(n_r + n_s)} \quad \text{رابطه ۲}$$

جهت تعیین تعداد خوشه‌ها باید میزان مشابهت یا نزدیکی داده‌ها به یکدیگر مشخص گردد. در این پژوهش برای محاسبه درجه همانندی و تعیین تعداد خوشه‌ها از روش فاصله اقلیدسی استفاده شد. روش فاصله اقلیدسی یکی از مرسوم‌ترین و پرکاربردترین نوع تعیین فواصل در مطالعات اقلیمی است. در نهایت نمودار درختی کلی و تقطیع شده در نرم‌افزار متلب ترسیم گردید. بدین صورت که کل داده‌ها (۱۰۱۹ روز گردوغبار) با توجه به فاصله اقلیدسی موجود در ابتدا به دو گروه بزرگ تقسیم می‌شود. سپس این مراحل تا پایین‌ترین سطح ادامه می‌یابد تا جایی که همه داده‌ها گروه‌بندی

شوند. هدف خوشه‌بندی افزایش واریانس بین گروهی و کاهش واریانس درون گروهی است. با توجه به روش تقطیع نمودار درختی که روش درون سو بوده و با توجه به واریانس داده‌ها، نحوه شکست نمودار، همگنی گروه‌های حاصله و استفاده از آزمون مقایسه میانگین‌ها، نمودار درختی در سطح ۵ تقطیع شد. حد آستانه ضریب ناسازگاری در این سطح ۱/۱۵ انتخاب شد. علت برش نمودار در سطح موردنظر به دلیل معنی‌داری تفاوت میانگین خوشه‌ها در این سطوح می‌باشد. زیرا در بالاتر از آن الگوهای گردشی در هم ادغام شده و یک الگوی کلی را نمایش می‌داد، در سطوح پایین‌تر نیز تعداد الگوها زیاد، مشابه و تکراری می‌گردید. نهایتاً الگوهای گردشی روزهای گردوغباری (دید افقی کمتر از یک کیلومتر) در منطقه موردبررسی شناسایی و ترسیم شد. برای ترسیم نقشه الگوهای گردشی از نرم‌افزار Sufer استفاده گردید. پس از ترسیم و شناسایی الگوها جهت ارتباط بهتر داده‌های جو فوقانی و سطح زمین و شرایط و عوامل به وجود آورنده شکل‌گیری گردوغبار در استان، نقشه‌های متوسط فشار تراز دریا، رطوبت ویژه ترازهای ۱۰۰۰، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال، اُمگا (سرعت قائم هوا در جو) در ترازهای ۱۰۰۰ و ۴۰۰ هکتوپاسکال، تاوایی (همگرایی واگرایی باد) در ترازهای ۵۰۰، ۷۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و ترسیم جت (رود باد) تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در زمان حاکمیت هر یک از الگوها ترسیم و بررسی گردید. در اینجا به دلیل جلوگیری از طولانی شدن کلام فقط نقشه‌های الگوهای شماره ۲ و ۵ که اهمیت و فراوانی بیشتری نسبت به سایر الگوها داشت آورده شده است.

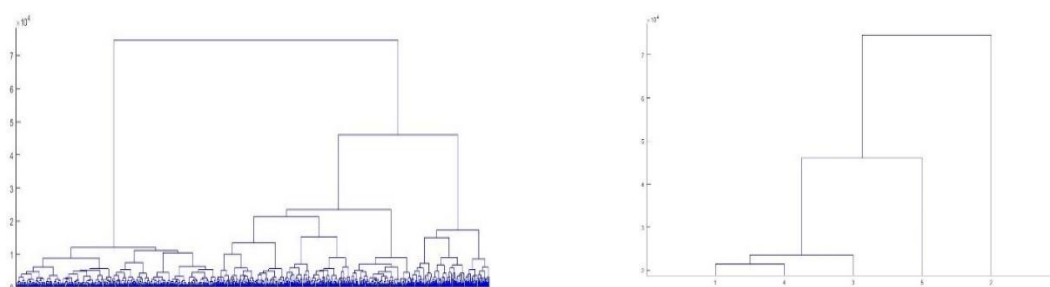
یافته‌ها و بحث

برای بررسی کیفیت و تصادفی بودن داده‌ها ابتدا بر روی داده‌های فراوانی سالانه گردوغبار آزمون ران تست انجام شد (جدول ۲). بر اساس نتایج آزمون داده‌ها ایستگاه‌های یاسوج و امامزاده جعفر با توجه به اینکه سطح معناداری آن‌ها زیر ۵ درصد می‌باشد توزیع نرمال و تصادفی ندارند، اما سایر ایستگاه دارای توزیع نرمال هستند.

جدول ۲. نتیجه آزمون ران تست در ایستگاه‌های استان کهگیلویه و بویراحمد در طی دوره آماری مورد مطالعه

ایستگاه	یاسوج	دو گنبدان	امامزاده جعفر	دهدشت	سی سخت	لیکک
سطح معناداری	صفر	۰/۰۵۵	۰/۰۱۲	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۷۰۳

با هدف بررسی الگوهای گردشی ناهمواری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای گردوغباری استان در روزهای منتخب پس از تحلیل خوشه‌ای انباشتی پایگانی به شیوه ادغام وارد برای ۱۰۱۹ روز موردبررسی ۵ الگوی گردشی اصلی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شناسایی گردید.

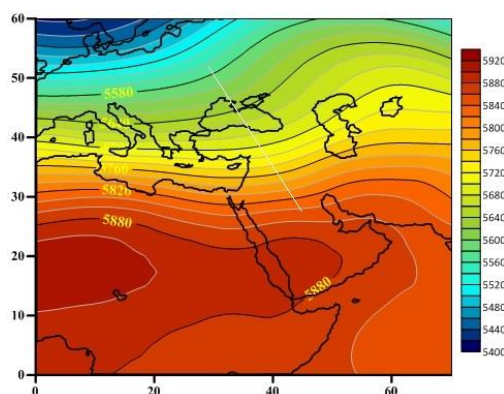


شکل ۲. نمودار درختی کل الگوهای گردشی ناهمواری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و ۵ الگوی اصلی در طی دوره ۱۳۸۶ الی ۱۳۹۶ در استان کهگیلویه و بویراحمد

بررسی و تحلیل الگوهای گردشی

الگوی گردشی شماره ۱: این الگو بیانگر استقرار یک پرفشار با مرکزیت شمال غرب آفریقا است که پربند ۵۸۶۰ متر آن از جنوب ایران عبور می‌کند. پدیده قابل مشاهده دیگر در این الگو ناوه نسبتاً ضعیف مدیترانه است محور آن بر روی شمال شبه‌جزیره عربستان و کشورهای عراق و ترکیه قرار گرفته است. تعداد روزهای فراوانی این الگو در کل دوره ۱۴۷ روز است که برابر با ۱۴/۴ درصد می‌باشد. شدیدترین روز گردوغباری این الگو ۳۱ فروردین ۱۳۸۷ با مقدار دید ۱۰۰ متر می‌باشد. طولانی‌ترین موج گردوغبار در این الگو از ۱۴ اردیبهشت تا ۲۳ اردیبهشت ۱۳۸۸ است. فراوانی فصلی این الگو بهاره است که در هر ۳ ماه فروردین (۲۵ روز)، اردیبهشت (۸۵ روز) و خرداد (۲۲ روز) مشاهده شده است.

بررسی نقشه متوسط فشار تراز دریا گویای استقرار یک کم‌فشار گسترده با مرکزیت جنوب شبه‌جزیره عربستان با فشار ۱۰۰۵ میلی بار است که پربند ۱۰۰۸ میلی باری آن بر روی جنوب غرب ایران و استان کهگیلویه و بویراحمد قرار دارد. نقشه‌های رطوبت ویژه هر ۳ تراز ۱۰۰۰، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال گویای فقر رطوبتی در منطقه است. مقدار رطوبت ویژه در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال تقریباً ۶ در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ۴ و در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ۳/۵ گرم بر کیلوگرم بر فراز استان کهگیلویه و بویراحمد و جنوب غرب ایران است. نقشه‌های اُمگای ترازهای ۱۰۰۰ و ۴۰۰ هکتوپاسکال نشان‌دهنده حرکات صعودی هوا در جنوب غرب ایران و منطقه است، البته شدت این حرکات صعودی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بیش از تراز ۴۰۰ هکتوپاسکال است. نقشه‌های تاوایی در این الگو بر فراز استان و جنوب غرب ایران، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان‌دهنده واگرایی ضیف و نزول هوا با مرکزیت جنوب خلیج فارس و در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال همگرایی و صعود هوا رخ داده است. هسته این همگرایی بر روی جنوب خلیج فارس و در کشور عربستان قرار دارد. در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر جو منطقه همگرایی و نزول هوا جریان دارد. بررسی نقشه رود باد نیز نشان می‌دهد که بخش اعظم خاورمیانه تحت حاکمیت جت جنب حاره قرار گرفته است. بیش از دو سوم ایران نیز در زیر این جت قرار دارد. بر اساس تحلیل نقشه‌های فوق می‌توان نتیجه گرفت که استقرار کم‌فشار در سطح زمین با حرکت پاد ساعت گرد منجر به گسترش گردوغبار ناشی از شکل‌گیری حرکات صعودی در زیر شرق ناوه ضعیف خاورمیانه از شبه‌جزیره عربستان و عراق به غرب و جنوب غرب ایران و استان کهگیلویه و بویراحمد شده است. نتیجه نقشه‌های تاوایی نیز نشان‌دهنده همگرایی بادها در ترازهای ۷۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و (با ایجاد صعود در محدوده سطح زمین تا حدود ۳ کیلومتری جو) عامل صعود هوا و شکل‌گیری و حرکت گردوغبار با منشأ داخلی و با شدت کمتر از عراق و عربستان به سمت جنوب غرب و غرب ایران است.



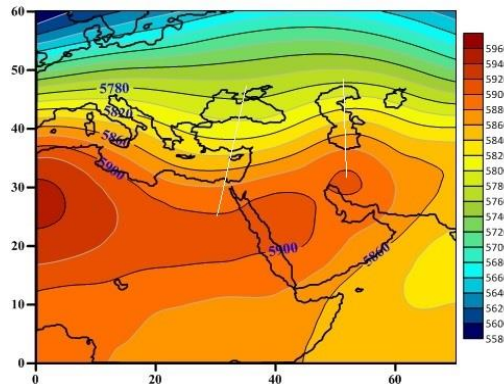
شکل ۳. الگوی گردشی شماره ۱ ناهمواری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای گردوغباری استان

جدول ۳. فراوانی ماهانه الگوی گردش شماره ۱ در روزهای رویداد گردوغبار استان طی دوره مورد مطالعه

ردیف	روز	مرداد	شهریور	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	درصد فراوانی الگوی ۱
۱	۲۵	۸۵	۲۲	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۴/۴
۲	۲۵	۸۵	۲۲	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۴۷

الگوی گردش شماره ۲: این الگو نشان‌دهنده استقرار یک پر ارتفاع گرم بر فراز شمال آفریقا و خاورمیانه است. محدوده خارجی آن با کنتور (پر بند) ۵۸۶۰ هکتوپاسکال از غرب آفریقا تا کشور پاکستان کشیده شده است. بر فراز جنوب غرب ایران در این الگو یک سلول بسته از این پر ارتفاع با پر بند ۵۹۰۰ متر قرار گرفته است. پدیده دیگر در این الگو وجود یک ناه در شرق مدیترانه است که محور آن از دریای سیاه تا کشور مصر کشیده شده است. در این الگو ایران در زیر یک بلاک گرم پر ارتفاع و در زیر محور تاوه بادهای غربی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال قرار دارد. تعداد روزهای فراوانی الگوی شماره ۲ ناهموازی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در کل دوره ۴۳۱ روز است که برابر با ۴۲/۳ درصد می‌باشد. این به این معنی است که حدود نیمی از رویدادهای گردوغبار در استان ناشی از شکل‌گیری این الگو است. در زمان استقرار این الگو در ۵۸ روز مقدار میانگین کمینه دید زیر ۲۰۰۰ متر بوده است، که ۳۴ روز آن مقدار دید به زیر ۱۰۰۰ متر کاهش داشته است. حداقل دید در این الگو ۵۰ متر است که در تاریخ‌های ۲۴ خرداد ۱۳۸۸ و ۱۰ تیر ۱۳۸۹ رخ داده است. بررسی فراوانی ماهانه این الگو نشان‌دهنده شکل‌گیری آن در نیمه اول سال و ماه‌های گرم است. این الگو از اردیبهشت تا مهر ماه دیده می‌شود. بیشینه فراوانی رویداد آن در ماه‌های تیر و مرداد می‌باشد. بررسی نقشه متوسط فشار تراز دریا گویای استقرار یک کم‌فشار گسترده با مرکزیت جنوب خلیج فارس و کشورهای عربستان، امارت و عمان با فشار ۹۹۷ میلی بار است که پر بند ۱۰۰۰ میلی باری آن بر روی جنوب غرب ایران و استان قرار دارد. این کم‌فشار در سطح زمین بر کل خاورمیانه تسلط دارد. پدیده قابل‌مشاهده دیگر در این الگو پرفشار در جنوب غرب اروپا است که زبانه‌های آن تا دریای مدیترانه و شرق اروپا گسترده شده است. بررسی نقشه‌های رطوبت ویژه هر ۳ تراز ۱۰۰۰، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال گویای فقر رطوبتی در منطقه است که در ترازهای بالاتر از مقدار آن کاسته می‌شود. مقدار رطوبت ویژه در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال تقریباً ۸، در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ۵ و در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ۳ گرم بر کیلوگرم است. نقشه‌های اُمگای ترازهای ۱۰۰۰ و ۴۰۰ هکتوپاسکال گویای حرکات صعودی هوا در جنوب غرب ایران و منطقه است، البته شدت این حرکات صعودی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بیش از تراز ۴۰۰ هکتوپاسکال است. نقشه‌های تاوایی در این الگو بر فراز استان و جنوب غرب ایران، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان‌دهنده واگرایی ضیف و نزول هوا با دو هسته بر روی مرکز ایران و هسته دیگر بر روی عراق و سوریه می‌باشد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال همگرایی و صعود هوا رخ داده است و جهت وزش بادها به سمت جنوب شرق می‌باشد. هسته این همگرایی بر روی غرب و جنوب غرب ایران مستقر است. در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر جو منطقه همگرایی شدید و نزول هوا جریان دارد. بررسی نقشه رود باد نیز نشان می‌دهد که هسته‌های رود باد در شمال ایران و کشور ترکیه قرار دارد. بر اساس تحلیل نقشه‌های فوق می‌توان نتیجه گرفت که استقرار کم‌فشار در سطح زمین با حرکت پاد ساعت‌گرد منجر به گسترش گردوغبار ناشی از شکل‌گیری حرکات صعودی از شبه‌جزیره عربستان و عراق به غرب و جنوب غرب ایران و استان کهگیلویه و بویراحمد شده است. نتیجه نقشه‌های تاوایی نیز نشان‌دهنده همگرایی بادها در ترازهای ۷۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و (با ایجاد صعود در محدوده سطح زمین تا حدود ۳ کیلومتری جو) عامل صعود هوا و شکل‌گیری و حرکت گردوغبار از عراق و عربستان به سمت جنوب غرب و

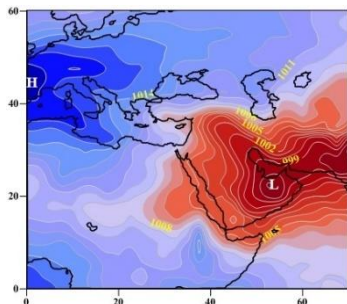
غرب ایران است که فقر رطوبتی حاکم بر منطقه بر شدت آن افزوده است.



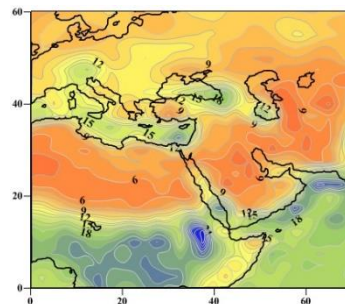
شکل ۴. الگوی گردشی شماره ۲ ناهموازی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای گردوغباری استان

جدول ۴- فراوانی ماهانه الگوی گردشی شماره ۲ در روزهای رویداد گردوغبار استان طی دوره مورد مطالعه

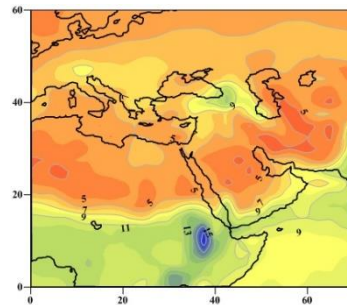
ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	مهر	فراوانی درصد
فراوانی ماهانه	-	۱۰	۷۰	۱۷۳	۱۱۴	۷۵	۱۰	-	-	-	-	-	۴۳۱	۴۲/۳



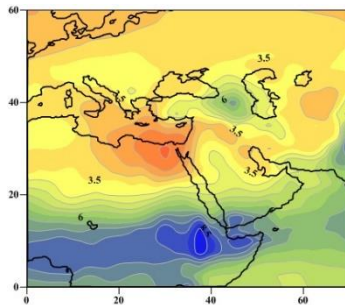
شکل ۶- نقشه متوسط فشار تراز دریا (به میلی بار) در زمان استقرار الگوی شماره ۲



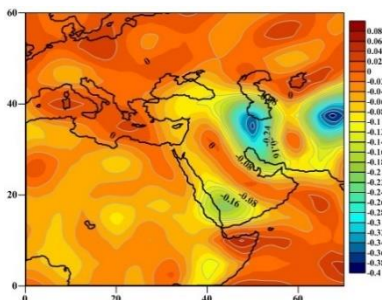
شکل ۵- نقشه متوسط رطوبت ویژه (به گرم در کیلوگرم) تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۲



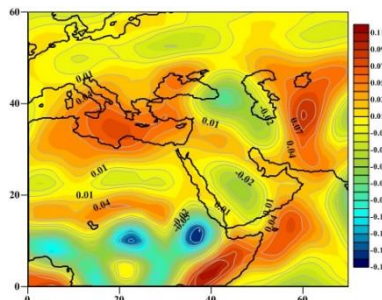
شکل ۸- نقشه متوسط رطوبت ویژه (به گرم در کیلوگرم) تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۲



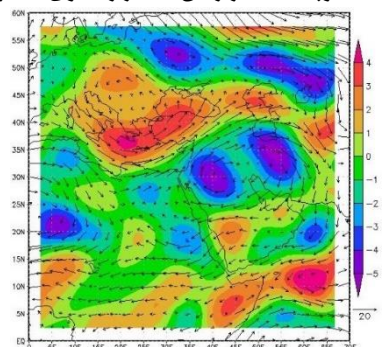
شکل ۷- نقشه متوسط رطوبت ویژه (به گرم در کیلوگرم) تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۲



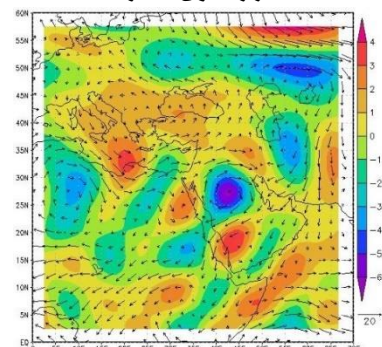
شکل ۱۰. نقشه متوسط اُمگا (به پاسکال بر ثانیه) تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۲



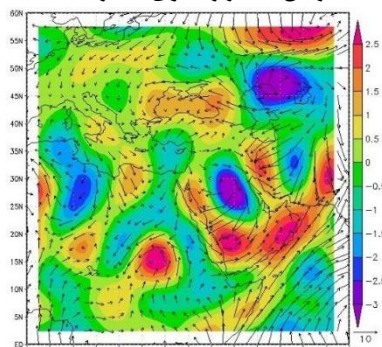
شکل ۹. نقشه متوسط اُمگا تراز ۴۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۲



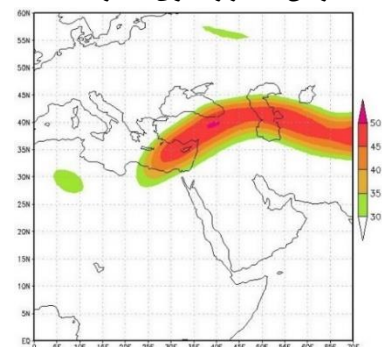
شکل ۱۲. نقشه متوسط تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۲



شکل ۱۱. نقشه متوسط تاوایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۲



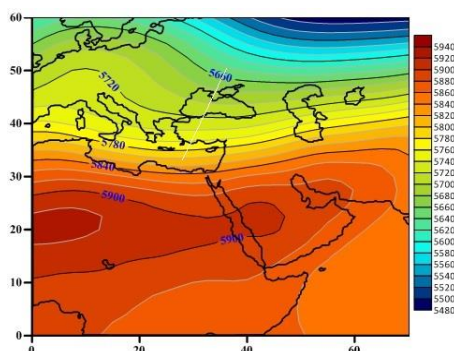
شکل ۱۴. نقشه متوسط تاوایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۲



شکل ۱۳. نقشه متوسط جت تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۲

الگوی گردشی شماره ۳: نشان‌دهنده استقرار یک پرفراز گرم بر فراز شمال آفریقا و خاورمیانه است. محدوده خارجی آن با کنتور (پربند) ۵۸۴۰ ژئوپتانسیل متر از غرب آفریقا تا کشور پاکستان کشیده شده است. مرکز این پرفراز با ارتفاع ۵۹۴۰ ژئوپتانسیل متر در نیمه غربی شمال آفریقا (در محدوده کشورهای نیجر، مالی و جنوب الجزایر) قرار گرفته است ولی پربند ۵۹۰۰ متر آن تا مرکز کشور عربستان کشیده شده است. جنوب غرب ایران و محدوده استان کهگیلویه و بویراحمد در این الگو تحت تسلط پربند ۵۸۷۰ ژئوپتانسیل متر این پرفراز قرار گرفته است. پدیده دیگر در این الگو استقرار یک ناوه در شرق مدیترانه است که محور آن از دریای سیاه تا مدیترانه کشیده شده است. در این الگو ایران در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال تحت جریانات مداری ناشی از قرارگیری ناوه بادهای غربی و حاکمیت پرفراز جنب حاره قرار دارد. بررسی فراوانی ماهانه این الگو نشان‌دهنده شکل‌گیری آن در نیمه اول سال و ماه‌های گرم است. این الگو از اردیبهشت تا آبان ماه به‌استثنای مردادماه دیده می‌شود. بیشینه فراوانی رویداد آن در ماه خرداد است که پس‌از آن به ترتیب در ماه‌های

اردیبهشت، مهر و شهریور مشاهده شده است. تعداد روزهای فراوانی الگوی شماره ۳ ناهمواری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در کل دوره ۱۳۱ روز است که برابر با ۱۲/۹ درصد می‌باشد. در زمان استقرار این الگو ۱۶ روز مقدار کمینه دید زیر ۲۰۰۰ متر بوده است، که ۱۰ روز آن مقدار دید به زیر ۱۰۰۰ متر کاهش داشته است. حداقل دید در این الگو ۵۰ متر است که در تاریخ‌های ۹ اردیبهشت ۱۳۹۱ است. بررسی نقشه متوسط فشار تراز دریا گویای استقرار یک کم‌فشار گسترده است که کل خاورمیانه را پوشش می‌دهد. یکی از مراکز این الگوی کم‌فشار شرق عربستان با پربند ۱۰۰۱ میلی بار است و هسته کم‌فشار دیگر بر روی کشور پاکستان و شمال هند قرار دارد. این کم‌فشار در سطح زمین بر کل خاورمیانه گسترده شده است. بررسی نقشه‌های رطوبت ویژه هر ۳ تراز ۱۰۰۰، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال گویای فقر رطوبتی در منطقه است. مقدار رطوبت ویژه در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال تقریباً ۶ در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ۴ و در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ۳ گرم بر کیلوگرم است. نقشه‌های آمگای ترازهای ۱۰۰۰ و ۴۰۰ هکتوپاسکال گویای حرکات صعودی هوا در جنوب ایران و منطقه است، البته شدت این حرکات صعودی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بیش از تراز ۴۰۰ هکتوپاسکال است. یکی از هسته‌های بیشینه حرکات صعودی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در غرب ایران است که تا استان کهگیلویه و بویراحمد نیز گسترده شده است. در هر دو تراز در شرق عربستان، عراق و سوریه هسته حرکات نزولی هوا قرار دارد. نقشه‌های تاوایی در این الگو بر فراز استان و جنوب و غرب ایران، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان‌دهنده همگرایی ضعیف و صعود هوا با دو هسته بر روی مرکز ایران و هسته دیگر بر روی عراق و سوریه می‌باشد هسته‌هایی واگرایی در این تراز بر روی کشور عربستان قرار دارد و شدت وزش باد در تراز مذکور بر فراز منطقه مورد مطالعه ۱۰ متر بر ثانیه است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال کل ایران در زیر همگرایی ضعیف قرار دارد و بر فراز عربستان واگرایی شدید گسترده شده و شدت آن بیش از تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال است. شدت وزش باد در این تراز بر فراز منطقه همچنان ۱۰ متر بر ثانیه است. در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال شدت همگرایی روی ایران افزایش یافته و سرعت وزش باد ۵ متر بر ثانیه است. بررسی نقشه رود باد نیز نشان می‌دهد که هسته‌های رود باد بر روی نیمه شمالی کشور ایران و همین‌طور کشورهای عراق، سوریه و ترکیه قرار دارد. تحلیل نقشه‌های این الگو بیانگر استقرار کم‌فشار در سطح زمین است که با حرکت پاد ساعت‌گرد منجر به شکل‌گیری گردوغبار با منشأ داخلی ناشی از حرکات صعودی در غرب و جنوب غرب ایران و گسترش آن تا سطح استان است. نتیجه نقشه‌های تاوایی نیز نشان‌دهنده همگرایی بادهای ترازهای ۷۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (با ایجاد صعود در محدوده سطح زمین تا حدود ۳ کیلومتری جو) و عامل صعود هوا و شکل‌گیری و حرکت و ماندگاری گردوغبار از جنوب غرب ایران و با شدت کمتر از عراق و عربستان به سمت جنوب غرب و غرب ایران است که فقر رطوبتی حاکم بر منطقه بر شدت آن افزوده است.



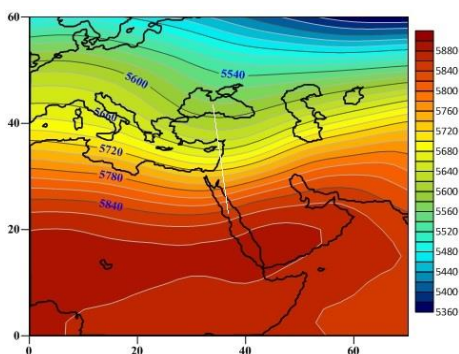
شکل ۱۵. الگوی گردش شماره ۳ ناهمواری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای گردوغباری استان

جدول ۵. فراوانی ماهانه الگوی گردش شماره ۳ در روزهای رویداد گردوغبار استان طی دوره مورد مطالعه

روز	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	مهر	الگوی ۲ فراوانی	درصد فراوانی
فراوانی ماهانه	-	۳۰	۵۷	۶	-	۱۳	۲۱	۴	-	-	-	-	۱۳۱	۱۲/۹	

الگوی گردش شماره ۴: این الگو نشان‌دهنده استقرار یک پر ارتفاع گرم بر فراز کل شمال آفریقا و عربستان گسترده شده است. هسته آن با کنتور (پربند) ۵۸۸۰ ژئوپتانسیل متر از غرب آفریقا تا نیمه جنوبی عربستان کشیده شده است. پدیده دیگر در این الگو استقرار یک ناوه عمیق در شرق مدیترانه است که محور آن از دریای سیاه تا دریای سرخ کشیده شده است. جنوب غرب ایران و محدوده استان در این الگو زیر نیمه شرقی ناوه و جریانات جنوب غربی هوا قرار گرفته است. بررسی فراوانی ماهانه این الگو نشان‌دهنده شکل‌گیری آن در فصول گذار یعنی بهار و پاییز (ماه‌های فروردین، اردیبهشت، مهر، آبان و آذر) است. بیشینه فراوانی رویداد آن در ماه‌های فروردین و اردیبهشت و کمینه فراوانی آن ماه‌های مهر و آذر می‌باشد. تعداد روزهای فراوانی الگوی شماره ۴ ناهمواری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در کل دوره ۱۴۲ روز است که برابر با ۱۳/۹ درصد می‌باشد. در زمان استقرار این الگو ۱۲ روز مقدار کمینه دید زیر ۲۰۰۰ متر بوده است، که ۷ روز آن مقدار دید به زیر ۱۰۰۰ متر کاهش داشته است. حداقل دید در این الگو ۲۰۰ متر است که در تاریخ‌های ۲۵ فروردین ۱۳۹۰ است. بررسی نقشه متوسط فشار تراز دریا گویای استقرار یک کم‌فشار گسترده است که کل نیمه جنوبی و مرکزی ایران، کل شبه‌جزیره عربستان و بخش‌های اعظمی از قاره آفریقا را پوشش می‌دهد. هسته کم‌فشار در این الگو با فشار کمتر از ۱۰۰۷ میلی بار بر روی کشورهای پاکستان، عربستان و سودان قرار گرفته است. بررسی نقشه‌های رطوبت ویژه هر ۳ تراز ۱۰۰۰، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال گویای فقر رطوبتی در منطقه است که در ترازهای بالاتر از مقدار آن کاسته می‌شود. مقدار رطوبت ویژه در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال تقریباً ۶ در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ۴ و در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ۳/۵ گرم بر کیلوگرم است. نقشه اُمگای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال گویای حرکات صعودی شدید هوا در کل نیمه غربی ایران و به‌ویژه جنوب غرب ایران است. در این تراز در روی عربستان حرکات نزولی هوا حاکم است اما هسته حرکات صعودی شدید دیگری بر روی جنوب دریای سرخ و جنوب عربستان قرار دارد. در تراز ۴۰۰ هکتوپاسکال نیز حرکات صعود نسبتاً متوسط در کل نیمه مرکزی و غربی ایران قرار دارد. همین‌طور یک هسته حرکات صعودی بر فراز شمال عربستان در این تراز مستقر گردیده است. نقشه‌های تاوایی در این الگو بر فراز استان و جنوب و غرب ایران، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان‌دهنده همگرایی ضیف و صعود ضعیف هوا با وزش جنوب غربی جریانات جوی با سرعت ۲۰ متر بر ثانیه است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال کل ایران در زیر همگرایی ضعیف قرار دارد و شدت وزش باد در این تراز بر فراز منطقه نیز ۱۰ متر بر ثانیه است. در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال شدت همگرایی روی ایران همچنان به شکل ضعیف وجود دارد و سرعت وزش باد ۱۰ متر بر ثانیه است. بررسی نقشه رود باد نیز نشان می‌دهد که هسته‌های رود باد جنب حاره بر روی کل نیمه جنوبی ایران، غرب خاورمیانه و شمال شرق آفریقا قرار گرفته است. بر اساس تحلیل نقشه‌های فوق می‌توان نتیجه گرفت که استقرار کم‌فشار در سطح زمین با حرکت پاد ساعت‌گرد منجر به گسترش گردوغبار ناشی از شکل‌گیری حرکات صعودی با منشأ داخلی از شبه‌جزیره عربستان و عراق به غرب و جنوب غرب ایران و استان شده است. همگرایی بادها در ترازهای ۷۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و (با ایجاد صعود در محدوده سطح زمین تا حدود ۳ کیلومتری جو) عامل صعود هوا و شکل‌گیری و حرکت گردوغبار به استان است که فقر

رطوبتی حاکم بر منطقه بر شدت آن افزوده است.



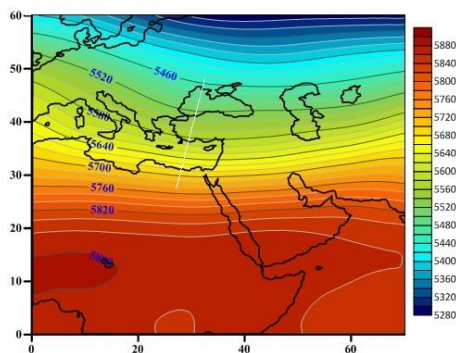
شکل ۱۶. الگوی گردشی شماره ۴ ناهموازی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای گردوغباری استان

جدول ۶. فراوانی ماهانه الگوی گردشی شماره ۴ در روزهای رویداد گردوغبار استان طی دوره مورد مطالعه

ماه	فروردین	اردیبهشت	مهر	مرداد	شهریور	مهر	زبان	زبان	مهر	اسفند	مهر	الگوی گردشی فراوانی درصد	
فراوانی ماهانه	۶۳	۴۵	-	-	-	-	۲	۱۳	۴	-	۱۵	۱۴۲	۱۳/۹

الگوی گردشی شماره ۵: الگوی شماره ۵ نشان‌دهنده استقرار یک پر ارتفاع گرم است که بر فراز مرکز آفریقا و جنوب عربستان گسترده شده است. هسته آن با کنتور (پرند) ۵۸۸۰ ژئوپتانسیل متر بر روی کشورهای چاد و نیجریه قرار دارد. پدیده دیگر در این الگو استقرار یک ناوه ضعیف و گسترده در شرق مدیترانه است که محور آن از دریای سیاه تا شمال آفریقا کشیده شده است. جنوب غرب ایران و محدوده استان کهگیلویه و بویراحمد در زیر محدوده وزش مداری جریانات غربی قرار دارد. بررسی فراوانی ماهانه این الگو نشان‌دهنده شکل‌گیری آن در ماه‌های سرد سال یعنی پاییز و زمستان (ماه‌های آبان تا اسفند) به همراه اولین ماه بهار است. بیشینه فراوانی رویداد آن در ماه اسفند و کمینه فراوانی آن ماه‌های آبان و آذر می‌باشد. تعداد روزهای فراوانی الگوی شماره ۵ ناهموازی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در کل دوره ۱۶۸ روز است که برابر با ۱۶/۵ درصد می‌باشد. در زمان استقرار این الگو ۲۳ روز مقدار کمینه دید زیر ۲۰۰۰ متر بوده است، که ۲۲ روز آن مقدار دید به زیر ۱۰۰۰ متر کاهش داشته است. به عبارت دیگر حدود ۱۴ درصد زمان استقرار این الگو دید به زیر ۱۰۰۰ متر رسیده است. حداقل دید در این الگو ۵۰ متر است که در تاریخ ۱۴ اسفند ۱۳۸۹ روی داده است. برای نتیجه‌گیری بهتر از شرایط و عوامل به وجود آورنده پدیده گردوغبار در استان نقشه‌های متوسط فشار تراز دریا، رطوبت ویژه ترازهای ۱۰۰۰، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال، امگا (سرعت قائم هوا در جو) در ترازهای ۱۰۰۰ و ۴۰۰ هکتوپاسکال، تاوایی (همگرایی و اگرایی باد) در ترازهای ۵۰۰، ۷۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و ترسیم جت (رود باد) تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در زمان حاکمیت این الگو ترسیم گردید. بررسی نقشه متوسط فشار تراز دریا گویای استقرار یک کم‌فشار گسترده است که کل نیمه جنوبی و شرقی ایران، کل شبه‌جزیره عربستان و بخش‌های اعظمی از قاره آفریقا را پوشش می‌دهد. ۳ هسته کم‌فشار در این الگو بر روی کشورهای پاکستان (۱۰۱۰ میلی بار)، جنوب عربستان و یمن (۱۰۱۰ میلی بار) و سودان (۱۰۰۷ میلی بار) قرار گرفته است. پرند ۱۰۱۴ میلی باری ترکیبی کم‌فشار پاکستان و عربستان بر روی جنوب غرب ایران و منطقه مورد مطالعه گسترده شده است. پدیده قابل‌مشاهده دیگر در این الگو ۲ سلول پرفشار

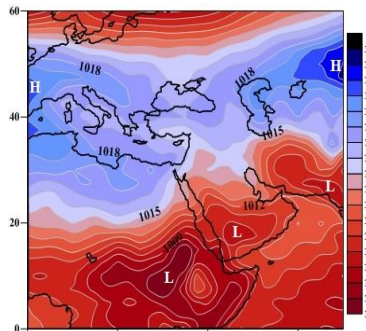
شمال سیبری روسیه و غرب اروپا است که زبانه‌های آن تا شمال آفریقا و بخش‌های محدودی از نیمه شمالی و غربی ایران و ترکیه گسترده شده است. نقشه اُمگای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال گویای حرکات صعودی شدید هوا در کل نیمه غربی ایران و به‌ویژه جنوب غرب ایران است. در این تراز در روی عراق و سوریه حرکات نزولی هوا حاکم است اما هسته حرکات صعودی شدید دیگری بر روی جنوب دریای سرخ و یمن و سودان قرار دارد. در تراز ۴۰۰ هکتوپاسکال نیز حرکات صعود نسبتاً متوسط در کل ایران قرار دارد. همین‌طور یک هسته حرکات صعودی شدید دیگر بر فراز شمال عربستان و سودان در این تراز مستقر گردیده است. نقشه‌های تاوایی در این الگو در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان‌دهنده همگرایی بسیار شدید و صعود هوا بر روی کشور مصر است که البته کل ایران نیز شاهد همگرایی نسبتاً شدید با وزش غربی جریانات جوی با سرعت ۴۰ متر بر ثانیه می‌باشد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال هسته همگرایی شدید و قوی بر روی مصر تا فلسطین و سوریه نیز کشیده شده است و همچنان بر فراز جو ایران حرکات همگرایی وجود دارد. جریانات غربی با سرعت ۲۰ متر بر ثانیه بر فراز منطقه در حال وزش است. در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال همگرایی قوی و شدید مصر و سوریه و فلسطین همچنان مشاهده می‌شود البته در این تراز بر روی غرب و جنوب غرب ایران و کشور عربستان واگرایی حاکم است. بررسی نقشه رود باد نیز نشان می‌دهد که هسته‌های رود باد جنب حاره بر روی کل ایران، غرب خاورمیانه و شمال شرق آفریقا قرار گرفته است. که یکی از هسته‌های سرعت آن بر فراز عراق و سوریه و غرب ایران و هسته دیگر بر فراز کشور الجزایر قرار دارد. بر اساس تحلیل نقشه‌های فوق می‌توان نتیجه گرفت که استقرار کم‌فشار در سطح زمین با حرکت پاد ساعت‌گرد منجر به گسترش گردوغبار ناشی از شکل‌گیری حرکات صعودی با منشأ داخلی و از عراق به غرب و جنوب غرب ایران و استان شده است. نتیجه نقشه‌های تاوایی نیز نشان‌دهنده همگرایی بادها در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و عامل صعود هوا و شکل‌گیری و حرکت گردوغبار به استان کهگیلویه و بویراحمد است که فقر رطوبتی حاکم بر منطقه بر شدت آن افزوده است.



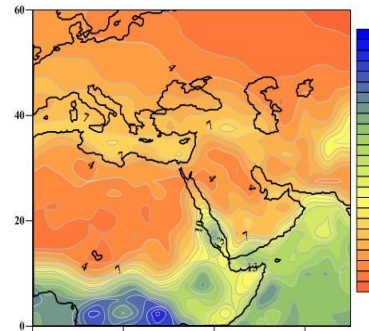
شکل ۱۷. الگوی گردشی شماره ۵ ناهمواری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای گردوغباری استان

جدول ۷. فراوانی ماهانه الگوی گردشی شماره ۵ در روزهای رویداد گردوغبار استان طی دوره مورد مطالعه

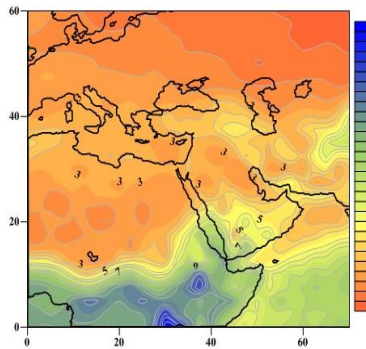
ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	مهر	الگوی ۵ فراوانی درصد فراوانی
فراوانی ماهانه	۳۳	-	-	-	-	-	-	۳	۴	۹	۳۲	۸۷	۱۶۸	۱۶/۵



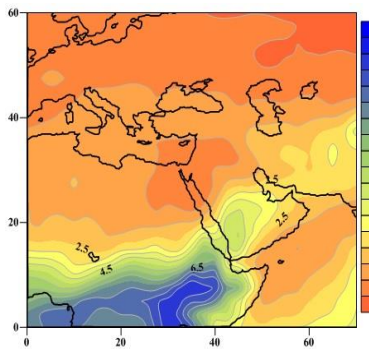
شکل ۱۹. نقشه متوسط فشار تراز دریا (به میلی بار) در زمان استقرار الگوی شماره ۵



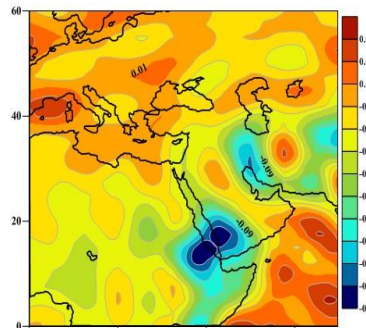
شکل ۱۸. نقشه متوسط رطوبت ویژه (به گرم در کیلوگرم) تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۵



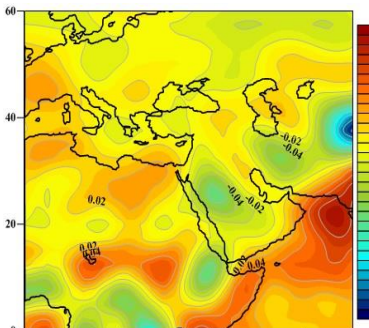
شکل ۲۱. نقشه متوسط رطوبت ویژه (به گرم در کیلوگرم) تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۵



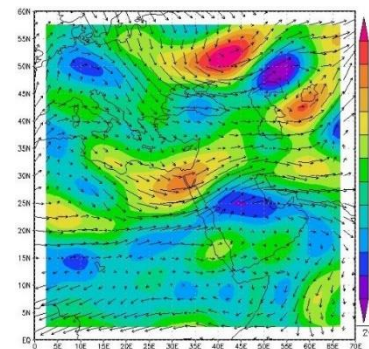
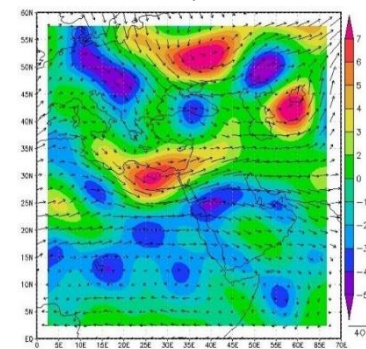
شکل ۲۰. نقشه متوسط رطوبت ویژه (به گرم در کیلوگرم) تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۵



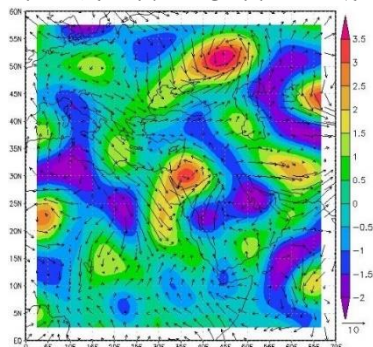
شکل ۲۳. نقشه متوسط امگا (به پاسکال بر ثانیه) تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۵



شکل ۲۲. نقشه متوسط امگا تراز ۴۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۵

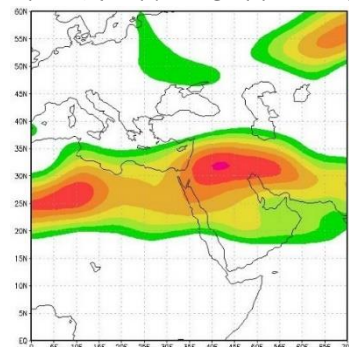


شکل ۲۵. نقشه متوسط تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۵



شکل ۲۷. نقشه متوسط تاوایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۵

شکل ۲۴. نقشه متوسط تاوایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۵



شکل ۲۶. نقشه متوسط جت تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در زمان استقرار الگوی شماره ۵

نتیجه گیری

پدیده گردوغبار رویدادی طبیعی است و در بخش‌های از جهان که دارای مناطق خشک و بیابانی وسیع هستند ایجاد می‌شود. قطع بی‌رویه درختان، نابودی مراتع، از بین رفتن زراعت و دوره‌های خشک‌سالی طولانی می‌تواند احتمال بروز این پدیده را افزایش دهد. این پدیده ضمن کاهش کیفیت هوا، عمق دید را گاهی به حدود ۵ متر کاهش می‌دهد و اثرات سوئی بر سلامتی و اقتصاد جوامع دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین الگوهای همدید منطقه خاورمیانه با رویدادهای گردوغبار در استان کهگیلویه و بویراحمد وجود دارد. بیشترین ارتباط معنی‌دار بین این دو توسط الگوهای گردشی شماره ۲ و ۵ در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مشاهده می‌گردد. الگوی شماره ۲ به‌تنهایی ۴۲/۳ و الگوی شماره ۵ ۱۶/۵ درصد از این رویدادها را توجیه می‌نمایند. در واقع نزدیک به ۶۰ درصد رویدادهای گردوغبار در استان ناشی از شکل‌گیری این الگوها می‌باشد. هر چند بعضی از الگوها درصد کمی را به خود اختصاص می‌دهند اما این به معنی کم‌اهمیت بودن و شدت کم گردوغبار نیست بلکه به دلیل فراوانی وقوع کمتر این رخدادهاست. نتیجه کلی بررسی الگوهای همدید نشان داد که عوامل موثر منجر به شکل‌گیری رویدادهای گردوغبار در استان کهگیلویه و بویراحمد، قرار گرفتن جنوب غرب ایران در زیر شرق ناوه بادهای غربی، وضعیت استقرار مداری بادهای غربی و سلول‌های کم‌فشار در سطح زمین منجر به همگرایی و مکش هوا در سطح زمین واگرایی هوا در سطوح بالاتر می‌باشد. البته در تمام الگوها استقرار کم‌فشار گسترده و قوی در سطح زمین، فقر رطوبتی جو در تمام ترازها و همگرایی بادهای ترازهای ۷۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال است که منجر به ماندگاری و افزایش شدت گردوغبارها شده است. استقرار تاوایی مثبت بر روی ایران و تاوایی منفی در عراق و مرکز شبه‌جزیره عربستان یکی از عوامل بسیار مهم در شکل‌گیری این رخدادهاست. رشته‌کوه زاگرس در زمان رویدادهای شدید گردوغباری در پیشروی آن به استان‌های غربی و جنوبی به‌ویژه استان کهگیلویه و بویراحمد نقش بازدارنده‌ای نداشته است و دید افقی کمتر از یک کیلومتر و گاهی کمتر از ۱۰۰ متر در ایستگاه سی سخت که در ارتفاع ۲۱۳۳ متری از سطح دریا قرار دارد نیز مشاهده شده است. در واقع ارتفاع ورود گردوغبارها فراتر از ارتفاع زاگرس بوده است. یکی از اهداف و کاربردهای کلی آمایش سرزمین پیشگیری از توفان‌های گردوغبار و کویرزایی است. این کار با تدوین برنامه‌های یکپارچه آمایش سرزمین برای استان‌های غربی و جنوب غربی و رایزنی و تعامل دیپلماتیک با همسایه‌های غربی و جنوبی در خصوص تثبیت شن‌های روان و کویرزدایی، برنامه‌ریزی و تلاش برای پیش‌بینی دقیق‌تر و در نهایت اطلاع‌رسانی بهنگام امکان‌پذیر است تا مانع رخداد بیشتر این وقایع گشته و از اثرات

بهداشتی و اقتصادی زیان‌بار آن کاسته گردد. نتایج این پژوهش با نتایج برخی از پژوهش‌ها بر روی غرب و جنوب غرب ایران (اکبری و فرح‌بخشی، ۱۳۹۵) و استان خوزستان (طاووسی و همکاران، ۱۳۸۹) مطابقت دارد.

تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

منابع

- ۱) اکبری، مه‌ری و فرح‌بخشی، ملودی. (۱۳۹۵). تحلیل سینوپتیک و شبیه‌سازی مسیر حرکت توفان‌های شدید گردوغبار (مطالعه موردی جنوب غرب ایران). *مجله فضای جغرافیایی*، ۱۶ (۵۵)، ۲۷۳-۲۹۱
- ۲) امیدوار، کمال. (۱۳۸۵). تحلیل سینوپتیکی طوفان‌های خاک و ماسه در دشت اردکان یزد. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۱۱، ۴۳-۵۸
- ۳) ایران‌منش، فاضل. (۱۴۰۰). نقش انسان بر مورفولوژی رودخانه‌های هولوسن بالایی و شکل‌گیری کانون‌های گردوغبار در جنوب غرب استان خوزستان. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۱ (۴۰)، ۷۱-۸۲
- ۴) براتی، غلامرضا؛ لشکری، حسن و فریبا کرمی. (۱۳۹۰). نقش همگرایی سامانه‌ای فشار بر رخداد طوفان‌های غباری استان خوزستان. *جغرافیا و توسعه*، ۲۲، ۳۹-۵۶
- ۵) حیدری، محمد طالب. (۱۳۸۶). غبار و الگوی جوی مولد آن در غرب کشور. *نشریه هواشناسی کرمانشاه، تابستان ۱۳۸۶*، ۱۲-۱۱
- ۶) خسروی، محمود. (۱۳۸۹). بررسی توزیع عمودی گردوغبار ناشی از طوفان در خاورمیانه با استفاده از مدل NAAPS (مورد: سیستان ایران). *مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیادانان جهان اسلام، ۲۵ فروردین ۱۳۸۹، دانشگاه سیستان و بلوچستان*.
- ۷) خوش‌کیش، اسدالله؛ علیجانی، بهلول و حجازی زاده، زهرا. (۱۳۹۰). تحلیل سینوپتیکی سامانه‌های گردوغبار در استان لرستان. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۱، ۹۱-۱۱۰
- ۸) ذوالفقاری، حسن و حیدر عابدزاده (۱۳۸۴). تحلیل سینوپتیکی طوفان‌های گردوغبار در غرب ایران. *مجله جغرافیا و توسعه*، ۱۸۳-۱۷۳
- ۹) ذوالفقاری، حسن؛ معصوم پور سماکوش، جعفر، شایگان مهر، سیاوش و محمد احمدی. (۱۳۹۰). بررسی همدید طوفان‌های گردوغبار در مناطق غربی ایران طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ (مطالعه موردی: موج فراگیر تیرماه ۱۳۸۸). *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۲ (۳)، ۱۷-۳۴
- ۱۰) زنگنه، معصومه. (۱۳۹۳). آب و هواشناسی طوفان‌های گردوغبار در ایران. *دو فصلنامه آب و هواشناسی کاربردی*، ۱، ۱-۱۲.
- ۱۱) سیدزاده آقدم، نیره؛ کنیرایی بروجردی، پری سیما و رنجبر، عباس. (۱۳۹۱). بررسی وقوع پدیده گردوغبار روز ۲۷ مارس ۲۰۰۳ ایستگاه کرمانشاه و ارتباط آن با جت استریم. *مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی*، ۷ (۲)، ۲۵-۳۷
- ۱۲) شمسی‌پور، علی‌اکبر و صفرزاد، طاهر. (۱۳۹۱). تحلیل ماهواره‌ای - همدیدی پدیده گردوغبار (گردوغبار تیرماه ۱۳۸۸). *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۱۷۹، ۱۱۱-۱۲۶
- ۱۳) طاووسی، تقی؛ خسروی، محمود و رئیس پور، کوهزاد. (۱۳۸۹). تحلیل همدیدی سامانه‌های گردوغباری در استان خوزستان. *مجله جغرافیا و توسعه*، ۲۱ (۲۰)، ۹۷-۱۱۸
- ۱۴) فرج زاده اصل، منوچهر، علیزاده، خاطره. (۱۳۹۰). تحلیل زمانی و مکانی طوفان‌های گردوغبار ایران. *مجله مدرس علوم انسانی - برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، ۱۵ (۱)، ۶۵-۸۴
- ۱۵) عزیزی، قاسم؛ شمسی‌پور، علی‌اکبر، میری، مرتضی و صفرزاد، طاهر. (۱۳۹۱). تحلیل آماری - همدیدی پدیده گردوغبار در نیمه غربی ایران. *محیط‌شناسی*، ۳۱ (۶۳)، ۱۳۴-۱۲۳

- (۱۶) علیجانی، بهلول. (۱۳۷۶). آب‌وهوای ایران. چاپ دوم، تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.
- (۱۷) علیجانی، بهلول و رئیس پور، کوهزاد. (۱۳۹۰). تحلیل آماری - همدیدی طوفان‌های گردوخاک در جنوب شرق ایران (مطالعه موردی: منطقه سیستان). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۲ (۵)، ۱۳۲-۱۰۷.
- (۱۸) غفاری، دیمین و مصطفی‌زاده، رئوف. (۱۳۹۴). بررسی منشأ، اثرات و راهکارهای پدیده گردوغبار در ایران. *نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی*، ۴ (۲)، ۱۲۵-۱۰۷.
- (۱۹) کرمی، سارا؛ حسین حمزه، نسیم، نوری، فائزه و رنجبر، عباس. (۱۳۹۸). بررسی همدیدی و شبیه‌سازی ۲ طوفان هم‌زمان گردوخاک در مناطق شرق و شمال شرقی ایران. *کنفرانس بین‌المللی گردوغبار در جنوب غرب آسیا*، ۳ تا ۵ اردیبهشت ۱۳۹۸، دانشگاه زابل، صص. ۱-۱۳.
- (۲۰) لشکری، حسن و کیخسروی، قاسم. (۱۳۸۷). تحلیل آماری سینوپتیکی طوفان‌های گرد غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی (۲۰۰۵-۱۹۹۳). *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، ۶۵، ۱۷-۳۳.
- (۲۱) مارتین، جان‌تاتان ای. (۱۳۸۸). *دینامیک جو در عرض میانه*. ترجمه سید ابوالفضل مسعودیان، چاپ اول، تهران: انتشارات سمت، صص. ۳۸۸.
- (۲۲) مبارک حسن، الهام؛ رنجبر، عباس، نوری، فائزه و روشوساز، کتابون. (۱۳۹۸). شناسایی ساختار همدیدی، دینامیکی جو نقش میدان باد در گردوخاک میان‌مقیاس داخلی استان خوزستان (۱۴ مارس ۲۰۱۲). *کنفرانس بین‌المللی گردوغبار در جنوب غرب آسیا*، ۳ تا ۵ اردیبهشت ۱۳۹۸، دانشگاه زابل، صص. ۱۴-۲۸.
- (۲۳) محمدی مرادیان، جمیله و حسین‌زاده، سید رضا. (۱۳۹۴). پایش ماهواره‌ای و تحلیل همدید پدیده گردوغبار در کلان‌شهر مشهد طی دوره آماری ۲۰۰۹-۲۰۱۳. *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۴ (۱)، ۵۷-۳۵.
- (۲۴) مفیدی، عباس و جعفری، سجاد. (۱۳۹۰). بررسی نقش گردش منطقه‌ای جو بر روی خاورمیانه در وقوع طوفان‌های گردوغباری تابستانه در جنوب غرب ایران. *مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۲ (۵)، ۴۵-۱۷.
- (۲۵) میمنندی پاریزی، صدیقه؛ طالعی، محمد و کاظمی نیا، عبدالرضا. (۱۳۹۹). ارزیابی شدت تخریب اراضی غرب و شمال غرب خوزستان با استفاده از روش مدالوس. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۰ (۳۷)، ۱۹۴-۱۷۵.
- (۲۶) نجف‌پور، بهرام. (۱۳۹۱). شناسایی الگوهای گردشی ایجادکننده گردوغبار در جنوب غرب ایران (مطالعه موردی استان فارس). *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۷ (۴)، ۱۳۶-۱۱۷.
- (۲۷) نجیمی، علیرضا؛ احمدی‌زاده، اسماعیل و دیمیادی، علی‌اکبر. (۱۳۸۹). *قم غرق در گردوغبار*. اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان قم، تیرماه ۱۳۸۸.
- (۲۸) ولی، عباسعلی؛ خاموشی، سجاد، موسوی، سید حجت، پناهی، فاطمه و تمسکی، احسان. (۱۳۹۳). تحلیل اقلیمی و ردیابی طوفان‌های گردوغبار فراگیر در جنوب و مرکز ایران. *مجله محیط‌شناسی*، ۴۰ (۴)، ۹۷۲-۹۶۱.

References

- 1) Akbary, M., & Farahbakhshy, M. (2016). Synoptic Analysis and Path Simulation of Severe Dust Storms. *Journal of Geographic Space*, 16(55), 291-273. [In Persian].
- 2) Alijani, B. (1997). *Iran Climatology*. Second Edition, Tehran: Payame Noor University Publication. [In Persian].
- 3) Alijani, B. (2002). Variation of 500hpa Flow Patterns Over Iran and Relationship with Climate of Iran. *Theor. Appl. Climatol*, 71, 41-54.
- 4) Alijani, B., & Raispour, K. (2011). Statistical analysis - synoptic of dust storms in southeastern Iran (Case study: Sistan region). *Journal of Arid Regions Geographical Studies*, 2 (5), 132-107. [In Persian].
- 5) Al-Jumaily, K., & Ibrahim, M. (2013). Analysis of synoptic situation for dust storms in Iraq. *International Journal of Energy and Environment*, 4(5), 851-858.
- 6) Azizi, Gh., Shamsipur, A., Miri, M., & Safarrad, T. (2012). Statistical and synoptically analysis of dust in the western half of Iran. *Environmental Studies*,

- 38(63), 123-134. [In Persian].
- 7) Barati, Gh. R., Lashkari, H., & Karami, F. (2011). The role of systemic convergence of pressure on the occurrence of dust storms in Khuzestan province. *Geography and Development*, 9(22), 39-56. [In Persian].
 - 8) Dehghanpour, A.R., Halabian, A.H., & Fallahpour, M. (2014). Synoptic Analysis of Dust Systems in Yazd Province. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(3), 854-865
 - 9) Farajzadeh, M., & Alizadeh, K. (2011) Temporal and spatial analysis of Iranian dust storms. *Journal of Spatial Planning*, 15(1), 65-84. [In Persian].
 - 10) Gao, T., Xu, Y., Bo, Y., & Yu, X. (2006). Synoptic characteristics of dust storms observed in Inner Mongolia and their influence on the downwind area (the Beijing–Tianjin Region). *Meteorology Application*, 13 (4), 393-403
 - 11) Ghafari, D., & Mostafazadeh, R. (2016). An investigation on sources, consequences and solutions of dust storm phenomenon in Iran. *Journal of protection and exploitation of natural resources*, 4(2), 107-125. [In Persian].
 - 12) Hamidi, M., Kavianpour, M.R., & Shao, Y. (2013). Synoptic analysis of dust storms in the Middle East. *Asia-Pasific, Atoms*, 3 (49), 279-286.
 - 13) Heidari, M. T. (2007). Dust and its productive atmospheric pattern in the west of the country. *journal of Kermanshah Meteorology*, 1-11. [In Persian].
 - 14) Iranmanesh, F. (2021). Human Role on Upper Holocene River Morphology and Formation of Dust Hotspots in Southwest Khuzestan Province. *Geographical Planning of Space*, 11(40), 71-82. [In Persian].
 - 15) Karami, S., Hossein Hamzeh, N., Nouri, F., & Ranjbar, A. (2019). Synoptic study and simulation of two simultaneous dust storms in the eastern and northeastern regions of Iran. *International Conference on Dust in Southwest Asia, 3 to 5 May, Zabol University*, 13-1. [In Persian].
 - 16) Khosh Kish, A., Alijani, B., & HejaziZade, Z. (2011) Synoptic analysis of dust systems in Lorestan province. *Journal of Applied Researches in Geographical Scinces*, 21, 91-110. [In Persian].
 - 17) Khosravei, M. (2010) Investigation of vertical distribution of storm dust in the Middle East using NAAPS model Case: Sistan Iran. *Fourth International Congress of Geographers of the Islamic World, Zahedan*. [In Persian].
 - 18) Labban A.H. (2015). *Dust storms over Saudi Arabia; Temporal and spatial characteristics. climatology and synoptic case studies*. A thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, College of Science Engineering and Health, RMIT University.
 - 19) Lashkari, H. & Kikhosravi, Q. (2008). Synoptic statistical analysis of storms and dust mites in Khorasan Razavi province in time interval (1993-2005). *Natural Geography Research*, 65, 33-17. [In Persian].
 - 20) Martin, J. E. (2010). *Atmospheric dynamics in the middle latitude*. Translated by Seyed Abolfazl Masoudian, first edition, Tehran: Samt Publications. [In Persian].
 - 21) Martina, K., Yaping, Sh., Melanie, K., Karremann, A., & Fink, H. (2010). Sahel dust zone and synoptic background. *Geophysical Research letters*, 37, 1-6.
 - 22) Meymandi parizi, S., taleai, M., & kazeminiya, A. (2020). The evaluation of Land degradation by MEDALUS method in West and Northwest of Khuzestan province. *Geographical Planning of Space*, 10(37), 175-194. [In Persian].
 - 23) Mobarak H., Ranjbar, A., Nouri, F., & Varshowsaz, K. (2019). Identification of synoptic structure, atmospheric dynamics and the role of wind field in mid-scale

- dust in Khuzestan province (March 14, 2012). *International Dust Conference in Southwest Asia, May 3 to 5, Zabol University, 14-28*. [In Persian].
- 24) Mofidi, A., & Jafari, S. (2012). Investigating the role of regional atmospheric circulation in the Middle East in the occurrence of summer dust storms in southwestern Iran. *Journal of Arid Region Geographical Studies*, 2(5), 45-17. [In Persian].
- 25) Mohamadi moradian, J., & Hosseinzadeh, S.R. (2015). The Study of Desert Dust in Mashhad Metropolis Using Satellite Images and Synoptic Datasets (2009 - 2013). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 4(2), 35-57. [In Persian].
- 26) Najafpour, B. (2013). Identification of dust-generating circulation patterns in southwestern Iran (Case study of Fars province). *Journal of Geographical Research*, 27(4), 136-117. [In Persian].
- 27) Najimeh, A., Ahmadzadeh, I., & Dimiadi, A. A. (2011). *Qom drowned in dust*. General Directorate of Environmental Protection of Qom Province, July 2010. p.7. [In Persian].
- 28) Omidvar, K. (2006). Synoptic analysis dust storm And sand in Plain Yazd Ardekan. *journal of Geographic Research*, 81, 4-30. [In Persian].
- 29) Seyedzadeh Agdam, N., Katirai, P., Ranjbar Saadat Abadi, A. (2012). A study on dust event over Kermanshah station and its relation to jet stream. *Journal of Marine Science and Technology Research*, 7(2), 25-38. [In Persian].
- 30) Shamsipour, A., & Safarrad, T. (2012). Satellite and Synopticanalysisof Duststorm in Western Half of Iran (Case Study: July 2009). *Physical Geography Research Quarterly*, 44(1), 111-126. [In Persian].
- 31) Soodabeh, N., Neamat K., Armin, S., GholamHasan, M., & Saviz, S. (2018). Impacts of climate and synoptic fluctuations on dust storm activity over the Middle East. *Atmospheric Environment*, 173, 265-276.
- 32) Tavosi, T., Khosravei, M., & Reispour, K. (2010). Synoptic analysis of dust systems in Khuzestan province. *Geography and Development*, 8(20), 98-117. [In Persian].
- 33) Vali, A., Khamooshi, S., Mousavi, S H., Panahi, F., & Tamassoki, E. (2014). Climatic Analysis and Routing of Comprehensive Dust Storms in the South and Center of Iran. *Journal of Environmental Studies*, 40(4), 961-972. [In Persian].
- 34) Weihong, Q., Lingshen, Q., & Shaoyin, sh. (2001). Variations of the dust storm in china and its climate control. *journal of climate*, 15, 1216-1229.
- 35) Youlin, Y. (2002). *Black windstorm in northwest Chin: A case study of the strong sand- dust storms on May 5th 1993*. Global Alarm: Dust and sand storm from the world ' s drylands, United Nations.
- 36) Zangeneh, M. (2014). Climatological Analysis of Dust Storms in Iran. *Journal of Applied Climatology*, 1(1), 1-12. [In Persian].
- 37) Zolfaghari, H. & Abedzade, H. (2006). Synoptic analysis of dust storms in western Iran. *Journal of Geography and Development*, 6, 13-183. [In Persian].
- 38) Zolfaghari, H., Masoumpour Samakosh, J., Shaygan Mehr, S., & Ahmdi, M. (2011). A Synoptic Investigation of Dust Storms in Western Regions of Iran during 2005- 2010 (A Case Study of Widespread Wave in July 2009). *Geography and Environmental Planning*, 22(3), 17-34. [In Persian].