




## Synoptic Analysis of Extreme and Exteremly Wet Period in Southern Iran

Farnaz Mashayekh<sup>1</sup>, Hassan Lashkari<sup>2</sup> 

1-Department of Climatology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Email: [mashaykh.f@gmail.com](mailto:mashaykh.f@gmail.com)

2-(Corresponding Author) Department of Geography, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Email: [h-Lashkari@sbu.ac.ir](mailto:h-Lashkari@sbu.ac.ir)

### Article Info

Article type:  
Research Article

#### Article History:

Received:

1 August 2023

Received in revised form:

26 October 2023

Accepted:

28 November 2023

Available online:

23 December 2023

#### Keywords:

Extreme wet year,  
synoptic,  
Sudan low pressure,  
Arabian subtropical high  
pressure,  
Siberian high pressure  
ridge,  
Tibetan high pressure  
ridge.

### ABSTRACT

Aridity and drought are inseparable features of every climate. But in arid and semi-arid climates, tarsal is an ideal opportunity to restore or compensate for the lack of water in the region. The southern part of Iran has a dry climate despite access to the huge moisture resources of the warm southern seas. To conduct the research, first, the daily rainfall data of all the synoptic stations of the southern provinces of the country, which had complete statistics in the 33-year statistical period (1986-2019), were extracted. Then, using ZCI, ZSI, and SPI indicators, droughts and droughts were identified. Finally, the years that were in extreme poverty in all three above indicators were selected as samples. In the next step, the data of specific humidity, orbital and meridional wind, geopotential height and omega for all atmospheric levels in the lower and middle layers of the Verdosphere were received from the NCEP/NCAR site for all rainy days. Examining the maps of subsurface levels of the Verdspehr (sea, 1000 and 925 hectopascals) showed that three main systems control the pattern of the subsurface layer of the Verdspehr. The Siberian, Tibetan and Mohajer high-pressure fronts spread over the warm waters of the Oman and Arabian seas from 3 to 7 days before the start of the system's rainfall and spread the necessary moisture into the Sudanese system. It plays a very important role in determining the entry path of the system, the expansion pattern of the Mediterranean trough and the duration of the activity of the precipitation system in the middle layer of the Arabian Wardspehr.

**Cite this article:** Mashayekh, F., & Lashkari, H. (2023). Synoptic Analysis of Extreme and Exteremly Wet Period in Southern Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 55 (4), 1-25.

<http://doi.org/10.22059/JPHGR.2024.356775.1007755>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

## **Extended abstract**

### **Introduction**

The southern part of Iran is one of the strategic regions in terms of industry, trade, port, population and agriculture. Any disturbance in any of the above sectors will result in irreparable economic, social, environmental and political damages. In the south of Iran, due to the thermodynamic nature of precipitation systems and the topographical conditions of the region, precipitation is generally very intense. As a result, most heavy rains are accompanied by heavy floods. This region has a arid and semi-arid climate due to its geographical location in relation to the general and regional circulation of the atmosphere. As a result, wet years are an opportunity to compensate for water shortages. This area is one of the cores of agricultural products production, especially in the field of grains, vegetables and fruits. All the country's need for vegetables and fruits in the cold period of the year, which cannot be cultivated in other places, is provided from this region. Also, only in the southern provinces, the cultivation period and the rainy season coincide, and the winter rains can be directly used for agriculture. Understanding the mechanism of rainfall in heavy wet years, in addition to improving the level of preparedness of managers to control and reduce the destructive effects of floods resulting from heavy rains, will help to manage excess water resources in heavy wet years.

### **Materials and methods**

In this research, all the synoptic stations of the southern provinces of the country, which had complete statistics in the statistical period of 1986 to 2019 (corresponding to three solar cycles 22 to 24), have been selected. With this criterion, 17 stations were selected from the synoptic stations of southern Iran with appropriate distribution over the region. Then, the daily rainfall statistics of these stations during the region's predominant rainfall period (November to May) were extracted from Iranian meteorological data. These data, after sorting in the Excel environment, have been statistically reconstructed using

conventional statistical methods. Then the data were averaged and using the annual rainfall of the stations and using the three indexes ZCI, SPI, and ZSI, the periods of wet and dry years were calculated. Finally, the years in which severe wet year occurred in more than half of the stations based on all three above indicators were selected as severe wet years. In the next step, the sea levels, 1000 and 925 hPa data were obtained from the NCEP/NCAR website. At this stage, using these data and the maps drawn for these levels, the dominant pattern in the lower layer of the troposphere was extracted. Then, based on the selected patterns and the entry path of precipitation systems, synoptic patterns were extracted. For these pattern, specific humidity, orbital wind and meridional wind, height and omega data for 1000, 850, 700 and 500 hPa levels were obtained from the NCEP/NCAR site. In the final step, with appropriate scripting, composite maps for selected synoptic patterns have been drawn and analyzed.

### **Results and Discussion.**

The results of the assessment of wet and arid years showed that the frequency of droughts in the last three decades was much higher than droughts. This phenomenon has increased in the last decade. The results of this research also showed that, due to the diversity of topography and the extent of the region in terms of longitude, wet years are not widespread. This heterogeneity can be seen even in severe and ultra-extreme wet years. The results of the analysis of synoptic patterns in the lower levels of the troposphere showed that in all precipitation samples, regardless of the duration of the precipitation system and its entry path, from three to 7 days before the onset of the precipitation system activity, a tab of one of the high pressure systems of Migrant, Tibet or Siberia extends over the warm waters of the Oman and Arabian seas. With the expansion of this ridge over these warm waters, while intensifying the temperature gradient, with the advection of the moisture from the warm Arabian and Oman seas inside the Sudanese low pressure, it provides considerable energy and moisture for the formation of convection currents in the

region. This high-pressure ridge is still active over the Arabian and Oman seas during the whole period of the activity of the rainfall system in the region.

In the middle level of the troposphere, regardless of the path of Sudan's low pressure, from three to four days before the start of the rainfall activity of the system, a deep trough should spread over the African Sahara within the borders of the countries of Libya and Algeria. One to two days before the start of rain in the south of Iran, this trough was located over Egypt, and with the southward expansion and suitable vorticity advection over the Sudan thermal low pressure, the necessary conditions are provided to strengthen the system. These troughs have had a significant southward expansion in all rainfall samples. So, the southern end of the trough has extended to southern Sudan and northern Ethiopia. In all cases, the southern end of the trough extended below the 15° orbit at the 700 hPa level. The movement path of the Sudan low pressure and its eastward movement trough is closely related to the location and eastward movement of the Arabian subtropical high-pressure. Precipitation systems with Sudanese origin enter southern Iran from three main routes. In long-term rainfall systems, this system gradually enters the region from the southwest and gradually moves to the east with the displacement of the Arabian subtropical high-pressure, and the entire southern region of Iran benefits from the rains of this system.

### **Conclusion**

Despite the access to the huge sources of moisture of the warm waters of the southern seas, due to the prevailing circulation pattern in the region, especially the proximity to the strong dynamic Arabian subtropical high-pressure system on the one hand and the vast deserts of Arabia and Lut in the southeast of Iran, the south of Iran has a dry and semi-arid climate. As a result, water scarcity and poverty of surface and underground water resources are the characteristics of this region. Due to the strategic importance of this region, water scarcity can be a great risk for economic, social and industrial activities in the region. As a result, wet years are an

opportunity to compensate for the lack of water and to store excess water resulting from heavy rains and floods, which are currently causing destruction and damage to infrastructure, soil and vegetation in the form of torrential flows. Due to the fact that the synoptic pattern leading to flooding rains is formed from three to 7 days before the start of rain, especially in the lower levels of the troposphere and can be estimated, by creating infrastructure and proper planning, most of these rains can be controlled and With surface storage and infiltration in the underground layers, it provided a suitable storage for droughts.

### **Funding**

There is no funding support.

### **Authors' Contribution**

All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

### **Conflict of Interest**

Authors declared no conflict of interest.

### **Acknowledgments**

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



## تحلیل هم‌دیدگی ترسالی‌های شدید و خیلی شدید در جنوب ایران

فرناز مشایخ<sup>۱</sup>، حسن لشکری<sup>۲</sup><sup>۱</sup>- گروه آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: [mashaykhf@gmail.com](mailto:mashaykhf@gmail.com)<sup>۲</sup>- نویسنده مسئول، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: [h-Lashkari@sbu.ac.ir](mailto:h-Lashkari@sbu.ac.ir)

## اطلاعات مقاله

## چکیده

## نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

## تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۰۵/۱۰

## تاریخ بازنگری:

۱۴۰۲/۰۸/۰۴

## تاریخ پذیرش:

۱۴۰۲/۰۹/۰۷

## تاریخ چاپ:

۱۴۰۲/۱۰/۰۲

## واژگان کلیدی:

ترسالی‌های شدید،

هم‌دیدگی،

کم‌فشار سودان،

پرفشار عربستان،

زبانۀ پرفشار سبیری،

زبانۀ پرفشار تبت.

ترسالی و خشک‌سالی ویژگی‌های جدایی‌ناپذیر هر اقلیمی می‌باشد. ولی در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک، ترسالی یک فرصت ایده آل برای ترمیم یا جبران کم‌آبی‌های منطقه می‌باشد. بخش جنوبی کشور ایران علیرغم دسترسی به منابع عظیم رطوبتی دریاهای گرم جنوبی، اقلیمی خشک دارد. برای انجام تحقیق، ابتدا داده‌های بارش روزانه تمام ایستگاه‌های سینوپتیک استان‌های جنوبی کشور که در دوره آماری ۳۳ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۹) دارای آمار کامل بوده‌اند، استخراج گردید. سپس با استفاده از شاخص‌های SPI،ZSI،ZCI ترسالی‌ها و خشک‌سالی‌ها شناسایی گردید. در نهایت سال‌هایی که در هر سه شاخص فوق در شرایط ترسالی شدید قرار داشتند، به‌عنوان نمونه انتخاب گردید. در گام بعد داده‌های نم و ویژه، باد مداری و نصف‌النهاری، ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا برای تمام ترازهای جوی در لایه زیرین و میانی وردسپهر از سایت NCEP/NCAR برای تمام روزهای بارشی دریافت شد. بررسی نقشه‌های ترازهای زیرین وردسپهر (دریا، ۱۰۰۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال) نشان داد که سه سامانه اصلی الگوی لایه زیرین وردسپهر را کنترل می‌کنند. زبانه‌های پرفشارهای سبیری، تبت و مهاجر از سه تا ۷ روز قبل از شروع فعالیت بارشی سامانه، با گسترش بر روی آب‌های گرم دریاهای عمان و عرب رطوبت لازم را به درون سامانه سودانی فرا رفت می‌نمایند. در لایه میانی وردسپهر واچرخند عربستان نقش بسیار مهمی در تعیین مسیر ورود سامانه، الگوی گسترش ناوه مدیترانه‌ای و طول دوام فعالیت سامانه بارشی بر روی منطقه ایفا می‌کند.

**استناد:** مشایخ، فرناز و لشکری، حسن. (۱۴۰۲). تحلیل هم‌دیدگی ترسالی‌های شدید و خیلی شدید در جنوب ایران. *مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*،

۵۵ (۴)، ۱-۲۵.

<http://doi.org/10.22059/JPHGR.2024.356775.1007755>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

© نویسندگان



## مقدمه

احتمالاً به دلیل فعالیت‌های انسانی، شدت و فراوانی رویدادهای شدید در طول قرن بیست و یکم افزایش می‌یابد (IPCC, 2007b; IPCC, 2013; Troyat et al., 2015; Lader et al., 2017; Wu, 2020; IPCC, 2021). بارش یکی از رایج‌ترین رویدادهای آب‌وهوایی در زندگی روزمره ما است. به‌عنوان یک جزء حیاتی از چرخه‌های آب و انرژی، بارش نقش مهمی در تحقیقات هواشناسی و هیدرولوژیکی ایفا می‌کند (Hou et al., 2014, Kidd & Huffman, 2011, Trenberth et al., 2003). در این میان، بارندگی یک متغیر اقلیمی است که از سالی به سال دیگر و طی دهه‌ها تغییر می‌کند (تربرت و، ۲۰۱۱: ۱۲۳). در دهه‌های اخیر، برخی از تغییرات آب‌وهوایی و آب‌وهوا، مانند گرمای شدید و بارش‌های شدید، به‌طور فزاینده‌ای مکرر و شدید شده‌اند (AghaKouchak et al., 2020; IPCC, 2021). در حال حاضر، با توجه روزافزون به تغییرات آب‌وهوای جهانی، مطالعات بر روی تغییرات بارندگی در میان جامعه علمی موردتوجه قرار گرفته است (Longobardi & Villani, 2010, Vincent et al., 2005). درک بهتر از تغییرات بارندگی می‌تواند پیامدهای مهمی را نه‌تنها برای تجزیه‌وتحلیل تغییرات آب‌وهوایی گذشته، بلکه برای پیش‌بینی چرخه‌های هیدرولوژیکی جهانی و منطقه‌ای آینده ارائه دهد (Gu et al., 2016, Treydte et al., 2006). مطالعات در زمینه درک اساسی از تغییرات بارندگی در دهه‌های اخیر بسیار زیاد بوده است. با این حال، مطالعات تغییر بارندگی فعلی بیشتر بر روی مقدار بارندگی (Gu et al., 2013, Golian et al., 2019; Wang et al., 2016; Westra et al., 2013, Christensen and Christensen, 2003; Prein et al., 2005; Jung et al., 2011; Liu et al., 2005) و مدت‌زمان (Brommer et al., 2007, Li et al., 2011) و رویدادهای شدید (Donat et al., 2016, Prein et al., 2017b, Yin et al., 2018, Zhang et al., 2018) متمرکز بوده است. از دیگر مطالعات در این زمینه می‌توان به مطالعات (Svetozarevic et al., 2021) اشاره کرد. ایشان در بررسی توزیع فصلی ماه‌های بارش شدید در شمال غربی بلغارستان پرداختند و نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین افزایش در تعداد ماه‌های خشک در تابستان برای سال‌های ۱۹۹۱-۲۰۲۰ مشاهده شده است. برای مدت مشابه (۱۹۹۱-۲۰۲۰)، ماه‌های بسیار مرطوب بیشترین سهم را از کل ماه‌های بسیار مرطوب برای فصل زمستان دارند. (Ogolo et al., 2022)، به تحلیل مکانی و زمانی روند مشاهده شده در رویدادهای شدید بارش در مناطق مختلف آب‌وهوایی نیجریه نشان دادند که مناطق ساحل و ساوانا در برابر خشک‌سالی‌های شدید با پیامدهای منفی بالقوه بر امنیت غذایی و منابع آبی بسیار آسیب‌پذیر هستند. همچنین تغییرات اخیر در آب‌وهوا به‌طور قابل‌توجهی بر رویدادهای بارش شدید در داخل و در سراسر مناطق مختلف آب‌وهوایی نیجریه تأثیر گذاشته است. (Abu Hammad et al., 2022)، تغییرپذیری بارش و احتمالات رویدادهای شدید در منطقه مدیترانه شرقی (استان لاذقیه - سوریه) موردبررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که زمستان نسبتاً مرطوب‌تر از قبل و بهار نسبتاً خشک‌تر از قبل است. (Pattnaik, 2023)، به بررسی تغییرات آب‌وهوایی و رویدادهای شدید آب‌وهوایی پرداخته و نتایج این مطالعه نشان داد که شدت و فراوانی چنین رویدادهایی در آینده افزایشی است. از جمله مطالعات در ایران می‌توان به مطالعات چون (سلیقه و صادقی‌نیا، ۱۳۸۷؛ محمدی و مسعودیان، ۱۳۸۹؛ کریمی و فرج زاده، ۱۳۹۱)، اشاره کرد. (خوش‌اخلاق و همکاران، ۱۳۹۱)، در زمینه الگوهای هم‌بندی خشک‌سالی‌ها و ترسالی زمستانه در جنوب غرب ایران نشان دادند که نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب حاره به‌ویژه واچرخند عربستان تأثیر مهمی در نوسان بارش زمستانه دارد. (لشکری و محمدی، ۱۳۹۴)، اثر موقعیت استقرار هسته مرکزی واچرخند عربستان را در سامانه‌های بارشی شدید در جنوب و جنوب غرب ایران بررسی کردند و نشان دادند که در همه ترازها هسته مرکزی واچرخند بر روی پهنه‌های گرم دریاهای

عرب و عمان قرار دارد. (محمدی و لشکری، ۱۳۹۸)، به نقش جایجایی مکانی جت جنب‌حاره‌ای در فعالیت کم‌فشار سودانی در ترسالی‌های استان فارس پرداخته و نتایج نشان داد فرا رفت رطوبتی مناسب از روی دریا‌های گرم عرب و عمان سبب تقویت سامانه سودانی و ناوه دریای سرخ تقویت شده و ناپایداری شدیدی بر روی منطقه ایجاد می‌گردد. (محمدی و همکاران، ۱۴۰۱)، در شناسایی الگوهای ناهنجاری‌های همدیدی منجر به خشک‌سالی و ترسالی‌های فراگیر ایران چنین نتیجه گرفتند که در ترسالی‌های فراگیر استقرار یک کم‌فشار بر روی اروپا، یک پرفشار بر روی دریای عرب و یک کم‌فشار بر روی دریای سرخ، شرایط را برای انتقال رطوبت هم از جانب غرب و هم از جانب جنوب و جنوب غرب بر روی ایران فراهم می‌کنند. اما در خشک‌سالی‌های فراگیر، استقرار یک پرفشار بر روی اروپا، استقرار یک کم‌فشار بر روی دریای عرب و وجود یک کم‌فشار بر روی دریای سرخ باعث اختلال در فرایند چرخندزایی دریای مدیترانه و همچنین انتقال رطوبت از دریای عرب و اقیانوس هند به داخل ایران می‌شوند. (مشایخ و همکاران، ۱۴۰۱)، به بررسی ناهنجاری‌های بارش در ترسالی‌های شدید پرداختند و نتایج نشان داد که ترسالی‌های شدید مقادیر بارش سالانه و ۲۴ ساعته افزایش چشمگیری را نشان می‌دهند (کریمی و حیدری، ۱۴۰۲)، در بررسی تغییرپذیری و روند تغییرات شدت - گستره ترسالی و خشک‌سالی در ایران، گستره شدت‌های ترسالی - خشک‌سالی سالانه کشور، سه دوره مشخص: دهه ۸۰ با گستره‌های تقریباً برابر ترسالی - خشک‌سالی، دهه ۹۰ گستره‌های ترسالی و دو دهه اول قرن ۲۱ میلادی که در شروع آن در سال آبی ۱۹۹۹-۲۰۰۰ بیش از ۹۷ درصد کشور (۷۰ درصد مساحت خشک‌سالی بسیار شدید) تحت شرایط خشک‌سالی بوده، بیشتر گستره‌های خشک‌سالی مشاهده می‌گردد. الگوی تغییرپذیری گستره‌های شدت ترسالی - خشک‌سالی در فصل زمستان و بهار تقریباً مشابه سالانه بوده، اما در فصل پاییز متفاوت از الگوی سالانه، در اواخر دوره، افزایش گستره‌های ترسالی بیشتر مشاهده می‌گردد.

### روش پژوهش

این پژوهش در گام‌های اجرایی زیر انجام شده است. در گام اول تمام ایستگاه‌های همدیدی فعال در استان‌های منطقه مطالعاتی از پایگاه سازمان هواشناسی کشور تفکیک گردید. جدول (۱) مشخصات این ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد. در گام دوم تمام ایستگاه‌هایی که در دوره آماری ۳۳ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۹) منطبق با سه سیکل خورشیدی اخیر دارای آمار بارشی کامل بوده‌اند، استخراج گردید. این داده‌ها در فایل اکسل مرتب‌سازی شده و نواقص آماری برطرف گردید. در گام سوم با استفاده از سه شاخص SPI، ZSI، ZCI خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها بر اساس مجموع بارش سالانه برای هر یک از ایستگاه‌های فوق محاسبه گردید. جدول (۲) نمونه‌ای از این ارزیابی را برای تعدادی از ایستگاه نمونه در سیکل ۱۱ ساله (سیکل ۲۲ خورشیدی) بر اساس شاخص CZI نشان می‌دهد.

سپس مفاهیم این ضرایب برای تمام ایستگاه‌های انتخابی از جداول مربوط به هر شاخص استخراج شد. جدول (۲) نمونه‌ای از این مفاهیم را برای ایستگاه آبادان نشان می‌دهد.

این ارزیابی برای تمام ایستگاه‌های انتخابی بر اساس هر سه شاخص برای یک دوره ۳۳ ساله انجام شده است. نتایج این ارزیابی برای تمام ایستگاه‌های انتخابی در دوره ۳۳ ساله در یک جدول تجمیع گردید. آنگاه سال‌های همراه با ترسالی (با شدت‌های مختلف) در هر ایستگاه و برای هر شاخص و هر سال تفکیک شده و شمارش گردید. جدول (۳) تعداد ترسالی رخ داده در ایستگاه‌های انتخابی را در هر سال بر اساس شاخص ZSI در سیکل اول نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال در سال ۱۹۹۶-۱۹۹۵ بر اساس شاخص ZSI در ۲۵ ایستگاه از ایستگاه‌های انتخابی ترسالی شدید رخ داده است.

جدول ۱. خروجی شاخص CZI در تعدادی از ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

شاخص CZI	آبادیه	ابوموسی	انار	بم	بندرعباس	بوشهر (س)	بوشهر (ف)	دوگنبدان
۱۹۸۷-۱۹۸۶	-۰/۹۶	-۰/۱۹	-۰/۳۷	-۰/۳۷	-۰/۶۸	-۰/۶۲	-۰/۶۹	-۰/۰۱
۱۹۸۸-۱۹۸۷	-۰/۲	-۰/۷۸	۱/۱۹	-۰/۰۷	-۰/۴۴	-۰/۶۱	-۰/۸۳	-۰/۱۹
۱۹۸۹-۱۹۸۸	-۱/۳۹	-۰/۴۳	-۰/۴۱	-۰/۳۱	-۰/۴۸	-۰/۸۹	-۰/۰۹	-۰/۸۹
۱۹۹۰-۱۹۸۹	-۰/۶۲	۱/۲۳	-۰/۴۷	-۰/۷۲	۱/۲۱	-۰/۳۶	-۰/۲۶	-۰/۱۵
۱۹۹۱-۱۹۹۰	-۰/۰۹	-۰/۵۱	۱/۸۸	-۰/۹۴	-۰/۳۶	-۰/۴۵	-۰/۲	-۰/۱۳
۱۹۹۲-۱۹۹۱	۱/۳۷	-۰/۹	-۰/۳	-۰/۱۵	-۰/۸۶	-۰/۳۱	-۰/۲۸	۱/۳۴
۱۹۹۳-۱۹۹۲	-۰/۵۸	-۰/۷	۱/۴۹	-۰/۵	۱/۷۸	-۰/۰۸	-۰/۳۲	-۱/۲۵
۱۹۹۴-۱۹۹۳	-۰/۵۸	-۱/۵۳	-۰/۷۶	-۰/۴۶	-۱/۲۴	-۳/۹۸	-۴/۸۸	-۱/۳۴
۱۹۹۵-۱۹۹۴	۱/۸۶	-۰/۱۴	-۰/۸	-۰/۱۴	-۰/۴۸	-۰/۵۲	-۰/۵۹	۱/۹۲
۱۹۹۶-۱۹۹۵	-۰/۶۳	۲/۴۸	۱/۸۷	۲/۱۱	۲/۲۷	۱/۹۴	۱/۸۴	-۰/۸۹
۱۹۹۷-۱۹۹۶	-۰/۰۵	-۰/۹۵	-۰/۷	-۰/۰۸	-۰/۷۳	-۰/۲۴	-۰/۴۳	-۰/۲۱

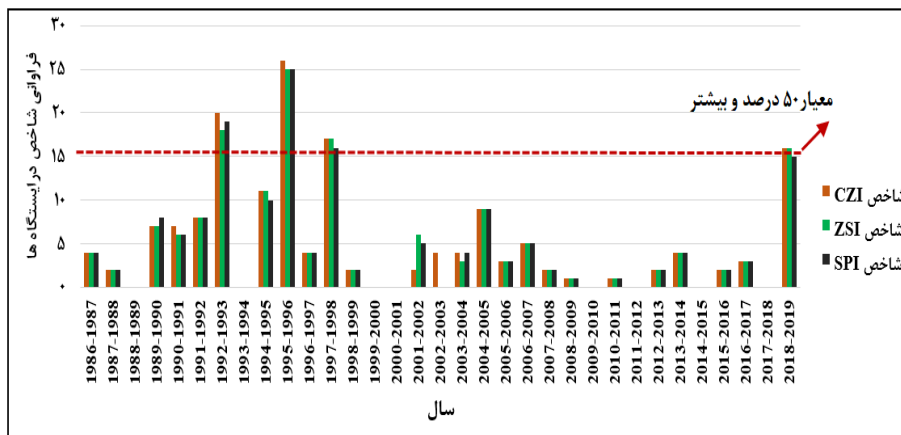
جدول ۲. نمونه خروجی شاخص ZCI در ایستگاه آبادان

سال زراعی	عدد شاخص	وضعیت شاخص
۱۹۸۷-۱۹۸۶	-۰/۱۹	نزدیک نرمال
۱۹۸۸-۱۹۸۷	-۰/۵۵	نزدیک نرمال
۱۹۸۹-۱۹۸۸	-۱/۶۶	خشک‌سالی شدید
۱۹۹۰-۱۹۸۹	-۰/۳۵	نزدیک نرمال
۱۹۹۱-۱۹۹۰	۱/۲۶	ترسالی متوسط
۱۹۹۲-۱۹۹۱	۱/۱۱	ترسالی متوسط
۱۹۹۳-۱۹۹۲	۱/۰۱	ترسالی متوسط
۱۹۹۴-۱۹۹۳	-۰/۷۹	نزدیک نرمال
۱۹۹۵-۱۹۹۴	۱/۱۳	ترسالی متوسط
۱۹۹۶-۱۹۹۵	۱/۵۸	ترسالی شدید
۱۹۹۷-۱۹۹۶	-۰/۳۶	نزدیک نرمال

جدول ۳. فراوانی شاخص ZSI نیمه جنوبی به تفکیک هر منطقه (دوره آماری ۱۹۸۶-۲۰۱۹)

شاخص ZSI	فراوانی ایستگاه‌های جنوب	فراوانی ایستگاه‌های جنوب شرق	فراوانی ایستگاه‌های جنوب غرب	مجموع
۱۹۸۷-۱۹۸۶	۳	۰	۱	۴
۱۹۸۸-۱۹۸۷	۱	۰	۱	۲
۱۹۸۹-۱۹۸۸	۰	۰	۰	۰
۱۹۹۰-۱۹۸۹	۴	۳	۰	۷
۱۹۹۱-۱۹۹۰	۳	۲	۱	۶
۱۹۹۲-۱۹۹۱	۶	۰	۲	۸
۱۹۹۳-۱۹۹۲	۱۱	۱	۶	۱۸
۱۹۹۴-۱۹۹۳	۰	۰	۰	۰
۱۹۹۵-۱۹۹۴	۷	۰	۴	۱۱
۱۹۹۶-۱۹۹۵	۱۶	۶	۳	۲۵
۱۹۹۷-۱۹۹۶	۱	۳	۰	۴

در گام بعد سال‌های همراه با ترسالی شدید در هر سال و در هر شاخص شمارش شده است. شکل (۱) پراکنش تعداد ایستگاه‌های درگیر با پدیده ترسالی‌های شدید و خیلی شدید را در طول دوره آماری ۳۳ ساله بر اساس سه شاخص انتخابی نشان می‌دهد. در این شکل ستون‌های عمودی نشان‌دهنده فراوانی وقوع ترسالی شدید در ایستگاه‌های انتخابی است.



شکل ۱. فراوانی ترسالی‌های شدید و خیلی شدید بر اساس سه شاخص CZI, SPI, ZSI

همان‌طور که ملاحظه می‌شود در برخی از سال‌ها در هیچ ایستگاهی ترسالی شدید رخ نداده است. در مقابل در بعضی از سال‌ها در تعداد زیادی از ایستگاه‌ها ترسالی شدید رخ داده است. به‌عنوان مثال در سال ۱۹۹۵-۱۹۹۶ بر اساس هر سه شاخص در بیش از ۲۰ ایستگاه ترسالی شدید رخ داده است. برای انتخاب نمونه‌های مطالعاتی دو معیار انتخاب شد. ۱- سال‌هایی که در بیش از نیمی از ایستگاه‌ها (بیش از ۱۵ ایستگاه) ترسالی شدید رخ داده است.

۲- این پدیده در هر سه شاخص رخ داده باشد.

بر اساس دو معیار انتخابی سه سال ۱۹۹۲-۱۹۹۳ و ۱۹۹۶-۱۹۹۵ و ۱۹۹۷-۱۹۹۸ به‌عنوان نمونه‌های مطالعاتی انتخاب شدند. این سه سال بر روی نمودار مشخص شده است.

در گام چهارم داده‌های بارش روزانه تمام ایستگاه‌های انتخابی در سه سال فوق از داده‌های روزانه سازمان هواشناسی استخراج گردید.

در گام پنجم داده‌های جوی برای ترازهای دریا، ۵۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰، ۹۲۵، ۱۰۰۰ هکتوپاسکال از سایت NCAR/ NCEP برای تمام روزهای بارشی، سه تر سال شدید ذکر شده، در تمام ماه‌های دوره بارشی (سال آبی) این منطقه دریافت گردید. دوره بارشی به این صورت تعیین شد. روزی را که حداقل در سه ایستگاه بارش بیش از یک میلی‌متر ثبت شده بود. بر اساس همین معیار نیز روز پایان دوره بارشی تعیین گردید.

در گام ششم سامانه‌های بارشی انتخاب گردیدند. سامانه‌های بارشی نیز بر اساس دو معیار زیر انتخاب شده است.

- در یک سوم ایستگاه‌های انتخابی بارش گزارش شده باشد.

- حداقل در یکی از ایستگاه‌ها بارشی بیش از ۵ میلی‌متر ثبت شده باشد.

- بر اساس این دو معیار ۲۴۵ روز- سامانه بارشی شناسایی شد.

در گام هفتم با بررسی چشمی چندین باره نقشه‌های ترازهای دریا و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال الگوی هم‌مدیدی انتخاب شده است.

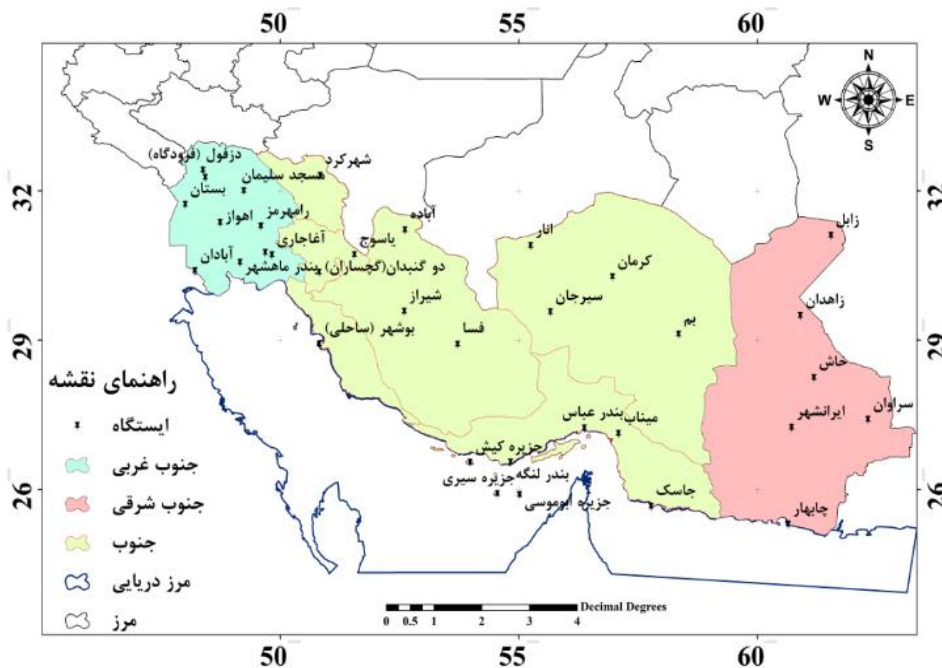


در گام هشتم بر اساس داده‌های تراز دریا و ۱۰۰۰ و ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال نقشه ترکیبی ارتفاع، جریان و نم ویژه و برای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نقشه ترکیبی ارتفاع و امگا و باد مداری و نصف‌النهاری (جریان) برای تمام الگوهای همدیدی ترسیم گردید.

در گام نهم بر اساس نقشه‌های تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال مسیر ورود سه سامانه کنترل‌کننده که الگوهای همدیدی بر اساس آن‌ها شکل گرفته است، ترسیم گردید.

### منطقه مورد مطالعه

منطقه انتخابی از کشور در این مطالعه جنوب ایران می‌باشد. همان‌طور که بر روی نقشه نیز دیده می‌شود این منطقه شامل استان‌های محدوده زاگرس جنوبی و کرانه‌های شمالی خلیج فارس است. این منطقه محدوده‌ای بین عرض جغرافیایی ۲۵ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی تا ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۰۶ دقیقه شرقی تا ۱۵ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی را در بر گرفته است. با توجه به مسیرهای متفاوت ورود سامانه‌ها این منطقه به سه بخش تقسیم شده است. بخش جنوبی غربی در این مطالعه استان خوزستان را شامل می‌شود. منطقه جنوب میانی یا جنوب که شامل استان‌های کهگیلویه و بویراحمد، بوشهر، فارس، هرمزگان و کرمان و بخش جنوب شرقی استان سیستان و بلوچستان را شامل می‌شود (شکل ۲). جدول ۴ مشخصات ایستگاه‌های همدیدی انتخاب شده برای این مطالعه را نشان می‌دهد. این منطقه از کشور به علت مجاورت با کمربند واپرخندهای جنب حاره و به‌طور خاص با واپرخند جنب‌حاره‌ای عربستان از مناطق خشک کشور محسوب می‌شود.



شکل ۲. نقشه ارتفاعی و رقمی موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه مورد مطالعه

جدول ۴. مشخصات ایستگاه‌های هم‌دیدگی مورد مطالعه

ردیف	ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	ردیف	ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع
۱	اهواز	۳۱/۳	۴۸/۷۴	۲۲/۵	۱۸	جزیره ابوموسی	۲۵/۸۷	۵۵/۰۱	۶/۶
۲	آبادان	۳۰/۳	۲۱/۴۸	۶/۶	۱۹	مسجد سلیمان	۳۱/۹۸	۴۹/۲۴	۳۲۰/۵
۳	کرمان	۳۰/۲	۵۶/۹۶	۱۷۵۴	۲۰	دو گنبدان	۳۰/۳۴	۵۰/۸۱	۷۲۶
۴	شیراز	۲۹/۵	۵۲/۶	۱۴۸۸	۲۱	سیرجان	۲۹/۵۵	۵۵/۶۶	۱۷۶۷
۵	زاهدان	۲۹/۴	۶۰/۹۰	۱۳۷۰	۲۲	میناب	۲۷/۱۰	۵۷/۰۸	۲۹/۶
۶	شهرکرد	۳۲/۲	۵۰/۸۳	۲۰۴۸/۹	۲۳	بستان	۳۱/۷۰	۴۸/۰۱	۷/۸
۷	بیم	۲۹/۱	۵۸/۳۵	۱۰۶۶/۹	۲۴	انار	۳۰/۸۸	۵۵/۲۵	۱۴۰۹
۸	بندرعباس	۲۷/۲	۳۷/۵۶	۹/۸	۲۵	بوشهر (ساحلی)	۲۸/۹۰	۵۰/۸۲	۸/۴
۹	دزفول	۳۲/۴	۴۸/۳۸	۱۴۳	۲۶	خاش	۲۸/۲۲	۶۱/۱۸	۱۴۲۷
۱۰	زابل	۳۱/۰	۶۱/۵۴	۴۸۹/۲	۲۷	سراوان	۲۷/۳۹	۶۲/۳۱	۱۱۸۲
۱۱	چابهار	۲۵/۲	۶۰/۶۵	۸	۲۸	صفی‌آباد (دزفول)	۳۲/۲۵	۴۸/۴۳	۸۲/۹
۱۲	ایرانشهر	۲۷/۲	۶۰/۷۱	۵۹۱/۱	۲۹	رامهرمز	۳۱/۲۷	۴۹/۵۹	۱۵۰/۵
۱۳	فسا	۲۸/۸	۵۳/۷۱	۱۲۶۸	۳۰	یاسوج	۳۰/۶۹	۵۱/۵۵	۱۸۱۶/۳
۱۴	بندرلنگه	۲۶/۵	۵۴/۸۲	۲۲/۷	۳۱	بندر ماهشهر	۳۰/۵۴	۴۹/۱۵	۶/۲
۱۵	جاسک	۲۵/۶	۵۶/۷۶	۲/۵	۳۲	جزیره سیری	۲۵/۸	۵۴/۵۵	۴/۴
۱۶	کیش	۲۶/۵	۵۳/۹۸	۳۰	۳۳	امیدیه	۳۰/۷	۴۹/۶۸	۲۷
۱۷	آباده	۳۱/۱	۵۲/۶۱	۲۰۳۰	۳۴	آغاچاری	۳۰/۶	۴۹/۸۲	۱۴۳

## یافته‌ها

همان‌طور که در روش‌شناسی تحقیق بیان شد، بر اساس معیارهای انتخابی ۲۴۵ روز - سامانه بارشی در سه ترسالی شدید شناسایی گردید. با بررسی چشمی چندین باره نقشه‌های تراز دریا و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال سه الگوی هم‌دیدگی بر اساس سامانه کنترل‌کننده ساختار الگو، شناسایی گردید. به‌طور قطع سامانه‌های دیگری در شکل‌گیری و ویژگی‌های هم‌دیدگی و ترمودینامیکی الگوها نقش داشته است که به دلیل تکرار و شباهت آن‌ها در سایر الگوها، اسامی الگوها بر اساس سامانه غالب انتخاب شده است. در مجموع سامانه‌های بارشی ورودی به منطقه از سه الگوی کلی پیروی می‌کنند. البته الگوهای کم تکرار دیگری نیز شناسایی شد که به جهت رعایت اختصار از فرایند تحلیل حذف گردیده است. الگوهای پرتکرار در شکل‌گیری ترسالی‌های شدید جنوب ایران به شرح زیر بوده است:

(الف) الگوی زبانه پرفشار تبت

(ب) الگوی زبانه پرفشار سیبری

(ج) الگوی زبانه پرفشار مهاجر

این تحقیق نشان داد که سامانه‌های بارشی صرف‌نظر از دوره دوام و شدت از سه مسیر وارد جنوب ایران می‌شوند. (الف)

مسیر جنوب غرب ایران (خوزستان)، (ب) مسیر استان بوشهر، (ج) مسیر تنگه هرمز و هرمزگان

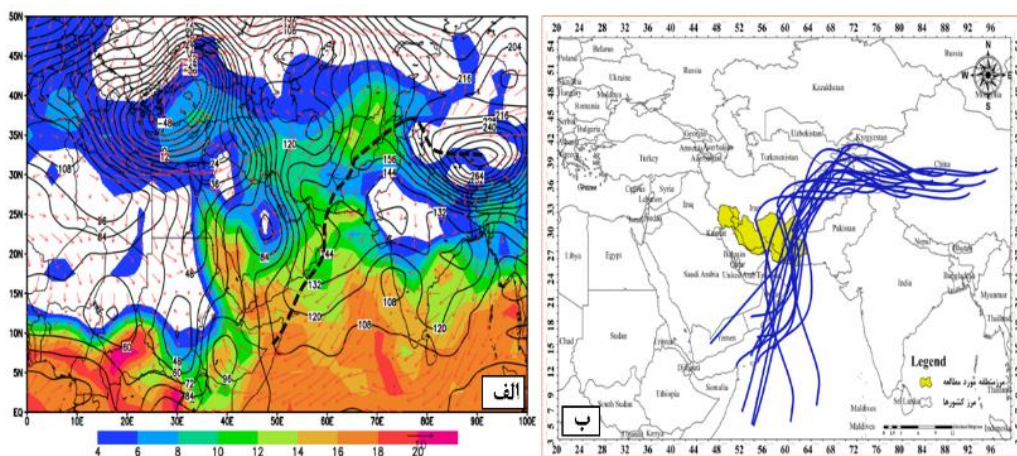
در تعدادی از سامانه‌ها نیز سامانه فراگیر بوده و به تدریج از سمت جنوب غرب وارد ایران شده و به تدریج به سمت شرق جابجا شده و تا جنوب شرق ایران امتداد می‌یابد. این‌گونه سامانه‌ها عموماً طولانی‌مدت بوده و بیش از ۵ روز تداوم داشته‌اند.

### الگوهای همدیدی غالب در تراز زیرین وردسپهر

در این بخش از تحقیق ابتدا الگوی همدیدی حاکم در لایه زیرین وردسپهر بررسی و تحلیل شده است. در بررسی نقشه‌های لایه زیرین وردسپهر (ترازهای دریا، ۱۰۰۰ و ۹۵۰ هکتوپاسکال) در تمام روزهای بارشی در سه ترسالی شدید ملاحظه شد که سه سامانه اصلی الگوی تراز زیرین را تشکیل می‌دهند. این الگو در چند روز قبل از شروع بارش سامانه بر روی منطقه حاکم شده و شرایط ترمودینامیکی لازم را برای تقویت و توسعه سامانه بارشی فراهم نموده است. تمام سامانه‌های بارشی اتفاق افتاده در سه ترسالی شدید با طول دوام و شدت‌های متفاوت و مسیر ورودهای متفاوت از یکی از الگوهای همدیدی زیر متأثر بوده است. لذا قبل از معرفی ساختار و تفاوت الگوهای همدیدی ورودی از مسیرهای سه‌گانه به جنوب ایران، ویژگی و ساختار این الگوها در تراز زیرین وردسپهر معرفی خواهد شد. بر اساس سامانه اثرگذار در ساختار هریک از این الگوها سه الگوی کلی استخراج شده است.

### الگوی زبانه پرفشار تبت

از مجموع ۲۴۵ روز - بارش‌های بررسی شده در این تحقیق ۲۳٫۵ درصد سامانه‌های بارشی ورودی به جنوب کشور ایران از این الگو پیروی کرده‌اند. شکل (۳) نمونه نماینده الگوی زبانه پرفشار تبت را نشان می‌دهد. در این الگو هسته پرفشاری در ترازهای زیرین وردسپهر در محدوده طول‌های ۹۰ تا ۱۱۰ درجه شرقی و عرض‌های ۲۵ تا ۳۵ درجه شمالی (فلات تبت) استقرار دارد که از چند روز قبل از شروع فعالیت سامانه بارشی در جنوب ایران زبانه‌ای از این پرفشار ابتدا با گسترش شرقی - غربی و سپس از راستایی شمال شرقی - جنوب غربی، پس از عبور از روی کشور افغانستان و بخش شرقی و جنوب شرقی ایران وارد دریاهای عمان و عرب می‌شود. همان‌طور که بر روی نقشه نیز دیده می‌شود در تمام نمونه‌های مشابه این الگو با گسترش زبانه پرفشار بر روی دریاهای گرم عمان و عرب جریانات شرقی با عبور از روی این آب‌های گرم، رطوبت این دریاهای در گردشی و اچرخندی بر روی خشکی‌های شاخ آفریقا و شبه‌جزیره عربستان فرا رفت می‌نماید. شکل (۳) محور گسترش زبانه پرفشار تبت را در تمام نمونه‌های بارشی که از این الگو پیروی کرده‌اند را نشان می‌دهد. علاوه بر این با گسترش این زبانه پرفشار بر روی دریاهای گرم عمان و عرب و شرق و جنوب شرق ایران و فرا رفت حاصل از آن شیو دمایی و فشاری بر روی منطقه تشدید شده است. شیب منحنی‌های ژئوپتانسیل بر روی غرب ایران و مرکز عربستان بیانگر این شیو ارتفاعی حاصل از شیو دمایی می‌باشد.



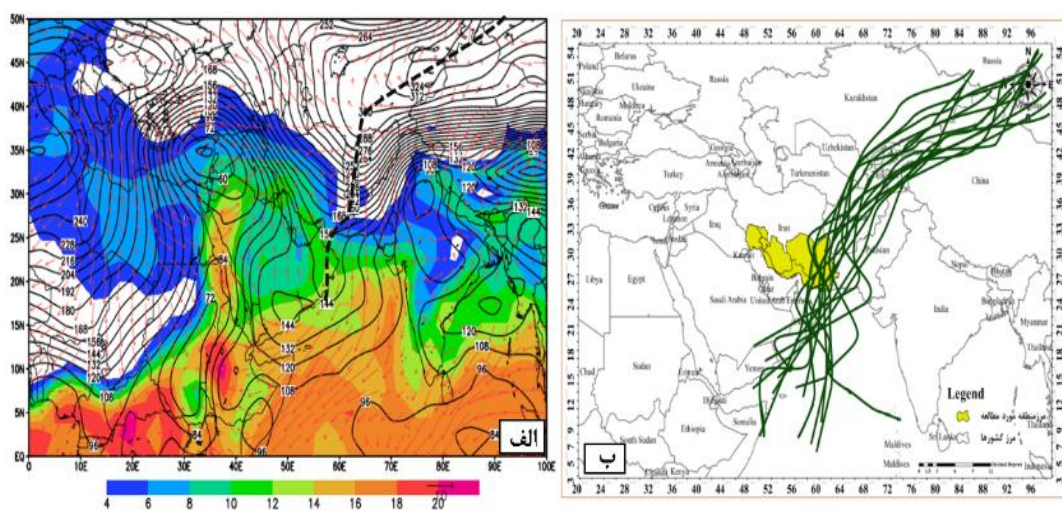
شکل ۳. الگوی سامانه‌های زبانه پرفشار تبت (الف) و مسیر ورود زبانه سامانه‌های متأثر از این الگو (ب) در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

### الگوی پرفشار سیبری

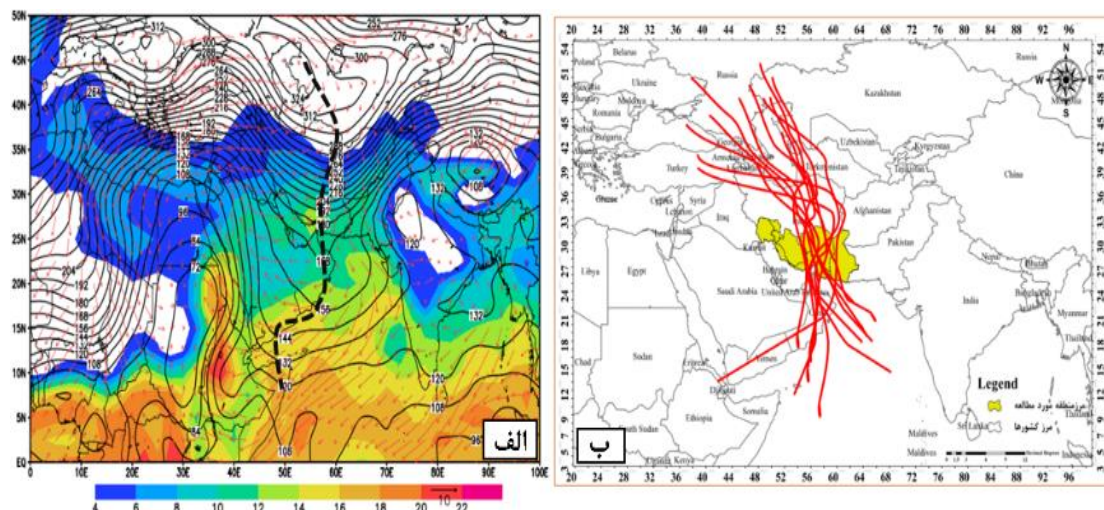
۵۳ درصد از سامانه‌های بارشی وارد شده به جنوب کشور در تراز زیرین و ردسپهر از این الگو پیروی کرده‌اند. در این الگو از ۵ تا ۷ روز قبل از شروع بارش در بخش جنوبی کشور زبانه‌ای از پرفشار سیبری با راستایی شمال شرقی - جنوب غربی از سمت شمال شرق ایران وارد کشور شده و در ادامه با عبور از شرق و مرکز ایران وارد دریای عمان شده و تا جنوب دریای عرب امتداد می‌یابد. شکل (۴ ب) الگوی گسترش زبانه‌های این سامانه را در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر روی ایران و دریاهای جنوبی نشان می‌دهد. این الگو در تمام ترازهای دریا تا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال حاکمیت دارد. با گسترش این زبانه بر روی منطقه علاوه بر این که با فرا رفت هوای سرد عرض‌های شمالی بر روی ایران و دریاهای عمان و عرب شیو دمایی و فشاری را تشدید می‌نماید، با تداوم جریانات و اچرخندی بر روی آب‌های گرم دریای عمان و عرب رطوبت این دریاها به درون سامانه سودانی و شبه‌جزیره عربستان فرا رفت می‌شود. هسته‌های رطوبتی شکل گرفته بر روی کشورهای سودان، اتیوپی و غرب عربستان بیانگر فرا رفت رطوبت در شار واگرا از روی دریاهای عرب و عمان بر روی این مناطق است. این رطوبت در امتداد جریانات جنوبی جلو زبانه کم‌فشار سودان و همسو با جریانات دامنه غربی زبانه و اچرخندی سیبری به عرض‌های شمالی فرا رفت شده است.

### الگوی پرفشار مهاجر

حدود ۲۳٫۵ درصد الگوهای بارشی در جنوب ایران در تراز زیرین و ردسپهر از این الگو پیروی کرده‌اند. در این الگو که نماینده سامانه‌های بارشی طولانی‌مدت در جنوب ایران است، از دو تا سه روز قبل از شروع بارش به تدریج از سمت غرب کشور به عرض‌های جنوبی گسترش می‌یابد. با گسترش جنوب سوی این زبانه و اچرخندی بر روی منطقه باعث فرا رفت سرد عرض‌های شمالی بر روی استان‌های جنوبی کشور می‌گردد. به طوری که در استان‌هایی مانند خوزستان دما کاهش شدیدی را تجربه می‌کند. شکل (شماره ۵ ب) الگوی گسترش زبانه‌های این سامانه را بر روی ایران و منطقه نشان می‌دهد. با گسترش شرق سوی این زبانه در لایه‌های زیرین ضمن فرا رفت سرد عرض‌های شمالی بر روی بخش جنوبی کشور با گردش و اچرخندی رطوبت دریاهای گرم عمان و عرب را به درون سامانه سودانی و شبه‌جزیره عربستان فرا رفت می‌نماید. در الگوهای متأثر از این سامانه بارش‌ها از جنوب غرب شروع شده و به تدریج به سمت شرق گسترش می‌یابد.



شکل ۴. الگوی سامانه‌های زبانه پرفشار سیبری (الف) و مسیر ورود زبانه سامانه‌های متأثر از این الگو (ب) در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



شکل ۵. الگوی سامانه‌های زبانه پرفشار مهاجر (الف) و مسیر ورود زبانه سامانه‌های متأثر از این الگو (ب) در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

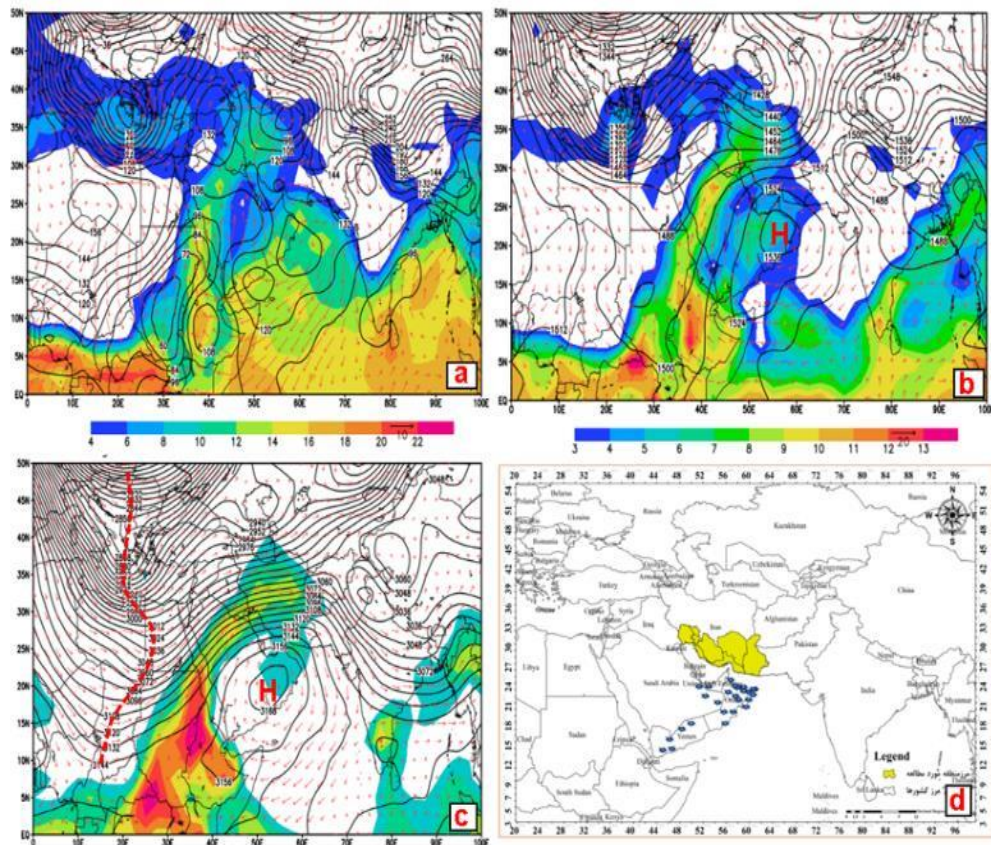
## بحث

### الگوی سامانه‌های ورودی از سمت جنوب غرب

همان‌طور که در عنوان این الگو نیز ذکر شد این الگو نمایند سامانه‌هایی است که عموماً از سمت جنوب غرب وارد ایران می‌شوند. در این الگو نه تنها بارش‌ها از ایستگاه‌های استان خوزستان شروع می‌شود، بلکه هسته بارشی بر روی ایستگاه‌های استان خوزستان، ایلام، چهارمحال و بختیاری، لرستان و غرب فارس می‌باشد. در ۱۷۶ نمونه از سامانه‌های روز-بارش‌های انتخاب شده از ۳ ترسالی‌های انتخابی دارای الگویی شبیه این الگو بوده‌اند. در این الگو از ۵ تا ۷ روز قبل از شروع بارش زبانه عمیقی در لایه زیرین و ردسپهر از پرفشار سیبری و گاه پرفشار تبت، با راستای شمال شرقی-جنوب غربی پس از عبور از نیمه شرقی ایران (شبیه آنچه در شکل (۶) دیده می‌شود). تمام پهنه دریای عمان و عرب را در برمی‌گیرد. با گسترش جریانات سرد این زبانه بر روی آب‌های گرم دریاهای عمان و عرب و کژفشار حاصل از آن تندبادهای شمالی بر روی دریای عمان شکل می‌گیرد. در ادامه، این جریانات بر روی دریای عرب در گردشی واچرخندی به جریانات شمال شرقی - شرقی تبدیل شده و با طی مسیر طولانی رطوبت دریافت شده از روی این آب‌های گرم را به درون سامانه حرارتی سودان فرا رفت می‌نمایند.

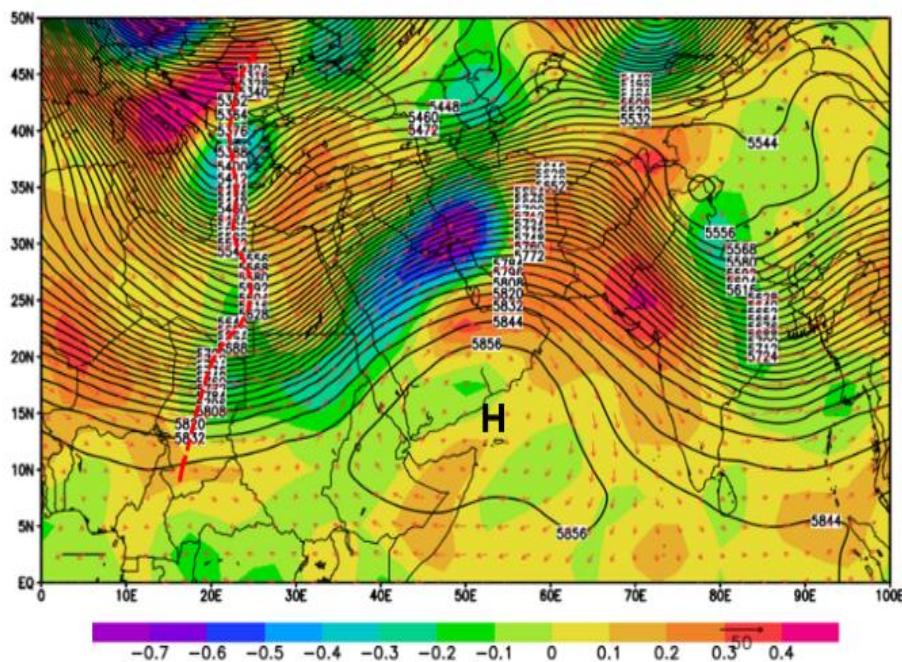
### جدول ۵. بارش ثبت شده در تعدادی از ایستگاه‌های جنوب ایران

ایستگاه	کوه‌رنگ	شهرکرد	مسجدسلیمان	بستان	دروازن	ياسوج
بارش (میلی‌متر)	۱۲۳	۳۹	۳۵	۲۵	۳۶	۶۲



شکل ۶. ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) ترازهای (a) ۱۰۰۰، (b) ۸۵۰، (c) ۷۰۰ و موقعیت هسته مرکزی واچرخند عربستان در الگوی سامانه‌های ورودی از مسیر جنوب غرب ایران (d)

این جریانات از چند روز قبل از شروع به فعالیت سامانه بارشی، در تمام پهنه لایه زیرین وردسپهر (به‌خصوص ترازهای دریا تا ۸۵۰ هکتوپاسکال) حاکم می‌شود. هسته‌های رطوبتی شکل‌گرفته بر روی کشورهای اتیوپی و سودان بیانگر این رطوبت فراوان فرارفت شده بر روی منطقه می‌باشد. در ترازهای میانی وردسپهر با گسترش جنوب سوی ناوه مدیترانه‌ای بخصوص در محدوده شرقی صحرای آفریقا (لیبی تا غرب عربستان) سبب فرارفت تاوایی مثبت مناسب بر روی سامانه حرارتی سودان می‌گردد. بخصوص زمانی که انتهای جنوبی ناوه تا عرض ۱۰ درجه شمالی (محدوده جنوب کشور سودان) امتداد می‌یابد. با فرارفت هوای سرد عرض‌های جنب قطبی به پشت سامانه سودانی شیو فشاری شدیدی را ایجاد کرده و سبب گسترش شمال سوی زبانه کم‌فشار سودانی در امتداد جریانات جنوبی جلو ناوه می‌گردد. این زبانه با عبور از روی دریای سرخ و غرب عربستان وارد استان‌های خوزستان و ایلام می‌گردد. رطوبت فرارفت شده در طول چند روز گذشته به درون سامانه سودانی در امتداد جریانات جنوبی بر روی منطقه فرارفت شده و با توجه به ناپایداری‌های شدید حاصل شده در تراز میانی وردسپهر صعود کرده و بارش‌های همرفتی شدیدی را بر روی منطقه ایجاد می‌کند. همان‌طور که شکل (۷) نشان می‌دهد در ترازهای میانی میدان امگای منفی قوی بر روی جنوب غرب ایران استقرار دارد که بیانگر جریانات بالاسوی قوی حاکم بر منطقه است.



شکل ۷. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل (کاتور)، میدان باد (بردار) و امگا (پهنه‌های رنگی) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

#### الگوی همدیدی سامانه‌های مسیر بوشهر

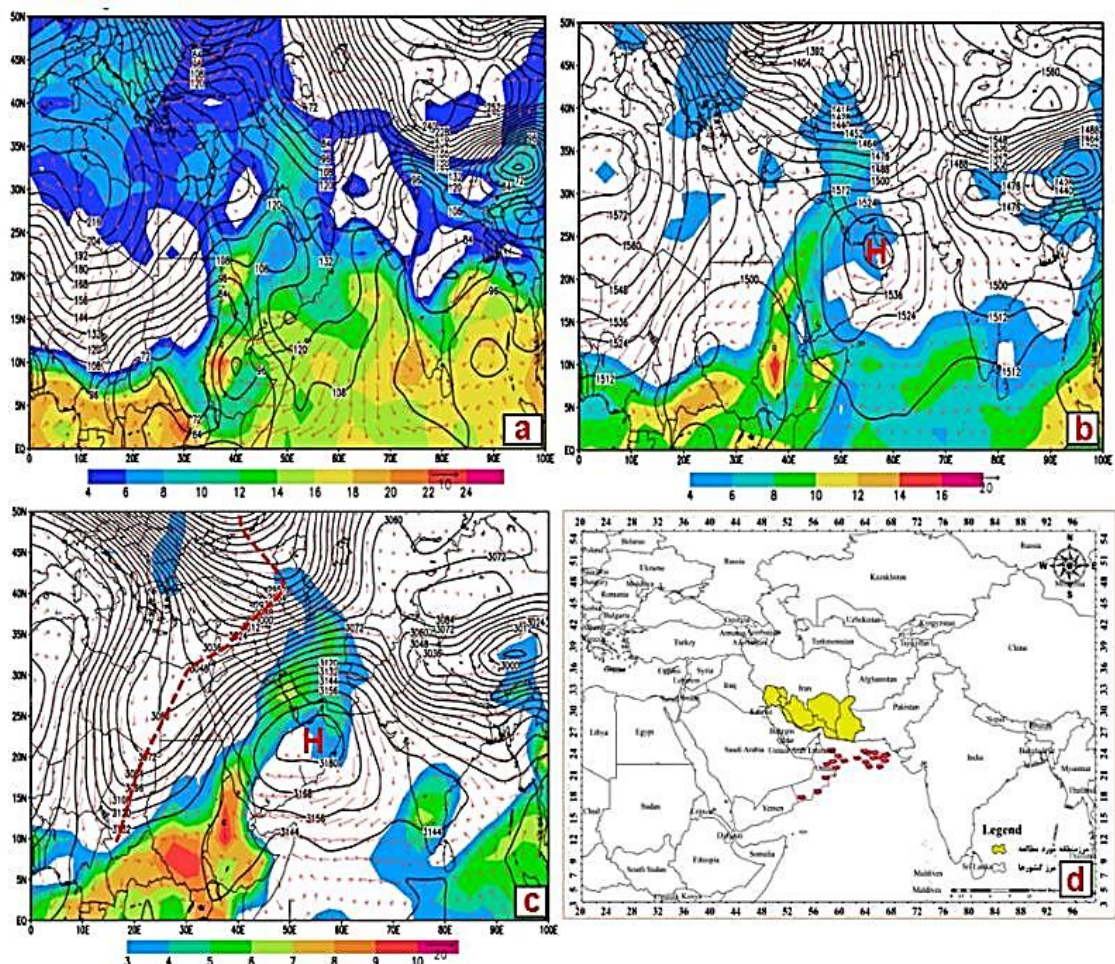
در این الگو سامانه سودانی در مسیری شرقی‌تر نسبت به سامانه جنوب غربی حرکت کرده و از مسیر استان بوشهر وارد ایران می‌شود. در این الگو هسته بارشی در استان‌های کهگیلویه و بویر احمد، بوشهر، بخش میانی استان فارس قرار دارد. سامانه ورودی از این مسیر در ادامه گاه تمام پهنه ایران به جز بخش‌های اندکی از شمال غرب و جنوب شرق را در برمی‌گیرد. گاه نیز با چرخش به سمت شرق، مرکز و شرق ایران را در برمی‌گیرد. در این الگو نیز در تراز زیرین وردسپهر زبانه‌ای از پرفشار تبت یا سیبری با راستای شمال شرقی - جنوب غربی با عبور از کشورهای پاکستان و افغانستان وارد شرق یا جنوب شرق ایران و سپس وارد دریای عمان می‌شود. در ادامه بخش وسیعی از دریای عرب و شرق شبه‌جزیره عربستان را در برمی‌گیرد. سامانه‌های بارشی وارد شده بر روی بوشهر عموماً از زبانه پرفشار سیبری و در موارد کمتری از زبانه پرفشار تبت متأثر بوده‌اند. در این الگو نیز از ۳ تا ۵ روز قبل از شروع بارش این زبانه بر روی دریاهای گرم عمان و عرب حاکم بوده است. با ورود این زبانه بر روی دریای عمان با شدت بیشتری پیدا کرده و با امتدادی شمال شرقی - جنوب غربی وارد پهنه دریای عرب شده و با تغییر مسیر به سمت غرب در گردشی و اچرخندی رطوبت این دریاها را وارد پهنه خشکی کشورهای اتیوپی و سودان نموده‌اند. شار و اگرای حاکم بر روی این دریاها و شار همگرای حاکم بر محدوده سامانه سودانی سبب تجمع و انباشت این رطوبت بر روی شاخ آفریقا شده است. هسته‌های رطوبتی شکل‌گرفته بر روی این منطقه در ترازهای زیرین بیانگر این انباشت رطوبتی می‌باشد. در این الگو نیز وقتی ناوه مدیترانه‌ای بر روی شرق و شمال شرق صحرای آفریقا گسترش می‌یابد با فرا رفت سرد عرض‌های جنب قطبی و تزریق تاوایی مناسب زمینه لازم برای تقویت سامانه سودانی فراهم می‌شود. بررسی تمام ناوه‌های طول دوره بارشی سامانه‌های متأثر از این الگو نشان داد که ناوه‌های این الگو در موقعیتی شرقی‌تر و در محدوده طول‌های ۳۰ تا ۴۰ درجه شرقی قرار داشته‌اند. به دلیل جابجایی شرق سوتر و اچرخند عربستان و امکان جابجایی شرقی ناوه، کم‌فشار سودانی در موقعیتی شرقی‌تر از دریای سرخ عبور کرده و پس از عبور از میانه شبه‌جزیره عربستان از طریق استان بوشهر وارد ایران شده است. شکل (۸d) موقعیت هسته مرکزی و اچرخند

عربستان را در زمان فعالیت سامانه‌های بارشی متأثر از این الگو را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود عموم هسته‌ها در موقعیتی شرقی‌تر نسبت به الگوی قبلی و بر روی پهنه دریای عمان تا شبه‌قاره هند استقرار دارند. این موقعیت علاوه بر این که سبب شده است ناوه در موقعیتی شرقی‌تر وارد ایران شود، با الگوی گردش و اچرخندی در تمام مدت فعالیت سامانه بر روی منطقه رطوبت این دریاها را به درون سامانه بارشی فرا رفت نماید.

شکل (۹) نقشه ترکیبی ارتفاع، جریان و امگای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال الگوی نمونه را نشان می‌دهد. میدان امگای منفی با بزرگای بیش از ۳- پاسکال بر ثانیه تمام پهنه استان خوزستان جنوب عراق تا تنگه هرمز را در بر گرفته است. جریانات بالاسوی قوی حاکم در ترازهای میانی و ردسپهر و فرا رفت رطوبت مناسب در ترازهای زیرین و ردسپهر شرایط بسیار مناسبی را برای بارش‌های همرفتی فراهم نموده است. جدول (۶) نمونه‌ای از بارش‌های بیش از ۲۰ میلی‌متر تعدادی از ایستگاه‌های منطقه را نشان می‌دهد.

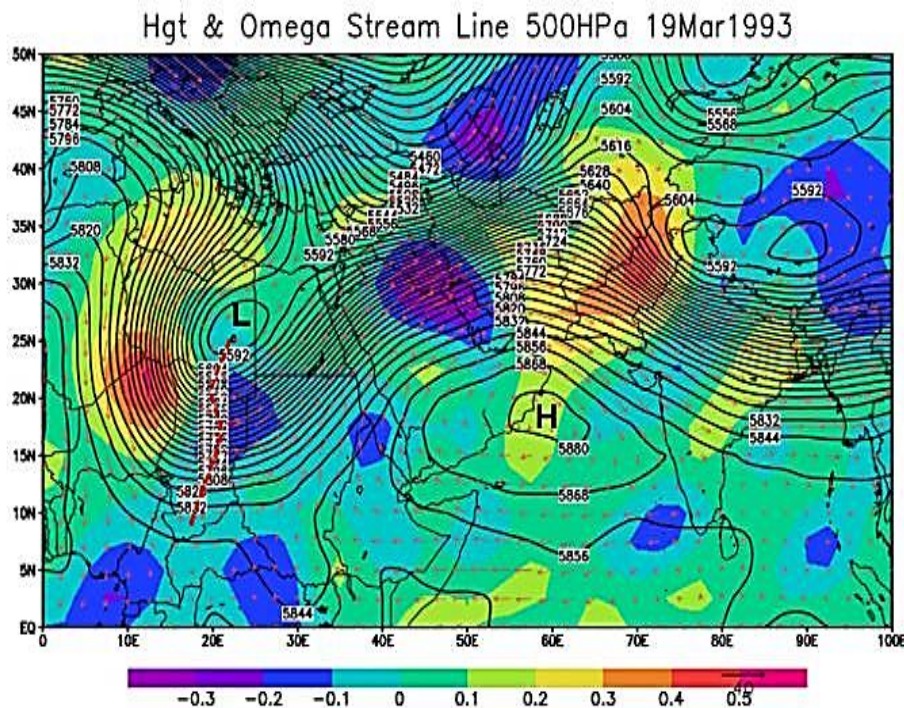
جدول ۶. بارش‌های ۲۰ میلی‌متر و بیشتر تعدادی از ایستگاه‌های منطقه

ایستگاه	کوه‌رنگ	شهرکرد	یاسوج
بارش (میلی‌متر)	۲۰	۲۸	۳۵



شکل ۸. شکل ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) ترازهای (a) ۱۰۰۰، (b) ۸۵۰، (c) ۷۰۰ و موقعیت هسته مرکزی و اچرخند عربستان (d) در الگوی سامانه‌های ورودی از مسیر استان بوشهر





شکل ۹. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و امگا (سایه‌دار) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

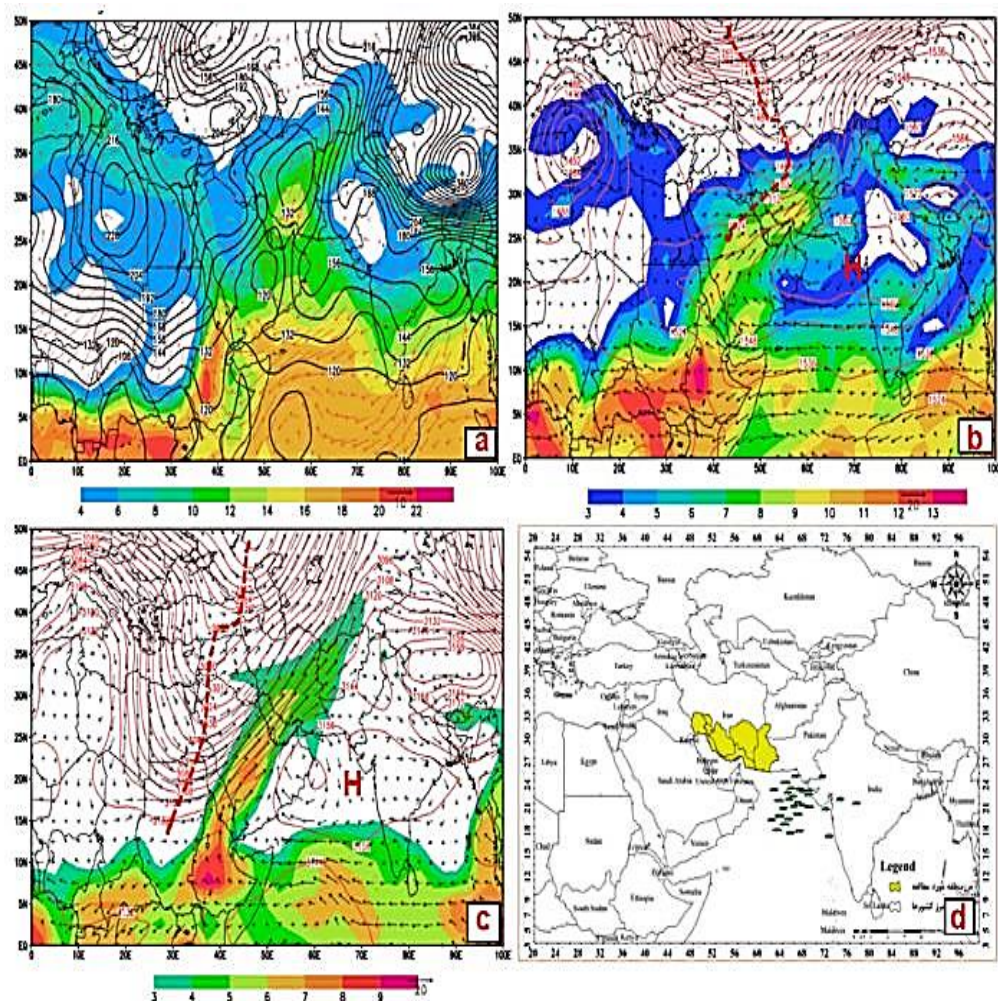
#### الگوی سامانه‌های ورودی از مسیر استان هرمزگان و تنگه هرمز

در این الگو سامانه سودانی در جابجایی شرق سو پس از عبور از میانه عربستان از مسیر تنگه هرمز و بندرعباس وارد ایران می‌شود. در نتیجه در این الگو هسته بارشی بر روی استان‌های هرمزگان شرق فارس و کرمان و سیستان و بلوچستان قرار می‌گیرد. در این الگو نیز در تراز زیرین وردسپهر زبانه‌ای از پرفشار سیبری یا تبت با گسترش جنوب غرب سوی با عبور از روی کشور افغانستان و بخش شرقی ایران (زبانه سیبری) یا از روی کشورهای افغانستان و پاکستان و جنوب شرق ایران (زبانه تبت) بر روی آب‌های گرم عمان و در ادامه تا بخش شرقی شبه‌جزیره عربستان و دریای عرب گسترش می‌یابد. همان‌طور که بر روی نقشه نمونه نیز دیده می‌شود در تمام پهنای دریای عمان و عرب جریانات حاکم شمال شرق و شرقی می‌باشد. بررسی نقشه تراز دریا و ترازهای زیرین این الگو در نمونه‌های انتخابی نشان داد که این شرایط حداقل در دو تا سه روز قبل از شروع بارش حاکم بوده است. در نتیجه از چند روز قبل از شروع بارش رطوبت از روی دریا‌های گرم در گردشی واچرخندی بر روی کشورهای ایتوپی و سودان فرا رفت شده است. کم‌فشار سودان با ویژگی حرارتی پتانسیل رطوبت پذیری بالایی دارد. هسته‌های رطوبتی شکل‌گرفته بر روی این منطقه به‌خوبی بیانگر تجمع و انباشت رطوبت از چند روز قبل از بارش می‌باشد. بررسی نقشه تراز دریا و ترازهای زیرین وردسپهر در سایر روزهای متأثر این الگو نیز این تجمع و انباشت رطوبت را بر روی کشورهای سودان و ایتوپی بر روی کم‌فشار سودان از روزهای قبل از بارش را نشان داد. در این الگو نیز با گسترش جنوب سوی ناوه مدیرانه‌ای در ترازهای میانی وردسپهر بر روی بخش شرقی صحرای آفریقا و امتداد آن تا جنوب کشور سودان و فرا رفت سرد عرض‌های شمالی بر روی منطقه شیو حرارتی و در نتیجه شیو فشاری تشدید شده و زمینه لازم برای تقویت سامانه حرارتی سودان و تبدیل آن به یک سامانه ترمودینامیکی فراهم شده است. رطوبت تجمع شده در سامانه سودانی در امتداد جریانات جنوب - جنوب غربی جلو ناوه بر روی منطقه فرا رفت می‌شود. در این الگو واچرخند عربستان نسبت به دو الگوی قبل جابجایی شرق سوتتری دارد. به‌طوری‌که در تمام ترازهای

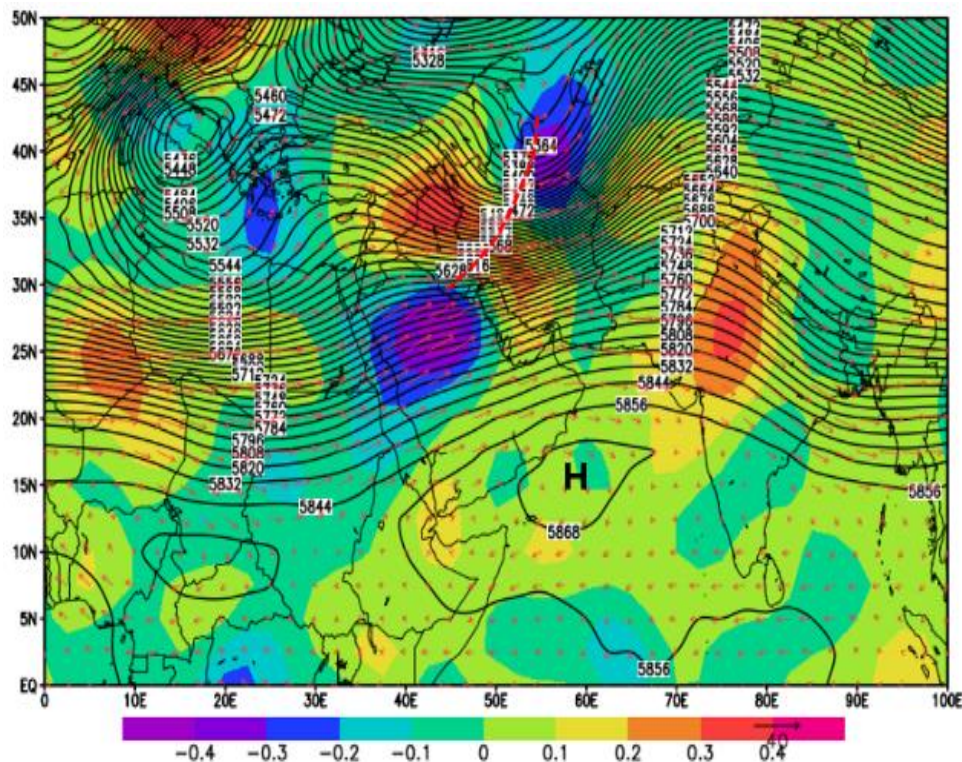
زیرین وردسپهر هسته و پهنه واچرخند بر روی آب‌های گرم دریاهای عمان و عرب قرار دارد. شکل (d۱۰) موقعیت هسته مرکزی واچرخند عربستان در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در روزهای منطبق با این الگو را نشان می‌دهد. به این ترتیب با جابجایی شرق سوی واچرخند عربستان زبانه کم‌فشار سودانی در موقعیتی شرقی‌تر و پس از عبور میانه کشور عربستان وارد محدوده تنگه هرمز شده و در ادامه بخش شرقی و جنوب شرقی ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود در طول تداوم فعالیت سامانه بر روی منطقه سامانه واچرخندی عربستان با گردش واچرخندی رطوبت دریاهای عرب و عمان را به درون سامانه فرا رفت نموده و انرژی و رطوبت لازم را برای سامانه فراهم نموده است.

جدول ۷. هسته بارشی در روز اول بارش در ایستگاه‌های سامانه ورودی از مسیر تنگه هرمز و هرمزگان

ایستگاه	ابوموسی	کیش	بندرلنگه	سیری	بندرعباس	میناب	جیرفت
بارش	۲۳	۲۲	۱۷	۲۱	۲۰	۷	۴



شکل ۱۰. شکل ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) ترازهای (a) ۱۰۰۰، (b) ۸۵۰، (c) ۷۰۰ و موقعیت هسته مرکزی واچرخند عربستان (d) در الگوی سامانه‌های ورودی از مسیر تنگه هرمز و استان هرمزگان

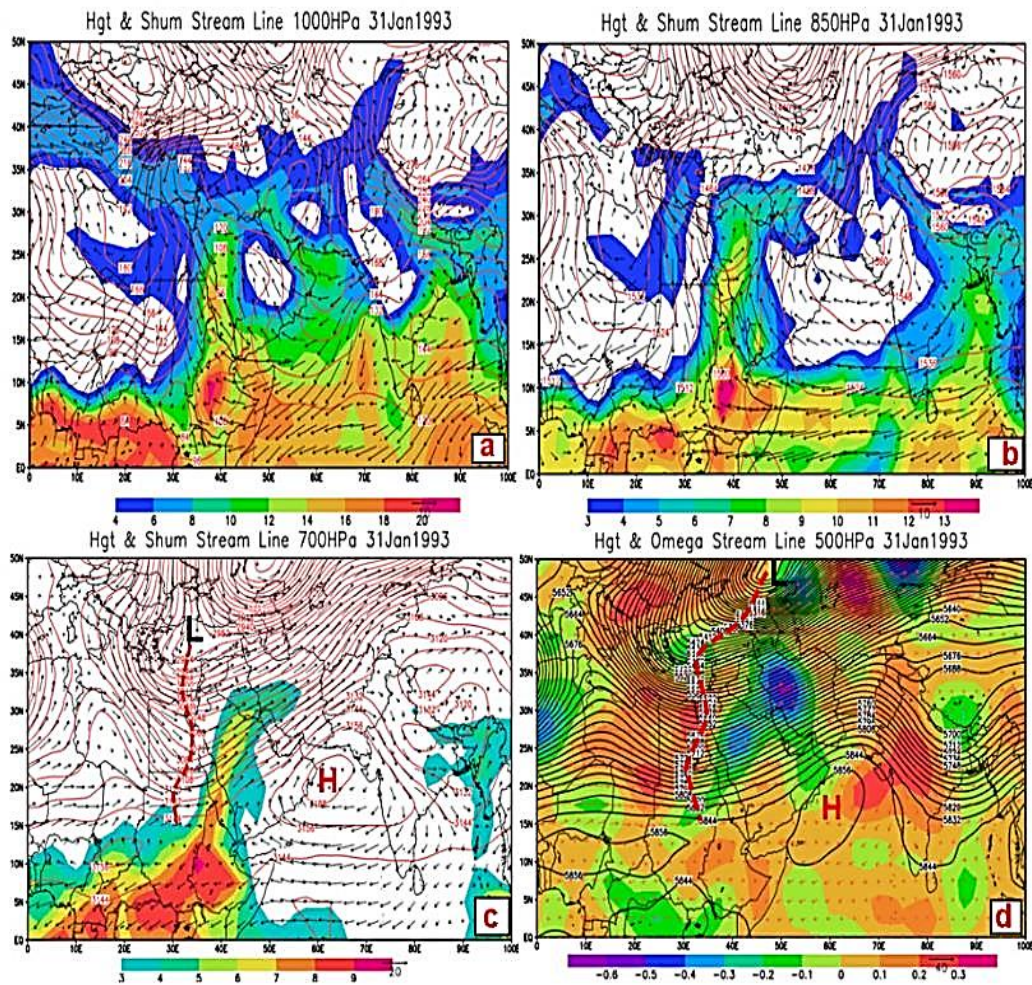


شکل ۱۱. ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و امگا (سایه‌دار) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

#### الگوی سامانه‌های بارشی فراگیر و طولانی‌مدت

این الگو نمونه سامانه‌هایی است که برای مدت طولانی بر روی منطقه جنوبی ایران فعال بوده است. این سامانه‌ها دارای دو ویژگی بوده‌اند. اول این که عموماً بیش از ۵ روز دوام داشته‌اند. دوم این که، بارش‌ها از جنوب غرب ایران شروع شده و به تدریج به سمت شرق جابجا شده و تمام پهنه جنوبی کشور به‌طور متناوب تحت تأثیر سامانه بارشی بوده‌اند. هسته اصلی بارش نیز به تدریج با جابجایی سامانه به سمت شرق جابجا شده است. سامانه اثرگذار و الگوی چرخشی حاکم در تراز زیرین و ردسپهر این الگو ترکیبی از سه الگوی قبلی و زبانه پرفشار مهاجر می‌باشد. در تعدادی از نمونه‌های بارشی همانند سه الگوی قبل، در تراز زیرین و ردسپهر زبانه‌ای از پرفشار سیبری با راستایی شمال شرقی - جنوب غربی از سمت شمال شرق ایران و افغانستان وارد ایران شده و پس از عبور از روی نیمه شرقی ایران وارد دریای عمان شده و در ادامه تا جنوب دریای عرب گسترش می‌یابد. تفاوت الگوی گسترش این زبانه در سامانه‌های فراگیر و طولانی‌مدت با سایر الگوها در پهنه گسترش و ورود زبانه بر روی منطقه می‌باشد. در این الگو زبانه از سمت شمال شرق ایران وارد شده و تا چند روز همین الگو بر روی منطقه ماندگار است. در نتیجه تا پایان فعالیت سامانه بر روی منطقه، این زبانه با گردش و اچرخندی فرا رفت رطوبت دو دریای عمان و عرب را به درون سامانه فرا رفت می‌کند. با جابجایی شرق سوی این زبانه، زبانه کم‌فشار سودانی نیز از جنوب غرب به جنوب شرق جابجا می‌شود. در تعداد بیشتری از نمونه‌ها از دو تا سه روز قبل از شروع بارش زبانه‌ای با راستای شمالی جنوبی از اچرخند مهاجر مستقر بر روی شمال دریای خزر بر روی نیمه غربی ایران گسترش یافته و در ادامه تا مرکز شبه‌جزیره عربستان امتداد می‌یابد. با شروع بارش از سمت جنوب غرب ایران این زبانه در مرکز کشور ایران قرار داشته و به تدریج به سمت شرق جابجا می‌شود. سرعت جابجایی شرق سوی این زبانه تعیین‌کننده مدت دوام سامانه بارشی بر روی جنوب ایران می‌باشد. دلیل اصلی ماندگاری این گونه سامانه‌ها یا طولانی شدن دوره فعالیت سامانه‌های متأثر

از این الگو، وجود یک پشته عمیق بر روی بخش مرکزی و غربی صحرای آفریقا در ترازهای میانی وردسپهر می‌باشد. در تمام سامانه‌های بارشی با الگوی همدیدی بادوام از ابتدای شروع فعالیت سامانه بارشی در لایه زیرین وردسپهر، ابتدا زبانه‌ای از واچرخند مستقر بر روی غرب اروپا به عرض‌های پایین گسترش یافته و تمام پهنه غربی و مرکزی آفریقا را فرامی‌گیرد. با گسترش این زبانه میدان گسترده‌ای از زبانه سرد بر روی منطقه گسترش یافته و با فرا رفت سرد عرض‌های جنب قطبی شرایط مناسبی برای ایجاد شیو حرارتی بر روی منطقه حاکم می‌شود. این در حالی است که در بخش شرقی صحرای آفریقا با فرا رفت گرم و مرطوب از روی دریاها گرم جنوبی در طی چند روز قبل از شروع فعالیت سامانه انرژی بالفعل و بالقوه مناسبی برای شیو حرارتی فراهم شده است. در لایه میانی وردسپهر پشته عمیقی بر روی این زبانه از واچرخند آفریقا با راستای جنوبی - شمالی تا غرب اروپا گسترش یافته و با زبانه واچرخند شمالی ادغام شده است. این الگو در تمام دوره فعالیت سامانه بارشی تداوم دارد. این پشته عمیق علاوه بر فرا رفت سرد در دامنه شرقی که منجر به عمیق شده هر چه بیشتر ناوه مدیترانه شده است. با جابجایی کندتر سبب ماندگاری هر چه بیشتر سامانه بر روی منطقه می‌شود. همچنان که در نقشه‌های تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال مشاهده می‌شود واچرخند عربستان در تمام مدت فعالیت سامانه در موقعیت مناسبی بر روی آب‌های گرم عمان و عرب استقرار داشته است، تا با تقویت گردش واچرخندی در لایه زیرین وردسپهر رطوبت لازم را برای تداوم بارش‌ها بر روی منطقه فراهم نماید. ولی موقعیت و هسته مرکزی واچرخند به تدریج جابجایی شرق سو دارد. به طوری که واچرخند عربستان به تدریج از ساحل شرقی شبه‌جزیره عربستان به ساحل غربی شبه‌قاره هند در انتهای دوره فعالیت بارشی سامانه جابجا شده است. شکل شماره ۱۲ نقشه ترکیبی ترازهای مختلف این نمونه از سامانه‌های طولانی‌مدت را در روز اول شروع بارش نشان می‌دهد. در این روز فعالیت اصلی سامانه در منطقه جنوب غرب بوده است. این سامانه به مدت ۷ روز بر روی منطقه فعال بوده است. همان‌طور که بر روی نقشه ترکیبی ارتفاع، جریان و امگا را نشان می‌دهد. در روز اول بارشی هسته اصلی میدان امگای منفی بر روی منطقه جنوب غربی ایران قرار دارد. به همین دلیل هسته اصلی بارش نیز در همین منطقه قرار دارد. جدول (۸) نمونه‌ای از بارش چند ایستگاه نمونه از این منطقه را نشان می‌دهد. جدول‌های (۹) و (۱۰) نمونه‌هایی از جابجایی هسته بارشی را در روزهای چهارم و پنجم این سامانه پردوام را با جابجایی ناوه و میدان امگای منفی بر روی منطقه جنوبی ایران را نشان می‌دهد. اشکال شماره ۱۳ و ۱۴)



شکل ۱۲. ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز ۱۰۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال و امگا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۳۱ ژانویه ۱۹۹۳

**جدول ۸. هسته بارشی در روز اول بارش در ایستگاه‌های جنوب غرب**

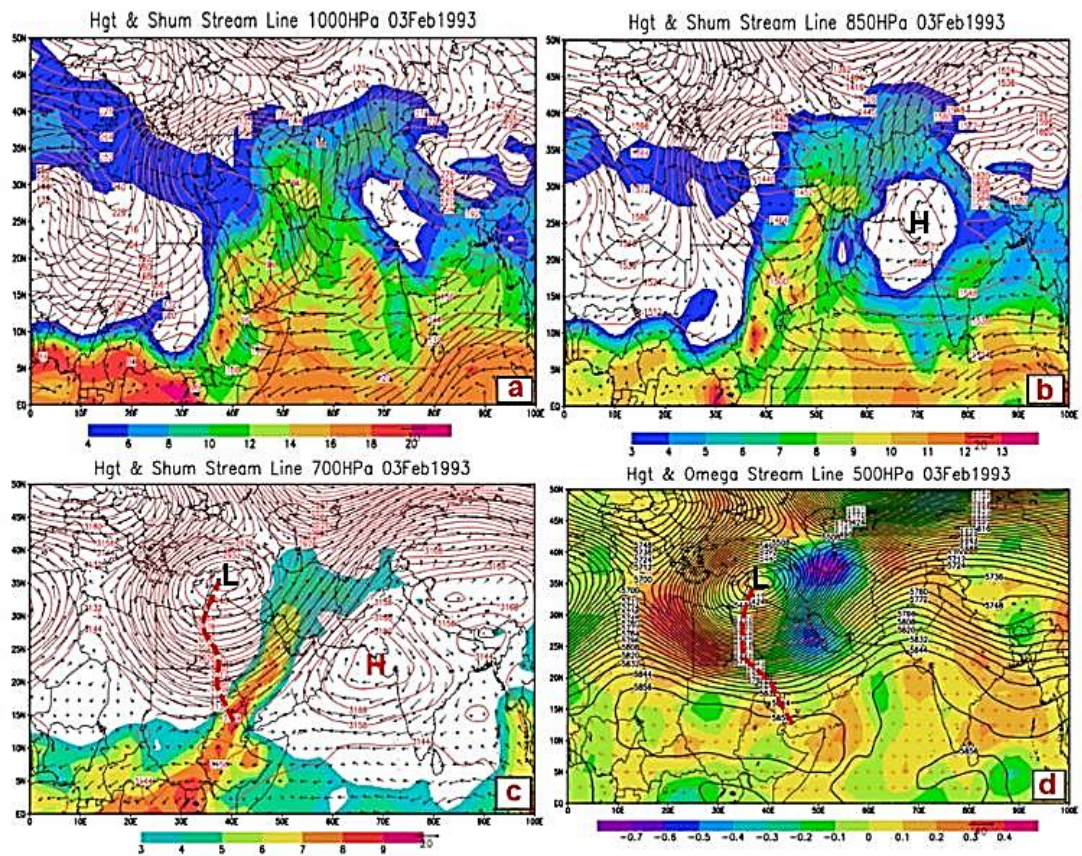
ایستگاه	آبادان	اهواز	مسجدسلیمان	ماهشهر	رامهرمز	شهرکرد	بستان
بارش روز اول	۱۰.۶	۱۳.۶	۱۵	۲۰	۴۹	۳۸	۴۹
بارش روز سوم	۲.۲	۱۱	۲۷	۲۱	۲۱	۴	۲۱

**جدول ۹. هسته بارشی سامانه در روز چهارم فعالیت در بخش مرکزی منطقه مطالعاتی**

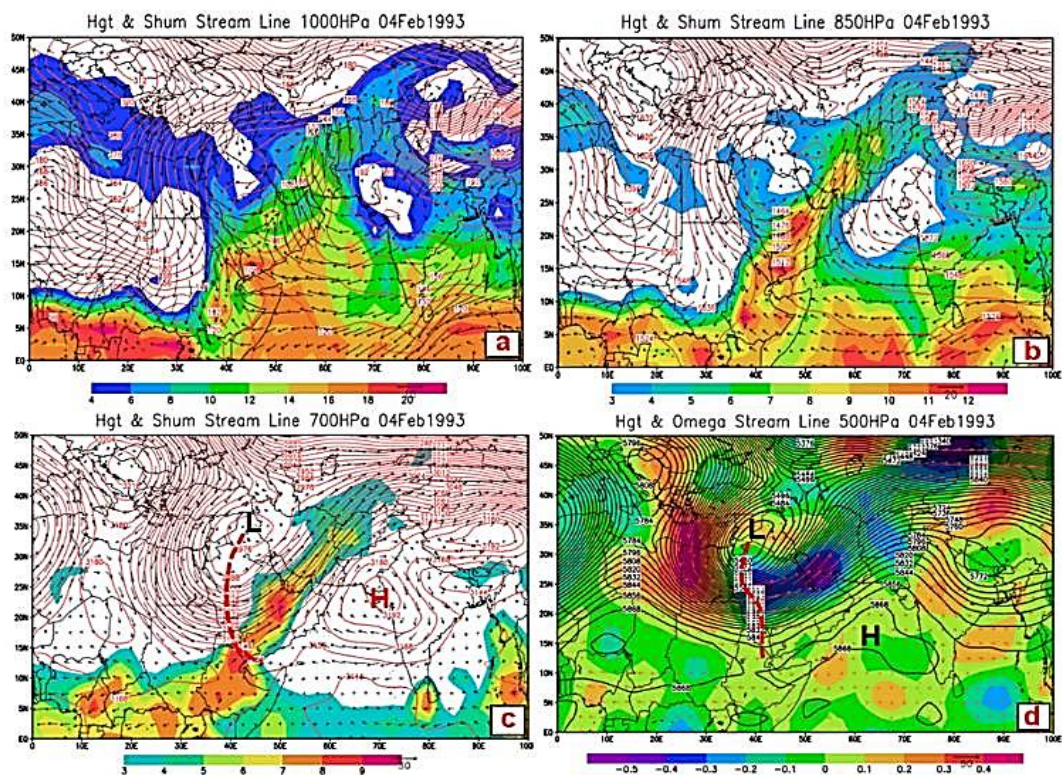
ایستگاه	کوه‌رنگ	کیش	لنگه	سیری	دروذن	فسا	یاسوج
بارش	۵۰	۳۱	۴۰	۱۸	۶۲	۴۵	۴۸

**جدول ۱۰. هسته بارشی سامانه در روز پنجم فعالیت در بخش شرقی منطقه مطالعاتی**

ایستگاه	شیراز	لنگه	بندرعباس	سیرجان	جیرفت	رفسنجان	کهنوج	فسا	ابوموسی
بارش	۱۹	۷۹	۳۶	۳۶	۷۰	۱۹	۲۴	۴۹	۲۰



شکل ۱۳. ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز ۱۰۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال و امگا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۰۳ فوریه ۱۹۹۳



شکل ۱۴. ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز ۱۰۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال و امگا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۰۴ فوریه ۱۹۹۳

## نتیجه‌گیری

بارش‌های جوی منبع اصلی تأمین‌کننده نیاز آبی بشر و همه موجودات زنده روی سیاره زمین است. بارش‌ها در هیچ اقلیمی ثابت نیست بلکه از سالی به سال دیگر دچار نوسان می‌شوند. نوسانات فراتر از میانگین به‌عنوان خشک‌سالی یا ترسالی اقلیمی طبقه‌بندی می‌شوند. ترسالی‌ها فرصت‌هایی هستند که می‌تواند کمبودهای ناشی از خشک‌سالی‌ها و کمبود ذاتی آب را در این مناطق تأمین کنند. جنوب کشور ایران علیرغم هم‌جواری با پهنه‌های آبی وسیع اقلیم خشکی دارد. ترسالی‌ها علاوه بر این که می‌تواند کمبود آب خشک‌سالی‌ها را جبران نماید، در مناطق خشکی مانند جنوب ایران که فصل زراعی با فصل بارش منطبق است، نقش مهمی در تولیدات کشاورزی منطقه ایفا نماید.

برای تعیین الگوهای همدیدی کنترل‌کننده ترسالی‌های شدید، نقشه‌های تراز زیرین وردسپهر برای ۲۴۵ روز- بارش در سه ترسالی انتخابی با بررسی چشمی چندین باره استخراج گردید. به‌جز موارد اندکی (کمتر از ده روز - بارش) آن‌هم در سامانه‌های ورودی از جنوب غرب، در سایر موارد در لایه زیرین وردسپهر زبانه‌ای از کم‌فشار سودان بر روی منطقه جنوبی ایران گسترش داشته است. بررسی همین نقشه‌ها نشان داد، با توجه به دوام و طول عمر سامانه بارشی و مسیر ورود سامانه به منطقه مطالعاتی، از سه تا هفت روز قبل از شروع بارش زبانه‌ای از یکی از سامانه‌های پرفشار سیبری، تبت یا واچرخند مهاجر اروپایی با گسترش جنوب سوی بر روی آب‌های گرم دریاهای عمان و عرب گسترش می‌یابد. سامانه سودانی با توجه به ساختار و ماهیت ذاتی خود در ابتدا سامانه‌ای حرارتی با ویژگی‌های حاره‌ای می‌باشد. بنابراین علاوه بر این که از ظرفیت رطوبت‌پذیری بالایی برخوردار است، با توجه به ساختار همدیدی و توپوگرافی بستر خود در شاری همگرا رطوبت دریاهای اطراف را به درون خود منتقل می‌کند. همان‌طور که در نقشه‌های ترکیبی تراز زیرین مشاهده شد، در تمام موارد هسته‌ای با نم ویژه بالا بر روی کشور اتیوپی و سودان جنوبی استقرار دارد. با گسترش زبانه‌های سه مرکز پرفشار سیبری، تبت و واچرخند اروپایی بر روی آب‌های گرم جنوبی، علاوه بر فرا رفت هوای سرد تا خنک عرض‌های شمالی بر روی منطقه و افزایش شیو دمایی شدید، با عبور چندروزه جریانات شمالی از روی دریاهای گرم منطقه، رطوبت این دریاها را در گردشی واچرخندی و شار واگرا بر روی اتیوپی و سودان (کم‌فشار سودان) و زبانه‌های عبوری آن از روی شبه‌جزیره عربستان فرا رفت می‌نماید.

با جابجایی شرق سوی واچرخند عربستان در ترازهای میانی وردسپهر زمینه لازم برای گسترش جنوب سوی ناوه مدیترانه‌ای فراهم شده است. این پدیده در تمام سامانه‌های بررسی شده در سه ترسالی فوق اتفاق افتاده بود. که با نتایج مطالعات (لشکری و محمدی، ۱۳۹۴؛ محمدی و لشکری، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۷؛ لشکری و همکاران، ۱۳۹۷) خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۹۳) و الفندی (۱۹۵۰ و ۱۹۵۲) همخوانی دارد.

با گسترش جنوب سوی ناوه مدیترانه‌ای، با فرا رفت تاوایی مناسب بر روی سامانه سودانی این سامانه از یک سامانه حرارتی به یک سامانه با ویژگی ترمودینامیکی قوی تغییر ماهیت می‌دهد. علاوه بر آن وقتی ناوه مدیترانه‌ای به موقعیتی جنوبی‌تر از عرض ۱۵ تا ۱۰ درجه گسترش می‌یابد، در ترازهای میانی وردسپهر با اتصال به منابع رطوبتی منطقه همگرایی حاره‌ای (ITCZ)، رطوبت این منطقه نیز بر روی منطقه مطالعاتی فرا رفت شده و تغذیه رطوبتی سامانه‌ها تقویت شده است (توجه شود با اشکال ۶، ۸، ۱۰، ۱۳، ۱۴، ۱۲، c). این یافته با نتایج مطالعات لشکری و همکاران (۲۰۲۰) منطبق می‌باشد. این مطالعه همچنین نشان داد که جابجایی غرب و شرق سوی واچرخند عربستان مهم‌ترین نقش را در تعیین مسیر ورود سامانه‌های بارشی بر روی منطقه دارد. این نتیجه، نتایج مطالعات کریمی و همکاران (۱۳۹۵) را تأیید کرد.

بررسی تعداد روزهای بارشی در سه ترسالی شدید در سه دهه اخیر (منطبق با سه‌چرخه اقلیمی اخیر) بر روی منطقه نشان می‌دهد علیرغم این که مقادیر بارش در ترسالی‌های شدید به دو یا سه برابر شرایط معمول افزایش می‌یابد، ولی تعداد دفعات بارش افزایش چندانی را نشان نمی‌دهد. این به مفهوم آن است که در ترسالی‌ها، فقط شدت بارش‌ها افزایش می‌یابد. از یافته‌های جدید این تحقیق نقش گسترش جنوب سوی زبانه‌های سه پرفشار سیبری، تبت و واچرخند مهاجر اروپایی در فرا رفت رطوبت دریا‌های عرب، عمان به درون سامانه سودانی و زبانه‌های آن در لایه زیرین وردسپهر و شکل‌گیری سامانه‌های بارشی سیل‌آسا در جنوب ایران می‌باشد که در تحقیقات قبلی مورد توجه نبوده است.

### حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

### سه‌م نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سه‌م برابر داشتند.

### تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

### تقدیر و تشکر

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، به ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقالات را انجام دادند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

### منابع

- خوش‌اخلاق، فرامرز. (۱۳۷۶). بررسی الگوهای ماهانه خشک‌سالی و ترسالی در ایران. *مجله تحقیقات جغرافیایی*، ۱۲(۲)، ۱۳۶-۱۴۵.
- خوش‌اخلاق، فرامرز؛ عزیزی، قاسم و رحیمی، مجتبی. (۱۳۹۱). الگوهای همدید خشک‌سالی و ترسالی زمستانه در جنوب غرب ایران. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۲(۲۵)، ۵۷-۷۷.
- سلیقه، محمد و صادقی‌نیا، علیرضا. (۱۳۸۹). بررسی تغییرات مکانی پرفشار جنب حاره در بارش‌های تابستانه نیمه جنوبی ایران. *فصل‌نامه جغرافیا و توسعه*، ۸(۱۷)، ۸۳-۸۹. DOI: 10.22111/gdij.2010.1135
- فرج‌زاده، منوچهر؛ کریمی احمدآباد، مصطفی؛ قائمی، هوشنگ و مباشری، محمدرضا. (۱۳۸۶). چگونگی انتقال رطوبت در بارش زمستانه غرب ایران (مطالعه موردی بارش ۳-۷ ژانویه ۱۹۹۶). *فصل‌نامه مدرس علوم انسانی*، ۱۳(۱)، ۱۹۳-۲۱۷.
- کریمی، مصطفی و حیدری، سوسن. (۱۴۰۲). تغییرپذیری و روند تغییرات شدت-گستره ترسالی و خشک‌سالی در ایران. *مخاطرات محیط طبیعی*، ۱۲(۳۶)، ۱۲۹-۱۵۰. DOI: 10.22111/jneh.2022.42519.1905
- کریمی، مصطفی؛ خوش‌اخلاق، فرامرز؛ بازگیر، سعید و جعفری، مهناز. (۱۳۹۵). نقش گردش وردسپهر زیرین پرفشار عربستان در بارش ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴(۴۸)، ۵۶۹-۵۸۷. DOI: 10.22059/jphgr.2016.60827



- لشکری، حسن. (۱۳۸۱). مسیریابی سیستم‌های کم‌فشار سودانی وارد ایران. علوم انسانی مدرس، ۶ (۲)، ۱۵۶-۱۳۳.
- لشکری، حسن و محمدی، زینب. (۱۳۹۴). اثر استقرار پرفشار جنب‌خارهای عربستان بر سامانه‌های بارشی در جنوب و جنوب غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۷ (۱)، ۷۹-۹۴. DOI: 10.22059/jphgr.2015.53679
- لشکری، حسن و جعفری، مهناز. (۱۴۰۰). الگوهای هم‌دید تعیین‌کننده مسیر حرکت سامانه‌های بارشی با منشاء سودانی. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. ۸ (۱)، ۵۵-۷۸.
- محمدی، بختیار و مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۸۹). تحلیل هم‌دید بارش‌های سنگین ایران مطالعه موردی: آبان ماه ۱۳۷۳. جغرافیا و توسعه، ۸ (۱۹)، ۴۷-۷۰. DOI: 10.22111/gdij.2010.1108
- محمدی، زینب؛ لشکری، حسن. (۱۳۹۷). نقش جابه‌جایی مکانی پرفشار عربستان و رود باد جنب‌خارهای در الگوهای هم‌دید و ترمودینامیکی ترسالی‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. ۵۰ (۳)، ۴۹۱-۵۰۹. DOI: 10.22059/jphgr.2018.249422.1007165
- محمدی، زینب و لشکری، حسن. (۱۳۹۸). تحلیل هم‌دید، ترمودینامیکی جابه‌جایی مکانی جت جنب‌خارهای در فعالیت کم‌فشار سودانی (مطالعه موردی ترسالی‌های استان فارس). پژوهش‌های دانش زمین، ۳۵ (۱۰)، ۸۵-۱۰۳. DOI: 10.52547/esrj.10.2.85
- محمدی، پیمان؛ طاووسی، تقی و کردی‌تمندانی، صابره. (۱۴۰۱). شناسایی الگوهای ناهنجاری‌های هم‌دید منجر به خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌های فراگیر ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۵۴ (۱)، ۱-۲۰. DOI: 10.22059/jphgr.2022.267431.1007286
- مشایخ، فرناز؛ لشکری، حسن؛ دریاباری، سید جمال‌الدین و رنجبر، محمد. (۱۴۰۱). تحلیل اثرپذیری ناهنجاری‌های بارش در زمان وقوع خشک‌سالی‌های شدید و فوق‌شدید در جنوب ایران در سه سیکل خورشیدی. فصلنامه جغرافیا، ۲۰ (۳)، ۲۰-۱. <http://dor.net/dor/20.1001.1.27833739.1401.20.74.1>

## References

- Abu Hammad, A. H., Salameh, A. A., & Fallah, R. Q. (2022). Precipitation Variability and Probabilities of Extreme Events in the Eastern Mediterranean Region (Latakia Governorate-Syria as a Case Study). *Atmosphere*, 13(1), 131. <https://doi.org/10.3390/atmos13010131>
- AghaKouchak, A., Chiang, F., Huning, L. S., Love, C. A., Mallakpour, I., Mazdiyasn, O., ... & Sadegh, M. (2020). Climate extremes and compound hazards in a warming world. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 48, 519-548. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-071719-055228>
- Brommer, D. M., Cervený, R. S., & Balling Jr, R. C. (2007). Characteristics of long- duration precipitation events across the United States. *Geophysical Research Letters*, 34(22). <https://doi.org/10.1029/2007GL031808>
- Christensen, J. H., & Christensen, O. B. (2003). Severe summertime flooding in Europe. *Nature*, 421(6925), 805-806. <https://doi.org/10.1038/421805a>
- Donat, M. G., Lowry, A. L., Alexander, L. V., O’Gorman, P. A., & Maher, N. (2016). More extreme precipitation in the world’s dry and wet regions. *Nature Climate Change*, 6(5), 508-513. <https://doi.org/10.1038/nclimate2941>
- El-Fandy, M. G., (1950). Effects of topography and other factors on the movement of lows in the Middle East and Sudan. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 31(10), 375-381. <https://doi.org/10.1175/1520-0477-31.10.375>
- El-Fandy, M. G., (1952). Forecasting thunder-storms in the Red Sea. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 33(8), 332-338. <https://doi.org/10.1175/1520-0477-33.8.332>
- Farajzadeh Asl M, Karimi Ahmadabad M, Ghaemi H, Mobasher M R. (2009). Mechanism of Water Vapor Transport in Winter Rainfall Over the West of Iran (A Case Study: 1-7 January 1996). *MJSP* 13 (1), 193-217. [In Persian].

- Golian, S., Javadian, M., & Behrangi, A. (2019). On the use of satellite, gauge, and reanalysis precipitation products for drought studies. *Environmental Research Letters*, 14(7), 075005. DOI: 10.1088/1748-9326/ab2203
- Gu, L., Pallardy, S. G., Yang, B., Hosman, K. P., Mao, J., Ricciuto, D., ... & Sun, Y. (2016). Testing a land model in ecosystem functional space via a comparison of observed and modeled ecosystem flux responses to precipitation regimes and associated stresses in a Central US forest. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 121(7), 1884-1902. <https://doi.org/10.1002/2015JG003302>
- Hou, A. Y., Kakar, R. K., Neeck, S., Azarbarzin, A. A., Kummerow, C. D., Kojima, M., ... & Iguchi, T. (2014). The global precipitation measurement mission. *Bulletin of the American meteorological Society*, 95(5), 701-722. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00164.1>
- IPCC, 2021. Summary for policymakers. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, and A. Pirani, et al., eds. (Cambridge University Press), pp. 1-41. doi:10.1017/9781009157896.001
- IPCC, C. C. (2007). The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996(2007), 113-119.
- IPCC. (2021). Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., ... & Zhou, B. (2021). Climate change 2021: the physical science basis. *Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, 2. doi:10.1017/9781009157896.
- Jung, I. W., Bae, D. H., & Kim, G. (2011). Recent trends of mean and extreme precipitation in Korea. *International journal of climatology*, 31(3), 359-370. <https://doi.org/10.1002/joc.2068>
- Karimi, M., & Heidari, S. (2023). Variability and trend of changes in the severity-area of drought and wet in Iran. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 12(36), 129-150. [In Persian].
- Karimi, M., Khoshakhlagh, F., Bazgir, S., & Jafari, M. (2016). The influence of lower tropospheric circulation of Arabian high pressure on Iran precipitation. *Physical Geography Research*, 48(4), 569-587. doi: 10.22059/jphgr.2016.60827 [In Persian].
- Kazemzadeh, M., Hashemi, H., Jamali, S., Uvo, C. B., Berndtsson, R., & Huffman, G. J. (2021). Linear and Nonlinear Trend Analyzes in Global Satellite- Based Precipitation, 1998-2017. *Earth's Future*, 9(4), e2020EF001835. <https://doi.org/10.1029/2020EF001835>
- Khushakhlagh, F., Azizi, Q., Rahimi, M. (2011). Coexistence patterns of drought and winter drought in southwest Iran, *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 12(25), 57-77. [In Persian].
- Kidd, C., & Huffman, G. (2011). Global precipitation measurement. *Meteorological Applications*, 18(3), 334-353. <https://doi.org/10.1002/met.284>
- Lader, R., Walsh, J. E., Bhatt, U. S., & Bieniek, P. A. (2017). Projections of twenty-first-century climate extremes for Alaska via dynamical downscaling and quantile mapping. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 56(9), 2393-2409. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-16-0415.1>
- Lashkari, H., Matkan, A., Azadi, M., & Mohamadi, Z. (2018). Synoptic patterns lead to premature precipitation in the South and South West of Iran during the period (1979-2015). *Geography and Planning*, 22(64), 247-266. [In Persian].
- Lashkari, H., Mohammadi, Z., & Jafari, M. (2020). Investigation on dynamical structure and moisture sources of heavy precipitation in south and south-west of Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(21), 1140. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06097-w>
- Li, J., Yu, R., Yuan, W., & Chen, H. (2011). Changes in duration-related characteristics of late-summer precipitation over eastern China in the past 40 years. *Journal of Climate*, 24(21), 5683-5690. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00009.1>
- Liu, B., Xu, M., Henderson, M., & Qi, Y. (2005). Observed trends of precipitation amount, frequency, and intensity in China, 1960-2000. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 110(D8). <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00009.1>

- Longobardi, A., & Villani, P. (2010). Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in the Mediterranean area. *International journal of Climatology*, 30(10), 1538-1546. <https://doi.org/10.1002/joc.2001>
- Mahmoudi, P., Tavousi, T., & Kordi Tamandani, S. (2022). Identifying patterns of Synoptic Anomalies Resulting in Pervasive Droughts and Wet periods in Iran. *Physical Geography Research*, 54(1), 1-20. doi: 10.22059/jphgr.2022.267431.1007286. [In Persian].
- Mashayekh, F. A. R. N. A. Z., Lashkari, H., Daryabary, S. J., & Ranjbar, M. (2022). Analysis of the effect of precipitation anomalies during the occurrence of severe wet in southern Iran in the last three solar cycles. *Physical Geography Quarterly*, 15(57), 1-16. <http://dor.net/dor/20.1001.1.27833739.1401.20.74.1.1> [In Persian].
- Mohammadi, B., & Masoudian, S. (2010). Synoptic analysis of heavy precipitation events in Iran. *Geography and Development*, 8(19), 47-70. DOI: 10.22111/gdij.2010.1108 [In Persian].
- Mohammadi, Z., & Lashkari, H. (2018). Effects of spatial movement of Arabia subtropical high pressure and subtropical jet on synoptic and thermodynamic patterns of intense wet years in the south and south west Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 50(3), 491-509. [In Persian].
- Mohammadi, Z., & Lashkari, H. (2019). Synoptic and thermodynamic analysis of spatial movement of sub-tropical jet stream in Sudan low activity (case study: wet years in Fars Province, Iran). *Researches in Earth Sciences*, 10(2), 85-103. [In Persian].
- Mohammadi, Z., Lashkari, H., & Mohammadi, M. S. (2021). Synoptic analysis and core situations of Arabian anticyclone in shortest period precipitation in the south and southwest of Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(12), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07572-8>
- Ogolo, E. O., & Matthew, O. J. (2022). Spatial and temporal analysis of observed trends in extreme precipitation events in different climatic zones of Nigeria. *Theoretical and Applied Climatology*, 148(3), 1335-1351. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04006-7>
- Pattnaik, S. (2023). Climate Change and Extreme Weather Events. In *Impact of Climate Change on Livestock Health and Production* (pp. 43-52). CRC Press.
- Prein, A. F., Liu, C., Ikeda, K., Trier, S. B., Rasmussen, R. M., Holland, G. J., & Clark, M. P. (2017a). Increased rainfall volume from future convective storms in the US. *Nature Climate Change*, 7(12), 880-884. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0007-7>
- Prein, A. F., Rasmussen, R. M., Ikeda, K., Liu, C., Clark, M. P., & Holland, G. J. (2017b). The future intensification of hourly precipitation extremes. *Nature climate change*, 7(1), 48-52. <https://doi.org/10.1038/nclimate3168>
- Saligeh, M., & sadegineia, A. (2010). Investigation Subtropical High Pressure Spatial Variations in Summer Rainfalls of the Southern Half of Iran. *Geography and Development*, 8(17), 83-98. doi: 10.22111/gdij.2010.1135 [In Persian].
- Taylor, K. E., Stouffer, R. J., & Meehl, G. A. (2012). An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bulletin of the American meteorological Society*, 93(4), 485-498. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1>
- Trenberth, K. E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate research*, 47(1-2), 123-138. <https://doi.org/10.3354/cr00953>
- Trenberth, K. E., Dai, A., Rasmussen, R. M., & Parsons, D. B. (2003). The changing character of precipitation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84(9), 1205-1218. <https://doi.org/10.1175/BAMS-84-9-1205>
- Treydte, K. S., Schleser, G. H., Helle, G., Frank, D. C., Winiger, M., Haug, G. H., & Esper, J. (2006). The twentieth century was the wettest period in northern Pakistan over the past millennium. *Nature*, 440(7088), 1179-1182. <https://doi.org/10.1038/nature04743>
- Vincent, L. A., Peterson, T. C., Barros, V. R., Marino, M. B., Rusticucci, M., Carrasco, G., ... & Karoly, D. (2005). Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000. *Journal of climate*, 18(23), 5011-5023. <https://doi.org/10.1175/JCLI3589.1>
- Wang, B., Li, X., Huang, Y., & Zhai, G. (2016). Decadal trends of the annual amplitude of global precipitation. *Atmospheric Science Letters*, 17(1), 96-101. <https://doi.org/10.1002/asl.631>

- Westra, S., Alexander, L. V., & Zwiers, F. W. (2013). Global increasing trends in annual maximum daily precipitation. *Journal of climate*, 26(11), 3904-3918. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00502.1>
- Wu, X., Hao, Z., Tang, Q., Singh, V. P., Zhang, X., & Hao, F. (2021). Projected increase in compound dry and hot events over global land areas. *International Journal of Climatology*, 41(1), 393-403. <https://doi.org/10.1002/joc.6626>