

Analysis of Time Groups Governing the Temporal-Spatial Changes of Iran's Annual Rainfall

Zainab Shamhamadi¹, Dariush Yarahamdi² ✉, Hossein Asakare³ , Hamid Mirhashmi⁴

¹. Department of Geography, Faculty of Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran

Email: shamohamadizeanab@yahoo.com

². (Corresponding Author) Department of Geography, Faculty of Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran

Email: yarahmadi.d@lu.ac.ir

². Department of Geography, Faculty of Humanities, Zanjan of University, Zanjan, Iran

Email: asakereh@znu.ac.ir

². Department of Geography, Faculty of Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran

Email: mirhashemi.h@lu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article History:

Received:

29 March 2024

Received in revised form:

28 May 2024

Accepted:

8 July 2024

Available online:

22 August 2024

Keywords:

Precipitation,
Trend,
Regression,
Harmonic,
Cycle.

ABSTRACT

Precipitation is one of the elements and complex climatic processes in time and space and is particularly important due to its vital role. In the present study, the analysis of the 60-year rainfall time groups of Iran was done using trend analysis and coefficients. In this regard, ECMWF-ERA5 data with a spatial resolution of 0.25*0.25 was used from 1963 to 2022. First, the country's 60-year rainfall average and change coefficient were investigated, and then the rainfall trend was checked by fitting a linear regression model using a parametric method. Finally, by using spectral analysis, coefficients related to annual precipitation were extracted. According to the research results, the scope of the significant negative trend of precipitation during the statistical period was wider than that of the significant positive trend. About 69 percent of the country has a negative annual trend with a decrease of -0.6 mm of precipitation per year, and 30 percent of the country has positive precipitation and an increase of 0.2 mm of precipitation per year. The negative trend of precipitation generally corresponds to the northwest, north and east areas of the study area, and the significant positive trend corresponds to the high Zagros. The output of the spectrum analysis, which was not evident in other studies, shows the weak role of significant isomers in the northern coastal areas of the country. Also, the southern half of the country is mainly influenced by 2-7 year cycles and the western regions are generally dominated by long-term 7-20 year cycles. Therefore, the patterns related to these cycles can be attributed to local factors, macro-scale atmospheric systems, neighbors and sometimes the combination of all factors that caused the diversity of cycles in one place.

Cite this article: Shamhamadi, Z., Yarahamdi, D., Asakare, H., & Mirhashmi, H. (2024). Analysis of Time Groups Governing the Temporal-Spatial Changes of Iran's Annual Rainfall. *Physical Geography Research Quarterly*, 56 (2), 71-89.

<http://doi.org/10.22059/jphgr.2024.375059.1007826>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

Extended Abstract

Introduction

Today, several methods are used to investigate temporal and spatial changes in precipitation and obtain its obvious and hidden relationships. This research reveals the obvious and hidden relationships by analysing the trend of obvious changes and the analysis of harmonics to investigate the hidden and obvious relationships between Iran's rainfall over 60 years. In this regard, ECMWF-ERA5 data with a spatial resolution of $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ was used from 1963 to 2022. Then, by fitting the linear regression model with the parametric method, the precipitation trend was checked. Finally, using spectral analysis, coefficients related to annual precipitation were extracted. The investigation of the rainfall trend showed that the country's rainfall during the studied period has been decreasing in most areas, and about 11% of the decreasing changes have statistical justification. Only 0.2 areas of the country have had a significant positive trend in the areas corresponding to the high Zagros. The results of the spectral analysis of co-factors show the weak role of significant co-factors in the northern coastal strip and the country's central regions. However, the south, southeast, east, and southwest of the study area are mainly under the influence of 2-7 year cycles. Precipitation patterns related to these co-factors can be attributed to the influence of local factors and processes, nearby water zones, and atmospheric circulation elements and are generally dominated by the connection patterns from Doro, especially Anso.

Methodology

In the current research, using ECMWF precipitation network data version ERA5 with a spatial resolution of $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ degrees of arc and a daily time resolution, it was tried to determine the trend of annual changes and precipitation cycles during the statistical period of 1963-2022, as a manifestation and index of climate changes and also as one of the essential research fields about Iran's rainfall should be exposed to attention. Thus, by applying the methods of analysis of trends and cycles, precipitation events in Iran were studied. In order to

analyze the findings, firstly, the average and coefficient of annual changes in precipitation were analyzed, and then the role of spatial factors and their impact on precipitation were analyzed using correlation relationships. In the next step, by fitting the linear regression model to the parametric method, the annual precipitation trend was investigated. Finally, the characteristics of Iran's precipitation were investigated using analogs.

Results and Discussion

In the analysis of the average and coefficient of changes of precipitation during the statistical period, the highest average annual precipitation is related to the edge of the Caspian Sea, the heights of Zagros and parts of the northwest of the country, and the highest amount of the coefficient of variation corresponds to the south and southeast regions of the country. Also, the lowest coefficient of variation is related to the northern and northwestern regions of the country. The average maximum rainfall in the northern coastal strip and the parts related to the northwest of the country is related to the west and southwest of the country, which corresponds to the areas with the highest atmospheric precipitation; the investigation of the behavior of precipitation in the long term (trend) indicated that about 69% of the country has a negative annual trend and is associated with a decrease of -0.6 mm of precipitation per year, and approximately 30% of the country's area experiences a 0.2 mm per year increase in positive rainfall. The results of the analysis of cycles, which were not evident in other studies, indicated the existence of 30 coefficients for the 60 years of the studied statistical period, and each pixel of the precipitation map was identified and displayed in separate maps.

The first covariant was analyzed in comparison with the annual precipitation trend because the return period is equal to the length of the statistical period and corresponds to the trend. Based on the other results obtained, the homogenizers were divided into five different groups. The related maps were grouped and analyzed based on cycles, the impact of atmospheric systems, topographical conditions, the

impact and role of water zones and geographical location. The second group of consonants decreases from the south to the north of the country and from the west to the east of the areas associated with these consonants. This homogenizer indicates the existence of ten cycles of about 2 to 30 years. This group likely has a long-term cycle (30 years) that includes short-term cycles (2-9). According to the geographical location of these fluctuations, they may be affected by the country's coastal strips. Therefore, these rainfall cycles can be attributed to these regions' heavy and heavy rains.

The spatial distribution of the significant homogenizers of the third group includes the regions corresponding to the eastern half of the country, which decreases from the northeast to the southwest. With this description, sometimes heterogeneous nuclei disrupt this uniformity. Based on the 12-year cycle, the significance of precipitation fluctuations in the covered areas can be attributed to sunspots. According to the 12-year cycle, the significance of precipitation fluctuations in the covered areas can be attributed to sunspots. According to Lashkari (2000), the cycles belonging to homosaz 16, 20 and 21 can be attributed to the expansion of the high-pressure center in Siberia and its tongues and the location of the pressure centers in Sudan, which leads to the activation of low-pressure systems spread over Iran.

The spatial distribution of precipitation fluctuations for the fourth group coefficients indicates the presence of the largest range in the western and southwestern regions. Although sometimes parts of the country's east, northeast, and southeast are affected by the significant fluctuations of these

coefficients in a scattered manner, generally, the role of these fluctuations in these regions is more than that of other regions.

Conclusion

Finally, the maps related to different groups show the weak role of the significant homogenizers in the northern coastal strip and the country's central regions. However, the study area's south, southeast, east, and southwest areas are mainly affected by 2-7 year cycles. Precipitation patterns related to these co-factors can be attributed to the influence of local factors and processes, nearby water zones, and atmospheric circulation elements (simultaneous systems) and are generally dominated by the connection patterns from Doro, especially Anso (according to the return period of significant co-factors). Also, the western areas are dominated by long-term cycles of 7-20 years, so according to the existing cycles, the changes in these areas can be attributed to the impact of precipitation events and solar flares.

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

Here, the authors would like to express their gratitude to the developers of the MATLAB program as well as the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) version (ERA5).

تحلیل گروه‌های زمانی حاکم بر تغییرات زمانی-مکانی بارش سالانه ایران

زینب شامحمدی^۱، داریوش یاراحمدی^۲✉، حسین عساکره^۳ , حمید میرهاشمی^۴

- ۱- گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: shamohamadizeanab@yahoo.com
- ۲- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: yarahmadi.d@lu.ac.ir
- ۳- گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: asakereh@znu.ac.ir
- ۴- گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: mirhashemi.h@lu.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۰۱/۱۰

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۳/۰۳/۰۸

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۴/۱۸

تاریخ چاپ:

۱۴۰۳/۰۶/۰۱

واژگان کلیدی:

بارش،

روند،

رگرسیون،

همساز،

چرخه.

بارش یکی از عناصر و فرایندهای اقلیمی پیچیده در زمان و مکان است و با توجه به نقش حیاتی آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در پژوهش حاضر به تحلیل گروه‌های زمانی بارش ۶۰ ساله ایران با استفاده از تحلیل روند و همسازها پرداخته شد. در این راستا از داده‌های ECMWF- ERA5 با تفکیک مکانی $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ برای بازه زمانی ۱۹۶۳-۲۰۲۲ بهره گرفته شد. ابتدا میانگین و ضریب تغییرات بارش ۶۰ ساله کشور بررسی و سپس با برآزش مدل رگرسیون خطی به روش پارامتری، روند بارش واریسی شد. در نهایت با استفاده از تحلیل طیفی، همسازهای مربوط به بارش سالانه استخراج گردید. با توجه به نتایج پژوهش، گستره روند منفی معنادار بارش طی دوره آماری وسیع‌تر از گستره روند مثبت معنادار بوده است. حدود ۶۹ درصد از گستره کشور دارای روند سالانه منفی با کاهش -0.6 میلی‌متری بارش در سال و ۳۰ درصد از وسعت کشور با روند مثبت و افزایش 0.2 میلی‌متر بارش در سال همراه است. روند منفی بارش عموماً منطبق بر نواحی شمال غرب، شمال و شرق محدوده مطالعاتی و روند مثبت معنادار منطبق بر زاگرس مرتفع است. خروجی حاصل از تحلیل طیفی که در مطالعات دیگر مشهود نبود گویای نقش کم‌رنگ همسازهای معنادار در نواحی شمالی ساحلی کشور است. همچنین نیمه جنوبی کشور عمدتاً تحت تأثیر چرخه‌های ۷-۲ ساله و نواحی غربی عموماً تحت سیطره سیکل‌های درازمدت ۲۰-۷ ساله است. بر این اساس الگوهای مربوط به این چرخه‌ها را می‌توان به عوامل محلی، سیستم‌های کلان‌مقیاس جوی، همسایگان و گاهی ترکیب تمام عوامل که سبب تنوع چرخه‌ها در یک مکان شده است، نسبت داد.

استناد: شامحمدی، زینب؛ یاراحمدی، داریوش؛ عساکره، حسین و میرهاشمی، حمید. (۱۴۰۳). تحلیل گروه‌های زمانی حاکم بر تغییرات زمانی-مکانی بارش سالانه ایران. *مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۶ (۲)، ۷۱-۸۹.

<http://doi.org/10.22059/jphgr.2024.375059.1007826>

مقدمه

جلوه‌های تغییرپذیری اقلیم در عناصر متعدد اقلیمی قابل ردیابی است. یکی از عناصر اقلیمی که می‌تواند رفتار آشوبمند اقلیم را منعکس کند، بارش و توزیع زمانی و مکانی مشخصات آن است (عساکره و همکاران، ۱۴۰۰، ۹۱-۱۰۷). بارش، به عنوان عنصر و فرایندی اقلیمی، نسبت به تغییرات اقلیمی حساسیت بالایی را نشان می‌دهد. هر تغییر بنیادی در ویژگی‌های بارش می‌تواند پیامدهای معنی‌دار، مهم و مؤثری داشته باشد (Tegart et al., 1990, 52). این عنصر حیاتی اقلیم، در دهه‌های اخیر تغییراتی در توزیع زمانی و مکانی خود نشان داده‌اند (عساکره و همکاران، ۱۴۰۰، ۱۴۶-۱۲۹). یکی از روش‌هایی که به کمک آن می‌توان سیر تحولات بارندگی را در گذشته و حال بررسی نمود، آشکارسازی و مطالعه روند است که با افزایش داده‌های جوی تکرار گاه‌وبیگاه آن می‌تواند چشم‌انداز واقعی‌تری از شرایط اقلیمی آینده به دست دهد. همین‌طور بررسی روند و مقدار آن در طول زمان با استفاده از روش‌های آماری می‌تواند نتایج متقن و آگاهی‌هایی در خور توجهی از آن را به دست آورد. تغییر بلندمدت میزان بارش در طی سال‌ها و دهه‌های مختلف انعکاسی از تغییر الگوهای بزرگ‌مقیاس جوی و بالطبع تغییر الگوهای جهانی جو است که می‌تواند پیامدهای متنوع و مختلفی نظیر عدم تعادل محیطی، بروز مقادیر حدی نظیر خشکی و خشک‌سالی، سیلاب‌ها، عدم تعادل در منابع آبی، تغییر گستره کویرها، بیابان‌زایی و در نهایت پیچیدگی فرایند مدیریت و برنامه‌ریزی متکی بر منابع آب و ... را در پی داشته باشد. بنابراین، شناخت روند تغییرات بارش به‌منظور مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب و مدیریت اقتصاد مبتنی بر اقلیم در کشور امری ضروری است.

مطالعه این تغییرات به‌ویژه تغییرات بلندمدت (روند) به‌وسیله روش‌های مختلف و توسط افراد پرشماری انجام شده است. در این زمینه می‌توان به پژوهش‌های زوپلاکی^۱ و همکاران (۲۰۰۴، ۳۶-۲۳)، تغییرپذیری بارش فصول مرطوب مدیترانه، جونگ^۲ و همکاران (۲۰۱۱، ۳۷۰-۳۵۹)، روند میانگین بارش سالانه چین و ماها جان^۳ و همکاران (۲۰۱۲، ۷۵-۸۷) روند بارش‌های سنگین ماهانه آمریکا را مورد مطالعه قرار دادند اشاره نمود. از جمله تحقیقات صورت پذیرفته در مورد روند بارش در ایران می‌توان به پژوهش عساکره (۱۳۸۴)، محمدی و همکاران (۱۳۸۴)، بابایی کوه‌کنده (۱۳۹۰)، مسعودیان و همکاران (۱۳۹۲)، رضایی بنفشه و همکاران (۱۳۹۴) اشاره نمود.

از دیگر زمینه‌های مطالعاتی و از مشخصات اقلیم‌شناختی بارش در هر ناحیه، چرخه‌های آن است. این رفتارها که عمدتاً به شکل نهان در مشاهدات وجود دارند، به‌وسیله همساز^۴ قابل تعبیر هستند. هم‌سازها حاوی مشخصه‌هایی نظیر دامنه، زاویه فاز، دوره زمانی، فراوانی و آماره‌های اصلی می‌باشند. کشف این مشخصه‌ها یکی از زمینه‌های مطالعاتی اقلیم‌شناسی بارش است. استخراج همسازهای بارش و تعیین چرخه‌های بارشی توسط پژوهشگران متعددی (Hartman et al. 2008) علیجانی و همکاران (۱۳۹۳)، عساکره ورز می (۱۳۹۰)، خسروی و همکاران (۱۳۹۷) و ... بررسی شده است.

بارش ایران یکی از متغیرهای اساسی برای ارزیابی مہیایی بالقوه منابع آب است، اما توزیع زمانی و مکانی آن بسیار ناموزون بوده و به همین دلیل توزیع منابع آب کشور نیز یکنواخت نیست. نگهداری و مدیریت منابع آب، هم تابعی از بارش دریافتی و هم به تنوع منشأ بارش در نقاط مختلف ایران به همراه شرایط عرض جغرافیایی، دوری و نزدیکی به منابع رطوبت و غیره سبب می‌گردد تا رفتارهای بارش مانند شدت و تداوم و نیز رخداد بارش دارای تغییرات زمانی و مکانی باشند (مسعودیان، ۱۳۸۸، ۹۱-۷۹). علاوه بر آن، فقدان مشاهدات اقلیمی کافی چه در مکان (ایستگاه‌ها) و چه در زمان (مشاهدات گم‌شده، کوتاه بودن طول دوره آماری ناهمگونی مشاهدات و...) ارائه واقعیت‌های اقلیمی را با دشواری توأم ساخته است

1. Xoplaki
2. Jung
3. Mahajan
4. Harmonic

(عساکره و رزمی، ۱۳۹۰، ۱۵۸-۱۳۷). بنابراین در پژوهش حاضر، با استفاده از داده‌های شبکه‌ای بارش ECMWF با توان تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه قوسی و تفکیک زمانی روزانه، تلاش شد روند تغییرات سالانه و چرخه‌های بارش در طی دوره آماری ۱۹۶۳-۲۰۲۲، به‌عنوان نمود و نمایه‌ای از تغییرات اقلیمی و نیز به‌عنوان یکی از زمینه‌های پژوهشی ضروری در مورد بارش ایران و بررسی تغییرات زمانی-مکانی بارش در ایران با استفاده از داده‌های شبکه‌ای در معرض توجه قرار گیرد. هدف از به‌کارگیری تحلیل هم‌سازها، استخراج چرخه‌های نهان و آشکار با استفاده از داده‌های مذکور برای تمام گستره کشور است. عموماً تحقیقات صورت پذیرفته در مطالعات هم‌سازها بیشتر متمرکز بر یک یا چند ایستگاه بوده است. اما وجه تمایز این پژوهش با سایر پژوهش‌ها مطالعه چرخه‌های بارش برای تمام گستره کشور و به‌صورت پیکسل‌های ۰/۲۵ درجه قوسی برای کل کشور است.

روش پژوهشی

جهت شناسایی تغییرات زمانی بارش از داده‌های بازکاوی شده مرکز اروپایی پیش‌بینی میان‌مدت جو (ECMWF) موسوم به ERA-Entrim با توان تفکیک مکانی ۰/۲۵*۰/۲۵ درجه قوسی (۲۴۸۹ پیکسل) در بازه زمانی ۱۹۶۳-۲۰۲۲ برای کشور ایران در محدوده ۴۴ درجه غربی تا ۶۳ درجه شرقی و از ۲۴ درجه عرض شمالی تا ۴۰ درجه عرض شمالی بهره گرفته شد.^۱ پرواضح است که داده‌های باز تحلیل در قیاس با داده‌های ایستگاه‌های زمینی کم برآوردی یا بیش برآوردی را در برخی مناطق دارند و عدم قطعیت در این داده‌ها باید مدنظر قرار گیرد. اما مطابق یافته‌های نجفی و همکاران (۱۴۰۱، ۹۸-۷۹) و حیدری و همکاران (۱۴۰۲)، اذعان داشتند که این داده‌ها دارای بهترین عملکرد قابل قبول در برآورد بارش روزانه است که گرچه دقت داده‌ها یکی نیست اما به‌عنوان الگوی مشابه در سطح ملی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

جهت نیل به اهداف در مرحله اول داده‌های مربوط به بارش ساعتی از پایگاه مذکور در بالا استخراج شد. این داده‌ها با قدرت تفکیکی ۰/۲۵*۰/۲۵ در طی سال‌های ۱۹۶۳ تا ۲۰۲۲ (۶۰ سال) دریافت شد. پس از اخذ داده‌ها با فرمت NetCDF-4 برای گستره ایران، به تشکیل پایگاه داده‌ای پرداخته شد. در مرحله دوم داده‌های بارش روزانه به‌صورت سری زمانی ۶۰ ساله تشکیل گردید و بدین ترتیب ۲۴۸۹ یاخته در پهنه ایران استخراج و مورد واریس قرار گرفت. در مرحله سوم ویژگی‌های توصیفی بارش ایران که بیان‌گر توزیع مکانی متوسط بارش و ضریب تغییرات آن است برای گستره مطالعاتی به‌صورت سالانه ارائه و بررسی شد. در گام چهارم توزیع مکانی و متوسط فضایی تغییرات رفتار سری زمانی بارش سالانه کشور مورد بررسی قرار گرفت. در این زمینه «روند» بارش مورد بررسی واقع شد. بررسی تغییرات بلندمدت (روند) رخدادها به‌وسیله روش‌های مختلفی مورد بررسی قرار می‌گیرد. یکی از پرکاربردترین روش‌های تحلیل روند سری‌های زمانی، برآورد شیب خط رگرسیون است (عساکره، ۱۳۸۶، ۱۶۴-۱۴۵). تحلیل رگرسیون، تکنیک آماری برای بررسی، تحلیل و به مدل درآوردن ارتباط بین متغیرهاست. مفاهیم اولیه مدل رگرسیونی وسیله‌ای جهت تشریح دو مفهوم اساسی تغییرپذیری متغیر وابسته (y) در اثر تغییر متغیر مستقل (x) و پراکندگی مشاهدات در اطراف منحنی رابطه آماری موردنظر به شمار می‌رود. در این راستا باید بهترین خطی که بر مختصات نقاط حاصل از دو متغیر x و y بر یک صفحه وجود دارد، تعیین گردد. یکی از روش‌های برازش خط، روش حداقل مربعات است. در این روش خط طوری روی نقاط برازش می‌یابد که مجموع مربعات انحرافات به حداقل برسد. با جایگزین کردن متغیرهای x و y با مقادیر بارش (p) و زمان (t) معادله رگرسیون ساده با کمترین مربعات خطاها طبق رابطه زیر تعریف می‌شود (عساکره، ۱۳۹۰: ۲۲۲)

۱. این داده‌ها از https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis_datasets/era-interim بدست آمده است.

رابطه ۱) $p = a + b t + e t$

در این رابطه t زمان، a عرض از مبدأ b شیب خط (تغییر به ازای واحد زمان) و et خطای تصادفی مدل رگرسیونی است. شیب خط نوع و میزان رابطه را نشان می‌دهد. در واقع میزان تغییر در متغیر به ازای گذر زمان (t) را برآورد می‌نماید. شیب مثبت، $b > 0$ نشان‌دهنده رابطه مستقیم دو متغیر است. شیب منفی $b < 0$ نشان‌دهنده رابطه معکوس می‌باشد و شیب صفر $b = 0$ نیز نشان‌دهنده فقدان روند است. برای محاسبه شیب خط و عرض از مبدأ از فرمول‌های زیر استفاده می‌شود.

$$b = \frac{\sum (t_i - \bar{t})(p_i - \bar{p})}{\sum (t_i - \bar{t})^2} \quad \text{رابطه ۲)}$$

$$a = \bar{p} - b \bar{t} \quad \text{رابطه ۳)}$$

در نهایت در گام پنجم جهت استخراج چرخه‌های نهان و آشکار بارش کشور در هر یاخته، با استفاده از هم سازها به استخراج چرخه‌های مربوط پرداخته شد. تحلیل هم سازها، روشی معقول و عام برای بیان آهنگ دوره‌ای عناصر اقلیمی نظیر بارش ماهانه و چرخه‌های موجود در آن سری زمانی است که بر پایه بنیادهای ریاضی بنانهاده شده است. در این رویه، رفتار تناوبی یک سری زمانی به وسیله توابع مثلثاتی و با مؤلفه‌های سینوسی توصیف می‌شود. بدین منظور از بارش روزانه در یک دوره ۶۰ ساله بهره گرفته شد و با استفاده از سری‌های فوریه^۱، تحلیل همسازهای بارش و رفتارهای تناوبی بر روی پهنه کشور با ۲۴۸۳ پیکسل بررسی شد. توضیح این‌که رفتارهای تناوبی به هر شکل که باشند، با استفاده از توابع سینوسی در بسامدهای مختلف با تقریب مناسب و قابل قبولی برآورد و پیش‌بینی می‌شوند. در این راستا، مدل‌های فوریه از ابزارهای مفید و کارآ به شمار می‌آید. در واقع، مؤلفه‌های سینوسی و کسینوسی، همسازهایی هستند که در شکل‌گیری رفتار سری تناوبی مؤثرند. تعداد این هم سازها (مؤلفه‌های نوسانی) حداکثر نصف طول داده‌هاست؛ چرا که رفتار نوسانی حداقل از دو مؤلفه (سینوسی و کسینوسی) تشکیل شده است. در واقع، هر همساز گویای یک روند رو به بالا و یک روند رو به پایین در یک سری زمانی است. بنابراین، هر طول موج متوالی در سری زمانی تناوبی با یک همساز نشان داده می‌شود (Tarawneh, 2003). برای به کارگیری هم سازها در تبیین رفتار چرخه‌ای بارش می‌بایست سری‌های زمانی به بسامد تبدیل شوند. بدین منظور در ابتدا a_i و b_i که به ضرایب فوریه موسوم‌اند، به صورت زیر حاصل می‌شوند (Tarawneh & Kadioglu, 2003: 123):

$$a_i = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^{N-1} X_t \cos\left(\frac{2\pi}{n} i t\right) \quad i = 1, 2, \dots, \frac{N}{2} \quad \text{رابطه ۴)}$$

$$b_i = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^{N-1} X_t \sin\left(\frac{2\pi}{n} i t\right) \quad i = 1, 2, \dots, \frac{N}{2} \quad \text{رابطه ۵)}$$

X_t متوسط بارش ماه t ام، n شمار مشاهدات است. مقدار پراش (واریانس) در هر همساز به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{A_i^2}{2} = (V_i) \quad \text{رابطه ۶)}$$

از توانایی تحلیل هم سازها، تعیین سهم پراش هریک از چرخه‌هاست. توضیح این‌که هر همساز گویای یک رفتار تناوبی در یک سری زمانی است. بنابراین، هر طول موج متوالی در سری زمانی تناوبی با یک همساز نشان داده می‌شود (غیر و عساکره، ۱۳۸۴، ۸۳-۹۹). سهم پراش هر همساز به پراش کل از رابطه زیر محاسبه می‌گردد (Tarawneh & Kadioglu, 2003: 123):

$$V_i \% = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^q V_i} \times 100 \quad \text{رابطه ۷)}$$

جهت تحلیل هم سازها ابتدا داده‌های مربوط به بارش سالانه برای هر یاخته در پهنه مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفت.

۱. این تکنیک بر روی توابع متناوب (پریودیک) اعمال می‌شود. در این روش، یک تابع متناوب تجزیه شده و بر حسب عبارتهای سینوسی و کسینوسی بیان می‌شود.

سپس محاسبات مربوط انجام شد. در نهایت خروجی حاصل از محاسبات مربوطه هریک از چرخه‌های بارش به صورت نقشه ترسیم شد.

محدوده مورد مطالعه

ایران دارای شرایط اقلیمی متنوع از فرا خشک تا خیلی مرطوب است. جهت مندی کوه‌های اصلی ایران (کوه‌های البرز در شمال و رشته‌های زاگرس در غرب و جنوب)، هم‌جواری با بیابان‌های گرم و خشک شبه‌جزیره عربی و دوری آن از اقیانوس از مهم‌ترین دلایل اقلیم‌های مختلف ایران است. بیشترین میزان بارندگی سالانه در نواحی ساحلی دریای خزر (تا بیش از ۲۰۰۰ میلی‌متر) و همچنین نواحی شمالی و شمال غربی کشور و کمترین بارش در نواحی جنوبی و شرقی کشور و نواحی بیابانی مرکزی (تا کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر) رخ می‌دهد (شاهسون قره غونی و همکاران به نقل از بختیاری و همکاران، ۱۴۰۲: ۱۲۷).

یافته‌ها

مشخصات و ویژگی‌های عمومی بارش سالانه

در این بخش توزیع مکانی میانگین و ضریب تغییرات بارش در مقیاس دوره‌ای در بازه زمانی ۲۰۲۲-۱۹۶۳ مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۱ توزیع مکانی متوسط بارش (شکل ۱-الف) و ضریب تغییرات سالانه بارش ایران (شکل ۱-ب) را طی دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱-الف می‌توان اذعان نمود که، بیش‌ترین میانگین بارش مربوط به سواحل دریای خزر و در بندر انزلی است. به‌طوری‌که، مقدار آن به بیش از ۱۶۰۰ میلی‌متر در سال می‌رسد و از مقدار آن به طرف شرق محدوده مطالعاتی کاسته می‌شد. بر این اساس در کشور ایران روند عمومی کاهش میزان بارندگی از غرب به شرق و شمال به جنوب است. این واقعیت در مطالعه عساکره و همکاران (۱۴۰۰، ۱۴۶-۱۲۹) نیز تأیید شده است.

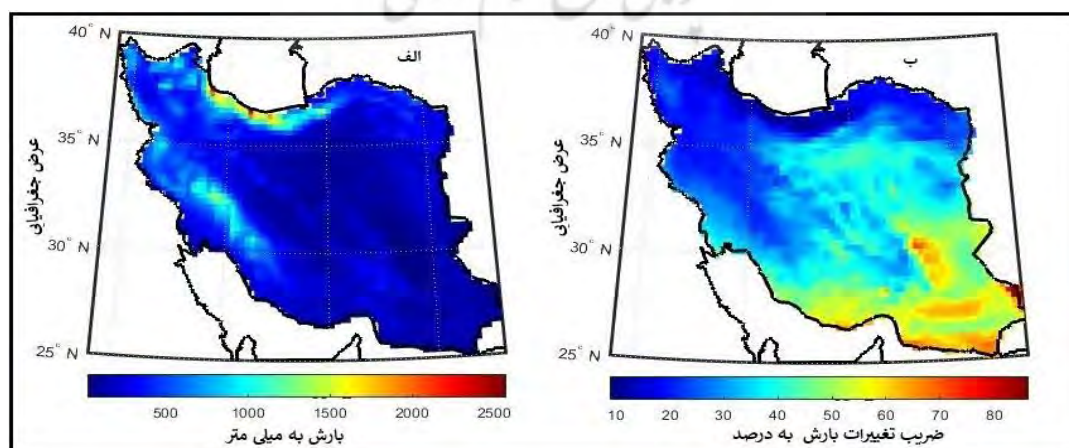
امروزه فرضیه هم‌زمانی بارش‌های فصل سرد با ظهور کم‌فشارهای مدیترانه و به‌ویژه گسترش زبانۀ پرفشار دریای سیاه تأیید شده است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۶-۱). ولی به‌طور کلی ناحیه خزری به‌عنوان پهنه‌ای ویژه، مشخصات بارشی متفاوتی از دیگر نواحی ایران را نشان می‌دهد (مسعودیان، ۱۳۸۱: ۹۱-۷۹)، به‌طوری‌که بیشترین میزان بارش سالانه، فصلی، روزانه و حتی ساعتی کشور در این منطقه به ثبت رسیده است (ورناصری و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۷۰). ارتباط با عوامل مرتبط با تکوین و توزیع زمانی - مکانی بارش پهنه شمالی از متنوع‌ترین و پویاترین بخش اقلیم‌شناسی ایران بوده است. نظریه‌های اولیه عمدتاً پرفشار سیبری را عامل اصلی رخداد بارش‌های دوره سرد و بخصوص پاییز در این منطقه معرفی نموده‌اند (علیجانی، ۱۳۸۵، ۷۱). بر اساس شکل ۱-ب کمینه ضریب تغییرات بارش در کشور بین ۲۰-۱۰ درصد و منطبق بر مناطق شمالی و نوار ساحلی شمالی در کشور است. این امر گویای توزیع نسبتاً یکنواخت بارش در طول سال‌های مختلف است. در این زمان بیشینه مقدار بارش (شکل ۱-الف) در ناحیه خزری نیز مؤید این یافته است.

دومین مرکز پربارش ایران مناطق منطبق بر زاگرس مرتفع است که میانگین بارش در آن بین ۹۰۰-۴۰۰ میلی‌متر است. در این زمینه می‌توان گفت قرارگیری نیمه غربی و جنوب غربی کشور در مسیر ورود توده‌های متعدد باران‌زای غربی و برخورداری از بارش‌های مداوم ناشی از این توده‌ها در اغلب ایام دوره سرد سال، کوهستانی بودن منطقه و ناهمواری‌های همراه با دره‌های عمیق و همگرا، نفوذپذیری کم منطقه به دلیل ساختار خاص خود با افزایش بارش در این مناطق همراه بوده است (عساکره و رئیس پور، ۱۴۰۱: ۲۴۹-۲۲۵). از سوی دیگر ایران سرزمینی است که عمده بارش‌های خود را از چرخندهای مدیترانه‌ای دریافت می‌دارد (جلالی و همکاران ۱۳۹۸: ۵۵-۳۷). ضریب تغییرپذیری بارش در این منطقه ۳۰-

۲۰ درصد است و نظیر سواحل خزری از تغییرپذیری کم‌تری در طی دوره آماری برخوردار بوده است. سومین منطقه بارشی ایران را می‌توان مربوط به بخش‌هایی از پهنه شمال غرب کشور دانست. وجود ریزش‌های جوی در این پهنه از کشور را بیات و همکاران (۱۳۹۶: ۱۸-۱) در پژوهشی به مسیر اصلی ورود چرخنده‌ها به ایران در شمال غرب، غرب میانی و نیز جنوب غرب نسبت دادند. همچنین ایشان نشان دادند که بخش شرقی مدیترانه از مهم‌ترین کانون‌های چرخنده مؤثر بر اقلیم ایران می‌باشد. بنابراین میانگین بالای بارش کشور در پهنه‌های یاد شده را می‌توان با این سامانه‌ها توجیه نمود. دامنه ضریب تغییرات بارش در این منطقه مانند مناطق منطبق بر غرب و جنوب غرب کشور، کم است. پهنه شرق و شمال شرق کشور در قیاس با پهنه‌های پرباران شمالی و نیمه غربی کشور دارای کاهش چشمگیر بارش است. منشأ بارش‌های این بخش از کشور را بنا بر نظر فاروقی (۲۰۱۵: ۱۲۰۲-۱۲۱۴) استقرار هم‌زمان ناوه عمیق در غرب ایران و ریزش هوای سرد در عرض‌های بالاتر و تشدید جریانات همگرا بر روی دریای خزر و نزول هوای سرد بر روی سواحل جنوبی دریای خزر و به دنبال آن تزریق رطوبت به این منطقه نسبت داد. اما کاهش بارندگی به سمت شرق کشور و آن‌هم به دلیل کاهش توان بارشی سامانه‌های باران زاست. میزان ضریب تغییرات بارش از شمال به جنوب در این پهنه از کشور بیانگر تباین بالای سال به سال بارش در مناطق شرقی کشور است.

از دیگر پهنه‌های مورد مطالعه پهنه مربوط به منطقه جنوب و جنوب شرق کشور است. بر اساس شکل مربوط، میانگین بارش در بخش‌های غربی بالاتر از بخش‌های شرقی پهنه مذکور است. علیجانی (۱۳۸۷) علت این ویژگی را به نفوذ بیشتر بادهای غربی در این مناطق نسبت دادند که به علت آرایش خاص بادهای غربی در زمستان بیشتر اغتشاشات غربی به جنوب شرق ایران نمی‌رسند و در صورت ورود، نسبتاً ضعیف هستند. در خط ساحلی رطوبت فراوان همیشه موجود است ولی عامل صعود وجود ندارد و تنها اغتشاشاتی به این ناحیه وارد می‌شوند که بسیار قوی باشند و بارش‌های رگباری را سبب شوند. الگوی ارائه شده از میانگین بارش و ضریب تغییرات آن در این قسمت بیانگر تفاوت فاحش بین بارش و ضریب تغییرات آن نسبت به تمام گستره مورد مطالعه است. بیشینه ضریب تغییرات بارش کشور بین ۵۰ تا ۷۰ درصد متعلق به این پهنه از کشور است.

در نهایت کم‌ترین میزان بارش منطبق بر بخش‌های واقع در دشت کویر و لوت می‌باشد که بنا بر پژوهش فاطمی و همکاران (۱۳۹۴: ۴۰-۱۹)، کم‌بارشی این مناطق را به غالب بودن هسته‌های پر ارتفاع جوی توأم با پایداری جوی، ریزش هوای سرد، صافی آسمان و فقدان ابرناکی نسبت داده‌اند. ضریب تغییرات بارش در این منطقه بین ۳۰-۴۵ درصد قابل مشاهده است.



شکل ۱. میانگین (الف) و ضریب تغییرات (ب) بارش ایران زمین طی دوره آماری (۱۹۶۳-۲۰۲۲)

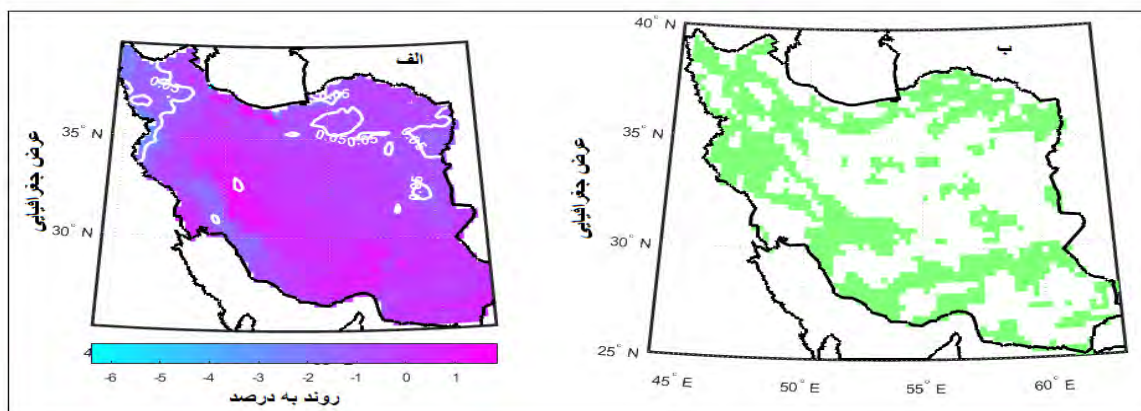
تحلیل روند و چرخه‌های بارش

شکل ۲-الف) توزیع مکانی روند سالانه بارش ایران زمین را طی دوره آماری مورد مطالعه نشان می‌دهد. بر اساس این شکل پس‌زمینه رنگی نشان‌دهنده روند بارش سالانه و خطوط همچند بیان‌گر ناحیه توأم با روند معنی‌دار است. جدول ۱- درصد مساحت تحت پوشش روند را نمایش می‌دهد و شکل ۲-ب معرف همساز اول طی دوره مورد مطالعه است. همساز اول به دلیل اینکه که دوره بازگشتی برابر طول دوره آماری دارد و منطبق بر روند است بر این اساس در مقایسه با روند بارش سالانه مورد تحلیل واقع شد.

با توجه به شکل ۲-الف و جدول ۱-، حدود ۶۹ درصد از گستره کشور با کاهش بارش (به‌طور متوسط حدود ۰/۶- میلی‌متر در سال) مواجه بود. حدود یک‌سوم (۳۰/۷۴ درصد) از وسعت کشور با روند مثبت (به‌طور متوسط ۰/۳۷ میلی‌متر در سال) است. از این میان و همان‌گونه که در جدول ۱- دیده می‌شود، حدود ۱۰/۸ درصد کشور، منطبق بر بخش‌هایی از شمال غرب، شمال شرق و لکه‌های کوچکی از شمال و شرق و بخش بسیار کوچکی از محدوده جنوب غرب، با روند منفی معنی‌دار مشخص است. روند کاهشی معنی‌داری بارش در این مناطق را می‌توان به وجود رفتارهای متنوع سامانه‌های جوی مختلف نسبت داد. در این زمینه قلی پور و همکاران (۱۳۹۷، ۱۳۸۶-۱۳۸۰)، عساکره و همکاران (۱۳۹۹، ۱۴۱-۱۲۱)، در تحلیل روند بارش نتایجی مشابه به دست آوردند.

مقادیر مربوط به روند مثبت معنی‌دار در کشور حدود ۰/۲ پهنه کشور را شامل می‌شود. این افزایش معنی‌دار بارش تنها در هسته بسیار کوچکی از زاگرس مرتفع قابل‌مشاهده است و سایر مناطق با روند مثبت فاقد معنی آماری است. با این شرایط به نظر می‌رسد عواملی محلی به‌ویژه ارتفاعات نقش بارزی در شکل‌گیری این افزایش روند داشته‌اند.

شکل ۲-ب) توزیع مکانی چرخه‌های شصت‌ساله (همساز اول) معنی‌دار را طی دوره آماری نشان می‌دهد. با توجه به این که این همساز دارای یک افت‌وخیز در سری زمانی مورد مطالعه است، نقش بزرگ‌تری در کل تغییرات ارائه می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نوسان‌های بارشی حاصل از همساز اول به‌صورت دو خوشه از گوشه شمال غرب کشور به‌موازات ارتفاعات البرز تا شمال شرق و شرق کشور کشیده شده است و خوشه دوم در امتداد زاگرس تا نواحی جنوب غربی و جنوبی حدوداً تا شمال استان فارس امتداد یافته است و در نواحی جنوبی از حاشیه غربی دریای عمان از استان بوشهر تا شمال سیستان و بلوچستان پیش رفته است. سهم این همساز در مناطق شرقی و مرکزی ایران، عمدتاً در نواحی پست و داخلی کشور، بسیار محدود است. همچون شکل ۲-الف عموماً نیمه شمالی ایران از جمله نواحی توأم با روند کاهشی بارش است. این کاهش بعضاً به لحاظ آماری معنادار و در بسیاری از موارد فاقد معنی آماری هستند. بنا بر نظر عساکره و همکاران (۱۳۹۹، ۱۴۱-۱۲۱)، کاهش روند بارش در این بخش از کشور به کاهش بارش‌های پر مقدار نسبت داده شده است. بیات و همکاران (۱۳۹۶، ۱۸-۱) این روند منفی بارش را با کاهش تعداد سیکلون‌های باران‌زا در طول سه دهه اخیر مرتبط دانستند.



شکل ۲. توزیع مکانی روند بارش (الف) و چرخه‌های معنادار همساز اول بارش سالانه طی دوره آماری ۱۹۶۳-۲۰۲۲

بررسی خوشه دوم از نواحی توأم با مقادیر معنی‌دار همساز اول گویای وجود روند در مناطق غربی و جنوب غربی کشور است که در پژوهش‌های مشابه توسط عساکره و همکاران (۱۳۹۹)، اسدی و همکاران (۱۳۹۹)، با روند مثبت و معنی‌دار تشخیص داده شد. نتایج حاصل از تحلیل روند سالانه کشور در همین پژوهش گویای روند مثبت بارش در این مناطق است که تنها ۰/۲ درصد از پهنه کشور را در برمی‌گیرد. بنا بر نظر کیانی و همکاران (۱۳۹۸: ۴۰-۱۷)، افزایش بارش در این مناطق تحت تأثیر کوهساری زاگرس و تأثیر آن بر سامانه سودانی است. نوسان‌های مربوط به روند تغییرات بارش در بخش عمده‌ای از نیمه جنوب کشور افزایشی بوده است. درخشنده و همکاران (۱۴۰۲: ۶۸۳-۶۶۹)، نیز افزایش روند بارش سالانه و افزایش روزهای بارشی در این مناطق را تأیید کرده‌اند.

جدول ۱. نوع و درصد مساحت تحت پوشش روند بارش ایران طی دوره آماری ۱۹۶۳-۲۰۲۲

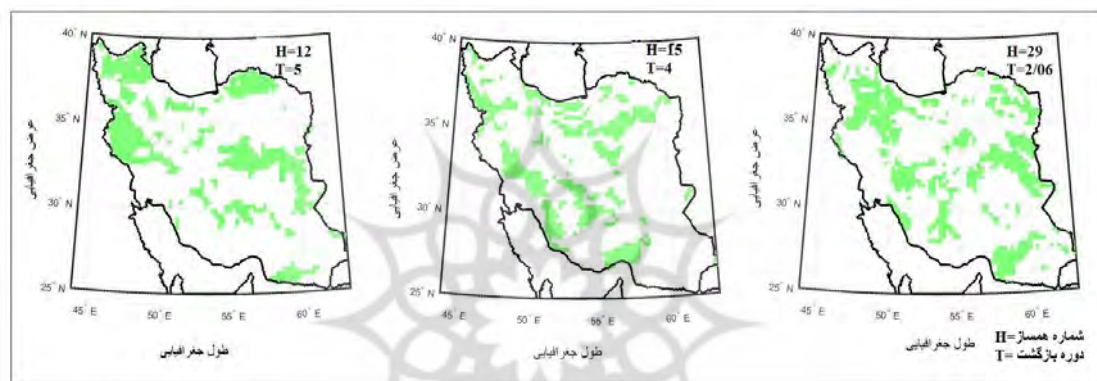
نوع روند	درصد پوشش	متوسط روند (میلی‌متر در سال)	درصد مساحت از کشور با روند معنادار
روند کاهشی	۶۹/۲۵	-۰/۶۵	۱۰/۸۵
روند افزایشی	۳۰/۷۴	۰/۳۷	۰/۲

تحلیل چرخه‌ها پس از استخراج ۳۰ همساز برای هریک از پیکسل‌های نقشه بارش، نواحی که هریک از همسازهای آن به لحاظ آماری معنی‌دار بود مشخص، و در نقشه‌های جداگانه نمایش داده شد. نقشه‌های مربوط بر اساس چرخه‌ها، تأثیر سامانه‌های جوی، شرایط توپوگرافی، تأثیر و نقش پهنه‌های آبی و موقعیت جغرافیایی گروه‌بندی و تحلیل شد.

گروه اول

توزیع مکانی همسازهای گروه اول شامل همساز ۱۵، ۲۹ (به ترتیب با دوره بازگشت‌های ۵، ۴ و ۲ ساله) است. وجه مشترک اعضای این گروه، فراگیر بودن نسبی، عمدتاً منطبق بر نواحی با ارتفاع زیاد (زاگرس-البرز) و هم دوره بازگشت نسبتاً نزدیک (۲-۵ ساله) این همسازهاست. علاوه بر این، با توجه به این که برخی پدیده‌های دور پیوندی نظیر انسو دوره بازگشتی حدود ۳-۵ ساله دارند (Kalaji et al, 2004؛ عساکره و رزمی، ۱۳۹۱)، وجود این همسازها هم با ارتفاع و هم با الگوی دور پیوندی انسو توجیه‌پذیر هستند. بنا بر نظر علیجانی (۲۰۰۸: ۲۳۱-۲۱۸) در منطقه زاگرس مقدار بارش با ارتفاع رابطه دارد و نوع این رابطه با جهت جغرافیایی تغییر می‌کند. همچنین کوه‌های زاگرس بارش‌های دوره سرد سال را به‌ویژه در دامنه‌های غربی آن تشدید می‌کند. اثر ارتفاع از آن نظر حائز اهمیت است که بنا بر نظر کاویانی (۱۳۷۲: ۱۰۷-۷۷) توان چرخندهای باران‌زای این مناطق در ارتباط با ارتفاع تغییر می‌یابد و اصولاً تغییرات مکانی بارش با ناهمواری‌های اصلی

ایران زمین هماهنگی نسبتاً خوبی را نشان می‌دهد. با توجه به این که بیشینه نوسان‌های بارشی در نواحی شمالی کشور بیش از سایر بخش‌های کشور است، بنا بر نظر محمدی و لشکری (۱۳۹۷: ۳۳-۱۷) در دامنه‌های رو به باد زاگرس، ارتفاع به‌تنهایی نقش چشمگیری ندارد. به همین دلیل گاهی شدت بارش‌ها در منطقه جلگه‌ای بیشتر از قله کوه‌ها است. از ارتفاع بالاتر از ۱۵۰۰ متر نقش ارتفاعات چه در دامنه رو به باد و چه در دامنه پشت به باد مؤثرتر است. ولی در دامنه‌های رشته‌کوه البرز همبستگی بارش و ارتفاع به دلیل تکوین مجدد سامانه‌ها بسیار آشکار و چشم‌گیر است. یکی از عوامل تأثیرگذار در بارش‌های مناطق مختلف جهان تأثیر عوامل دور پیوندی است که به‌صورت شاخص‌های عددی مانند شاخص SOI^1 , NAO^2 , MEI^3 تعریف شده‌اند (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۶). بر اساس چرخه‌های استخراجی از همسازهای مورد مطالعه بسیاری از محققین از جمله آزاد و همکاران (۲۰۰۹) با استخراج چرخه‌های ۵-۳ ساله در بارش‌های موسمی هند، Kalaji. et.al (۲۰۰۴، ۱۳-۸) چرخه‌های ۶-۲ ساله را در بارش ترکیه، عساکره و رزمی (۱۳۹۱: ۱۵۸-۱۳۷)، چرخه‌های ۵-۳ ساله شمال غرب ایران را در ارتباط با پدیده انسو دانستند.



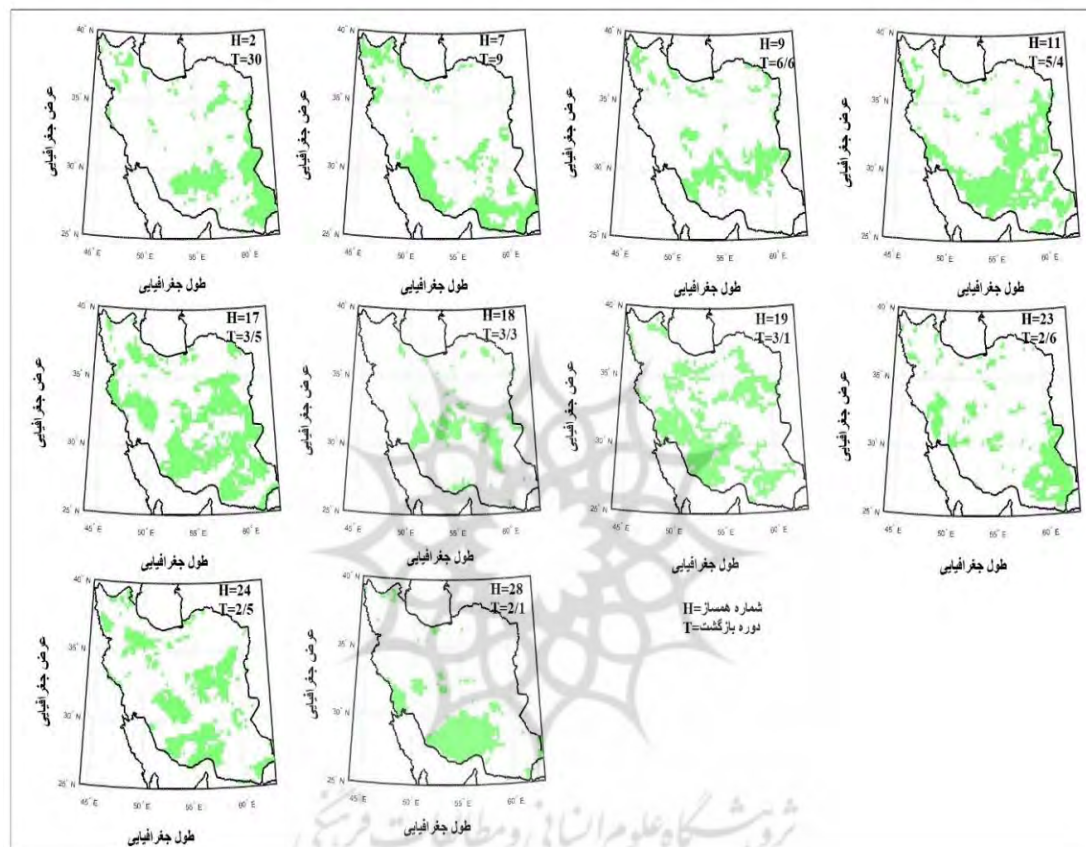
شکل ۳. توزیع مکانی چرخه‌های معنادار همسازهای ۱۲، ۱۵ و ۲۹ بارش طی دوره آماری ۱۹۶۳-۲۰۲۲

گروه دوم

شکل ۴ توزیع مکانی همسازهای معناداری است که عمدتاً متعلق به نیمه جنوبی کشور می‌باشند. از جنوب به سمت شمال کشور و از غرب به سمت شرق نواحی توأم با این همسازها کاسته می‌شود. این همساز گویای وجود ده چرخه ۳۰، ۹، ۶/۶، ۵/۴، ۳/۵، ۳/۳، ۳/۱، ۲/۶، ۲/۵، ۲/۱ (حدود ۲ تا ۳۰) ساله در این همسازهاست. محتمل است که این گروه دارای یک چرخه بلندمدت (۳۰ ساله) که چرخه‌های کوتاه‌مدت (۲-۹) را در درون خود جای داده است. با توجه به موقعیت جغرافیایی این نوسانات، محتمل است که این نوسانات متأثر از نوارهای ساحلی کشور باشند. بنابراین می‌توان وجود این چرخه‌های بارشی را به بارش‌های فرین و سنگین این مناطق نسبت داد. Campins, 2006: 73-77 چرخندهای مدیترانه را به‌عنوان عاملی برای بارش‌های سنگین و بادهای قوی و تهدیدی برای طبیعت و جوامع حساب می‌کند. بر این اساس منتظری (۱۳۸۸، ۱۴۰-۱۲۵) معتقد است که در منطقه جنوبی و جنوب شرق ایران اکثر اوقات بارندگی وجود ندارد، ولی هر زمان عامل صعود قوی به منطقه وارد می‌شود به جهت گرم بودن هوا و دسترسی به رطوبت فراوان خلیج فارس و دریای عمان بارش‌های شدیدی رخ می‌دهد. بنا بر نظر رسولی (۱۳۹۰، ۷۲-۵۷)، سامانه‌های تأمین‌کننده رطوبت و تأثیرگذار بر بارش

1. Southern Oscillation Index
2. North Atlantic Oscillation
3. Multi Variate Enso Index

این ناحیه از پهنه‌های آبی نزدیک و دور تغذیه می‌شوند. از این رو الگوهای بارشی این ناحیه از کشور متأثر از تعامل عوامل و فرایندهای محلی و عناصر گردشی جو با نقش‌آفرینی متفاوت هستند. وجود طیف‌های بارشی وسیع در این مناطق از کشور علاوه بر سامانه‌های هم‌دید می‌توان به عوامل دیگر که شامل سامانه‌های هوا و الگوهای پیوند از دور و انسو است نسبت داد. در نواحی مربوط به نیمه جنوبی کشور بنا بر نظر مسعودیان (۱۳۸۴، ۸۲-۷۳) ظاهراً در ماه‌های اکتبر و نوامبر ارتباط بارش ایران با انسو از راه پیوندی است که انسو با موسمی‌های هند دارد و Masatori et al (۲۰۰۲) آن را گزارش کرده‌اند، برقرار می‌شود.

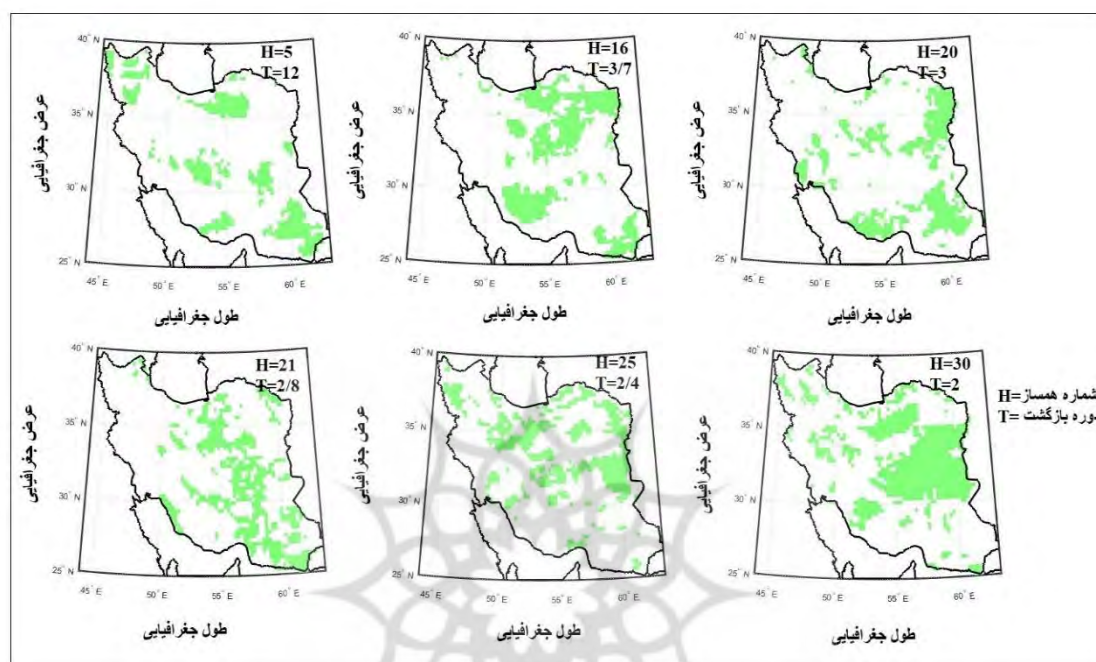


شکل ۴. توزیع مکانی چرخه‌های معنادار همسازهای ۲، ۷، ۱۱، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۳، ۲۴، ۲۸ بارش طی دوره آماری ۲۰۲۲-۱۹۶۳

گروه سوم

توزیع مکانی همسازهای معنی‌دار ۵، ۱۶، ۲۰، ۲۱، ۲۵ و ۳۰ در شکل ۵ نمایش داده شده است. این گروه تقریباً دربرگیرنده مناطق منطبق بر نیمه شرقی کشور است که از جانب شمال شرق به سمت جنوب غرب کاهش می‌یابد. با این وصف بعضاً هسته‌های ناهمگون این یکنواختی را بر هم می‌زنند. دیده می‌شود که نواحی شرقی از بیشترین سهم مناطق معنادار در همسازهای ۲۵ و ۳۰ برخوردارند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده چرخه‌های ۱۲، ۳/۷، ۳، ۲/۸، ۲/۴، ۲ ساله در این هم‌سازها قابل تشخیص است. با توجه به چرخه ۱۲ ساله می‌توان معنی‌داری نوسان‌های بارش در مناطق تحت پوشش را به لکه‌های خورشیدی نسبت داد. در این زمینه جهان‌بخش و عدالت دوست (۱۳۸۷) معتقدند که تغییرات بارندگی در نواحی ساحلی ایران با این لکه‌ها رابطه مستقیم و در نواحی خشک و نیمه‌خشک دارای روابط معکوس است (Hiremath & Mandi, 2004: 651-662). در طول فصل مونسون همبستگی مثبت قوی بین داده‌های لکه‌های خورشیدی و بارش در

دوره‌های مشابه قرار دارد. چرخه‌های متعلق به همساز ۱۶، ۲۰ و ۲۱ را می‌توان بنا بر نظر لشکری (۱۳۷۹)، به گسترش مرکز پرفشار سبیری و زبانه‌های آن و موقعیت مراکز فشار سودان که منجر به فعال کردن سامانه‌های کم‌فشار گسترش‌یافته بر روی ایران می‌شود را نسبت داد. مسعودیان (۱۳۸۴، ۸۲-۷۳) در پژوهشی دیگر اساساً بارش مناطق شرقی کشور را متأثر از انسو دانسته و بررسی ارتباط سه سویه میان انسو - موسمی های هند بارش‌های پاییزه شرق ایران را در کانون توجه قرار داده‌اند.



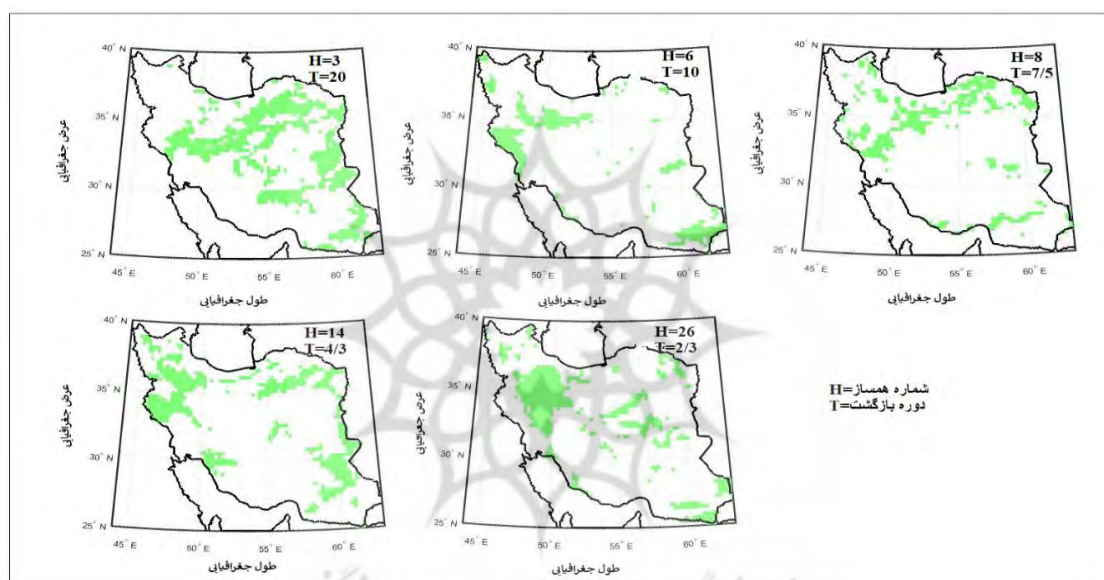
شکل ۵. توزیع مکانی چرخه‌های معنادار همسازهای ۵، ۱۶، ۲۰، ۲۱، ۲۵، ۳۰ بارش طی دوره آماری ۱۹۶۳-۲۰۲۲

از جمله عوامل تأثیرگذار بر این چرخه‌ها متعلق به همساز ۲۵ و ۳۰ را می‌توان به نوسان‌های شبه دوسالانه نسبت داد. برخی دانشمندان این چرخه‌ها را حاصل تغییر در فعالیت‌های خورشیدی می‌دانند. با این وصف، اجماع بیشتری وجود دارد که این چرخه‌ها حاصل تغییرات دوسالانه (QBO) الگوی بزرگ‌مقیاس گردش عمومی جو و جریان‌های مداری است (عساکره، ۱۳۸۸، ۵۰-۳۳). نوسان شبه دوسالانه با تأثیر بر روی تاوه قطبی و تغییر بر روی الگوهای جوی می‌تواند بر روی اقلیم سطح زمین اثر بگذارد (Yang et al, 2013:15-27). این یافته‌ها با مطالعه اسبقی و همکاران (۲۰۱۶، ۸-۱) که نوسان‌های موجود را به این چرخه‌ها نسبت داده‌اند مطابقت دارد.

گروه چهارم

شکل ۶ توزیع مکانی نوسان‌های بارش را برای همسازهای ۳۶، ۸، ۱۴، ۲۳ را نمایش داده است. بر اساس بررسی‌های صورت پذیرفته این گروه در اکثر همسازها بیشترین دامنه خود را بر مناطق غربی و جنوب غربی داشته است و هرچند بعضاً بخش‌هایی از شرق و شمال شرق کشور و جنوب شرق کشور تحت تأثیر نوسان‌های معنی‌دار این همسازها به‌صورت پراکنده قرار گرفته‌اند ولی عموماً نقش این نوسان‌ها در این مناطق نسبت به سایر مناطق از سهم بیشتری برخوردار است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده چرخه‌های ۲۰، ۱۰، ۷/۶، ۴/۳، ۲/۳ ساله در این همسازها قابل تشخیص است. به نظر می‌رسد

چرخه‌های ۲۰ ساله چرخه‌های ۱۰ ساله و کوتاه‌تر را در درون جای‌داده باشند. دامنه همساز با چرخه ۲۰ ساله نماینده سامانه‌های بزرگ‌مقیاس در بارش‌های دریافتی کشور می‌باشد. سنگین‌ترین و فراگیرترین بارش‌هایی که بر روی ایران و به‌ویژه بخش غربی و شمال غربی ایران با چنین سازوکاری در پیوند هستند (مسعودیان، ۱۳۹۰). با توجه به نقش و اهمیت چرخنده‌ها در ایجاد بارش‌های سنگین ایران به‌ویژه در فصل سرد سال به نظر می‌رسد بنا بر تحقیق Romem (۲۰۰۷) چرخه آب و فرین‌های اقلیمی در ابعاد همدید در نیمکره شمالی تحت تأثیر چرخنده‌ها در منطقه اطلس شمالی، مدیترانه و آرام شمالی قرار دارد. بیشتر محققان از جمله جهانبخش و عدالت دوست (۱۳۸۷) وجود چرخه‌های ۱۰ ساله را به‌ویژه در منطقه آذربایجان ناشی از چرخه فعالیت لکه‌های خورشیدی و نوسانات اطلس شمالی دانسته‌اند. در داخل این گروه چهارچرخه دیگر قابل استخراج است که می‌توان بنا بر نظر دوستکامیان و همکاران (۱۳۹۳، ۲۴-۷) و بیشتر دانشمندان نوسانات ۵-۲ ساله را به ال نینو - نوسانات جنوبی و تغییرات دوسالانه الگوی بزرگ‌مقیاس گردش عمومی جو و جریانات مداری و سایر فرآیندهای اقلیمی - اقیانوسی نسبت داده‌اند.



شکل ۶. توزیع مکانی چرخه‌های معنادار همسازهای ۳، ۶، ۸، ۱۴، ۲۶ بارش طی دوره آماری ۱۹۶۳-۲۰۲۲

گروه پنجم

الگوی مکانی همسازهای توأم با الگوی مکانی نامشخص شامل همساز ۴-۱۰-۱۳-۲۲ و ۲۷ هستند. را نمایش می‌دهد. منظور از الگوی نامشخص الگویی است که به‌صورت پراکنده و کم گستره در نقاط مختلف کشور قابل تشخیص است ولی به لحاظ اقلیم کلان قابل توجه نیست. سهم پنج همساز حاصل از گروه پنجم در بارش کشور بسیار اندک است کوچک بودن سهم این هم سازها گویای کم‌اهمیت بودن بارش جو در این همسازهاست. از این‌رو به‌منظور رعایت ایجاز این هم سازها نمایش و تحلیل خاصی ارائه نگردید.

بحث

به‌طور کلی یافته‌های به‌دست‌آمده از پایگاه داده‌ای ذکر شده حاکی از سیر نزولی روند بارش و همچنین کاهش پهنه‌های

پرباران در گستره مطالعاتی است که دلیل این امر را تهرودی و همکاران (۱۳۹۳)، به افزایش روند تغییرات دمای سالانه این مناطق و تغییر اقلیم ناشی از آن نسبت دادند. همچنین ساهسمان اغلو (۱۹۹۱، ۱۳۶-۱۲۳) کاهش بارندگی مؤثر در شمال شرق کشور را به تغییر سازوکار پرفشار سیبری به‌عنوان عامل فعال در بارش‌های جبهه‌ای و عساکره ورزمی (۱۳۹۰، ۱۵۸-۱۳۷) تکوین روند منفی بارش در شمال غرب را به تضعیف عوامل باران‌زایی در این مناطق نسبت داده‌اند. یافته‌های حاصل از تحلیل طیفی گویای نقش کم‌رنگ همسازهای معنادار در نواحی شمالی ساحلی کشور است. همچنین نیمه جنوبی کشور عمدتاً تحت تأثیر چرخه‌های ۷-۲ ساله و نواحی غربی عموماً تحت تسلط سیکل‌های درازمدت ۲۰-۷ ساله است. بر این اساس الگوهای مربوط به این چرخه‌ها را می‌توان به عوامل محلی، سیستم‌های کلان‌مقیاس جوی، همسایگان و گاهی ترکیب تمام عوامل که سبب تنوع چرخه‌ها در یک مکان شده است، نسبت داد.

نتیجه‌گیری

اقلیم‌شناسی بارش کشور بر اساس مطالعه ۲۴۸۹ پیکسل و بر پایه تکنیک روند و تحلیل همسازهای بارش موردبررسی قرار گرفت. در این پژوهش بررسی روند بارش نشان داد که بارش کشور طی دوره مورد مطالعه در اکثر مناطق دارای روند کاهشی بوده است که حدود ۱۱ درصد تغییرات کاهشی دارای توجیه آماری است. تنها ۰/۲ گستره کشور دارای روند مثبت معنادار در مناطق منطبق بر زاگرس مرتفع بوده است. از آنجاکه عوامل مختلفی باعث این تغییرات کاهشی و افزایشی در سری‌های اقلیمی می‌شود می‌توان استنباط نمود که به دنبال گرم شدن اقلیم زمین تغییرات ژرف و وسیع در نواحی اقلیمی زمین و الگوی گردش عمومی هوا ایجاد شده است و به تبع آن الگوی زمانی مکانی بارش نیز دستخوش تغییرات گردیده است. در ادامه بررسی توزیع مکانی همسازهای معنادار نشان از ناهمگن بودن این هم‌سازها و تبعیت نکردن آن‌ها از الگوی خاصی است. این هم‌سازها طی دوره مورد مطالعه در مکان‌های مختلف دارای تغییرات و نوسان بوده است. به‌طوری‌که نتایج حاصل از تحلیل طیفی هم‌سازها گویای نقش کم‌رنگ همسازهای معنادار در نواحی مربوط به نوار ساحلی شمالی و نواحی مرکزی کشور است. اما نواحی جنوب، جنوب شرق، شرق و جنوب غرب پهنه مطالعاتی عمدتاً تحت تأثیر چرخه‌های ۷-۲ ساله است. الگوهای بارشی مربوط به این هم‌سازها را می‌توان متأثر از عوامل و فرآیندهای محلی، پهنه‌های آبی دور و نزدیک، و عناصر گردش جوی (سامانه‌های همدید) و عموماً تحت تسلط الگوهای پیوند از دور و به‌ویژه انسو (با توجه به دوره بازگشت همسازهای معنادار)، نسبت داد. همچنین نواحی غربی تحت تسلط چرخه‌های درازمدت ۲۰-۷ ساله واقع شده‌اند بنابراین با توجه به چرخه‌های موجود تغییرات در این نواحی را می‌توان به تأثیر رخدادهای فرین بارش و کلاف‌های خورشیدی و تمرکز حاصل از غلبه بارش‌های همدید نسبت داد. با عنایت به یافته‌های پژوهش حاضر و یافته‌های مطالعات پیشین می‌توان استنباط نمود که با توجه به افزایش گستره روند منفی بارش نسبت به روند مثبت آن که با یافته‌های مطالعات پیشین همخوانی دارد (عساکره و همکاران، ۱۳۹۹ و تهرودی و همکاران، ۱۳۹۳) و همین‌طور تأثیر غالب چرخه‌های ۷-۲ ساله در مناطق جنوبی و جنوب شرقی و شرق کشور و ضعف این چرخه‌ها در نواحی غربی کشور که بنا بر پژوهش کیانی پور و همکاران (۱۳۷۹) که به کاهش رخداد النینو در این مناطق از کشور را به تغییر موقعیت پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان مربوط می‌دانند مرتبط دانست. بنابراین تغییرات موجود را می‌توان به گرمایش جهانی و نیز جابجایی هرچند ناچیز الگوهای جوی نسبت داد. بر این اساس مطالعه اقلیم‌شناسی بارش ضمن شناخت رفتار بارش امکان برنامه‌ریزی بر پایه آن را مهیا می‌کند با در نظر گرفتن این‌که منطقه مورد مطالعه در سرزمین کم‌آبی قرار دارد و منابع آبی آن نیز عمدتاً متکی به بارش است بنابراین تغییرات زمانی و مکانی بارندگی تأثیر مستقیمی بر روی هیدرولوژی مدیریت منابع آب کشاورزی رودخانه‌ها و ... دارد. همچنین افزایش روزافزون جمعیت و تغییر سبک زندگی منجر به افزایش تقاضای مصرف آب در

بخش‌های مختلف به‌ویژه انسانی شده است. اینکه شناخت توزیع زمانی و مکانی بارش و تغییرات آن از ضروریات اصلی این پژوهش است؛ بدین جهت پیشنهاد می‌شود که به شناخت منشأ و سازوکار و تغییرات هریک از چرخه‌های بارشی کشور پرداخته شود.

حامی مالی

بر اساس اظهار نویسندگان این مقاله حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان

در پژوهش نویسندگان در تمامی مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشته‌اند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در ارتباط با نویسندگی یا انتشار مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

در اینجا نگارندگان بر خود لازم می‌دانند، که سپاس خود را به توسعه دهندگان برنامه متلب و همچنین مرکز اروپایی پیش‌بینی میان‌مدت هوا (ECMWF) نسخه (ERA5) پیشکش نمایند

منابع

- اسبقی، قربان؛ جغتایی، محمد و محب الحجه، علیرضا. (۱۳۹۴). بررسی اثرات نوسان شبه دوسالان (QBO) بر ورودسپهر برون حاره ای در اوایل زمستان از دیدگاه انرژی. *پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۱۶ (۲۳)، ۳۱-۳۶.
- اسدی، اشرف و اکبری اذیرانی، طیبه. (۱۳۹۹)، تحلیل تغییرات شروع و خاتمه بارش‌های جنوب غرب ایران با استفاده از مدل‌های روند، فصلنامه توسعه پایداری محیط جغرافیا، ۳ (۴)، ۹۹-۱۰۷. <http://dex.doi.org/1052547/sdgc.3.4.99>
- بیات، علی؛ سلیقه، محمد و اکبری، مهری. (۱۳۹۶). اقلیم‌شناسی سیکلون‌های باران‌زای زمستانه ایران. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۲ (۴)، ۱-۱۸.
- جلالی، مسعود؛ دوستکامیان، مهدی و شیرینی کریم وندی، امین. (۱۳۹۸). بررسی و تحلیل همدیدی دینامیک سازو کارهای بارش فراگیر و زمستانه ایران. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۹ (۵۵)، ۳۷-۵۵. doi: 10.29252/jgs.19.55.37
- جهانبخش اصل، سعید؛ محمدی، غلامحسن؛ خجسته غلامی، وحید و آزاده قریباغ، اسما. (۱۳۹۸)، اثرات نوسانات شبه دوسالانه بر بارش‌های زمستانه ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۱ (۵۲)، ۱۱۳-۱۲۷. doi:10.22059/jphgr.2020.287400.1007433
- جهانبخش، سعید و عدالت دوست، معصومه. (۱۳۸۷)، تغییر اقلیم در ایران مطالعه موردی شاخص نوسانات اطلس شمالی به‌عنوان شاخصی از تأثیرات فعالیت خورشیدی بر تغییرات بارش آذربایجان. *سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه تبریز*.
- حسینی، سید محمدحسین؛ مسعودیان، سید ابوالفضل و موحدی، سعید. (۱۳۹۴). بررسی هم‌زمانی پرفشار دریای سیاه و رخداد بارش روزانه در ایران زمین. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۳۰ (۱)، ۱-۱۶.
- حیدری، سوسن؛ کریمی احمدآبادی، مصطفی و بیرانوند، آذر. (۱۴۰۲). ارزیابی عملکرد داده‌های بازتحلیل ERA5 در تخمین بارش ایران و واکاوی فضایی رژیم بارشی کشور. *پژوهش‌های دانش زمین*، ۱۵ (۲)، ۱-۲۵.
- درخشنده، علی؛ خورانی؛ اسدالله و رضازاده، مریم. (۱۴۰۲). روندیابی بارش در ایران بر اساس داده‌های MERRA ۲. *فیزیک زمین و فضا*، ۴۹ (۳)، ۶۸۳-۶۶۹.
- رزمی، رباب. (۱۴۰۱). تبیین برخی فرایندهای جوی (بارش و تبخیر) و کاربری اراضی بر میزان آبریز کارون بزرگ.

- رساله دکتری، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان
- رسولی، علی‌اکبر؛ باباییان، ایمان؛ قائمی، هوشنگ و زواررضا، پیمان. (۱۳۹۰)، ارتباط بین بارش فصلی ایران و دمای پهنه آبی منطقه‌ای. *پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۲(۵)، ۶۹-۹۲.
- رئیس پور، کوهزاد و عساکره، حسین. (۱۴۰۱)، بررسی نقش تعامل الگوهای توأم کم‌فشار بریده‌شده و رودباد جبهه قطبی در رخداد بارش سنگین فروردین‌ماه ۱۳۹۸ در استان لرستان. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۱(۳)، ۲۲۵-۲۴۹
- عساکره، حسین؛ مسعودیان، سید ابوالفضل و ترکارانی، فاطمه. (۱۴۰۰)، تغییرپذیری نقش عوامل مکانی مؤثر بر بارش در ارتباط با تحولات دهه‌ای بارش سالانه ایران‌زمین. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳(۳۲)، ۱۴۶-۱۲۹
- عساکره، حسین و رزمی، رباب. (۱۳۹۰)، اقلیم‌شناسی بارش شمال غرب ایران. *جغرافیا و توسعه*، ۱۹(۲۵)، ۱۵۷-۱۳۷. doi: 10.22111/gdij.2011.514
- عساکره، حسین و رزمی، رباب. (۱۳۹۱)، تحلیل تغییرات بارش سالانه شمال غرب ایران. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۳(۳)، ۱۶۲-۱۴۷.
- عساکره، حسین. (۱۴۰۰)، *مبانی اقلیم‌شناسی آماری*. انتشارات دانشگاه زنجان.
- عساکره، حسین. (۱۳۸۸)، تحلیل طیفی سری‌های زمانی دمای سالانه تبریز. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۴(۳)، ۵۰-۳۳.
- عساکره، حسین. (۱۳۸۶)، تغییرات زمانی و مکانی بارش ایران طی دهه‌های اخیر. *جغرافیا و توسعه*، ۵(۱۰)، ۱۴۵-۱۶۴.
- عساکره، حسین؛ مسعودیان، سید ابوالفضل و ترکارانی، فاطمه. (۱۴۰۰)، تفکیک نقش عوامل درونی و بیرونی در وردایی دهه‌ای بارش سالانه ایران‌زمین طی چهار دهه اخیر (۱۳۹۴-۱۳۵۵). *پژوهش‌های جغرافیا طبیعی*، ۳(۵۱)، ۱۰۷-۹۱. doi: 10.22059/jphgr.2021.304776.1007529
- عساکره، حسین. (۱۳۸۶)، تغییرات زمانی مکانی بارش ایران طی دهه‌های اخیر. *جغرافیا و توسعه*، ۱۰(۵)، ۱۴۵-۱۶۴. doi: 10.22111/gdij.2007.3669
- عساکره؛ حسین و دوستکامیان، مهدی. (۱۳۹۳)، بررسی نقش عوامل مکانی بر توزیع -پراکندگی بیشینه‌های آب قابل بارش جو ایران. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۵(۳۶)، ۳۴-۳۹.
- عساکره، حسین؛ مسعودیان؛ سید ابوالفضل و ترکارانی؛ فاطمه. (۱۳۹۹)، آشکارسازی روند بلندمدت بارش سالانه ایران‌زمین در ارتباط با تغییر فراوانی فرین‌های بارش روزانه. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۹(۳۶)، ۱۲۳-۱۴۳. doi: 10.22067/geoh.2021.67028.0
- علیجانی، بهلول. (۱۳۸۵)، *اقلیم‌شناسی سینوپتیک*. چاپ دوم، تهران: انتشارات سمت.
- غیور، حسنعلی و عساکره، حسین. (۱۳۸۴)، کاربرد مدل‌های فوریه در برآورد دمای ماهانه و آینده‌نگری آن، مطالعه موردی: دمای مشهد. *تحقیقات جغرافیایی*، ۷۸(۱)، ۸۳-۹۹.
- غیور، حسنعلی و مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۷۵)، بررسی نظام تغییرات مجموع بارش سالانه در ایران‌زمین. *نشریه نیوار*، ۱۵(۲۹)، ۶۰-۲۷.
- فاروقی، آیدا. (۲۰۱۵)، تحلیل هم‌دید بارش سنگین شمال شرق ایران (مطالعه موردی ۱۱ و ۱۲ فروردین ۱۳۹۳). *ششمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران*.
- فاطمی، مهران؛ امیدوار، کمال؛ نارنگی فرد، مهدی و حاتمی بهمن بیگلو، خداکرم. (۱۳۹۴)، شناخت الگوهای هم‌دید مؤثر بر دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی در ایران مرکزی. *فصلنامه جغرافیای طبیعی*، ۲۹(۸)، ۴۰-۱۹
- قاسمی، هدی؛ بذرافشان، ام البنین و بخشایش منش، کبری. (۱۳۹۶)، پیش‌بینی بارش ماهانه با استفاده از الگوهای پیوند از دور و شبکه عصبی مصنوعی در حوزه فلات مرکزی ایران. *فیزیک زمین و فضا*، ۴۳(۲)، ۴۰۵-۴۱۸. Doi: 10.22059/jesphys.2017.58913
- قلی پور، جمبله؛ موسوی بایگی؛ سید محمد؛ زرین؛ آذر و جباری نوقایی، مهدی. (۱۳۹۶)، بررسی روند رخدادهای حدی بارش در استان خراسان رضوی (۱۹۸۷-۲۰۱۷). *دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران*، دانشگاه فردوسی مشهد.
- کیانی، مهرداد؛ لشکری، حسن و قائمی، هوشنگ. (۱۳۹۸)، واکاوی اثر رشته‌کوه‌های زاگرس بر تغییرات بارش‌های سودانی در غرب ایران. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۰(۳)، ۴۰-۱۷. Doi: 10.22108/gep.2019.117653.1169

- مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۹۰). آب‌وهوای ایران. چاپ اول، مشهد: انتشارات شریعه توس.
- مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۸۸). نواحی بارشی ایران. *مجله جغرافیا و توسعه*، ۱۷ (۱۳)، ۷۹-۹۱.
- مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۸۴). تأثیر انسو بر بارش ایران. *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ۴ (۱)، ۸۲-۷۳.
Doi: <https://doi.org/10.22067/geography.v3i4.3038>
- مفیدی، عباس؛ ززین، آذر و کارخانه، میثم. (۱۳۹۳). بررسی الگوی گردش جو در طول دوره‌های خشک و مرطوب در سواحل جنوبی دریای خزر. *مجله ژئوفیزیک ایران*، ۸ (۱)، ۱۷۶-۱۴۰.
Doi: [20.1001.1.20080336.1393.8.1.10.1](https://doi.org/10.22067/geography.v3i4.3038)
- منتظری، مجید. (۱۳۸۸). تحلیل زمانی - مکانی بارش‌های فرین روزانه در ایران. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی اصفهان*، ۲۰ (۲)، ۱۴۰-۱۲۵.
Doi: [20.1001.1.20085362.1388.20.2.7.6](https://doi.org/10.22067/geography.v3i4.3038)
- ناظری تهرودی، محمد؛ خلیلی، کیوان و احمدی، فرشاد. (۱۳۹۳). تحلیل روند تغییرات ایستگاهی و منطقه‌ای بارش نیم‌قرن اخیر کشور ایران. *نشریه آب‌وخاک*، ۳۰ (۲)، ۶۴۳-۶۵۴.
Doi: <https://doi.org/10.22067/jsw.v30i2.39130>
- نجفی، محمد سعید و اکبری مقدم‌ثانی، سجاد. (۱۴۰۱). ارزیابی کارایی سه پایگاه داده در برآورد سر زمانی بارش‌های حدی در ایران. *پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی*، ۳ (۱۱)، ۹۸-۷۹.
Doi: [10.30488/ccr.2022.363075.1096](https://doi.org/10.30488/ccr.2022.363075.1096)
- ورناصری قندعلی، نسرين؛ عساکره، حسین و فرجی، عبدالله. (۱۴۰۰). چشم‌انداز جابه‌جایی فصل‌های بارشی در ناحیه خزری. رساله دکتری، در رشته آب و هواشناسی، گرایش تغییرات آب و هوایی، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان

References

- Avand, M., Janizadeh, S., & Jafari, F. (2020). Evaluating the *Efficiency of Machine Learning Models in Preparing Flood Probability Mapping*. *Degrad Rehabil Nat Land*, 1 (1), 19-32. DOI: [10.1001.1.27174425.1399.1.1.4.3](https://doi.org/10.1001.1.27174425.1399.1.1.4.3). [In Persian]
- Alijani, B. (2006). *Synoptic Climatology*, 2nd edition, Tehran: Somit Publications. [In Persian]
- Alijani, B. (2008). The effect of Zagros Mountains on the spatial distribution of precipitation. *Journal of Mountain Sciences*, 5, 218-231. DOI: [10.1007/s11629-008-0126-8](https://doi.org/10.1007/s11629-008-0126-8) [In Persian]
- Asadi, A., & Akbari, T. (2019). Analysis of changes in the beginning and end of rainfall in the southwest of Iran using trend models. *Journal of Environmental Sustainability Development of Geography*, 3 (4), 107-99. [In Persian]
- Asakereh, H. (2016). Changes in time and place of precipitation in Iran during recent decades. *Geography and Development*, 10, 145-164. [In Persian]
- Asakereh, H. (2021). *Basics of Statistical Climatology*. Zanjan University Publications. [In Persian]
- Asakereh, H., Masoudian, A., & Tarkarani, F. (2021). Variability of the role of spatial factors affecting precipitation in relation to the decadal changes of annual precipitation in Iran. *Geography and environmental planning*, 32(3), 129-146. [In Persian]
- Asakereh, H. (2009). Spectral analysis of the annual temperature time series of Tabriz. *Geographical Research Quarterly*, 24 (3), 33-50. [In Persian]
- Asakereh, H., & Razmi, R. (2013). Precipitation Climatology of Northwest Iran. *Geography and Development*, 25, 137-158. [In Persian]
- Asakereh, H., & Razmi, R. (2011). Analysis of annual precipitation changes in north-west of Iran. *Geography and environmental planning*, 23 (3), 162-147. [In Persian]
- Asakereh, H. (2016). Temporal and spatial changes of Iran's rainfall during recent decades. *Geography and Development*, 10 (5), 145-164. [In Persian]
- Asakereh, H., & Dostkamian, M. (2013). Investigating the role of spatial factors on the distribution-scattering of maximum precipitable water in Iran's atmosphere. *Applied research of geographical sciences*, 15(36), 7-24. [In Persian]

- Asakereh, H., Masoudian, A., & Terkarani, F. (2019). revealing the long-term trend of annual rainfall in Iran in relation to the change in the frequency of daily rainfall. *Geography and Environmental Hazards*, 36, 121-141. [In Persian]
- Asakereh, H., Masoudian, S., & Terkarani, F. (2021). Separation of the role of internal and external factors in the decadal variability of annual rainfall in Iran during the last four decades (1355-1394). *Natural Geography Research*, 53(11), 91-107. [In Persian]
- Asbaghi, Gh., Joghataei, M., & Mohebalhojeh, A. (2016). Impact of the QBO on the North Atlantic and Mediterranean storm tracks. *Geophysical Research Letters*, 16(23), 1-8. DOI:10.1002/2016GL072056 [In Persian]
- Asbagi, G., Jaghatai, M., & Mohib al-Hijjah, A. (2015). Investigating the effects of the quasi-biennial oscillation (QBO) on the extratropical atmosphere in early winter from the perspective of energy. *Climatology research*, 16(23-24), 31-36. [In Persian]
- Azad, S., Vigneshb, T. S., & Narasimha, R. (2009). Periodicities in Indian monsoon rainfall over spectrally Campins, homogeneous regions. *International Journal of Climatology*, 30, 2289 – 2298, <https://doi.org/10.1002/joc.2045>
- Bayat, A., Saligeh, M., & Akbari, M. (2016). Climatology of Iran's winter rain-producing cyclones. *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 2, 1-18. [In Persian]
- Farooqi, A. (2015). Synopsis Analysis of Heavy Rain in Northeast Iran (Case Study 11 and 12 Farvardin 2013). *6th International Comprehensive Crisis Management Conference*. [In Persian]
- Fatemi, M., Omidvar, K., Narangi Fard, M., & Hatami Bahman Biglou, K. (2014). Recognizing the synoptic patterns affecting drought and drought periods in Central Iran. *Natural Geography Quarterly*, 8(29), 19-40. [In Persian]
- Ghasemieh, H., Bazarafshan, M., & Bakhshaish, M. K. (2016) Forecasting monthly rainfall using remote linkage models and artificial neural network in the Central Plateau Basin of Iran. *Earth and Space Physics*, 43(2), 405-418. [In Persian]
- Ghayor, H., & Asakereh, H. (2014). Application of Fourier models in estimating monthly temperature and its future forecasting, case study: Temperature of Mashhad. *Geographical Research*, 78, 83-99. [In Persian]
- Ghayor, H., & Masoudian, A. (1996). Investigating the system of total annual precipitation changes in Iran, Zemish. *Newar Journal*, 15(29), 27-60. [In Persian]
- Heydari, S., Karimi Ahmadabadi, M., & Biranvand, A. (2023). Evaluation of the performance of ERA5 reanalysis data in Iran's rainfall estimation and spatial analysis of the country's rainfall regime. *Earth Science Research, articles ready for publication*. [In Persian]
- Hiremath, K.M., & Mandi, P.I. (2004). Influence of the solar activity on the Indian Monsoon rainfall. *New Astronomy*, 9, 651–662 <https://doi.org/10.1016/j.newast.2004.04.001>
- Hosseini, M., Masoudian, A., & Mohadi, S. (2014). Investigating the simultaneity of the high pressure of the Black Sea and the occurrence of daily rainfall in Iran-Zamin. *Geographical Research Quarterly*, 116, 1-16. [In Persian].
- Jansa, J. A., & Genoves, A. (2006). Heavy rain and strong wind events and cyclones in the Balearics, *Advances in Geosciences*, 7, 73–77 DOI:10.5194/adgeo-7-73-2006
- Jahanbakhsh, S., & Adaladoost, M. (2007). Climate change in Iran, a case study of the North Atlantic Fluctuation Index as an indicator of the effects of solar activity on precipitation changes in Azerbaijan. *3rd Iran Water, Resources Management Conference. University of Tabriz*. [In Persian]
- Jahanbakhsh, S., Mohammadi, G., Khojaste, Gholami V., & Azadeh Garbagh, A. (2018). the effects of quasi-biennial fluctuations on Iran's winter rainfall. *Natural Geography Research*, 52(1), 113-127. [In Persian]

- Jalali, M., Dostkamian, M., & Shiri Karim Vandi, A. (2018). review and synoptic analysis of the dynamics of widespread and winter precipitation mechanisms in Iran. *applied research of geographical sciences*, 19(55), 37-55. [In Persian]
- Jung, I.W., Bae, D.H., & Kim, G. (2011). Recent trends of mean and extreme precipitation in Korea. *International journal of climatology*, 31, 359-370. DOI:10.1002/joc.2068
- Kalaygi Serdar, M., Cagatay, K., & Ercan, K. (2004). Analysis of EL NINO signals on Turkish streamflow and precipitation pattern using spectral analydsis. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13(8), F.719-725,
- Kayani, M., Lashkari, H., & Ghaemi, H. (2018), Analysis of the effect of the Zagros mountain range on the changes of Sudanese rainfall in western Iran. *Geography and Environmental Planning*, 30(3), 17-40. [In Persian]
- Mahajan, S., North, GR., Saravanan, Rand Genton MG. (2012). Statistical significance of trends in monthly heavy precipitation over the US. *Climate dynamics*, 38, 1375-87 Doi: 10.1007/s00382-011-1091-4
- Masoudian, A. (2011). *Weather of Iran*. first edition, Mashhad: Sharia Tos Publishing House. [In Persian]
- Masoudian, A. (2008). Rainy regions of Iran. *Journal of Geography and Development*, 13, 79-91. [In Persian]
- Masoudian, A. (2004). Anso's effect on Iran's rainfall. *Journal of Geography and Regional Development*, 4, 73-82. [In Persian]
- Montazeri, M. (2008). Temporal-spatial analysis of daily freezing rains in Iran, Geography and Environmental Planning. Isfahan. *Tabestan*, 20(2), 125-140. [In Persian]
- Mufidi, A., Zarrein, A., & Karkaneh, M. (2013). Investigating the atmospheric circulation pattern during dry and wet periods in the southern coasts of the Caspian Sea. *Iran Geophysics Journal*. 8(1), 176-140. [In Persian]
- Najafi, M. S., & Moghadam, T. (2022). Evaluating the effectiveness of three databases in estimating the time limit of rainfall in Iran. *Climate change research*, 3 (11), 98-79 DOI: 10.30488/ccr.2022.363075.1096. [In Persian]
- Qolipour, J., Mousavi Baygi, M., Jabari, A., & Nougai, M. (2016). investigation of the trend of extreme precipitation events in Razavi Khorasan province (1987-2017). *the second national hydrometeorological conference of Iran, Ferdowsi University of Mashhad, 2017-2018*. [In Persian]
- Raispour, K., & Asakereh, H. (2022). investigating the role of interaction of low pressure and polar frontal current patterns in the event of heavy rainfall in April 2018 in Lorestan province. *Geography and Environmental Hazards*, 43, 225-249. [In Persian]
- Rasouli, A., Babaiyan, I., Ghaemi, H., & Zavarreza, P. (2013). the relationship between Iran's seasonal rainfall and the temperature of the regional water zone. *Climatology Research*, 58, 57-72. [In Persian]
- Romem, M., Ziv, B., & Saaroni, H. (2007). Scenarios in the development of Mediterranean cyclones, *Adv. Geosci.*, 12, 59-65
- Sahsamanoglou, H. S., Makrogiannis, T. J., & Kallimopoulos, P. P. (1991). Some aspects of the basic characteristics of the Siberian anticyclone. *International Journal of Climatology* 11(8), 827. DOI:10.5194/adgeo-12-59-2007
- Shining, A., Khorani, A., & Rezazadeh, M. (2023). Precipitation trends in Iran based on MERRA2 data. *Earth and Space Physics*, 49(3), 669-683. [In Persian]
- Tahrodi Nazari, M., Khalili, K., & Ahmadi, F. (2013), Analysis of station and regional changes in rainfall in the last half century in Iran. *Water and Soil Journal*, 30(2), 643-654. [In Persian]
- Tarawneh, Q., & Kadioglu, M. (2003). An analysis of precipitation Climatology in Jordan. *Theor. Appl. Climatol*, 74, 123-136. DOI:10.1007/s00704-002-0705-5
- Tegart, W. J., Mc, G., Sheldon, G. W., & Griffiths, D. C. (eds.) (1990). *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Australian Government Publishing Service, Canberra

- Vernasri Khandali, N., Asakereh, H., & Farji, A. (2021) *the perspective of shifting of rainy seasons in the Caspian region, doctoral dissertation, in the field of hydrology and climate change*. Faculty of Human Sciences, Department of Geography, Zanzan University. [In Persian]
- Xoplaki, E., Gonzalez-Rouco, J.F., Luterbacher, JU and Wanner H. (2004). Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of large-scale dynamics and trends. *Climate dynamics*, 23, 63-7. DOI:10.1007/s00382-004-0422-0
- YoungIn, W., & Jang, M. (2013). Intensity of climate variability derived from the satellite and MERRA reanalysis temperatures: AO, ENSO, QBO. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial physics*, 15-27, <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2013.01.002>

