

## The effect of teleconnection patterns on monthly rainfall in Khorramabad and Kermanshah stations

Hamid Mirhashemi<sup>1</sup> , Ziba Hasanvand<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup>Assistant Professor, Geography Department, Faculty of Literature and Human Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran

<sup>2</sup> Graduated Ph.D. Student, Geography Department, Faculty of Literature and Human Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran

### Extended Abstract

#### Introduction

The climate of a region is influenced by many factors, some of which are planetary and some are regional and local. Teleconnection patterns are the origin of anomalies. Therefore, revealing the relationships between climatic parameters and teleconnection patterns is important for further understanding of climatic fluctuations and variability in each region. The purpose of this research is to investigate climate anomalies using Teleconnection patterns are the origin of anomalies that are seen Therefore, revealing the relationships between climatic parapatterns. For this purpose, the rainfall data of two observation stations (Khorram-Abad and Kermanshah) were collected during a period of 68 years (1951-2018). In this research, two types of data were used. 1- The monthly rainfall data of two synoptic stations of Khorramabad and Kermanshah were obtained from the National Meteorological Organization. 2- Data related to remote connection patterns including: Polar Oscillation (AO), North Atlantic Oscillation (NAO), Scandinavian Pattern (SCA), East Atlantic Pattern (EA), East Atlantic-West Russia Pattern (EA/WR), the North Tropical Atlas pattern (TNA), the Polar-Eurasia pattern (POL) and the Meridian Wind pattern (AMM), the Southern Oscillation (SOI), the combined pattern (Best) of the East Pacific-North Pacific Oscillation (EP/NP), Water surface temperature in Niño 1 and 2 (Niño 1+2) and water surface temperature in Niño 3 and 4 (Niño 3.4) were obtained from the NOAA website.

#### Materials and Methods

Analytical statistics and inferential statistics methods were used to determine the effect of Teleconnection indicators on rainfall in the region. First, the rainfall time series of each station was tested for significance using the Anderson-Darling test at the 95% confidence level. Also, to evaluate the condition of independence of time series, the sequence test was used. Then, the Teleconnection indices were divided into two groups. Atlantic Ocean-based indices (AO, NAO, SCA, EA, EA/WR, TNA, POL, AMM) and Pacific Ocean-based indices (SOI, Best, EP/NP, Nino 1+2, Nino 3.4) And their interaction. In most statistical materials, parametric tests such as variance analysis, correlation analysis, regression analysis, etc., are based on the assumption that the measurements within each statistical population have a normal distribution and an equal variance-covariance structure. The hypothesis of establishing a normal distribution is related to the distribution of the studied population and not the samples. In order to be able to accept this hypothesis, that hypothesis must be substantiated in theoretical fields, that is, the values must be symmetrically centered around the average number. In this regard, data that have a skewness (lack of symmetry) or are strongly integrated in a part of the measurement scale, affect the variance-covariance between the variables. Analysis of variance is one of the parametric methods that evaluates the relationship between a dependent variable and an independent variable. In this approach, the independent variable is considered as the agent variable and the dependent variable as the response variable. In order for the results of the analysis of variance to be valid, several assumptions must be considered when applying its formulas. The first assumption is that the observations are independent. It means that each observation is uncorrelated with another observation. The second assumption is that the observations are normally distributed. That is, all observed measures of central tendency, including mean, mode, and median, should be the same. The third assumption is that the variance is homogeneous. That is, the sizes of the distribution of scores should be determined. This assumption is called homogeneity of variance. Therefore, before

applying the statistical tests, first, the time series of monthly rainfall of Khorramabad and Kermanshah stations were tested for significance using the Anderson-Darling test at the 95% confidence level. If any of the precipitation time series is not normal, we tried to normalize that time series by using Johnson transformation functions. If these functions were not able to place the precipitation time series in the normal range. Kruskal-Wallis method, which is equivalent to non-parametric analysis of variance, was used to test the precipitation of these non-normal time series. In the following, in order to find out whether the average monthly rainfall of Khorramabad and Kermanshah synoptic stations has changed during the different phases of the teleconnection patterns, or in other words, whether the average monthly rainfall in the west has undergone changes due to the positive or negative phase of these patterns, first the values The standardized index of these patterns was divided into three levels: neutral, positive and negative. Then one-factor analysis of variance and Kruskal-Wallis test were implemented on these three levels as factors and the time series of monthly rainfall as the response variable.

### Conclusion

The distribution values of Kruskal-Wallis statistics for the months of October and September and the values of the analysis of variance statistics for other months of the year revealed that the influence of the indices based on the Atlantic Ocean has less homogeneity and order than the indices based on the Pacific Ocean. In a way that the phase change of the Pacific Ocean indicators has caused a significant change in the rainfall of October and November in Khorramabad and October in Kermanshah. If the influence of the patterns based on the Atlantic Ocean does not have such an arrangement. In general, the patterns of the Atlantic Ocean have caused a significant change in precipitation mainly in the winter season, while the patterns based on the Pacific Ocean have had a significant effect on the precipitation in the autumn season. In this regard, the East Atlas-West Russia pattern had the most significant effect on the precipitation of these two stations, while the polar oscillation pattern, the Eurasia polar pattern, and the meridian temperature pattern caused a significant change in precipitation in only one month and one station. Also, the Scandinavian pattern has a significant effect on the October rainfall in Khorramabad, January, March and December in Kermanshah. On the other hand, the East Atlas pattern and the North Tropical Atlas pattern have had a significant effect on February rainfall in Kermanshah and October in Khorramabad. On the other hand, the East Atlas pattern and the North Tropical Atlas pattern have had a significant effect on February rainfall in Kermanshah and October in Khorramabad. The East Atlas and Scandinavian patterns have a significant effect on the October rainfall in Khorramabad and Kermanshah. In general, the patterns of the Atlantic Ocean have caused a significant change in precipitation mainly in the winter season, while the patterns based on the Pacific Ocean have had a significant effect on the precipitation in the autumn season.

**Keywords:** Anderson-Darling test, Kruskal-Wallis test, Precipitation, Teleconnection

**Article Type:** Research Article

\*Corresponding Author, E-mail: ziba.h1370@gmail.com

**Citation:** Mirhashemi, H., & Hasanvand, Z. (2023). The effect of teleconnection patterns on monthly rainfall in Khorram Abad and Kermanshah stations. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(4), 133-151.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11702.1159

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.4.11.5

Received: 23 October 2022, Received in revised form: 12 November 2022, Accepted: 12 November 2022, Published online: 12 November 2022

*Water and Soil Management and Modeling*, Year 2023, Vol. 3, No. 4, pp. 133-151

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





## تأثیر الگوهای پیوند از دور بر بارش‌های ماهانه ایستگاه‌های شهر خرم‌آباد و کرمانشاه

حمید میرهاشمی<sup>۱</sup>، زیبا حسونود<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران  
<sup>۲</sup> دانش آموخته دکتری، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

### چکیده

آب و هوای یک منطقه تحت تأثیر عوامل فراوانی است که برخی از آن‌ها سیاره‌ای و برخی منطقه‌ای و محلی هستند. الگوهای پیوند از دور موجب ناهنجاری‌ها هستند که هم‌زمان در نواحی خیلی دور دیده می‌شوند. بسیاری از این الگوها ماهیت سیاره‌ای دارند و سراسر اقیانوس‌ها و قاره‌ها را در بر می‌گیرند. بنابراین، آشکارسازی روابط بین پارامترهای اقلیمی و الگوهای پیوند از دور برای شناخت بیش‌تر نوسانات و تغییرپذیری اقلیمی در هر منطقه حائز اهمیت است. هدف از اجرای این پژوهش بررسی ناهنجاری‌های اقلیمی با استفاده از الگوهای پیوند از دور است. بدین‌منظور داده‌های بارش دو ایستگاه همدیدی (خرم‌آباد و کرمانشاه) طی بازه زمانی ۶۷ ساله (۱۹۵۱-۲۰۱۸) گردآوری شدند. جهت مشخص کردن تأثیر شاخص‌های پیوند از دور بر بارش منطقه، از روش‌های آمار تحلیلی و استنباطی استفاده شد. نخست سری‌های زمانی بارش هر ماه ایستگاه‌ها با استفاده از آزمون اندرسون-دارلینگ در سطح اعتماد ۹۵ درصد اطمینان مورد آزمون معناداری قرار گرفت. هم‌چنین برای ارزیابی شرط استقلال سری‌های زمانی از آزمون دنباله‌ها استفاده شد. سپس شاخص‌های پیوند از دور به دو گروه مجزا تقسیم شد. شاخص‌های مبتنی بر اقیانوس اطلس (AO, NAO, SCA, EA, EA/WR, TNA) و شاخص‌های مبتنی بر اقیانوس آرام (POL, AMM) و شاخص‌های مبتنی بر اقیانوس آرام (SOI, Best, EP/NP, Nino 1+2, Nino 3.4) و تأثیر متقابل آن‌ها مورد آزمون قرار گرفت. مقادیر توزیع آماره‌های کروسکال-والیس برای ماه‌های اکتبر و سپتامبر و مقادیر آماره تحلیل واریانس برای سایر ماه‌های سال مشخص کرد که تأثیر شاخص‌های مبتنی بر اقیانوس اطلس از همگنی و نظم کم‌تری نسبت به شاخص‌های مبتنی بر اقیانوس آرام برخوردار هستند، به‌طوری‌که تغییر فاز شاخص‌های اقیانوس آرام موجب تغییر معنادار بارش دو ماه اکتبر و نوامبر خرم‌آباد و اکتبر کرمانشاه شد. در صورتی‌که تأثیر الگوهای مبتنی بر اقیانوس اطلس از چنین ترتیبی برخوردار نیست. به‌طور کلی، الگوهای اقیانوس اطلس عمدتاً در فصل زمستان موجب تغییر معنادار بارش شده‌اند در صورتی‌که الگوهای مبتنی بر اقیانوس آرام در فصل پاییز اثر معناداری بر بارش داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: آزمون اندرسون-دارلینگ، آزمون کروسکال-والیس، بارش، پیوند از دور

### نوع مقاله: پژوهشی

\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ziba.h1370@gmail.com

استناد: میرهاشمی، حمید، و حسونود، زیبا (۱۴۰۲). تأثیر الگوهای پیوند از دور بر بارش‌های ماهانه ایستگاه‌های شهر خرم‌آباد و کرمانشاه. مدل‌سازی و

مدیریت آب و خاک، ۳(۴)، ۱۳۳-۱۵۱.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11702.1159

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.4.11.5



تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۱، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۱، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۸/۲۱

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۲، دوره ۳، شماره ۴، صفحه ۱۳۳ تا ۱۵۱

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی © نویسندگان

## ۱- مقدمه

آب و هوا تنها تابع جو نیست، بلکه واکنشی به ارتباط و جفت‌شدگی بین جو، آب‌کره، زیست‌کره و سنگ‌کره است. هر یک از دستگاه‌ها، حوضه نفوذی در آب و هوا دارند. همچنین تغییر در هر کدام منجر به تغییر در دیگری می‌شود (Bridgman and Oliver, 2006). این دستگاه‌ها از یک ارتباط درونی و برونی برخوردارند که اندرکنش آن‌ها منتهی به دستگاه بزرگ آب و هوا می‌شود. در این خصوص، هواکره به دلیل خاصیت سیال و پیوسته بودن، افزون بر این که همانند سایر دستگاه‌ها از تغییر دستگاه‌های دیگر متأثر می‌شود، بلکه تغییر در بخش کوچکی از آن، از لحاظ مکانی تا فواصل بسیار دور از آن نیز انتقال می‌یابد. از سویی، به دلیل خاصیت آشوبناک بودن ممکن است تغییر کوچکی در بخشی از آن منجر به تغییر بزرگی در بخش دیگری از آن شود. به این ترتیب، مبحث پیوند از دور، پاسخی به تشخیص و شناسایی تأثیرات نوسانات در بخشی از هوا به قسمت دیگری از آن است. بدین معنا پیوند از دور جزء جدا نشدنی از مطالعه اندرکنش هوا-دریا و فرآیندهای آب و هوای کره است. به طور کلی پیوند از دور چگونگی بارش-دما و نوسانات سایر متغیرهای جوی را مرتبط با نوسانات مراکز عمده فشار می‌داند (Akbari and Masoudian, 2007; Qhasemi, 2009). درک علت و ماهیت تغییرات اقلیمی از مهم‌ترین اهداف جمع‌آوری داده‌های هوا و اقلیم و پایش پدیده‌های اقلیمی است. در این زمینه نوسانات اقلیمی ناشی از الگوهای پیوند از دور مورد توجه ویژه قرار گرفته شده است (Armaghan Bostanabadi, 2016).

از جمله پژوهش‌هایی که در این زمینه در ایران صورت گرفته شده می‌توان به Khourshiddoust and Qavidel Rahimi (2007) اشاره کرد آن‌ها با بررسی اثر انسو بر بارش آذربایجان شرقی با استفاده از روش همبستگی پیرسون به این نتیجه رسیدند که از غرب به شرق و از شمال به جنوب استان، پدیده انسو تأثیر بیش‌تری داشته است. همچنین، همبستگی معنادار در فصل پاییز مشاهده شده و در این منطقه افزایش و کاهش بارش به ترتیب هم‌زمان با رخداد النینو و لانینا است. Yarahamdi et al. (2007) در تحلیل چندمتغیره ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی به این نتیجه رسیدند که نوسان قطبی و نوسان اطلس شمالی با مقدار بارش زمستان رابطه بیش‌تری نسبت به بارش پاییز داشته است. ضریب شاخص‌های نوسان قطبی و نوسان اطلس شمالی منفی است که نشان‌دهنده رابطه معکوس بین مقدار بارش فصل‌های زمستان و پاییز و شاخص‌های مورد بررسی بوده است. Fatahi et al. (2009) در ارتباط انسو با گردش زمستانه ایران به این نتایج رسیدند که الگوهای هوای کم‌فشار مدیترانه، کم‌فشار جنب قطبی، پرفشار

شرقی، پرفشار شمالی، پرفشار اروپای شرقی و تلفیق سامانه‌های پرفشار سیبری با پرفشار اروپایی در فاز النینو بیش‌ترین فراوانی را داشته است، در حالی که الگوهای پرفشار سیبری و پرفشار مرکزی در فاز لانینا از فراوانی بیش‌تری برخوردار بوده‌اند. طی مطالعاتی که Sobhani et al. (2014) درباره ارتباط بین دماهای میانگین، بیشینه و کمینه ماهانه با شاخص اطلس شمالی (NAO) در شمال‌غربی ایران از روش‌های تحلیل آماری و تهیه نقشه استفاده کردند، به این نتایج دست یافتند که شاخص مربوطه در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی با دمای هوا دارای همبستگی منفی است. از سویی بیش‌ترین مقدار همبستگی این شاخص با دماهای میانگین ماهانه و کم‌ترین همبستگی با کمینه دمای ماهانه است. Azizi et al. (2014) اثر فازهای NAO و SOI بر آب و هوای ایران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که فصل پاییز بیش‌ترین ارتباط را با شاخص‌های اقلیمی مذکور دارد. Omidvar and Jafari Nadushan (2018) به اثر نوسان قطبی بر نوسان‌های دما و بارش زمستان در ایران مرکزی پرداختند. به دلیل عدم وجود ضرایب همبستگی معنادار اغلب ایستگاه‌های مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که بین نوسان قطبی و بارش زمستانه ایران مرکزی رابطه‌ای وجود ندارد. Tulabi Nejad et al. (2018) اثرات نوسان اطلس شمالی بر تغییرات تراز میانی را بررسی کردند. نتایج بیان‌گر آن بود که میزان بارش غرب کشور در چهار ماه ژانویه، مارس، آوریل و نوامبر ارتباط معناداری با نوسان اطلس شمالی (NAO) داشته است. Razmjoo et al. (2020) در پژوهشی به آشکارسازی دوره تناوب خشکسالی‌ها و ترسالی‌های ایران پرداختند و انطباق زمانی آن‌ها با چرخه‌های الگو پیوند از دور (شاخص NAO) را بررسی کردند. نتایج تحلیل طیفی روی سری‌های زمانی نشان داد که هر ماه دوره‌های تناوبی مختلفی شامل دوره تناوب‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت وجود دارد که در این بین بیش‌ترین حاکمیت با دوره‌های تناوب کوتاه‌مدت (کم‌تر از ۱۰ سال) است. Moron and Plaut (2003) اثرات انسو بر رژیم اقلیمی اروپا و اطلس شمالی را در طول ۱۱۹ زمستان مورد بررسی قرار داده و ارتباطی تنگاتنگ بین رخداد پدیده‌های یخبندان و سوزباد در فاز سرد (لانینا) و افزایش مقدار بارش و تغییر نوع بارش زمستانه (از برف به باران)، افزایش درجه حرارت زمستانی به ویژه افزایش دمای سطح آب در فاز گرم (النینو) را آشکار کرده‌اند. Smolinski (2004) الگوی نوسان قطبی را به‌عنوان یکی از الگوهای بزرگ گردشی و بیان‌کننده تغییرات اقلیمی نیم‌کره شمالی مطرح می‌کند. به این نتایج رسید که در طی فاز منفی الگوی نوسان قطبی سبب پایین آمدن دمای هوا و یخبندان‌های شدید در آمریکای شمالی و اروپا شده است. Wolfgang et al.

برای مطالعات و برنامه‌ریزی‌های آینده این مناطق تصمیمی مناسب اتخاذ شود.

## ۲- داده‌ها و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

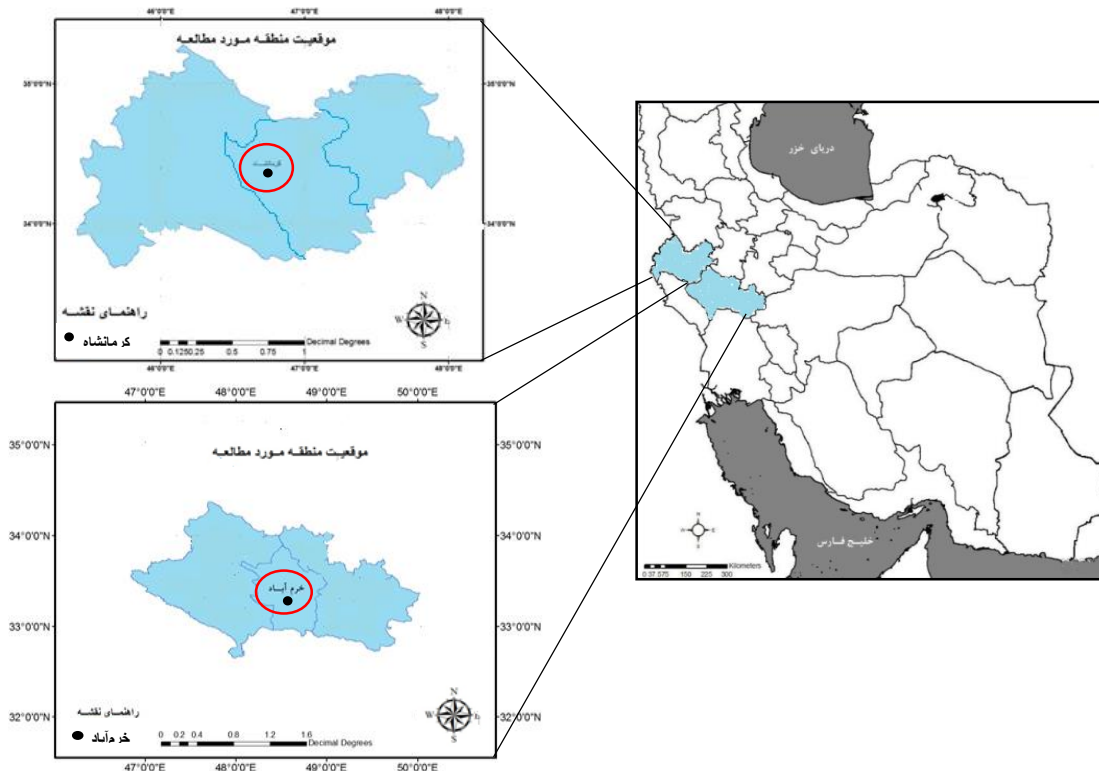
شهر خرم‌آباد مرکز استان لرستان است که در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض شمالی ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی در ارتفاع ۱۱۴۷/۸ متر از سطح دریا قرار دارد. مساحت آن برابر ۶۲ کیلومتر مربع است. این شهرستان از شمال به شهرستان سلسله، از شمال شرق به شهرستان بروجرد، از شرق به شهرستان‌های دورود و الیگودرز، از جنوب به شهرستان‌های اندیمشک و از غرب و جنوب غرب به شهرستان‌های دوره و پلدختر محدود می‌شود. شهر خرم‌آباد در میان دره‌های رشته کوه زاگرس محصور شده و دارای آب و هوای مدیترانه‌ای معتدل و نیمه مرطوب با میزان بارندگی زیاد به‌ویژه در فصل‌های بهار و زمستان است (Hassanvand, 2014).

شهر کرمانشاه مرکز استان کرمانشاه است که در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴ دقیقه شرقی و عرض شمالی ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی در ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. مساحت آن برابر ۹۵/۹۷ کیلومتر مربع است. این شهرستان از شمال به کوه فرخشاد و کوه پراو، از شمال غربی به کوه طاق بستان و از جنوب به سفید کوه منتهی می‌شود. کرمانشاه از مهم‌ترین شهر در منطقه مرکزی غرب ایران است که دارای آب و هوای معتدل و کوهستانی است (Lashkari et al., 2014). در شکل ۱ موقعیت هر دو منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

### ۲-۲- روش تحقیق

در این پژوهش از دو دسته داده استفاده شد. ۱- داده‌های بارش ماهانه دو ایستگاه همدید خرم‌آباد و کرمانشاه طی بازه زمانی ۶۷ ساله (۱۹۵۱-۲۰۱۸) از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. ۲- داده‌های مرتبط با الگوهای پیوند از دور از جمله: نوسان قطبی (AO)، نوسان اطلس شمالی (NAO)، الگوی اسکاندیناوی (SCA)، الگوی شرق اطلس (EA)، الگوی شرق اطلس-غرب روسیه (EA/WR)، الگوی اطلس حاره‌ای شمالی (TNA)، الگوی قطبی-اوراسیا (POL) و الگوی باد نصف‌النهاری (AMM)، نوسان جنوبی (SOI)، الگوی ترکیبی دو اقیانوس آرام-شمال اقیانوس آرام (EP/NP)، دمای سطح آب در ناحیه نینو ۱ و ۲ (Niño 1+2) و دمای سطح آب در ناحیه نینو ۳ و ۴ (Niño 3.4) از تارنمای NOAA دریافت شد. جهت مشخص کردن تأثیر شاخص‌های پیوند از دور (جدول ۱) بر بارش منطقه از روش‌های آمار تحلیلی و آمار استنباطی استفاده شد و نتایج حاصل از این آزمون‌ها آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شد.

(2004) تأثیر زمستانه نوسان قطبی را بر موسمی‌های اقیانوس هند مطالعه کردند. آن‌ها به بررسی تأثیرات الگوهای گردشی نیم‌کره شمالی از جمله الگوی نوسان قطبی بر تغییرات دمایی و بارش‌های موسمی اقیانوس هند پرداختند. Pozo-Vázquez et al. (2005) به منظور شناسایی ارتباط بین رخداد‌های نینو نوسان جنوبی و ناهنجاری‌های بارش زمستانه اروپا، ارتباط بین بارش‌های اروپا و رخداد انسو را از سال ۱۹۰۰ تا ۱۹۹۸ تجزیه و تحلیل کردند. بررسی آنان ارتباط آماری معناداری را بین ناهنجاری‌های بارش زمستانه اروپا و رخداد انسو در فازهای لائینا، با ناهنجاری‌های مثبت بارش در شمال جزایر بریتانیا و اسکاندیناوی و ناهنجاری‌های منفی بارش در جنوب اروپا شبیه الگوهای بارش مرتبط با فاز مثبت نوسان اطلس شمالی مشخص کرد. Turkes and Erlat (2005) طی مطالعه‌ای نشان دادند که بین تغییرات شاخص اطلس شمالی و بارش فصل زمستان یک همبستگی منفی قوی در ترکیه وجود دارد، به طوری که فاز منفی الگوی NAO همراه با کاهش دما و افزایش بارش در فصل زمستان و فاز مثبت آن سبب افزایش دما و پیدایش خشکسالی و کاهش بارش در زمستان سراسر ترکیه شده است. Arahjo et al. (2011) در بررسی اثرات شاخص انسو بر کشاورزی برزیل به این نتیجه رسیدند که رخداد‌های انسو تأثیر چشم‌گیری در فعالیت‌های روستایی از جمله کشاورزی دارند. نتایج حاصل از شبیه‌سازی در این پژوهش نشان داد که محصولات ذرت و لوبیا نسبت به اثرات النینو در شمال شرقی بسیار آسیب‌پذیر بوده و تأثیر لائینو در منطقه جنوب برای همه تولیدات بسیار مورد توجه است. Ueangsawat et al. (2015) در مطالعه سرنوشت انسو در شمال تایلند شمالی منطقه موردی دی چینگ مای، اثرات فازهای قوی و متوسط انسو را در بارش و دمای هوا در نواحی پست و نواحی مرتفع و کوهستانی در شمال تایلند را نشان داد. Lim and Kim (2016) نقش دو الگوی پیوند از دور نوسان قطبی (AO) و اوراسیا را در تغییرات سال به سال دماس زمستانی منطقه موسمی‌ها و جنوب شرق آسیا مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که نوسان قطبی (AO) موجب افزایش دما و الگوی اوراسیا موجب کاهش دمای زمستان مناطق جنوب شرق آسیا می‌شوند. هدف از این پژوهش شناسایی الگوهای پیوند از دور و تحلیل آثار آن‌ها در منطقه و دست یافتن به نتایجی در رابطه با تأثیر الگوهای پیوند از دور بر تغییرات بارش دو شهر خرم‌آباد و کرمانشاه است. این پژوهش با توجه به کاربرد شاخص‌های متعدد و ارتباط آن با بارش منطقه صورت گرفته است. بنابراین، هنوز کمبود مطالعات بنیادی گسترده تا رسیدن به یک نگرش جامع در این زمینه پیوند از دور وجود دارد، تا با مطالعه عملکرد اقلیم منطقه در ارتباط با شاخص‌های اقلیمی



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه  
Figure 1- Geographical location of the study area

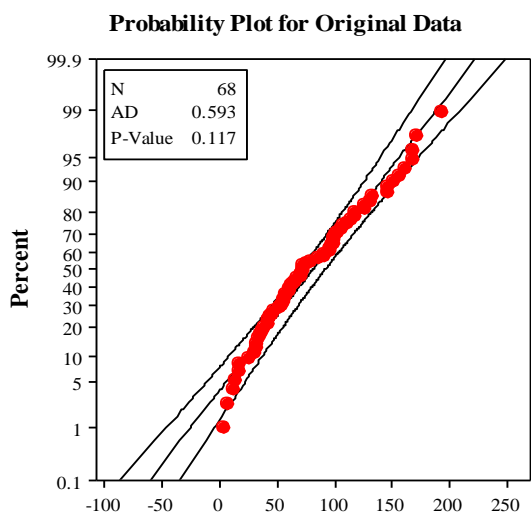
گرایش مرکزی مشاهده شده شامل میانگین، مد و میانه یکسان باشند. فرض سوم، واریانس همگن باشد. یعنی اندازه‌های پراکنش نمرات بایستی مشخص شوند. این فرض تحت عنوان همگنی واریانس به شمار می‌رود (Qassimi, 2009).

جدول ۱- فهرست شاخص‌های مورد استفاده در کار پژوهشی  
Table 1- List of indicators used in the research work

شاخص	تعریف لاتین	تبیین فارسی / منطقه/ ناحیه
AO	Arctic Oscillation	الگوی شمالگان
AMM <sub>wind</sub>	Atlantic Meridional Mod(wind)	الگوی باد نصف‌النهاری
Best	Bivariate ENSO Timeseries index	نمایه‌ای از انسو (الگوی ترکیبی)
EA	East Atlantic	الگوی شرق اطلس
EA/WR	East Atlantic-West Russian	الگوی شرق اطلس - غرب روسیه
EP/NP	East Pacific - North Pacific -	نوسان شرق اقیانوس آرام - شمال اقیانوس آرام
NAO	North Atlantic Oscillation	نوسان اطلس شمالی
POL	Polar/Eurasia patterns	الگوی قطبی - اوراسیا
SCA	Scandinavia Pattern	الگوی اسکاندیناوی
SOI	Southern Oscillation Index	نوسان جنوبی
TNA	Tropical North Atlantic	الگوی اطلس خاره‌ای

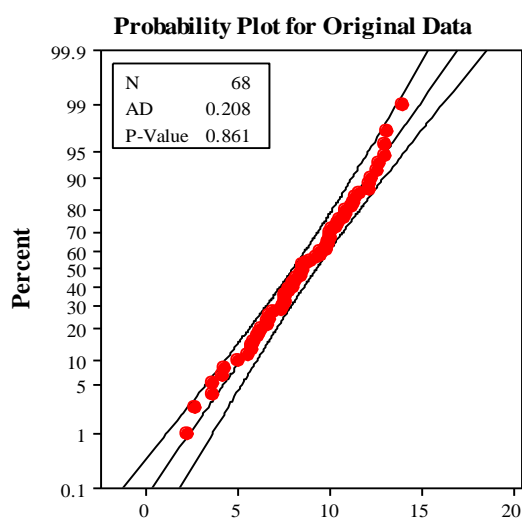
در اغلب مطالب آماری انجام آزمون‌های پارامتری هم‌چون تحلیل واریانس، تحلیل همبستگی، تحلیل رگرسیون و غیره، بر این فرض متکی بوده که اندازه‌گیری‌های داخل هر جامعه آماری دارای توزیع نرمال و ساختار واریانس-کواریانس برابر هستند. فرضیه برقراری توزیع نرمال با توزیع جمعیت‌های مورد مطالعه ارتباط دارد و نه نمونه‌ها. برای این که بتوان این فرضیه را پذیرفت، آن فرضیه باید در حوزه‌های نظری مستدل باشد؛ یعنی باید مقادیر به‌صورت متقارن در اطراف عدد میانگین متمرکز شده باشند (Khourshiddoust and Beorani, 2011). در این خصوص داده‌هایی که دارای کجی هستند (فقدان تقارن) و یا در قسمتی از مقیاس اندازه‌گیری به‌شدت مجتمع شده‌اند، واریانس-کواریانس میان متغیرها را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Qassimi, 2009).

تحلیل واریانس یکی از روش‌های پارامتری است که رابطه بین یک متغیر وابسته و یک متغیر مستقل را ارزیابی می‌کند. در این رویکرد، متغیر مستقل تحت عنوان متغیر عامل و متغیر وابسته به‌عنوان متغیر پاسخ قلمداد می‌شود. برای این که نتایج آن تحلیل واریانس معتبر باشند، هنگام کاربرد فرمول‌های آن بایستی چند پیش‌فرض مدنظر باشد. فرض اول این است که مشاهدات مستقل باشند. یعنی هر مشاهده با مشاهده دیگر ناهمبسته باشد. فرض دوم مشاهدات به‌صورت نرمال توزیع شده باشند. یعنی همه اندازه‌های



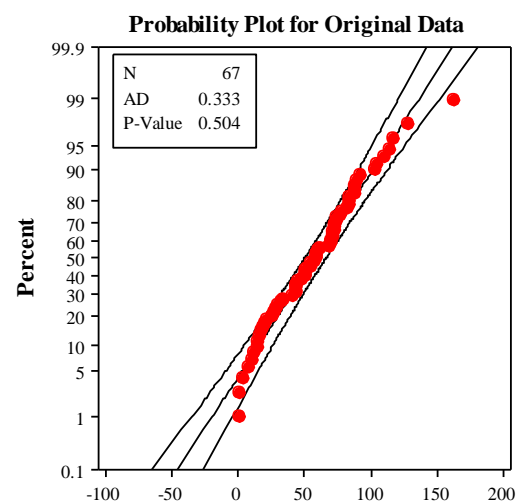
شکل ۲- نمودار احتمالاتی توزیع بارش مارس خرم‌آباد

Figure 2- Probability diagram of March rainfall distribution in Khorramabad



شکل ۳- نمودار احتمالاتی توزیع بارش دسامبر خرم‌آباد

Figure 3 - Probability diagram of December rainfall distribution in Khorramabad



شکل ۴- نمودار احتمالاتی توزیع بارش دسامبر کرمانشاه

Figure 4- Probability diagram of December rainfall distribution in Kermanshah

بنابراین، پیش از به‌کارگیری آزمون‌های آماری، نخست سری‌های زمانی بارش هر ماه ایستگاه‌های خرم‌آباد و کرمانشاه با استفاده از آزمون اندرسون-دارلینگ در سطح اعتماد ۹۵ درصد اطمینان مورد آزمون معناداری قرار گرفتند. در صورت نرمال نبودن هر کدام از سری‌های زمانی بارش، سعی شد با کاربرد توابع تبدیل جانسون، آن سری زمانی نرمال شوند. در صورتی که این توابع قادر نبودند سری‌های زمانی بارش را در محدوده نرمال قرار دهند، برای آزمون قرار دادن بارش این سری‌های زمانی غیرنرمال از روش کروسکال-والیس که معادل ناپارامتری تحلیل واریانس است استفاده شد. همچنین برای ارزیابی شرط استقلال سری‌های زمانی از آزمون دنباله‌ها استفاده شد. در ادامه، به‌منظور دستیابی به این که آیا میانگین بارش‌های ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک خرم‌آباد و کرمانشاه در طی فازهای متفاوت الگوهای پیوند از دور تغییر کرده یا به عبارتی آیا با رخداد فاز مثبت یا منفی این الگوها، میانگین بارش ماهانه غرب دستخوش تغییر شده‌اند، ابتدا مقادیر استاندارد شده شاخص این الگوها به سه سطح خنثی، مثبت و منفی تفکیک شدند. آن‌گاه تحلیل واریانس یک عاملی و آزمون کروسکال-والیس بر این سه سطح به‌عنوان عامل و سری زمانی بارش ماهانه به‌عنوان متغیر پاسخ پیاده‌سازی شد (Qassimi, 2009).

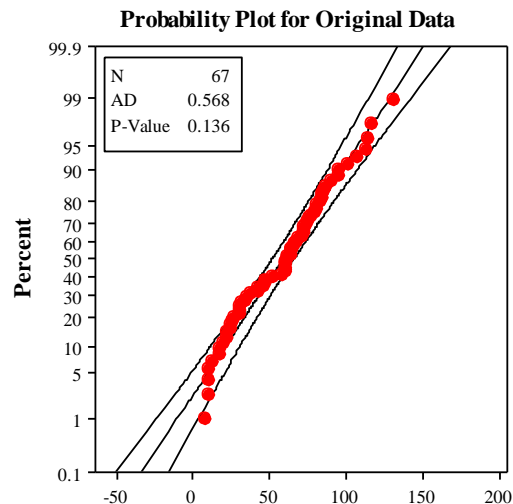
### ۳- نتایج و بحث

نتایج آزمون اندرسون دارلینگ نشان داد که تنها داده‌های سری زمانی مارس و دسامبر خرم‌آباد (شکل‌های ۲ و ۳) و سری زمانی ژانویه، فوریه و دسامبر ایستگاه کرمانشاه در سطح اعتماد ۹۵ درصد اطمینان از توزیع نرمال برخوردارند (شکل‌های ۲ تا ۴). ( $N =$  تعداد نمونه،  $AD =$  اندرسون-دارلینگ). لذا با کاربرد توابع تبدیل جانسون، توزیع سری زمانی بارش فوریه، دسامبر، مه و نوامبر خرم‌آباد و مارس، آوریل، مه و نوامبر ایستگاه کرمانشاه نرمال شدند (جدول ۲ و شکل ۷). همچنین نتایج به‌دست آمده از آزمون دنباله‌ها، گویایی استقلال این سری‌های زمانی است.

در ادامه، به‌منظور دستیابی به این که آیا میانگین بارش‌های ماهانه ایستگاه‌های هم‌مدیدی خرم‌آباد و کرمانشاه در طی فازهای متفاوت الگوهای پیوند از دور تغییر کرده یا به عبارتی آیا با رخداد فاز مثبت یا منفی این الگوها، میانگین بارش ماهانه غرب دستخوش تغییر شده‌اند، ابتدا مقادیر استاندارد شده شاخص این الگوها به سه سطح خنثی، مثبت و منفی تفکیک شدند. آن‌گاه تحلیل واریانس یک عاملی و آزمون کروسکال-والیس بر این سه سطح به‌عنوان عامل و سری زمانی بارش ماهانه به‌عنوان متغیر پاسخ پیاده‌سازی شد. نتیجه این اجرا در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده است.

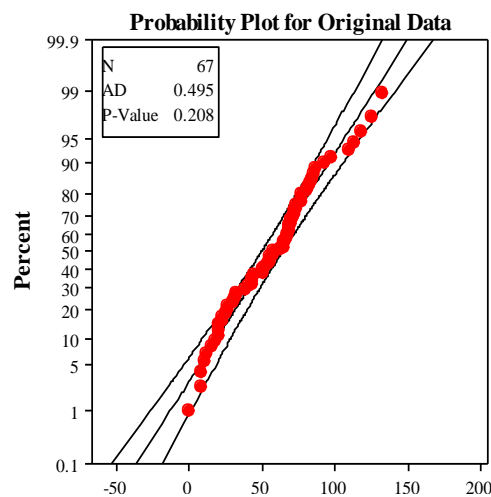
تأثیر متقابل آن‌ها مورد آزمون قرار گیرد یعنی آزمون شود که آیا هر یک از این شاخص‌ها به‌صورت تعاملی با دیگر شاخص‌ها موجب تغییر بارش ماهانه دو ایستگاه مورد بررسی شده‌اند.

چنان‌که از جدول‌های ۳ و ۴ مشخص است مقادیر توزیع آماره‌های کروسکال-والیس برای ماه‌های اکتبر و سپتامبر و مقادیر آماره تحلیل واریانس برای سایر ماه‌های سال نشان از آن دارد که تأثیر شاخص‌های مبتنی بر اقیانوس اطلس از همگنی و نظم کم‌تری نسبت به شاخص‌های مبتنی بر اقیانوس آرام برخوردارند. به طریقی که تغییر فاز شاخص‌های اقیانوس آرام موجب تغییر معنادار بارش دو ماه اکتبر و نوامبر خرم‌آباد و اکتبر کرمانشاه شده‌اند. در صورتی‌که تأثیر الگوهای مبتنی بر اقیانوس اطلس از چنین ترتیبی برخوردار نیستند. در این راستا، الگوی شرق اطلس- غرب روسیه از بیش‌ترین تأثیر معنادار بر بارش این دو ایستگاه برخوردار بوده، در حالی‌که الگوی نوسان قطبی، الگو قطبی- اورسیا و الگوی دمای نصف‌النهاری تنها در یک ماه و یک ایستگاه موجب تغییر معنادار بارش شده‌اند. همچنین الگوی اسکاندیناوی تأثیر معناداری بر بارش اکتبر خرم‌آباد، ژانویه و مارس و دسامبر کرمانشاه دارد. از سویی الگوی شرق اطلس و الگوی اطلس حاره‌ای شمالی تأثیر معناداری بر بارش فوریه کرمانشاه و اکتبر خرم‌آباد داشته‌اند. الگوی شرق اطلس و اسکاندیناوی در بارش اکتبر خرم‌آباد و کرمانشاه اثر معناداری دارند. به‌طور کلی، الگوهای اقیانوس اطلس عمدتاً در فصل زمستان موجب تغییر معنادار بارش شده‌اند در صورتی‌که الگوهای مبتنی بر اقیانوس آرام در فصل پاییز، اثر معناداری بر بارش داشته‌اند. این نتایج حاکی از آن است که میانگین بارش حداقل یکی از فازهای این الگوها، دارای اختلاف معناداری با دو فاز دیگر آن‌ها است. بنابراین برای پی‌بردن به این‌که بارش کدام فاز از دیگر فازها متفاوت است و همچنین به‌منظور دستیابی به اطلاعاتی در مورد فاصله‌های اختلاف میانگین بارش، مقایسه دوگانه‌ای بین بارش این فازها با استفاده از آزمون توکی و آزمون من- ویتنی صورت گرفت که تفسیر نتایج آن در ذیل ارائه می‌شود. نتایج حاصل از این آزمون‌ها نشان می‌دهد الگوی شرق اطلس- غرب روسیه از عملکرد یکسانی در طی ماه‌های مورد تأثیر برخوردار نیست. چنان‌که بارش مارس و دسامبر، به‌ترتیب از همبستگی منفی و مثبت با این الگو برخوردارند (شکل‌های ۸ و ۹). به‌عبارتی فاز منفی این الگو در مارس و فاز مثبت آن در دسامبر، باعث افزایش بارش می‌شوند. بنابراین به نظر می‌رسد که تأثیر این الگو منوط به عملکرد سایر الگوهای دیگر است که در طی ماه مارس و دسامبر تأثیر معناداری بر بارش ایستگاه‌های خرم‌آباد و کرمانشاه دارند.



شکل ۵- نمودار احتمالاتی توزیع بارش ژانویه کرمانشاه

Figure 5- Probability diagram of January rainfall distribution in Kermanshah



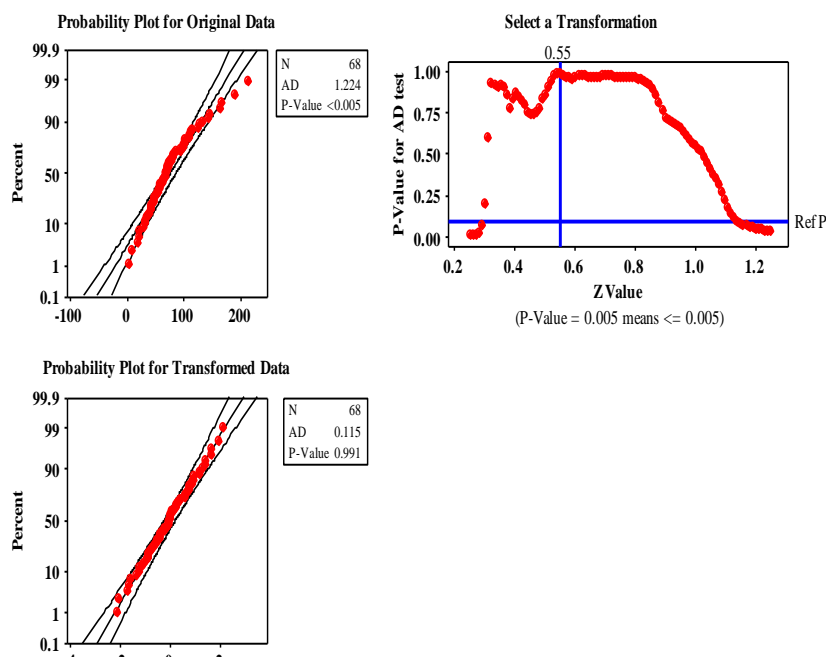
شکل ۶- نمودار احتمالاتی توزیع بارش فوریه کرمانشاه

Figure 6- Probability chart of February rainfall distribution in Kermanshah

گفتنی است که این شاخص‌ها بر حسب موقعیت جغرافیایی که در آن محاسبه شده‌اند، به دو گروه قابل تفکیک‌اند. گروه اول که معرف نوسان‌های دما و فشار در امتداد نصف‌النهاری اقیانوس اطلس هستند عبارتند از: نوسان قطبی (AO)، نوسان اطلس شمالی (NAO)، الگوی اسکاندیناوی (SCA)، الگوی شرق اطلس (EA)، الگوی شرق اطلس-غرب روسیه (EA/WR)، الگوی اطلس حاره‌ای شمالی (TNA)، الگوی قطبی-اوراسیا (POL) و الگوی باد نصف‌النهاری (AMM)، گروه دوم که دلالت بر نوسان‌های دما و فشار در امتداد اقیانوس آرام دارند عبارتند از: نوسان جنوبی (SOI)، الگوی ترکیبی (Best) نوسان شرق اقیانوس آرام- شمال اقیانوس آرام (EP/NP)، دمای سطح آب در ناحیه نینو ۱ و ۲ (Niño 1+2) و دمای سطح آب در ناحیه نینو ۳ و ۴ (Niño 3.4). بنابراین در تحلیل‌ها سعی می‌شود که زمان‌های تمرکز تأثیر این دو گروه شناسایی و همچنین



## Johnson Transformation for Jan



شکل ۷- نمودار احتمالاتی داده‌های اولیه بارش ژانویه، نمودار داده‌های نرمال شده بارش ژانویه و نمودار پراکنش نقطه‌ای P مقدار آزمون اندرسون دارلینگ در برابر Z مقدار

Figure 7- Probability diagram of initial January rainfall data, normalized January rainfall data diagram and point distribution diagram of P value of Anderson Darling test against Z value

جدول ۲- توابع تبدیل جانسون محاسبه شده برای نرمال‌سازی توزیع سری‌های زمانی بارش ماهانه ایستگاه خرم‌آباد و کرمانشاه

Table 2- Johnson transformation functions calculated for normalizing the distribution of monthly rainfall time series of Khorram Abad station and Kermanshah

توابع تبدیل سری‌های زمانی غیرنرمال به سری‌های زمانی با توزیع نرمال	
ایستگاه سینوپتیک خرم‌آباد	
ماه	ژانویه
	$-1.115 + 1507 * A \sinh((Rain - 35.15) / 42.12)$
	$-542.90 - 260 * A \sinh((Rain - 31.07) / 24.22)$
	$0.8266 + 0.842 * \ln((Rain + 0.584) / (240.81 - Rain))$
	$4.804 + 1.11 * \ln((Rain + 3.476) / (1649.1 - Rain))$
	$1.781 + 1.028 * \ln((Rain + 5.933) / (380.089 - (Rain)))$
	نوامبر
ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه	
ماه	مارس
	$-0.971 + 1.177 * A \sinh((Rain - 37.29) / (30.55))$
	$-2.47 + 1.416 * A \sinh((Rain - 4.68) / (17.41))$
	$1.702 + 0.685 * \ln((Rain + 0.888) / (228.94 - Rain))$
	می
	$-8.038 + 1.87 * \ln((Rain + 30.63))$
	نوامبر

این الگو به ترتیب برابر با ۷۸ و ۵۱ میلی‌متر محاسبه شد (شکل ۱۱)، اما این اختلاف ۲۷ میلی‌متری در بارش نوامبر، در سطح ۹۵ درصد اطمینان معنادار نبود. با این وجود، ارتباط مستقیمی بین نوسان‌های این الگو و تغییر بارش نوامبر کرمانشاه وجود دارد. به‌طور کلی در نوامبر، وقتی پرفشار جنب‌حاره‌ای و کم‌فشار جنب‌قطبی از قدرت کافی برخوردارند به موازات آن بارش‌های نوامبر منطقه مورد مطالعه افزایش پیدا می‌کنند.

از سویی، میانگین بارش نوامبر ایستگاه خرم‌آباد مقارن با فاز مثبت نوسان اطلس شمالی تفاوت معناداری با میانگین بارش در طی فاز منفی این نوسان نشان می‌دهد (شکل ۱۰). این الگو به‌طور مستقیم، بارش نوامبر را دستخوش تغییر می‌کند، به‌ترتیبی که میانگین بارش نوامبر خرم‌آباد در طی فاز منفی نوسان اطلس شمالی حداقل ۱/۴ و حداکثر ۷۵/۸ میلی‌متر کم‌تر از فاز مثبت است (شکل ۱۰).

اگرچه بارش نوامبر ایستگاه کرمانشاه در طی فاز مثبت و منفی

جدول ۳- نتایج آماره‌های تحلیل واریانس و آزمون کروسکال-والیس الگوهای پیوند از دور و بارش ماهانه خرم‌آباد

Table 3- The results of the analysis of variance and Kruskal-Wallis test of remote connection patterns and monthly rainfall in Khorramabad

Dec	Nov	Oct	Sep	May	Apr	Mar	Feb	Jan	ANOVA	Index
1.4	0.74	4.4	0.14	0.44	0.03	0.7	3.15	1.2	F	AO
0.25	0.48	0.11	0.93	0.64	0.97	0.5	0.05	0.31	P	
1.6	3.51	0.76	0.07	2.24	0.37	0.25	0.23	0.6	F	NAO
0.21	0.03	0.69	0.97	0.12	0.69	0.77	0.79	0.55	P	
0.14	2.55	7.24	0.48	0.51	0.19	1.73	3.08	0.8	F	EA
0.872	0.086	0.027	0.787	0.602	0.831	0.186	0.053	0.453	P	
8.5	3.22	0.44	2.8	0.8	1.19	8.66	0.13	3.4	F	EA.WR
0.001	0.046	0.804	0.246	0.456	0.312	0.000	0.876	0.039	P	
0.58	1.48	8.53	1.61	3.79	0.64	2.15	0.58	2.55	F	SCA
0.565	0.226	0.014	0.447	0.028	0.532	0.124	0.561	0.086	P	
1.56	0.12	4.83	0.95	0.16	1.32	1.94	6.23	0.19	F	POL
0.217	0.88	0.089	0.622	0.849	0.273	0.151	0.003	0.831	P	
0.37	0.4	1.15	2.54	0.78	0.12	1.4	3.4	0.15	F	TNA
0.67	0.67	0.28	0.29	0.46	0.89	0.26	0.04	0.86	P	
0.37	3.97	1.74	1.2	0.63	0.2	0.16	1.1	0.79	F	AMM
0.7	0.024	0.42	0.54	0.54	0.82	0.86	0.34	0.46	P	
0.52	0.06	6.24	3.87	0.66	0.77	0.04	0.36	4.49	F	EP.NP
0.6	0.94	0.044	0.15	0.41	0.663	0.96	0.69	0.01	P	
0.16	3.94	10.6	0.78	1.4	0.8	0.06	1.4	1.24	F	Best
0.85	0.02	0.00	0.68	0.25	0.46	0.94	0.26	0.3	P	
1.1	4.1	6.34	0.59	0.36	0.25	1.1	2.2	0.03	F	SOI
3.3	0.02	0.04	0.75	0.71	0.78	0.35	0.11	0.97	P	
0.26	2.7	11.2	1.3	1.1	0.3	2.8	0.5	1.6	F	Niño
0.77	0.08	0.004	0.52	0.32	0.74	0.07	0.6	0.2	P	1+2
0.02	3.6	19.4	3.5	6.2	1.3	0.3	0.12	2.5	F	Niño
0.98	0.033	0.00	0.18	0.003	0.3	0.72	0.9	0.09	P	3.4

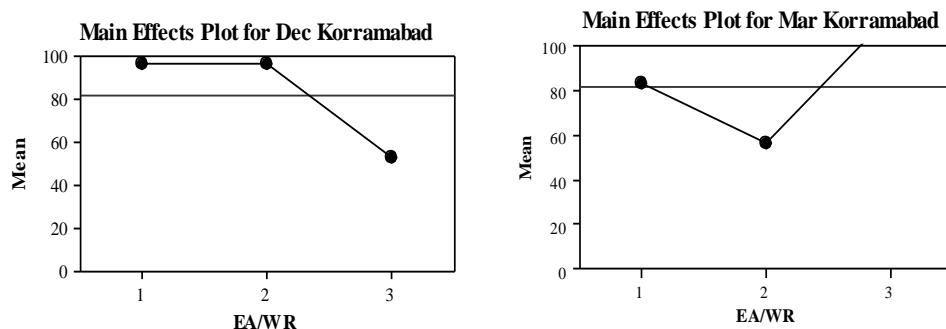
جدول ۴- نتایج آماره‌های تحلیل واریانس و آزمون کروسکال-والیس الگوهای پیوند از دور و بارش ماهانه کرمانشاه

Table 4- The results of analysis of variance and Kruskal-Wallis test of the remoteness patterns and monthly rainfall of Kermanshah.

Dec	Nov	Oct	Sep	May	Apr	Mar	Feb	Jan	ANOVA	Index
2.73	1.72	3.3	1.28	1.95	0.26	1.03	4.35	1.26	F	AO
0.073	0.187	0.19	0.527	0.15	0.77	0.362	0.017	0.29	P	
1.4	2.6	0.05	0.52	1.41	0.67	0.16	0.31	0.47	F	NAO
0.257	0.083	0.974	0.769	0.252	0.515	0.855	0.732	0.627	P	
0.88	2.13	3.85	1.25	0.04	1.55	0.5	3.13	0.37	F	EA
0.421	0.127	0.146	0.536	0.946	0.22	0.61	0.05	0.689	P	
3.2	1	0.28	1.1	1.57	0.32	3.13	0.45	7.25	F	EA.WR
0.047	0.371	0.87	0.577	0.217	0.742	0.051	0.638	0.001	P	
4.29	2.82	2.2	0.38	2.35	0.97	3.53	2.79	2.1	F	SCA
0.018	0.067	0.331	0.828	0.104	0.386	0.035	0.069	0.13	P	
0.59	0.04	5.4	1.89	0.27	0.55	0.64	0.93	1.47	F	POL
0.556	0.962	0.067	0.389	0.763	0.577	0.529	0.339	0.237	P	
0.04	0.11	0.5	2.64	0.01	0.03	3.47	3.22	2.13	F	TNA
0.964	0.892	0.477	0.267	0.994	0.969	0.037	0.046	0.127	P	
0.38	2.07	2.15	1.75	0.61	1.08	0.07	1.37	0.28	F	AMM
0.688	0.134	0.34	0.416	0.548	0.345	0.935	0.262	0.755	P	
1.43	0.00	4.97	0.8	0.05	0.28	0.59	0.15	4.36	F	EP.NP
0.248	0.997	0.083	0.671	0.956	0.754	0.558	0.863	0.017	P	
0.13	2.86	15.09	1.93	0.15	0.13	0.99	0.24	1.06	F	Best
0.879	0.065	0.001	0.382	0.861	0.875	0.376	0.789	0.353	P	
0.09	0.118	8.78	0.81	0.11	0.41	1.18	0.74	0.03	F	SOI
0.918	2.21	0.012	0.667	0.895	0.665	0.351	0.483	0.975	P	
0.94	3.71	10.34	2	0.76	0.81	4.41	0.64	1.77	F	Niño
0.396	0.030	0.006	0.362	0.472	0.488	0.016	0.531	0.178	P	1+2
0.92	3.28	21.65	3.54	4.1	0.23	3.06	0.45	0.31	F	Niño
0.405	0.044	0.000	0.171	0.021	0.797	0.054	0.645	0.733	P	3.4

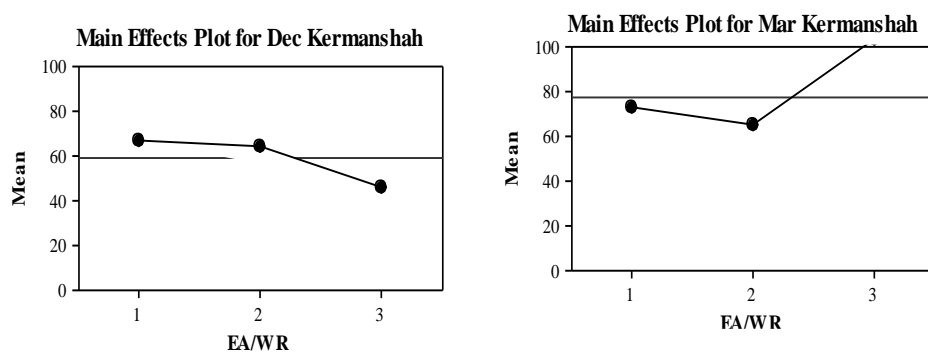
نشان‌دهنده آن هستند که مقدار بارش نوامبر خرم‌آباد در طی غلبه فاز مثبت این شاخص حداقل ۱/۶۷ تا حداکثر ۸۴/۵ میلی‌متر نسبت به فاز دیگر افزایش پیدا می‌کند. در صورتی که فاز منفی این الگو تغییر معناداری در بارش خرم‌آباد پدید نمی‌آورد (شکل ۱۰).

نتایج حاصل از مقایسه سطوح عامل شاخص باد نصف‌النهاری نشان از تفاوت معنادار بارش فاز مثبت این شاخص با فاز خنثی آن در ماه نوامبر دارد. چنان‌که مقدار بارش مثبتی بر فاز مثبت و خنثی به‌ترتیب برابر با ۸۴/۵ و ۴۱/۴ میلی‌متر برآورد شدند. این مقادیر



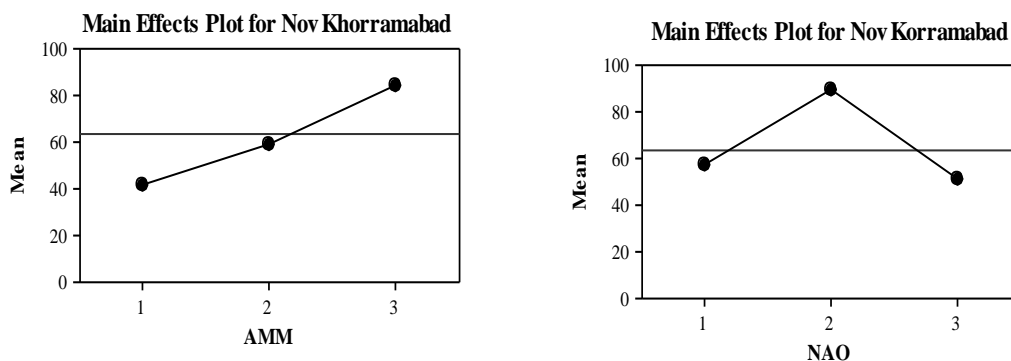
شکل ۸- واکنش بارش مه و دسامبر خرم‌آباد به فازهای متفاوت الگوی شرق اطلس غرب روسیه (EA/WR)

Figure 8- The reaction of May and December rainfall in Khorramabad to different phases of the pattern of the Eastern Atlas of Western Russia (EA/WR)



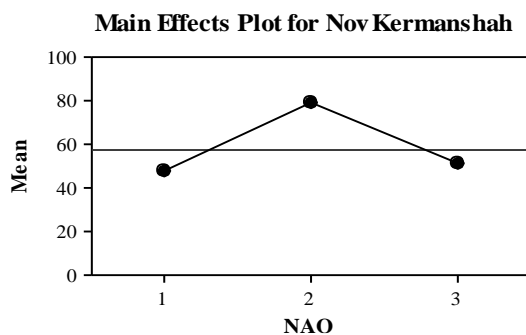
شکل ۹- واکنش بارش مه و دسامبر کرمانشاه به فازهای متفاوت الگوی شرق اطلس غرب روسیه (EA/WR)

Figure 9- The response of Kermanshah's May and December rainfall to different phases of the East Atlantic pattern of Western Russia (EA/WR)



شکل ۱۰- واکنش بارش نوامبر خرم‌آباد به فازهای متفاوت AMM و NAO

Figure 10- The response of Khorramabad November precipitation to different phases of NAO and AMM

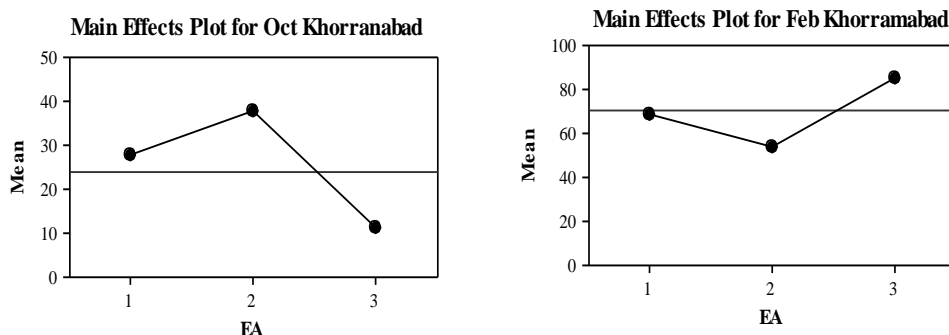


شکل ۱۱- واکنش بارش کرمانشاه به فازهای متفاوت NAO

Figure 11- Kermanshah precipitation response to different NAO phases

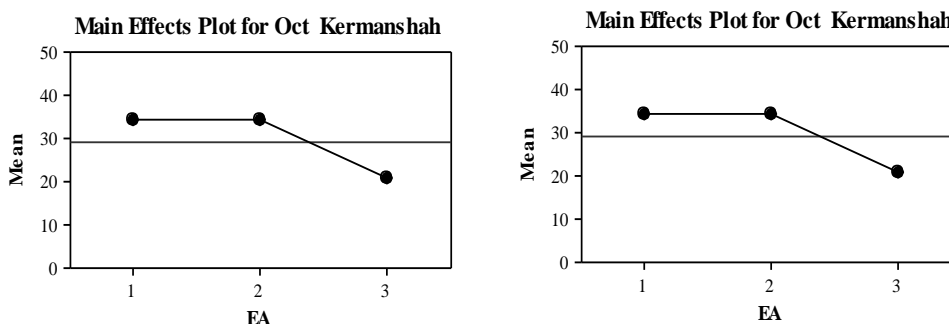
بارش‌های فوریه از رابطه معکوسی با الگوی شرق اطلس برخوردارند. چنان‌که فاز منفی این الگو که نشان‌دهنده ضعیف شدن پرفشار جنب حاره‌ای و کم‌فشار جنب قطبی است موجب افزایش بارش فراتر از میانگین دو ایستگاه تحت بررسی می‌شود. چنان‌که در طی فاز مثبت این الگو، میانگین بارش کرمانشاه و خرم‌آباد به ترتیب برابر با ۲۸ و ۶۹ میلی‌متر و در طی فاز منفی برابر با ۱۲ و ۴۹ میلی‌متر حساب شدند. پژوهشگرانی چون (Krichak et al. (2004، Pajoh (2016 و Omidvar (2020 به این نتیجه رسیدند که الگوی شرق اطلس در فصل سرد سال، اروپا و آسیا را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

الگوی شرق اطلس در طی دو ماه فوریه و اکتبر بر بارش ایستگاه‌های مورد بررسی تأثیر می‌گذارد. البته این الگو در طی ماه‌های یاد شده تأثیر یکسانی ندارد (شکل‌های ۱۲ و ۱۳). به این ترتیب که با بارش ماه فوریه رابطه معکوس و با بارش اکتبر رابطه مستقیم برقرار می‌کند. به‌واقع فاز مثبت این الگو که مشابه با فاز مثبت نوسان اطلس شمالی است، افزایشی نسبی در بارش خرم‌آباد و کرمانشاه را رقم می‌زند هر چند که تأثیر آن بر بارش کرمانشاه چندان قوی نیست، به‌طوری‌که رابطه آن با بارش کرمانشاه در سطح ۹۵ درصد معنادار نبود. در این راستا، میانگین بارش خرم‌آباد در طی فاز مثبت و منفی این الگو برابر با ۳۷ و ۱۱ میلی‌متر با بیشینه اختلاف ۴۸ میلی‌متر و کمینه اختلاف ۴ میلی‌متر محاسبه شد.



شکل ۱۲- واکنش بارش فوریه اکتبر خرم‌آباد به فازهای متفاوت الگوی شرق اطلس EA

Figure 12- The response of February-October rainfall in Khorramabad to different phases of the East Atlas EA pattern



شکل ۱۳- واکنش بارش فوریه و اکتبر کرمانشاه به فازهای متفاوت الگوی شرق اطلس EA

Figure 13- The response of February and October rainfall in Kermanshah to the different phases of the East Atlas EA pattern

مقدار بارش مارس خرم‌آباد در طی فاز مثبت الگوی اسکاندیناوی همواره بیش‌تر از مقدار بارش در طی فاز منفی این الگو نیست. چرا که در برخی از موارد مشاهده می‌شود که بارش متناظر با فاز منفی از بارش مقارن با فاز مثبت فزونی می‌یابد. ولی مقدار بارش فاز مثبت کرمانشاه همواره بیش از بارش فاز منفی است.

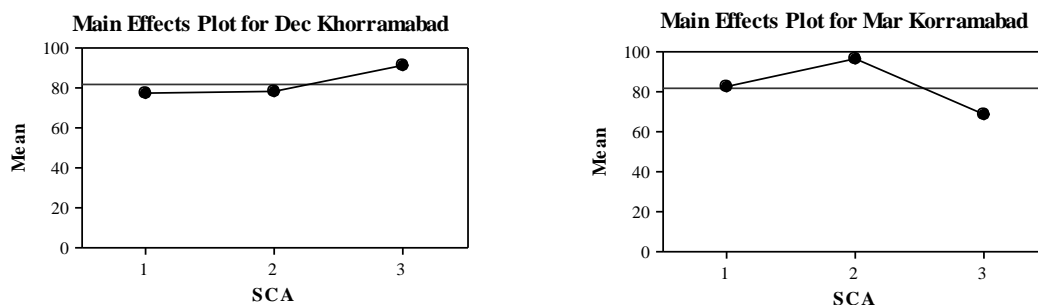
عملکرد الگوی اسکاندیناوی در تغییر بارش ماه دسامبر، در جهت عکس عملکرد ماه مارس آن قرار دارد. یعنی نوسانات این الگو از رابطه معکوسی با بارش دسامبر برخوردارند. اگرچه به‌طور میانگین مقدار بارش دسامبر خرم‌آباد در طی فاز منفی این الگو بیش‌تر از فاز مثبت آن است، ولی در برخی از موارد، در طی فاز منفی این الگو،

اثر معنادار الگوی اسکاندیناوی بر بارش ماهانه عمدتاً منوط به ۴ ماه نوامبر، دسامبر، ژانویه و مارس است. ارتباط فاز مثبت این الگو در دسامبر موجب کاهش بارش شده، در حالی‌که همین فاز در ماه‌های نوامبر و مارس منجر به افزایش بارش می‌شود. میانگین بارش مارس کرمانشاه و خرم‌آباد متناظر با فاز مثبت این الگو به ترتیب برابر با ۹۶ و ۹۷ میلی‌متر و بارش آن‌ها مقارن با فاز منفی برابر با ۷۵ و ۶۷ میلی‌متر مشخص شدند.

مقادیر بارش کرمانشاه در طی دو فاز این الگو بیش از میانگین بلندمدت ماه مارس است، درحالی‌که بارش فاز مثبت خرم‌آباد بالاتر و بارش فاز منفی آن کم‌تر از میانگین بلندمدت مارس قرار دارد. البته

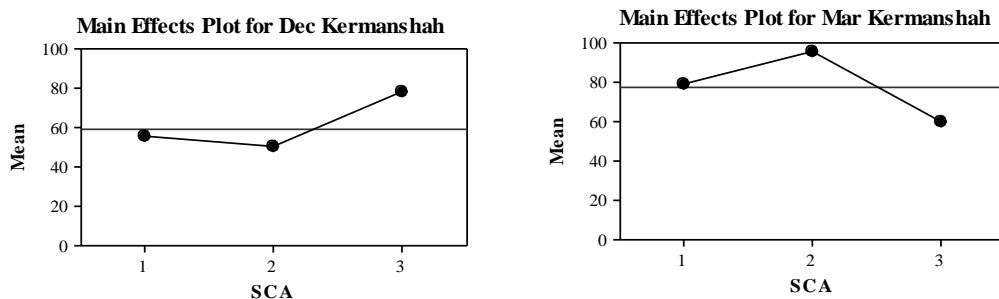
یافتند که فاز مثبت این شاخص نیز معمولاً با فاز گرم انسو تقویت می‌گردد.

بارش‌ها نسبت به فاز مثبت کاهش پیدا می‌کنند. (Ahmadi (2014) و Pajoh (2016) با بررسی الگوی اسکاندیناوی به این نتیجه دست



شکل ۱۴- واکنش بارش مارس و دسامبر خرم‌آباد به فازهای متفاوت الگوی اسکاندیناوی SCA

Figure 14- The response of March and December precipitation in Khorramabad to different phases of the Scandinavian SCA pattern



شکل ۱۵- واکنش بارش مارس و دسامبر کرمانشاه به فازهای متفاوت الگوی اسکاندیناوی SCA

Figure 15- The response of March and December rainfall in Kermanshah to different phases of the Scandinavian SCA pattern

اعتماد ۹۵ درصد دستخوش تغییر می‌کنند. تمامی این الگوها در ماه اکتبر، از همبستگی معنادار قوی با بارش هر دو ایستگاه خرم‌آباد و کرمانشاه برخوردارند. نظر به این که فاز منفی الگوی نوسان جنوبی و الگوی ترکیبی و فاز مثبت الگوهای Niño3.4 و Niño1+2 دال بر وقوع النینو یا فاز گرم و فازهای مقابل آن مبنی بر رخداد لانیو یا فاز سرد هستند، در ادامه، ضمن مشخص کردن وقوع النینو و لانیو، تأثیر آن‌ها بر بارش ماهانه دو ایستگاه یادشده مشخص می‌شود.

در ماه اکتبر وقتی که این الگوها نشان‌دهنده وقوع النینو هستند بارش خرم‌آباد و کرمانشاه به‌طور معناداری افزایش یافته و در هنگام رخداد لانیو بارش‌های این دو ایستگاه کاهش معناداری داشته‌اند. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که مقارن با رخداد النینو، بارش خرم‌آباد و کرمانشاه به بیش از ۲ برابر میانگین بلندمدت و به بیش از ۳ برابر زمانی می‌رسد که لانیو غلبه دارد. میانگین بارش نوامبر خرم‌آباد مقارن با رخداد النینو به مقدار ۸۴ میلی‌متر و در هنگام لانیو به مقدار ۴۷ میلی‌متر محاسبه شد (شکل‌های ۱۶ و ۱۷).

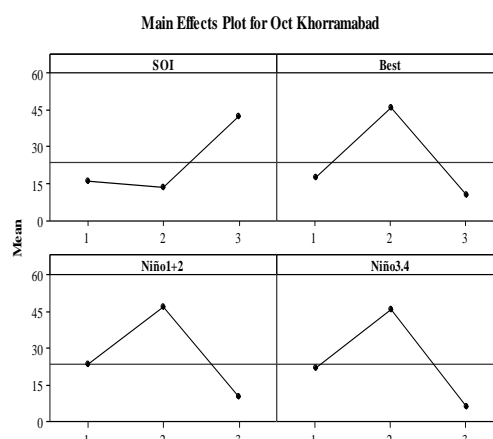
تأثیر نوسانات این الگو در بارش نوامبر کرمانشاه و خرم‌آباد چندان مشهود نیست. الگوی شمال حاره‌ای اطلس در ماه فوریه به‌طور معکوس بارش‌های خرم‌آباد و کرمانشاه را دستخوش تغییر می‌کند. البته فراوانی رخداد فازهای منفی و مثبت الگوی شمال حاره‌ای اطلس بسیار کم‌تر از فاز خنثی آن است. میانگین بارش فوریه خرم‌آباد در طی ۴ رخداد فاز منفی این الگو ۱۰۰ میلی‌متر و بارش مقارن با ۱۰ رخداد فاز مثبت آن به مقدار ۴۰ میلی‌متر حساب شد. همچنین بارش فوریه کرمانشاه در طی فاز منفی این الگو حداکثر ۸۴ میلی‌متر و حداقل ۲ میلی‌متر از مواردی که فاز مثبت این الگو غلبه دارد متفاوت است.

نتایج حاصل از مقایسه دو سطحی الگوهای مبتنی بر اقیانوس آرام شامل الگوی شرق-شمال اقیانوس آرام، الگوی ترکیبی، نوسان جنوبی، Niño1+2 و Niño3.4 که عمدتاً در ماه اکتبر نقش مهم و معناداری در تغییرات بارش خرم‌آباد و کرمانشاه ایفا می‌کنند در ادامه تشریح خواهد شد. البته لازم به ذکر است که این الگوها افزون بر اکتبر، بارش مارس کرمانشاه و بارش نوامبر خرم‌آباد را نیز در سطح

با اتفاق افتادن فاز منفی نوسان شرق-شمال آرام، میانگین بارش ژانویه به‌طور معناداری از میانگین حالت خنثی این شاخص متفاوت است به‌طوری‌که میانگین بارش طی فاز منفی به مقدار ۹۷ میلی‌متر و میانگین بارش در طی فاز خنثی به مقدار ۶۲ میلی‌متر محاسبه شد که به‌عبارتی میانگین بارش فاز منفی حداقل ۷۴/۹ میلی‌متر تا حداکثر ۱۴/۶۰ میلی‌متر بیش‌تر از بارش در طی فاز خنثی نوسان شرق-شمال اطلس است. از سویی، فاز مثبت تغییر معناداری در بارش موجب نمی‌شود.

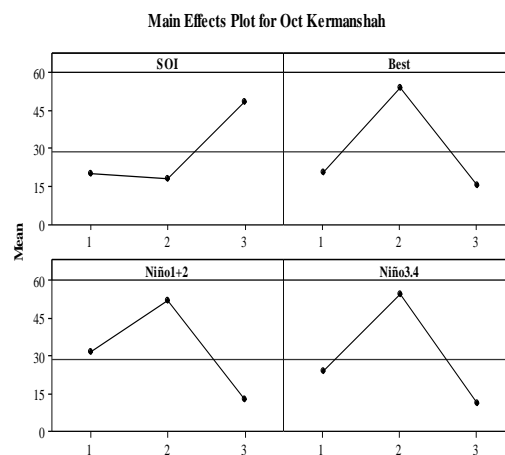
چنان‌که میانگین بارش نوامبر خرم‌آباد در طی فاز منفی نوسان جنوبی به مقدار ۴/۸۴ میلی‌متر به‌طور معناداری متفاوت از میانگین بارش این ماه در طی فاز مثبت نوسان جنوبی به مقدار ۴۷ میلی‌متر است. به‌طوری‌که با رخداد فاز منفی نوسان جنوبی، میانگین بارش نوامبر خرم‌آباد حداقل ۳/۲ و حداکثر ۲/۷۲ میلی‌متر نسبت به مقدار بارش مقارن با فاز مثبت نوسان جنوبی افزایش می‌یابد (شکل ۴).

در شاخص ترکیبی، تفاوت معناداری بین فاز مثبت این شاخص با میانگین بارش ۸۵ میلی‌متر و فاز دیگر با میانگین بارش ۵۱ میلی‌متر اتفاق می‌افتد. به‌واقع با رخداد فاز مثبت این شاخص، به‌طور معناداری به مجموع بارش نوامبر خرم‌آباد افزوده می‌شود. سنجش میانگین‌های بارش نوامبر خرم‌آباد طی فاز مثبت و منفی Niño3-4 حاکی از اختلاف معنادار بارش مقارن با رخداد آن‌ها است. به‌طوری‌که در فاز مثبت Niño3-4 میانگین بارش نوامبر به مقدار ۸۴ و در فاز منفی به مقدار ۴۹ میلی‌متر محاسبه شد (شکل ۴). در ماه اکتبر نیز اختلاف معناداری بین میانگین بارش خرم‌آباد طی فاز مثبت و منفی نوسان جنوبی شکل می‌گیرد. چنان‌که مقارن با فاز منفی نوسان جنوبی، مقدار بارش اکتبر خرم‌آباد حداقل ۵/۹ میلی‌متر و حداکثر ۵/۴۸ میلی‌متر بیش‌تر از زمانی است که فاز مثبت نوسان جنوبی اتفاق می‌افتد. شایان توجه است که میانگین بارش اکتبر در خلال فاز منفی و مثبت نوسان جنوبی به‌ترتیب به مقدار ۴۲ و ۱۳ میلی‌متر محاسبه شدند. هم‌چنین مقدار بارش اکتبر خرم‌آباد هم‌زمان با رخداد فاز مثبت Niño3.4 به مقدار ۴۶ میلی‌متر با مقدار بارش اکتبر فاز منفی این شاخص به مقدار ۶ میلی‌متر اختلاف معناداری دارد. به‌طوری‌که میانگین بارش اکتبر متناظر با فاز منفی نوسان جنوبی به‌ترتیب حداکثر ۶۰ و ۳۴ میلی‌متر از حالت مثبت و خنثی نوسان جنوبی کم‌تر است. درصد پراکندگی بارش فاز منفی و مثبت Niño3.4 به‌ترتیب به مقدار ۱۷۰ و ۹۳ درصد محاسبه شد؛ یعنی علاوه‌بر کاهش شدید بارش در طی رخداد فاز منفی Niño3.4، پراکندگی زمانی آن نیز به حدود دو برابر پراکندگی زمانی فاز مثبت می‌رسد. بنابراین رخداد بارش در فاز منفی Niño3.4 بسیار اتفاقی و نادر است. همانند Niño3.4، فاز مثبت Niño1+2 نیز موجب افزایش معناداری در میانگین بارش اکتبر نسبت به فاز منفی آن می‌شود. با این حال میانگین بارش در طی فازهای مثبت و منفی Niño1+2



شکل ۱۶- واکنش بارش اکتبر خرم‌آباد به فازهای متفاوت الگوهای نوسان جنوبی - النینو

Figure 16- The reaction of October rainfall in Khorramabad to different phases of El Niño-Southern Oscillation patterns

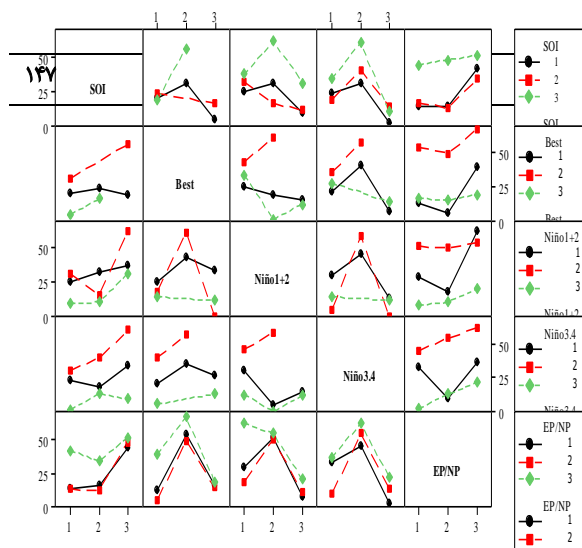


شکل ۱۷- واکنش بارش اکتبر کرمانشاه به فازهای متفاوت الگوهای نوسان جنوبی - النینو

Figure 17- The response of October rainfall in Kermanshah to different phases of El Niño-Southern Oscillation patterns

بارش نوامبر خرم‌آباد در هنگام النینو، حداقل ۲ تا حداکثر ۷۲ میلی‌متر با لانیو اختلاف دارد. بارش نوامبر کرمانشاه متناظر با رخداد النینو برابر با ۲۶ میلی‌متر و در زمان لانیو به مقدار ۱۳ میلی‌متر حساب شد. بنابراین در ماه نوامبر نیز همانند اکتبر، رخداد النینو موجب دو برابر شدن مجموع بارش نسبت به لانیو می‌شود. بارش‌های ماه مه کرمانشاه و خرم‌آباد، همبستگی مستقیم و بالایی را با شاخص Niño3.4 نشان می‌دهد. در صورتی‌که سایر شاخص‌ها در ماه مه، همبستگی معناداری با بارش‌های این ایستگاه نداشتند. از سویی، ارزیابی نشان می‌دهد که در هنگام النینو تغییر چندانی در بارش‌های این ماه اتفاق نمی‌افتد، ولی در هنگام لانیو، میانگین بارش به‌طور معناداری کاهش پیدا می‌کند.

Interaction Plot for Oct Kermanshah



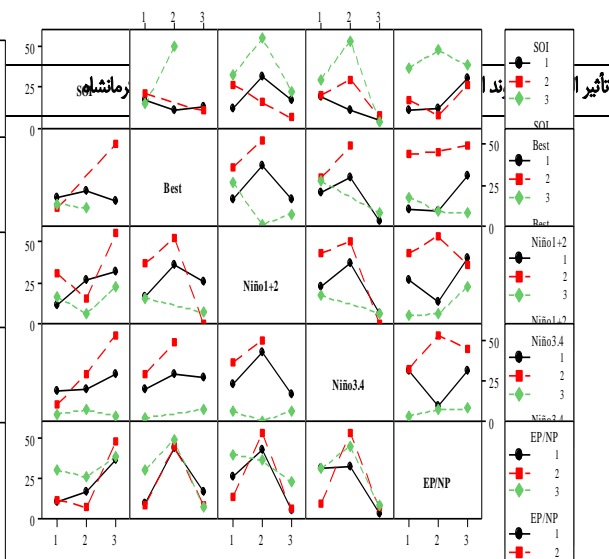
شکل ۱۹- تاثیر متقابل الگوهای نوسان جنوبی - النینو بر بارش اکتبر کرمانشاه

Figure 19- The mutual influence of El Niño-oscillation patterns on October rainfall in Kermanshah

الگوهای NAO، AMM EA/WR و SOI انتخاب شدند که نتیجه این فرآیند در قالب شکل قابل مشاهده است. در ماه نوامبر، اثر تقابلی بین الگو SOI و EA/WR وجود دارد. این اثر تقابلی موجب می شود که اگر رخداد النینو مقارن با فاز منفی EA/WR باشد، افزایشی در بارش های نوامبر خرم آباد پدید نمی آید. بارش خرم آباد هم زمان با فاز مثبت الگوی EA/WR و النینو به مقدار ۹۶ میلی متر و در هنگام النینو و فاز منفی الگوی EA/WR به مقدار ۵۰ میلی متر حساب شد. اثر تقابلی EA/WR با AMM نیز وجود دارد. چنان که بیشترین افزایش بارش نوامبر خرم آباد مقارن با اثر تقابلی فاز مثبت الگوی EA/WR و فاز منفی AMM به مقدار ۱۴۴ میلی متر است. اثر تقابلی بین AMM و SOI نیز وجود دارد. به ترتیبی که با تناظر فاز منفی AMM با لائینو، کمترین مقدار بارش نوامبر به مقدار ۲۶ میلی متر حاصل می شود.

ارزیابی اثر متقابل الگوی نوسان جنوبی (SOI) و الگوی شرق اطلس-غرب روسیه (EA/WR) که از تأثیر اصلی معناداری بر بارش مارس و دسامبر ایستگاه کرمانشاه برخوردار هستند نشان از وجود رابطه متقابل به بین این دو الگو دارد. براین اساس بیشترین بارش دسامبر کرمانشاه در این فرآیند تقابلی مقارن با فاز لائینو و فاز مثبت الگو EA/WR است (شکل ۲۱) در صورتی که بارش های بالاتر از میانگین ماه مارس در پی انطباق فاز مثبت الگوی EA/WR و النینو پدید می آیند (شکل ۲۲). در مورد رابطه بارش با نوسان جنوبی در ایران و مناطق مختلف دنیا مطالعات متعددی صورت گرفته است. مطالعات انجام شده توسط Modarespour (1997)، Nazemosadat (2000) و Yarahmadi and Azizi (2008) نشان می دهند که ارتباط نسبتاً قوی بین بارش ایران و شاخص نوسان جنوبی وجود دارد به گونه ای که در زمان وقوع این پدیده بارش ایستگاهها مقادیری بالاتر از میانگین طولانی مدت را دارند.

Interaction Plot for Oct Khorramabad

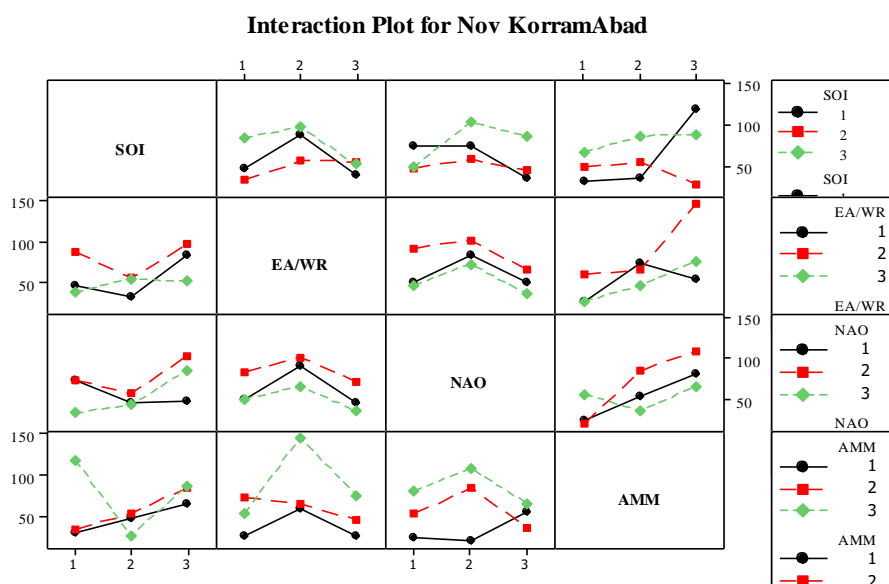


شکل ۱۸- تاثیر متقابل الگوهای نوسان جنوبی - النینو بر بارش اکتبر خرم آباد

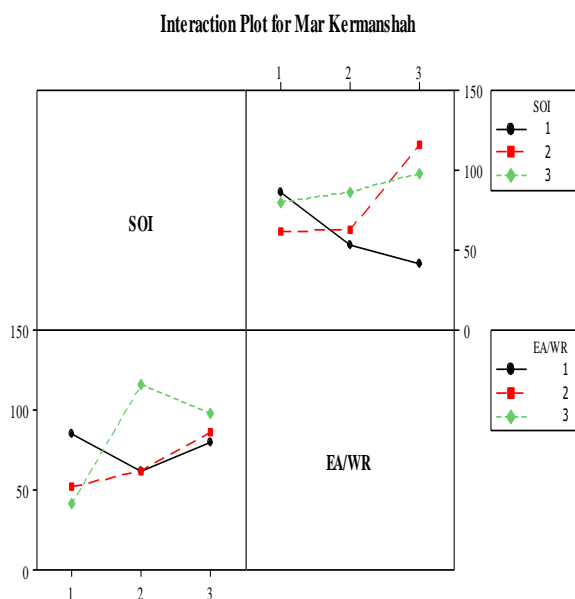
Figure 18- The mutual influence of El Niño-Southern Oscillation patterns on October rainfall in Khorramabad

به ترتیب ۲ و ۴ میلی متر بیش از فازهای مثبت و منفی Niño3.4 محاسبه شدند. اگر چه درصد پراکندگی بارش فاز مثبت این دو شاخص برابر است، اما پراکندگی بارش فاز مثبت Niño1+2 در حدود ۲۰ درصد کمتر از فاز مثبت Niño3.4 برآورد شد. در همین ماه، مقدار بارش متناظر با فاز مثبت شاخص ترکیبی از اختلاف معناداری با فاز منفی این شاخص برخوردار بوده، چنان که میانگین بارش در طی فاز منفی شاخص ترکیبی حداکثر ۵۷ تا حداقل ۸/۱۴ میلی متر کمتر از فاز مثبت شاخص ترکیبی است.

اندرکنش متقابل یا اثر تعاملی الگوهای پیوند از دور در نوسان های بارش ماهانه اکتبر ایستگاه های خرم آباد و کرمانشاه محاسبه و نتایج آن در شکل های ۱۸ و ۱۹ ارائه شده است. نتیجه این نمودارهای تعاملی نشان می دهد که تأثیر فاز یک الگو بر بارش اکتبر، منوط به فاز الگوی دیگر است. از آن جایی که این الگوها برآمده از موقعیت جغرافیایی خاصی هستند و همگی گویای النینو و یا لائینو هستند، بنابراین منوط بودن اثر فازهای این الگوها به فازهای همدیگر، تا حدی بدیهی به نظر می رسد. با این حال، اختلافات چندی نیز بین آنها مشاهده می شود که این اختلافات می تواند منتهی به نکات مهمی شود. برای نمونه، مشخص شد که فاز منفی، الگوی ترکیبی موجب افزایش بارش می شود، حال شناسایی اثر متقابل این الگو با نوسان جنوبی موید این است که این تأثیر زمانی محرز و قوی است که فاز مثبت الگوی ترکیبی متناظر با فاز منفی نوسان جنوبی باشد که به این ترتیب بارش اکتبر کرمانشاه و خرم آباد به ترتیب به مقدار ۵۰ و ۱۲ میلی متر حساب می شود. برای روشن شدن این مطلب که آیا اثر تقابلی بین الگوهای مبتنی بر اقیانوس اطلس و الگوهای اقیانوس آرام وجود دارد، اثر تقابلی این الگوها برای یک ماه نمونه که الگوهایی از هر دو گروه یاد شده منجر به نوسان های بارش می شوند در ادامه ارزیابی خواهد شد. برای ارزیابی اثرات تقابلی بین این دو گروه و تأثیر بر بارش نوامبر خرم آباد،

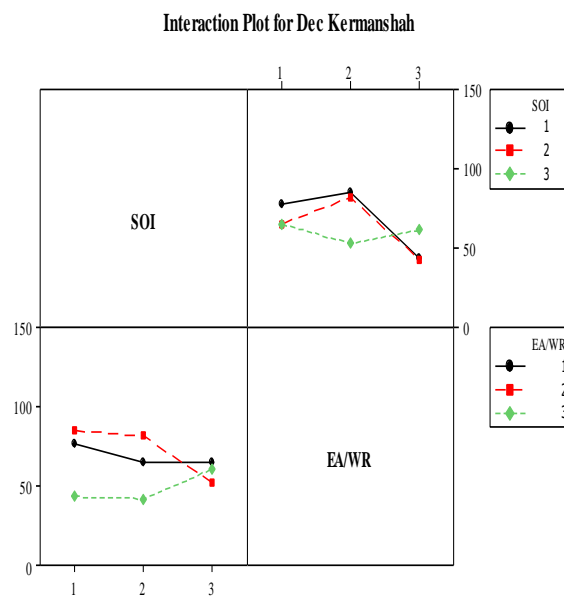


شکل ۲۰- واکنش بارش نوامبر خرم آباد به اثر تقابلی الگوهای پیوند از دور  
 Figure 20- The response of November rainfall in Khorramabad to the conflicting effect of remote connection patterns



شکل ۲۲- واکنش بارش دسامبر کرمانشاه به اثر تقابلی الگوهای پیوند از دور

Figure 22- The response of December rainfall in Kermanshah to the contrasting effect of Teleconnection patterns



شکل ۲۱- واکنش بارش دسامبر کرمانشاه به اثر تقابلی الگوهای پیوند از دور

Figure 21- The response of December rainfall in Kermanshah to the conflicting effect of Teleconnection patterns

۴- نتیجه‌گیری

تعریف شده است. گردش‌های جوی بسیار تغییرپذیرند. این تغییرات منجر به پیدایش الگوهای هوا و اشکالی از جریان‌های جوی می‌شوند که در مقیاس‌های زمانی متفاوت رخ می‌دهند. الگوهای پیوند از دور معرف تغییرات کلانی است که در الگوی امواج جوی و رودبادهای رخ

اخیراً توجه رفتار اقلیم بر اساس سازوکارهای الگوهای پیوند از دور به‌طور گسترده مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است. پیوند از دور ارتباط هم‌زمان بین نوسانات عناصر اقلیمی یک مکان با تغییرات الگوهای فشار و درجهٔ حرارت سطح دریا در نقاط جغرافیایی دیگر



یک ماه و یک ایستگاه موجب تغییر معنادار بارش شده‌اند. هم‌چنین الگوی اسکاندیناوی تأثیر معناداری بر بارش اکتبر خرم‌آباد، ژانویه و مارس و دسامبر کرمانشاه دارد. از سویی الگوی شرق اطلس و الگوی اطلس حاره‌ای شمالی تأثیر معناداری بر بارش فوریه کرمانشاه و اکتبر خرم‌آباد داشته‌اند. الگوی شرق اطلس و اسکاندیناوی در بارش اکتبر خرم‌آباد و کرمانشاه اثر معناداری دارند. به‌طور کلی، الگوهای اقیانوس اطلس عمدتاً در فصل زمستان موجب تغییر معنادار بارش شده‌اند در صورتی که الگوهای مبتنی بر اقیانوس آرام در فصل پاییز اثر معناداری بر بارش داشته‌اند. هم‌چنین مطالعات نشان داده‌اند الگوهای پیوند از دور در امواج جوی، موقعیت رودباده‌ها، بارش و مسیر طوفان‌ها در سطح وسیعی اثر می‌گذارند. از طرفی باعث ایجاد الگوهای هوایی غیرمعمولی می‌گردند که به‌طور هم‌زمان در مناطق دورتری اتفاق می‌افتد. تحلیل علل و عوامل به‌وجودآورنده بحران‌های آب و هوایی با هدف پیش‌آگاهی و آینده‌نگری درباره وقوع مخاطرات آب و هوایی است. با این تحلیل‌ها می‌توان آمادگی در برابر مخاطرات آب و هوایی را تسهیل و اثرات ناشی از آن را تا حد چشم‌گیری کاهش داد.

م دهد و بر الگوی دما، بارش، مسیر رگبارها و موقعیت و شدت رودباده‌ها در قلمروهای وسیع اثر می‌گذارد. بنابراین به‌منظور دستیابی به این‌که آیا میانگین بارش‌های ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک خرم‌آباد و کرمانشاه در طی فازهای متفاوت الگوهای پیوند از دور دچار نوسان شده یا به‌عبارتی آیا با رخداد فاز مثبت یا منفی این الگوها، میانگین بارش ماهانه غرب دستخوش تغییر شده‌اند، مورد بررسی قرار گرفت. چنان‌که از جدول‌های ۳ و ۴ محرز است مقادیر توزیع آماره‌های کروسکال-والیس برای ماه‌های اکتبر و سپتامبر و مقادیر آماره تحلیل واریانس برای سایر ماه‌ها نشان از آن دارد که تأثیر شاخص‌های مبتنی بر اقیانوس اطلس از همگنی و نظم کم‌تری نسبت به شاخص‌های مبتنی بر اقیانوس آرام برخوردارند. به طریقی که تغییر فاز شاخص‌های اقیانوس آرام موجب تغییر معنادار بارش دو ماه اکتبر و نوامبر خرم‌آباد و اکتبر کرمانشاه شده‌اند. در صورتی که تأثیر الگوهای مبتنی بر اقیانوس اطلس از چنین ترتیبی برخوردار نیستند. در این راستا، الگوی شرق اطلس - غرب روسیه از بیش‌ترین تأثیر معنادار بر بارش این دو ایستگاه برخوردار بوده در حالی که الگوی نوسان قطبی، الگو قطبی-اورسیا و الگوی دمای نصف‌النهاری تنها در

## منابع

- ارمغان بستان آبادی، س. (۱۳۹۶). بررسی تأثیرات وضعیت انسو در تغییرات دما و بارش حوضه دریاچه ارومیه در دوره آماری از ۱۹۸۶-۲۰۱۵. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
- امیدوار، کمال، و جعفری ندوشن، مهدی (۱۳۹۶). اثر نوسان قطبی بر تغییرات دما و بارش سرد سال در ایران مرکزی. *علوم جغرافیایی*، ۱۱۳(۲۶)، ۱۹-۳۰.
- امیدوار، کمال (۱۳۹۹). رابطه آب و هوایی اتمسفر و اقیانوس. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه یزد، ۲۰۸ صفحه.
- احمدی، محمد (۱۳۹۲). تحلیل ارتباط بین الگوهای پیوند از دور و ویژگی بارش ایران. رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- اکبری، طیبه، و مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۶). شناسایی نقش الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی بر دمای ایران. *علوم انسانی دانشگاه اصفهان*، ۱۱۷(۱)، ۱۱۷-۱۳۲.
- پژوه، فرشاد (۱۳۹۶). الگوهای پیوند از دور و نقش آن در تغییرات اقلیمی ایران. چاپ یکم، انتشارات آثار فکر، ۲۰۸ صفحه.
- حسنوند، زیبا (۱۳۹۴). تحلیل سینوپتیکی و ترمودینامیکی بارش برف سنگین استان لرستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید بهشتی.
- خورشید دوست، علی محمد، و قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۵). ارزیابی اثر پدیده انسو بر تغییرپذیری بارش‌ها فصلی استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص چند متغیره انسو. *پژوهش‌های جغرافیایی*، ۳۸(۵۷)، ۱۵-۲۶.
- خورشید دوست، علی محمد، و بیورانی، حسین (۱۳۹۰). آمار کاربردی برای پژوهشگران محیط زیست و زیست‌شناسی (ترجمه). انتشارات
- دانشگاه تبریز، ۱۱۳ صفحه.
- رزمجو، سمیرا، محمودی، پیمان، و امیرجهانشاهی، سید مهدی (۱۳۹۹). همپوشانی دوره‌ها تناوب شاخص نوسان اطلس شمالی (NAO) با دوره تناوب خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها ایران. *ژئوفیزیک/ایران*، ۱(۱۴)، ۹۱-۱۰۴. doi:10.30499/ijg.2020.104299
- سبحانی، بهروز، صالحی، برومند، و گل‌دوست، اکبر (۱۳۹۳). ارتباط شاخص اقلیمی NAO با مقادیر میانگین، حداکثر و حداقل دمای ماهانه شمال غرب ایران. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۴(۳۳)، ۷۵-۹۰.
- طولایی‌نژاد، میثم، حجاری‌زاده، زهرا، بساک، عاطفه، و بزمی، نسرين (۱۳۹۷). اثرات نوسان اطلس شمالی بر ناهنجاری‌های تراز میانی جو و بارش ایران (مطالعه موردی: غرب ایران). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۸(۴۹)، ۱۹-۳۵. doi:10.29252/jgs.18.49.19
- عزیزی، قاسم، چهره آراء، تهمینه، و صفرزاد، طاهر (۱۳۹۳). تأثیر شاخص‌های پیوند از دور SOI و NAO بر بارش و دمای ایران. *جغرافیا و پایباری محیط*، ۴(۱۲)، ۴۳-۵۶.
- فتاحی، ابراهیم، و رحیم‌زاده، فاطمه (۱۳۸۸). ارتباط انسو با الگوی گردش زمستانه ایران. *جغرافیا و توسعه*، ۷(۱۵)، ۲۱-۴۴. doi:10.22111/gdij.2009.1188
- قاسمی، وحید (۱۳۸۸). مقدمه‌ای بر مدل‌سازی معادله ساختاری (ترجمه). چاپ اول، انتشارات جامعه‌شناسان، ۴۷ صفحه.
- لشکری، حسن، حسنوند، زینب، و محمدی، ز. (۱۳۹۴). ارزیابی و تحلیل شاخص اقلیم گردشگری استان کرمانشاه با استفاده از شاخص اقلیمی TCI. *سومین کنگره جغرافیا و توسعه پایدار*.

یاراحمدی، داریوش، و عزیزی، قاسم (۱۳۸۶). تحلیل چند متغیره ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی. *پژوهش‌های جغرافیایی*، ۳۹(۶۳)، ۱۶۱-۱۷۴.

مدرس‌پور، ع. (۱۳۷۶). تأثیر ENSO بر دما و بارندگی ایران. *نیوار*، (۳۶)، ۶۷-۸۲.

ناظم‌السادات، سیدمحمدجعفر (۲۰۰۰). رابطه بین ENSO و بارندگی پاییزی در ایران. *بین‌المللی اقلیم‌شناسی*، (۲۰)، ۴۷-۶۱.

## References

- Armaghane Bostanabadi, S. (2016). Investigating the effects of the Enso situation on changes in temperature and precipitation in the Urmia Lake basin in the statistical period from 1986 to 2015. M.Sc. Thesis, Tabriz University, Iran. [In Persian]
- Azizi, Gh., Chehreara, T., & Safarrad, T. (2014). The influence of NAO and SOI correlation indices on precipitation and temperature in Iran. *Journal Geography and Sustainability of Environment*, 4(12), 43-56. [In Persian]
- Akbari, T., & Masoudian, S. (2007). An analysis of relationship between monthly temperature of Iran and teleconnection patterns of Northern Hemisphere. *Journal Research Bulletin of Isfahan University*, 22(1), 117-132. [In Persian]
- Ahmadi, M. (2014). Analyzing the relationship between Teleconnection Patterns and the occurrence of precipitation in Iran. Ph.D. Thesis, University of Tarbiat Modares, Iran. [In Persian]
- Arahjo, P., Feres, J., Reis, E., & Braga, M.J. (2011). Assessing the impacts of ENSO-related weather effects on the Brazilian agriculture. In Proceedings of the Conference on Climate Change and Development Policy.
- Bridgman, H., & Oliver, J. (2006). *The global climate system: patterns, processes, and teleconnections*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Fatahi, E., & Rahimzadeh, F. (2009). The ENSO relation with wintery atmospheric circulation patterns in Iran. *Geography and Development*, 7(15), 21-44. doi:10.22111/gdij.2009.1188 [In Persian]
- Ghasemi, V. (2009). *An introduction to structural equation modeling* (translation). Sociologists Publications, first edition, 47 pages. [In Persian]
- Hassanvand, Z. (2014). Synoptic and thermodynamic analysis of heavy snowfall in Lorestan province. M.Sc. Thesis, Shahid Beheshti University, Iran. [In Persian]
- Khourshiddoust, A., & Qavidel Rahimi, Y. (2007). Evaluating the effect of Enso phenomenon on the variability of seasonal rainfall in East Azarbaijan province using the multivariable Enso index. *Journal of Geographical Research*, 38(57), 15-26. [In Persian]
- Khourshiddoust, A., & Beorani, H. (2011). *Applied statistics for environmental and biological researchers* (translation). Publications of Tabriz University, 113 pages. [In Persian]
- Lim, Y.K., & Kim, H.D. (2016). Comparison of the impact of the Arctic Oscillation and Eurasian teleconnection on interannual variation in East Asian winter temperatures and monsoon. *Theoretical and Applied Climatology*, 124(1), 267-279. doi:10.1007/s00704-015-1418-x
- Krichak, S., & Alpert, P. (2004). Decadal trends in the East Atlantic-West Russia pattern and mediterranean. *International Journal of Climatology*, 25(2), 183-192. doi:10.1002/joc.1124
- Lashkari, H., Hassanvand, Z., & Mohammadi, Z. (2014). Evaluation and analysis of the tourism climate index of Kermanshah province using the TCI climate index. 3rd Congress of Geography and Sustainable Development. [In Persian]
- Modarespour, A. (1997). The effect of ENSO on temperature and precipitations of Iran. *Nivar*, (36), 67-82. [In Persian]
- Moron, V., & Plaut, G. (2003). The impact of ENSO upon weather regimes over Europe and the North Atlantic during Boreal winter. *International Journal Climatology*, 23(4), 369-379. doi:10.1002/joc.890
- Nazemosadat, M.J. (2000). On the relationship between ENSO and autumn rainfall in Iran. *International Journal of Climatology*, 20, 47-61. [In Persian]
- Omidvar, K., & Jafari Nadushan, M. (2018). Study of arctic oscillation effect on temperature and precipitation anomaly at cold season in central Iran. *Journal of Geographical Sciences*, 13(26), 19-30. [In Persian]
- Omidvar, K. (2020). *The relationship between atmosphere and ocean climate*. Yazd University Press, 2th Edition, 208 pages. [In Persian]
- Pozo-Vazquez, D. (2005). El Nino-Souther oscillation events and associated European winter precipitation anomalies International. *Journal of climatology*, 25(1), 17- 31. doi:10.1002/joc.1097
- Pajoh, F. (2017). *Remote transplant patterns and its role in Iran's climate changes*. Works of Thought Publications, 1th Edition, 208 pages. [In Persian]
- Razmjoo, S., Mahmoudi, P., & Amirjahanshahi, S. (2020). Overlap of North Atlantic Oscillation (NAO) periodicities with periodicities of

- droughts and wet years of Iran. *Iranian Journal of Geophysics*, 1(14), 91-104. doi:10.30499/ijg.2020.104299 [In Persian]
- Sobhani, B., Salehi, B., & Gol Dost, A. (2014). Correlation of the NAO climatic index with the average, maximum and minimum monthly temperature values in North-West of Iran. *Applied Research Journal of Geographical Sciences*, 14(33), 75-90. [In Persian]
- Smolinski, K.K. (2004). Interrelation ship among larg scale atmospheric circulation regimes and urface. temprature anomalies in the North Amer-ican arctic. M.Sc. Thesis, School of Earth and Atomspheric Sciences.
- Turkes, M., & Erlat, E. (2005). Climatological responses of winter precipitation in Turkey to variability of the North Atlantic Oscillation during the period 1930-2001. *Theoretical and Applied Climatology*, 78, 33-46. doi:10.1007/s00704-004-0084-1
- Tulabi Nejad, M., Hajjarizadeh, Z., Basak, A., & Bazmi, N. (2018). The effects of the North Atlantic Oscillation on the anomalies of the middle level of the atmosphere and precipitation in Iran (case study: Western Iran). *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 18(49), 19-35. doi:10.29252/jgs.18.49.19 [In Persian]
- Ueangawat, K., Nilsamranchit, S., & Jintrawet, A. (2015). Fate of ENSO phase on upper Northern Thail and, a case study in chiang Mai. *Agriculture and Agrictural science procedia*, 5, 2-8. doi:10.1016/j.aaspro.2015.08.001
- Wolfgang, B., Benjamin, L., & Bonfils, C. (2004). A winter time arctic oscillation signature on early season Indian Ocean monsoon intensity. *Journal of climate*, 18, 2247-2269. doi:10.1175/jcli3377.1
- Yarahmadi, D., & Azizi, Q. (2008). Multivariate analysis of the relationship between Iran's seasonal rainfall and climatic indicators. *Geographical Research*, 39(62), 161-174. [In Persian]