

Analyzing the Relationship Between the Mediterranean Oscillation Index (MOIac) and Precipitation in Northwest Iran

Atoosa Khojasteh^{1*}, Hossein Asakereh², Hassan Shadman³

¹ PhD in Climatology Department of Geography, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran,
Email: at.khojasteh1994@gmail.com

² Professor Department of Geography, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran,
Email: asakereh@znu.ac.ir

³ Researcher of Soil Conservation and Watershed Management Department, Natural Resources Research Center, Zanjan Agricultural, Zanjan, Iran, Email: h.shadman.a@gmail.com

Article Info

ABSTRACT

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received: 2025-03-28

Accepted: 2025-05-05

Keywords:

Precipitation
Regression
Mediterranean
Teleconnection Index
Correlation, Northwest

Precipitation is one of the most highly variable atmospheric parameters, capturing the interest of researchers due to its unpredictable timing and patterns. In this study, the variations in precipitation in the northwest of Iran were analyzed over the period of 1348 to 1397 in the Iranian calendar (equivalent to 1970–2019 in the Gregorian calendar). Considering the impact of the Mediterranean Sea on Iran's precipitation, especially in the northwest, this study investigated the relationship between the Mediterranean Oscillation Index (MOIac), measured in Algeria and Cairo, and the precipitation patterns. Methods such as correlation analysis, least squares regression, and cross-wavelet analysis were employed. These analyses were conducted for both positive and negative phases of the index. The results indicate a generally weak relationship between the studied index and precipitation patterns, which also holds true for the individual phases. Nevertheless, the regions most affected by the index were found to be located in the north, northwest, and northeast of the study area. Additionally, in the positive phase of the index, between 0.65% and 1% of the study area showed statistically insignificant results, whereas in the negative phase, this proportion ranged from 40% to 56%. Moreover, wavelet analysis revealed dominant fluctuations of 9–15 months during neutral conditions, 5–8 months during the positive phase, and 5–9 months during the negative phase.

Cite this article: Khojasteh, A., Asakereh, H., Shadman, H. (2025). Analyzing the Relationship Between the Mediterranean Oscillation Index (MOIac) and Precipitation in Northwest Iran. *Journal of the Climate Change research*, 6 (24), 1-24.



©The author(s)

Publisher: Golestan University

DOI: [10.30488/ccr.2025.514439.1274](https://doi.org/10.30488/ccr.2025.514439.1274)



نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی



فصلنامه علمی دانشگاه گلستان

سال ششم / شماره مسلسل بیست و سوم / پاییز ۱۴۰۴ / صفحات: ۲۴-۱

بررسی ارتباط نمایه‌های مدیترانه‌ای MOIac بر بارش شمال غرب ایران

آتوسا خجسته^{۱*}، حسین عساکره^۲، حسن شادمان^۳

^۱ دکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، رایانامه: at.khojasteh1994@gmail.com

^۲ استاد تمام، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، رایانامه: asakereh@znu.ac.ir

^۳ محقق بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، زنجان، ایران، رایانامه: h.shadman.a@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	بارش یکی از فراسنج‌های جوی بسیار تغییرپذیر جوی است که چگونگی و زمان رخداد تغییرات آن توجه پژوهشگران را به خود جلب کرده است. در پژوهش حاضر به‌منظور شناسایی تغییرات رخ داده در بارش شمال غرب کشور بین سال‌های ۱۳۴۸-۱۳۹۷ (۱۹۷۰ تا ۲۰۱۹) و با در نظر گرفتن اثر دریای مدیترانه بر مقدار بارش ایران، به‌ویژه شمال غرب کشور، ارتباط نمایه‌ی پیوند از دور مدیترانه MOIac که در الجزایر و قاهره واقع است را با استفاده از روش همبستگی و رگرسیون حداقل مربعات خطا واکاوی شد. تمامی واکاوی‌ها بر روی فازهای مثبت و منفی نمایه نیز انجام گرفت. نتایج حاکی از آن است که به‌صورت کلی ارتباط ضعیف بین نمایه‌ی مورد مطالعه و بارش وجود داشت. این شرایط برای فازها نیز صادق است. با این وصف بیش‌ترین نواحی متأثر از نمایه‌ی مورد بررسی در شمال، شمال غربی و شمال شرقی ناحیه‌ی مورد مطالعه قرار دارند. از سوی دیگر در فاز مثبت نمایه بین ۰/۶۵ تا ۱ درصد از پهنه مورد مطالعه عدم معنی‌داری آماری را نشان داد. در حالی که در فاز منفی بین ۴۰ تا ۵۶ درصد از پهنه با عدم معنی‌داری آماری مشخص شد. همچنین نتایج تحلیل موجک بیانگر وجود نوسانات غالب ۹ تا ۱۵ ماهه در شرایط خنثی، ۵ تا ۸ ماهه در فاز مثبت و ۵ تا ۹ ماهه در فاز منفی است.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱/۹	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۲/۱۶	
واژه‌های کلیدی:	
نزولات جوی	
رگرسیون	
نمایه‌ی دور پیوندی مدیترانه	
همبستگی	
شمال‌باختری	

استناد: خجسته، آتوسا؛ عساکره، حسین؛ شادمان، حسن (۱۴۰۴). بررسی ارتباط نمایه‌های مدیترانه‌ای MOIac بر بارش شمال غرب ایران. نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، ۶ (۲۴)، ۱-۲۴.

DOI: [10.30488/ccr.2025.514439.1274](https://doi.org/10.30488/ccr.2025.514439.1274)

ناشر: دانشگاه گلستان

© نویسندگان.



مقدمه

طرح مسئله و مبانی نظری

مفاهیم: شواهد تجربی نشان داده که بسیاری از عناصر، پدیده‌ها و فرایندهای اقلیمی در طول زمان از ثبات برخوردار نبوده دارای تغییرپذیری هستند، تغییرپذیری به نوسانات یا الگویی از نوسانات مربوط می‌شود که در مقادیر متوسط رخ می‌دهد. (سلتون، ۱۳۹۱: ۲۹۷). مطالعه و تحلیل تغییرپذیری اقلیمی یکی از مباحث مهم مورد توجه متخصصان اقلیم‌شناسی است (ردریگز^۱ و همکاران، ۱۹۹۸: ۲۹۹). شناسایی واداشتهای مؤثر بر تغییرات و تغییرپذیری اقلیمی از اهمیت شایان توجهی برخوردارند. یکی از این واداشتها که درک بهتر از رویدادها به دست می‌دهد و نیز عدم قطعیت در پیش‌بینی‌های آب و هوایی را کاهش داده و پیش‌بینی‌های اقلیم‌شناختی را بهبود می‌بخشد، پدیده پیوند از دور است (کرچمر، آدام^۲ و همکاران، ۲۰۲۱: ۲۲۴۷). پیوند از دور، ارتباط همزمان بین نوسانات عناصر اقلیمی یک مکان با تغییرات الگوهای فشار و دمای سطح دریا در نقاط جغرافیایی دیگر تعریف شده است (والسه و گوزلر^۳. ۱۹۸۱: ۱۷۶). واژه پیوند از دور در زمینه الگوهای نوسانی اقلیم توسط آنگستروم در سال ۱۹۳۵ میلادی معرفی شد؛ سپس برکنس در سال ۱۹۶۹ میلادی برای توصیف الگوهای واکنش جوی به نیروی سطحی دور آن را به کار برد. در دهه ۱۹۹۰ میلادی توجه دوباره‌ای در الگوهای پیوند از دور بین نوسان‌های فشار تشریح شده توسط واکر و ناهنجاری‌های جهانی دورتر شد (زینالی و فروتن، ۱۴۰۲: ۵۸۵۷). خصوصیات و علل جهانی آنها با به کار بردن روش‌های تحلیل گوناگون فضایی جست‌وجو گردید و اطلس‌های پیوند از دور منتشر شد (امیدوار، ۱۳۹۳: ۲۷۶).

پیشینه پژوهش

مطالعاتی که تا به کنون بر نمایه‌های پیوند از دوری صورت گرفته است حاکی از تأثیرگذاری این نمایه‌ها بر پارامترهای اقلیمی همچون بارش و دما در سطح بین‌المللی (هارل^۴، ۱۹۹۵: ۶۷۷؛ انفیلد و همکاران، ۲۰۰۱: ۲۰۷۸؛ گوکتورک و کاراکا^۵، ۲۰۰۶: ۲۰۱۹؛ تورنس، ۲۰۱۳: ۲۸۸؛ چلیک^۶ و همکاران، ۲۰۱۹: ۲۹۰؛ ریان بنسبز و آکسو^۷، ۲۰۲۳: ۷۵۸) و در سطح ایران (فرج‌زاده اصل و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۱؛ سلیقه، ناصرزاده و چهره‌آرا، ۱۳۹۵: ۲۱۷؛ گودرزی، احمدی، حسینی، ۱۳۹۶: ۶۴۱؛ عزیززاده و جوان، ۱۳۹۶: ۲۲۷؛ زینالی و فروتن، ۱۴۰۲: ۵۸۶۸) اشاره کرد. ایشان به بررسی واکاوی نمایه‌های دور پیوندی مختلف و ارتباط تأثیر آن‌ها بر شرایط جوی نواحی مختلفی از جهان پرداختند یافته‌های آنها نشان داد که تغییرات نمایه‌های پیوند از دور ارتباط معنی‌داری با عناصر و پدیده‌های جوی مورد مطالعه مناطق مورد بررسی دارند.

مطالعه ارتباط نمایه‌های پیوند از دوری با عناصر و پدیده‌های اقلیمی عمدتاً با استفاده از روش همبستگی پیرسون انجام شده است. برخی از پژوهشگران با بهره‌گیری از روش‌های دیگر به بررسی این موضوع پرداخته‌اند برای نمونه: ماریوتی^۸ و همکاران (۲۰۰۲: ۱) با روش آنالیز ترکیبی، وانگ^۹ (۲۰۰۵: ۱۷۳) با بهره‌گیری از روش تکنیک همبستگی چند متغیره، جین^{۱۰} و همکاران (۲۰۰۵: ۵۴) با استفاده از روش همبستگی تاو کندال و اسپیرمن و در ایران نیز صلاحی و بهروزی (۱۴۰۰: ۲) با روش همبستگی و شبکه عصبی مصنوعی، محمودی و همکاران (۱۳۹۴: ۱۷۵) با روش رگرسیون چند متغیره، مرادی و همکاران (۱۳۹۴: ۲۶۹) با بهره‌گیری از روش تبدیل

4. Hurrell

5. Gokturuk & Karaca

6. Çelik

7. Reyhan Bensiz & Aksu

8. Mariotti

9. Wang

10. Jin

1. Rodriguez

2. Kretschmer & Adams

3. Wallace & Gutzler

موجک پیوسته و متقاطع به بررسی این موضوع پرداخته‌اند.

ضرورت پژوهش

بررسی مطالعات انجام شده در زمینه‌ی پیوند از دور نشان می‌دهد که پژوهشگران علوم جوی عمدتاً به بررسی نمایه‌های خاصی مانند ENSO تمایل دارند. هرچند که این موضوع می‌تواند به دلیل اهمیت چنین نمایه‌هایی باشد اما سبب شده است که بسیاری از نمایه‌های دیگر کمتر مطالعه و شناخته شود. با این وجود پژوهش‌های انجام شده سبب شده است که تبیین تغییرپذیری اقلیم در بسیاری از نواحی جغرافیایی امکان‌پذیر گردد. پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که رخداد‌های بارشی ایران تا حدود زیادی متأثر از شرایط جوی و آب‌کره در دریای مدیترانه است (حجازی‌زاده و صداقت، ۱۳۸۸، حیدری و خوش‌اخلاق، ۱۳۹۴، بیات و همکاران، ۱۳۹۶، امینی و همکاران، ۱۳۹۶، شکیب و همکاران، ۱۳۹۷، بهرامی و همکاران، ۱۳۹۷، عساکره و همکاران، ۱۴۰۲). اثرگذاری دریای مدیترانه بر بارش ایران بیش‌تر از طریق ناوهِ مدیترانه در فصل سرد سال شکل می‌گیرد. درحقیقت موقعیت ناوهِ مدیترانه سبب هدایت سیکلون‌های این منطقه به خاورمیانه و ایران می‌شود که این سیکلون‌ها سهم مهمی از بارش‌های ایران بویژه نواحی غربی آن را به خود اختصاص می‌دهند (سلیقه، ۱۳۹۵: ۷۰؛ عساکره و خجسته، ۱۳۹۹؛ بیات و همکاران، ۱۳۹۶؛ خجسته، ۲۰۲۰).

نوآوری پژوهش

یکی از نمایه‌های پیوند از دوری شناخته شده در منطقه مدیترانه، «نوسان مدیترانه» نام دارد. این نمایه یک پیوند از دور جوی است که به گفته جنک و تورگی^۱ (۲۰۲۰: ۷۲۳) می‌تواند در حوضه مدیترانه اثرگذار باشد. با این همه هنوز اثرات آن بر شرایط بارشی ایران به خوبی مشخص نشده است. این نوسان به عنوان یک رفتار دو قطبی بین مدیترانه غربی و

شرقی توصیف می‌شود (آلدنوا و نوارو، ۲۰۲۰: ۷). تاکنون هشت نمایه پیوند از دوری و ارتباط آن‌ها با ویژگی‌های اقلیمی نواحی دورتر در منطقه مدیترانه شناسایی شده‌اند (برای نمونه به آلدنوا و نوارو، ۲۰۲۰: ۷؛ مهابات^۳ و همکاران، ۲۰۱۹: ۵؛ آلدنوا و نوارو، ۲۰۱۳: ۱؛ رودریگز و همکاران، ۲۰۲۱: ۱؛ ردولات^۴ و همکاران، ۲۰۱۹: ۱؛ مارتیک‌بورساق^۵ و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۳۸۹؛ بوریس^۶ و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۰۹؛ یاراحمدی و بساطی ۱۳۹۶ مراجعه کنید)

در میان پژوهش‌های انجام شده تا کنون هیچ مطالعه‌ای که اثر دونهامیه MOIac بر بارش نواحی مختلف ایران را بررسی کند، صورت نگرفته است. نمایه‌های MOIac اختلاف فشار استاندارد شده بین الجزایر و قاهره هستند.

روش‌شناسی

به منظور دست‌یابی به اهداف پژوهش از دو پایگاه داده‌ای، شامل داده‌های بارش ثبت شده در ایستگاه‌ها و نمایه پیوند از دور بهره برده شد: بارش ماهانه برای دوره آماری ۴۹ ساله ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۹ (۱۳۹۷-۱۳۴۸) از ۲۱۹ ایستگاه همدید شمال غرب کشور از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید (شکل ۱-ب).

نمایه‌های مدیترانه (MOIac) اختلاف فشار استاندارد شده بین الجزایر با مختصات جغرافیایی ۳۶/۴ درجه شمالی و ۳/۱ درجه شرقی و قاهره با مختصات ۳۰/۱ درجه شمالی و ۳۱/۴ درجه شرقی را نشان می‌دهد. داده‌های ماهانه این نمایه‌ها برای دوره آماری ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۹ از سایت <https://crudata.uea.ac.uk> [/cru/data/moi](https://cru/data/moi) قابل دسترسی هستند.

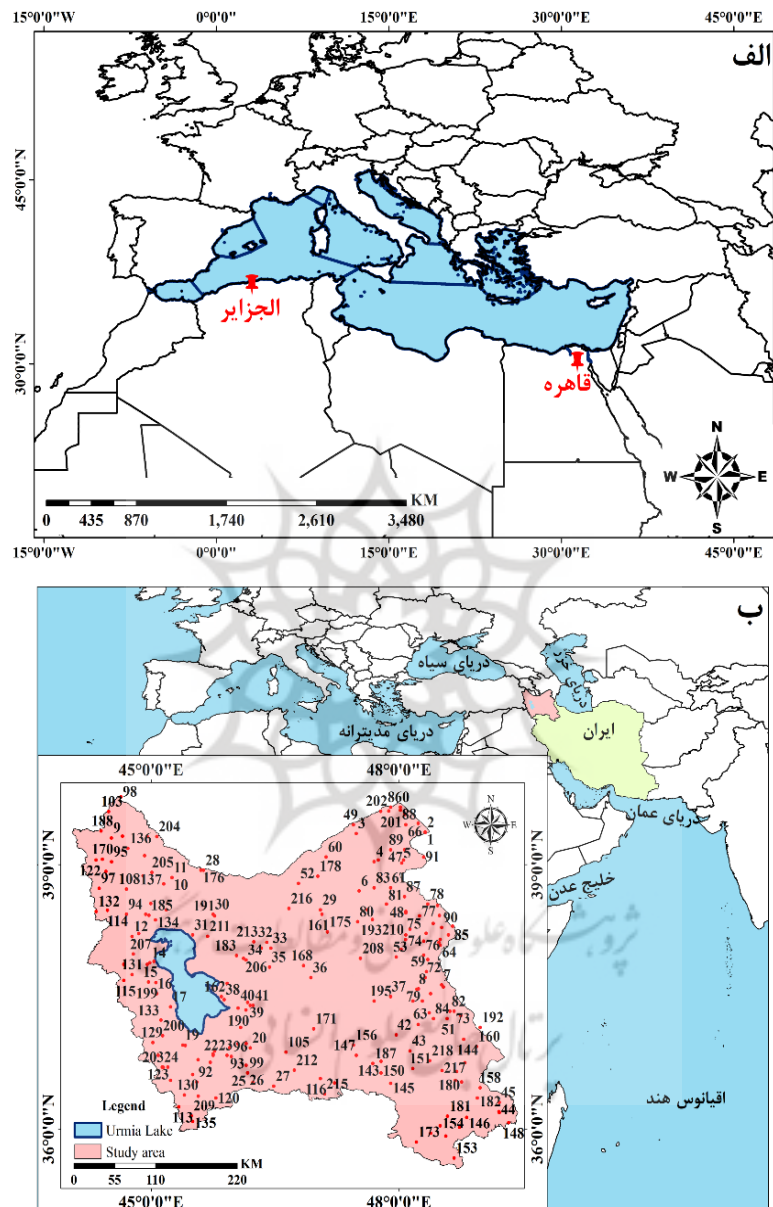
در فاز مثبت نمایه، ناهنجاری مثبت فشار در مناطقی مانند دریای آدریاتیک، سوریه، بخش‌های شمالی عراق، و حوالی نیجریه و چاد مشاهده می‌شود،

2. Aldeanueva
3. Mathbout
4. Redolat
5. Martic-Bursac
6. Buric

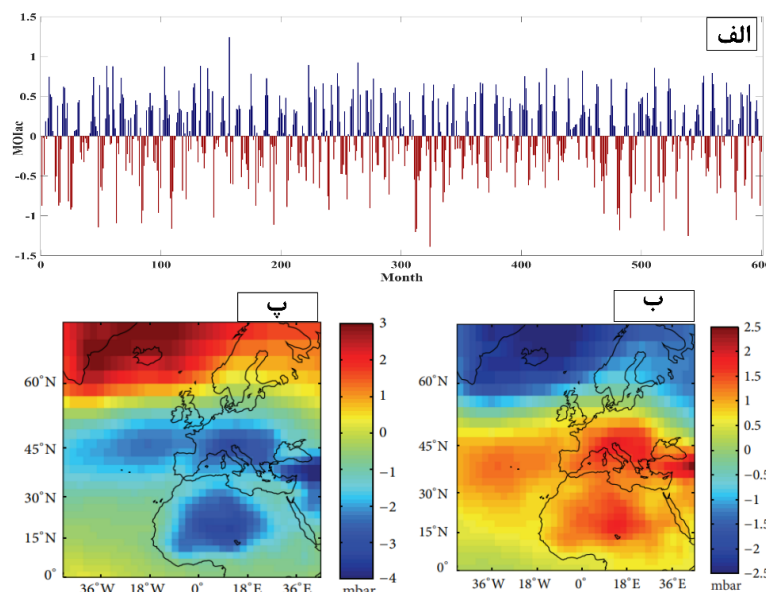
1. Cenk & Turgay

شمال غرب ایران محتمل است. این تغییرات فشار نقش مهمی در تعیین تغییرپذیری بارش در منطقه دارند (شکل ۲ الف-ب).

که باعث کاهش چرخندزایی و کاهش بارش در شمال غرب ایران می‌گردد. در مقابل، در فاز منفی نمایه، ناهنجاری فشار منفی در این مناطق به وجود آمده و شرایط ناپایداری جوی و افزایش بارش در



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌ها برای محاسبه نمایه‌های پیونداز دور مورد مطالعه (الف). پهنه مورد بررسی و ایستگاه‌های مورد استفاده (ب)



شکل ۲: سری زمانی نمایه‌های MOIac در طی دوره آماری ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۹ (منبع: نگارنده).

آنومالی فشار فاز مثبت نمایه MOIac (ب)، آنومالی فشار فاز منفی نمایه MOIac (پ) (منبع: آلدنوا و ناوارو، ۲۰۱۳)

در این رابطه X نمایه دور پیوندی مدیترانه و Y بارش شمال غرب کشور در نظر گرفته شد.

برای شناسایی میزان ارتباط و تأثیر نمایه مدیترانه بر بارش شمال غرب کشور از رگرسیون خطی به روش کمینه مربعات خطا نیز بهره گرفته شد. در این روش ضرایب رگرسیون از روابط ۲ و ۳ بهره گرفته شد (جوهانسون و بهاتاچاریا، ۲۰۰۶: ۴۳۹)

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (3)$$

در اینجا $\bar{X}$ و $\bar{Y}$ به ترتیب میانگین نمایه تحت بررسی و بارش است، X_i و Y_i نیز سری‌های زمانی دو متغیر مذکور است.

محاسبات و برآوردهای یاد شده به صورت جداگانه هم برای کل سری‌های زمانی و هم بر روی دو فاز (مثبت و منفی) برای هریک از نمایه‌ها انجام شد.

به منظور شناسایی چرخه‌های موجود در سری زمانی از روش تحلیل موجک متقاطع بهره برده شد. این روش توسط هادگینز در سال ۱۹۹۳ مطرح گردید (لابات، ۲۰۱۰: ۲۶۹). برای تعیین زاویه تفاوت فازی (میزان همبستگی) بین مولفه‌های سری زمانی

برخی ایستگاه‌های شمال غرب کشور در برخی از ماه‌ها فاقد داده بودند. به منظور جبران داده‌های گم شده، روش‌های میان‌یابی با استفاده از داده‌های موجود به کار گرفته شد. پس از ارزیابی روش‌های مختلف میان‌یابی، روش کریجینگ به عنوان روش بهینه برای میان‌یابی برگزیده شد. تفکیک مکانی شبکه ایجاد شده 4×4 کیلومتر بوده و در دستگاه تصویر مخروطی نگاشته شد. براین اساس، سراسر شمال غرب کشور با ۷۸۱۸ پیکسل پوشیده شد؛ به عبارت دیگر ابعاد داده‌ها 60×7818 بوده است. ۷۸۱۸ در ستون‌ها به عنوان تعداد پیکسل (مکان) و ۶۰۰ در سطرها زمان (تعداد ماه) در طی دوره آماری مورد مطالعه جای گرفته‌اند. همچنین سیستم مختصات مورد استفاده در پژوهش حاضر از نوع سیستم مختصات مخروطی هم شکل بوده است.

به منظور شناسایی خصوصیات بارش، ویژگی‌های توصیفی مقدار بارش مورد بررسی قرار گرفت. برای آشکارسازی ارتباط بین فراسنج‌های مورد بررسی از روش همبستگی خطی پیرسون (رابطه ۱) بهره گرفته شد (عساکره، ۱۳۹۰: ۱۸۷).

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

برای بردن سری زمانی به فضای فرکانس از تابع مبنایی به نام موجک مادر بهره‌برده می‌شود. موجک‌ها از طریق تغییر مقیاس دادن و جابه جایی این موجک اصلی تولید می‌شوند. علت استفاده از عبارت موجک آن است که توابع متفاوت بوجود آمده براساس پارامترهای انتقال و مقیاس همگی از تابع پایه (موجک مادر) ناشی می‌شوند و از سوی دیگر موجک مادر، موجک اصلی برای تولید توابع پنجره‌ای دیگر است. این موجک‌ها یکتا نیستند و بسته به کاربرد، انواع گوناگونی را می‌توان استفاده نمود از جمله این موجک‌های مادر می‌توان به هار، مورلت، شانون، گوسین، دابوچی، سیملت، کویفلت و میر را نام برد. علت این تنوع در موجک به سبب وجود سری‌های پویای مختلف است (صادقی و ذوالفقاری، ۱۳۹۰). شایگانی و همکاران، (۱۳۹۲). پژوهش حاضر از موجک مادر مورلت که اولین بار توسط گروسمن و مورلت (۱۹۸۴) معرفی شده، استفاده کرده است. تحلیل فاز و تحلیل دامنه از جمله ویژگی‌های این موجک است. تابع موجک مورلت به شرح زیر تصریح می‌شود (علوی و دهمرده، ۱۴۰۰: ۳۵۲):

رابطه (۷)

$$\Psi^M(t) = \frac{1}{\pi^4} (e^{i\omega_0 t} - e^{-\omega_0^2/2}) e^{-t^2/2}$$

در رابطه ی (۷)، $\Psi^M(t)$ تابع موجک پیوسته ی مورلت، t عامل زمان، ω_0 عامل فرکانس (فرکانس مرکزی موجک) را نشان می دهند. با ثابت نگه داشتن فرکانس در یک مقدار مشخص و بهینه از پارامتر انتقال مقیاس زمانی برای تفکیک دوره های زمانی استفاده می شود. در این کاربرد از تحلیل موجک می توان با باز و بسته کردن موجک (تغییر پارامتر مقیاس) در طول زمان نتایج حاصل از دوره های زمانی مختلف را قیاس کرد. بر این اساس و با برابر قرار دادن ω_0 ، در رابطه ی (۷)، جزء $e^{-\omega_0^2/2}$ قابل اغماض بوده و فرم خالصه شده ی آن توسط رابطه ی (۸) بیان شده است (علوی و دهمرده، ۱۴۰۰: ۳۵۲).

تشخیص میانگین زاویه‌ی فازی موجک متقاطع و تخمین فواصل معنی‌داری از تفاوت فازی است. به همین منظور از میانگین چرخشی فازها برای شناسایی و تعیین چگونگی ارتباط فازی استفاده می‌شود. این روش بیش‌ترین کوواریانس موجود بین دو سری، زمانی را نشان می‌دهد (تورنس و کمبو، ۱۹۹۸: ۷۴). از سوی دیگر این روش برای بررسی میزان و نحوه همبستگی بین متغیرهای مختلف در مقیاس سالانه کاربرد دارد (جهانیخس و همکاران، ۱۳۸۹: ۵۵ و ۵۶). تبدیل موجک متقاطع دو سری زمانی $x(t)$ و $y(t)$ بشرح زیر است (جورای و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۵).

رابطه (۴)

$$W_{xy}(n, s) = W_x(n, s) W_y^*(n, s)$$

که در رابطه (۴)، $W_x(n, s)$ و $W_y(n, s)$ به ترتیب ضرایب تبدیل موجک سری‌های زمانی $x(t)$ و $y(t)$ با زمان تأخیر n و مقیاس s می‌باشند. علامت * بیانگر صورت مزدوج یک عدد مختلط می‌باشد. ضرایب حاصل گشته اعداد مختلطی هستند که دو بخش موهومی و حقیقی دارند که بصورت مدول و اختلاف فاز توصیف می‌شوند. برای حصول اختلاف فاز $\Delta\Phi(n, s)$ در هر نقطه n و s در فضای زمان-مقیاس بصورت ساده شده توسط تورنس و کاپو در سال ۱۹۹۸ به فرم رابطه (۵) تعریف شده است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۷: ۴۲):

رابطه (۵)

$$\Delta\Phi(b, s) = \tan^{-1} \left(\frac{\int_{s_1}^{s_2} \text{Im}[W_{xy}(s, b)] ds}{\int_{s_1}^{s_2} \text{Re}[W_{xy}(s, b)] ds} \right)$$

رابطه (۶)

$$\Delta\Phi(b) = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Im}[W_{xy}(s, b)]}{\text{Re}[W_{xy}(s, b)]} \right)$$

در رابطه (۶)، $\text{Im}[W_{xy}(s, b)]$ و $\text{Re}[W_{xy}(s, b)]$ به ترتیب بخش‌های موهومی و حقیقی ضریب $W_{xy}(s, b)$ می‌باشند. همچنین s_1 و s_2 حدود انتگرال و به ترتیب نشان دهنده حدود پایین و بالای باند مقیاس بوده و $s_1 < s_2$ می‌باشد.

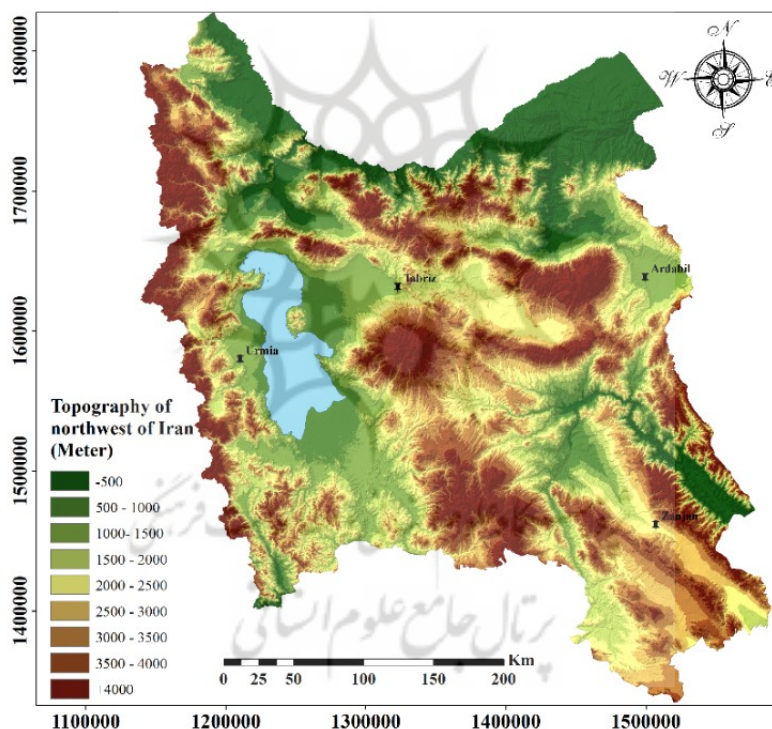
$$\Psi^M(t) = \frac{1}{\pi^{\frac{1}{4}}} e^{i w_0 t} - e^{-t^2/2}$$

رابطه (۶)

محدوده و قلمرو پژوهش

شمال غرب ایران ۱۱۸۶۷۰ کیلومتر مربع (۷/۵ درصد) از مساحت کشور را به خود اختصاص داده است (شکل ۱ - الف). این ناحیه در عرض جغرافیایی ۳۵/۵ تا ۴۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۴ تا ۴۹/۵ درجه شرقی جای گرفته است. متوسط ارتفاع این ناحیه از ایران زمین ۱۸۳۰ متر و بلندترین نقطه‌ی آن دارای ارتفاع بیش از ۴۵۰۰ متر و کم‌ترین ارتفاع آن ۱۰۰ متر بالاتر از سطح دریاست (حنفی، ۱۴۰۰:

۱۳۸). شمال غرب ایران محل برخورد و به هم فشردگی سه فلات ایران، ارمنستان و آناتولی است (علائی، ۱۳۸۸: ۷۸). رشته کوه‌های این ناحیه از ایران بیش‌تر سمت و سوی شمال غربی - جنوب غربی دارند. بلندی‌های مرکزی که در بخش‌های غربی و جنوب غربی دریاچه ارومیه واقع شده‌اند نیز از جنوب تا بخش‌های میانه امتداد یافته‌اند. پیچیدگی توپوگرافی و مورفولوژی منطقه به همراه اثرپذیری آن از سامانه‌های جوی عرض‌های میانه و جنب حاره در فصول مختلف سال سبب شده است تا توزیع زمانی و مکانی بارش در این منطقه از پیچیدگی خاصی برخوردار باشد (شادمان و عساکره، ۱۳۹۹: ۱۲۸).



شکل ۳: نقشه توپوگرافی شمال باختری ایران به متر

دارای اقلیم نیمه بیابانی و سرد (BSK) می‌باشد. مسعودیان (۱۳۹۱: ۸۲) متوسط، کمینه و بیشینه دما در شمال غرب کشور را به ترتیب ۱۲/۳، ۲- و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آورده است (مسعودیان، ۱۳۹۱: ۸۲). متوسط بارش سالانه این بخش از ایران حدود ۴۰۰ میلی‌متر است که با توجه به متوسط

به‌دلیل شرایط توپوگرافی شمال غربی ایران و نیز موقعیت جغرافیایی آن در ارتباط با سامانه‌های جوی جهانی، این ناحیه از کشور از شرایط آب و هوایی پیچیده‌ای برخوردار است. براساس پژوهش رضیئی و میری (۱۴۰۱: ۱) از نظر اقلیمی و براساس منطقه‌بندی برپایه طبقه بندی کوپن-گایگر شمال غرب ایران زمین

مطالعه با میزانی در ۶ تا ۱۰ می باشد این در حالی است که این بخش از شمال غرب دارای بیشینه بارش (بیش از ۵۰۰ میلی متر) در شمال باختری بوده است. میزان این انحراف معیار برای جنوب غرب ایران بدان معناست که بارش این بخش از شمال غرب ۶ تا ۱۰ میلی متر بالاتر یا پایین تر از متوسط میانگین این نواحی رخ خواهد داد. بیشینه مقدار انحراف معیار در قسمت شمال منطقه با میزان ۹۲ بوده که بیانگر این موضوع است که بارش در این نواحی ۹۲ میلی متر بالاتر یا پایین تر از متوسط آن در این مناطق رخ خواهد داد و در رتبه‌های بعدی مناطق شمال غربی، شرقی و جنوب شرقی منطقه از نظر بیشینه تغییر پذیری بارش می باشد.

میانگین فضایی بارش سالانه را برای هریک از سال‌های دوره آماری مورد مطالعه و نیز میانگین فضایی بارش ماهانه را برای هر ماه سال نشان می دهد. براساس شکل میانگین فضایی بارش سالانه (خط چین قرمز) طی دوره آماری مورد مطالعه، حدود ۳۰۶ میلی متر بود. در طی ۴۹ سال در ۱۹۸۲ (۱۳۶۰) با مقداری در حدود ۵۷۷ میلی متر بیشترین و در سال ۱۹۷۰ (۱۳۴۸) کم ترین مقدار بارش (حدود ۱۶۸ میلی متر) رخ داد. طبق شکل، بیشینه بارش ماهانه طی ماه آوریل با میانگین ۴۸ میلی متر و کمینه بارش در ماه آگوست با متوسط ۶ میلی متر رخ می داد.

جدول ۱ معادله رگرسیون بین بارش سالانه و عوامل مکانی (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع) و نیز آماره‌های مرتبط را نشان می دهد. طبق این جدول بیشینه مقدار شیب تغییرات هم در مقدار بارش و هم در انحراف معیار متعلق به ارتفاع، با میزان ۰/۰۱۹ در مقدار بارش و ۰/۰۳۶ در انحراف معیار بارش می باشد. که بیانگر آن است که به ازای یک متر تغییر در ارتفاع مقدار بارش به میزان ۰/۰۱۹ و انحراف معیار بارش ۰/۰۳۶ میلی متر افزایش می یابد. همچنین براساس این جدول می توان دریافت که در تمامی حالات وضعیت معناداری برقرار است. از سوی دیگر بیشینه ضریب تبیین در میانگین مقدار بارش، برای بارش و طول جغرافیایی و برای انحراف معیار، بین

بارندگی کشور ایران (حدود ۲۵۰ میلی متر) وضعیت بهتری را به تصویر کشیده است (مسعودیان، ۱۳۹۱: ۱۲۳). از سوی دیگر بیشینه یکنواختی بارش و کمترین محدوده‌ای که از سامانه‌های همدید تأثیر می پذیرد محدوده‌ی شمال شرق از منطقه مورد مطالعه است. این در حالی است که بخش جنوب غربی از محدوده‌ی مورد بررسی بیشترین بارش را از سامانه‌های همدید دریافت می کند (عساکره و رزمی قلندری، ۱۳۹۲: ۱۴۵، عساکره و رزمی، ۱۳۹۰: ۱۳۷).

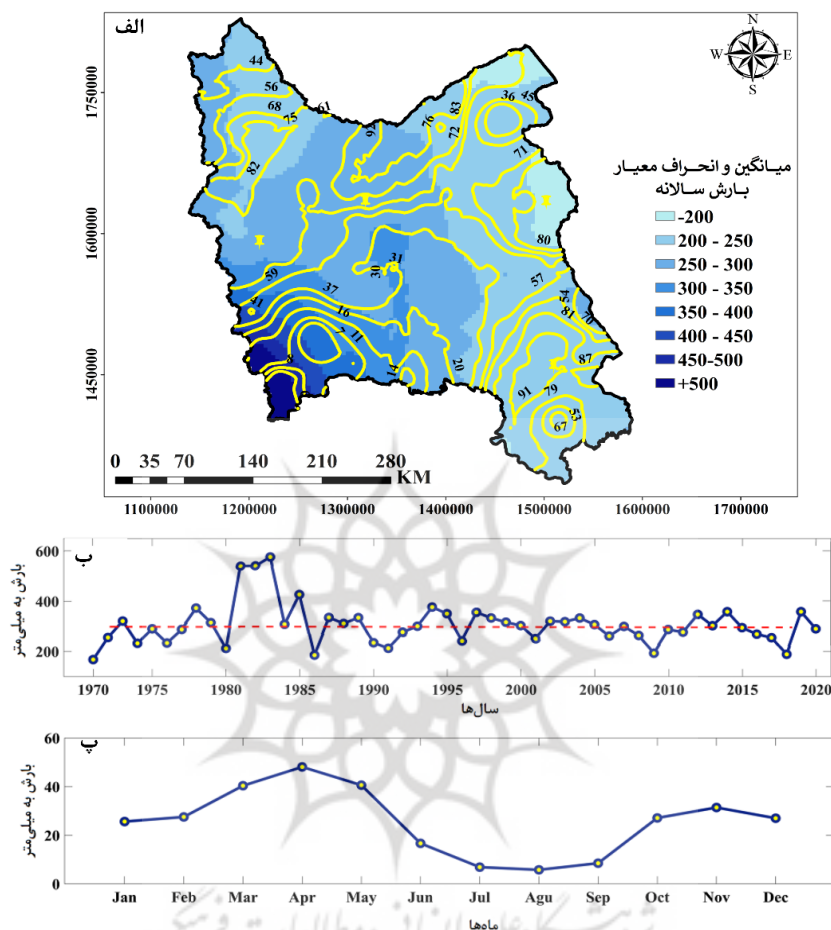
بحث اصلی

ویژگی‌های عمومی بارش

شکل زیر توزیع مکانی بارش سالانه شمال غرب ایران را طی دوره مورد بررسی (۱۹۷۰ - ۲۰۱۹) نشان می دهد. می توان دید که بیشینه بارش در شمال باختری ایران، در جنوب غربی منطقه با بیش از ۵۰۰ (۵۴۲ تا ۵۸۶) میلی متر و از سوی دیگر از جنوب غرب به سمت شرق منطقه از مقدار میانگین بارش کاسته می شد؛ کمینه بارش در نواحی از جمله شمال غرب، شرق، شمال شرق و جنوب شرق با مقدار ۱۹۲ تا ۲۴۲ میلی متر رخ می داد. این وضعیت از بارش در شمال غرب کشور در پژوهش عساکره و رزمی (۱۳۹۲: ۱۴۵) نیز تأیید شده است. از سوی دیگر محدوده‌ی شمال غرب ایران دارای تغییرپذیری و آشوبناکی بالایی است (شادمان، ۱۳۹۹: ۱۳۲) و جنوب غرب محدوده‌ی مورد مطالعه همواره بیشترین بارش و از نوع فصلی را دریافت و نواحی مرکزی، شمال شرقی منطقه همواره کمینه بارش و از نوع متمرکز را کسب می کند. نکته قابل تأمل در زمینه شمال شرق از محدوده‌ی مورد مطالعه که توسط علیجانی نیز بیان شده است تأثیرپذیری این بخش، از توده هوای سرد قفقاز است که گنجایش بخار آب کم و در نتیجه بارش کم جزو ماهیت آن است (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۸، علیجانی، ۱۳۷۴: ۱۴۵). در همین شکل می توان توزیع مکانی انحراف معیار را نیز مشاهده نمود. بر این اساس کمینه مقدار انحراف معیار در جنوب غرب منطقه مورد

چنین ارتباط و نقشی از عرض (طول) جغرافیایی، ارتفاع توسط پژوهشگرانی همچون صراف و آزر (۱۳۹۵): (۷۳)، مجرد و مرادی (۱۳۸۲: ۱۶۴) نیز تأیید شده است.

بارش و عرض جغرافیایی است این بدان معناست که تغییرات در میانگین بارش ۲۶ درصد توسط تغییرات در راستای طول جغرافیایی قابل توجیه است و این در حالی است که تغییرات در انحراف معیار ۹ درصد توسط تغییرات عرض جغرافیایی توجیه می‌شود. وجود



شکل ۴: توزیع فضایی مجموع (پس زمینه رنگی) و انحراف معیار (خطوط هم مقدار) بارش سالانه (الف)، میانگین فضایی بارش سالانه (الف) و ماهانه (ب) به میلی‌متر

جدول ۱: رگرسیون بارش سالانه و عوامل مکانی (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع) شمال غرب کشور

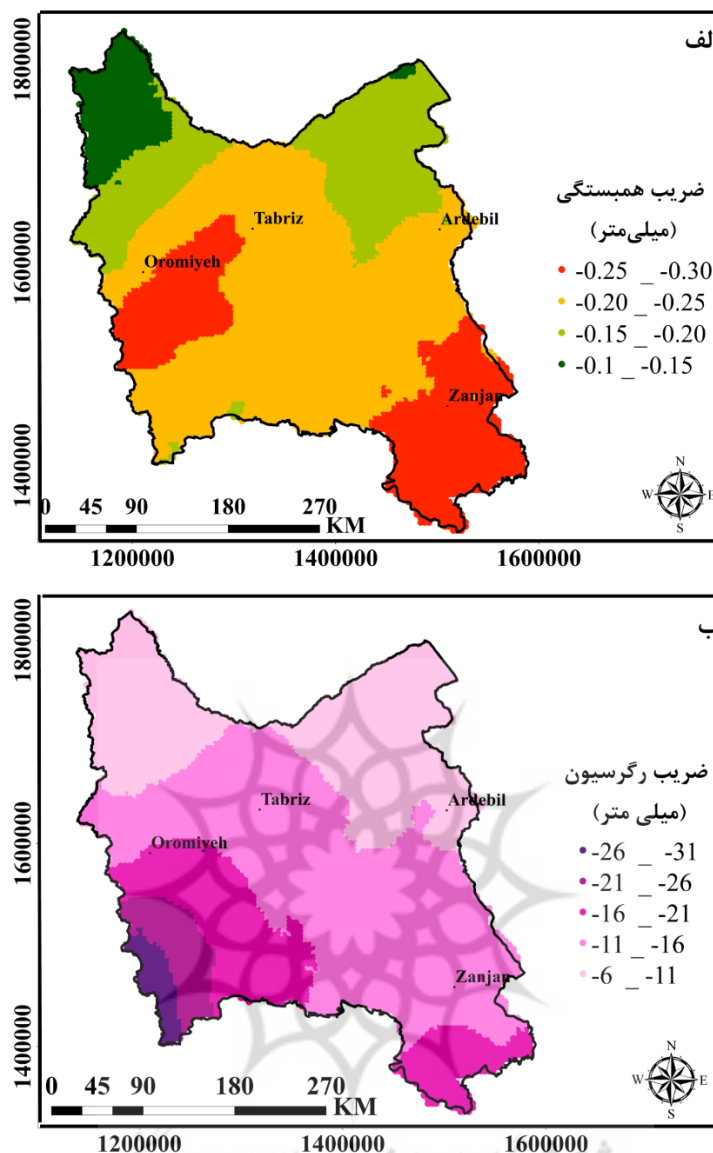
معادله رگرسیون میانگین بارش با متغیرهای مکانی و آماره‌های مرتبط					
متغیر مکانی مکان	عرض از مبدأ	شیب خط	آماره P	ضریب تبیین	معادله
ارتفاع	۲۷۵/۱۸	۰/۰۱۹	۰	۰/۰۲۷۱	$Y=275/1818 + 0/0193 x$
طول جغرافیایی	۶۷۲/۲۷	-۰/۰۰۰۲	۰	۰/۲۵۶۵	$Y= 672/2753 + (-0.0002) x$
عرض جغرافیایی	۵۹۸/۴۵	-۰/۰۰۰۱	۰	۰/۱۰۸۰	$Y=598/4535 + (-0.0001)x$
معادله رگرسیون انحراف معیار مقدار بارش با متغیرهای مکانی و آماره‌های مرتبط					
اثرنمایه و مکان	عرض از مبدأ	شیب خط	آماره P	ضریب تبیین	معادله
ارتفاع	۱۱۰/۰۳	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۰۰۰۹	۰/۰۰۲۶	$Y= 110/03 + 0.0036 x$
طول جغرافیایی	۲۳۲/۴۶	-۰/۰۰۰۰۸	۰	۰/۰۷	$Y= 232/46 + (-0.00008) x$
عرض جغرافیایی	۲۸۴/۳۹	-۰/۰۰۰۱	۰	۰/۰۹	$Y= 284/39 + (-0.0001) x$

رابطه بارش و نمایه‌ی مدیترانه‌ای (MOIac): شکل

۵ - الف و همچنین جدول (۲) ضرایب همبستگی بین مقدار بارش با نمایه‌ی MOIac را نشان می‌دهد. روابط ارائه شده با بیش از ۹۵ درصد اطمینان معنی‌دار هستند. نوع ارتباط بارش با نمایه‌ی مورد بررسی در سرتاسر شمال غرب ایران معکوس است؛ یعنی با مثبت شدن مقدار نمایه‌ی MOIac مقدار بارش در سرتاسر ناحیه شمال غرب ایران کاهش می‌یابد. ارتباط معکوس بین برخی از الگوهای پیوند از دور (AO، SOI، NAO، PNA و....) با بارش در ایران و شمال غرب کشور توسط پژوهشگرانی همچون فرج‌زاده‌اصل و همکاران (۱۳۹۲: ۴۲)، میرهاشمی و حسنونند (۱۴۰۲: ۱۳۳)، تبری و همکاران (۲۰۱۴: ۴۴۱۱)، سیدنژادگل خطمی و همکاران (۲۰۲۱: ۸) نیز تأیید شده است، ایشان بیان داشته‌اند که با تشدید هریک از نمایه‌های مورد بررسی از مقدار بارش کاسته می‌شود. دور با این وجود مقدار همبستگی اگرچه به لحاظ آماری معنی‌دار است، اما در همه جا کم‌تر از ۰/۵ (کم‌تر از متوسط) بوده است. بیش‌ترین میزان ارتباط بین نمایه و مقدار بارش در قسمت‌هایی از غرب منطقه و عمدتاً در سرزمین‌های کم ارتفاع بخش‌های غربی و همچنین در جنوب شرق منطقه و ارتفاعات جنوب شرقی دیده می‌شوند. کم‌ترین میزان رابطه در قسمت‌هایی از شمال غرب و شمال شرق منطقه مورد مطالعه وجود داشت. بخش‌هایی از منطقه که بارش آن‌ها کمترین میزان ارتباط با نمایه‌ی مورد بررسی را دارند عمدتاً در زمین‌های کم ارتفاع شمالی و شمال غربی قرار دارند. میزان بارش در این بخش‌ها بین ۲۴۲ تا ۳۴۲ میلی‌متر است. گروهی از نواحی که در رتبه‌ی دوم قرار دارند با میزان همبستگی ۰/۱۵- تا ۰/۲۰- نسبت به نواحی دیگر، روابط قوی‌تری را منعکس کردند. همچنین مقدار هم تغییر بارش با نمایه‌ی مورد بررسی در قسمت‌های میانی، جنوبی، شرقی، بخش‌هایی از شمال، جنوب غرب و بخش‌های کم‌وسعتی از غرب منطقه بین ۰/۲۰- تا ۰/۲۵- بوده

است. این نواحی تقریباً در همه جا هماهنگ با قسمت‌های مرتفع منطقه است. بنابراین نقش مکانیکی ناهمواری‌ها و اجبار در صعود و تقویت سیکلون‌ها و همچنین وجود ارتباط مستقیم بین رخداد بارش و ارتفاع در غالب موارد در ایران زمین از یک سو و رخداد بیشینه بارش در شرق رشته کوه زاگرس از سوی دیگر چنین همبستگی دور از انتظار نیست (کیانی و همکاران. ۱۳۹۸: ۳۸، مجیری و زارعی. ۱۳۸۵: ۸، صداقت. ۱۴۰۲: ۱۰۲، صراف و آزمون. ۱۳۹۵: ۸۵، عساکره و همکاران. ۱۴۰۰: ۱۴۲، مجرد و مرادی‌فر. ۱۳۸۲: ۱۵۹). مناطق فاقد رابطه معنادار بین بارش با نمایه MOIac تنها حدود ۰/۴ درصد از کل پهنه مورد بررسی را شامل می‌شوند. لازم به ذکر است که مقدار متوسط هم تغییری بارش با نمایه نزدیک به ۰/۳- بوده است.

وجود رابطه معکوس بین انواع مختلف نمایه‌ی مدیترانه مانند MOIac، MOIig، WeMOI، EMOI و ... (برای آشنایی با هریک از این نمایه‌های دور پیوندی به کریادو الدنوو و ناراوو (۲۰۱۳) مراجعه نمایید) با پارامترهای مختلفی آب و هوایی همچون؛ بارش، دما، تبخیر توسط پژوهشگرانی مختلفی در سطح جهان تأیید گردیده است از جمله این کارها می‌توان به مطالعه زروآل و همکاران (۲۰۱۷: ۵۹۵)، ردولات و همکاران (۲۰۱۹: ۱)، کریادو الدنوو و ناراوو (۲۰۱۳: ۷) نیز تأیید گردیده است. برای یافتن این ارتباط پژوهشگران از روش‌هایی همچون همبستگی پیرسون، همبستگی کاننیکال بهره‌برده‌اند که در پژوهش حاضر نیز از روش همبستگی پیرسون برای آشکارسازی روابط استفاده شده است. از سوی دیگر این پژوهشگران تمرکز اصلی خود را بر اثر این نوسانات بر خود منطقه مدیترانه، سواحل جبل الطارق محدود نموده‌اند در حالی که در پژوهش حاضر تأثیر نمایه‌ی مدیترانه MOIac را بر خارج از مدیترانه و بر ایران مورد ارزیابی قرار داده‌اند.



شکل ۵: رابطه بین مقدار بارش و نمایه‌های MOIac (الف) اثر بین نمایه‌ی MOIac و بارش شمال غرب ایران (ب)

شمال، جنوب شرق و مرکز منطقه با مقدار اثر ۱۶- تا ۲۱- بیشینه‌ی پهنه‌ی شمال غرب حدود ۴۶ درصد را به خود اختصاص داده است. میانگین کاهش بارش با هریک واحد افزایش نمایه مورد بحث در این نواحی ۱۷/۸ میلی‌متر بوده است. بیشینه ضریب تبیین نیز متعلق به مقدار اثر ۱۶- تا ۲۱- میلی‌متر است. به این ترتیب با هر واحد افزایش در نمایه MOIac بین ۲۱ تا ۱۶ میلی‌متر از مقدار بارش در این جنوب شرق و بخش‌هایی از جنوب غرب کاسته می‌شود. باتوجه به شکل ۵- ب می‌توان مشاهده نمود که با حرکت

به منظور شناسایی نوع و میزان ارتباط بین نمایه‌های مورد بررسی و بارش به مدلسازی پرداخته شد. در ذیل وضعیت پهنه مورد بررسی به اضافه مقادیر ضرایب و شرایط معناداری یا عدم معناداری در شکل ۵- ب و جدول ۲ قابل مشاهده است. براین اساس بیشینه اثر ۳۱- و کمینه اثر نمایه MOIac برابر با ۶- است. این در حالی است که بیشینه اثر نمایه بر پربارش‌ترین منطقه از شمال غرب کشور هماهنگ بوده و کمینه پهنه‌ی مورد مطالعه (۲ درصد) را به اشغال خود در آورده است. این در حالی است که بخش‌هایی از

نکته قابل تأمل بعدی است. با توجه به آن که شرق دریای مدیترانه و سیکلون‌های انتقالی از این بخش دریای مدیترانه بر بارش ایران بالخصوص شمال غرب کشور موثر واقع می‌شوند و براساس موقعیت نمایه‌ی مورد واکاوی که در بخش جنوبی و غربی این دریا جای گرفته‌اند در نتیجه پایین بودن این همبستگی با بارش شمال غرب کشور دور از انتظار نمی‌باشد. تأثیر شرق دریای مدیترانه بر بارش شمال غرب کشور توسط پژوهشگرانی همانند عساکره و خجسته (۱۴۰۰: ۱۷۴)، خجسته (۲۰۲۰: ۱)، کاوسی و موحدی (۱۳۹۳: ۹۷)، رئیسی و محمودی (۱۴۰۲: ۱۴۹) نیز بیان شده است.

شرق سو و شمال سو از مقدار اثر MOIac بر بارش کاسته می‌شود که می‌توان این مسئله را به این موضوع نسبت داد که این مناطق در شمال غرب کشور بیش از پیش تحت تأثیر عوامل محلی همچون بارش‌های همرفتی، جبهه‌ای و... قرار گرفته و در این مناطق از شمال غرب کشور نقش عوامل بزرگ مقیاس کم و یا حذف می‌شود. که این مسئله توسط پژوهشگرانی همچون خسروی و همکاران (۱۳۹۵: ۲۱)، عزیزی و ربانی (۱۳۹۱: ۵۱)، قدرتی و همکاران (۱۴۰۳: ۱) و پناهی و همکاران (۱۴۰۰: ۶۷) نیز مورد تأیید قرار گرفت. از سوی دیگر پایین بودن ضریب تبیین نیز

جدول ۲: مقادیر روابط و ضرایب اثرگذاری MOIac بر بارش در شمال غرب ایران زمین

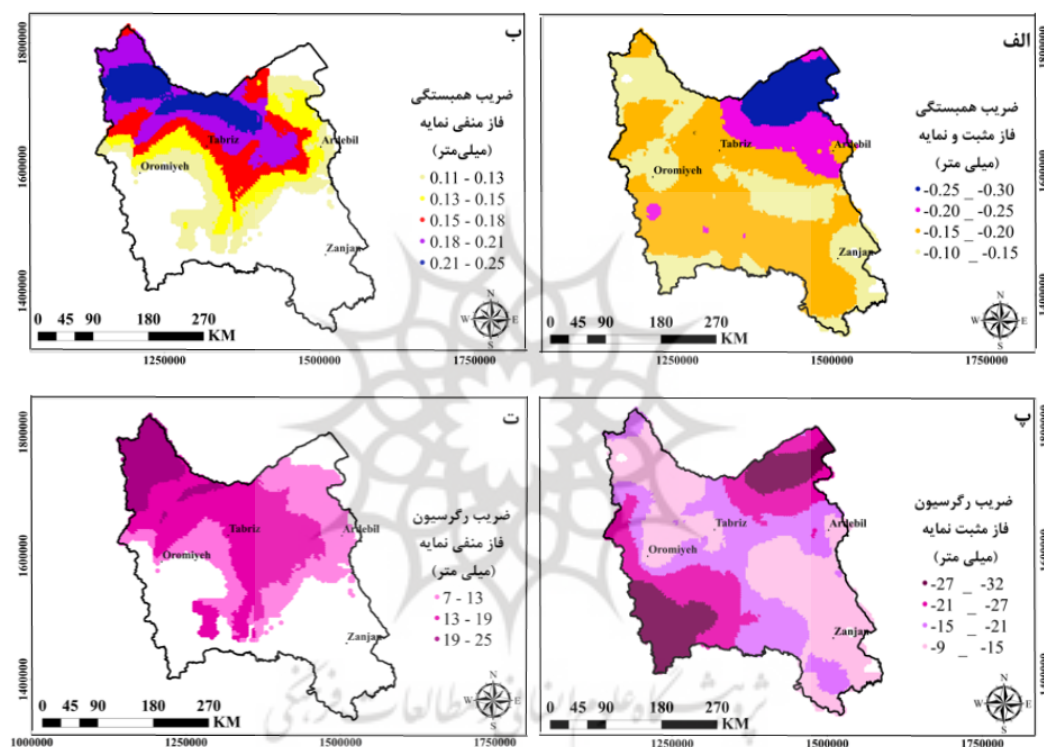
همبستگی نمایه MOIac و بارش شمال غرب				
مقدار P_value		رابطه با مقدار بارش		
۰		- ۰/۳۰		MOIac
میانگین اثر نمایه MOIac بر بارش شمال غرب				
میزان اثر	مساحت به درصد	معادله	اماره P	ضریب تبیین
۳۱- تا ۲۶-	۲/۱۳	y= 45.2 – 28.1x	۰	۰/۰۶
۲۶- تا ۲۱-	۴/۵۰	y=37.08 – 23.2x	۰	۰/۰۷
۲۱- تا ۱۶-	۱۷/۳۰	y=27.2 – 17.8x	۰	۰/۱
۱۶- تا ۱۱-	۴۶/۳۶	y= 24.6 – 13.4x	۰	۰/۰۸
۱۱- تا ۶-	۲۹/۶۷	y=22.7 – 10.2x	۰	۰/۰۶
عدم معناداری	۰/۰۱	-	-	-

۰/۱۷ بوده است. که نشانگر ضعیف بودن شدت ارتباط بارش شمال غرب ایران با فازهای نمایه MOIac است. توزیع مکانی ضریب همبستگی بارش با فاز مثبت نمایه MOIac نشان می‌دهد که ارتباط این دو متغیر در نواحی جنوب غربی، جنوب شرقی، شمال غربی و بخش‌های کوچکی از نواحی مرکزی منطقه مورد مطالعه کمینه است. با توجه به شکل‌های ۴ - الف و شکل ۳ این نواحی غالباً در محدوده‌ی کم بارش منطقه قرار گرفته‌اند و به لحاظ توپوگرافی عمدتاً کوهستانی و نیمه کوهستانی هستند. در فازهای منفی با افزایش مقدار نمایه، با توجه به مستقیم بودن ارتباط در فاز منفی مقدار بارش افزایش می‌یابد. در فاز منفی ارتباط بارش با نمایه MOIac عمدتاً در نیمه شمالی منطقه معنادار بوده است. بیش‌ترین میزان این

برای ردیابی دقیق‌تر روابط، فازهای مثبت و منفی نمایه‌های مدیترانه تفکیک شدند. روابط بین این نمایه‌ها و بارش شمال غرب کشور مجدداً محاسبه و نتایج در شکل ۷ ارائه شده است. همچنین جدول ۳ اطلاعات تکمیلی مربوط به این روابط را نشان می‌دهد. براساس شکل ۶ در فاز مثبت و فاز منفی نمایه MOIac نیز ارتباط نسبتاً ضعیفی بین بارش و تغییرات این نمایه وجود دارد. طبق این شکل در طی فاز مثبت نوع ارتباط بارش با نمایه‌ی مورد بررسی در سرتاسر منطقه منفی و در فاز منفی، مثبت بوده است. به این ترتیب در همه جا طی فاز مثبت نمایه MOIac با افزایش شدت نمایه مورد بحث مقدار بارش کاهش می‌یابد و از سوی دیگر متوسط مقدار ارتباط بین نمایه مورد بحث و بارش در فاز مثبت ۰/۲۴ - و فاز منفی

ناراوو (۲۰۱۳: ۷)، رضایی و قویدل رحیمی (۱۳۹۴: ۱) نیز نتایج مشابهی با پژوهش فوق را کسب کرده البته در موقعیت‌های مکانی مدیترانه و حوالی آن و بیان داشته‌اند که در زمان رخداد فاز مثبت بارش کاهش و در زمان رخداد فاز منفی بارش افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که این پژوهشگران همچون تحقیق حاضر از روش همبستگی پیرسون و زروآل و همکاران از روش همبستگی کانیکال بهره‌برده‌اند

ارتباط با مقدار همبستگی ۰/۲۱ تا ۰/۲۵ در قسمت‌های شمال غربی و شمالی منطقه و کم‌ترین مقدار ارتباط در نواحی مرکزی، شرقی و بخش کوچکی از غرب منطقه با مقدار همبستگی ۰/۱۱ تا ۰/۱۳ دیده می‌شود. همچنین می‌توان دید که شدت ارتباط از شمال غرب به شرق منطقه کاهش می‌یابد. براساس یافته‌های پژوهش حاضر و پژوهش‌های پیشین افرادی همچون زروآل و همکاران (۲۰۱۷: ۵۹۵)، ردولات و همکاران (۲۰۱۹: ۱)، کریادو الدنوا و



شکل ۶: رابطه بین مقدار بارش و فازهای نمایه MOIac شکل‌های (الف) و (ب)، اثر بین فازهای نمایه MOIac و مقدار بارش شمال غرب ایران شکل (پ) و (ت)

اثرگذاری ۲۱- تا ۲۷- میلی‌متر بیش‌ترین مقدار ضریب تبیین (۸٪) را به خود اختصاص داده‌اند که در نواحی غربی، بخش‌هایی از جنوب غرب و شمال شرق منطقه قرار گرفته‌اند و این بدان معناست که نمایه MOIac در فاز مثبت در نواحی یاد شده تنها ۸ درصد از تغییرات بارش را توجیه می‌کند. براساس شکل ۶- ت می‌توان مشاهده نمود که نواحی‌ای که در فاز مثبت کم‌ترین اثر را از نمایه دریافت نموده بودند در طی فاز منفی بیش‌ترین اثر را

براساس شکل ۶- پ شمال غرب کشور به دو قسمت تقسیم می‌شود؛ قسمت اول: مناطقی با شرایط اثرپذیری بالا که در نواحی از جنوب غرب و شمال شرق منطقه جای گرفته‌اند و قسمت دوم: نواحی شمال شرقی، مرکزی، شرقی و جنوب شرقی که مقدار اثرپذیری متوسط و پایین را دریافت می‌کنند. همچنین بیش‌ترین پهنه از محدوده‌ی مورد مطالعه نیز توسط مقدار اثرپذیری کم و متوسط (۹- تا ۲۱- میلی‌متر) پوشش داده شده است. از سوی دیگر مقدار

دریافت کرده‌اند. البته این موضوع دور از انتظار نیست چراکه ایران زمین همواره از سمت شمال غرب، غرب و جنوب غرب خود تحت تأثیر سامانه‌های بزرگ مقیاس که از سمت غرب نفوذ می‌کنند، قرار می‌گیرد، البته لازم به ذکر است که جنوب غرب در مقایسه با شمال غرب و غرب کشور کم‌تر تحت تأثیر قرار می‌گیرد اما این بخش ایران نیز از این سامانه‌ها تأثیر خود را دریافت می‌کند. حال این کم‌فشارها بصورت محض از دریای مدیترانه سرچشمه بگیرد یا در طی مسیر با کم‌فشارهای سرخ و سیاه ادغام گردد. این مسئله توسط نویسندگان همچون خجسته (۲۰۲۰: ۱)، منصوری و دوستان (۱۳۹۸: ۱۵۷)، ایران‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸: ۹۱)، خجسته (۱۳۹۷: ۷۶)، امیدوار و ترکی (۱۳۹۱: ۱۳۵)، راضی کاظم و همکاران (۱۴۰۳: ۱۷)، قائدی و همکاران (۱۳۹۱: ۱) نیز تأیید شده است. بر طبق این شکل ۶-الف و شکل ۶-ب می‌توان

مشاهده نمود که بیش‌ترین اثر نمایه بر بارش در طی فاز مثبت در جنوب غرب و در این فاز (منفی) در شمال غرب محدوده‌ی مورد مطالعه دیده می‌شود. از سوی دیگر بیش‌ترین اثر کم‌ترین مقدار پهنه شمال غرب یا ۱۷ درصد از آن را به خود اختصاص داده و مقدار اثرگذاری ۱۳ تا ۱۹ میلی‌متر (با افزایش نمایه بارش به میزان ۱۳ الی ۱۹ میلی‌متر افزایش می‌یابد) با در برگیری ۲۷ درصد از پهنه شمال غرب کشور بیش‌ترین پهنه را به تصرف خود در آورده است. همچنین نکته‌ی حائز اهمیت آن است که در فاز مثبت تنها ۰/۶ درصد و در فاز منفی نزدیک به ۴۴ درصد پهنه شمال غرب شرایط عدم معناداری را تصویر می‌کند. بنابراین براساس شکل ۶ می‌توان مشاهده نمود که مناطقی همچون شمال غرب بخش‌هایی از غرب، مرکز و شرق منطقه است که با شدت و ضعف از هر دو فاز نمایه‌ی MOIac تأثیر می‌پذیرد.

جدول ۳: مقادیر روابط و ضرایب اثرگذاری فازهای نمایه‌ی MOIac بر مقدار بارش در شمال غرب ایران زمین

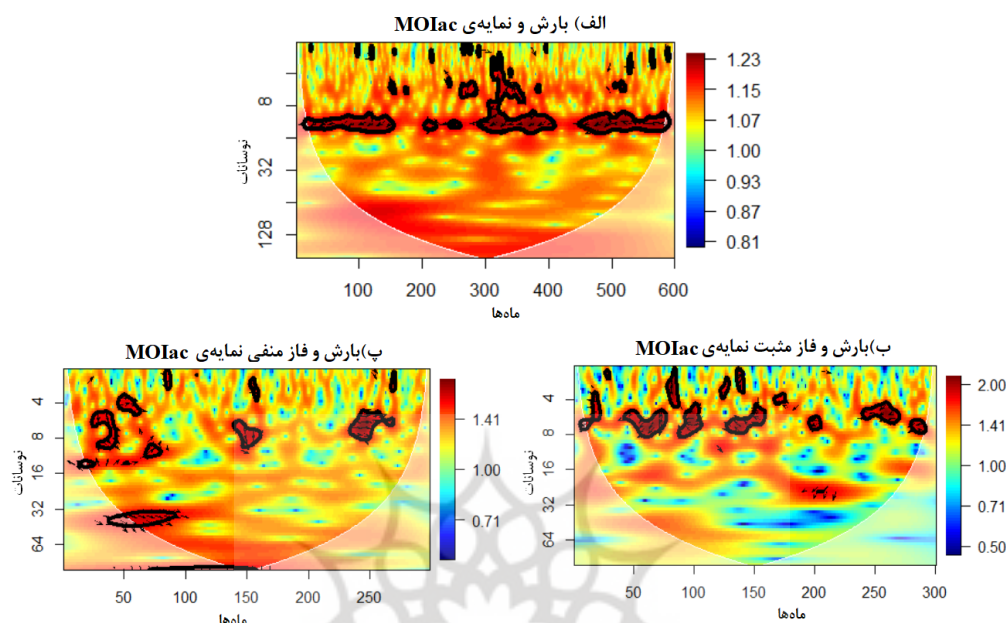
رابطه فاز های نمایه MOIac و بارش شمال غرب				
مقدار P value		رابطه با مقدار بارش		
۰/۰۳		- ۰/۲۳		فاز مثبت
۰/۰۰۵		۰/۱۶		فاز منفی
ویژگی‌های اثر فاز مثبت نمایه MOIac بر بارش شمال غرب				
طبقات	مساحت به درصد	معادله	اماره P	ضریب تبیین
۲۷- تا ۳۲-	۵/۳	y=37.3 - 28.3x	۰/۰۰۰۹	۰/۰۳
۲۷- تا ۲۱-	۱۸/۹	y= 27.7- 23.4x	۰	۰/۰۷
۲۱- تا ۱۵-	۳۵/۲	y= 23.7- 17.3x	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۵
۱۵- تا ۹-	۳۹/۵	y= 20.9- 13.1x	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۳
عدم معناداری	۰/۶	-	-	-
ویژگی‌های اثر فاز منفی نمایه MOIac بر بارش شمال غرب				
طبقات	مساحت به درصد	معادله	اماره P	ضریب تبیین
۷ تا ۱۳	۲۰/۱	y =34.6 + 11.1x	۰/۰۰۳۱	۰/۰۲
۱۹ تا ۱۳	۲۶/۹	y= 38.4 + 14.8x	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۴
۲۵ تا ۱۹	۹/۰۶	y= 38.1 + 16.8x	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۵
عدم معناداری	۴۳/۸	-	-	-

تحلیل تناوب: در این مرحله به منظور به واکاوی تناوب‌های موجود در مشاهدات با استفاده از روش تحلیل موجک پرداخته و نتایج در شکل ۵ ارائه

گردیده است. بر طبق شکل ۷-الف تناوب‌های بین شرایط متوسط بارش و MOIac، شکل ۷-ب تناوب‌های مقدار بارش و فاز مثبت نمایه و نهایتاً شکل

تغییری بین دو سری زمانی به چه شکل است بدان معنا که هم جهت با یکدیگر تغییر می‌کنند) و یا غیر هم فاز (دو سری زمانی خلاف جهت یکدیگر در تغییر) بودن دو سری زمانی است.

۷- پ تناوب‌های موجود مقدار بارش و فاز منفی MOIac قابل مشاهده است. در این شکل محور X ها و Y ها به ترتیب ماه‌ها و تناوب‌های ماهانه بوده و پس زمینه رنگی توان استاندارد شده هریک از است. از سوی دیگر پیکان‌ها نمایانگر هم‌فاز (نحوه‌ی هم



شکل (۷) تحلیل موجک متقاطع مقدار بارش و MOIac (الف)، مقدار بارش و فاز مثبت MOIac (ب)، مقدار بارش و فاز منفی MOIac (پ)

متمایل به سمت چپ بوده که نشانگر غیر هم فاز بودن این دو سری زمانی است. به عبارت دیگر این موضوع نشان می‌دهد که بین مقدار بارش شمال غرب ایران و MOIac رابطه معکوس برقرار است بنابراین با افزایش نمایه مورد بحث مقدار بارش در شمال غرب ایران کاهش می‌یابد. همچنین عدم تغییر جهت پیکان‌ها در امتداد زمان نشان می‌دهد که رابطه بین این دو متغییر در طول زمان پایدار و نوع رابطه (معکوس بودن) دست خوش تغییر نشده است.

شکل ۷- ب رابطه بین مقدار بارش شمال غرب و فاز مثبت نمایه‌ی MOIac را نشان می‌دهد. از میان ۶۰۰ ماه طول دوره‌ی آماری ۳۰۱ ماه آن (۲۵ سال) با فاز مثبت همراه و معنادار بوده است. این نوسانات به دو گروه کلی ۱ تا ۵ ماه و ۵ تا ۸ ماه تقسیم می‌شوند. چرخه‌های ۵ تا ۸ ماهه بزرگترین سهم را در واریانس مشترک بین مقدار بارش و نمایه مورد بحث داشته و

برطبق شکل ۷- الف می‌توان مشاهده نمود که رابطه‌ی معنادار بین بارش شمال غرب و نمایه‌ی MOIac برقرار است. براین اساس نوسانات مشترک معناداری همچون ۱ تا ۳، ۴ تا ۵، ۹ تا ۹ و نهایتاً ۹ تا ۱۵ ماهه در بین این دو متغییر قابل مشاهده است. از میان دوره‌بازگشت‌های روئیت شده این نوسان ۹ تا ۱۵ ماهه است که توان و تکرار بیشتری را در راستای زمان به خود اختصاص داده است به بیان دیگر این گروه از نوسانات بیشترین سهم را در واریانس مشترک نمایه MOIac و مقدار بارش شمال غرب ایران داشته‌اند. پس از این نوسان که در رتبه اول جای گرفته است چرخه‌های ۵ تا ۷ ماهه که رتبه دوم برا به خود اختصاص داده و بیشتر در دهه‌های میانی از دوره‌ی آماری مورد مطالعه بیش‌تر نمود یافته است. رتبه سوم چرخه‌های ۲ تا ۳ ماهه جای گرفته‌اند. جهت پیکان‌ها در تمامی نوسانات مشترک معنی‌دار

در راستای زمان توان و تکرار بالایی را به خود اختصاص داده‌اند. جهت پیکان‌ها در طی فاز مثبت MOIac نیز همچون شرایط متوسط متمایل به سمت چپ بوده که حاکی از غیر هم فاز بودن مقدار بارش شمال غرب و نمایه MOIac است. این بدان معناست که افزایش مقدار نمایه منجر به کاهش در مقدار بارش در شمال غرب ایران زمین خواهد گردید.

در شکل ۷- پ وضعیت ارتباط بین بارش شمال غرب و فاز منفی نمایه‌ی مورد بحث به تصویر کشیده شده است. براین اساس ۲۹۹ ماه (تقریباً نیمی از دوره‌ی آماری) با فاز منفی همراه بوده است. در طی این فاز نیز ارتباط معنی‌دار بین مقدار بارش و MOIac قابل تشخیص است. بر طبق این شکل روابط معنادار با دوره‌برگشت ۱ تا ۳ ماهه، ۲ تا ۴ ماهه، ۳ تا ۵ ماهه، ۵ تا ۹ ماهه، ۱۰ تا ۱۳، ۱۴ تا ۱۵ ماه و دیگری ۳۳ تا ۴۸ ماهه دیده می‌شود. دوره‌های برگشت غالب برای فاز منفی و مقدار بارش شمال غرب، ۵ تا ۹ ماهه است که بیش‌ترین توان و تکرار را در طول زمان به خود اختصاص داده است. این مسئله بیانگر این امر است که این نوسانات بیش‌ترین سهم را در واریانس مشترک بین فاز منفی MOIac و بارش شمال غرب دارند. در رتبه دوم چرخه‌های ۱ تا ۳ ماهه و در رتبه‌ی سوم به ترتیب چرخه‌های ۱۴ تا ۱۵ و ۳۳ تا ۴۸ مشترکاً جای گرفته‌اند. این چرخه‌ها نیز از نظر توان دارای توان خوبی هستند. متمایل بودن پیکان‌ها در تمامی نوسانات حاکی از هم فاز بودن این دوسری زمانی یا به عبارت دیگر وجود رابطه مستقیم بین آن‌هاست. در نتیجه با افزایش مقدار MOIac بر مقدار بارش در شمال غرب ایران افزوده می‌شود. همچنین عدم تغییر در جهت پیکان‌ها در امتداد زمان بیانگر پایداری این ارتباط است. برقراری چنین تناوب‌هایی در بارش شمال غرب توسط افرادی همچون علیجانی و همکاران (۱۳۹۵: ۲۲۵)، عساکره و همکاران (۱۳۹۳: ۴۳۵)، شجاعی مقدم و همکاران (۱۳۹۷: ۲۳۵) نیز تأیید شده است.

نتیجه‌گیری

موقعیت جغرافیایی ایران از بسترهای تعامل سامانه‌های گردشی برون حاره (نظیر چرخندهای مدیترانه) و حاره‌ای (نظیر سامانه سودانی- دریای سرخ) است (مصطفائی و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۶). یکی از مناطق بسیار مهم در ناهنجاری‌های بارشی ایران، منطقه‌ی چرخندزایی مدیترانه است (جاکوبت^۱، ۱۹۸۷: ۱۳۴). عامل صعود بخشی از بارش‌های شمال غرب ایران در دوره‌ی سرد سال به وسیله‌ی سامانه‌های مهاجر دریای مدیترانه تأمین می‌شود. این سامانه‌ها رطوبت خود را از همین دریا (علیجانی، ۱۳۷۴: ۸۷، خجسته، ۱۳۹۷، بیاتی خطیبی و همکاران، ۱۳۷۸: ۱۵) و در برخی مواقع در تعامل با دریای سرخ و دریای سیاه تأمین می‌کنند. در ایران پژوهشگرانی پرشماری (نظیر عساکره و همکاران، ۱۴۰۱: ۲۱۱؛ عساکره و همکاران، ۱۴۰۲: ۲۷؛ خجسته و عساکره، ۱۳۹۹: ۱۵۹؛ خجسته، ۲۰۲۰: ۱۶؛ حیدری و خوش‌اخلاق، ۱۳۹۴: ۱۳۸۸: ۱) به بررسی چرخندهای انتقالی از دریای مدیترانه به ایران پرداختند و تأیید نمودن که این دریا بیشینه چرخندهای بارش‌زای خارجی را بخصوص در فصل زمستان به ایران منتقل می‌نماید.

یکی از راه‌های بررسی اثر دریای مدیترانه بر بارش ایران استفاده از نمایه‌های دور پیوندی است. پیوند از دور یکی از ویژگی‌های آب و هوایی در مقیاس جهانی می‌باشد که درحقیقت بیانگر تغییرات کلان در جریانات جوی و اقیانوسی است (اکبری و مسعودیان، ۱۳۷۸: ۱۱۷). تغییرات درونی بسیار در اقلیم در کنار رابطه سیستماتیک جوی بین آنها منجر به اتصال ارتباط بین اقلیم‌های مختلف می‌شود همانطور که لورنز نیز این مسئله را تأیید کرد (میرحسینی و همکاران، ۱۴۰۰: ۸۳۶، عساکره، ۱۳۸۶: ۴۷). با توجه به آنچه بیان شد می‌توان انتظار داشت که استفاده از این نمایه‌های پیوند از دوری به آشکار سازی ارتباط نوسانات جوی یک منطقه بر نواحی دیگر کمک کند. از بین نمایه‌های معرف نوسانات فشار در مدیترانه نمایه MOIac براساس اختلاف فشار استاندارد شده

بین الجزایز ($36/4^\circ$ درجه شمالی، $3/1^\circ$ درجه شرقی) و قاهره ($30/1^\circ$ درجه شمالی، $31/4^\circ$ درجه شرقی) حاصل می‌گردد. این نمایه نیز همچون دیگر نمایه‌های دور پیوندی دارای دو فاز مثبت و منفی هستند. در فازهای مثبت نوسان مدیترانه در سرتاسر این دریا ناهنجاری فشار تراز دریا مثبت و در فازهای منفی این ناهنجاری منفی است. در این پژوهش تلاش شد تا با استفاده از روش‌های همبستگی و رگرسیون (مدلسازی) ارتباط و اثر دو نمایه‌ی MOIac بر مقدار بارش شمال غرب ایران بررسی شود. یافته‌ها نشان داد که؛

نتایج نشان داد که بین MOIac (فارغ از مثبت یا منفی بودن فازها) و مقدار بارش رابطه‌ی معکوس و ضعیفی وجود دارد. به این ترتیب با افزایش مقدار نمایه یا با تمایل این نمایه به سمت مقدار مثبت از مقدار بارش در شمال غرب ایران کاسته می‌شود و در این شرایط فشار در محدوده‌ی مدیترانه همراه با ناهنجاری مثبت بوده و چرخنده‌های کم‌تر یا ضعیف‌تری در این نواحی ایجاد و به سمت ایران روانه شود. استفاده از روش‌های رگرسیونی نشان داد که؛ نمایه مورد بحث (فارغ از مثبت یا منفی بودن فازها) با بارش در $99/98\%$ درصد از پهنه مورد مطالعه ارتباط معنی‌دار و از نوع معکوس را دارد. با افزایش یک واحدی نمایه‌ی MOIac بین $31/5$ تا $4/8$ میلی‌متر از مقدار بارش در منطقه کاسته می‌شود. بیش‌ترین اثر نمایه‌ی یاد شده بر بارش منطقه در بخش‌های جنوب غربی و هماهنگ با پربارش‌ترین نواحی منطقه است. از سوی کم‌ترین مقدار اثر در بخش‌های شمال شرق و شمال غرب منطقه و هماهنگ با نواحی نسبتاً کم بارش بوده است. با این همه بیشینه تغییرات بارش توجیه شده با تغییرات نمایه MOIac در منطقه 10% درصد است.

در فازهای منفی نمایه مناطقی که همراه با بیشترین اثرپذیری بارش هستند بیش‌ترین مقدار ضریب تبیین را نیز نشان می‌دهند. در فاز منفی تغییرات نمایه‌ی MOIac تنها بر بارش $56/2\%$ درصد از پهنه مورد مطالعه اثر معناداری داشته است. بیشینه اثر در فازهای منفی در شمال غرب منطقه مشاهده می‌شوند، به نحوی که در نمایه‌ی MOIac با افزایش یک

واحدی این نمایه مقدار بارش حداکثر تا $24/5$ میلی‌متر افزایش می‌یابد. از سوی دیگر کمینه اثر بر بارش منطقه در فاز منفی 7 میلی‌متر است. در فاز مثبت با هریک واحد افزایش در نمایه‌ی MOIac بارش منطقه بین 9 تا 32 میلی‌متر کاهش می‌یابد. بیش‌ترین مقادیر کاهش در قسمت‌های جنوب غربی و شمال شرقی منطقه رخ می‌دهد.

با توجه به آنچه بیان شد میتوان دید که با رخداد ناهنجاری‌های مثبت فشار در محدوده‌ی دریای مدیترانه که منجر به تضعیف شرایط سیکلونزایی در این منطقه میشود بارش شمال غرب ایران به شکلی معنیدار کاهش مییابد. از سوی دیگر در زمان رخداد ناهنجاری‌های منفی فشار در محدوده‌ی مدیترانه بارش در بسیاری از نواحی شمال غرب ایران با افزایش معنی دار مواجه می‌شود.

هاتراکی، لینگز و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که بارش‌های قبرس تحت تأثیر تغییرات بارش در مدیترانه است. با این وجود یافته‌های این پژوهش نشان داد که هرچند بین تغییرات دو نمایه MOIac با بارش‌های شمال غرب ایران رابطه معنی‌داری وجود دارد ولی این روابط در همه جا نسبتاً ضعیف است. این موضوع به چند دلیل عمده برمی‌گردد؛ اول آنکه بارش ذاتاً متغییری آشوبناک و به شدت تغییرپذیر است که توسط شادمان (۱۳۹۹)، جانی و همکاران (۱۳۹۲) نشان داده شده است. دوم اینکه بارش‌های شمال غرب ایران تنها تحت تأثیر سیستم‌های مدیترانه‌ای نبوده و عوامل متنوعی می‌تواند منجر به رخداد بارش در این منطقه شود. برای نمونه خورشیددوست و همکاران (۱۳۹۵)، زینالی و همکاران (۱۴۰۰)، عساکره و رزمی (۱۳۹۰)، قویدل رحیمی و همکاران (۱۳۹۳)، کریمی و همکاران (۱۳۹۹) را ببینید. از سوی دیگر رضائیه و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که بیشینه بارش‌های شمال غرب ایران در فصل بهار وقوع می‌پیوندد این در حالی است که در این فصل اثرپذیری شمال غرب ایران از سامانه‌های مدیترانه‌ای روبه افول بوده و عمده‌ی بارش‌ها از نوع همرفتی هستند. با توجه به آنچه بیان شد، می‌توان انتظار داشت که ارتباط دو نمایه مورد

بررسی در این تحقیق با بارش‌های شمال‌غرب ایران معنی‌دار ولی نه‌چندان قوی باشد. با این همه محتمل است که استفاده از روش‌های غیر خطی در بررسی این روابط بتواند به نحو بهتری زوایای پنهان اثر نوسان‌های فشار در مدیترانه را بر بارش‌های شمال‌غرب ایران آشکار کند. از این رو، استفاده از روش‌های غیر خطی در بررسی این روابط پیشنهاد می‌شود. همچنین پیشنهاد می‌شود که ارتباط دیگر نمایه‌های معرف نوسانات مدیترانه‌ای با بارش‌های کشور و به ویژه منطقه شمال‌غرب آن مورد بررسی قرار گیرد.

پس مشاهده وجود ارتباط خطی بین مقدار بارش و MOIac با بهره‌گیری از تحلیل موجک متقاطع مجدد به تحلیل ارتباط بین این دو پرداخته شد. این روش در کنار دو روش دیگر به سبب ماهیت آن که بر پدیده‌های پراکنده و نامنظم و یا سری‌های زمانی با رفتارهای نامنظم در فرکانس‌های مختلف کاربرد دارد، بهره‌گرفته شد (عطایی و فنایی، ۱۳۹۵: ۳۶). براساس نتایج حاصل از تحلیل موجک وجود ارتباط معکوس بین شرایط خنثی و فاز مثبت و وجود ارتباط مستقیم با فاز منفی نمایه تأیید گردید. از سوی دیگر، نوسانات غالب در شرایط کلی ۹ تا ۱۵ ماه، در فاز مثبت ۵ تا ۸ ماه و در فاز منفی ۵ تا ۹ ماه بوده است.

هاتراکی، لینگز و همکاران (۲۰۰۸: ۱۳۱) در بررسی خود به واکاوی اثر الگوی پیوند از دور مدیترانه شرقی بر دوره‌های خشک و تر در قمرس پرداختند بدین صورت که تأثیر الگوهای پیوند از دوری مدیترانه را بر روی منطقه واقع در خود دریای مدیترانه مورد

ارزیابی قرار دادند این درحالی است که پژوهش حاضر تأثیر الگوهای پیوند از دوری مدیترانه را بر منطقه‌ای خارج از دریای مدیترانه که همانا ایران است و همواره بصورت متفاوتی از این دریا تأثیر می‌پذیرد مورد ارزیابی قرار داده است. مهابت و همکاران (۲۰۱۹: ۱) در پژوهش خود به بررسی تنوع مکانی و زمانی بارش روزانه و رابطه آن با شاخص‌های پیوند از دوری مدیترانه با بهره‌گیری از روش تجربه و تحلیل تابع متعامد تجربی (EOF) در طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۵ پرداختند، این در حالی است که در پژوهش حاضر با بهره‌گیری از روش‌های همبستگی و رگرسیون به شناسایی روابط پرداخته شده و تفکیک فصول انجام نشده است و شرایط بصورت کلی در شمال‌غرب ایران مد نظر قرار گرفته است. دیاگلانی و اناگنوستوپولو (۲۰۲۳: ۵) در تحقیق خود به بررسی ارتباط بین NAO و AO با SLP و SST پرداختند و تأکید نمودند که با وجود قابلیت همبستگی پیرسون در نشان دادن معناداری آماری، توانایی نمایش چگونگی تأثیر NAO و AO بر پارامترهای آب و هوایی را ندارد این در حالی است که در تحقیق پیشرو روش همبستگی خطی ساده (پیرسون) به عنوان یکی از روش‌های مورد استفاده به منظور شناسایی روابط بهره گرفته شده و در عین حال از روش رگرسیون حداقل مربعات خطا نیز جهت شناسایی اثرگذاری شاخص‌های (فازهای) مورد بررسی بر بارش شمال غرب کشور استفاده شده است.

منابع

۱. امیدوار، کمال. ۱۳۹۳. آب و هواشناسی دینامیک. دانشگاه یزد. ص ۳۹۴.
۲. امیرمرادی، کیمیا. سبزی پرور، علی اکبر. دیهیمی، علی. ۱۳۹۴. بررسی رابطه تغییرات جریان فصلی رودخانه‌های شمال غرب کشور با برخی شاخص‌های پیوند از دور با استفاده از تحلیل موجک. دانش آب و خاک. ۴: ۲۶۹-۲۸۴.
۳. امینی، میترا. براتی، غلامرضا. شکیبیا، علیرضا. مرادی، محمد. کرمپور، مصطفی. ۱۳۹۶. تأثیر نوسانات ماهانه دمای آب دریای مدیترانه بر نوسان ماهانه بارش‌های شمال‌غرب ایران. پژوهش‌های دانش زمین. شماره ۳۱. صص ۲۸-۴۱.
۴. ایران‌نژاد، پرویز. احمدی‌گیوی، فرهنگ. محمدنژاد، علیرضا. ۱۳۸۸. اثر مراکز چرخندزای مدیترانه بر بارش سالانه ایران در دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲. مجله ژئوفیزیک ایران. ۱: ۹۱-۱۰۵.
۵. امیدوار، کمال. ترکی، مسلم. ۱۳۹۱. شناسایی الگوهای ریزش بارش‌های سنگین در استان چهارمحال و بختیاری. سامانه نشریات دانشگاه تربیت مدرس. ۴: ۱۳۵-۱۷۰.

۶. اکبری، طیبه. مسعودیان، ابوالفضل. ۱۳۸۶. شناسایی نقش الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی بر دمای ایران. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان. شماره ۲۲. صص ۱۱۷-۱۳۲.
۷. بیات، علی. سلیقه، محمد. اکبری، مهری. ۱۳۹۵. اقلیم شناسی سیکلون های باران زای زمستانه ایران. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. شماره ۲. صص ۱-۱۸.
۸. بهرامی، فرانک. رنجبرسعادت آبادی، عباس. مشکوتی، امیرحسین. کمالی، غلامعلی. ۱۳۹۷. مطالعه توفان‌های اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه بر مبنای شار فعالیت موج راسی در دوره های خشک و تر بهاره ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ در ایران. نشریه هواشناسی و علوم جو. شماره ۱. صص ۱-۱۲.
۹. پناهی، علی، حسینی. محمد، خرم‌آبادی. فرحناز، قوی‌بنیاد، فرشته. ۱۴۰۰. بررسی روند تغییرات زمانی- مکانی بارش پاییزه شمال غرب کشور. فصلنامه علمی دانشگاه گلستان. ۸: ۶۷-۸۲.
۱۰. بیاتی خطیبی، مریم. جهانبخش اصل، سعید. فرش‌ی فروغ، جواد. ۱۳۷۸. تجزیه و تحلیل سینوپتیک بارش‌های منطقه شمال غرب ایران، مجله دانش کشاورزی. شماره ۱: صص ۱-۱۸.
۱۱. جهانبخش، سعید. عدالت دوست، معصومه. تدینی، معصومه. ۱۳۹۸. دریاچه ارومیه، شاخصی کلاسیک از ارتباط بین لکه های خورشیدی و اقلیم در شمال غرب ایران. تحقیقات جغرافیایی. ۴: ۴۹-۷۵.
۱۲. حنفی، علی. ۱۴۰۰. مطالعه ویژگی‌های اقلیمی شمال غرب کشور بر مبنای تحلیل‌های آماری چند متغیره. نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی. شماره ۵۰. صص ۱۳۵-۱۵۰.
۱۳. حیدری، محمدامین. خوش‌اخلاق، فرامرز. ۱۳۹۴. اثر گرمایش جهانی بر مرکز چرخندزایی شرق مدیترانه و ارتباط آن با ناهنجاری بارش نیمه‌ی غربی ایران. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. شماره ۲۲. صص ۷۲-۸۸.
۱۴. حجازی‌زاده، زهرا. صداقت، مهدی. ۱۳۸۸. مسیریابی رقومی سیکلون‌های خاورمیانه در دوره سرد سال. پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی. شماره ۶۹. صص ۱-۱۷.
۱۵. خورشیددوست، علی‌محمد. مقیدی، عباس. رسولی، علی‌اکبر. آزمون، کامل. ۱۳۹۵. تحلیل همدیدی ساز و کار وقوع بارش‌های سنگین بهاره در شمال غرب ایران. مجله مخاطرات محیط طبیعی. شماره ۸. صص ۵۳-۸۲.
۱۶. خسروی، محمود. عباس‌نیا، محسن. قبادی، اسدالله. آرمش، محسن. ۱۳۹۵. بررسی ارتباط مکانی بین بارش‌های همرفتی بهاره و توپوگرافی شمال غرب ایران. جغرافیا و آمایش شهری. ۲۳: ۲۱-۳۸.
۱۷. خجسته، آتوسا. استاد راهنما: حسین عساکره، استاد مشاور: یونس خسروی. ۱۳۹۷. بررسی تغییرات چرخندهای مدیترانه توأم با بارش‌های فراگیر ایران در نیمه دوم سال (پاییز و زمستان). پایان نامه کارشناسی ارشد. آب و هواشناسی سینوپتیک. ایران. زنجان.
۱۸. رضیئی، طیب. میری، مرتضی. ۱۴۰۱. طبقه بندی اقلیمی ایران به روش کوپن-گایگر. وزارت جهاد کشاورزی - سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. چاپ ۱. صص ۱-۳۱.
۱۹. رئیس، واحد. محمودی، پیمان. ۱۴۰۲. بررسی ساختار سه بعدی چرخند های موجد بارش های فراگیر غرب و شمال غرب ایران با منشأ دریای مدیترانه در دوره سرد سال. پژوهش های اقلیم شناسی. ۵۴: ۱۴۹-۱۷۳.
۲۰. رازی کاظم، مصطفی. ذوالفقاری، حسن. آب‌خراشات، شعیب. ۱۴۰۳. تحلیل ترمیکی - همدیدی نقش دریا‌های عرب و مدیترانه در تأمین رطوبت بارش‌های سنگین ناحیه مرطوب شمال غرب زاگرس. فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی. ۱۹: ۱۷-۳۲.
۲۱. رضائیه، علیرضا امیر. پرهت، جهانگیر. احمدی، فرشاد. ۱۳۹۵. بررسی روند تغییرات بارش و دمای شمال غرب کشور در نیم قرن اخیر. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۶. صص ۷۹۷-۸۰۹.
۲۲. رضایی، محمد. قویدل رحیمی، یوسف. ۱۳۹۴. واکاوی اثر الگوهای پیوند از دور نوسان اطلس شمالی و مدیترانه بر تغییرات ابرناکی زمستانه ایران. پژوهش های دانش زمین. ۲۵: ۱-۱۵.
۲۳. زینالی، بتول. فروتن، مهدی. ۱۴۰۲. اثر همزمانی شاخص‌های پیوند از دور NAO و AMO بر تغییرپذیری دما و بارش شهرستان‌های مجاور سبلان. مطالعات علوم محیط زیست. شماره ۱. صص ۵۸۵۸-۵۸۶۸.

۲۴. زینالی، بتول. صلاحی، برومند. نوروزپرست، هاجر. مینائی، سمیرا. ۱۴۰۰. بررسی ارتباط نوسانات چرخندگی تغییرات اقلیمی بارش‌های شمال غرب ایران (مطالعه موردی: ایستگاه سردشت)، نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی. شماره ۸. صص ۳۵-۵۴.
۲۵. سلیقه، محمد. ناصرزاده، محمد حسین. چهره‌آرا، تهمینه. ۱۳۹۵. بررسی رابطه شاخص‌های NCPI و CACO با بارش‌های فراگیر پاییزه سواحل خزر جنوبی. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. شماره ۴۳. صص ۲۱۷-۲۳۸.
۲۶. سلیقه، محمد. ۱۳۹۵. آب و هواشناسی سینوپتیک. انتشارات سمت. چاپ اول. صص ۲۳۷.
۲۷. ساری‌صراف، بهروز. آرم، کامل. ۱۳۹۵. برآورد تغییرات مکانی بارش در زاگرس میانی با روش‌های میان‌یابی. اندیشه جغرافیایی. ۱۵: ۷۱-۹۰.
۲۸. شایگانی، بیتا. ابوالحسنی، اصغر. بهدادسلامی، امیر. خوچیانی، رامین. ۱۳۹۲. بررسی تقارن ادوار تجاری با رویکرد آنالیز موجک. فصلنامه تحقیقات مدل سازی اقتصادی. ۱۷: ۱۷۱-۱۹۵.
۲۹. شجاعی مقدم، رحمت اله. کریمپور، مصطفی. نصیری، بهروز. طهماسبی‌پور، ناصر. ۱۳۹۷. بررسی و تحلیل چرخه‌ها و الگوی خودهمبستگی فضایی بارش‌های ماهانه ایران. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۵۱: ۲۳۵-۲۵۱.
۳۰. شلتون، مارلین. ترجمه ذوالفقاری، حسن. ۱۳۹۱. هیدروکلیماتولوژی. دانشگاه رازی. صص ۵۴۸.
۳۱. شادمان، حسن. استاد راهنما: حسین عساکره. استاد مشاور: امیر حسین درونه. ۱۳۹۹. الگوسازی رفتار بارش در شمال باختری ایران زمین. پایان‌نامه دکتری، گروه علوم انسانی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه زنجان.
۳۲. شادمان، حسن. عساکره، حسین. ۱۳۹۹. توزیع مکانی روند فراوانی بارش سالانه در شمال باختری ایران در دوره آماری ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۳. جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ۳۹. صص ۱۲۳-۱۴۰.
۳۳. شادمان، حسن. عساکره، حسین. ۱۳۹۹. توزیع مکانی روند فراوانی بارش سالانه در شمال باختری ایران در دوره آماری ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۳. جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ۳۹. صص ۱۲۳-۱۴۰.
۳۴. شکیب، علیرضا. امینی، میترا. براتی، غلامرضا. مرادی، محمد. ۱۳۹۷. تحلیل همبستگی-دینامیکی تاثیر نوسانات دمای آب دریای مدیترانه بر بارش‌های غرب ایران. علوم محیطی. شماره ۲. صص ۸۳-۱۰۰.
۳۵. صلاحی، برومند. بهروزی، محمود. ۱۴۰۱. بررسی ارتباط الگوی پیوند از دور دریای شمال - خزر با بارش‌های ایران (مطالعه موردی: استان اردبیل). پژوهش‌های دانش زمین. شماره ۵۰. صص ۱-۲۰.
۳۶. صداقت، مهدی. ۱۴۰۲. بررسی رابطه نوسانات دما و ارتفاع وردایست با تغییرات اقلیمی دمای سطحی و بارش ایران. فصلنامه علمی دانشگاه گلستان. ۱۵: ۹۱-۱۰۴.
۳۷. صادقی، حسین. ذوالفقاری، مهدی. آرام، رحمان. ۱۳۹۰. مدل سازی و پیش بینی کوتاه مدت تقاضای آب شهری. مطالعات و سیاست های اقتصادی. ۲: ۱۵۹-۱۷۲.
۳۸. صراف، بهروز. آرم، کامل. ۱۳۹۵. برآورد تغییرات مکانی بارش در زاگرس میانی با روش‌های میان‌یابی. اندیشه جغرافیایی. ۱۵: ۷۱-۹۰.
۳۹. علوی، فاطمه‌السادات. دهمرده، نظر. ۱۴۰۰. اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر رشد بهره‌وری با تأکید بر سرمایه‌ی انسانی و کیفیت نهادی در ایران؛ کاربردی از آنالیز موجک پیوسته. فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری. ۳۸: ۳۴۳-۳۶۷.
۴۰. عزیززاده، محمدرضا. جوان، خدیجه. ۱۳۹۶. تحلیل روند شاخص‌های حدی بارش در حوضه دریاچه ارومیه و ارتباط آن با الگوهای پیوند از دور. نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی. شماره ۷. صص ۲۲۷-۲۴۷.
۴۱. عساکره، حسین. دوستکامیان، مهدی. قائمی، هوشنگ. ۱۳۹۳. تحلیل تغییرات ناهنجاری‌ها و چرخه‌های آب قابل بارش جو ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. ۴: ۴۳۵-۴۴۴.
۴۲. عساکره، حسین. ۱۳۹۰. مبانی اقلیم‌شناسی آماری. دانشگاه زنجان. ۵۵۰.
۴۳. عساکره، حسین. رزمی‌قلندری، رباب. ۱۳۹۳. توزیع زمانی و رژیم بارش در شمال غرب ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ۱: ۱۴۵-۱۶۰.
۴۴. عساکره، حسین. خجسته، آتوسا. ۱۳۹۹. فراوانی ورود چرخندهای مدیریتانه‌ای به ایران و اثر آن‌ها بر بارش‌های فراگیر. مجله مخاطرات محیط طبیعی. شماره ۲۷: ۱۵۹-۱۷۶.

۴۵. علیجانی، بهلول. بیات، علی. دوستکامیان، مهدی. بلیانی، یدالله. ۱۳۹۵. تحلیل طیفی سری‌های زمانی بارش سالانه ایران. علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی. ۵۷: ۲۱۷-۲۳۶.
۴۶. عساکره، حسین. رزمی قلندری، رباب. ۱۳۹۲. توزیع زمانی و رژیم بارش در شمال غرب ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۱. صص ۱۴۵-۱۶۰.
۴۷. عساکره، حسین. مسعودیان، ابوالفضل. ترکارانی، فاطمه. ۱۴۰۰. تغییرپذیری نقش عوامل مکانی مؤثر بر بارش در ارتباط با تحولات دهه‌ای بارش سالانه‌ی ایران زمین. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. ۳: ۱۲۹-۱۴۶.
۴۸. عساکره، حسین. رزمی، رباب. ۱۳۹۰. اقلیم شناسی بارش شمال غرب ایران. جغرافیا و توسعه. شماره ۲۵. صص ۱۳۷-۱۵۸.
۴۹. عساکره، حسین. پورکریم، رویا. فرجی، عبدالله. خسروی، محمود. ۱۴۰۲. واکاوی روند تغییرات شدت چرخنده‌های توأمان مدیترانه-دریای سرخ. فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵. صص ۲۷-۴۴.
۵۰. عزیزی، قاسم. ربانی، فاطمه. ۱۳۹۱. بررسی و تحلیل بارش همرفتی در شمال غرب ایران. دو فصلنامه جغرافیا. ۲۴: ۳۵-۶۰.
۵۱. عساکره، حسین. ۱۳۸۶. تغییر اقلیم. انتشارات دانشگاه زنجان. چاپ اول. صص ۲۳۶.
۵۲. عساکره، حسین. پورکریم، رویا. فرجی، عبدالله. خسروی، محمود. ۱۴۰۱. واکاوی روند تغییرات شمار مراکز چرخندی دریای مدیترانه در بازه زمانی (۱۹۷۹-۲۰۱۸). نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. شماره ۴. ۲۱۱-۲۲۲.
۵۳. علایی طالقانی، محمود. ۱۳۸۸. ژئومورفولوژی ایران. نشر قومس. چاپ پنجم. ص ۳۶۰.
۵۴. علیجانی، بهلول. ۱۳۷۴. آب و هوای ایران. تهران. انتشارات دانشگاه پیام نور. صص ۲۲۱.
۵۵. فرج‌زاده اصل، منوچهر. احمدی، محمد. علیجانی، بهلول. قویدل رحیمی، یوسف. مفیدی، عباس. بابائیان، ایمان. ۱۳۹۲. بررسی وردایی الگوهای پیوند از دور و اثر آن‌ها بر بارش ایران. پژوهش‌های اقلیم شناسی. شماره ۱۵ و ۱۶. صص ۳۱-۴۴.
۵۶. قائدی، سهراب. موحدی، سعید. مسعودیان، ابوالفضل. ۱۳۹۱. رابطه فرود دریای سرخ با بارش‌های سنگین ایران. جغرافیا و پایداری محیط. ۲: ۱-۱۸.
۵۷. قویدل رحیمی، یوسف. فرج‌زاده اصل، منوچهر. حاتمی زرنه، داریوش. ۱۳۹۳. تحلیل رابطه پیوند از دور بین الگوی دریای شمال - خزر و دماهای حداقل ایران. فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی. شماره ۵۲. صص ۱۳۷-۱۵۹.
۵۸. قدرتی، زینب. صلاحی، برومند. صابر، مهناز. ۱۴۰۳. تحلیل همدیدی-ترمودینامیکی بارش همرفتی بهاره فراگیر در شمال غرب ایران. جغرافیا و روابط انسانی. -
۵۹. کریمی، مصطفی. جعفری، ایوب. بنی‌عامریان، امیر. کاکي، سیف‌اله. ۱۳۹۹. تحلیل آماری - همدیدی تاریخ اولین بارش مؤثر در غرب و شمال غرب ایران. جغرافیا و پایداری محیط. شماره ۳۵. صص ۱-۱۹.
۶۰. کاوسی، رضا. موحدی، سعید. ۱۳۹۳. بررسی همدید کنش‌های چرخندی بر روی ایران در سال ۱۳۷۱ش. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ۴: ۹۷-۱۱۱.
۶۱. کیانی، مهرداد. لشکری، حسن. قائمی، هوشنگ. ۱۳۹۸. واکاوی اثر رشته کوه‌های زاگرس بر تغییرات بارش‌های سودانی در غرب ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. ۳: ۱۷-۴۰.
۶۲. گودرزی، مسعود. احمدی، حمزه. حسینی، سید اسعد. ۱۳۹۶. بررسی ارتباط شاخص‌های پیوند از دور با مؤلفه‌های بارشی و دمایی (مطالعه موردی: ایستگاه همدید کرج). آکو هیدرولوژی. شماره ۳. صص ۶۴۱-۶۵۱.
۶۳. محمودی، پیمان. خسروی، محمود. مسعودیان، ابوالفضل. علیجانی، بهلول. ۱۳۹۴. رابطه بین الگوهای پیوند از دور و یخبندان‌های فراگیر ایران. جغرافیا و توسعه. شماره ۴۰. صص ۱۷۵-۱۹۴.
۶۴. محمدی، فاطمه. فاخری‌فرد، احمد. قربانی، محمدعلی. دین‌پژوه، یعقوب. شهراد، صداقت. ۱۳۹۷. توسعه مدل موجک متقاطع - فیلتر کالمن خطوط ایزوکرون برای تحلیل وقایع مرکب بارش - رواناب. مدیریت آب و آبیاری. ۱: ۳۹-۵۳.
۶۵. مسعودیان، سید ابوالفضل. ۱۳۹۱. آب و هوای ایران. شریعه توس. چاپ اول. صص ۲۸۸.
۶۶. مسعودیان، ابوالفضل. دارند، محمد. کارساز، سکینه. ۱۳۹۰. پهنه بندی بارش غرب و شمال غرب ایران به روش تحلیل خوشه‌ای. فصلنامه جغرافیای طبیعی. ۱۱: ۳۵-۴۴.
۶۷. مجیری، حمیدرضا. زارعی، علیرضا. ۱۳۸۵. بررسی وضعیت بارش در محدوده زاگرس میانی و تاثیر آن بر فلات مرکزی ایران. کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دوره ۲. دانشگاه صنعتی اصفهان انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران. اصفهان. ۱-۸.

۶۸. مجرد، فیروز. مرادی‌فرحاجی، مراد. ۱۳۸۲. مدل‌سازی رابطه بارش با ارتفاع در منطقه زاگرس. مدرس علوم انسانی. ۲: ۱۶۳-۱۸۲.
۶۹. منصوری، شیدا. دوستان، رضا. ۱۳۹۸: الگوهای جوی تداوم بارش‌های غرب ایران. فصلنامه جغرافیای طبیعی. ۴۳: ۱۴۱-۱۵۹.
۷۰. میرحسینی، حامد. گندمکار، امیر. افروز، علی. عباسی، علیرضا. ۱۴۰۰. تأثیر الگوهای پیوند از دور بر سری‌های دمایی شهر زاهدان، مهندسی جغرافیایی سرزمین، شماره ۴: صص ۸۳۵-۸۴۸.
۷۱. میرهاشمی، حمید. حسنونند، زیبا. ۱۴۰۲. تأثیر الگوهای پیوند از دور بر بارش‌های ماهانه ایستگاه‌های شهر خرم‌آباد و کرمانشاه. مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک. ۴: ۱۳۳-۱۵۱.
۷۲. مصطفائی، حسن. علیجانی، بهلول. سلیقه، محمد. ۱۳۹۴. تحلیل سینوپتیکی بارش‌های شدید و فراگیر ایران. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. شماره ۲. صص ۶۵-۷۶.
۷۳. مجرد، فیروز. حاجیمراد، مرادی‌فر. ۱۳۸۲. مدل‌سازی رابطه بارش با ارتفاع در منطقه زاگرس. نشریه مدری علوم انسانی. ۲: ۱۶۳-۱۸۲.
۷۴. یاراحمدی، داریوش. بساطی، سعید. ۱۳۹۶. اندرکنش نوسان مدیترانه شرقی بر تغییرات زمانی بارش غرب ایران. نشریه فضای جغرافیایی. شماره ۵۹. صص ۲۸۹-۳۰۹.
75. Aldeanueva, Franciso Criado. Navarro, Javier Soto. 2020. Climatic Indices over the Mediterranean Sea: A Review. Applied sciences. Volume 10: Pp 1-12.
76. Aldeanueva, Franciso Criado. Navarro, Javier Soto. 2013. The Mediterranean Oscillation Teleconnection Index: Station-Based versus Principal Component Paradigms. Hindawi Publishing Corporation. Volume 2013: Pp 1-10.
77. Buric, Dragan. Ducic, Vladan. Mihajlovic, Jovan. Lukovic, Jelena. Dragojlovic, Jovan. 2014. Relationship between the precipitation variability in Montenegro and the mediterranean oscillation. Bulletin of the Serbian geographical society. Volume 94: Pp 109-120.
78. Cen, Sezen. Turgay, Partal. 2020. The effects of Mediterranean oscillation on temperature and precipitation data in Turkey. Journal of Water and Climate Change. Volume 12: Pp 723-743.
79. Çelik, Filiz Dadaşer. Kömüşçü, Ali. Ümran. Karadeniz, Ömer. Çelik, Mete. 2019. Relationships between Large-Scale Atmospheric Teleconnection Indices and Precipitation over Turkey from 1980 to 2015. 9th International Symposium on Atmospheric Sciences ATMOS 2019. İstanbul, Turkey, pages 1.
80. Delioglani, Dafni. Anagnostopoulou. 2023. Identifying the Relationship between Climate Parameters and Teleconnection Patterns in the North Atlantic Ocean. Environment sciences proceeding. Volume 26. Paper 1-6.
81. Enfield, David B. 2001. The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental U.S. Geophysical Research letters. Volume 28. Pages 2077-2080.
82. Gokturuk, Ozan Mert. Advisor: Karaca, Mehmet. 2005. North Sea- Caspian pattern and its influence one the hydrometeorological parameters over Turkey. Turkey. Pp 1-53.
83. Hatzaki, M. Lingis, P. Flocas, H.A. Michaelides, S. Oikonomou, C. 2008. The impact of an upper tropospheric teleconnection pattern on precipitation extremes over Cyprus. Advance in Geosciences. Volume 16. Pages 131-136.
84. Hurrell, James W. 1995. Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperature and Precipitation. Science. Volume 269. Pages 676-679.
85. Johnson, Richard A. Bhattacharyya, Gouri K. 2009. Statistic: principles and methods. Wiley. Edition 6. Pages 709.
86. Jin, H.Y, Kawamura, A., Jinno, K., & Berndtsson, R. (2005). Quantitative relationship between SOI and observed precipitation in southern Korea and Japan by nonparametric approaches. Journal of Hydrology, Volume 301, 54-65. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.06.026>.

87. Jury, Mark R. Enfield, David B. Me'lice, Jean-Luc. 2002. Tropical monsoons around Africa: Stability of El Niño–Southern Oscillation associations and links with continental climate. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*. 107:1-17.
88. Jacobat, Jeimz. 1987. Variations of trough positions and precipitation. Oxford University press, England, pp 134.
89. Kretschmer, Marlene. Adams, Samantha V. Arribas, Alberto. Prudden, Rachel. Robinson, Niall. Saggioro, Elena. Shepherd, Theodore G. 2021. Quantifying Causal Pathways of Teleconnections. *American Meteorological Society*. Volume 102. Pages 2247-2263.
90. Khojasteh, Atoosa. 2020. Cyclone tracking affecting precipitation in Iran. *Arabian Journal of Geosciences*. Volume 13: Pp1-16.
91. Labat, David. 2010. Cross Wavelet Analyses of Annual Continental Freshwater Discharge and Selected Climate Indices. *Journal of Hydrology*. 1: 269-278
92. Mathbout. Shifa, Lope_Bustins. Joan Albert, Roye. Dominic, Martin_vide. Javier. 2019. Spatiotemporal variability of daily precipitation concentration and its relationship to teleconnection patterns over the Mediterranean during 1975–2015. *International Journal of climatology*. 40(3). 1435-1455.
93. Mariotti, Annarita. Zeng,Ninge. Lau,K-M. 2002 ,Euro Mediterranean Rainfall and Enso–seasonally Varing Relationship, *Geophysical research letters*. Volume 29,Pp 1-59.
94. Martic-Bursac, Natasa. Bursac, Branislav L. Ducic, Vladan D. Radivojevic, Aleksandar R. Zivkovic,Nenad Lj. Ivanovic, Radomir D. Djokic, Mrdjan M. Stricevic, Ljiljana. Gocic, Milena J. 2017. The impact of mediterranean oscilation on periodicity and trend of temperature in the valley of the Nisava river- A fourier and wavelet approach. *Thermal science*. Volume 21: Pp 1389-1398.
95. Seyyed Nezhad Golkhatmi ,Nafiseh. Bazrafshan, Javad. Nazi Ghmeshlou, Arezoo. Irannejad, Parviz. 2021. Analysis of Intra-annual Correlations of Weekly Precipitation with NAO Teleconnection in Iran. 1:1-18.
96. Reyhan Bensiz, Beyza. Aksu, Hakan. 2023. The effect of remote teleconnection patterns on temperature and precipitation of the Euphrates- Tigris Basin. *Turkish Journal of Agriculture- food science and technology*. Volume 11. Paper 758-767.
97. Rodriguez-Puebla, C, Encinas, A H. Nieto, S, Garmendia, J, 1998, Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, 18(3): 299-316.
98. Redolat, Dario. R, Monjo. Lopez- Bustins, J. Martin-Vide,J. 2019. Upper-Level Mediterranean Oscillation index and seasonal variability of rainfall and temperature. *Archiv für Meteorologie Geophysik und Bioklimatologie Serie B*. pages 1:19.
99. Rodrigues, Marcos. Mariani, Michela. Russo, Ana. Salis, Michele. Felipe Galizia, Cardil, Adrian. 2021. Spatio-Temporal Domains of Wildfire-Prone Teleconnection Patterns in the Western Mediterranean Basin. *Advancing Earth and Space Science*. Volume 48: Pp1-14.
100. Reyhan Bensiz, Beyza. Aksu, Hakan. 2023. The effect of remote teleconnection patterns on temperature and precipitation of the Euphrates- Tigris Basin. *Turkish Journal of Agriculture- food science and technology*. Volume 11. Paper 758-767.
101. Tobias, Tornros. 2013. On the relationship between the Mediterranean Oscillation and winter precipitation in the Southern Levant. *Royal Meteorological Society*. Volume 14 . pages 287-293.
102. Torrence, Christopger, Compo, Gilbert.P, 1998. A practical guide to wavelet analysis. *American Meteorological Society*.79: PP: 61-78.
103. Tabari, Hossein. Abghari, Hiran. Hosseinzadehtalaei, Parisa. 2014. Impact of the North Atlantic Oscillation on streamflow in Western Iran. *Hydrological Processes*. 15:4411-4418.
104. Wang,Chunzai. 2005, Atlantic Climate Variability and Walker and Hadley Circulations", Kulwer Academic publishers, netherland, PP173-202.
105. Wallace, J. M. D.S. Guzzler. 1981. Teleconnections in the geo potential height field during the Northern Hemisphere winter, *Monthly weather review*, Vol 109: 784-812.