

Analysis of the effect of the simultaneous occurrence of some Teleconnection indices of the Northern Hemisphere on the winter temperature in Iran

Khojasteh Gholami, V.¹  | Salahi, B.¹  | Mohammadi, Gh.² 

1. Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2. Iranian Meteorological Organization (IRIMO), East Azarbijan Province Central Bureau of Meteorology, Tabriz, Iran.

Corresponding Author E-mail: salahi@uma.ac.ir

(Received: 18 Dec 2022, Revised: 15 May 2023, Accepted: 26 Sep 2023, Published online: 5 May 2024)

Summary

Air temperature is very important among the climatic elements. Since Iran is located in the subtropical region, extreme temperature changes are one of its inherent characteristics, and for this reason, investigating temperature changes in Iran is essential. Fluctuations in temperature on a large and regional scale are more or less influenced by teleconnection patterns. This article aims to investigate the simultaneous occurrence of the North Atlantic Oscillation (NAO) and the Arctic Oscillation (AO) with the Pacific-North American (PNA) and the Pacific Decadal Oscillation (PDO) and their effect on Iran's winter temperature.

In this research, the monthly temperature data of 100 selected synoptic stations of Iran from the Islamic Republic of Iran Meteorological Organization (IRIMO) website and the PDO, PNA, NAO, and AO indices from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) website for 1988-2019 were obtained as primary data. To determine Pearson's correlation coefficients, normalized monthly temperature data were entered into STATISTICA software as a dependent variable and teleconnection data as an independent variable. Then, the positive and negative phases of the mentioned teleconnections were identified. Numbers smaller than -0.5 were considered as the negative phase, between -0.5 and 0.5 as the neutral phase, and greater than 0.5 as the positive phase. Then, the monthly temperature anomaly was calculated for the mentioned months. The distribution of temperature anomaly changes in Iran was zoned in the GIS software using the inverse distance weighted (IDW) method.

The results of examining the relationship between the studied variables and the winter temperature of Iran showed that there is significant inverse relationship between the AO index and the temperature of December, January, and February in most regions of Iran, especially in the western regions so, correlation coefficients can be seen in the northwestern regions of Iran up to -0.66. Also, in most investigated stations, there is a significant inverse relationship between the NAO index and the February temperature was observed, so the correlation coefficient was observed in the western parts of Iran up to -0.62. By increasing the numerical values of the studied teleconnections from negative to positive phases, the temperature of most regions of Iran decreases throughout the year, especially in February. In some studied stations, a direct and significant correlation was observed between the negative phases of PNA with January temperature and the negative phases of PDO with December temperature. By reducing the numerical values of PNA and PDO teleconnections from neutral to negative phases, the temperature of some regions of Iran decreases. The coincidence of the positive phases of NAO and AO with the negative and neutral phases of PDO and PNA has caused the occurrence of normal and lower-than-normal temperatures in most regions of Iran, especially the regions located in the northern and western half, so, the coldest months of the statistical period happened in this state. The simultaneous occurrence of negative phases of NAO and AO with negative and neutral phases of PDO and neutral and positive phases of PNA has caused normal and higher-than-normal temperatures in the northern and western parts of Iran; in such a way that the hottest months of the statistical period happened in this state. The simultaneous occurrence of neutral phases of NAO and AO with positive and negative phases of PDO and neutral and positive phases of PNA has caused the occurrence of normal and above-normal temperatures in most regions of Iran, especially in the western and northern parts. The coincidence of the neutral phases of NAO and AO teleconnections with the neutral phases of PDO and PNA has caused the absence of severe temperature anomalies (absence of much lower and higher-than-normal temperatures) in Iran.

The results showed that the simultaneous occurrence of the positive phases of NAO and AO with the negative and neutral phases of PDO and PNA causes normal and lower-than-normal temperatures in most regions of Iran, especially in the western parts. The simultaneous occurrence of negative phases of NAO and AO with negative and neutral phases of PDO and neutral and positive phases of PNA has also caused higher-than-normal temperatures in the northern parts of Iran. Also, the coincidence of the neutral phases of NAO and AO with different phases of PDO and PNA has caused normal and higher-than-normal temperatures in most regions of Iran, especially in the northern and western parts.

Keywords: Iran, PDO, PNA, Winter Temperature.

Cite this article: Khojasteh Gholami, V., Salahi, B., & Mohammadi, Gh. (2024). Analysis of the effect of the simultaneous occurrence of some Teleconnection indices of the Northern Hemisphere on the winter temperature in Iran. *Journal of the Earth and Space Physics*, 50(1), 165-184. DOI: <http://doi.org/10.22059/jesphys.2023.352360.1007482>

E-mail: (1) vahid.khojasteh.gh@uma.ac.ir (2) gh.mohammadi88@gmail.com



تحلیل تأثیر رخداد هم‌زمان برخی شاخص‌های دورپیوندی نیمکره شمالی بر دمای زمستانه ایران

وحید خجسته غلامی^۱ | برومند صلاحی^۱ | غلامحسین محمدی^۲

۱. گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲. سازمان هواشناسی ایران (IRIMO)، اداره مرکزی هواشناسی استان آذربایجان شرقی، تبریز، ایران.

رایانامه نویسنده مسئول: salahi@uma.ac.ir

(دریافت: ۱۴۰۱/۹/۲۷، بازنگری: ۱۴۰۲/۲/۲۵، پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۷/۴، انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۲/۱۶)

چکیده

هدف اصلی این مطالعه، بررسی اثر هم‌زمان دورپیوندهای نوسان اطلس شمالی (NAO) و نوسان شمالگان (AO) با نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام و نوسان آرام آمریکای شمالی و تأثیر آن بر دمای زمستانه ایران است. بدین منظور، از داده‌های دمایی ۱۰۰ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک ایران در دوره آماری ۱۹۸۸-۲۰۱۹ استفاده شد. نتایج نشان داد که ارتباط معکوس و معنی‌داری بین دورپیوندهای نوسان شمالگان و نوسان اطلس شمالی با دمای اغلب مناطق ایران در ماه فوریه وجود دارد. نتایج همچنین نشان داد که هم‌زمانی وقوع فازهای مثبت نوسان اطلس شمالی و نوسان شمالگان با فازهای منفی و خنثی نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام و الگوی آرام آمریکای شمالی، موجب رخداد دمای نرمال و کمتر از نرمال در اغلب مناطق ایران به‌خصوص بخش‌های غربی می‌شود در صورتی که، هم‌زمانی وقوع فازهای منفی نوسان اطلس شمالی و نوسان شمالگان با فازهای منفی و خنثی نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام و فازهای خنثی و مثبت الگوی آرام آمریکای شمالی موجب رخداد دمای بیشتر از نرمال در بخش‌های شمالی ایران می‌شود. همچنین، هم‌زمانی فازهای خنثی نوسان اطلس شمالی و نوسان شمالگان با فازهای مثبت و منفی نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام و فازهای خنثی و مثبت الگوی آرام آمریکای شمالی موجب رخداد دمای نرمال و بیشتر از نرمال در نیمه غربی و شمالی ایران می‌شود در صورتی که در هنگام رخداد هم‌زمان فازهای خنثی همه دورپیوندهای مذکور، تغییرات منظم دمایی در ایران مشاهده نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: ایران، دمای زمستانه، دورپیوند، نوسان آرام آمریکای شمالی، نوسان دهه‌ای اقیانوس آرام.

۱. مقدمه

گردشی در نقاط دور و ارتباط آنها با آب‌وهوای مناطق مختلف پیوند از دور نامیده می‌شود (علیچانی، ۱۳۸۱). تغییرات در یک پدیده دور پیوندی با تغییر و بی‌هنجاری گردش بزرگ‌مقیاس و نیمکره‌ای نمود دارد (دوستان، ۱۳۹۷). یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر آب‌وهوای سالانه هر منطقه، الگوهای پیوند از دور می‌باشد (فرج‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). شناسایی الگوهای پیوند از دور می‌تواند جهت درک بهتر شرایط اقلیمی و تأثیرشان بر آب‌وهوا مورد استفاده قرار گیرد (مولر و آمبریزی، ۲۰۰۷). از سوی دیگر شاخص‌های دورپیوندی به‌عنوان عوامل مؤثر بر اقلیم در مقیاس بزرگ شناخته شده و تأثیر آنها بر بارش،

پژوهش‌ها نشان داده است که اقلیم کره زمین ثابت نبوده و تغییرات در هر اقلیمی می‌تواند نتیجه تغییرپذیری سیستم‌های اقلیمی و عوامل خارجی باشد که در مقیاس‌های مختلف ماهانه، فصلی، سالانه و دهه‌ای ارزیابی می‌شود (زارع ایبانه و بیات ورکشی، ۱۳۹۱). تلاش پژوهشگران بر آن است که تا با شناخت عوامل و پدیده‌های جوی دلایل تغییرات آب‌وهوایی را روشن سازند، اما شاید رفتار اقلیمی به‌راحتی قابل مطالعه و شناسایی نباشد (شیر غلامی و قهرمان، ۱۳۸۴). رفتار یک الگوی اقلیمی در هر ناحیه با الگوهای پیوند از دور در ارتباط می‌باشد. در علوم جوی رابطه بین الگوهای

استناد: خجسته غلامی، وحید؛ صلاحی، برومند و محمدی، غلامحسین (۱۴۰۳). تحلیل تأثیر رخداد هم‌زمان برخی شاخص‌های دورپیوندی نیمکره شمالی بر دمای زمستانه ایران.

مجله فیزیک زمین و فضا، ۵۰(۱)، ۱۶۵-۱۸۴. DOI: <http://doi.org/10.22059/jesphys.2023.352360.1007482>

رایانامه: (۱) vahid.khojasteh.gh@uma.ac.ir (۲) gh.mohammadi88@gmail.com



(۱۳۸۲) در مورد نوسان اطلس شمالی اشاره کرد. این شاخص بارزترین الگوی دور پیوندی است که در تمام طول سال در نیمکره شمالی فعال است. این شاخص در واقع نماینده بادهای غربی بر روی اقیانوس اطلس می‌باشد (عساکره و همکاران، ۱۳۹۵) که بیانگر اختلاف فشار بین عرض‌های شمالی (منطقه ایسلند) و عرض‌های معتدله (منطقه آزرز) است (اسماعیل و همکاران، ۲۰۲۰).

فازهای مثبت و منفی این دور پیوند از امواج مقیاس همدیدی ناشی می‌شوند که پس از تبدیل به امواج کم‌بسامد، در اثر شکست و اچرخندی (چرخندی) فاز مثبت (منفی) به وجود می‌آید (عالم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). بیشترین تأثیر نوسان اطلس شمالی در فصل زمستان می‌باشد (خوش‌اخلاق و همکاران، ۱۳۸۷). بر اساس مطالعات (سن و اورگین، ۲۰۱۶) چرخه‌های تغییرات دمایی (۸ ساله) در قسمت‌های شمالی و غربی اروپا وابسته به نوسان اطلس شمالی و فعالیت‌های خورشیدی است. بر اساس مطالعات انجام گرفته در طول استیلای فاز مثبت این شاخص میانگین ارتفاع ژئوتانسیلی و در نتیجه به تبع آن دما در کشور کمتر از نرمال است (رضائیان و همکاران، ۱۳۹۴). در حالی که در فاز منفی عکس این قضیه صادق است (مرادی، ۱۳۸۴). بر اساس مطالعات صورت گرفته رخداد هم‌زمان وقوع پدیده لانینا با فازهای مثبت نوسان اطلس شمالی شرایط را برای تشکیل بندال از نوع کم ارتفاع بریده در ایران تشدید می‌کند (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۷). این مهم همسو با مطالعات مشکوتی و همکاران (۱۳۹۸) مبنی بر تشدید آلودگی کلان‌شهر تهران در هنگام رخداد فازهای مثبت نوسان اطلس شمالی است. در صورتی که بر اساس مطالعه تورکس و ارلات (۲۰۰۵) فاز مثبت نوسان اطلس شمالی باعث افزایش دمای هوا در ترکیه می‌شود.

نوسان شمالگان اولین الگوی دورپیوندی فعال در منطقه جنب حاره در میانه زمستان است (میدهونا و دیمری، ۲۰۱۸) (های و جونگ، ۲۰۱۶). این الگو در ابتدا به شکل تقارن مداری و حرکت الکلنگی توده‌های جوی میان حوضه شمالگان و عرض‌های میانه شناخته شد (حجتی و

خشک‌سالی، دوره‌های گرم و خشک و ... مورد مطالعه قرار گرفته است (هلالی و همکاران، ۱۳۹۹). پس می‌توان پیوند از دور را یکی از کلیدهای پیش‌بینی اقلیمی قلمداد کرد (خسروی، ۱۳۸۳). دما یکی از عناصر اساسی در آب‌وهوا بوده و تغییر در آن می‌تواند موجب تغییر در ساختار آب‌وهوای مناطق دیگر شود (عساکره و همکاران، ۱۳۹۵). در میان عناصر اقلیمی اندازه‌گیری دما در مقایسه با سایر عناصر اقلیمی از سابقه بیشتری برخوردار است، زیرا تغییر آن منشأ بسیاری از تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیست‌محیطی است (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۶)، از. با توجه به موقعیت قرارگیری کشورمان در منطقه جنب حاره تغییرات دمایی شدید از ویژگی‌های ذاتی آن به‌شمار می‌رود (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۸). تاکنون پژوهش‌های گوناگونی در زمینه ارتباط ناهنجاری بارش ایران و شاخص‌های پیوند از دور صورت گرفته است ولی در این زمینه به دما توجه کمتری شده است (حیدری و خوش‌اخلاق، ۱۳۹۶). در حالی که افت و خیز دما در مقیاس وسیع و ناحیه‌ای کم‌وبیش تحت تأثیر الگوهای پیوند از دور می‌باشد (غیور و عساکره، ۱۳۸۱). در خصوص ارتباط سنجی رخداد بارندگی و یا سایر مؤلفه‌های اقلیمی با شاخص‌های پیوند از دور مطالعات متعددی در سطح جهان و ایران انجام شده است. از جمله می‌توان به مطالعات هندرسون و همکاران (۲۰۲۰)، زوانگ و همکاران (۲۰۲۱)، بهرامی و همکاران (۱۳۹۸)، قاسمی‌فر و همکاران (۲۰۲۲)، جمشیدی خزعلی و همکاران (۲۰۲۲)، وو و همکاران (۲۰۱۱)، بوشرا و روجی (۲۰۲۱)، ما و همکاران (۲۰۲۲)، تاکور و همکاران (۲۰۲۰)، شائولی و همکاران (۲۰۲۲)، سعید و همکاران (۲۰۲۲)، جهانبخش اصل و همکاران (۱۳۹۰)، صلاحی و حاجی‌زاده (۱۳۹۲)، مهرزاد و همکاران (۱۳۹۸)، طهماسبی پاشا و همکاران (۱۴۰۰) و خدادادی و همکاران (۱۴۰۱) اشاره کرد؛ اولین مطالعات داخلی انجام شده در زمینه دور پیوند به دهه ۷۰ شمسی برمی‌گردد که اغلب آنها معطوف به دور پیوندهای نوسان اطلس شمالی و انسو بوده است (غلامی رستم و همکاران، ۱۳۹۷). به نمونه می‌توان به مطالعه اولیه عساکره

مثبت (منفی) قرار می‌گیرد، دورپیوند NAO مستعد قرارگیری در حالت منفی (مثبت) می‌باشد. همچنین بر اساس مطالعات لیو و همکاران (۲۰۱۵) افزایش وقوع دوره‌های فازهای مثبت PNA موجب فرارفت امواج گرمایی به بخش‌های شمالی آمریکای شمالی و رخنه هوای سرد به مناطق جنوبی این نواحی طی فصل زمستان شده است. بر طبق مطالعات گودرزی و همکاران (۱۳۹۶) شاخص PNA بر دمای ماه‌های دسامبر و فوریه ایستگاه کرج تأثیر دارد.

شاخص نوسان دهه‌ای اقیانوس آرام یکی از شاخص‌های اقلیمی است که شبیه انسو بوده و توسط استیون هارن دانشمند امور شیلات در سال ۱۹۹۶ شناسایی شد (فرج‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). این شاخص دارای دو فاز مثبت و منفی است که در فاز مثبت (منفی)، شرق اقیانوس آرام نسبت به غرب آن، گرم‌تر (سردتر) است (هنگ، ۲۰۱۳). دینگ و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه خود مبنی بر تأثیر هم‌زمان وقوع لائینا با فازهای PDO به این نتیجه رسیدند که رخداد لائینا در شرق اقیانوس آرام به‌همراه فازهای مثبت و منفی PDO موجب وقوع دمای زیر نرمال در بخش‌های وسیعی از اروپا در فصل زمستان می‌شود. بر اساس مطالعات زوانگ و همکاران (۲۰۲۲) رخداد فازهای منفی شاخص PDO در فصل پاییز موجب بروز دوره‌های سرد زمستانی در مناطق وسیعی از اوراسیا می‌شود که طی سال‌های اخیر وقوع فازهای مثبت این شاخص با کاهش میزان یخ‌های قطب شمال مصادف بوده است. بر اساس نتایج مطالعات اوپانگ و همکاران (۲۰۱۴) رخداد هم‌زمان پدیده لائینا با فازهای منفی شاخص PDO موجب افزایش میزان بارندگی در اغلب نواحی چین می‌شود. همچنین بر اساس مطالعات سیپ و گرون (۲۰۱۹) آنومالی دمای جهانی تابعی چندمتغیره بوده که وابسته به دورپیوندهای SOI، PDO و NAO می‌باشد. وو و همکاران، (۲۰۱۱) در بررسی ارتباط بین دورپیوندهای AMO و PDO به این نتیجه رسیدند که شاخص نوسان چند دهه‌ای اقیانوس اطلس با تأخیر ۱۱ الی ۱۲ ساله بر نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام تأثیر دارد.

مسعودیان، (۱۳۹۷). بر اساس مطالعات قاسمی و خلیلی (۲۰۰۸) فازهای مثبت شاخص نوسان شمالگان احتمال رخداد دمای زیر نرمال را افزایش می‌دهند. این مهم همسو با نتایج مطالعات محمودی و همکاران (۱۳۹۴) مبنی بر ارتباط بین یخبندان‌های فراگیر کشور با فازهای مثبت الگوی نوسان شمالگان می‌باشد. از طرفی طبق مطالعه امیدوار و جعفری ندوشن (۱۳۹۳) فازهای مثبت نوسان قطبی باعث کاهش دمای زمستانه در مناطق مرکزی کشور می‌شوند. در صورتی که بر خلاف تأثیر فازهای مثبت بر دمای ایران، (ماتیو و همکاران، ۲۰۰۴) هم‌زمانی وقوع پدیده لائینا با فاز منفی شاخص AO را عامل مهمی در تشدید سرمای زمستانه اروپا می‌دانند. هیون و همکاران (۲۰۱۸) ترکیب فازهای منفی شاخص مادون-جولیان با فاز مثبت شاخص نوسان شمالگان را موجب کاهش دمای منطقه جنوب و جنوب غرب آسیا عنوان می‌کنند. همچنین بر اساس مطالعات بالتاچی و همکاران (۲۰۱۷) رخداد روزهای بسیار گرم در مناطق واقع در اطراف دریای سیاه با فازهای منفی AO در ارتباط است.

شاخص الگوی آرام آمریکای شمالی اولین بار توسط راجرز معرفی شد، این شاخص به‌جز ماه‌های ژوئن و ژوئیه در بقیه ماه‌ها فعال است به‌طوری‌که در فصل زمستان تأثیرگذاری بیشتری دارد (آرمش، ۱۳۹۶). بر اساس تحقیقات موناها و همکاران (۲۰۰۳) الینو و لائینا با تأثیر بر الگوی گردشی آمریکای شمالی، الگوی زمستانه تاوه قطبی در نیمکره شمالی را کنترل می‌کنند. فریزر و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه خود مبنی بر ارتباط بین شاخص PNA و بارش‌های هاوایی به این نتیجه دست یافتند که فازهای مثبت (منفی) این شاخص موجب افزایش (کاهش) بارش‌های این کشور می‌شود به‌طوری‌که این تأثیر از مناطق شمالی به سمت مناطق جنوبی زیادتر می‌شود. بر خلاف این حالت بر اساس مطالعات گونگ و همکاران (۲۰۰۷) فازهای مثبت PNA موجب رخداد خشک‌سالی و به‌تبع آن افزایش گردوخاک در مناطق شمالی چین می‌شود. بر اساس مطالعات جی و همکاران (۲۰۰۹) زمانی که شاخص روزانه PNA در حالت حدی

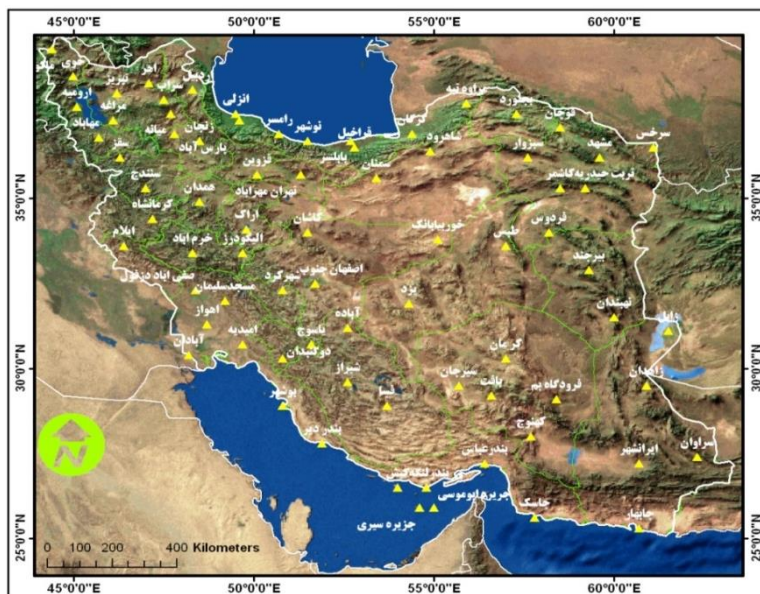
در این پژوهش داده‌های ماهانه دمای ۱۰۰ ایستگاه منتخب از تارنمای سایت سازمان هواشناسی کشور و شاخص‌های دور پیوندی شامل PDO, PNA, NAO و AO از سایت سازمان اقیانوس‌شناسی آمریکا (NOAA) برای دوره آماری سی‌وسه ساله (۲۰۱۹-۱۹۸۷) به‌عنوان داده‌های پایه دریافت و مورد استفاده قرار گرفته است. ابتدا همه داده‌ها به‌صورت فصول اقلیمی (موورات و همکاران، ۲۰۰۹) و متناظر با نیاز (دسامبر-فوریه) مرتب‌سازی شد. داده‌های نرمال‌شده دمایی ماهانه (دسامبر- فوریه) به‌عنوان متغیر وابسته و داده‌های دورپیوندی به‌عنوان متغیر مستقل جهت تعیین ضرایب همبستگی پیرسون وارد نرم‌افزار STATISTICA شد. با توجه به این که هدف اصلی مطالعه حاضر، بررسی تأثیر هم‌زمان دورپیوندهای نوسان اطلس شمالی و نوسان شمالگان با شاخص چند دهه‌ای اقیانوس آرام و نوسان آرام آمریکای شمالی بر دمای زمستانه می‌باشد، فازهای مثبت و منفی دورپیوندهای مذکور، شناسایی شد، بدین ترتیب که اعداد کوچک‌تر از ۰/۵- فاز منفی، بین ۰/۵- تا ۰/۵+ فاز خنثی و بزرگ‌تر از ۰/۵+ فاز مثبت تلقی شد (سنگ و تورگای، ۲۰۱۹) (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۳). جدول شماره ۱، نحوه شناسایی برهم‌کنش شاخص‌های دورپیوندی مذکور را نشان می‌دهد.

۲. ضرورت انجام تحقیق

با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران و به‌تبع آن، نفوذ توده‌های مختلف آب‌وهوایی از عرض‌های بالایی و جنب‌حاره‌ای (خسروی و همکاران، ۱۳۸۶) و تغییرات شدید دمایی آن (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۸) به‌خصوص در فصل زمستان و از طرفی تأثیر شدید دورپیوندهای نوسان اطلس شمالی و نوسان شمالگان بر اقلیم ایران که در مطالب قبلی به آنها اشاره شده است و عدم مطالعه درباره تأثیر الگوی آرام آمریکای شمالی و نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام بر دمای ایران، بررسی هم‌زمان تأثیر فازهای نوسان اطلس شمالی و نوسان شمالگان با دورپیوندهای نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام و الگوی آمریکای شمالی بر دمای منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است.

۳. روش پژوهش (داده‌ها و شیوه پژوهش)

منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر، ۱۰۰ ایستگاه ایران می‌باشد. دوره آماری و ایستگاه‌های مورد مطالعه طوری انتخاب شدند که هم بیشترین طول دوره آماری را شامل شوند و هم به لحاظ گستردگی اغلب نقاط کشور را پوشش دهند. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه.

جدول ۱. تعیین حالت‌های ممکن هم‌زمانی دورپیوندهای نوسان اطلس شمالی و نوسان شمالگان با نوسانات اقیانوس آرام.

نوسان شمالگان- نوسان اطلس شمالی- نوسانات چند دهه‌ای اقیانوس آرام- الگوی آرام آمریکای شمالی													
دورپیوند	فاز	فازهای مثبت نوسان‌های شمالی- فازهای منفی نوسان‌های چند دهه‌ای- فاز مثبت نوسان آرام آمریکا			فازهای مثبت نوسان‌های شمالی- فازهای منفی شاخص چند دهه‌ای- فاز خنثی نوسان آرام آمریکا			فازهای مثبت نوسان‌های شمالی- فازهای مثبت شاخص چند دهه‌ای- فاز خنثی نوسان آرام آمریکا			فازهای مثبت نوسان‌های شمالی- فازهای منفی شاخص چند دهه‌ای- فاز مثبت نوسان آرام آمریکا		
		دسامبر	ژانویه	فوریه	دسامبر	ژانویه	فوریه	دسامبر	ژانویه	فوریه	دسامبر	ژانویه	فوریه
سال‌ها	-	-	۲۰۰۰	۲۰۰۲	-	۱۹۹۴ ۱۹۹۹ ۲۰۰۴ ۲۰۱۱	۲۰۱۵	۲۰۱۵	-	۱۹۸۹ ۱۹۹۰	۱۹۸۹ ۲۰۰۸	۲۰۱۳	
جمع	حالت ت- ۱ مورد			حالت پ- ۵ مورد			حالت ب- ۲ مورد			حالت الف- ۵ مورد			
نوسان شمالگان- نوسان اطلس شمالی- شاخص چند دهه‌ای اقیانوس آرام- شاخص اقیانوس آرام آمریکای شمالی													
دورپیوند	فاز	فازهای مثبت نوسان‌های شمالی- فازهای خنثی شاخص چند دهه‌ای- فاز منفی نوسان آرام آمریکا			فازهای خنثی نوسان‌های شمالی- فازهای مثبت شاخص‌های اقیانوس آرام			فازهای منفی نوسان‌های شمالی- فازهای خنثی چند دهه‌ای- فاز مثبت نوسان آرام آمریکا			فازهای منفی نوسان‌های شمالی- فازهای منفی شاخص چند دهه‌ای- فاز مثبت نوسان آرام آمریکا		
		دسامبر	ژانویه	فوریه	دسامبر	ژانویه	فوریه	دسامبر	ژانویه	فوریه	دسامبر	ژانویه	فوریه
سال‌ها	-	۱۹۹۰ ۱۹۹۳	-	۲۰۰۳	۲۰۰۳	-	۲۰۰۴ ۲۰۱۰	۲۰۱۰	۱۹۸۹ ۲۰۰۵	۲۰۱۳	-	۲۰۰۱ ۲۰۰۹	
جمع	حالت ح- ۲ مورد			حالت چ- ۲ مورد			حالت ج- ۵ مورد			حالت ث- ۳ مورد			
نوسان شمالگان- نوسان اطلس شمالی- شاخص چند دهه‌ای اقیانوس آرام- شاخص اقیانوس آرام آمریکای شمالی													
دورپیوند	فاز	فازهای مثبت نوسان‌های شمالی- فازهای خنثی شاخص‌های جنوبی			فازهای خنثی نوسان‌های شمالی- فاز منفی نوسان آرام آمریکا			فازهای منفی نوسان‌های شمالی- فازهای خنثی شاخص‌های جنوبی			فازهای مثبت نوسان‌های شمالی- فازهای خنثی شاخص‌های اقیانوس آرام		
		دسامبر	ژانویه	فوریه	دسامبر	ژانویه	فوریه	دسامبر	ژانویه	فوریه	دسامبر	ژانویه	فوریه
سال‌ها	۱۹۹۳ ۲۰۰۵	-	۲۰۱۸	۱۹۹۹	۱۹۹۹	-	-	-	-	۱۹۹۷	-	۲۰۱۵	
جمع	حالت ذ- ۳ مورد			حالت د- ۲ مورد						حالت خ- ۲ مورد			

موردنظر در درون‌یابی (مساح‌بوانی و همکاران، ۱۳۸۹) و از طرفی مرسوم بودن روش معکوس فاصله وزنی در پهنه‌بندی‌های اقلیمی (مهرزاد و همکاران، ۱۳۹۸ و پورغلام و همکاران، ۱۴۰۰) از روش IDW برای پهنه‌بندی استفاده شده است.

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{\delta} \quad (1)$$

که در رابطه فوق Z : بی‌هنجاری دمای ماهانه، x_i : مقدار

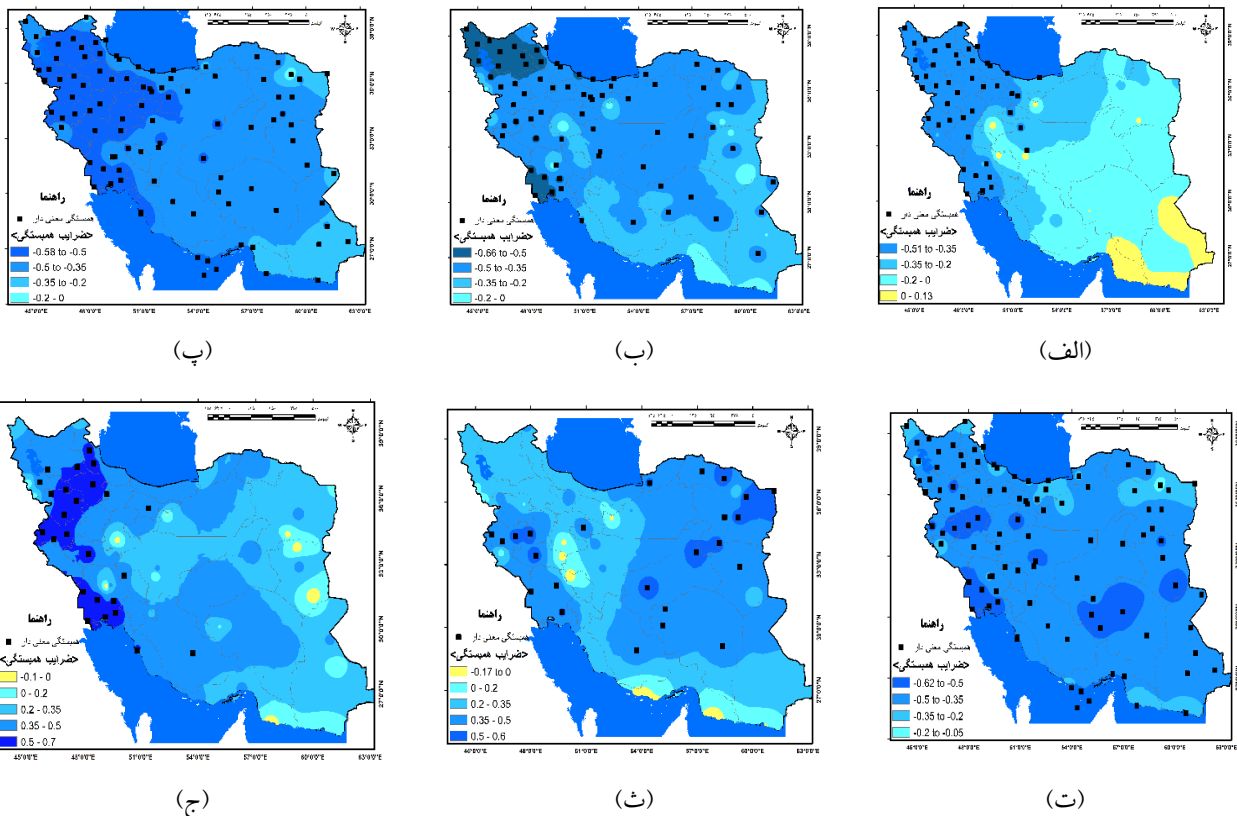
در گام بعدی با شناسایی ماه‌های فوق، بی‌هنجاری دمای ماهانه طبق فرمول زیر برای ماه‌های مذکور محاسبه شده و نحوه پراکندگی تغییرات آنومالی در نرم‌افزار GIS به روش معکوس فاصله وزنی IDW پهنه‌بندی شد. با توجه به پوشش مطلوب و گسترده ایستگاه‌های مورد مطالعه در این تحقیق، عدم تغییر مقادیر عددی ناشی از درون‌یابی در موقعیت ایستگاه‌ها، تأثیر زیاد نقاط نزدیک به نقطه

(شکل ۲-ت). به‌طور کلی چنین به نظر می‌رسد که با افزایش مقادیر عددی این دورپیوندها از فازهای منفی به فازهای مثبت، دمای اغلب مناطق کشور به‌خصوص در ماه فوریه کاهش می‌یابد. برخلاف تأثیر معنی‌دار این شاخص‌ها بر دمای ایران به‌ویژه در ماه فوریه، هیچ ارتباط معنی‌داری میان دمای زمستانه با شاخص‌های PNA و PDO در هیچ‌کدام از ایستگاه‌ها مشاهده نشد و فقط ارتباط مستقیم و معنی‌داری بین فازهای منفی PNA با دمای ژانویه (شکل ۲-ث) و فازهای منفی PDO با دمای دسامبر (شکل ۲-ج) در تعداد معدودی از ایستگاه‌ها مشاهده شد. از این مطالب چنین نتیجه‌گیری می‌شود که با کاهش مقادیر عددی دورپیوندهای PNA و PDO از فازهای خنثی به سمت فازهای منفی، دمای برخی مناطق ایران کاهش می‌یابد. نقشه‌های شکل ۲ نحوه تأثیر دورپیوندهای مذکور بر دمای ماه‌های مختلف را نشان می‌دهند. در این نقشه‌ها، ایستگاه‌های دارای ضرایب همبستگی معنی‌دار، با نماد مربع مشخص شده‌اند.

دمای معین برای یک ماه، δ : میانگین دمای ماه‌های معین در بازه ۳۳ ساله و δ : انحراف از معیار دمای ماه‌های فصل زمستان در بازه ۳۳ ساله است. هدف از پهنه‌بندی، شناسایی مکان‌هایی است که به لحاظ داشتن صفت موردنظر یکسان هستند (دارند، ۱۳۹۳).

۴. بحث

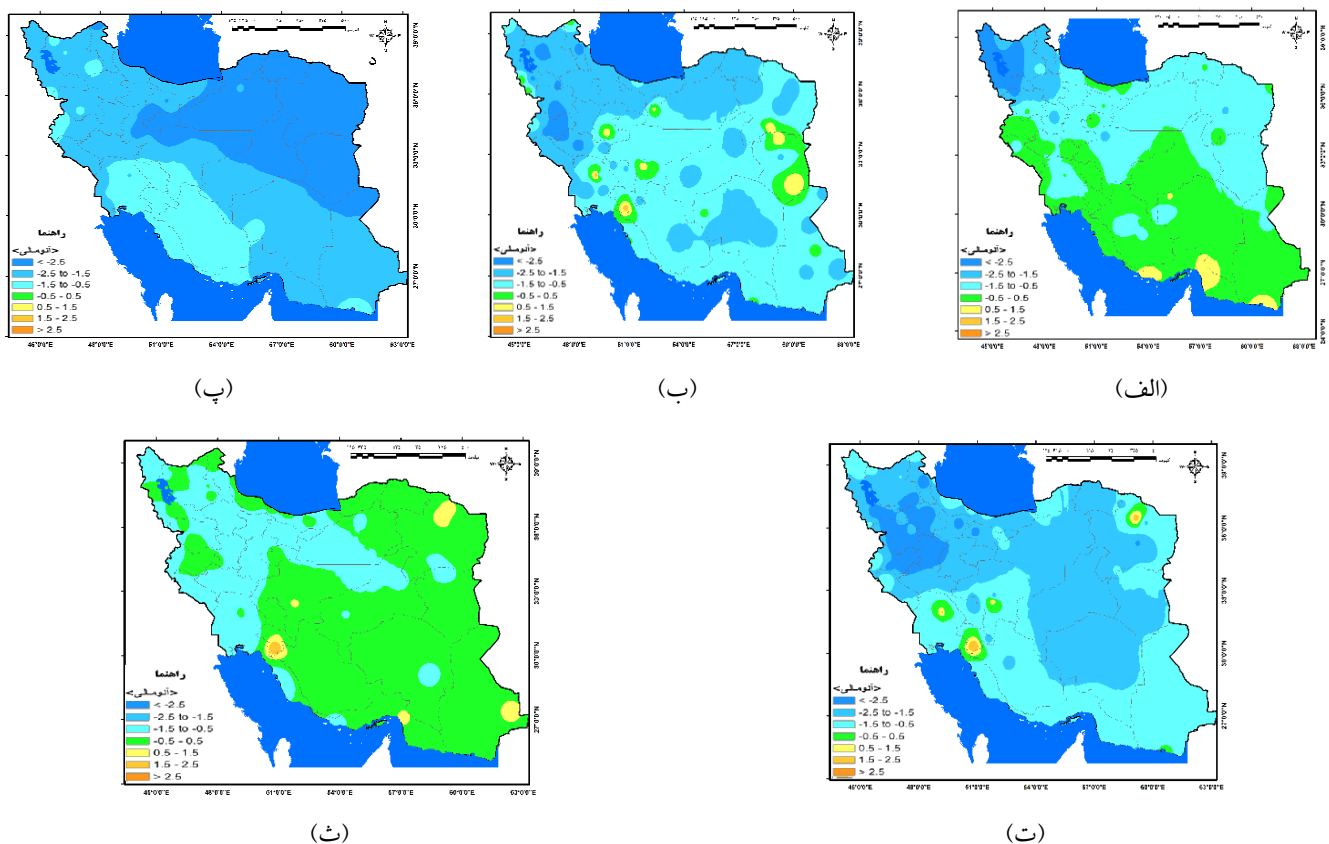
نتایج حاصل از بررسی ارتباط جداگانه بین دورپیوندهای مورد مطالعه با دمای زمستانه ایران نشان داد که ارتباط معکوس و معناداری بین شاخص AO با دمای ماه‌های دسامبر و به‌خصوص ژانویه و فوریه در اغلب مناطق به‌خصوص مناطق غربی وجود دارد، به‌طوری‌که بیشترین ضریب همبستگی در مناطق شمال غربی تا ۰/۶۶- مشاهده شد (شکل ۲-الف، ب و پ). همچنین ارتباط معکوس و معنی‌داری بین شاخص NAO و دمای فوریه در اغلب ایستگاه‌ها مشاهده شد به‌طوری‌که بیشترین ضریب همبستگی در بخش‌های غربی تا ۰/۶۲- محاسبه شد



شکل ۲. نقشه ضریب همبستگی میان شاخص AO با دمای دسامبر (الف)، ژانویه (ب) و فوریه (پ)، NAO با دمای فوریه (ت)، فازهای منفی PDO با دمای دسامبر (ث) و فازهای منفی PNA با دمای ژانویه (ج).

از ضرایب همبستگی (نقشه‌های شکل ۲) نیز تأیید شد. نتایج یافته حاضر همسو با مطالعات قائمی و عساکره (۱۳۸۲) و حسین پور و همکاران (۱۳۹۱) مبنی بر کاهش دما در هنگام رخداد فازهای مثبت نوسان اطلس شمالی می‌باشد. در هنگام رخداد فازهای مثبت نوسان شمالگان، ارتفاع تراز میانی جو بر روی خاورمیانه در فصل زمستان کاهش می‌یابد (کوشکی و همکاران، ۱۴۰۲). همچنین در هنگام رخداد فازهای مثبت نوسان اطلس شمالی، ارتفاع تراز میانی جو در شمال دریای خزر پایین تراز نرمال بوده (نصراصفهانی و همکاران، ۱۳۹۲) و موجبات رخنه توده هوای سرد از عرض‌های شمالی به ایران را فراهم می‌کند. شایان ذکر است در نقشه‌های این مقاله، رنگ‌های آبی به منزله دمای کمتر از نرمال، رنگ سبز محدوده نرمال و رنگ‌های زرد و نارنجی به منزله دمای بیشتر از نرمال است.

برای بررسی توصیف تأثیر هم‌زمان فازهای مثبت دورپیوندهای نوسان اطلس شمالی و نوسان شمالگان با فازهای منفی شاخص چند دهه‌ای اقیانوس آرام و نوسان آرام آمریکای شمالی (حالت الف جدول شماره ۱)، نقشه‌های شکل ۳ ترسیم شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود در این حالت اغلب مناطق کشور دمای نرمال و کمتر از نرمالی را تجربه کرده‌اند. بیشترین تغییرات بی‌هنجاری دمایی مربوط به ژانویه ۲۰۰۸ (۴ درجه کمتر از نرمال) می‌باشد. از طرفی سردترین زمستان‌های دوره آماری در این حالت اتفاق افتاده‌اند که به نمونه می‌توان به زمستان بسیار سرد سال ۲۰۰۸ (۱۳۸۶) و ۱۹۸۹ اشاره کرد (ایران‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵). نکته قابل توجه در بررسی نقشه‌های شکل ۳، تأثیر محسوس فازهای مثبت نوسان شمالگان بر کاهش دمای هوا در نیمه غربی ایران به‌ویژه در منطقه شمال غرب می‌باشد. این موضوع با نتایج حاصل

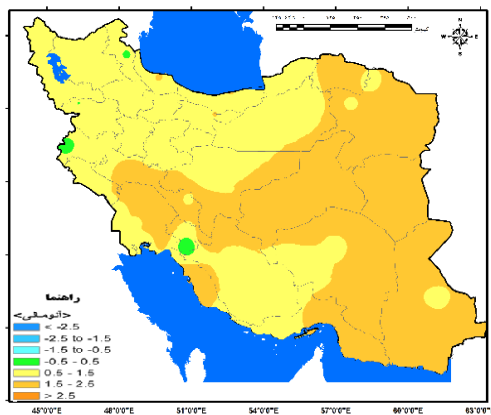


شکل ۳. بی‌هنجاری دمایی دسامبر ۲۰۱۳ (الف)، ژانویه ۱۹۸۹ (ب) و ۲۰۰۸ (پ)، فوریه ۱۹۸۹ (ت) و ۱۹۹۰ (ث).

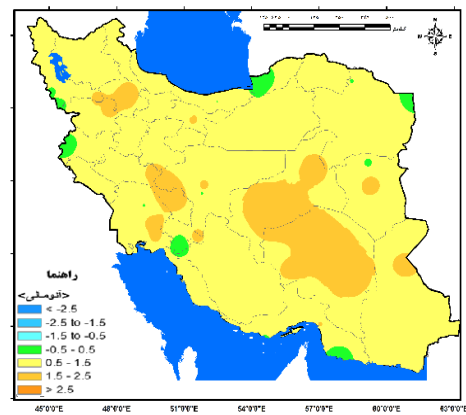
بی‌هنجاری دمایی در تمامی ماه‌ها نرمال و کمتر از نرمال می‌باشد (مشابه حالت الف). بدین حالت که در این شرایط اغلب مناطق کشور دمای کمتر از نرمالی را تجربه کرده‌اند، به طوری که در هیچ کدام از سال‌های مشابه، شاهد دمای بیشتر از نرمال با پوشش مکانی گسترده نبوده‌ایم. دامنه بی‌هنجاری دما بین ۱/۵ درجه بیشتر از نرمال تا ۳ درجه کمتر از نرمال متفاوت می‌باشد. به نظر می‌رسد رخداد هم‌زمان فازهای مثبت نوسان اطللس شمالی و نوسان شمالگان با فازهای منفی نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام و فاز خنثی نوسان آرام آمریکای شمالی، شرایط را برای رخداد دمای نرمال و کمتر از نرمال در نیمه غربی و بخش‌های مرکزی فراهم می‌کند. علت این امر، استقرار ناوه کم ارتفاعی در شرق مدیترانه به هنگام رخداد فازهای مثبت نوسان شمالگان است (حجتی و مسعودیان، ۱۳۹۷). این مطلب با نتایج ضرایب همبستگی انطباق دارد به طوری که بر کاهش دمای هوا در مناطق غربی ایران هنگام رخداد فازهای مثبت دورپیوندهای شمالی و فاز منفی نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام تأکید دارد (نقشه‌های شکل ۲) اما رخداد فازهای خنثی الگوی آرام آمریکای شمالی نقشی در کاهش دمای هوا نداشته و موجب کاهش شدت سرما نسبت به فازهای منفی (شکل ۳) شده است.

برای بررسی توصیف تأثیر هم‌زمان فازهای مثبت دورپیوندهای نوسان اطللس شمالی و نوسان شمالگان با فازهای مثبت شاخص چند دهه‌ای اقیانوس آرام و فاز خنثی نوسان آرام آمریکای شمالی، (حالت ب) نقشه‌های شکل ۴ ترسیم شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود تغییرات بی‌هنجاری دمایی در این حالت در همه مناطق بیشتر از نرمال است. به طوری که در ماه فوریه ۲۰۱۵ دما در قسمت‌های شرقی و جنوبی تا ۲ درجه سلسیوس بیشتر از نرمال بوده است (شکل ۵-ب). به نظر می‌رسد عامل اصلی این افزایش دما، رخداد فاز مثبت قوی نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام باشد (مقدار عددی بیشتر از ۱/۵) که هم‌زمانی آن با فازهای مثبت دورپیوندهای شمالی، قدری از شدت افزایش دما در بخش‌های شمال غربی و شمالی ایران کم کرده است. نقشه‌ها گویای این مطلب است که هم‌زمانی فازهای مثبت دورپیوندهای شمالی با فازهای مثبت جنوبی موجب رخداد دمای بالاتر از نرمال می‌شوند.

برای بررسی تأثیر هم‌زمان فازهای مثبت دورپیوندهای نوسان اطللس شمالی و نوسان شمالگان با فازهای منفی شاخص چند دهه‌ای اقیانوس آرام و فاز خنثی نوسان آرام آمریکای شمالی (حالت پ)، نقشه‌های شکل ۵ ترسیم شده است. همان‌گونه که به وضوح مشاهده می‌شود تغییرات

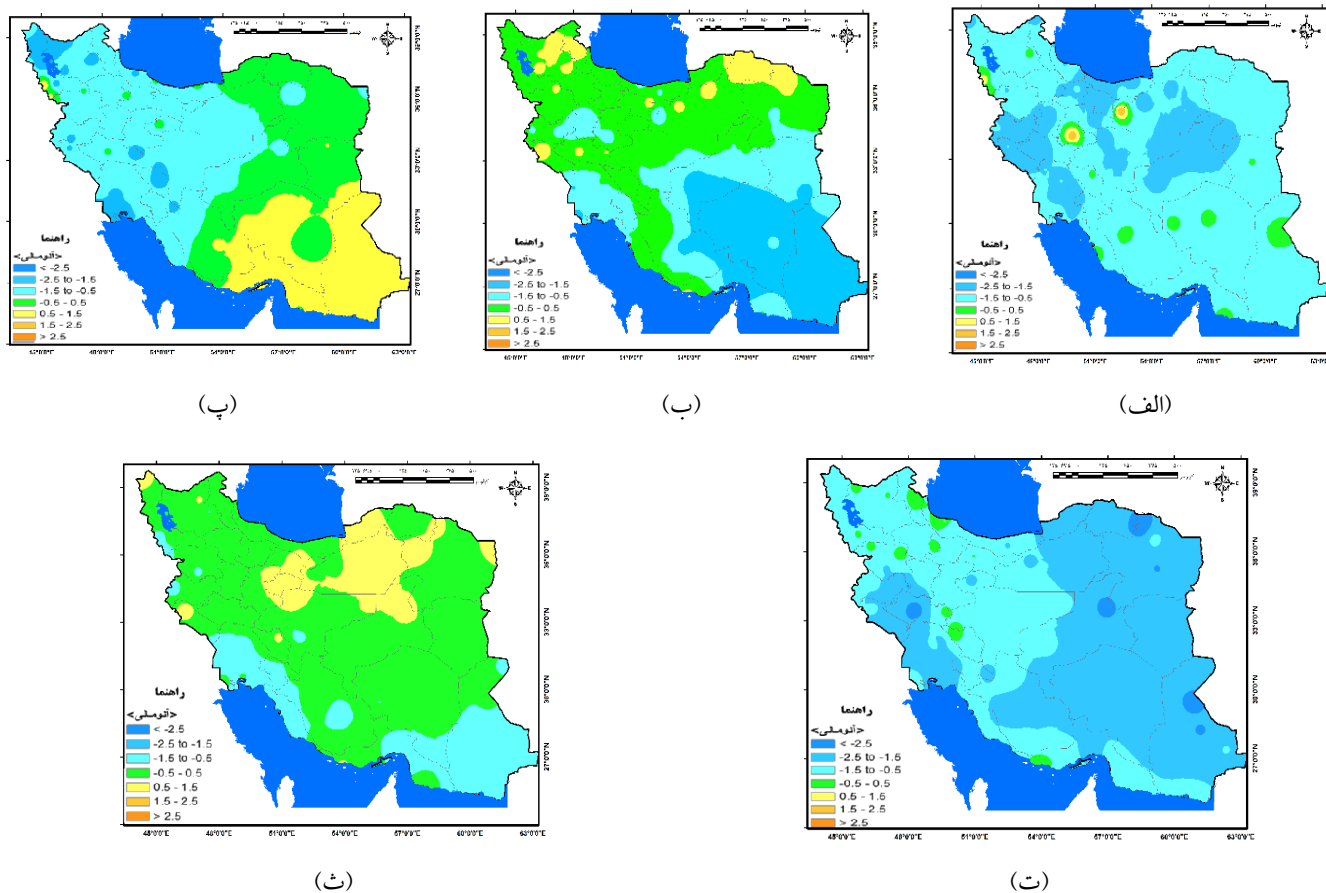


(ب)



(الف)

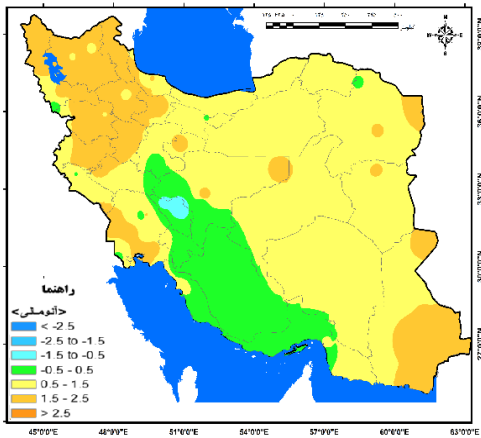
شکل ۴. بی‌هنجاری دمایی ژانویه ۲۰۱۵ (الف) و فوریه ۲۰۱۵ (ب).



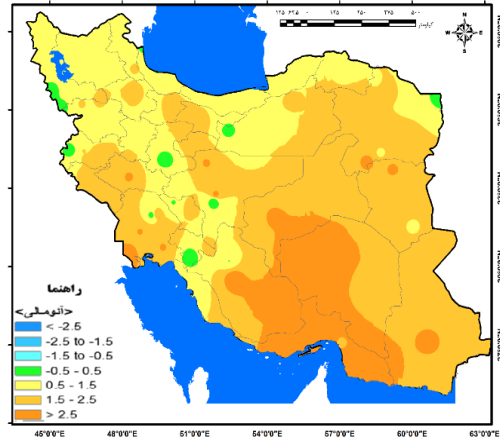
شکل ۵. بی‌هنجاری دمایی دسامبر ۱۹۹۴ (الف)، ۱۹۹۹ (ب)، ۲۰۰۴ (پ)، ۲۰۱۱ (ت) و فوریه ۲۰۰۲ (ث).

است که موجب تضعیف پرفشار سبیری و در نتیجه، افزایش دمای هوا به‌خصوص در شبانگاهان در نیمه شمالی ایران می‌شود (قویدل رحیمی و همکاران، ۱۳۹۵). از طرفی افزایش ارتفاع تراز میانی جو در بخش وسیعی از مدیترانه تا شمال شرق ایران به‌دلیل حاکمیت فاز منفی نوسان اطلس شمالی (نصراصفهانی و همکاران، ۱۳۹۲) باعث افزایش دما در بخش‌های وسیعی از ایران می‌شود. نقشه‌های شکل ۷ حاکی است که هم‌زمانی وقوع فازهای منفی دورپیوندهای شمالی و فازهای منفی نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام با فازهای خنثی و مثبت شاخص آرام آمریکای شمالی شرایط را برای افزایش دما در فصل زمستان مهیا می‌کند. با توجه به نتایج حاصله از ضرایب همبستگی مبنی بر ارتباط معکوس میان فازهای نوسان اطلس شمالی و نوسان شمالگان با دمای اغلب نقاط ایران، افزایش دمای هوا در این حالت دور از انتظار نیست.

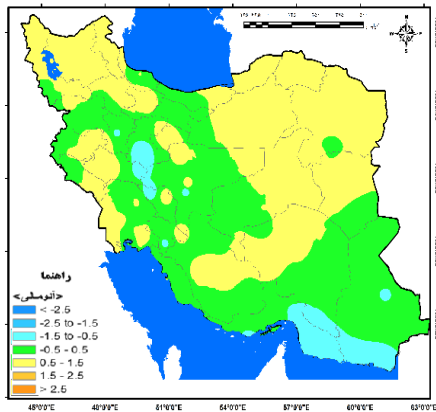
برای تشخیص تأثیر هم‌زمان فازهای منفی دورپیوندهای شمالی و فازهای منفی نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام با فازهای خنثی (حالت ۳ جدول شماره ۱) نقشه‌های شکل ۶ (الف، ب، پ) و فازهای مثبت (شکل ۶-ت) (حالت ت) شاخص آرام آمریکای شمالی نقشه‌های شکل ۶ ترسیم شد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در این حالت‌ها اغلب نقاط کشور دمای نرمال و بیشتر از نرمالی را تجربه کرده‌اند. به‌طوری‌که بخش‌های شمالی همواره دمای بیشتر از نرمالی داشته‌اند. تنها در بخش‌های کوچکی از نوار جنوبی بی‌هنجاری‌های منفی دمایی مشاهده می‌شود. از طرفی، گرم‌ترین ماه دوره آماری (دسامبر ۲۰۰۱ با آنومالی دمایی $+1/43$) در حالت هم‌زمانی رخداد فازهای منفی دورپیوندهای شمالی و نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام با فازهای خنثی شاخص آرام آمریکای شمالی رخ داده است. علت این امر، رخداد فازهای منفی نوسان شمالگان



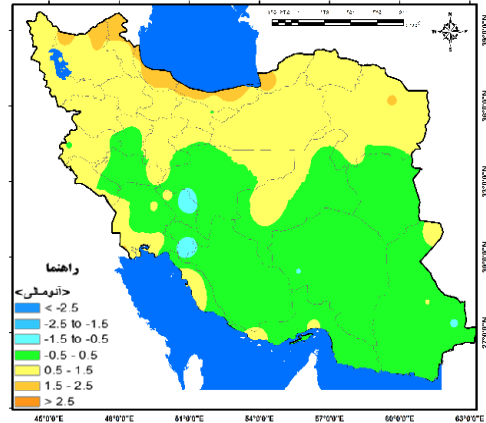
(ب)



(الف)



(ت)

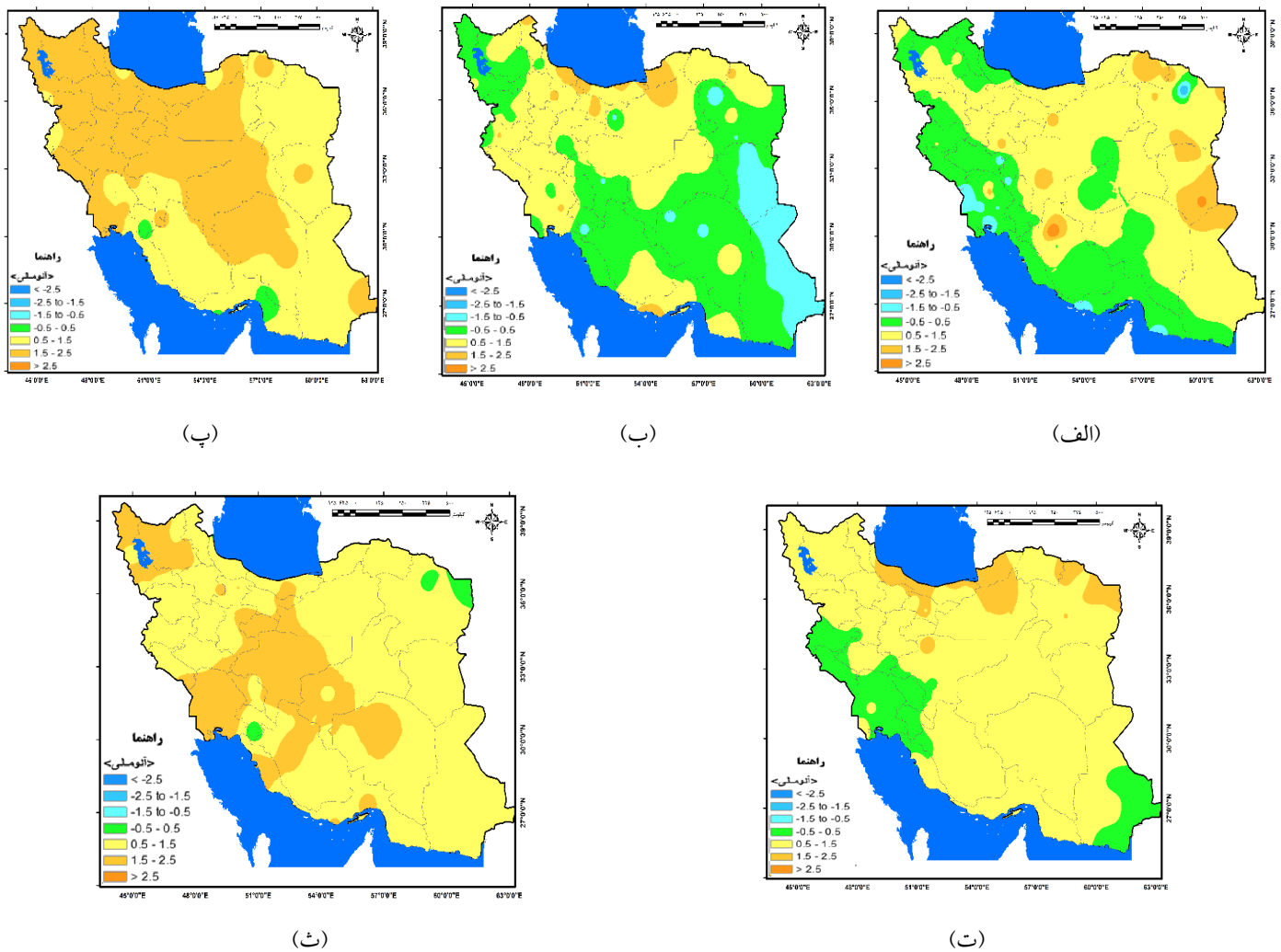


(پ)

شکل ۶. بی‌هنجاری دمایی دسامبر ۲۰۰۱ (الف) و ۲۰۰۹ (ب)، فوریه ۲۰۱۳ (پ)، دسامبر ۲۰۰۰ (ت).

محسوسی افزایش می‌یابند (قویدل رحیمی و همکاران، ۱۳۹۵). نقشه‌ها گویای این واقعیت هستند که هم‌زمانی وقوع فازهای منفی نوسانات اطلس شمالی و شمالگان با فازهای خنثی نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام و فازهای مثبت شاخص آرام آمریکای شمالی شرایط را برای افزایش دما در اغلب مناطق به‌خصوص بخش‌های غربی و شمالی ایران فراهم می‌کند. این مطلب، منطبق بر نتایج حاصل از ضرایب همبستگی مبنی افزایش دمای هوا در هنگام رخداد فازهای منفی دورپیوندهای شمالی است (شکل ۲-الف، ب، پ و ت) که هم‌زمانی این حالت با فازهای مثبت الگوی آرام آمریکای شمالی، موجب تشدید افزایش دما می‌شود.

برای تشخیص تأثیر هم‌زمان فازهای منفی دورپیوندهای شمالی با فازهای خنثی نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام و فازهای مثبت شاخص آرام آمریکای شمالی (حالت ج) نقشه‌های شکل ۷ ترسیم شد. همان‌طور که آشکار است بی‌هنجاری دمایی در اغلب مناطق کشور نرمال و بیشتر از نرمال است. به‌طوری‌که در ژانویه و فوریه ۲۰۱۰ بخش‌های وسیعی از کشور شاهد افزایش دما نسبت به نرمال بوده‌اند. علت این مهم، رخداد هم‌زمان فاز حدی منفی شاخص نوسان شمالگان با فاز منفی نوسان اطلس شمالی است که موجب تضعیف پرفشار سیبری شده و شرایط را برای نفوذ هوای گرم از بخش‌های جنوبی به ایران فراهم می‌کند، به‌طوری‌که دماهای کمینه به شکل



شکل ۷. بی‌هنجاری دمایی دسامبر ۱۹۸۹ (الف) و ۲۰۰۵ (ب)، ژانویه ۲۰۱۰ (پ)، فوریه ۲۰۰۴ (ت) و ۲۰۱۰ (ث).

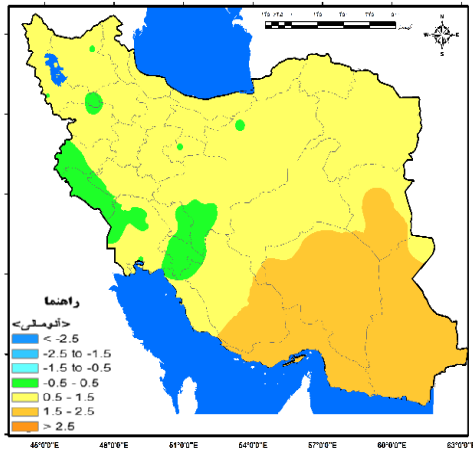
آمریکای شمالی شرایط را برای رخداد زمستانی سخت و بسیار سرد فراهم نمی‌کند و در این حالت همواره نیمه غربی کشور دمای نرمال و بیشتر از نرمالی را تجربه می‌کند.

برای تشخیص تأثیر هم‌زمان فازهای مثبت دورپیوندهای شمالی و فازهای خنثی نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام با فازهای منفی (حالت ح جدول شماره ۱)، شکل ۹ (الف و ب) و خنثی، شکل ۹ (پ و ت) شاخص آرام آمریکای شمالی نقشه‌های شکل ۹ ترسیم شد. همان‌گونه که به‌وضوح مشاهده می‌شود در این حالت بی‌هنجاری دمایی در اغلب مناطق کشور نرمال و کمتر از نرمال می‌باشد (مشابه حالات الف و پ). به‌طوری‌که بخش‌هایی از شمال غرب کشور شامل استان‌های آذربایجان شرقی

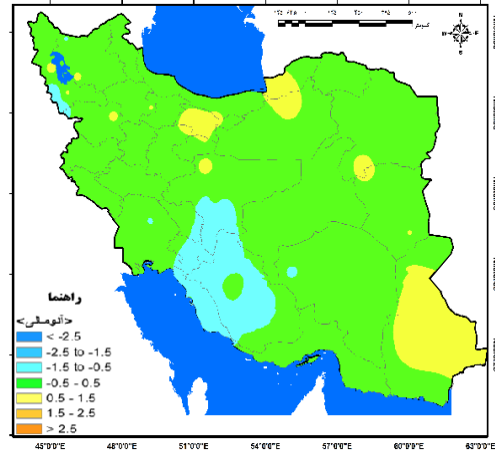
برای تشخیص تأثیر هم‌زمان فازهای خنثی دورپیوندهای شمالی با فازهای مثبت نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام و شاخص آرام آمریکای شمالی (حالت چ) (الف و ب) و با فازهای منفی نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام و فازهای خنثی آرام آمریکای شمالی (حالت د) (پ و ت) نقشه‌های شکل ۸ ترسیم شد. همان‌گونه که قابل‌ملاحظه است در این حالت بی‌هنجاری دمایی اغلب مناطق نرمال و بیشتر از نرمال بوده است. به‌طوری‌که در بخش‌های جنوبی کشور دما تا ۲ درجه سلسیوس بیشتر از نرمال می‌باشد. نقشه‌های گویای این مهم می‌باشد که هم‌زمانی وقوع فازهای خنثی دورپیوندهای نوسان اطلس شمالی و نوسان شمالگان با فازهای مختلف دورپیوندهای نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام و نوسان آرام

فازهای خنثی و منفی شاخص آرام آمریکای شمالی عموماً منجر به رخداد دمای نرمال و کمتر از نرمال می‌شود که اوج بی‌هنجاری‌های منفی دمایی (۲/۵) درجه کمتر از نرمال) در نوار غربی و شمالی کشور مشاهده می‌شود. نتایج یافته حاضر، منطبق بر نتایج حاصل از ضرایب همبستگی مبنی بر کاهش دمای هوا در هنگام رخداد فازهای مثبت دورپیوندهای شمالی (شکل ۲، الف-ت) و فازهای منفی الگوی آرام آمریکای شمالی (شکل ۲-ج) است.

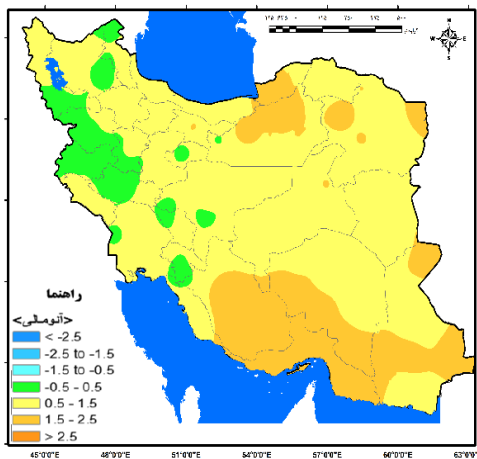
و غربی و کردستان، همواره دمای کمتر از نرمالی را تجربه کرده‌اند. علت این امر، تقویت پرفشار سبیری و همچنین تشدید سرمای هوا به دلیل تقویت پرفشار غربی در شمال غرب ایران است (امیدوار و جعفری ندوشن، ۱۳۹۳). بر عکس این حالت، در سواحل جنوبی کشور واقع در استان‌های سیستان و بلوچستان و هرمزگان دما در رنج نرمال بوده است. با توجه به نقشه‌ها چنین می‌توان نتیجه گرفت که هم‌زمانی وقوع فازهای مثبت دورپیوندهای شمالی و فازهای خنثی نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام با



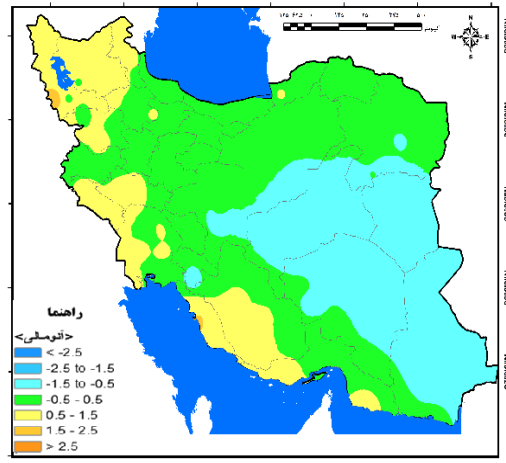
(ب)



(الف)

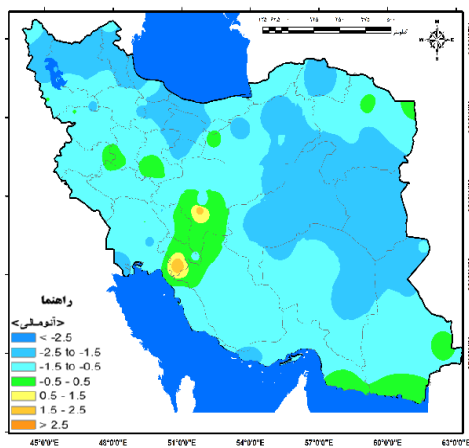


(ت)

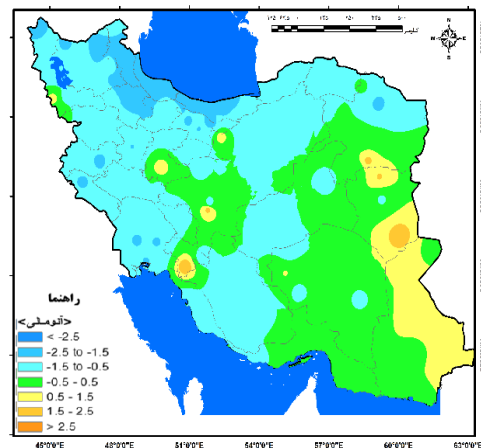


(پ)

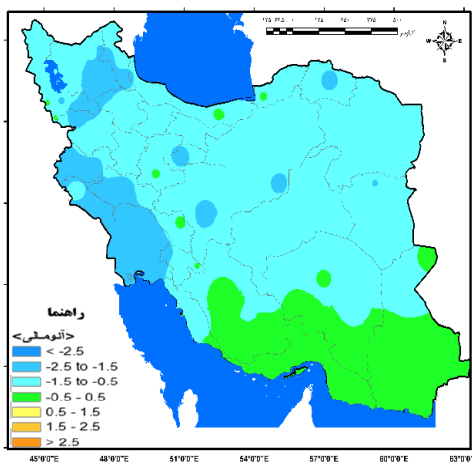
شکل ۸. بی‌هنجاری دمایی ژانویه ۲۰۰۳ (الف)، فوریه ۲۰۰۳ (ب)، ژانویه ۱۹۹۹ (پ) و فوریه ۱۹۹۹ (ت).



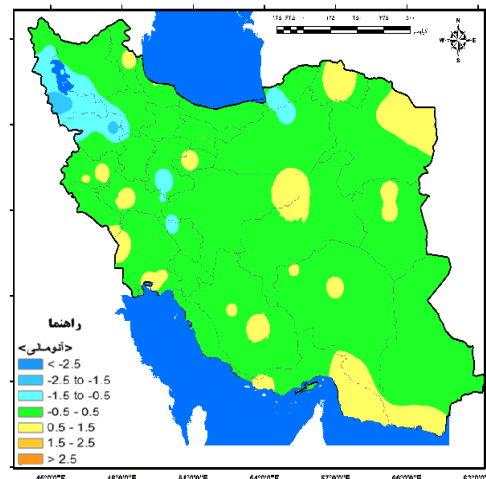
(ب)



(الف)



(ت)

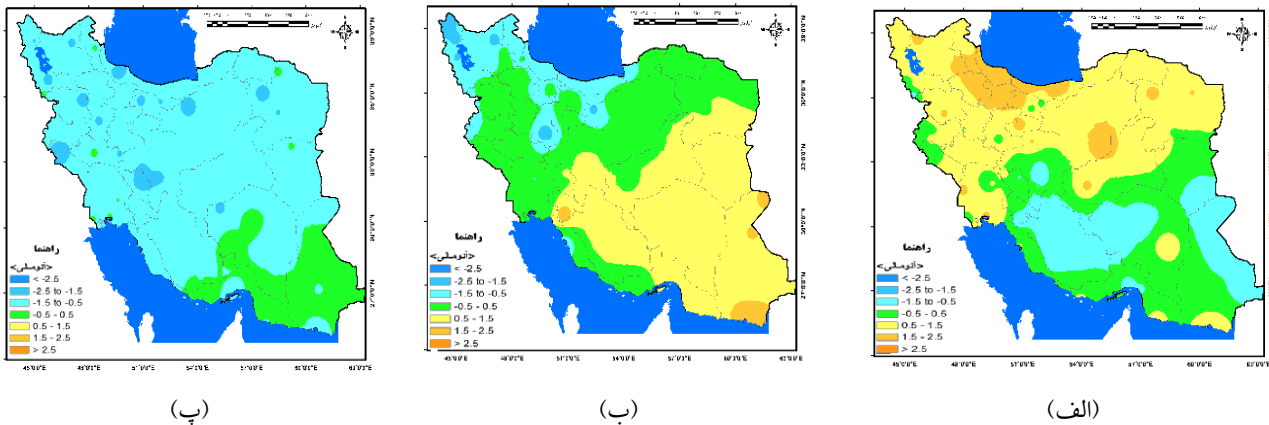


(پ)

شکل ۹. بی‌هنجاری دمایی ژانویه ۱۹۹۰ (الف) و ۱۹۹۳ (ب)، دسامبر ۲۰۱۵ (پ) و فوریه ۱۹۹۷ (ت).

بخش‌های شمالی دمایی کمتر از نرمال و بخش‌های جنوبی دمایی بیشتر از نرمالی را ثبت کرده‌اند. چنین به نظر می‌رسد با توجه به خنثی بودن شاخص‌های دورپیوندی، عوامل دیگری همچون الگوهای جوی و... بر تغییرات دمایی این حالت تأثیر دارند. نقشه‌ها گویای این واقعیت است که در صورت هم‌زمانی وقوع فازهای خنثی دورپیوندهای شمالی با فازهای خنثی دورپیوندهای جنوبی پیش‌بینی شرایط دمایی مشکل است اما نکته مهم این است که رخداد دماهای حدی بیشتر از نرمال و کمتر از نرمال در این حالت بعید به نظر می‌رسد.

برای تشخیص تأثیر هم‌زمان وقوع فازهای خنثی دورپیوندهای نوسان اطلس شمالی و نوسان شمالگان با فازهای خنثی دورپیوندهای نوسان چند دهه‌ای اقیانوس آرام و آرام آمریکای شمالی، نقشه‌های شکل ۱۰ ترسیم شدند (حالت ذ). همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در این حالت بی‌هنجاری دمایی منظمی دیده نمی‌شود. به‌طوری‌که در دسامبر ۲۰۱۸ (نقشه ۱۰-الف) بخش‌های شمالی شاهد دمایی گرم‌تر از نرمال و بخش‌های جنوبی دمایی کمتر از نرمالی را تجربه کرده‌اند. بر خلاف حالت مذکور، در فوریه ۲۰۰۳ و ۲۰۰۵ (اشکال ۱۰-ب و پ)



شکل ۱۰. بی‌هنجاری دمایی دسامبر ۲۰۱۸ (الف) و فوریه ۱۹۹۳ (ب) و ۲۰۰۵ (پ).

عکس این حالت، گرم‌ترین ماه‌های دوره آماری مصادف با فازهای منفی و خنثی NAO، AO و PDO و فازهای منفی و مثبت PNA بوده‌اند. این نتیجه با یافته‌های قبلی در مورد تأثیر هم‌زمان فازهای منفی NAO و AO با فازهای منفی و خنثی PDO و فازهای خنثی و مثبت PNA در دو مورد (دسامبر ۲۰۰۱ و ژانویه ۲۰۱۰) منطبق ولی در مورد فوریه ۲۰۰۹ صدق نمی‌کند. با توجه به مطالب گفته شده چنین به نظر می‌رسد که در رخداد فرین‌های مثبت دمایی ماه فوریه، عوامل دیگری نیز دخیل هستند.

جهت مقایسه بین رخداد سردترین و گرم‌ترین ماه‌های دوره آماری با فازهای دورپیوندهای مورد مطالعه در این تحقیق، جدول شماره ۲ ترسیم شد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود سردترین ماه‌های دوره آماری مصادف با فازهای مثبت دورپیوندهای NAO و AO و فازهای منفی و خنثی PDO و PNA می‌باشند. این مهم دقیقاً همسو با تأثیر رخداد هم‌زمان فازهای مثبت NAO و AO با فازهای منفی و خنثی PDO و PNA مبنی بر رخداد دمای نرمال تا کمتر از نرمال در اغلب مناطق ایران است در صورتی که دقیقاً بر

جدول ۲. مقایسه بین سردترین و گرم‌ترین ماه‌های دوره آماری و مقادیر عددی دورپیوندها.

ماه و دامنه تغییرات	آنومالی دمایی (°C)	فاز شاخص NAO	فاز شاخص AO	فاز شاخص PDO	فاز شاخص PNA
دامنه تغییرات	-۲/۲۵ تا +۱/۴۳	+۳ تا -۳	+۳/۵ تا -۴	+۳/۵ تا -۳/۵	+۳ تا -۳/۵
دسامبر ۲۰۰۶	-۱/۳۲	۱/۱۵	۲/۲۸	۰/۳۹	۰/۲
ژانویه ۲۰۰۸	-۲/۲۵	۰/۵۳	۰/۸۱	-۱/۷۷	-۱/۰۶
فوریه ۱۹۸۹	-۲/۲۲	۱/۸۲	۳/۲۷	-۱/۴۲	-۱/۷۱
دسامبر ۲۰۰۱	۱/۴۳	-۰/۸۶	-۱/۳۲	-۱/۱۷	۰/۶
ژانویه ۲۰۱۰	۱/۲۲	-۱/۸	-۲/۵۸	-۱/۸	۰/۹۶
فوریه ۲۰۰۹	۱/۰۷	-۰/۳۸	-۰/۶۷	-۱/۰۹	-۱/۵۷

۵. نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های تحقیق، ارتباط معکوس و معنی‌داری بین دورپیوند AO با دمای ماه‌های فصل زمستان در اغلب نواحی شمالی و غربی ایران وجود دارد که بیشترین ارتباط در ایستگاه‌های شمال غرب مشاهده شد، همچنین ارتباط معکوس و معنی‌داری بین دورپیوند NAO با دمای ماه فوریه در اغلب نقاط مشاهده شد. از طرفی ارتباط مستقیم و معنی‌داری فقط در تعداد محدودی از ایستگاه‌ها با فازهای منفی PDO و PNA به ترتیب با ماه‌های دسامبر و ژانویه مشاهده شد. به‌طور کلی با افزایش (کاهش) مقادیر عددی دورپیوندهای AO و NAO (PDO و PNA) دمای اغلب مناطق کاهش می‌یابد. هم‌زمانی وقوع فازهای مثبت NAO و AO با فازهای منفی و خنثی PDO و PNA موجب رخداد دمای نرمال و کمتر از نرمال در اغلب مناطق کشور به‌خصوص مناطق واقع در نیمه شمالی و غربی می‌شوند. به‌طوری‌که سردترین زمستان‌های دوره آماری در این حالت اتفاق افتاده است (حسین پور و همکاران، ۱۳۹۱). به نمونه می‌توان به ژانویه بسیار سرد سال ۲۰۰۸ (۱۳۸۶) اشاره کرد (ایران‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵) که در آن علاوه بر بی‌هنجاری منفی دمایی در کل کشور، شدت بی‌هنجاری منفی در مناطقی از شمال شرق بیش از ۴ درجه سلسیوس بوده است. علت این امر تقویت پرفشار سیبری و ادغام آن با پرفشار مهاجر غربی است. از طرفی هم‌زمانی وقوع فازهای منفی NAO و AO با فازهای منفی و خنثی PDO و فازهای خنثی و مثبت PNA موجب رخداد دمای نرمال و بیشتر از نرمال در اغلب نواحی به‌ویژه بخش‌های شمالی و غربی کشور می‌شوند. به‌طوری‌که دو مورد از گرم‌ترین ماه دوره آماری در این حالت رخ داده است (ایران‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵). به نمونه می‌توان به دسامبر ۲۰۰۱ و ژانویه ۲۰۱۰ اشاره کرد که در آن بی‌هنجاری مثبت دمایی کشور به ترتیب ۱/۴۳ و ۱/۲۲ درجه بالاتر از نرمال بوده است. همچنین هم‌زمانی وقوع فازهای خنثی NAO و AO با فازهای مثبت و منفی PDO و فازهای خنثی و مثبت PNA موجب رخداد دمای

نرمال و بیشتر از نرمال در اغلب مناطق به‌خصوص بخش‌های غربی و شمالی می‌شوند. در صورتی‌که رخداد هم‌زمان فازهای خنثی همه دورپیوندهای مذکور تأثیر محسوس و منظمی بر دمای زمستانه ندارد. نتایج تحقیق حاضر همسو با مطالعات قائمی و عساکره (۱۳۸۲) مبنی بر کاهش دمای ایستگاه مشهد در هنگام وقوع فازهای مثبت نوسان اطلس شمالی، خسروی و همکاران (۱۳۸۶) مبنی بر کاهش دمای کمینه ایستگاه شهرکرد هنگام رخداد فازهای مثبت نوسان شمالگان، خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۸۷) در خصوص کاهش دما و افزایش بارش زمستانه در سواحل شمالی هنگام رخداد فازهای مثبت نوسان اطلس شمالی، حسین پور و همکاران (۱۳۹۱) مبنی بر تشدید سرمای زمستان ۲۰۰۸-۲۰۰۷ به دلیل رخداد فازهای مثبت نوسان اطلس شمالی و نوسان شمالگان، صلاحی و حاجی‌زاده (۱۳۹۲) مبنی بر کاهش دما در استان لرستان در هنگام وقوع فازهای مثبت نوسان اطلس شمالی، عزیزی و همکاران (۱۳۹۷) مبنی بر تشدید ایجاد بلوکی‌نگ از نوع کم‌ارتفاع بریده و به طبع آن کاهش شدید دما طی رخداد هم‌زمان پدیده لانینا با فازهای مثبت نوسان اطلس شمالی و در تضاد با مطالعه حلییان و همکاران (۱۴۰۰) مبنی بر افزایش دما در هنگام رخداد فازهای مثبت نوسان شمالگان می‌باشد.

مراجع

آرمش، م. (۱۳۹۶). تحلیل تغییرپذیری نفوذ بارش‌های موسمی هند در جنوب شرق ایران با تأکید بر تأثیر الگوهای پیوند از دور و شاخص‌های اقلیمی. رساله دکتر. به راهنمایی محمود خسروی، زاهدان: دانشگاه سیستان و بلوچستان.

امیدوار، ک. و جعفری ندوشن، م. (۱۳۹۳). اثر نوسان قطبی بر نوسان‌های دما و بارش فصل زمستان در ایران مرکزی. نشریه جغرافیایی سرزمین، ۱۱(۴۱)، ۶۵-۷۶.

ایران‌نژاد، پ.؛ احمدی گیوی، ف. و نیکویی، ن. (۱۳۹۵). مطالعه بی‌هنجاری دمای زمستان ایران با استفاده از داده‌های باز تحلیل NCEP/NCAR. مجله ژئوفیزیک

- ایران، ۱۰(۴)، ۲۷-۱۲.
- بهرامی، ف.؛ رنجبرسعادت آبادی، ع. و مشکاتی، ا. ح. (۱۳۹۸). مطالعه بی‌هنجاری الگوهای فشار و بارش پاییزه ایران در حالت‌های مختلف تغییر فاز انسو با شدت‌های مختلف. *نشریه هواشناسی و علوم جو*، ۲(۳)، ۲۱۴-۲۲۸.
- پورغلام، م.؛ انصاری، م.؛ عراقی نژاد، ش. و بابائیان، ا. (۱۴۰۰). مدل‌سازی رابطه طوفان‌های گردوغبار با متغیرهای حدی و متوسط دما در نیمه غربی کشور. *نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۱۲(۴۵)، ۱۱۳-۱۲۶.
- جهانبخش اصل، س.؛ ساری صراف، ب.؛ قائمی، ه. و پوراصغر، ف. (۱۳۹۰). بررسی تأثیر دو قطبی اقیانوس هند بر تغییرپذیری بارش‌های فصلی استان‌های جنوبی کشور. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۶(۴)، ۲۷-۴۶.
- حجتی، ز. و مسعودیان، س. ا. (۱۳۹۷). واکاوی پیوند میان نوسان شمالگان و رخداد بارش در ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۰(۳)، ۵۷۷-۵۹۱.
- حسین پور، ف.؛ محب‌الحجه، ع. ر. و احمدی گیوی، ف. (۱۳۹۱). دینامیک مسیرهای توفان در زمستان ۲۰۰۷-۲۰۰۸ از دیدگاه انرژی. *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۳۸(۴)، ۱۸۷-۱۷۵.
- حلبیان، ا. ح.؛ کرمپور، م. و محمودی مهر، ف. (۱۴۰۰). ارتباط نوسان شمالگان با تغییرپذیری دمای زمستانه شمال غرب ایران. *نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۱۲(۴۷)، ۱۲۱-۱۴۰.
- حیدری، م. ا. و خوش‌اخلاق، ف. (۱۳۹۶). مدل‌سازی ارتباط شاخص‌های پیوند از دور با ناهنجاری‌های دمایی فصل گرم ایران با استفاده از وایازی چندمتغیره. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۶(۳)، ۶۶-۴۷.
- خدادادی، م. م.؛ آزادی، م.؛ مرادی، م. و رنجبر سعادت آبادی، ع. (۱۴۰۱). تأثیر نوسان شبه دوسالانه بر شکست امواج روی شرق مدیترانه و غرب آسیا از دیدگاه عرض‌های بحرانی. *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۴۸(۱)، ۱۲۵-۱۴۳.
- خسروی، م. (۱۳۸۳). مطالعه روابط بین الگوهای چرخشی جوی کلان‌مقیاس نیمکره شمالی از جمله AO با خشکسالی‌های سالانه سیستان و بلوچستان. *جغرافیا و توسعه*، ۲(۳)، ۱۸۸-۱۶۷.
- خسروی، م.؛ کریمی خواجه لنگی، ص. و سلیقه، م. (۱۳۸۶). ارتباط شاخص نوسان قطبی با نوسان‌های دمایی، مطالعه موردی: ایستگاه شهرکرد. *جغرافیا و توسعه*، ۵(۹)، ۱۳۶-۱۲۵.
- خوش‌اخلاق، ف.؛ قنبری، ن. و معصوم‌پور سماکوش، ج. (۱۳۸۷). مطالعه اثرات نوسان اطلس شمالی بر رژیم بارش و دمای سواحل جنوبی دریای خزر، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۶۶، ۷۰-۵۷.
- دارند، م. (۱۳۹۳). پایش خشک‌سالی ایران به کمک شاخص شدت خشک‌سالی پالمر و ارتباط آن با الگوهای پیوند از دور جوی-اقیانوسی. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۹(۴)، ۸۲-۶۷.
- دوستان، ر. (۱۳۹۷). دورپیوند جهانی و دورپیوندهای منطقه‌ای ایران. *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۴۴(۳)، ۶۲۵-۶۴۰.
- رضائیان، م.؛ محب‌الحجه، ع. ر. و احمدی گیوی، ف. (۱۳۹۴). چرخه زندگی فازهای مثبت و منفی NAO و اثر آن بر تغییر کمیت‌های دینامیکی بر روی ایران. *نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۶(۲۱)، ۱۰-۱.
- زارع ایبانه، ح. و بیات ورکشی، م. (۱۳۹۱). تأثیر پدیده انسو بر تغییرات دمای ماهانه و فصلی نیمه جنوبی کشور. *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، ۴۴(۲)، ۸۴-۶۷.
- شیرغلامی، ه. و قهرمان، ب. (۱۳۸۴). بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۹(۱)، ۲۴-۹.
- صلاحی، ب. و حاجی‌زاده، ز. (۱۳۹۲). تحلیلی بر رابطه زمانی نوسان اطلس شمالی و شاخص‌های دمای سطحی اقیانوس اطلس با تغییرپذیری بارش و دمای استان لرستان. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۸(۳)، ۱۱۷-۱۲۸.
- طهماسبی پاشا، ا.؛ میرزائی، م. و محب‌الحجه، ع. ر.

- قائمى، ه. و عساکره، ح. (۱۳۸۲). تحلیلی آماری بر روند تغییرات دمای مشهد طی سده گذشته و رابطه آن با نوسان‌های اطلس شمالی. *تحقیقات جغرافیایی*، ۱۸(۴)، ۱۱۶-۱۳۳.
- قویدل رحیمی، ی؛ فرج زاده اصل، م. و حاتمی کیا، م. (۱۳۹۵). نوسان شمالگان و نقش آن در تغییرپذیری دماهای کمینه منطقه شمال شرق ایران. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۶(۴۲)، ۵۹-۴۱.
- کوشکی، ح؛ عزیزی، ق. و حاجی محمدی، ح. (۱۴۰۲). واکاوی ارتباط گردش جو خاورمیانه با دورپیوند های شمالگان (AO) و شرق اقیانوس اطلس - غرب روسیه (EA-WR) در پاییز و زمستان. *نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۱۴۰۲(۵۳)، ۱-۱۵.
- گودرزی، م؛ احمدی، ح. و حسینی، س. ا. (۱۳۹۶). بررسی ارتباط شاخص‌های پیوند از دور با مؤلفه‌های بارشی و دمایی ایستگاه کرج. *مجله اکوهیدرولوژی*، ۴(۳)، ۶۴۱-۶۵۱.
- محمودی، پ؛ علیجانی، ب؛ مسعودیان، س. ا. و خسروی، م. (۱۳۹۴). رابطه بین الگوهای دورپیوند و یخبندان‌های فراگیر ایران. *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، ۱۳(۴۰)، ۱۷۵-۱۹۴.
- مرادی، ح. ر. (۱۳۸۴). شاخص نوسان اطلس شمالی و تأثیر آن بر اقلیم ایران. *مجله پژوهش‌های جغرافیایی*، ۳۶(۴۸)، ۱۵-۲۷.
- مساح بوانی، ع. ر؛ مرید، س. و محمدزاده، م. (۱۳۸۹). مقایسه روش‌های کوچک‌مقیاس کردن و مدل‌های AOGCM در بررسی تأثیر تغییر اقلیم در مقیاس منطقه‌ای. *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۳۶(۴)، ۹۹-۱۱۰.
- مسعودیان، ا؛ دارند، م. و ناظمی فرد، گک. (۱۳۹۸). واکاوی فصول دمایی ایران زمین و وردایی آن طی دهه‌های اخیر. *جغرافیا و توسعه*، ۱۷(۵۵)، ۶۲-۴۵.
- مسعودیان، ا؛ موحدی، س؛ حسینی، م. و عادل‌زاده، ع. (۱۳۹۶). پیش‌یابی میانگین روزانه دما در کرانه‌های جنوبی دریای خزر و ارتباط آن با ارتفاع ژئوپتانسیل (۱۴۰۰). *ارتباط شاخص‌های همرفتی و دورپیوندی در منطقه غرب آسیا. مجله ژئوفیزیک ایران*، ۱۵(۳)، ۲۶-۱.
- عالم‌زاده، ش؛ احمدی گیوی، ف؛ محب‌الحجه، ع. ر. و نصرافهانی، م. (۱۳۹۲). تحلیل دینامیکی-آماري اثر متقابل NAO و MJO. *مجله ژئوفیزیک ایران*، ۷(۴)، ۶۴-۸۰.
- عزیزی، ق؛ چهره‌آرا، ت. و صفرراد، ط. (۱۳۹۳). اثر هم‌زمان فازهای NAO و SOI بر آب‌وهوای ایران. *مجله جغرافیا و پایداری محیط*، ۴(۳)، ۴۳-۵۶.
- عزیزی، ق؛ مرادی، م. و رضایی، ح. (۱۳۹۷). اقلیم‌شناسی کم‌ارتفاع‌های بریده مؤثر بر ایران و ارتباط آن با ENSO و NAO. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۳۳(۱)، ۱۵۸-۱۷۳.
- عساکره، ح. (۱۳۸۲). نوسانات اطلس شمالی. *فصلنامه اطلاعات جغرافیایی سپهر*، ۱۲(۴۸)، ۲۴-۲۰.
- عساکره، ح؛ خوش‌اخلاق، ف. و شامحمدی، ز. (۱۳۹۵). استخراج الگوهای همدیدی توأم با فاز مثبت نوسان اطلس شمالی و تأثیر آن بر بارش زمستانه ایران. *مجله هیدروژئومورفولوژی*، ۳(۹)، ۱۱۳-۱۳۷.
- علیجانی، ب. (۱۳۸۱). *آب‌وهوایشناسی سینوپتیک*. تهران: موسسه انتشارات سمت.
- غلامی رستم، م؛ ساداتی نژاد، ج. و ملکیان، آ. (۱۳۹۷). بررسی مطالعات انجام شده درباره تأثیر الگوهای دورپیوندی بر اقلیم ایران ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۳. *مجله علمی و ترویجی نیوار*، ۱۰۲، ۷۳-۸۸.
- غیور، ح. ع. و عساکره، ح. (۱۳۸۱). مطالعه اثر پیوند از دور بر اقلیم ایران مطالعه موردی: اثر نوسانات اطلس شمالی و نوسانات جنوبی بر تغییرات میانگین ماهانه دمای جاسک. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۱۶(۴)، ۹۳-۱۱۳.
- فرج‌زاده اصل، م؛ علیجانی، ب؛ احمدی، م؛ مفیدی، ع؛ بابائیان، ا. و قویدل رحیمی، ی. (۱۳۹۲). بررسی وردایی الگوهای پیوند از دور و اثر آنها بر بارش ایران. *نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۴(۱۵)، ۳۱-۴۵.

- نصراصفهانی، م. ع.؛ احمدی گیوی، ف. و محب‌الحجه، ع. ر. (۱۳۹۲). شبیه‌سازی عددی نوسان اطلس شمالی NAO و آثار آن در جنوب غرب آسیا. *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۳۹(۳)، ۱۴۵-۱۵۸.
- هلالی، ج.؛ پیشداد، ا.؛ علی دادی، م.؛ لوک‌زاده، ص.؛ اسعدی اسکویی، ا. و نوروز ولاشدی، ر. (۱۳۹۹). بررسی همبستگی بارش‌های پاییزه حوضه‌های آبریز ایران با نمایه‌های دورپیوندی. *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۱(۸)، ۱۹۳۶-۱۹۲۱.
- Baltaci, H., Akkaoyunlu, B., & Tayanc, M. (2017). Relationships between teleconnection patterns and Turkish climatic extremes. Turkish State Meteorological State, 1.
- Bushra, N., & Rohi, R. (2021). Relationship between Atmospheric Teleconnection and the Northern Hemisphere Circumpolar Vortex. *Earth and Space Science*, 8 (9), 1-16.
- Cenk. S., & Turgay, P. (2019). The impacts of Arctic oscillation and the North Sea Caspian pattern on the temperature and precipitation regime in Turkey. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 131(6), 1677-1696.
- Ding, S., Chen, W., Feng, J., & Graf, H. (2017). Combined Impacts of PDO and two types of Lanina on Climate Anomalies in Europe. *Journal of Climate*, 30(9), 3253-3278.
- Frazier, A.G., Timm, O., Giambelluca, T.W., & Diaz, H.F. (2017). The influence of ENSO and PNA on secular rainfall variations in Hawaii. *Journal of climate dynamics*, 51(12), 2127-2140.
- Ghasemi, A.R., & Khalili, D. (2008). The effect of the North Sea- Caspian pattern (NCP) on winter temperatures in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 92, 59-74.
- Ghasemifar, E., Irannezhad, M., Minaie, F., & Minaie, M. (2022). The role of ENSO in atmospheric water vapor variability during cold months over Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 148, 795-817.
- Gong, D., Mao, R., Shi, P., & Fan, Y. (2007). Correlation between East Asian dust storm frequently and PNA. *Geophysical Research Letters*, 34(14), 1-5.
- Hang, C.C. (2013). Teleconnection of Global Precipitation Anomaly with Climate Patterns, Degree of Master of Philosophy; supervisor: Ji Chen, University of Hong Kong.
- Henderson, S.A., Vioment, D., & Newman, M. (2020). The critical role of non-normality in partitioning tropical and extratropical contributions to PNA growth. *Journal of Climate*, 33(14). 6273- 6295.
- Hye-J, P., & Joong, B A. (2016). Combined effect of the Arctic Oscillation and the Western Pacific pattern on East Asia winter temperature. *Climate Dynamics*, 46, 3205-3221.
- Hyun, J L., Kyong-H, S., Qigang, W., Seoung-S, L., & Hyo, S. P. (2018). Combined Effect of the Madden-Julian Oscillation and Arctic Oscillation on Cold Temperature Over Asia. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 55, 75-89.
- Ismail, E., Khalid, O., & Hassan, A. (2020). A links Between the North Atlantic Oscillation and Winter Drought in the Mediterranean Watersheds of the Western Rif. *Journal of European Scientific*, 16 (15), 99-114.
- Jamshidi Khezeli, T., Ranjbar Saadat Abadi, A., Nasr-Esfahany, M.A., Tajbaksh Mosalman, S., & Mohebalhojeh, A.R. (2022). Autumn and Winter Extreme Precipitation with ENSO, NAO and MJO Phases over the West of Iran, *Journal of the Earth and Space Physics*, 4(4), 201-218.
- Jie, S., Chongyin, L., Wen, Z., & Jing, P. (2009). The linkage between the PNA Teleconnection Pattern and the NAO. *Advances in Atmospheric Science*, 26 (2), 229-239.
- Liu, Z., Jian, Z., Yoshimura, K., Buenning, N., & Poulsen, C. (2015). Recent contrasting winter temperature changes over North America linked to enhanced positive PNA patterns. *Geophysical Research Letters*, 42(18), 7750-7757.
- Ma, Q., Wang, J., Wang, F., Lyu, Y., & Zhang, Z. (2022). Interdecadal Modulation of ENSO-Related Anomalous Equatorial Intermediate Currents in the western Pacific by the PDO. *Geophysical Research Letters*, 49(6), 1-9.
- Mathieu, P., Sutton, R., & Dong, B. (2004). Predictability of winter climate over the North

- Atlantic European region during ENSO events. *Journal of Climatology*, 17(10), 1953-1974.
- Midhuna, T.M., & Dimri, A.P. (2018). Impact of AO on Indian winter monsoon. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 131(2), 1157-1167.
- Muller, G.V., & T. Ambrizzi. (2007). Teleconnection patterns and Rossby wave propagation associated to generalized frosts over southern South America. *Climate Dynamics*, 22(26), 633-645.
- Munahan, A., Fyfe, J., & Pandolfo, L. (2003). The vertical structure of wintertime climate regimes of the northern hemisphere extratropical atmosphere. *Journal of Climate*, 16(12), 2005-2021.
- Murat, T., & Faize, S. (2009). Spatio-temporal variability of precipitation total series over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29(8), 1056-1074.
- Ouyang R, Liu., W, Fu., G, Liu. C, Hu. L., & Wang. H. (2014). Linkages between ENSO and PDO signals and precipitation, stream flow in China during the last 100 years. *Hydrology and Earth Systems Science*, 11(4), 3651-3661.
- Saeed, S., Kucharski, F., & Almazroui, M. (2022). Impacts of mid-latitude circulation on winter temperature variability in the Arabian Peninsula. *Climate Dynamics*, 31, 1-12.
- Seip, K., & Gron, O. (2019). Cycles in oceanic teleconnections and global temperature change. *Theoretical and Applied Climatology*, 136(1), 985-1000.
- Sen, A., & Orgin, D. (2016). Analysis of monthly, winter and annual temperatures in Zagreb, Croatia, from 1864 to 2010, *Theoretical and Applied Climatology*, 123(3), 733-739.
- Shaolei, T., Jing- Jia, L., Lin, C., & Yongqiang, Y. (2022). Distinct Evolution of the SST Anomalies in the Far Eastern Pacific between the 1997/98 and 2015/16 Extreme El Niños. *Advances in Atmospheric Sciences*, 39(11), 927-942.
- Thakur, B., Karla, A., Lakshmi, V., Lamb, K., Miller, W., & Tootle, G. (2020). Linkage between ENSO phases and western US snow water equivalent. *Atmospheric Research*, 236(9), 1-10.
- 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*, 81(1), 45-69.
- Wu, S., Liu, Z., Zhang, R., & Delwoerth, T. (2011). On the observed relationship between the PDO and the AMO. *Journal of Oceanography*, 67(1), 27-35.
- Zhuang, R., Zhuang, R., & Dai, G. (2022). Intraseasonal contributions of Arctic sea-ice loss and PDO to a century cold event during early 2020/21 winter. *Climate Dynamics*, 58(9), 741-758.
- Zhuang, Y., Zhang, J., & Wu L. (2021). Linkages of surface air temperature variations over Central Asia with Large-scale climate patterns. *Theoretical and Applied Climatology*, 145(1-2). 197-214.