

## تحلیل ارتباط مؤلفه‌های دینامیک گردش جو پاییز و زمستان خاورمیانه با دور پیوندهای نوسان شمالگان (AO) و شرق اقیانوس اطلس - غرب روسیه (EA-WR)

قاسم عزیزی<sup>۱</sup>، حسن حاجی محمدی<sup>۱</sup>، حسین کوشکی<sup>۳\*</sup>

۱- استاد آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران

۲- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه تهران، ایران

### چکیده

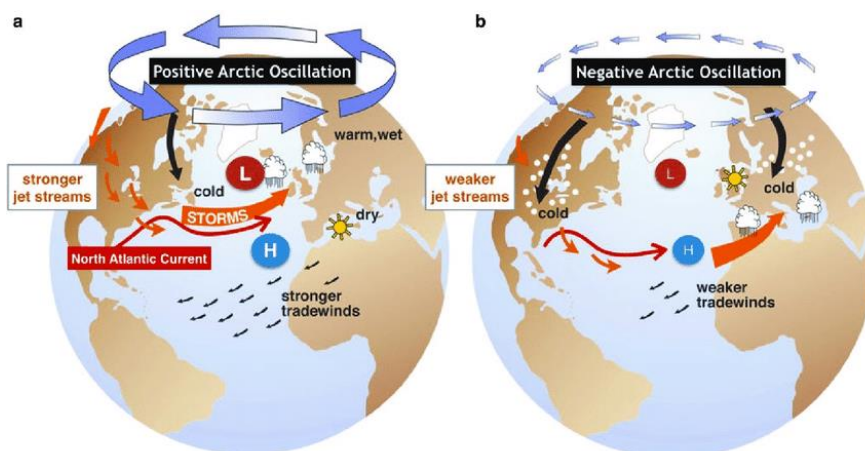
هدف از این پژوهش تحلیل ارتباط بین دور پیوندهای نوسان شمالگان (AO) و شرق اقیانوس اطلس - غرب روسیه (EA - WR) با گردش جو خاورمیانه در فصل‌های پاییز و زمستان می باشد. این منظور از پایگاه NCEP/NCAR داده‌های میانگین بلندمدت ماهانه مؤلفه‌های دینامیکی - همدیدی شامل ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار تراز دریا، مؤلفه باد مداری و مقدار بارش برای دو فصل پاییز (سپتامبر، اکتبر، نوامبر) و زمستان (دسامبر، ژانویه، فوریه) بین سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۴۸ استفاده شد. نتایج نشان داد که نوسانات هر دو دور پیوند بر آب‌وهوای خاورمیانه، به‌ویژه ایران اثر قابل‌توجهی دارد. در فصل پاییز و زمستان بین دور پیوندهای مذکور با سرعت باد مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال همبستگی مثبت و با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی جو در ایران و خاورمیانه همبستگی منفی مشاهده می‌شود. بنابراین افزایش مقدار هر کدام از این دور پیوندها با افزایش سرعت باد مداری تراز بالای جو و کاهش ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی جو در فصول پاییز و زمستان همراه است. بنابراین سبب تقویت و جابه‌جایی جنوب سوی جت جنب حاره‌ای همچنين شکل‌گیری سیستم‌های مانع قدرتمند (بندال امگا) بر روی روسیه و شرق اروپا در بردسپهر میانی و نفوذ ناوه ارتفاع ژئوپتانسیلی بازوی شرقی این بندال به عرض‌های پایین تر واقع در خاورمیانه و بیشتر مناطق ایران می‌شود، که این شرایط در فصل زمستان با قدرت و نمود بیشتری در جو خاورمیانه و ایران برقرار می‌باشد. در پاییز یک هسته بیشینه همبستگی مثبت بین بارش و هر دو دور پیوند در راستای زاگرس تا البرز مرکزی و شمال ایران مشاهده می‌شود. در فصل زمستان بین بارش و دور پیوند شرق اطلس - غرب روسیه زاگرس مرکزی تا البرز مرکزی همبستگی مثبت و بین بارش و دور پیوند نوسان شمالگان در مناطق شمال غرب و شرق کشور همبستگی منفی مشاهده می‌شود.

**کلید واژه‌ها:** ارتفاع ژئوپتانسیل، ایران، بی‌هنجاری، سرعت باد مداری، همبستگی.

## مقدمه

ارتفاع ژئوپتانسیل، جهت باد و بارش اقلیم نیمکره شمالی را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. تامسون (۱۹۹۸) ثابت کرد که شاخص شمالگان (AO) به لحاظ ماهیت زایشی و اثرات اقلیمی مثل الگوی NAO عمل می‌کند و تغییر آرایش پدیده‌های سینوپتیک بویژه رودبادهای قطبی، بلاکینگ در روی اقیانوس اطلس و شرایط سیکلونی و آنتی سیکلونی متفاوت در فازهای منفی و مثبت، از ویژگی‌های مشترک (AO) و نوسان اطلس شمالی (NAO) می‌باشد. در فاز مثبت این شاخص تاوه قطبی قوی تر از حالت عادی بوده و جت تراز بالای جو تقویت شده و به شکل حلقه‌ای از بادهای غربی قوی از حوالی قطب شمال به حرکت درمی‌آید که این امر موجب محدود شدن هوای سردتر در مناطق قطبی می‌شود، در نتیجه بادهای غربی در این فاز در محدوده شمال اطلس تقویت شده و شرایط گرم و مرطوب‌تر از حالت عادی را در شمال اروپا به وجود می‌آورد. همچنین بادهای شرقی در شرق اقیانوس اطلس تقویت می‌شوند (شکل ۱.a). در فاز منفی ضمن تضعیف بادهای شرقی، حلقه تاوه قطبی و جت تراز بالا جو، بادهای غربی الگوی نصف النهاری گرفته و موجب حرکت به سمت عرض‌های پایین‌تر (عرض‌های میانی) می‌شود. در نتیجه بادهای غربی در این فاز در محدوده شمال اطلس تضعیف شده و می‌توانند به مناطق واقع در عرض‌های پایین‌تر از جمله جنوب اروپا، مدیترانه و خاورمیانه نفوذ کنند (شکل ۱.b).

دور پیوند عبارت است از هماهنگی بین تغییرات زمانی دو نقطه دور از هم که عمدتاً برای تغییرات فشار به کار می‌رود. در واقع همبستگی‌های هم‌زمان معنی‌دار بین نوسان‌های زمانی پارامترهای هواشناسی است که در نقاط وسیع و جدا از هم در سطح کره زمین اتفاق می‌افتد (امیدوار، ۱۳۹۹) دور پیوند برای اولین بار توسط هواشناس بریتانیایی سر گیلبرت واکر در اواخر قرن نوزدهم، از طریق محاسبه همبستگی بین سری‌های زمانی فشاراتمسفر، دما و بارندگی موردتوجه قرار گرفت (ترنبرث و همکاران، ۱۹۹۸). شناسایی الگوهای دور پیوند و تحلیل آثار آن‌ها بر روی مؤلفه‌های دینامیک و الگوهای گردشی جو می‌تواند جهت شناخت و درک بهتر سامانه‌های اقلیمی و در نتیجه پیش‌بینی آن‌ها مفید باشند (مولر و آمبریزی، ۲۰۰۷). نوسان شمالگان (AO) و دور پیوند شرق اطلس - غرب روسیه (EA-WR) از جمله دور پیوند های مهم در نیمکره شمالی هستند. نوسان قطب شمال در واقع بی‌هنجاری فشار جوی تراز دریا در عرض‌های قطبی شمال (۵۵ درجه ی شمالی) و عرض‌های میانی (عرض ۴۵ درجه شمالی) است که برای اولین بار توسط دو دانشمند به نام‌های تامسون و والاس در سال ۱۹۹۸ به‌عنوان علت اصلی تغییرپذیری مناطق برون حاره‌ی نیمکره‌ی شمالی مطرح شد (به نقل از امیدوار و جعفری، ۱۳۹۶). از منظر همدید نوسان شمالگان (AO) الگوی دور پیوندی است که با تغییر الگوهای بلندمدت مؤلفه‌های اتمسفری از جمله فشار، دما،

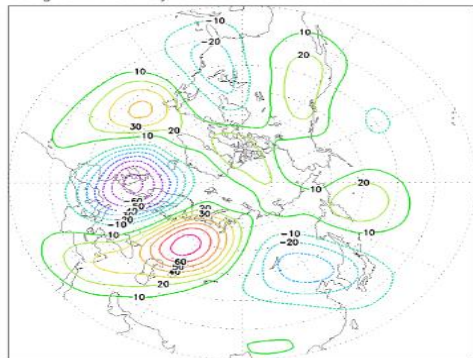


شکل (۱) شماتیک دور پیوند شمالگان (AO) و اثرات آن، (a) فاز مثبت و (b) فاز منفی. (L) نشان‌دهنده مرکز کم‌فشار و (H) مرکز پرفشار بر روی اقیانوس اطلس می‌باشد (منبع ۲۰۱۲، AMAP). در فاز مثبت هوای سرد مرکز قطب شمال قوی‌تر، جت استریم قوی‌تر، مسیر طوفانی اقیانوس اطلس شمالی‌تر، باد های شرقی اقیانوس اطلس جنوبی قوی‌تر ولی در فاز منفی همه ی موارد بالا برعکس می‌شود.

در فصول سرد تحت تأثیر قرار می‌دهد. این دورپیوند از اختلاف فشار استاندارد شده یا ارتفاع ژئوپتانسیلی شرق اقیانوس اطلس از غرب روسیه بدست می‌آید. این دور پیوند برای اولین بار توسط برانستون و لایوزی (۱۹۸۷) با بهره‌گیری از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی چرخیده به شکل الگویی از تغییرات ماهانه ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ارائه شد. این الگو شامل چهار مرکز اصلی بی‌هنجاری منفی ارتفاع ژئوپتانسیلی در راستای مدارات از اقیانوس اطلس تا چین می‌باشد. ساختار فضایی آن در طی فاز مثبت همراه با بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل مثبت بر روی اروپا، شمال چین و بی‌هنجاری منفی ارتفاع ژئوپتانسیل در شمال مرکز اطلس شمالی، شمال دریای خزر، غرب روسیه، خاورمیانه و بخش‌های وسیعی از ایران است (شکل الف، ۲) که در فاز منفی این حالت برعکس می‌شود و بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل بر روی اروپا، شمال چین منفی و بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل در مرکز اطلس شمالی، شمال دریای خزر، غرب روسیه، خاورمیانه و بخش‌های وسیعی از ایران مثبت است (شکل ۲، ب). در فاز منفی (مثبت) اغلب شرایط آب و هوایی خشک تر (مرطوب تر) از وضعیت میانگین بر بخش وسیعی از منطقه مدیترانه حاکم است (کریچاک و همکاران، ۲۰۰۲). سازوکارهای فیزیکی ایجاد کننده دور پیوند شرق اطلس - غرب روسیه به‌طور کامل شناخته نشده است، با این حال کریچاک و همکاران (۲۰۰۲) معتقد هستند که شکل‌گیری و تغییرات این پدیده ممکن است ناشی از فرایندهایی بین اتمسفر و یخ کره باشد.

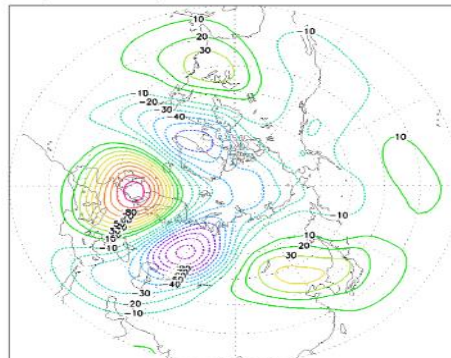
ریگر و همکاران (۲۰۰۰) با محاسبه همبستگی بین دمای سطح در اقیانوس منجمد شمالی و دور پیوند شمالگان (AO) طی سال‌های ۱۹۹۷-۱۹۷۹ به این نتیجه رسیدند که روند دمای سطح فصل بهار تقریباً در کل قطب شمال افزایش قابل توجهی را نشان می‌دهد که بیشترین مقدار آن در شرق قطب شمال (با ۲ درجه ی سانتیگراد در یک دهه) رخ داده است و علت بیشتر از ۵۰٪ روند افزایشی دمای سطح در آلاسکا، اوراسیا و شرق اقیانوس منجمد شمالی مربوط به دور پیوند شمالگان (AO) می‌باشد ولی مقدار تأثیر گذاری دور پیوند شمالگان (AO) بر روی روند افزایشی دمای سطح در غرب قطب شمال کمتر می‌باشد. گنگ و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی ارتباط دور پیوند AO با پرفشار سبیری به این نتیجه رسیدند که بین AO و شدت پرفشار سبیری رابطه معکوس وجود دارد یعنی فاز منفی AO هم‌زمان با تقویت فرود شرق آسیا و حاکمیت جریان نامتعارف و اچرخندی بر روی اورال در لایه میانی وردسپهر است. این الگوی ناهنجار می‌تواند سبب تقویت بادهای شمال غربی شده و همگرایی جریان در تراز بالا در پشت فرود مذکور را تقویت کند. این بدان معناست که تضعیف AO می‌تواند سبب تقویت شدید پرفشار سبیری شود و تقویت آن سبب تضعیف پرفشار سبیری گردد. حلبیان و همکاران (۱۴۰۰) با بررسی ارتباط نوسان شمالگان (AO) با تغییرپذیری دمای زمستانه شمال غرب ایران به این نتیجه رسیدند که بین آن‌ها همبستگی معکوس و منفی برقرار می‌باشد. دور پیوند شرق اطلس - غرب روسیه EA-WR از جمله الگوهای دورپیوند در نیمکره شمالی است که اروپا و آسیا را در طول سال به‌ویژه

Height Anomaly at 500 hPa EA-WR&lt;0



(ب)

Height Anomaly at 500 hPa EA-WR&gt;0



(الف)

شکل (۲) میانگین بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی جو (ژئوپتانسیل متر) در فاز مثبت (الف) و فاز منفی (ب) دور پیوند شرق

اطلس - غرب روسیه EA-WR (مأخذ: محب الحجه و همکاران، ۱۳۹۵).

با چندین مؤلفه دینامیکی در ترازهای مختلف جوی پرداخته شده است که کاری نو در این زمینه می‌باشد.

### داده‌ها و روش‌ها

به منظور بررسی سازوکار نوسان شمالگان (AO) و نوسان شرق اقیانوس اطلس/غرب روسیه (EA-WR) در ارتباط با گردش جو در نیمکره شمالی و به خصوص منطقه خاورمیانه در دو فصل پاییز (سپتامبر، اکتبر، نوامبر) و فصل زمستان (دسامبر، ژانویه، فوریه) از داده‌های شبکه‌بندی شده مرکز ملی پیش‌بینی محیطی/علوم جو (NCEP/NCAR) استفاده شد. پس از دریافت داده‌های ذکر شده، ایجاد یک پایگاه داده جداگانه، استخراج سری زمانی این داده‌ها به ترسیم و تحلیل نقشه مؤلفه‌های دینامیکی مورد نظر پرداخته شد. دلیل استفاده از داده‌های با قدرت تفکیک فضایی  $2.5^*2.5$  درجه این می‌باشد که برای مطالعه پدیده‌های کم‌بسامد در مقیاس سیاره‌ای مناسب می‌باشند (محب الحجه و همکاران، ۱۳۹۵). بر اساس هدف تحقیق داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار تراز دریا، مؤلفه مداری باد و مقدار بارش برای دو فصل زمستان (دسامبر، ژانویه، فوریه) و پاییز (سپتامبر، اکتبر، نوامبر) بین سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۴۸ اخذ گردید. به دلیل اهمیت شرایط تراز ۲۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی مؤلفه‌های دینامیک ترازهای پایین‌تر (استندل و همکاران، ۲۰۲۱) از جمله تاوایی، سرعت باد، ارتفاع ژئوپتانسیل و شکل‌گیری مراکز فشاری و تعیین امتداد حرکت آن‌ها این ترازهای جوی برای بررسی و تحلیل انتخاب شدند. در ادامه با ایجاد سری زمانی اقدام به تهیه نقشه‌های همبستگی بین دور پیوندهای مذکور با پارامترهای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، مؤلفه باد مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال، فشار تراز دریا و مقدار بارش در منطقه شد. علت انتخاب این دو شاخص برهمکنش بین منطقه قطبی و عرض‌های میانه بود که مشخص شود تا این دو نوسان در گردش بلندمدت خود چه تأثیر بر شرایط جوی و بارش منطقه در دوره سرد سال داشته تا در نهایت به یک الگوی پیش‌بینی برای منطقه انتخاب گردد.

### یافته‌ها و بحث

کریچاک و آلبرت (۲۰۰۵) رفتار دهه‌ای دور پیوند EA-WR و بارش زمستانه (دسامبر تا فوریه) را بر روی منطقه مدیترانه بررسی کردند. در مطالعه‌ای دیگر حسنین (۲۰۰۴) با بررسی چندین الگوی کم‌بسامد نشان داد که دمای مصر بیشتر تحت تأثیر دور پیوند EA-WR در فصل زمستان است. نیسن و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که در زمستان در فاز مثبت (منفی) تعداد سیکلون‌های عبوری در سوریه (شمال مدیترانه) افزایش می‌یابد. همبستگی مثبت نسبتاً بالایی بین دور پیوند EA-WR و بارش در شمال شرقی آفریقا، خاور نزدیک، شرق ترکیه و دریای سیاه مشاهده شده است، اما در شمال غربی مدیترانه و غرب اروپا همبستگی منفی مشاهده شده است (کوادرلی و همکاران، ۲۰۰۱؛ تریگو و همکاران، ۲۰۰۶؛ فلدشتاین و دایان، ۲۰۰۸). در ایران تحقیقات اندکی در زمینه دور پیوند EA-WR انجام شده است از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: محب الحجه و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی ارتباط دور پیوند شرق اطلس-غرب روسیه EA-WR و وردایی کم‌بسامد وردسپهر در جنوب غرب آسیا به این نتیجه رسیدند که در مقایسه با فاز منفی، در فاز مثبت حضور یک ناوه ارتفاع ژئوپتانسیلی در وردسپهر میانی در خاورمیانه همراه با تقویت جریان جتی جنب حاره‌ای جنوب غرب آسیا و ترابرد مناسب رطوبت در وردسپهر زیرین زمینه مناسب‌تری را برای تکوین و اثرگذاری سامانه‌های همدیدی بر روی ایران فراهم می‌کند. دارند و رحمانی (۱۳۹۷) با واکاوی نقش سیگنال‌های اقلیمی بر روی بارش کردستان به این نتیجه رسیدند که در فصل پاییز دور پیوند EA-WR در ترکیب با دور پیوندهای دیگر مانند SOI و NCPI نقش بسیار مهمی در بارش استان کردستان دارد. مطالعات صورت گرفته نشان از تأثیر دور پیوند های نوسان شمالگان (AO) و نوسان شرق اطلس/غرب روسیه (EA-WR) بر آب‌وهوای خاورمیانه و حوضه دریای مدیترانه دارد که اهمیت مطالعه آن را دوچندان می‌کند. در تمام مطالعات صورت گرفته در این زمینه از روش آماری مانند رگرسیون خطی و یا محاسبه همبستگی بین مقادیر این دور پیوندها با مقادیر دما و بارش سطحی استفاده شده است و تا الآن ارتباط این دور پیوندها با چندین مؤلفه دینامیکی جو یا کارن نشده است یا با یک مؤلفه دینامیکی جو انجام شده است و در این مقاله به ارتباط بین دور پیوند های فوق‌الذکر

می‌شود. این همبستگی مثبت ریلی شکل در راستای مدارات از ایالات متحده آمریکا، اقیانوس اطلس، شمال آفریقا تا شرق ایران کشیده شده است و این بدان معناست که در فصل پاییز با افزایش مقدار دور پیوند AO سرعت باد مداری افزایش پیدا می‌کند و ضمن تقویت جت جنب حاره‌ای و کشیده شدن آن در راستای غربی و شرقی از شرق آمریکای شمالی تا شمال و دریای سرخ و دو سوم شمالی ایران این جت تمایل بیشتری به حرکت مداری دارد. همچنین یک هسته پیشینه همبستگی منفی بین AO و سرعت باد مداری بر روی جنوب دریای سرخ، شبه جزیره عربستان و دریای عرب مشاهده می‌شود و نتیجتاً با افزایش مقدار AO سرعت باد مداری در این مناطق در فصل پاییز کم می‌شود که نمایانگر استقرار هسته پشته جنب حاره در زمان کاهش مقدار این دور پیوند در این مناطق می‌باشد. همچنین از اطلس شمالی تا نیمه غربی دریای مدیترانه و جنوب غربی اروپا همبستگی منفی نسبتاً قوی برقرار می‌باشد که هسته اصلی آن با مقدار (-۰.۵) بر روی غرب مدیترانه و جنوب غرب اروپا قرار دارد و در نتیجه با افزایش مقدار دور پیوند مذکور سرعت باد مداری در این محدوده کاهش پیدا می‌کند.

برای انجام این تحقیق نقشه‌های همبستگی دور پیوندهای نوسان شمالگان (AO) و شرق اطلس - غرب روسیه (WR) - EA) با چند مولفه مهم دینامیک اتمسفری شامل سرعت باد مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی جو، فشار سطح دریا و بارش فصل‌های پاییز و زمستان به صورت میانگین بلندمدت ترسیم و تحلیل شد که علت انتخاب این مولفه‌ها ارائه فشرده وضعیت دینامیکی حاکم در سه قسمت زیرین، میانی و بالایی وردسپهر است (محب الحجه و همکاران، ۱۳۹۵).

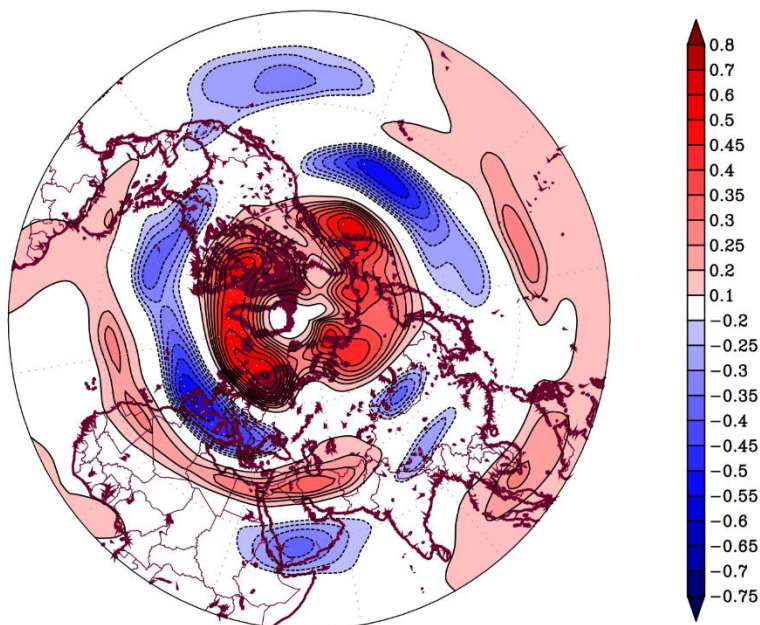
### فصل پاییز

#### همبستگی (AO) و (EA - WR) با سرعت باد

#### مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال فصل پاییز

شکل (۳) الگوی مقادیر همبستگی بین سرعت باد مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال و دور پیوند AO در فصل پاییز را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود هسته‌های دارای همبستگی مثبت و منفی از قطب تا استوا به صورت متناوب تکرار می‌شوند. یک خط با همبستگی مثبت که هسته‌های اصلی آن با مقدار (+۰/۴) روی فلات ایران قرار دارد مشاهده

Correlation between AO & Uwnd 200hpa-SON 1948-2020



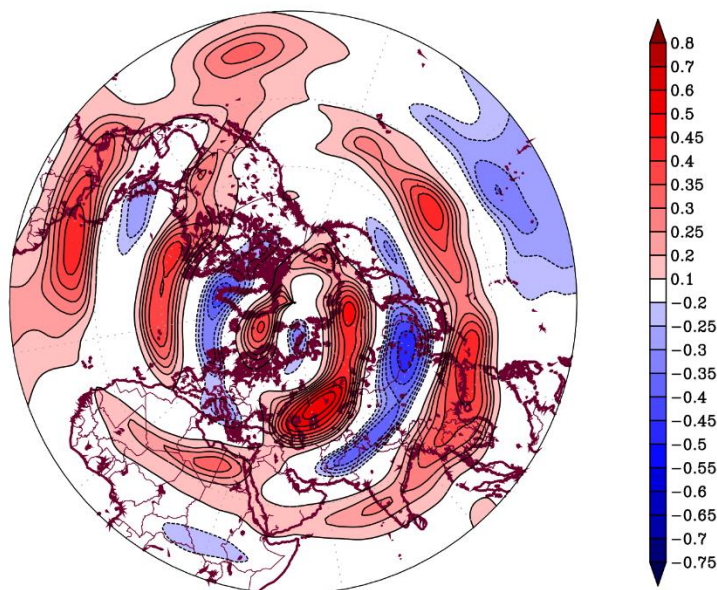
شکل (۳) همبستگی AO و سرعت باد مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال سپتامبر، اکتبر و نوامبر



شمال غرب و نیمه غربی ایران به مد همبستگی مثبت ضعیف تر واقع در شرق آفریقا، شمال دریای سرخ و نیمه شرقی مدیترانه متصل شده است که نمایانگر نفوذ بادهای غربی تاو خورده در این تراز از شمال روسیه به سمت خاورمیانه می‌باشد.

الگوی مقادیر همبستگی بین دور پیوند EA-WR با سرعت باد مداری در فصل پاییز در شکل (۴) نمایش داده شده است. یک مد همبستگی مثبت قوی با مقدار (۰/۷) در محدوده سراسر نیمه غربی روسیه مشاهده می‌شود که به صورت پیوسته و زبانه‌ای شکل با گذر از روی مناطق شمال،

Correlation between EA-WR &amp; Uwnd 200hpa-SON 1948-2020



شکل (۴) همبستگی EA - WR و سرعت باد مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال سپتامبر، اکتبر و نوامبر

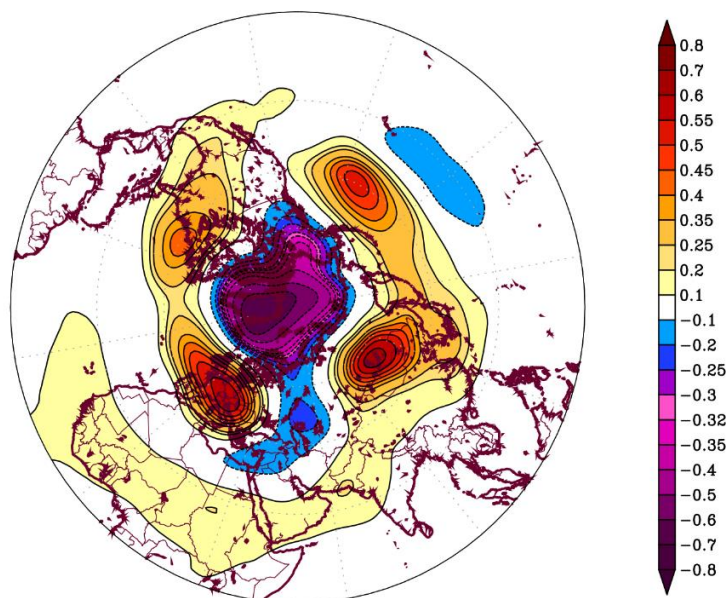
شمال غربی ایران تا شرق دریای مدیترانه کشیده می‌شود. مطابق با شکل (۶) که نشان دهنده الگوی مقدار همبستگی بین دور پیوند شرق اطلس - غرب روسیه (EA - WR) می‌باشد و یک الگوی نصف النهاری همبستگی منفی خیلی قوی از مناطق قطبی به سمت ایران و خاورمیانه کشیده شده است که در ایران مقدار همبستگی (۰/۷-) در راستای جنوب به شمال از جنوب غرب تا شمال و شمال غرب ایران کشیده شده است که نمایانگر کاهش شدید ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی جو با افزایش مقدار این دور پیوند و شکل گیری ناوه ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز میانی جو از قطب شمال تا روسیه می‌باشد که این ناوه همه ایران را دربر گرفته است و بیشترین تأثیرش در سراسر غرب ایران می‌باشد.

همبستگی (AO) و (EA - WR) با ارتفاع

ژئوپتانسیل تراز میانی جو فصل پاییز

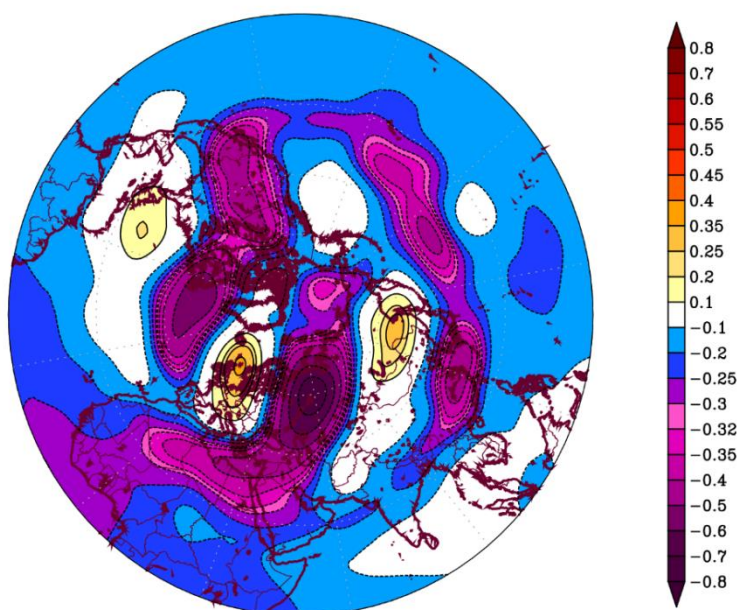
مطابق با شکل (۵) که الگوی مقدار همبستگی نوسان شمالگان (AO) با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی جو در فصل پاییز را نشان می‌دهد، یک مد همبستگی منفی بر روی شمال غرب، شمال، نیمه غربی ایران تا شرق دریای مدیترانه با مقدار (۰/۲-) مشاهده می‌شود که به صورت یک زبانه از همبستگی خیلی قوی منفی دایره قطبی به روی این مناطق کشیده شده است. این بدان معناست که با افزایش مقدار این دور پیوند به دلیل کشیده شدن تراف تاوه قطبی در تراز میانی جو در مسیر غرب روسیه و شمال دریای خزر، مقدار ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی جو بر روی ایران کاسته می‌شود و هوای سرد شمالگان به سمت مناطق واقع در نیمه غربی و

Correlation between AO &amp; HGT 500hpa-SON 1948-2020



شکل (۵) همبستگی AO و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال سپتامبر، اکتبر و نوامبر

Correlation between EA-WR &amp; HGT 500hpa-SON 1948-2020



شکل (۶) همبستگی EA - WR و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال سپتامبر، اکتبر و نوامبر

مثبت قوی بر روی دریای مدیترانه، شمال آفریقا و جنوب اروپا با مقدار همبستگی (۰/۷) قرار دارد که با شدت کمتر بر روی ایران نیز کشیده شده و دیگری با مقدار همبستگی (۰/۵۵) بر روی شمال و شمال غربی اقیانوس اطلس قرار دارد. و این حاکی از این است که در فصل پاییز با افزایش مقدار دور پیوند AO کمربند پرفشار سطحی پیوسته‌ای از

همبستگی (AO) و (EA - WR) با فشار سطح دریا فصل پاییز

شکل (۷) الگوی مقادیر همبستگی بین دور پیوند AO و فشار سطح دریای فصل پاییز را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود دو مد به هم پیوسته همبستگی مثبت قوی از اطلس شمالی تا ایران کشیده شده است. اولین مد همبستگی

همبستگی (۰/۸) با انحنای تقریباً کامل غربی- شرقی در راستای مدارات از شمال شرق ایالات متحده آمریکا، اقیانوس اطلس، شمال آفریقا و سراسر ایران و افغانستان مشاهده می‌شود که مورفولوژی مقادیر همبستگی بین این دو حاکی از شکل‌گیری جت جنب حاره‌ای به صورت کمربند پیوسته و قوی در این راستا می‌باشد. با توجه به شکل (۱۲) که الگوی مقادیر همبستگی بین سرعت باد مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال و دور پیوند شرق اطلس- غرب روسیه (EA-WR) در فصل زمستان را نشان می‌دهد، در راستای غرب اطلس تا ایران و کشورهای حوضه شرق دریای خزر همبستگی مثبت برقرار است که از شرق آفریقا، دریای سرخ، خلیج فارس و بیشتر مناطق ایران تا غرب روسیه این همبستگی مثبت در حالت بیشینه قرار می‌گیرد و در مسیر شرق و شمال شرقی به سمت غرب روسیه بر انحنای آن افزوده می‌شود.

### همبستگی (AO) و (EA-WR) با ارتفاع

#### ژئوپتانسیل تراز میانی جو فصل زمستان

مطابق با شکل (۱۳) که الگوی مقادیر همبستگی نوسان شمالگان (AO) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی اتمسفر در فصل زمستان می‌باشد، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در همان مسیر مشابه سرعت باد مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال ابتداءً راستای نصف النهارات از قطب شمال تا سراسر نیمه غربی ایران و سپس در راستای مدارات از غرب ایران به سمت خاورمیانه و آفریقا الگوی همبستگی منفی مشاهده می‌شود. این الگو بعد از تغییر حالت از نصف النهاری به مداری در راستای مدارات از خاورمیانه تا شمال آفریقا، اقیانوس اطلس و شمال شرق ایالات متحده آمریکا کشیده شده است. یکی از مناطق دارای بیشترین مقدار همبستگی منفی بر نیمه غربی و شمال غربی ایران منطبق می‌باشد. که حاکی از این است که با مثبت شدن دور پیوند AO ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ در این تراز در راستای غربی- شرقی بر روی خاورمیانه ارتفاع ژئوپتانسیل افت نسبتاً شدیدی دارد و نشان‌دهنده شکل‌گیری یک ناوه ارتفاع ژئوپتانسیلی در ورسپهر میانی در خاورمیانه می‌باشد. همچنین یک مرکز بیشینه‌ی همبستگی مثبت با مقدار همبستگی (۰/۴۵) بر روی

اقیانوس اطلس شمالی تا دریای مدیترانه و جنوب اروپا شکل می‌گیرد و به صورت زبانه‌ای تا مناطق غربی و شمال غربی ایران نیز خود را می‌کشاند. با توجه به شکل (۸) که الگوی مقادیر همبستگی شاخص شرق اطلس- غرب روسیه (EA-WR) را در فصل پاییز نشان می‌دهد یک مد همبستگی منفی قوی از غرب روسیه و سیبری تا سراسر ایران کشیده شده است که این بدان معنا می‌باشد که با افزایش مقدار این دور پیوند در فصل پاییز فشار سطح دریای از غرب روسیه تا جنوب ایران کاهش چشم‌گیری خواهد داشت. همچنین یک مد همبستگی مثبت بر روی دریای شمال دریای مدیترانه و سراسر نیمه غربی اروپا در راستای نصف النهارات مشاهده می‌شود و هم‌زمان با افزایش مقدار دور پیوند مذکور ضمن کاهش فشار مناطق غربی روسیه تا ایران و عربستان یک افزایش فشار بر روی شمال مدیترانه تا سراسر نیمه غربی اروپا را خواهیم داشت.

### همبستگی (AO) و (EA-WR) با مقدار بارش

با توجه به الگوی مقادیر همبستگی بین بارش و دور پیوند AO در فصل پاییز (شکل ۹) در راستای جنوب به شمال از جنوب غرب به سمت دامنه‌های غربی و جنوبی رشته کوه‌های البرز و سواحل غربی دریای خزر در فصل پاییز همبستگی مثبت بین نوسان شمالگان (AO) برقرار می‌باشد و با افزایش مقدار نوسان شمالگان (AO) در فصل پاییز مقدار بارش نیز افزایش پیدا می‌کند. بین دور پیوند EA-WR و مقدار بارش پاییز مناطق غرب، شمال غرب، سواحل دریای خزر، شمال شرق و جنوب شرق ایران همبستگی مثبت برقرار می‌باشد و این بدان معنی است که با افزایش مقدار این شاخص بارش‌ها در این مناطق از ایران بیشتر می‌شود (شکل ۱۰).

### فصل زمستان

### همبستگی (AO) و (EA-WR) با سرعت باد

#### مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال فصل زمستان

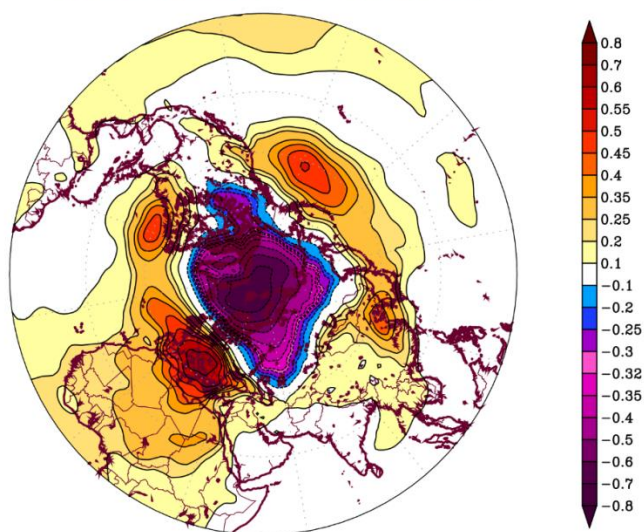
با توجه به شکل (۱۱) الگوی مقادیر همبستگی نوسان شمالگان (AO) و سرعت باد مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال فصل زمستان یک نوار همبستگی مثبت خیلی قوی با مقدار



نصف النهاری حاکی از کاهش ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی اتمسفر با افزایش مقدار این دورپیوند بر روی غرب روسیه تا بیشتر مناطق ایران و خاورمیانه می‌شود. این نشان‌دهنده نفوذ هوای بسیار سرد شمالگان در فصل زمستان از سمت غرب روسیه تا خاورمیانه و ایران می‌شود که در نهایت به تعمیق ناوه ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰ همزمان با افزایش مقدار دورپیوند شرق اطلس - غرب روسیه ( $EA - WR$ ) می‌انجامد.

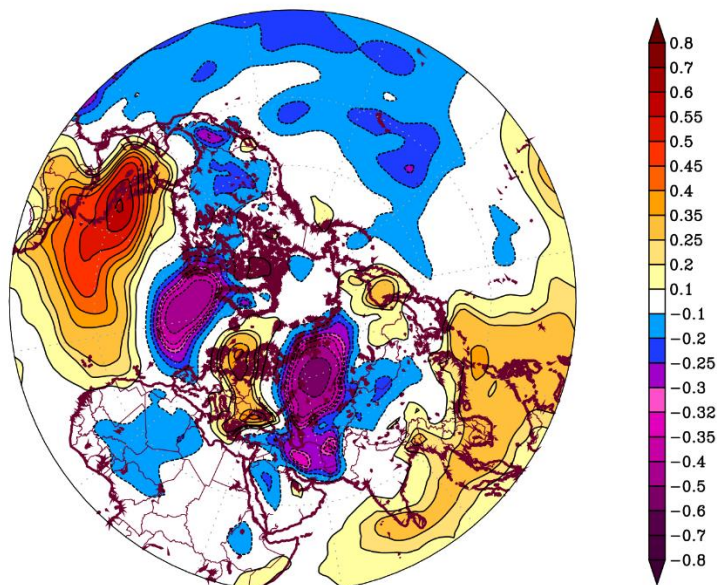
جنوب عربستان و شمال اقیانوس هند قرار دارد که حاکی از جابه‌جایی پشته جنب حاره به سمت عرض‌های جنوبی می‌باشد. مطابق با شکل (۱۴) که الگوی مقادیر همبستگی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با دورپیوند شرق اطلس - غرب روسیه ( $EA - WR$ ) را نشان می‌دهد، یک مد همبستگی منفی قوی در راستای نصف النهارات و در جهت شمالی - جنوبی از قطب شمال و غرب روسیه با گذرازی بیشتر مناطق ایران تا نیمه شمالی دریای سرخ و شرق مدیترانه، خلیج فارس مشاهده می‌شود. این همبستگی منفی

Correlation between AO &amp; SLP-SON 1948-2020

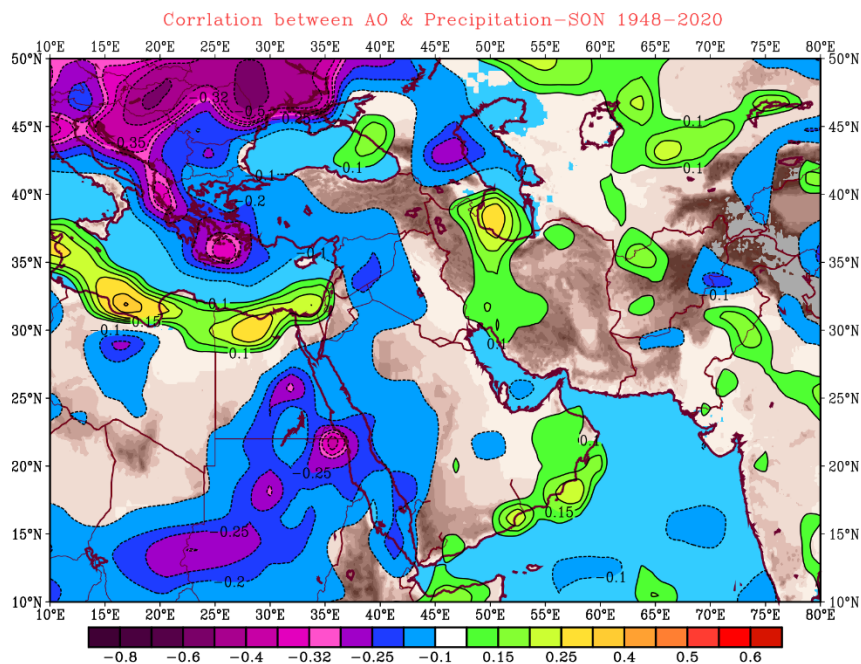


شکل (۷) همبستگی AO و فشار سطح دریا سپتامبر، اکتبر و نوامبر

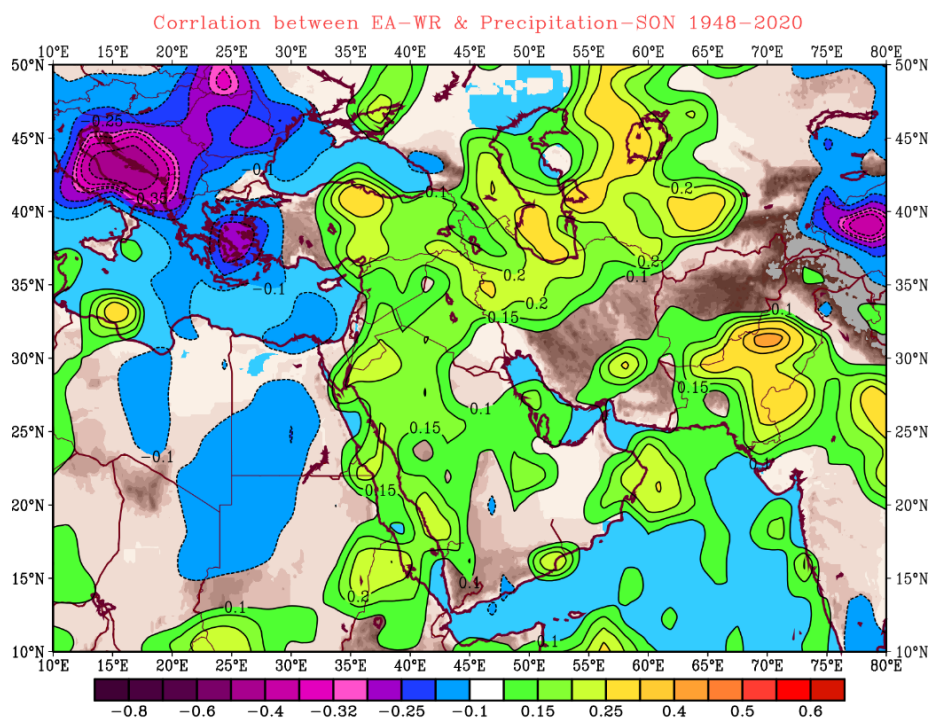
Correlation between EA-WR &amp; SLP-SON 1948-2020



شکل (۸) همبستگی EA - WR و فشار سطح دریا سپتامبر، اکتبر و نوامبر

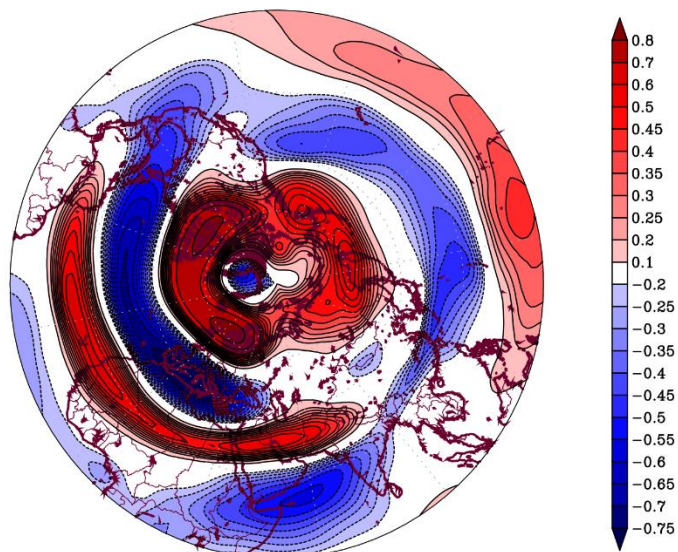


شکل (۹) همبستگی AO و بارش سپتامبر، اکتبر و نوامبر



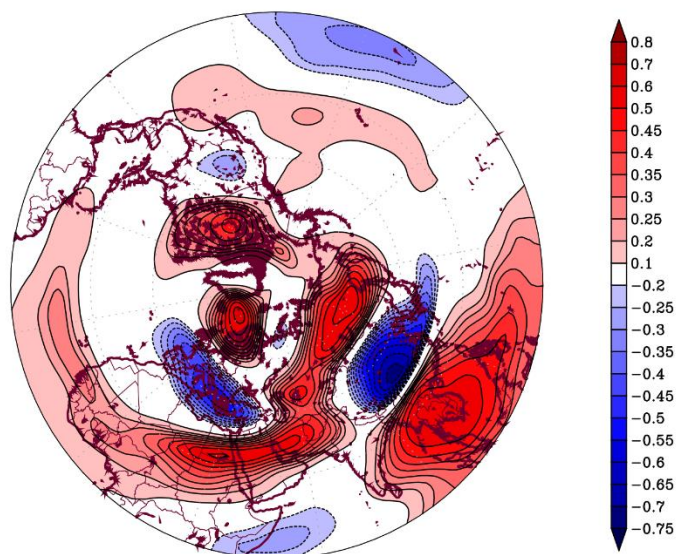
شکل (۱۰) همبستگی EA-WR و بارش سپتامبر، اکتبر و نوامبر

Correlation between AO & Uwnd 200hpa-DJF 1948-2020



شکل (۱۱) همبستگی AO و سرعت باد مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال دسامبر، ژانویه و فوریه

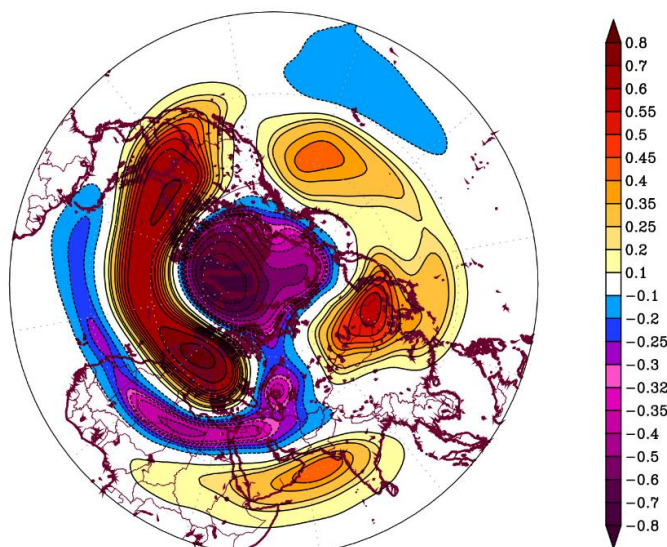
Correlation between EA-WR & Uwnd 200hpa-DJF 1948-2020



شکل (۱۲) همبستگی EA - WR و سرعت باد مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال دسامبر، ژانویه و فوریه

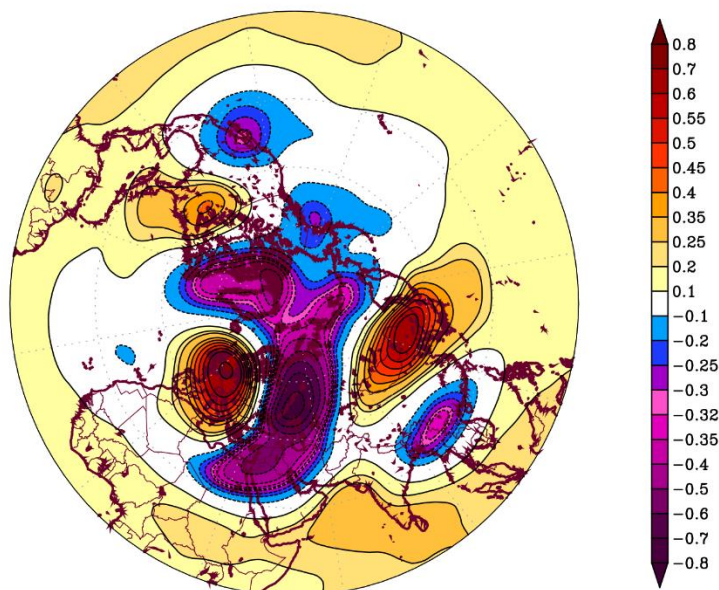


Correlation between AO &amp; HGT 500hpa-DJF 1948-2020



شکل (۱۳) همبستگی AO و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال دسامبر، ژانویه و فوریه

Correlation between EA-WR &amp; HGT 500hpa-DJF 1948-2020



شکل (۱۴) همبستگی EA - WR و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال دسامبر، ژانویه و فوریه

مد همبستگی شدید منفی دور تا دور قطب شمال مشاهده می‌شود که تا شمال و مرکزی اروپا نیز کشیده شده است. این نشان دهنده این است که با افزایش مقدار دور پیوند AO فشار سطح زمین در این مناطق کاهش پیدا خواهد کرد. با توجه به الگوی مقادیر همبستگی بین دور پیوند شرق اطلس - غرب روسیه (EA-WR) و فشار سطح دریا شکل (۱۶) مشاهده می‌کنیم که یک مد همبستگی مثبت قوی در راستای نصف‌النهارات در محل جنوب و جنوب غرب

### همبستگی (AO) و (EA - WR) با فشار سطح

#### دریا فصل زمستان

مطابق با شکل (۱۵) بین دور پیوند AO و فشار سطح زمین در سراسر اقیانوس اطلس، جنوب اروپا، شمال آفریقا، مدیترانه، دریای سرخ و نیمه غربی و جنوب غرب و شمال غرب ایران همبستگی مثبت قوی برقرار می‌باشد و این حاکی از آن است که با افزایش مقدار دور پیوند AO، فشار سطح زمین در این نواحی افزایش پیدا می‌کند. همچنین یک

با افزایش مقدار این دور پیوند مقدار بارش در این مناطق از ایران کم می‌شود. ولی یک مد همبستگی مثبت در سواحل شرقی و مرکزی دریای خزر، دامنه‌های البرز مرکزی برقرار می‌باشد که گویای این است که با افزایش مقدار دور پیوند AO مقدار بارش در این مناطق افزایش پیدا می‌کند. مطابق با الگوی مقادیر همبستگی بین بارش زمستان و دور پیوند شرق اطلس - غرب روسیه (EA-WR) شکل (۱۸) دو مد همبستگی مثبت یکی در راستا و جهت رشته کوه زاگرس و مطابق بر مناطق واقع در سراسر نیمه غربی، جنوب غربی و شمال غربی و مد همبستگی مثبت دیگر در دامنه‌های البرز و مناطق مرکزی و شرقی دریای خزر برقرار می‌باشد. این به معنای آن است که با افزایش مقدار این دور پیوند مقدار بارش زمستانه این نواحی بیشتر می‌شود.

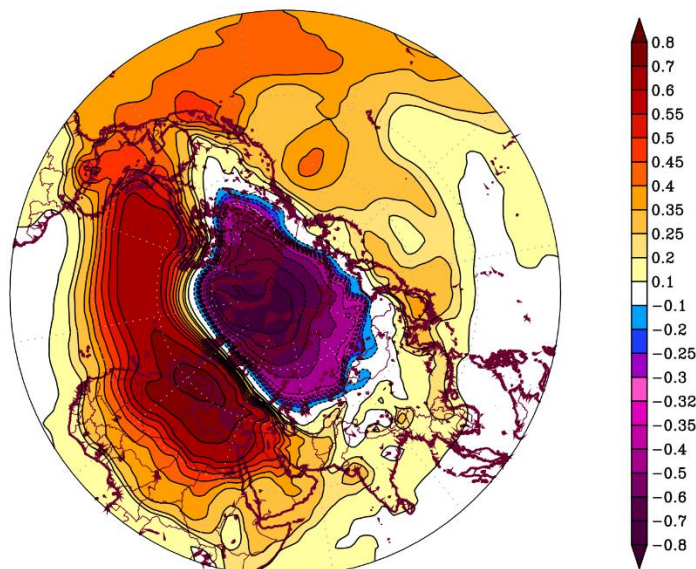
اروپا و دریای مدیترانه شکل گرفته که مقدار هسته مرکزی این مد همبستگی (۰/۸) می‌باشد که با تضعیف مقدار همبستگی (۰/۲) تا مناطق غربی و جنوبی ایران نیز کشیده شده است که حاکی از تشکیل یه پرفشار سطحی هم‌زمان با افزایش مقدار این دور پیوند در این مناطق از جمله جنوب و غرب ایران می‌باشد.

### همبستگی (AO) و (WR-EA) با مقدار بارش

#### فصل زمستان

مطابق با الگوی مقادیر همبستگی بین بارش زمستان و نوسان شمالگان (AO) شکل (۱۷) یک مد همبستگی منفی قوی با مقدار همبستگی (۰/۴-) در مناطق شمال غرب و غرب و یک مد همبستگی منفی ضعیف با مقدار همبستگی (۰/۲۵-) در جنوب شرق کشور مشاهده می‌شود که حاکی از آن است که

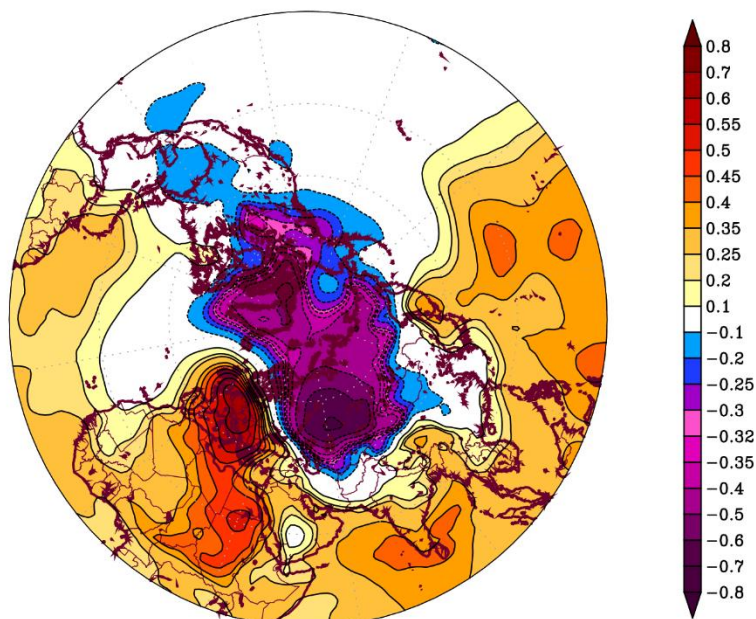
Correlation between AO & SLP-DJF 1948-2020



شکل (۱۵) همبستگی AO و فشار سطح دریا دسامبر، ژانویه و فوریه

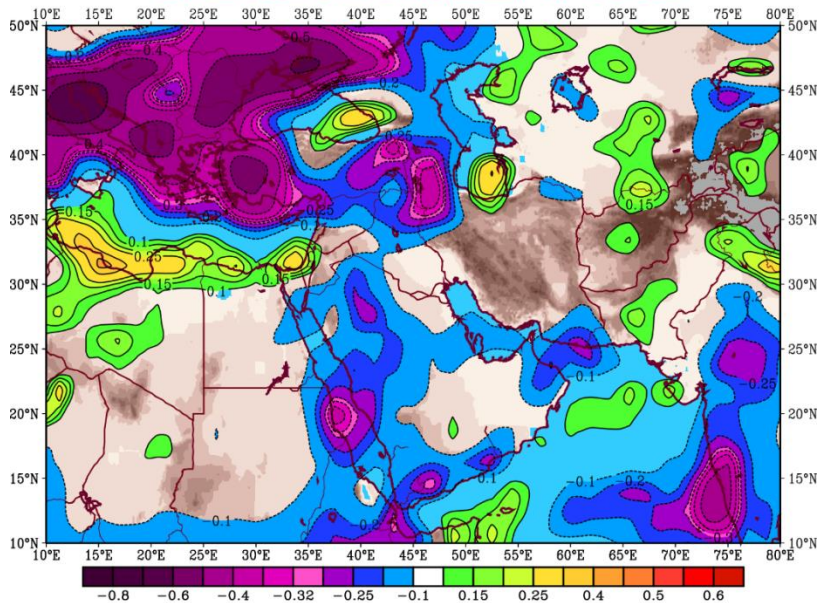


Correlation between EA-WR & SLP-DJF 1948-2020

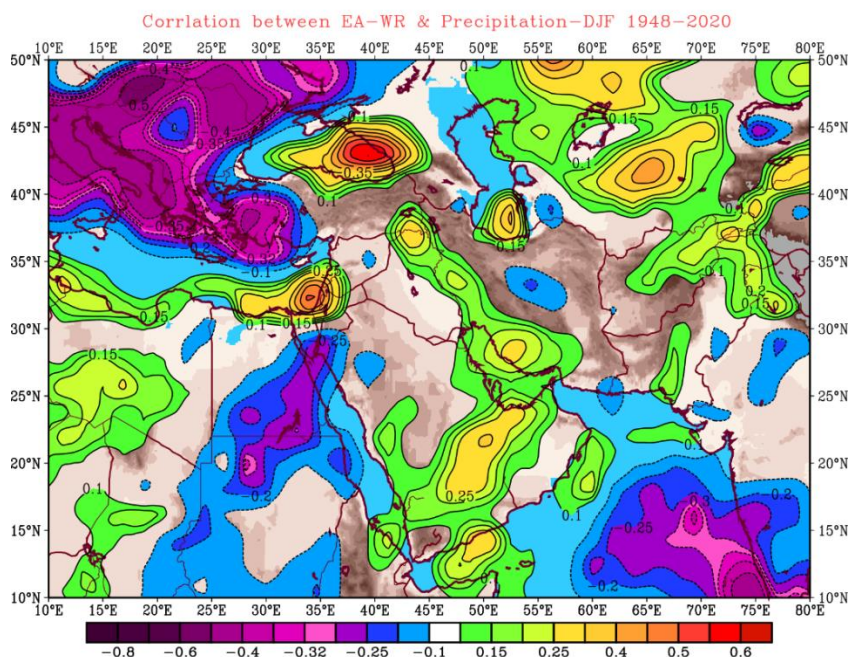


شکل (۱۶) همبستگی EA-WR و فشار سطح دریا دسامبر، ژانویه و فوریه

Correlation between AO & Precipitation-DJF 1948-2020



شکل (۱۷) همبستگی AO و بارش دسامبر، ژانویه و فوریه



شکل (۱۸) همبستگی EA-WR و بارش دسامبر، ژانویه و فوریه

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش ارتباط دور پیوندهای نوسان شمالگان (AO) و شرق اطلس- غرب روسیه (EA-WR) با مؤلفه‌های گردش جو پاییز- زمستان خاورمیانه و ایران از دیدگاه دینامیک- همدید مطالعه شده است. روش تحقیق در این پژوهش بر مبنای محاسبه الگوی مقادیر همبستگی بین دو دور پیوند AO، EA-WR و مؤلفه‌های مهم دینامیک جو با استفاده از داده‌های بازتحلیل NCEP/NCAR در دو فصل پاییز (سپتامبر، اکتبر، نوامبر) و زمستان (دسامبر، ژانویه، فوریه) بین سال‌های ۱۹۴۸-۲۰۲۰ بوده است. به طور کلی با بررسی و تحلیل الگوی مقادیر همبستگی دور پیوند AO و EA-WR با سرعت باد مداری مشخص شد که هر دو دور پیوند با سرعت باد مداری تراز ۲۰۰ هکتو پاسکال در فصل پاییز و زمستان همبستگی مثبت قوی دارند. از لحاظ مورفولوژی این همبستگی مثبت تقریباً در راستای مدارات از شمال شرق آمریکای شمالی و شمال غرب اقیانوس اطلس تا خاورمیانه و سپس در راستای نصف النهارات از جنوب غرب و غرب ایران تا غرب روسیه برقرار می‌باشد و این یعنی با افزایش مقدار دور پیوندهای مذکور در فصل پاییز ضمن افزایش سرعت باد مداری، جریان جتی جنب حاره‌ای ابتدا با الگوی موجی- مداری در

راستای اقیانوس اطلس، شمال و شرق آفریقا، دریای سرخ و سپس S با تغییر شکل با الگوی نصف النهاری از ایران تا غرب روسیه شکل می‌گیرد. که حاکی از آن است که ضمن شکل‌گیری الگوی موجی شکل در رودباد جنب حاره به صورت هم‌زمان سبب جابه‌جایی به سمت عرض‌های پایین‌تر در خاورمیانه و ایران کشیده می‌شود. همچنین یک مد همبستگی منفی قوی بین دور پیوندهای مذکور و سرعت باد مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در فصل زمستان بر روی سراسر مدیترانه و جنوب و جنوب غرب اروپا مشاهده می‌شود. یعنی با افزایش مقدار این دور پیوندها سرعت باد مداری بر روی مدیترانه، جنوب و جنوب غرب اروپا کم می‌شود که این به بدان معنا می‌باشد که رودباد جنب حاره‌ای در این مناطق حالت مداری پیدا می‌کند. همین شرایط در فصل زمستان نیز مشاهده می‌شود با این تفاوت که در فصل زمستان با نمود بیشتری نمایان می‌شود. بنابراین با استفاده از مقادیر هر دوی این دور پیوندها به خوبی موقعیت رود باد تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال را در فصل پاییز و زمستان می‌توان پیش‌بینی کرد. تقریباً در راستای همین مسیر بین دور پیوند های مذکور و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی جو در دو فصل پاییز و زمستان همبستگی منفی وجود دارد که در زمستان این همبستگی قوی‌تر می‌باشد. با این تفاوت

می‌کند برخلاف نتایج مطالعات قبلی مانند (علیجانی و دوستان، ۱۳۹۱؛ دوستان، ۱۳۹۷) می‌باشد. همچنین مشخص شد که در تأیید مطالعات قبلی (پاراحمدی و عزیز، ۱۳۸۶) نوسان قطبی با میزان بارش زمستانه ارتباط بیشتری نسبت به بارش پاییز دارند؛ اما در فصل زمستان بارش فقط در سواحل مرکزی و شرقی دریای خزر و دامنه‌های جنوبی البرز با دور پیوند AO همبستگی مثبت دارد و در شمال غرب، شمال شرق، نیمه‌ی غربی و جنوب شرق ایران همبستگی منفی نسبتاً قوی برقرار می‌باشد یعنی با کاهش مقدار این دور پیوند مقدار بارش در این نواحی افزایش و با افزایش مقدار این دور پیوند بارش در این نواحی از ایران کاهش پیدا می‌کند. در ارتباط با دور پیوند شرق اطلس و غرب روسیه (EA-WR) نتایج به دست آمده منطبق با نتایج پژوهش‌های پیشین (فرج زاده و همکاران، ۱۳۹۲؛ محب الحجه و همکاران، ۱۳۹۵؛ دارند و رحمانی، ۱۳۹۷) می‌باشد. بین مقدار بارش با دور پیوند EA-WR در فصل پاییز در نیمه‌ی غربی، شمال غربی، مناطق شمالی، شمال شرقی، دامنه‌های جنوبی البرز تا مناطق شمالی ایران مرکزی و مناطق جنوب و شرقی ایران همبستگی مثبتی وجود دارد. بارش فصل زمستان در نواحی جنوب، جنوب غرب، غرب و سواحل شرقی و مرکزی دریای خزر و دامنه‌های البرز جنوبی همبستگی مثبت قوی با مقدار دور پیوند EA-WR دارند و بارش زمستانه‌ی ایران مرکزی نیز با دور پیوند EA-WR همبستگی منفی دارند. در مجموع وجود همبستگی مثبت بین دور پیوندهای AO و EA-WR با سرعت باد مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال و همبستگی منفی با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی جو حاکی از شکل گیری یک ناوه ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در غرب روسیه تا خاورمیانه و یک پشته در شرق اطلس و غرب روسیه می‌باشد و جریان جتی جنب حاره ای به شکل نصف النهاری و قوی در خاورمیانه، جنوب غرب ایران و عربستان شکل می‌گیرد. همراهی جریان جت جنب حاره ای قوی و نصف النهاری با ناوه ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز میانی جو در دو فصل پاییز و زمستان در خاورمیانه و مناطق غرب، شمال غرب و جنوب غرب ایران شرایط را برای فعالیت سامانه‌های همدیدی و بارش بیشتر و دوره‌های ترسالی مهیا می‌

کند دور پیوند EA-WR همبستگی منفی از سمت غرب روسیه به سمت خاورمیانه و بیشتر مناطق ایران به جزء مناطق جنوب شرقی کشیده شده یعنی با افزایش مقدار دور پیوند EA-WR مقدار ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی از سمت شمال غرب ایران تا شمال دریای سرخ و شرق مدیترانه کاهش پیدا می‌کند که حاکی از نفوذ هوای سرد قطبی از طریق ناوه غرب روسیه به مناطق واقع در سراسر نیمه غربی و شمال غربی ایران می‌باشد. ولی همبستگی منفی دور پیوند AO از اقیانوس اطلس، آفریقا، دریای مدیترانه، دریای سرخ، جنوب غرب و غرب ایران تا شمال دریای خزر کشیده شده است که یعنی با افزایش مقدار دور پیوند AO ناوه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیلی در وردسپهر میانی بر روی این مناطق شکل می‌گیرد و با مسیر طوفانی اقیانوس اطلس که در زمستان به سمت خاورمیانه حرکت می‌کند منطبق می‌باشد. ارتباط دور پیوند AO با مقدار فشار سطح زمین در مجموع در دو فصل پاییز و زمستان مثبت می‌باشد که از دید مورفولوژی مشاهده می‌شود که در فصل پاییز در راستای جنوب و غرب اروپا، دریای مدیترانه و دریای سرخ و شمال و شرق آفریقا همبستگی مثبت قوی برقرار می‌باشد که تا سراسر نیمه‌ی غربی ایران کشیده شده است و این یعنی با افزایش مقدار این دو دور پیوند مقدار فشار در این مناطق افزایش پیدا می‌کند. در زمستان این شرایط با قوت و شدت بیشتری مشاهده می‌شود. بین دور پیوند EA-WR و فشار سطح دریا در پاییز همبستگی منفی برقرار می‌باشد یعنی با افزایش مقدار دور پیوند EA-WR در فصل پاییز فشار سطح زمین در ایران کاهش پیدا می‌کند. در فصل زمستان بین فشار سطح دریا و دور پیوند EA-WR در راستای نصف النهارات از جنوب دریای سرخ تا دریای مدیترانه و جنوب اروپا همبستگی مثبت برقرار می‌باشد که این همبستگی مثبت با اندکی کاهش سراسر جنوب، جنوب شرق و جنوب غرب، نیمه‌ی غربی و شمال غربی را نیز در بر گرفته است. مؤلفه‌ی بارش فصل پاییز و دور پیوند AO در راستای جنوبی- شمالی به سمت دامنه‌های البرز جنوبی و غربی، سواحل دریای خزر همچنین ایران مرکزی همبستگی مثبت برقرار می‌باشد که یعنی با افزایش مقدار این دور پیوند مقدار بارش در این مناطق نیز افزایش پیدا

- Arctic Oscillation (AO) and winter temperatures variability on the north-west Iran. *Journal of Climate Research*, 1400(47), 121-140.
10. Hasanean, H. M. (2004). Wintertime surface temperature in Egypt in relation to the associated atmospheric circulation. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 24(8), 985-999.
  11. Krichak, S. O. & Alpert, P. (2005). Decadal trends in the east Atlantic–west Russia pattern and Mediterranean precipitation. *International journal of climatology: a journal of the Royal Meteorological Society*, 25(2), 183-192.
  12. Krichak, S. O. Kishcha, P. & Alpert, P. (2002). Decadal trends of main Eurasian oscillations and the Eastern Mediterranean precipitation. *Theoretical and Applied Climatology*, 72(3), 209-220.
  13. Maghsoudi-Fallah, M., Ahmadi-Givi, F., Mohebalhojeh, A., & Nasr-Esfahany, M. (2016). The impact of the East Atlantic–West Russia (EA–WR) teleconnection pattern on tropospheric low-frequency variability in Southwest Asia. *Iranian Journal of Geophysics*, 10(3), 25-39.
  14. Müller, G. V. & Ambrizzi, T. (2007). Teleconnection patterns and Rossby wave propagation associated to generalized frosts over southern South America. *Climate Dynamics*, 29(6), 633-645.
  15. Nissen, K. M. Leckebusch, G. C. Pinto, J. G. Renggli, D. Ulbrich, S. & Ulbrich, U. (2010). Cyclones causing wind storms in the Mediterranean: characteristics, trends and links to large-scale patterns. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10(7), 1379-1391.
  16. Omarid, Kamal; Jafari Nadushan; Mehdi. (2016). The effect of polar oscillation on temperature and precipitation changes in the cold seasons of the year in central Iran. *Geographical Sciences (Applied Geography)*, 13(26), 19-30.
  17. Omidvar, Kamal (2019), *Atmosphere and Ocean Climate Relationship*, Yazd University Press, Yazd.
  18. Quadrelli, R. Pavan, V & Molteni, F. (2001). Wintertime variability of Mediterranean precipitation and its links with large-scale circulation anomalies. *Climate Dynamics*, 17(5), 457-466.
  19. Rigor, I. G. Colony, R. L. & Martin, S. (2000). Variations in surface air temperature observations in the Arctic, کند. حال آن که با کاهش مقدار این دور پیوندها در تراز میانی جو در غرب روسیه پشته، اروپا ناوه و خاورمیانه جریانات تقریباً مداری مشاهده می‌شود و جریان جتی جنب حاره ای در خاورمیانه و ایران ضمن ضعیف بودن، حالت مداری دارند که باعث کاهش ناپایداری های حاصل از بادهای غربی و استیلای شرایط خشک و کم بارشی در این مناطق از جمله ایران می‌شود.

## منابع

1. Alijani, B., & Doostan, R. (2013). Identifying the controlling centers of the climate of Iran and their pressure patterns in the 500 hPa. Level during cold period of the year. *Journal of Geography and Regional Development*, 10(2). Doi: 10.22067/geography.v0i0.23259
2. AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Program) (2012) Changes in Arctic snow, water, ice and permafrost. SWIPA 2011 Overview Report. Arctic Climate Issues 2011.
3. Barnston, A. G. & Livezey, R. E. (1987). Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns. *Monthly weather review*, 115(6), 1083-1126.
4. Darand M, Rahmani H. Analysis the Impact of Climatic Signals on Kurdistan Precipitations 272-249: (63) 18. 2018.
5. Dostan, Reza (2017). Global teleconnection and regional teleconnection of Iran. *Journal of Earth and Space Physics*, 44(3), 625-640.
6. Farajzadeh, M., Ahmadi, M., Alijani, B., Qavidel Rahimi, Y., Mofidi, A., & Babaeian, I. (2013). Study on Variation of Major Teleconnection Patterns (MTP) associated with Iran's Precipitation. *Journal of Climate Research*, 1392(15), 31-45.
7. Feldstein, S. B. & Dayan, U. (2008). Circumglobal teleconnections and wave packets associated with Israeli winter precipitation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society: A journal of the atmospheric sciences, applied meteorology and physical oceanography*, 134(631), 455-467.
8. Gong, D. Y., & Ho, C. H. (2002). The Siberian High and climate change over middle to high latitude Asia. *Theoretical and applied climatology*, 72(1), 1-9.
9. Halabian, A., Karampour, M., Mahmoodimehr, F. (2021). Relationship of

23. Trigo, R. Xoplaki, E. Zorita, E. Luterbacher, J. Krichak, S. O. Alpert, P & Mariotti, A. (2006). Relations between variability in the Mediterranean region and mid-latitude variability. In *Developments in Earth and Environmental Sciences* (Vol. 4, pp. 179-226).
24. Yarahmadi, Azizi, Ghasem (2008). Multivariate Analysis of Relationship between Seasonal Rainfalls in Iran with Climate Indices. *Geographical Research Quarterly*, 1979-97. *Journal of Climate*, 13(5), 896-914.
20. Stendel, M. Francis, J. White, R. Williams, P. D. Woollings, T. (2021). The jet stream and climate change. In *Climate Change* (pp. 327-357). Elsevier.
21. Thompson, D. W. & Wallace, J. M. (1998). The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophysical research letters*, 25(9), 1297-1300.
22. Trenberth, K. E. Branstator, G. W. Karoly, D. Kumar, A. Lau, N. C. & Ropelewski, C. (1998). Progress during TOGA in understanding and modeling global teleconnections associated with tropical sea surface temperatures. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 103(C7), 14291-14324.