

## اثر همزمانی شاخص‌های پیوند از دور NAO و AMO بر تغییرپذیری دما و بارش

### شهرستان‌های مجاور سبلان

بتول زینالی<sup>۱\*</sup>، مهدی فروتن<sup>۲</sup>

<sup>۱\*</sup> - استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

<sup>۲</sup> - دانشجوی دکتری تخصصی رشته آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

\* ایمیل نویسنده مسئول: zeynali.b@uma.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۱۳

#### چکیده

همانگی بین تغییرات زمانی دو نقطه دور از هم که عمدتاً برای تغییرات فشار به کار می‌رود اصطلاحاً پیوند از دور گفته می‌شود. هدف از انجام این تحقیق بررسی تغییرپذیری پارامتر دما و بارش ایستگاه‌های اردبیل، مشگین‌شهر، سراب و هریس از دو الگوی پیوند از دور شاخص نوسان اطلس شمالی و شاخص چند دهه‌ای اقیانوس آرام با استفاده از روش همبستگی گشتاوری پیرسون و تحلیل همبندی می‌باشد. بدین منظور داده‌های مربوط به دو شاخص مذکور از سایت نووا برای دوره ۲۰۰۹-۲۰۱۸ تهیه شد. هم‌چنین برای این دوره آماری داده‌های مربوط به پارامتر دما و بارش نیز از اداره کل هواشناسی اردبیل اخذ شد. در ادامه پس از استانداردسازی دما و بارش، با استفاده از روش همبستگی پیرسون برای شاخص NAO مشخص شد دمای تمام ایستگاه‌ها در ماه‌های خرداد و مهر و بارش بهمن‌ماه ایستگاه اردبیل بیشترین همبستگی معنی‌دار مستقیمی در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد با این شاخص داشته است. شاخص AMO نیز تنها با دمای دی‌ماه ایستگاه هریس با ۵ درصد احتمال خطا رابطه مستقیمی را نشان داد. به منظور بررسی همبندی تأثیر این الگوها بر پارامترهای مورد بررسی داده‌های NETCDF میانگین ماهانه فشار تراز سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، دما و آب قابل بارش از سایت نووا اخذ شد و در محیط نرم‌افزار گرس نقشه‌های سینوپتیکی ترسیم گردیدند. نتایج نشان داد زمانی که شاخص NAO در فاز منفی و شاخص AMO در فاز گرم بوده سیستم غالب بر مناطق مورد مطالعه کم‌فشار حرارتی بوده و شرایط چرخندی بر آن حاکم شده و دما و بارندگی افزایش یافته و ترسالی به وقوع پیوسته است برعکس زمانی که شاخص NAO در فاز مثبت و شاخص AMO در فاز سرد بوده با حاکمیت سامانه‌های پرفشار و شرایط واپرخندی در مناطق مورد مطالعه دما و بارندگی کاهش یافته و شرایط خشکسالی را رقم زده است.

#### کلمات کلیدی

"پیوند از دور"، "NAO"، "AMO"، "سبلان"

#### ۱- مقدمه

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. خصوصیات و علل جهانی آن‌ها به کار بردن روش‌های تحلیل گوناگون فضایی جستجو گردید و اطلس‌های پیوند از دور منتشر شد (امیدوار، ۱۳۹۱:۲۷۶). دو مورد از مهم‌ترین شاخص‌های پیوند از دور مؤثر بر اقلیم جهانی که بستر فعالیت آن‌ها در اقیانوس اطلس است شاخص نوسان اطلس شمالی (NAO) و شاخص چند دهه‌ای اقیانوس اطلس<sup>۲</sup> AMO می‌باشد. نوسان اقیانوس اطلس شمالی شیوه غالب در تغییرپذیری اقلیم در حوضه اقیانوس اطلس شمالی محسوب می‌شود که با تغییرات فشار جوی و بادهای همراه است. این شاخص به وسیله تغییرات فشار جوی وابسته به دگرگونی‌های جرم جوی در جهت نصف‌النهاری توصیف می‌شود. هم‌چنین این شاخص به تغییرات توده‌های قطبی نزدیک به ایسلند و توده هوای جنب حاره‌ای روی اقیانوس اطلس از آזור تا شبه جزیره ایبری وابسته است. سیگنال ظهور آن به شدت ناحیه‌ای است و از طریق محاسبه اختلاف میان ناهنجاری‌های فشار نرمال شده سطح دریا از دسامبر تا مارس در ایستگاه

تغییرپذیری زمانی یک ویژگی ذاتی اقلیم است. شواهد تجربی نشان داده که بسیاری از فرایندهای اقلیمی در طول زمان از ثبات برخوردار نیستند. تغییرپذیری به نوسانات یا الگویی از نوسانات مربوط می‌شود که در بعضی از مقادیر متوسط ویژه رخ می‌دهد. مواردی از تغییرپذیری زمانی اقلیمی مثل تغییرات روزبه‌روز، بین فصلی، سال‌ها و فضایی همراه با گردآیدان‌های افقی را می‌توان بیان کرد. تغییرات ایجاد شده در عملکرد سامانه اقلیمی در طول زمان، توصیفی از تغییرات زمانی مورد علاقه اقلیم‌شناسان است. علل تغییرپذیری اقلیمی به مقیاس زمانی وابسته است از این رو می‌توان آن‌ها را به دو دسته نیروهای بیرونی و درونی تقسیم کرد. نیروهای بیرونی به تغییرپذیری طبیعی سامانه اقلیمی مربوط می‌شود که وابسته به تغییرات تابش خورشیدی است. اما دسته دوم از نیروها معلول پویایی درونی سامانه اقلیمی است. آن‌ها یکسری نوسانات تصادفی و اتفاقی را به وجود آورده و رفتارهای احتمالی بی‌نظمی را شکل می‌دهد. در مقیاس زمانی دهه‌ای پارامتر بارش نسبت به پارامتر دما حساسیت بیشتری به تغییرات گردش جوی نشان می‌دهد (ذوالفقاری، ۱۳۹۰:۲۹۷).

واژه پیوند از دور در زمینه الگوهای فرازونشیب‌های آب‌وهوایی توسط آنگستروم در سال ۱۹۳۵ میلادی معرفی شد؛ سپس برکنس در سال

1- North Atlantic Oscillation

2- Atlantic Multidecadal Oscillation

غیرخطی جهت مطالعه این روابط باید توجه شود. اژدری معموره و همکاران (۱۳۹۹)، تأثیرات آنومالی‌های حرارتی ناشی از سیگنال‌های کلان مقیاس جوی-اقیانوسی در رخداد‌های سفیدشدگی آبسنگ‌های مرجانی خلیج فارس را با استفاده از روش همبستگی آشکارسازی نمودند و بیان داشتند از بین ۳۵ شاخص پیوند از دور عمده مؤثر در اقیانوس جهانی الگوی نوسان چند دهه‌ای اقیانوس اطلس AMO و شاخص تغییرات دمای سطح آب اقیانوس آرام استوایی در منطقه NINO3.4 همبستگی معنی‌داری در سطح اطمینان ۰/۹۵ درصد با آنومالی‌های دمای سطح دریا در منطقه خلیج فارس داشته‌اند. اسعدی اسکویی و هلالی (۱۴۰۰)، همبستگی شاخص‌های پیوند از دور بزرگ مقیاس با تبخیر و تفرق مرجع ماهانه ایستگاه‌های همدید ایران را با روش پیرسون و کریجینگ واکاوی نمودند و نشان دادند شاخص AMO جزء شاخص‌هایی بوده که بیشترین همبستگی مثبت و بیشترین فراوانی همبستگی‌های معنادار با تبخیر و تفرق، یعنی ۲۳ درصد ایستگاه‌های مورد مطالعه را داشته است. همچنین گسترده‌ترین پراکنش مکانی همبستگی‌های معنادار متعلق به غلظت دی اکسید کربن بوده که به جز در ماه‌های نوامبر و دسامبر در همه تأخیرهای زمانی و همه ماه‌های مورد مطالعه به دست آمده است. لمب<sup>۱</sup> و پپلر<sup>۲</sup> (۱۹۸۷)، تأثیر نوسان اقیانوس اطلس شمالی را بر بارش‌های فصل زمستان مراکش مورد مطالعه قرار دادند و نتایج کار آن‌ها نشان داد این پارامتر با وضعیت همزمان NAO رابطه معکوسی داشته است. هارل<sup>۳</sup> (۱۹۹۵)، روندهای دهه‌ای نوسانات اقیانوس اطلس شمالی را مورد بررسی قرار داد و بیان داشت در طول یک دهه گذشته شاخص NAO بیشتر در فاز مثبت بوده و باعث افزایش دما در فصل زمستان در سراسر اروپا و شرایط سرد در شمال غربی اقیانوس اطلس شده است همچنین شرایط خشکی در جنوب اروپا و مدیترانه و وضعیت مرطوبی برای شمال اروپا و بخش‌هایی از اسکانندیناوی به وجود آورده است. ویزیک<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۱)، نوسانات اطلس شمالی را در زمان‌های مختلف مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند در سه دهه گذشته شاخص بیشتر در فاز مثبت بوده و بر آب و هوای زمستانی از فلوریدا تا گرینلند و از شمال غربی آفریقا بر فراز اروپا تا شمال آسیا تأثیرگذار بوده است. انفیلد<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۱)، رابطه نوسان چند دهه‌ای اقیانوس اطلس با بارش و جریان رودخانه در قاره آمریکا را مورد مطالعه قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد در طول فاز گرم AMO بیشتر ایالات متحده بارش کمتر از حد نرمال داشته است و در بین فازهای گرم و سرد این شاخص جریان خروجی رودخانه می‌سی‌سی‌پی ۱۰ درصد و جریان ورودی به دریاچه Okeechobee در فلوریدا ۴۰ درصد تغییر کرده است. جینوکس<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۴)، توزیع جهانی گرد و غبار بادی از سال ۱۹۸۱ تا ۱۹۹۶ با مدل تابش و انتقال آئروسول شیمی جهانی ازن (GOCART) شبیه‌سازی نمودند و نشان دادند در زمستان بخش بزرگی از بارگیری گردوغبار اقیانوس اطلس شمالی و آفریقا با شاخص نوسان اقیانوس اطلس شمالی

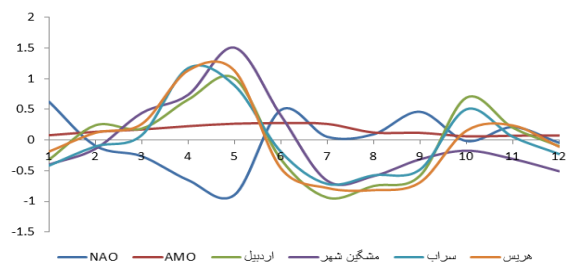
لیسیون پایتخت پرتغال و ایستگاه استیکوشولمور در ایسلند به دست می‌آید (ذوالفقاری، ۱۳۹۳:۲۲۲). یکی دیگر از شاخص‌های مهم و مؤثر بر اقلیم جهانی در نیم کره شمالی شاخص چند دهه‌ای اقیانوس اطلس است که دارای دو فاز گرم و سرد بوده و مبنای محاسبه آن وقوع تغییرات دمای آب در سطوح بخش شمالی اقیانوس اطلس (۳۰ تا ۶۵ درجه شمالی) است. این شاخص اولین بار به وسیله تحقیقات برگ در سال ۲۰۰۱ میلادی شناسایی و بیان شد بر اثر تغییرات کوچکی در گردش ترموکلاین اقیانوس اطلس ایجاد می‌شود. این الگو نوسان دمای بین ۲۰ تا ۴۰ سال در گستره اقیانوس اطلس از پهنه‌های گرمسیری تا یخچال‌های گرینلند دارد (امیدوار، ۱۳۹۹:۱۱۰). با توجه به تأثیر این دو شاخص مذکور بر اقلیم جهانی مطالعاتی در ایران و در خارج کشور انجام گرفته از جمله: مرادی (۱۳۸۳)، تأثیر شاخص نوسان اطلس شمالی بر اقلیم ایران را مورد بررسی قرار داد و نتیجه وی نشان داد زمانی که شاخص در فاز مثبت بوده در زمستان افزایش بارش و کاهش دما در اکثر مناطق کشور همراه بوده در حالی که عکس این حالت در فاز منفی رخ داده است. صلاحی و حاجی‌زاده (۱۳۹۲)، رابطه زمانی نوسان اطلس شمالی و شاخص‌های دمای سطحی اقیانوس اطلس با تغییرپذیری بارش و دمای استان لرستان را با استفاده از روش همبستگی پیرسون و رگرسیون چندگانه پسر مورد تحلیل قرار دادند و نتیجه کار آن‌ها نشان داد شاخص نوسان اطلس شمالی در فصل سرد سال دارای همبستگی بیشتری با دما و بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه داشته و در بین الگوهای مورد بررسی شاخص TSA مؤثرترین الگو در تبیین تغییرات بارش و دمای ایستگاه‌های مورد بررسی بوده است. ناظم السادات و مصطفی‌زاده (۱۳۹۳)، تأثیر پدیده AMO بر نوسان بارش زمستانه و رخداد دوران‌های خشک و تر ایران را مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که مقدار بارش فصلی در فاز منفی AMO در بیشتر گستره‌های کشور به طور معنی‌داری بیشتر از فاز مثبت این پدیده بوده است. همچنین آزمون‌های آماری نشان داد که در بیشتر پهنه‌های کشور بسامد دوران خشک با رخداد فاز مثبت و دوران تر با رخداد فاز منفی AMO در ارتباط بوده است. طولابی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۷)، تأثیر نوسان اطلس شمالی بر ناهنجاری‌های تراز میانی جو و بارش غرب ایران را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها با استفاده از روش همبستگی پیرسون بین داده‌های بارش ۱۷ ایستگاه سینوپتیکی غرب کشور با داده‌های شاخص مذکور و تحلیل نقشه‌های سینوپتیکی به این نتیجه رسیدند که زمانی که شاخص در فاز مثبت بوده میانگین تراز میانی جو در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و نوامبر در نیمه غربی ایران ۱۷ متر کم‌تر از بلندمدت می‌شود و میانگین بارش در هر ماه ۲۳/۵ میلی‌متر افزایش می‌یابد اما در فاز منفی شرایط متفاوت بوده و خشکسالی غرب کشور را فرا می‌گیرد. رزمجو و همکاران (۱۳۹۹)، رابطه بین شاخص نوسان اطلس شمالی با خشکسالی‌ها و ترسالی‌های ایران در دو مقیاس ایستگاهی و منطقه‌ای مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها از ضریب همبستگی پیرسون برای ارتباط همزمان، تأخیر یک‌ماهه، دو‌ماهه، سه‌ماهه استفاده کردند و نتایج آن‌ها نشان داد این شاخص در یک رابطه خطی قادر به تبیین سهم بزرگی از تغییرپذیری خشکسالی و ترسالی‌های ایران چه در مقیاس ایستگاهی و چه در مقیاس منطقه‌ای نبوده است. لذا به مدل‌های

1- Lamb  
2- Pepler  
3- Hurrell  
4- Visbeck et al  
5- Enfield at al  
6- Ginoux at al

دما و بارش ایستگاه‌های یادشده برای دوره آماری ده‌ساله (۲۰۰۹-۲۰۱۸) از اداره کل هواشناسی استان اردبیل اخذ شد و داده‌های مربوط به شاخص الگوهای پیوند از دور NAO و AMO برای دوره مورد مطالعه از سایت نووا<sup>۲</sup> تهیه گردید. باتوجه به این‌که داده‌های شاخص‌های مذکور به‌صورت استانداردشده ثبت شده‌اند لازم بود داده‌های پارامتر دما و بارش در محیط نرم‌افزار SPSS استانداردسازی شوند تا بتوان روابط آن‌ها را با استفاده از روش همبستگی گشتاوری پیرسون نشان داد. بدین ترتیب مشخص شد کدام ماه‌ها ارتباط بیشتری با الگوهای یادشده دارند. در مرحله بعد ماه‌های سال‌های دوره آماری مورد مطالعه بر حسب فازهای مختلف شاخص‌های مذکور تفکیک شدند و نقشه‌های آنومالی ترکیبی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ میلی‌بار، آنومالی دمای سطح زمین و آنومالی آب قابل بارش از سطح زمین تا سطوح فوقانی جو برای آن‌ها در محیط نرم‌افزار گرس ترسیم شد. برای این کار داده‌های میانگین ماهانه فشار تراز سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، دما و آب قابل بارش از سایت NCEP-NCAR<sup>۳</sup> تهیه شد.

#### نتایج

شکل ۲، نمودار سری زمانی رفتار میانگین بارش ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه را با مقادیر ماهانه استانداردشده شاخص NAO و AMO را نشان می‌دهد. مطابق این شکل در دوره آماری مورد مطالعه (۲۰۰۹-۲۰۱۸) گام حرکتی پارامتر بارش برای ایستگاه‌های مورد مطالعه مخالف با شاخص NAO بوده به‌طوری‌که روند معکوس سیکل حرکتی آن‌ها در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد فاحش است. در این ایام به طور متوسط شاخص NAO در فاز منفی فعال بوده درحالی‌که پارامتر بارش روند صعودی داشته است در ادامه با میل شاخص NAO به سمت فاز مثبت در ماه‌های شهریور تا دی، روند پارامتر بارش شیب نزولی به خود گرفته است. با توجه به اینکه شاخص AMO به طور متوسط طی این ده سال در فاز مثبت خودش بوده فقط در ماه‌های شهریور تا دی گام حرکتی معکوسی را با پارامتر یادشده داشته است.



شکل ۲- سری زمانی رفتار میانگین بارش ماهانه استاندارد شده ایستگاه‌های اردبیل، مشگین شهر، سراب، هریس با مقادیر ماهانه استاندارد شده NAO و AMO

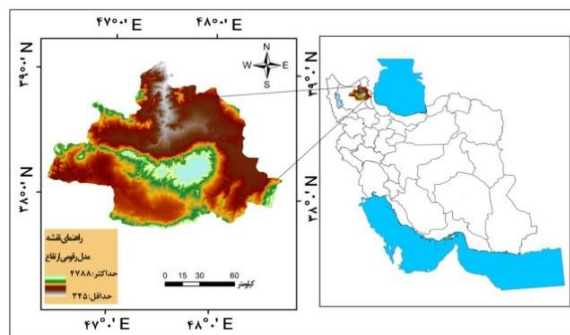
شکل ۳، سیکل حرکتی پارامتر دمای استانداردشده ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه را با مقادیر استانداردشده ماهانه شاخص NAO و AMO را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل رفتار حرکتی مشابه پارامتر مذکور با شاخص NAO در طی دوره آماری مورد مطالعه

(NAO) همبستگی دارد و فرورفتگی Bodele منبع اصلی گرد و غبار در زمستان بوده و تنوع بین سالانه آن بسیار با NAO در ارتباط است. کنتیت<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۶)، به منظور بررسی اثرات آب و هوای نوسان چند دهه اقیانوس اطلس به دنبال شواهدی از این پیوندها در شبیه‌سازی کنترل ۱۴۰۰ ساله مدل آب و هوای HadCM3 بودند و در نهایت بیان داشتند این مدل ارتباط AMO را با پدیده‌های بارش و طوفان تایید می‌کند.

#### ۲- روش انجام تحقیق

##### • محدوده مورد مطالعه

کوه سبلان در استان اردبیل و در مختصات جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۸ درجه ۳۲ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. مساحت آن ۲۵۷۰۰۰ هکتار و بلندترین ارتفاع آن ۴۸۱۱ متر از سطح دریا است. اقلیم نیمه خشک سرد تا نیمه مرطوب سردی با متوسط بارندگی سالانه ۳۰۹ تا ۶۳۳ میلی‌متر دارد متوسط دمای آن بین ۵/۸- تا ۱۱/۳ درجه سانتی‌گراد متغیر بوده است (قربانی و همکاران، ۱۳۹۵:۷۹).



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

جدول ۱، مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه در اطراف کوه سبلان را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه

نام ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا به متر	طول جغرافیایی (E)	عرض جغرافیایی (N)
اردبیل	۱۳۳۵	۴۸° ۱۹'	۳۸° ۱۳'
مشگین شهر	۱۵۶۱	۴۷° ۴۱'	۳۸° ۲۳'
سراب	۱۶۸۲	۴۷° ۲۳'	۳۷° ۵۶'
هریس	۱۹۵۰	۴۷° ۰۶'	۳۸° ۱۵'

منبع: اداره کل هواشناسی اردبیل

##### • مواد و روش

هدف از ارائه این تحقیق بررسی تأثیرپذیری پارامترهای دما و بارش ایستگاه‌های سینوپتیک مجاور کوه سبلان (اردبیل، مشگین شهر، سراب و هریس) از فازهای مختلف شاخص نوسان اطلس شمالی و شاخص چند دهه‌ای اقیانوس اطلس می‌باشد. بدین منظور ابتدا داده‌های ماهانه پارامتر

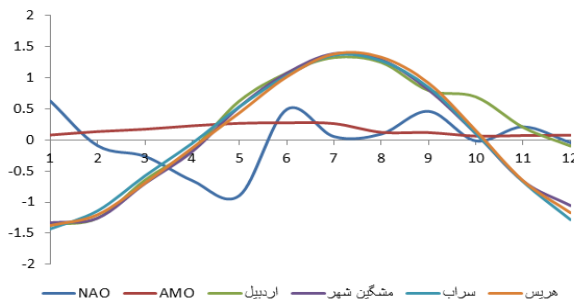
3. <https://psl.noaa.gov/data/>

4. <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>

1- Knight at al

افزایش یکی دیگری کاهش یابد در این صورت همبستگی از نوع معکوس بوده و ضریب آن برابر با -۱ خواهد بود. هم‌چنین زمانی که بین دو متغیر ارتباطی وجود نداشته باشد ضریب همبستگی برابر با صفر می‌باشد. با توجه به نوع داده‌ها، فاصله‌ای یا نسبتی، رتبه‌ای و اسمی روابط خاصی برای محاسبه ضریب همبستگی آن‌ها ارائه شده است. حاصل ضرب گشتاوری برای محاسبه همبستگی داده‌های فاصله‌ای یا نسبتی به کار می‌رود اما از روش کندال و اسپیرمن برای داده‌های رتبه‌ای بهره گرفته می‌شود (فرج‌زاده، ۱۳۹۴:۷۹). جدول ۱، مقادیر مربوط به ضریب همبستگی هم‌زمانی پیوند از دور NAO و AMO، برای دوره مورد مطالعه با الگوهای پیوند از دور NAO و AMO، برای دوره آماری سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۰۹ نشان می‌دهد. مطابق این جدول تنها ماه بهمن در ایستگاه سینوپتیکی اردبیل با شاخص نوسان اطللس شمالی همبستگی معنی‌دار معکوسی در سطح اطمینان ۹۵ درصد داشته است. یعنی در طی این ماه با تشدید NAO مقدار بارش کاهش یافته است و بالعکس.

فقط در ماه‌های شهریور تا دی‌ماه یکسان بوده ولی در بقیه ایام سال سری حرکتی متفاوت از هم داشته‌اند. مشابه این وضعیت برای شاخص AMO نیز با دو ماه زودتر یعنی از ماه تیر تا دی‌ماه صادق هست.



شکل ۳- سری زمانی رفتار میانگین دمای ماهانه استاندارد شده ایستگاه‌های اردبیل، مشگین‌شهر، سراب، هریس با مقادیر ماهانه استاندارد شده NAO و AMO

شناخت ارتباط بین متغیرهای مورد مطالعه یکی از مهم‌ترین موارد مطالعات اقلیمی است. روابط آماری متعددی برای این کار وجود دارد که به صورت معادلات خطی و غیرخطی بیان می‌شود. مهم‌ترین شاخص آن ضریب همبستگی است که ارزش محاسبه شده آن بین +۱ تا -۱ خواهد بود. اگر ارتباط نزدیکی بین دو متغیر وجود داشته باشد ضریب همبستگی برابر با +۱ خواهد بود اما زمانیکه بین دو متغیر ارتباطی باشد ولی با

جدول ۲- همبستگی هم‌زمانی پارامتر بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه با شاخص AMO و NAO

ایستگاه	شاخص	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
اردبیل	NAO	۰/۰۹۰	۰/۳۵۴	-۰/۴۲۱	-۰/۱۱۶	۰/۴۰۸	-۰/۳۱۶	-۰/۳۷۳	۰/۲۷۴	-۰/۱۸۲	۰/۶۰۸	-۰/۶۹۴*	۰/۲۷۳
	AMO	-۰/۳۳۶	-۰/۱۷۰	۰/۵۲۵	۰/۶۰۶	۰/۰۲۰	-۰/۲۳۳	۰/۳۱۷	-۰/۰۸۶	-۰/۱۶۹	۰/۱۴۵	-۰/۲۰۹	۰/۰۳۷
مشگین‌شهر	NAO	۰/۱۹۹	-۰/۲۷۷	-۰/۳۹۰	-۰/۳۵۷	-۰/۱۱۰	-۰/۰۳۹	-۰/۵۱۳	۰/۶۰۳	-۰/۰۸۸	۰/۲۹۳	-۰/۳۲۶	۰/۱۱۳
	AMO	۰/۰۰۱	۰/۴۲۴	-۰/۱۸۶	۰/۴۴۱	۰/۴۵۱	۰/۰۹۱	-۰/۰۳۱	-۰/۳۳۰	-۰/۲۸۷	۰/۱۴۰	۰/۰۱۱	-۰/۱۷۶
سراب	NAO	-۰/۳۳۱	۰/۵۸۲	-۰/۲۰۴	-۰/۰۵۹	۰/۱۶۹	-۰/۴۳۴	-۰/۴۶۲	۰/۰۱۰	۰/۳۱۶	۰/۳۳۴	-۰/۴۲۵	۰/۰۹۳
	AMO	-۰/۱۳۱	-۰/۰۷۵	-۰/۱۶۵	۰/۱۴۴	۰/۲۲۸	-۰/۳۶۴	-۰/۱۵۹	-۰/۰۸۶	-۰/۳۶۴	۰/۲۶۶	-۰/۱۵۸	-۰/۰۸۲
هریس	NAO	-۰/۱۹۴	۰/۳۷۸	-۰/۳۹۹	-۰/۰۸۴	۰/۴۸۸	-۰/۲۸۲	۰/۰۵۲	۰/۶۱۴	۰/۰۷۸	۰/۴۰۰	-۰/۳۴۷	۰/۰۷۵
	AMO	۰/۴۲۲	۰/۱۱۱	۰/۰۴۲	۰/۰۸۳	-۰/۲۳۳	-۰/۲۷۷	-۰/۶۰۴	-۰/۲۱۲	-۰/۴۵۲	۰/۱۵۱	-۰/۱۹۳	-۰/۰۸۱

\*همبستگی در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است  
 \*\*همبستگی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار است

ایستگاه‌ها همبستگی معنی‌دار مستقیمی در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد با شاخص NAO داشته ولی در دی‌ماه ایستگاه مشگین‌شهر و هریس همبستگی معکوسی با درصد اطمینان ۹۵ درصد را با این شاخص نشان می‌دهد. شاخص AMO نیز تنها با دمای دی‌ماه ایستگاه هریس رابطه مستقیمی با درصد خطای ۵ درصد نشان می‌دهد.

جدول ۲، مقادیر مربوط به ضریب همبستگی هم‌زمانی پیوند را برای پارامتر دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه با الگوهای پیوند از دور NAO و AMO، برای دوره آماری سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۰۹ نشان می‌دهد. مطابق این جدول دمای ماه‌های خرداد و مهر تمام

جدول ۳- همبستگی همزمانی پارامتر دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه با شاخص AMO و NAO

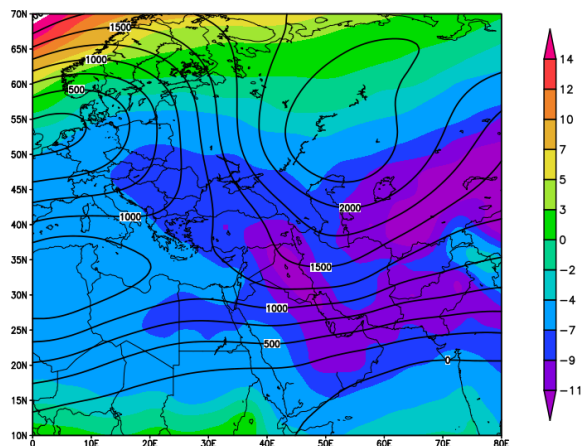
ایستگاه	شاخص	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
اردبیل	NAO	-۰/۴۳۲	-۰/۵۷۶	۰/۷۶۲*	-۰/۰۶۹	-۰/۰۶۳۱	-۰/۰۵۶۹	۰/۷۰۲*	-۰/۰۲۷۰	۰/۱۲۰	-۰/۰۴۷۱	-۰/۰۱۰۸	-۰/۰۳۰۴
	AMO	۰/۰۶۰۱	-۰/۰۱۲۸	-۰/۰۲۲۱	-۰/۰۳۰۸	۰/۰۴۶۹	-۰/۰۶۰۳	-۰/۰۵۲۵	۰/۰۵۹۴	۰/۰۲۹۵	-۰/۰۳۲۱	۰/۰۲۵۶	۰/۰۲۵۸
مشگین شهر	NAO	-۰/۰۵۶۱	-۰/۰۵۰۰	۰/۷۸۵**	-۰/۰۰۶۷	-۰/۰۴۵۹	-۰/۰۵۵۶	۰/۷۴۰*	-۰/۰۰۶۴	۰/۰۲۸۰	-۰/۰۶۳۶*	-۰/۰۰۴۸	-۰/۰۲۲۷
	AMO	۰/۰۳۳۲	-۰/۰۱۷۳	-۰/۰۲۲۵	-۰/۰۲۳۹	۰/۰۳۷۲	-۰/۰۶۳۲	-۰/۰۲۹۶	۰/۰۵۹۵	۰/۰۳۷۷	-۰/۰۲۸۸	-۰/۰۳۱۳	-۰/۰۰۶۵
سراب	NAO	-۰/۰۵۸۴	-۰/۰۵۱۷	۰/۷۶۸**	-۰/۰۰۶۹	-۰/۰۵۶۰	-۰/۰۵۶۳	۰/۷۷۹**	-۰/۰۱۵۶	۰/۰۲۹۳	-۰/۰۵۸۴	-۰/۰۱۴۱	-۰/۰۳۴۹
	AMO	۰/۰۲۵۷	-۰/۰۰۴۹	-۰/۰۲۴۵	-۰/۰۱۱۵	۰/۰۲۱۴	-۰/۰۵۵۱	-۰/۰۲۵۵	۰/۰۵۷۲	۰/۰۲۷۱	-۰/۰۴۷۱	-۰/۰۰۸۸	۰/۰۲۵۷
هریس	NAO	-۰/۰۵۴۶	-۰/۰۵۷۶	۰/۸۴۳**	-۰/۰۰۰۹	-۰/۰۵۴۳	-۰/۰۵۴۲	۰/۸۰۵**	-۰/۰۱۳۸	۰/۰۲۲۳	-۰/۰۷۵۴*	-۰/۰۰۴۰	-۰/۰۳۲۸
	AMO	۰/۰۴۱۰	-۰/۰۰۱۰۷	-۰/۰۲۶۳	-۰/۰۰۸۲	۰/۰۱۸۲	-۰/۰۴۴۳	-۰/۰۰۸۷	۰/۰۵۹۴	۰/۰۴۳۵	-۰/۰۶۴۵*	-۰/۰۳۴۵	۰/۰۱۳۸

\*\* همبستگی در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است  
\* همبستگی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار است

### • تحلیل همید اثر فاز منفی شاخص نوسان اطلس شمالی

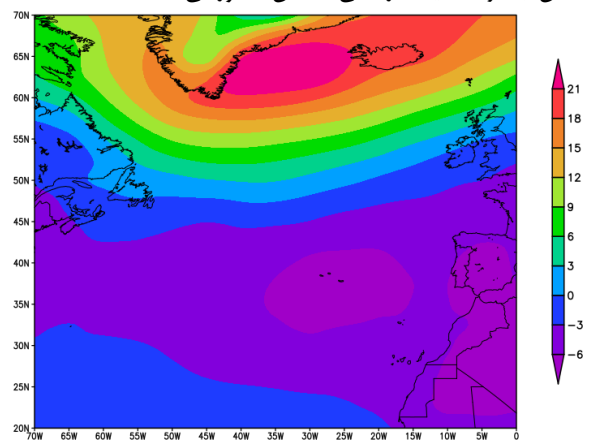
شکل ۴، آنومالی فشار سطح زمین در دوره‌های حاکمیت فاز منفی نوسان اطلس شمالی را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود فشار هوای منطقه آزور در غرب پرتغال ۶ هکتوپاسکال نسبت به کل دوره مورد مطالعه کاسته شده در حالی که در آیسلند عکس این قضیه حکم‌فرماست و میزان تغییرات فشار جوی ۲۱ هکتوپاسکال نسبت به کل دوره مورد بررسی افزایشی را نشان می‌دهد این حالت از وضعیت فشار در اقیانوس اطلس بیانگر حاکمیت فاز منفی شاخص مذکور می‌باشد.

کاهش می‌یابد و این کاهش فشار در خاورمیانه و آسیای میانه به بیشترین حد خود رسیده و در مناطق مورد مطالعه میزان ۷ هکتوپاسکال از فشار هوا کاسته شده است. طبیعتاً با حاکمیت چنین وضعیتی به علت گرمی و چرخندگی مثبت هوا وضعیت جوی ناپایدار می‌گردد. مقادیر ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز در این دوره از فاز NAO افزایش یافته و مناطق مورد مطالعه در پشت محور فرود ناوه قرار گرفته است. بادهای غربی به موازات کانال خطوط فشار هم‌ارتفاع در روی اروپا حرکت نصف‌النهاری داشته‌اند و رطوبت دریای آتلانتیک و دریای سیاه را وارد جو مناطق مطالعاتی نموده‌اند.



شکل ۵- نقشه آنومالی ترکیبی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در دوره حاکمیت فاز منفی NAO

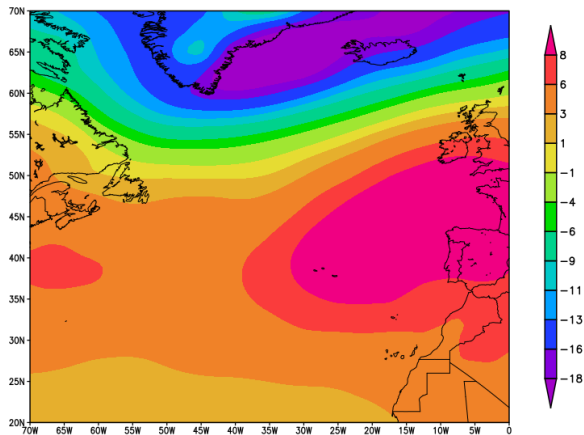
شکل ۶، وضعیت آنومالی دمای تراز سطح زمین را در دوره فاز منفی NAO نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که کل پهنه جغرافیایی ایران با تفاوت‌های نسبی نواحی به هم، دمای زیادی را متحمل شده و این حالت



شکل ۴- نقشه آنومالی فشار تراز سطح دریا در اقیانوس اطلس شمالی در دوره حاکمیت فاز منفی NAO

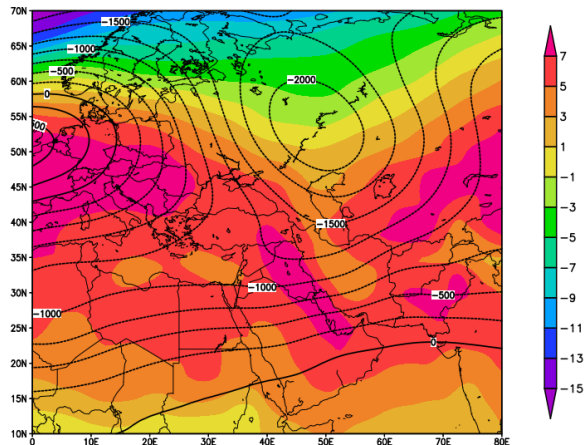
شکل ۵، نقشه ترکیبی آنومالی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد. مطابق این شکل با حاکمیت فاز منفی NAO فشار جوی در عرض ۱۵ تا ۵۵ درجه عرض شمالی

کم شده است. این حالت مبین حاکمیت فاز مثبت شاخص مذکور می‌باشد.



شکل ۸- نقشه آنومالی فشار تراز سطح دریا در اقیانوس اطلس شمالی در دوره حاکمیت فاز مثبت NAO

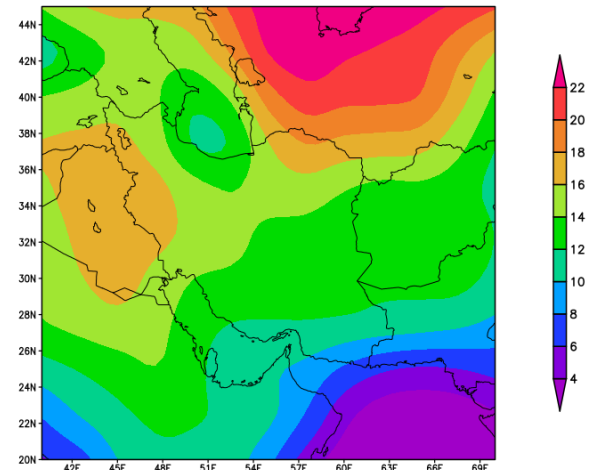
شکل ۹، نقشه آنومالی ترکیبی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ میلی‌بار را در دوره فاز مثبت NAO نشان می‌دهد. برعکس دوره منفی شاخص یادشده این بار در عرض جغرافیایی ۱۰ تا ۶۰ درجه شمالی بر مقدار فشار هوا افزوده شده است. این وضعیت بر پهنه جغرافیایی ایران و بخصوص مناطق مورد مطالعه نیز صادق است. با حاکمیت سامانه‌های پرفشار، مسلماً وضعیت چرخندگی نیز منفی شده و حرکات عمودی هوا فرونشست کرده و هوا پایدار می‌گردد. این شرایط را فشار خطوط هم‌ارتفاع نیز نشان می‌دهد که با فرونشست هوا فشار در لایه‌های پایینی زمین تجمع یافته و منفی نشان دادن مقادیر خطوط ارتفاع ژئوپتانسیل این موضوع را بیان می‌کند.



شکل ۹- نقشه آنومالی ترکیبی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در دوره حاکمیت فاز مثبت NAO

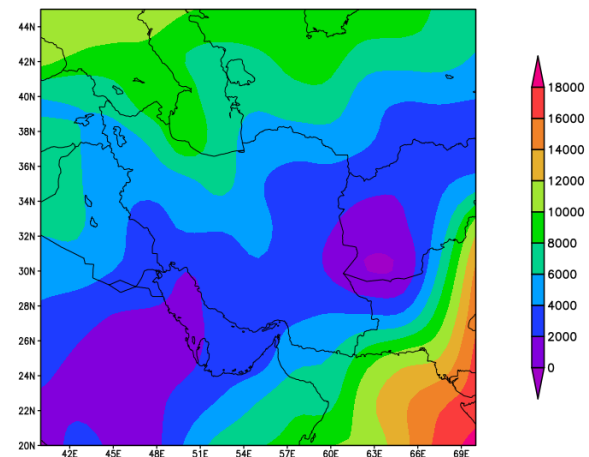
شکل ۱۰، آنومالی دمای سطح زمین را برای دوره فاز مثبت NAO نشان می‌دهد. با توجه به این‌که غالباً سیستم‌های پرفشار در منطقه حاکم بوده و نشست هوا ویژگی این سامانه می‌باشد در این نقشه نیز هوای سرد به علت سنگینی در سطح زمین حاکم بوده و ایران کاهش دما را تجربه کرده است. دمای مناطق مورد مطالعه در این دوره با کاهش ۱۱ درجه‌سنتی گراد مواجه بوده است و مناطق غرب و شمال شرق ایران کاهش دمای محسوس‌تری نسبت به جنوب شرق نشان داده‌اند.

باعث می‌شود که توده هوای موجود در جو به علت سبکی صعود کرده و ناپایدار شود. در این دوره از شاخص مذکور، تغییرات دما در مناطق مطالعاتی ۱۴ درجه‌سنتی گراد افزایش را نشان می‌دهد.



شکل ۶- نقشه آنومالی دمای تراز سطح زمین در دوره حاکمیت فاز منفی NAO

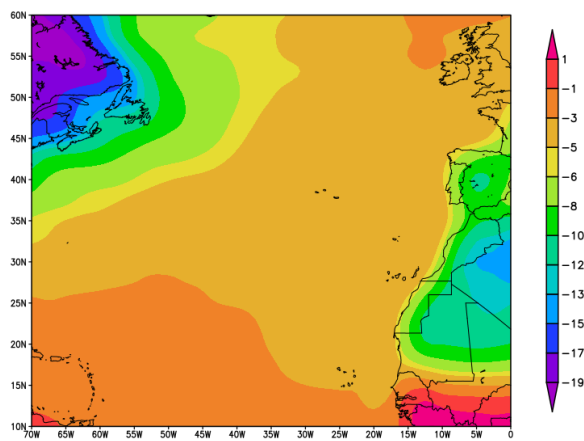
شکل ۷، آنومالی آب قابل بارش را در دوره حاکمیت فاز منفی NAO نشان می‌دهد. در این دوره با تجمع شرایط ریزش بارش از قبیل افزایش دمای توده هوا و صعود آن، حاکمیت سیستم کم‌فشار و واقع شدن ایران در جلوی هجوم بادهای غربی حامل رطوبت دریای آتلانتیک و دریای سیاه باعث شده میزان آب قابل بارش در کل گستره جغرافیایی ایران افزایش یابد. بخصوص این میزان در آتمسفر مناطق مورد مطالعه به ۱۰ کیلوگرم بر یک مترمربع رسیده است.



شکل ۷- نقشه آنومالی آب قابل بارش در اقیانوس اطلس شمالی در دوره حاکمیت فاز منفی NAO

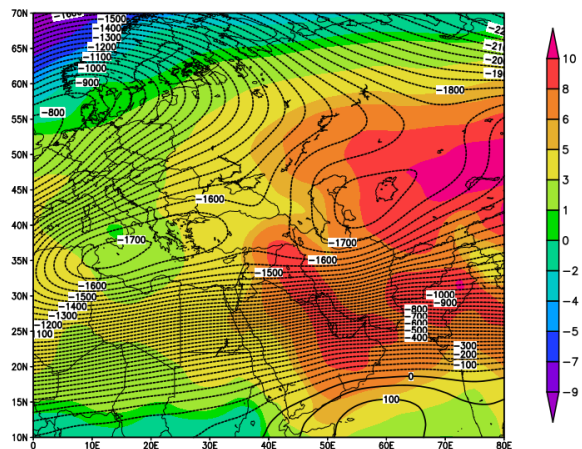
#### • تحلیل هم‌دید اثر فاز مثبت شاخص نوسان اطلس شمالی

شکل ۸، آنومالی فشار تراز سطح دریا در گستره اقیانوس اطلس را در طی فاز مثبت شاخص نوسان اطلس شمالی نشان می‌دهد. مطابق این شکل فشار در آזור غرب پرتغال نسبت به دوره مورد مطالعه ۸ هکتوپاسکال افزایش یافته در حالی‌که فشار در آیسلند ۱۸ هکتوپاسکال



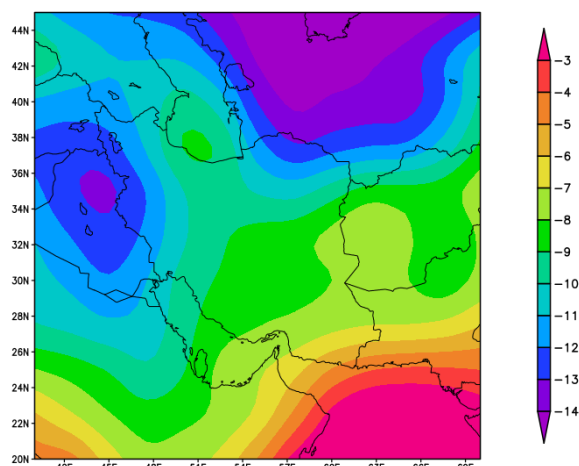
شکل ۱۲- نقشه آنومالی فشار تراز سطح دریا در اقیانوس اطلس شمالی در دوره حاکمیت فاز سرد AMO

شکل ۱۳، نقشه ترکیبی آنومالی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای دوره حاکمیت فاز سرد AMO نشان می‌دهد. در این زمان میزان فشار سطح زمین در پهنه آسیا، اروپا و شمال آفریقا افزایش یافته و این وضعیت نشان می‌دهد جریانات هوا پایدار گشته است. این چنین شرایطی در آسیای میانه و خاورمیانه شدیدتر بوده و کشور ایران را نیز شامل شده است. آنمسفر مناطق مورد مطالعه حدود ۶ هکتوپاسکال افزایش فشار را تجربه کرده و با چرخندگی منفی، هوا فرونشست نموده است. با ازدیاد فشار در سطح زمین مقادیر خطوط فشار هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل نیز کاهش یافته و این موضوع را بیان می‌کند. آرایش خطوط فشار هم‌ارتفاع همچنین بیان می‌دارد مناطق مورد مطالعه در پشت محور فرود واقع گشته و جریانات هوای سرد شمالی از طریق کانال این ناوه بر جو آن سرازیر شده است.



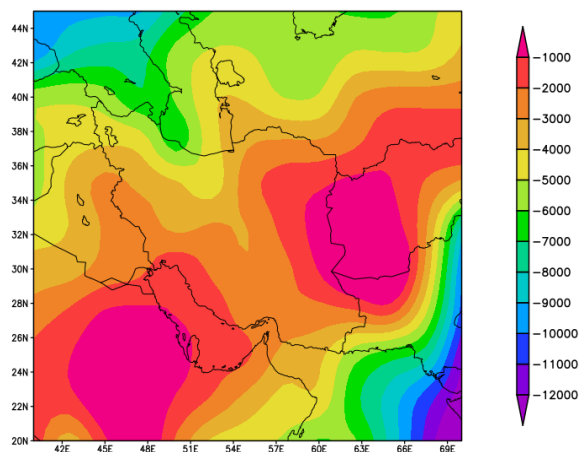
شکل ۱۳- نقشه آنومالی ترکیبی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع

ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در دوره حاکمیت فاز سرد AMO عوامل فوق‌الذکر تأثیراتش را در شکل ۱۴ و ۱۵، به وضوح نشان می‌دهد. با حاکمیت سامانه پرفشار بر مناطق مطالعاتی و به دنبال آن فرونشست هوا از یک طرف و ریزش هوای سرد عرض‌های شمالی از طرفی دیگر کاهش دمایی در حدود ۱۲ درجه سانتی‌گراد را در پی داشته است. با سرازیر شدن هوای سرد و خشک عرض‌های بالا قسمتی از جریانات بادهای شمالی رطوبت دریای سیاه را قطع نموده و به سمت غرب هدایت کرده است. قسمتی از این بادهای نیز هوای سرد و خشک را



شکل ۱۰- نقشه آنومالی دمای تراز سطح زمین در دوره حاکمیت فاز مثبت NAO

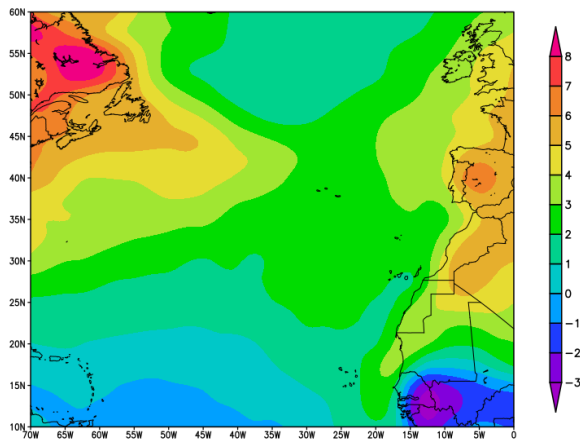
شکل ۱۱، آنومالی آب قابل بارش از سطح زمین تا سطوح فوقانی جو را در دوره حاکمیت فاز مثبت NAO نشان می‌دهد. همانطور که آشکار است میزان رطوبت و آب قابل بارش در کل پهنه جغرافیایی ایران در دوره مذکور کاهش یافته و دلیل آن نبود عوامل ریزش بارش از قبیل صعود هوا با توجه به حاکمیت پرفشار و دمای سرد و سنگین می‌باشد. میزان آب قابل بارش در مناطق مطالعاتی ۵ کیلوگرم نسبت به کل دوره مورد بررسی کاهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱- نقشه آنومالی آب قابل بارش در اقیانوس اطلس شمالی در دوره حاکمیت فاز مثبت NAO

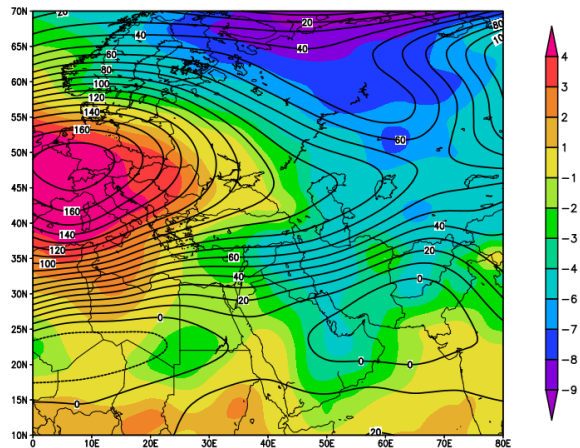
### • تحلیل همدید اثر فاز سرد شاخص نوسان چند دهه‌ای اقیانوس اطلس

شکل ۱۲، آنومالی دمای تراز سطح دریای محدوده فعالیت نوسان دهساله اقیانوس اطلس را نشان می‌دهد همانطور که مشخص است شاخص در فاز سرد خود می‌باشد. این تغییرات کاهش دما نسبت به دوره کل مطالعاتی در بستر اقیانوس اطلس از -۱ تا -۱۰ درجه سانتی‌گراد متغیر بوده است.



شکل ۱۶- نقشه آنومالی فشار تراز سطح دریا در اقیانوس اطلس شمالی در دوره حاکمیت فاز گرم AMO

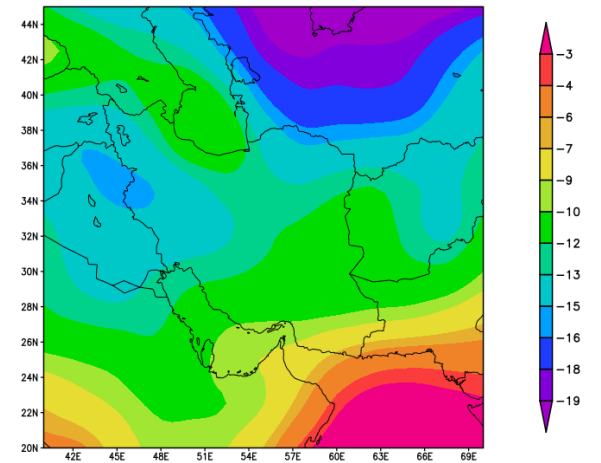
شکل ۱۷، نقشه ترکیبی آنومالی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای دوره حاکمیت فاز گرم AMO نشان می‌دهد. در طول این دوره نواحی غرب اروپا سیستم غالب بر آن پرفشار دینامیکی بوده درحالی‌که در شمال اروپا، آسیا و خاورمیانه سامانه‌های کم‌فشار حرارتی مستولی گشته است. تغییرات فشار جوی در کشور ایران و بخصوص مناطق مورد مطالعه نیز کاهش یافته و چرخندگی مثبت هوا در چنین سیستمی منجر به صعود هوا شده است. از سویی دیگر در مرز بین دو سیستم فشار یادشده که جبهه‌خیز بوده و شمال‌غرب ایران به علت نزدیکی به آن از این امر بیشتر متأثر بوده بنابراین ناپایداری شدیدی بر مناطق مطالعاتی مورد انتظار بوده است. مقادیر مثبت خطوط فشار هم‌ارتفاع نیز در کل نقشه این نکته را اثبات می‌کند که فشار در لایه‌های بالایی جو زیاد بوده است. همچنین ایران با توجه به این‌که در قسمت جلوی محور فرود ناوه قرار گرفته بر شدت ناپایداری افزوده و از طرفی دیگر قرار گرفتن ایران در جلوی حرکت مستقیم بادهای غربی موجب شده از رطوبت دریای مدیترانه بیشتر بهره ببرد.



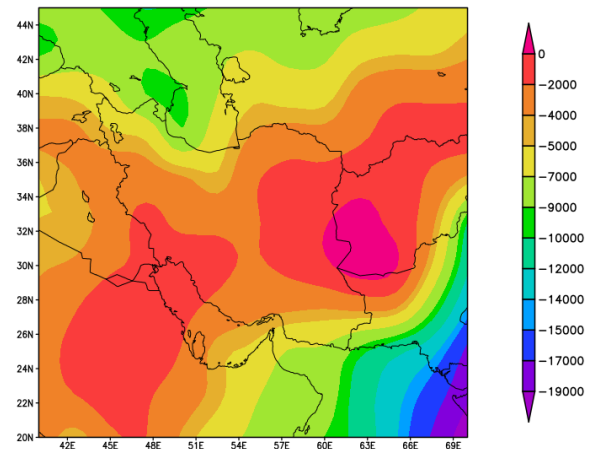
شکل ۱۷- نقشه آنومالی ترکیبی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در دوره حاکمیت فاز گرم AMO

شکل ۱۸، نقشه آنومالی دمای سطح زمین را در طول دوره حاکمیت فاز مثبت AMO نشان می‌دهد. با توجه به حاکمیت سامانه‌های کم‌فشار حرارتی، نفوذ هوای گرم آفریقای شمالی از طریق بادهای غربی بر اتمسفر مناطق مورد مطالعه و تشدید حرکات چرخندی هوا به افزایش

بر جو مناطق مطالعاتی وارد کرده است. با توجه به این وضعیت مقدار ۷ کیلوگرم بر یک مترمربع آب قابل بارش کاهش یافته است.



شکل ۱۴- نقشه آنومالی دمای تراز سطح زمین در دوره حاکمیت فاز سرد AMO



شکل ۱۵- نقشه آنومالی آب قابل بارش در اقیانوس اطلس شمالی در دوره حاکمیت فاز سرد AMO

### • تحلیل هم‌دید اثر فاز گرم شاخص نوسان چند دهه‌ای اقیانوس اطلس

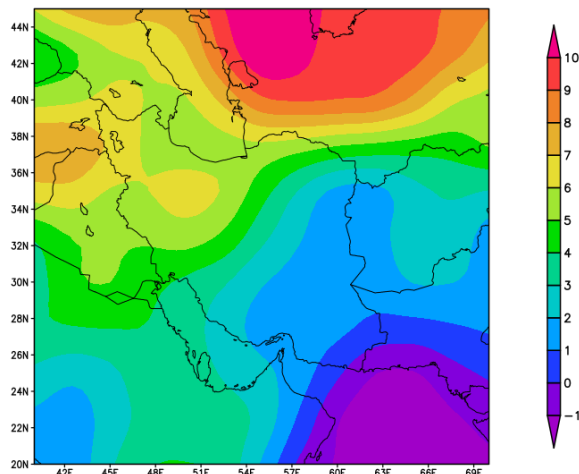
شکل ۱۶، آنومالی دمای سطح زمین را در بستر اقیانوس اطلس نشان می‌دهد. در محدوده فعالیت AMO، شاهد افزایش دمای حدود ۳ تا ۴ درجه سانتی‌گراد نسبت به کل دوره مورد مطالعه هستیم که این نشان می‌دهد فاز گرم AMO حاکم بوده است. مطمئناً گرمی دمای سطح دریا باعث افزایش تبخیر شده و سبب گرم شدن لایه‌های زیرین توده هوای روی شده است این توده هوا به علت سبک بودن آن به همراه بخار آب اقیانوس اطلس به ارتفاعات بالا شریان یافته‌اند.



## ۴- نتیجه گیری

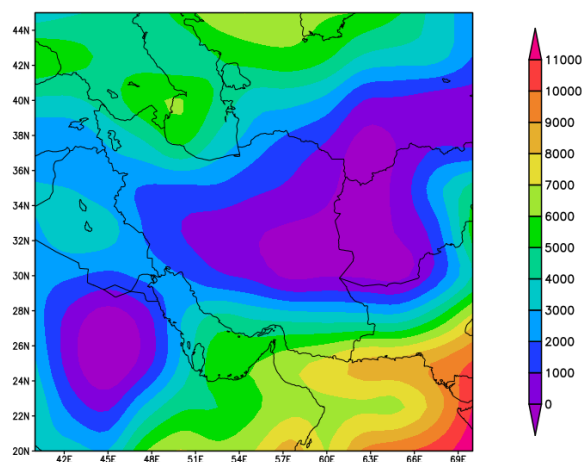
هدف از ارائه این تحقیق مشخص نمودن رابطه‌ی بین دو الگوی پیوندز دور مهم اقیانوس اطلس یعنی NAO و AMO با تغییرپذیری پارامتر دما و بارش در ایستگاه‌های اردبیل، مشگین‌شهر، سراب و هریس می‌باشد. بدین ترتیب نتایج حاصل از همبستگی پیرسون برای پارامتر دما نشان داد در بین ماه‌های مختلف سال، دمای خردادماه و مهرماه تمام ایستگاه‌ها همبستگی معنی‌دار مستقیمی در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد با شاخص NAO داشته ولی در دی‌ماه ایستگاه مشگین‌شهر و هریس همبستگی معکوسی با درصد اطمینان ۹۵ درصد را با این شاخص داشته است. شاخص AMO نیز تنها با دمای دی‌ماه ایستگاه هریس رابطه مستقیمی با درصد اطمینان ۹۵ درصد را نشان داده است. اما نتایج برای پارامتر بارش نیز مشخص نمود تنها بارش بهمن‌ماه ایستگاه اردبیل با شاخص نوسان اطلس شمالی همبستگی معنی‌دار معکوسی در سطح اطمینان ۹۵ درصد داشته است. نتایج حاصل از تحلیل سینوپتیکی نیز نشان داد در دوره‌های زمانی که شاخص NAO در فاز منفی و شاخص AMO در فاز گرم بوده سیستم غالب بر مناطق مورد مطالعه کم‌فشار حرارتی بوده و شرایط چرخندی بر آن حاکم شده و دما و بارندگی افزایش یافته و ترسالی به وقوع پیوسته است عکس این حالت زمانی رخ داده که شاخص NAO در فاز مثبت و شاخص AMO در فاز سرد خود به سر می‌برده و با حاکمیت سامانه‌های پرفشار و شرایط واچرخندی در مناطق مورد مطالعه دما و بارندگی کاهش یافته و شرایط خشکسالی را رقم زده است. در مورد شاخص‌های مذکور نتایج ضدونقیض زیادی وجود دارد با این حال نتایج حاصل از همبستگی پیرسون در مورد پارامتر بارش با شاخص NAO با نتیجه کار رزمجو و همکاران (۱۳۹۹) تداوی دارد. به طوری که آن‌ها نشان دادند شاخص NAO در یک رابطه خطی قادر به تبیین سهم بزرگی از تغییرپذیری خشکسالی و ترسالی‌های ایران نمی‌باشد. در مورد پارامتر دما نتیجه کار تحقیقی مرادی (۱۳۸۳) نشان داد زمانی که شاخص در فاز مثبت بوده در زمستان کاهش دما در اکثر مناطق کشور همراه بوده است. مطابق این نتیجه در این تحقیق نیز ثابت شد که با حاکمیت دوره فاز مثبت NAO دما کاهش یافته است.

دما در سطح ایران و بخصوص مناطق مطالعاتی منجر شده است و میزان تغییرات افزایش دما در شمال غرب ایران نسبت به جنوب شرق بیشتر ملموس بوده است.



شکل ۱۸- نقشه آنومالی دمای تراز سطح زمین در دوره حاکمیت فاز گرم AMO

شکل ۱۹، نقشه آنومالی آب قابل بارش سطح زمین تا ارتفاعات فوقانی جو را در طول دوره حاکمیت فاز گرم AMO نشان می‌دهد. همانطور که پیشتر گفته شد مناطق مطالعاتی در تیررس حرکت مستقیم بادهای غربی قرار داشته و این بادهای غربی حامل رطوبت دریای مدیترانه بوده‌اند و با شار آن بر جو مناطق مورد مطالعه به ازدیاد رطوبت منجر شده‌اند. همچنین دیگر عامل ریزش بارش یعنی صعود هوا نیز به علت تحرکات چرخندی هوا مهیا بوده و در نهایت بر میزان بارش‌ها افزوده شده است به طوری که در مناطق مورد مطالعه مقدار ۵ کیلوگرم بر یک مترمربع بر میزان آب قابل بارش افزوده شده است.



شکل ۱۹- نقشه آنومالی آب قابل بارش در اقیانوس اطلس شمالی در دوره حاکمیت فاز گرم AMO

## منابع

- اژدری معموره، خ، گندمکار، ا، کبیری، ک، ۱۳۹۹. آشکارسازی تأثیرات آنومالی‌های حرارتی ناشی از سیگنال‌های کلان‌مقیاس جوی-اقیانوسی در رخدادهای سفید شدگی آبسنگ‌های مرجانی خلیج فارس، اقیانوس‌شناسی، سال ۱۱، شماره ۴۳، ص ۶۱-۷۰.
- اسعدی اسکویی، ا، هلالی، ج، ۱۴۰۰. تحلیل همبستگی شاخص‌های پیوند ازدور بزرگ مقیاس با تبخیر و تعرق مرجع ماهانه ایستگاه‌های همدید ایران، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، سال ۵۲، شماره ۶، ص ۱۶۲۹-۱۶۴۴.
- امیدوار، ک، ۱۳۹۱. آب‌وهواشناسی دینامیک، انتشارات دانشگاه یزد.
- امیدوار، ک، ۱۳۹۹. رابطه آب‌وهوایی اتمسفر و اقیانوس، انتشارات دانشگاه یزد.
- ذوالفقاری، ح، ۱۳۹۰. هیدروکلیماتولوژی، انتشارات دانشگاه رازی.
- ذوالفقاری، ح، ۱۳۹۳. آب‌وهوای کره زمین، انتشارات دانشگاه رازی.
- رزمجو، س، محمودی، پ، جهانشاهی، س. م. ا، ۱۳۹۹. بررسی ارتباط بین شاخص نوسان اطلس شمالی (NAO) با خشکسالی‌ها و ترسالی‌های ایران در دو مقیاس ایستگاهی و منطقه‌ای، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال ۱۱، شماره ۴۲، ص ۱۶۹-۱۸۶.
- صلاحی، ب، 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، سال ۲۸، شماره ۳، ص ۱۱۹-۱۳۰.
- طولابی‌نژاد، م، حجازی‌زاده، ز، بساک، ع، بزمی، ن، ۱۳۹۷. اثرات نوسان اطلس شمالی بر ناهنجاری تراز میانی جو و بارش ایران (مطالعه موردی: غرب ایران)، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۸، شماره ۴۹، ص ۱۹-۳۵.
- فرج‌زاده، م، ۱۳۹۴. تکنیک‌های اقلیم‌شناسی، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت) مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی.
- قربانی، ا، غفاری، س، ستاریان، ع، اکبرلو، م، بیدار لرد، م، ۱۳۹۵. گیاهان دارویی زیست‌بوم مرتعی سبلان در استان اردبیل، نشریه حفاظت زیست‌بوم گیاهان، دوره ۴، شماره ۹، ص ۷۷-۹۶.
- مرادی، ح، ۱۳۸۳. شاخص نوسانات اطلس شمالی و تاثیر آن بر اقلیم ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۶، شماره ۴۸، ص ۱۷-۳۰.
- ناظم السادات، س. م. ج، مصطفی‌زاده، ک، ۱۳۹۳. تأثیر پدیده AMO بر نوسان بارش زمستانه و رخداد دوران‌های خشک و تر ایران، دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب و محیط زیست)، شهرکرد.
- Enfield, D.B., Mestas-Nuñez, A.M., Trimble, P.J. 2001. The Atlantic Multidecadal Oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental U.S., *Geophysical Research Letters*, Vol. 28, P. 2077-2080.
- Ginoux, P., Prospero, J.M., Torres, O., Chin, M. 2004. Long-term simulation of global dust distribution with the GOCART model: correlation with North Atlantic Oscillation, *Environmental Modelling & Software*, Vol. 19, P. 113-128.
- Hurrell, J.W. 1995. Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation, *Science*, Vol. 269, P. 676-679.
- Knight, J.R., Folland, Ch.K., Scaife, A.A. 2006. Climate impacts of the Atlantic Multidecadal Oscillation, *Geophysical Research Letters*, Vol. 33, P. 1-4.
- Lamb, P.J., Pepler, R.A. 1987. North Atlantic Oscillation: Concept and an Application, *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 68, P. 1218-1225.
- Visbeck, M.H., Hurrell, J.W., Polvani, L., Cullen, H.M. 2001. The North Atlantic Oscillation: Past, present, and future, *Pnas*, Vol. 98, P. 12876-12877.

# Simultaneous effect of NAO and AMO remote bonding indices on temperature and precipitation variability of cities adjacent to Sabalan

Batol Zeynali<sup>1\*</sup>; Mahdi Frotan<sup>2</sup>

\*1. Professor, Department of Natural Geography, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil

2. PhD student in climatology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil

\*Email Address: zeynali.b@uma.ac.ir

## Abstract

Coordination between the temporal changes of two distant points, which is mainly used for pressure changes, is called remote connection. The purpose of this study is to investigate the variability of temperature and precipitation parameters of Ardabil, Meshginshahr, Sarab and Harris stations from two remote connection models of North Atlantic Oscillation Index and Pacific Decades Index using Pearson torque correlation method and synoptic analysis. For this purpose, data related to the two mentioned indicators were prepared from the Nova site for the period 2009-2018. Also, for this statistical period, data related to temperature and precipitation parameters were obtained from Ardabil Meteorological Department. Then, after standardization of temperature and precipitation, using Pearson correlation method for NAO index, it was found that the temperature of all stations in June, October and February precipitation of Ardabil station had the highest significant direct correlation with 99 and 95% confidence level with this index. The AMO index also showed a direct relationship with the January temperature of Harris station with only 5% probability of error. In order to investigate the effect of these patterns on the studied parameters of NETCDF data, monthly mean sea level pressure, geopotential level of 500 hPa, temperature and rainfall water were obtained from Nova site and synoptic maps were drawn in Gardes software environment. The results showed that when NAO index is in negative phase and AMO index is in hot phase, the dominant system in the studied areas is low thermal pressure and rotational conditions prevail and temperature and rainfall increase and wetting occurs, unlike when NAO index is in phase. The AMO index is positive in the cold phase, with the dominance of high-pressure systems and rotation conditions in the study areas, the temperature and rainfall have decreased and the drought conditions have been determined.

## Introduction

Temporal variability is an inherent feature of climate. Experimental evidence has shown that many climatic processes are not stable over time. Variability refers to fluctuations or a pattern of fluctuations that occur at certain specific intermediate values. Cases of temporal variability of climate such as day-to-day, inter-seasonal, annual and spatial changes with horizontal gradients can be expressed. Changes in the functioning of the climate system over time are a description of the temporal changes of interest to climatologists. The causes of climate change are time-dependent, so they can be divided into external and internal forces. External forces are related to the natural variability of the climatic system, which is dependent on changes in solar radiation. But the second category of forces is due to the internal dynamics of the climate system. They cause a series of random fluctuations and form possible disordered behaviors. In the time scale of decades, the precipitation parameter is more sensitive to atmospheric circulation changes than the temperature parameter (Zolfaqari, 1390: 297). The term remote linking was introduced by Angstrom in 1935 in the context of patterns of climatic ups and downs; Berkenes then used it in 1969 to describe patterns of reaction to the surrounding surface force. In the 1990s, renewed attention to teleconnection patterns shifted beyond the pressure fluctuations described by Walker and the global anomalies. Their characteristics and global causes were searched using various spatial analysis methods and atlases of remote connection were published (Omidvar, 2012: 276). Two of the most important long-distance link indicators affecting the global climate, which are based in the Atlantic Ocean, are the NAO North Atlantic Oscillation Index and the AMO Atlantic Decade Index. North Atlantic Fluctuation is the predominant method of climate change in the North Atlantic Basin that is associated with changes in atmospheric pressure and winds. This index is described by atmospheric pressure changes associated with atmospheric mass metamorphic changes. The index also depends on changes in polar air masses near Iceland and subtropical air masses across the Atlantic from the Azores to the Iberian Peninsula. The signal for its emergence is highly regional and is obtained by calculating the difference between the

anomalies of normalized pressure at sea level from December to March at the station in Lisbon, the capital of Portugal, and the station at Stikosholmor in Iceland (Dhu al-Faqari, 2014: 222). Another important and influential indicator of the global climate in the northern hemisphere is the multi-decade index of the Atlantic Ocean, which has two phases of hot and cold, and its calculation is based on changes in water temperature in the northern Atlantic (30 to 65 degrees north). This index was first identified and expressed by leaf research in 2001 as a result of small changes in the circulation of the Atlantic thermocline. This pattern has temperature fluctuations between 20 and 40 years in the Atlantic Ocean from the tropics to the Greenland glaciers (Omidvar, 1399: 110).

### Methodology

The purpose of this study is to investigate the influence of temperature and precipitation parameters of synoptic stations near Sabalan Mountain (Ardabil, Meshginshahr, Sarab and Harris) from different phases of the North Atlantic Oscillation Index and the Decade of the Atlantic Index. For this purpose, monthly data of temperature and precipitation parameters of the mentioned stations for the statistical period of ten years (2009-2018) were obtained from Ardabil Meteorological Department and data related to NAO and AMO remote connection patterns index for the study period were prepared from Nova site. Due to the fact that the data of the mentioned indicators were recorded in a standardized way, it was necessary to standardize the temperature and precipitation parameter data in the SPSS software environment in order to show their relationships using Pearson torque correlation method. Thus, it was determined which months are more related to the mentioned patterns. In the next stage, the months and years of the statistical period were divided according to the different phases of the mentioned indicators and combined anomaly maps of sea level pressure with geopotential level of 500 millibars, surface temperature anomaly and rainwater anomaly from the surface to the upper atmosphere for them. Gardes was drawn in the software environment. To do this, monthly data on mean sea level pressure, geopotential elevation, temperature and rainwater were collected from the NCEP-NCAR site.

### Conclusion

The purpose of this study is to determine the relationship between two important far-linking patterns of the Atlantic, namely NAO and AMO with the variability of temperature and precipitation parameters in Ardabil, Meshginshahr, Sarab and Harris stations. Thus, the results of Pearson correlation for temperature parameter showed that between different months of the year, June and October, all stations had a significant direct correlation with 99 and 95% confidence level with NAO index, but in December, Meshginshahr and Harris station had an inverse correlation with confidence percentage. It had 95% with this index. The AMO index also showed a direct correlation with the 95% confidence level only with the January temperature of Harris station. But the results for the precipitation parameter also showed that only the February precipitation of Ardabil station with the North Atlantic Oscillation index had a significant inverse correlation at the 95% confidence level. The results of synoptic analysis also showed that in periods when NAO index is in negative phase and AMO index is in hot phase, the dominant system in the study areas is low thermal pressure and rotational conditions prevail and temperature and rainfall increase and wetting occurs. The opposite is true when the NAO index is in the positive phase and the AMO index is in the cold phase. There are many contradictory results about the mentioned indices. However, the results of Pearson correlation regarding the precipitation parameter with the NAO index are associated with the results of Razmjoo et al. (1399). As they showed, the NAO index in a linear relationship is not able to explain the large share of variability in drought and new years in Iran. Regarding the temperature parameter, the result of Moradi (2004) research showed that when the index was in the positive phase, in winter, the temperature decreased in most parts of the country. According to this result, in this study, it was proved that with the rule of the positive phase period of NAO, the temperature has decreased.

### Keywords

"Remote link", "NAO", "AMO", "Sabalan"