

بررسی ارتباط تغییرات پرفشار سیبری و نوسان شمالگان بر فرارفت دمایی فصل زمستان در منطقه اوراسیا

عاطفه رضایی طالعی^۱، یداله یوسفی*^۲، زهرا حجازی زاده^۳

^۱ گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

^۲ گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران

^۳ گروه آب و هواشناسی دانشکده جغرافیای دانشگاه خوارزمی تهران ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۰۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۳

مکیده

پرفشار سیبری قوی ترین پرفشار سطحی در نیمکره شمالی است که تقویت و تضعیف آن موجب تغییرات در اقلیم مناطق گوناگون می شود. با هدف شناخت برهمکنش بین گردش بزرگ مقیاس قطبی و اثرات آن بر شدت و ضعف پرفشار سیبری، ارتباط بین تغییرات این پرفشار و نوسان شمالگان در زمستان نیمکره شمالی بررسی شد. بدین منظور در بازه زمانی ۱۹۵۰ تا ۲۰۲۲ میلادی، داده های شاخص AO، فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیلی از مرکز پیش بینی محیطی / علوم جو (NCEP/NCAR) دریافت و پس از بررسی مشاهده شد که در زمستان نیمکره شمالی، بیشترین وسعت و شدت پرفشار سیبری به ترتیب در ماه های دسامبر و ژانویه است. نتایج نشان داد که با وقوع ناهنجاری های شدید در منطقه قطبی، پرفشار سیبری به صورت مستقیم دچار شدت و ضعف می شود؛ به گونه ای که در فاز مثبت شاخص AO، ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیلی در مناطق قطب منفی و دو هسته ناهنجاری مثبت روی آسیای مرکزی و شرق اروپا تشکیل می شود. در این حالت پرفشار سیبری با افزایش فشار همراه می شود که گاهی مقدار این افزایش فشار به بیش از ۱۰ تا ۱۵ هکتوپاسکال در یک ماه نسبت به میانگین بلندمدت می رسد. در فاز منفی شرایط برعکس می شود و با ناهنجاری مثبت ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در منطقه قطبی، دو ناوه همراه با ناهنجاری منفی ارتفاع ژئوپتانسیلی روی شرق اروپا و آسیای مرکزی تشکیل می شود. در این وضعیت پرفشار سیبری تضعیف و از فشار آن کاسته می شود. نتایج مطالعه نشان داد که می توان از شاخص AO برای پیش بینی فصلی و درون فصلی پرفشار سیبری استفاده و بر اساس آن رفتار این سامانه را تبیین کرد. نتایج حاصل از بررسی فرارفت دمایی نیز نشان داد که در دوره های همراه با ناهنجاری مثبت و منفی، به ترتیب در منطقه اوراسیا و سیبری فرارفت گرم و سرد قوی به وجود می آید و از طرفی در منطقه قطبی و جنب حاره ای نیز به ترتیب کاهش و افزایش دما در دو فاز AO مشاهده می شود.

کلمات کلیدی: پرفشار سیبری، بی هنجاری، شاخص AO، پیش بینی، فرارفت دمایی

نقشه‌های همدیدی مربوط به فشار تراز دریا، حضور یک سامانه پرفشار نیمه پایای قوی را در فصل سرد سال روی منطقه اوراسیا نشان می‌دهد. این سامانه که معمولاً مرکز آن روی شمال مغولستان بسته می‌شود، می‌تواند تا بخش‌های وسیعی از آسیا را در بر بگیرد. این گرتة (الگوی) همدیدی یا گردش و اچرخندی بزرگ مقیاس جوی، پرفشار سیبری نامیده می‌شود و میانگین فشار آن بیش از ۱۰۳۰ هکتوپاسکال است. زبانه‌های این پرفشار در زمان بیشینه فعالیت خود، علاوه بر بیشتر مناطق آسیا، بخش‌هایی از اروپا را نیز در بر می‌گیرد و همچنین گستره این پرفشار گاهی با یک پشته به سوی آلاسکا تا جنوب شرق آسیا و خاورمیانه ادامه می‌یابد (ماکروگیانیس و همکاران، ۱۹۸۱؛ پرزرکاس، ۱۹۸۵). لیدولف (۱۹۷۷) بیان کرد این گرتة همراه با سردترین و چگال‌ترین توده هوا در نیمکره شمالی است. بررسی‌های او حاکی از آن است که این پرفشار، یک سامانه حرارتی با هسته سرد، کم‌عمق و محدود به ترازهای پایینی و ردسپهر یعنی زیر تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال است. این سامانه می‌تواند در آسیا سبب رخداد امواج سرد فراگیر شود (ژی و همکاران، ۱۹۹۲) و ضمن آن تأثیر قابل توجهی نیز بر تغییرات بارش کشورهای آسیایی داشته باشد (گانگ و همکاران، ۲۰۰۲). بررسی‌ها نشان می‌دهد که نابهنجاری‌های قوی در و ردسپهر بالایی سبب تغییر گرتة گردش ترازهای زیرین در منطقه سیبری و در نتیجه باعث نابهنجاری‌های دمایی بزرگ در شرق و غرب آسیا شود (گنگ و وانگ، ۲۰۰۳؛ لی و چن، ۲۰۱۲؛ شی و همکاران، ۲۰۱۹؛ وانگ و تان، ۲۰۲۰ و ژنگ و همکاران، ۲۰۲۲).

برخی از مطالعات نشان داده‌اند که پرفشار سیبری نقش مهمی در مقیاس‌های زمانی درون فصلی ایفا می‌کند. برای نمونه فاز مثبت الگوی اسکاندیناوی

(SCA) تجمع هوای سرد را در منطقه به سمت شمال فلات تبت تسهیل می‌کند که منجر به افزایش فشار و نابهنجاری‌های سرما در شرق چین می‌شود (پنگ و همکاران، ۲۰۲۲). علاوه بر این تشکیل و تداوم امواج سرد در آسیای شرقی به مدت طولانی با نابهنجاری‌های جوی رخ داده در منطقه قطب مرتبط است که سبب تغییر در شدت پرفشار سیبری شده است. همچنین یک گرتة رفتاری بین نوسان شمالگان (AO¹) و نوسان اطلس شمالی (NAO²) با تغییر شدت پرفشار سیبری وجود دارد (ژو و همکاران، ۲۰۲۳).

آنتوخنیا و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی به بررسی بارش‌های سنگین در شرق منطقه سیبری پرداختند که هدف اصلی آن بررسی نقش واداشت‌های بزرگ مقیاس بر رفتار پرفشار سیبری در هنگام رخداد بارش سنگین در منطقه بود. نتایج نشان داد نابهنجاری بزرگ در منطقه جنب قطبی با شار استواسوی تاوایی پتانسیل همراه است که در نتیجه سبب تغییر در گردش جو منطقه قطب می‌شود.

ژنگ و سان (۲۰۲۳) به بررسی برهمکنش بین و اچرخند شمال اقیانوس آرام و پرفشار سیبری در تغییرات دمایی فصل بهار شمال چین پرداختند. نتایج مطالعه آنها به روشنی نشان داد که در حالت نرمال و اچرخند شمال اقیانوس آرام سبب فرارفت‌های گرم در منطقه می‌شود اما پرفشار سیبری معمولاً با فرافت‌های سرد همراه است. تقویت و اچرخند اقیانوس آرام و واداشت‌های آن روی منطقه قطب سبب تغییرات استواسوی فرارفت سرد و در نتیجه تقویت پرفشار سیبری در منطقه می‌شود.

دنگیس و همکاران (۲۰۲۳) به سازوکار محرک-های دینامیکی مؤثر بر گرمای کم‌سابقه بهار ۲۰۲۰ منطقه سیبری پرداختند. در گام نخست نتایج نشان داد که گرمای به وقوع پیوسته در منطقه، حاصل نابهنجاری‌های

¹ Arctic Oscillation

² NAO (North Atlantic Oscillation)

بزرگ در امواج راسبی بوده که منشأ آن شمال اقیانوس اطلس است. همچنین مشاهده شد که این رویداد حاصل واداشت‌هایی در منطقه شمال شرق قاره آمریکاست که سبب می‌شود تا یک جفت شدگی بین وردسپهر میانی و فوقانی به وقوع بپیوندد و در نتیجه با تغییر در گردش نصف النهاری امواج راسبی، تغییرات بزرگی در دینامیک گردش جو منطقه حاصل شود.

یانگ و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی مسیرهای توفان‌های تندری در زمان تغییرات گرتۀ شمالگان گرم-اورآسیا سرد پرداختند. نتایج نشان داد تغییرات دما و افزایش نابهنجاری دو قطبی در منطقه اوراسیا و شمالگان سبب تشکیل بندال در منطقه اورال شده و همین موضوع در تغییر مسیر توفان‌های تندری در منطقه نقش مهمی ایفا کرده است. از طرفی فرارفت‌های گرم در منطقه قطب سبب تشکیل گرت‌های گردشی متفاوتی در دوره‌های نابهنجر شده است.

در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شده است که گردش جو در مناطق قطبی می‌تواند در دوره سرد سال شرایط محیطی در مناطق جنب قطبی و به ویژه اوراسیا را متأثر سازد. این تأثیرگذاری می‌تواند با توسعه جنوب‌سوی تاوه قطبی و نابهنجاری در شاخص AO مشاهده شود (لی و چن، ۲۰۱۲).

در ایران نیز تحقیقات گسترده‌ای درباره پرفشار سبیری انجام شده که در ادامه مطلب به برخی از آنها اشاره می‌شود. احمدی حجت و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی به بررسی روند تغییرات پرفشار سبیری و تأثیر آن بر میدان‌های هواشناسی پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که پرفشار سبیری پدیده‌ای محدود به ترازهای پایین جو نیست و با جریان‌های هوا در ترازهای بالاتر جو نیز در ارتباط است. برای نمونه می‌توان به تقویت جت جنب‌حاره‌ای در شرق آسیا و دریای مدیترانه، وجود یک قطار موج از شرق اقیانوس اطلس تا غرب اقیانوس آرام به شکل مقادیر مثبت و منفی ضرایب همبستگی بین

شاخص پرفشار سبیری و ارتفاع ژئوپتانسیلی ترازهای میانی و بالاتر جو اشاره کرد.

در گاهیان و همکاران (۱۴۰۰) به واکاوی وضعیت دمای زمستان در زمان حاکمیت پرفشار سبیری در ایران پرداختند و دریافتند که دمای ایران به شدت متأثر از این سامانه است؛ به گونه‌ای که در هنگام حکمرانی پرفشار سبیری بر بیشتر مناطق ایران، دما به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. نحوه ورود این سامانه به کشور نیز بیشتر از شمال شرق و غرب دریای مازندران است که سبب رخداد فرارفت‌های سرد در منطقه می‌شود.

غیائی قروه و همکاران (۱۴۰۱) با بررسی شاخص سوزباد و ارتباط آن با پرفشار سبیری در استان‌های مجاور رشته کوه البرز نشان دادند که عواملی مانند تشکیل تاوه، نفوذ پرفشار مهاجر و ترکیب آن با پرفشار سبیری باعث وقوع سوزباد در منطقه می‌شود.

لشکری و همکاران (۱۴۰۱) به تحلیل ساختاری و عوامل محیطی مؤثر بر شکل‌گیری هسته مرکزی پرفشار سبیری در محدوده دریاچه‌های بایکال و بالخاش پرداختند. نتایج نشان داد که در بیشتر موارد هسته اصلی پرفشار سبیری در ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه در ترازهای زیرین جو روی کوه‌های آلتای و سایان قرار دارد و در بیشتر موارد پرفشار سبیری دارای دو هسته مجزاست که هسته اصلی روی کوه‌های آلتای و هسته ثانویه روی کوه‌های سایان است.

هدف اصلی پژوهش حاضر تبیین سازوکار بین دوره‌های نابهنجاری شاخص AO در ارتباط با تغییرپذیری پرفشار سبیری در ارتباط با فرارفت دما بوده است که با استفاده از ناهنجاری‌های جوی بدان پرداخته خواهد شد. با توجه به تأثیر تأخیر و تقدم دورپیوندها بر گردش جو مناطق مختلف، برهمکنش بین گردش جو منطقه قطبی و اثرات آن بر شدت و ضعف پرفشار سبیری و همچنین تأثیرگذاری پرفشار سبیری بر شرایط جوی مناطق همجوار از جمله ایران بررسی شده است. به بیان

بهتر این تحقیق بر آن بوده است تا ارتباطی بین شاخص نوسان شمالگان (AO) و تغییرات پرفشار سیبری را مورد بررسی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

روش پژوهش

واچرخند سیبری که پرفشار سیبری نیز نامیده می‌شود یک سامانه نیمه‌دائمی پرفشار جوئی است که نیمه سرد سال در شمال شرقی سیبری و در محدوده عرض جغرافیایی ۴۵ تا ۶۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۷۰ تا ۱۲۰ درجه شرقی قرار دارد. در تمام مدت دوره سرد سال، مناطق مرکزی و شرقی آسیا به ویژه سیبری، به دلیل فاصله زیاد از منابع آبی و فقدان رطوبت کافی و نیز دارا بودن آسمانی صاف، انرژی زیادی را از طریق تابش امواج با طول موج بلند زمین تاب، از دست می‌دهند. این موضوع سبب می‌شود هوای مجاور سطح زمین به شدت سرد شود و مرکز پرفشاری به وجود آید که به پرفشار سیبری معروف است (علیجانی، ۱۳۶۹). برای بررسی ارتباط بین تغییرات پرفشار سیبری و نوسان AO در زمستان نیمکره شمالی و تغییرات فرارفت دما در فازهای مختلف AO، با مراجعه به پایگاه مرکز ملی پیش‌بینی محیطی / علوم جو (NCEP/NCAR)، دمای هوا، مؤلفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد، فشار هوا در تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و مقادیر شاخص AO بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۲۲ دریافت شد. برای شناسایی دوره‌های نابهنجار نیز با استانداردسازی مقادیر شاخص AO، شدیدترین دوره‌های مثبت و منفی در بازه زمانی مورد بررسی برای هر ماه انتخاب شد. در ادامه میانگین داده‌ها برای ماه‌های زمستان (دسامبر، ژانویه، فوریه) به صورت بلندمدت به دست آمد. سپس نقشه‌های بلندمدت گرتة فشار تراز سطح دریا برای

محدوده مورد مطالعه تهیه و در ادامه به بررسی سری زمانی شاخص AO پرداخته شد. همچنین دوره‌های نابهنجار قوی مثبت و منفی این شاخص استخراج و نقشه‌های همدیدی برای هر نمونه موردی تولید شد که ترسیم آنها بر اساس مقادیر فشار و ارتفاع ژئوپتانسیلی و نیز نابهنجاری‌های این دو کمیت و با استفاده از نرم‌افزار گردز ۲ انجام شد. افزون بر این نمودار هافمولر برای ارتباط‌سنجی بین تغییرات فشار در منطقه قطبی و محدوده پرفشار سیبری تهیه شد و همچنین میانگین فشار بین عرض‌های ۶۵ تا ۹۰ درجه شمالی کل نیمکره شمالی و بین طول‌های ۷۰ تا ۱۲۰ درجه شرقی و عرض‌های ۴۰ تا ۶۵ درجه شمالی که به ترتیب معرف منطقه قطبی و محدوده فعالیت پرفشار سیبری هستند، محاسبه شد (هو و همکاران، ۲۰۰۷؛ لیو و همکاران، ۲۰۱۲). در نهایت برای بررسی تغییرات دما در منطقه‌ای که جریانات پرفشار سیبری را متأثر می‌کند، به محاسبه جملات فرارفت دما پرداخته شد که شرح آن در ادامه خواهد آمد.

محاسبه فرارفت دما

همراه با جریان هوا از نقطه‌ای به نقطه دیگر همه ویژگی‌های آن نیز در طول مسیر جریان منتقل می‌شود. اگر هوا از نقطه‌ای گرم‌تر به سوی نقطه‌ای سردتر جریان یابد دمای نقطه سردتر با گذشت زمان افزایش می‌یابد و بالعکس. بر این اساس جابه‌جایی کمیت‌های جوئی توسط باد را «فرارفت» می‌نامیم. پس با توجه به این موضوع فرارفت دما بدین صورت به دست می‌آید:

$$\text{رابطه (۱): } -\vec{V} \cdot \nabla T$$

در اینجا T دما بر حسب کلونین و \vec{V} بردار سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه است. بر این اساس مؤلفه‌های فرارفت

² GrADS (Grid Analysis Data System)

¹ National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research

افقی دما در دستگاه دکارتی را می‌توان چنین نوشت:

رابطه (۲):

$$-(u\mathbf{i} + v\mathbf{j}) \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial T}{\partial y} \mathbf{j} \right) \\ - \left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right)$$

اگر $-\vec{V} \cdot \nabla T < 0$ آنگاه با فرارفت سرد روبه‌رو هستیم و به بیان دیگر با گذشت زمان سبب کاهش دمای محل خواهد شد. اگر $-\vec{V} \cdot \nabla T > 0$ باشد، فرارفت گرم خواهیم داشت و به تدریج دمای محل افزایش خواهد یافت (هو و همکاران، ۲۰۰۷).

بحث و نتایج

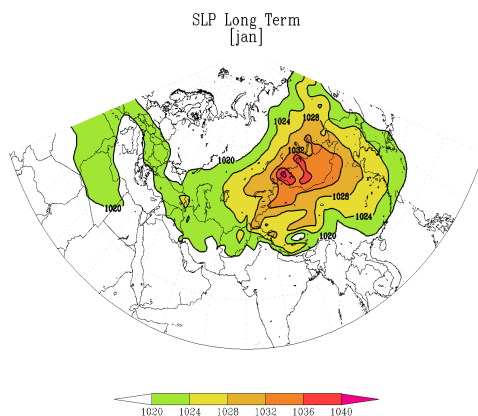
بحث

در مرحله نخست تلاش شد تا به بررسی وضعیت کلی پرفشار سیبری در زمستان نیمکره شمالی پرداخته شود. بدین منظور برای ۳ ماه دسامبر، ژانویه و فوریه نقشه‌های

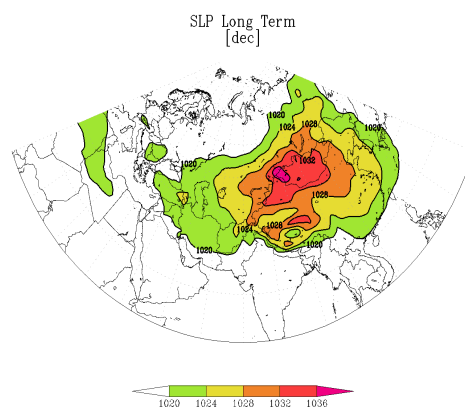
$$-(u\mathbf{i} + v\mathbf{j}) \cdot \left(\frac{\partial}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{j} \right) T$$

میانگین بلندمدت فشار تراز دریا بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۲۲ تهیه شد (شکل ۱). نتایج نشان داد که در ماه دسامبر هسته پرفشار سیبری در حال شکل‌گیری و بیشینه آن روی مغولستان با بیش از ۱۰۳۲ هکتوپاسکال است. این پرفشار با حرکتی غرب‌سو، بیشترین گسترش خود را روی منطقه اوراسیا دارد. در ماه ژانویه پرفشار سیبری با پرفشار سطحی آזור روی شمال مدیترانه ادغام می‌شود و محدوده وسیعی از شرق آسیا تا غرب اروپا را متأثر می‌سازد. در ماه‌های دسامبر و ژانویه زبانه‌های پرفشار سیبری تا نیمه شمالی ایران گسترش می‌یابد که بیشترین توسعه آن در ماه دسامبر است. در ماه فوریه پرفشار سیبری در قسمت غربی خود محدودتر و بیشتر در منطقه بایکال مشاهده می‌شود. در این دوره بیشترین توسعه غرب‌سو و جنوب‌سوی زبانه این پرفشار تا جنوب شرق دریای سیاه و قسمت‌های شمال غرب ایران است (شکل ۱).

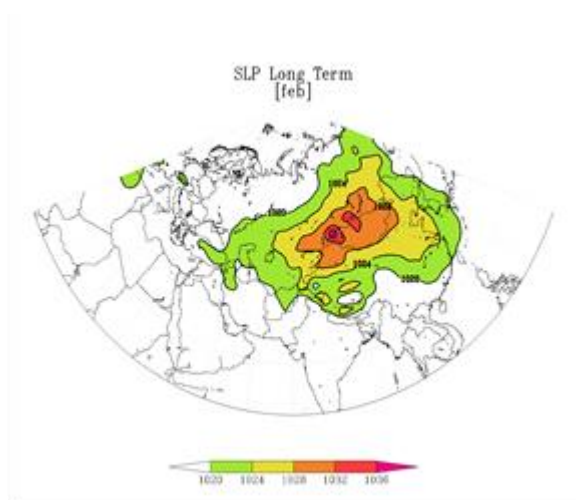
ب- ژانویه



الف- دسامبر



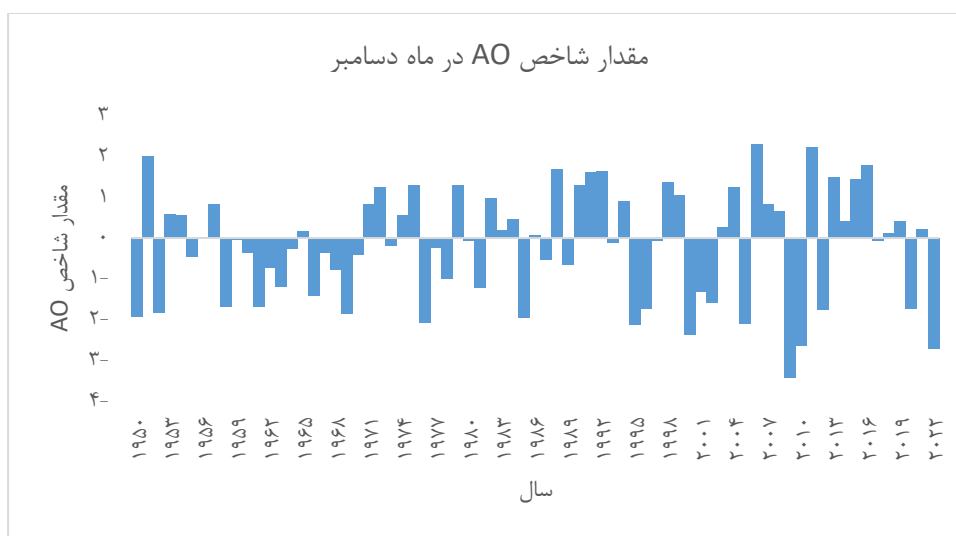
ج- فوریه



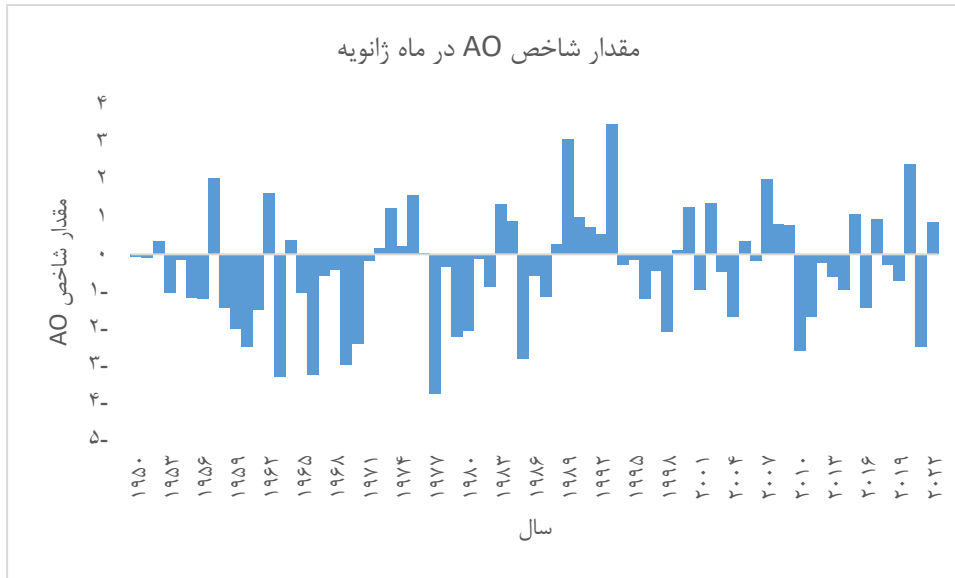
شکل ۱- موقعیت پرفشار سیبری در زمستان نیمکره شمالی؛ میانگین گیری شده برای بازه زمانی ۱۹۵۰ تا ۲۰۲۲

تغییرات نوسان AO در دوره‌های نابهنجار منفی که شاخص به کمتر از ۳- رسیده مربوط به دوره قبل از سال ۱۹۸۶ و نابهنجاری‌های مثبت که مقدار ۳ و بیشتر را نشان می‌دهد، در دهه‌های اخیر رخ داده است (شکل ۳). در ماه فوریه غالب دوره‌های نابهنجار منفی پیش از سال ۱۹۸۶ بوده که در سال‌های اخیر به جز سال ۲۰۱۰ که یکی از شدیدترین دوره‌های منفی بوده است، دیگر سال‌ها مثبت بودن شاخص را نشان می‌دهد (شکل ۴).

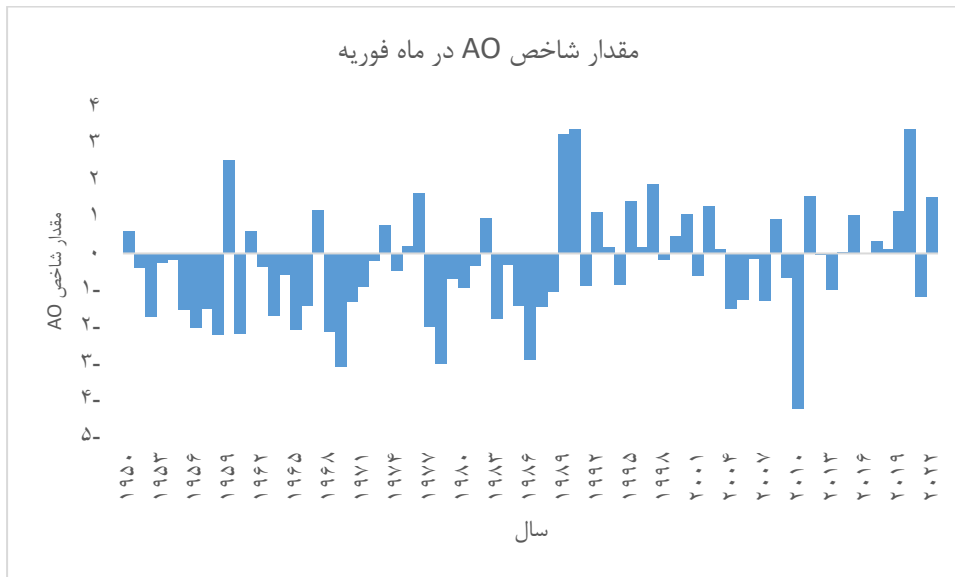
برای بررسی تغییرات پرفشار سیبری در ارتباط با تغییرات شاخص AO سعی شد تا در هر ماه در بازه زمانی ۱۹۵۰ تا ۲۰۲۲ برای ماه‌های زمستانه مورد نظر نمودارهای سری زمانی تهیه شود. این شاخص از سال ۱۹۸۶ به بعد دارای بیشترین نوسان بوده و مقدار شاخص در دوره‌های نابهنجار به بیش از ۲ و ۲- رسیده است که در مقایسه با دوره قبل نشان از تقویت دوره‌های نابهنجار در ماه دسامبر داشته است (شکل ۲). مشاهده می‌شود که در ماه ژانویه



شکل ۲- نمودار سری زمانی شاخص AO در ماه دسامبر



شکل ۳- نمودار سری زمانی شاخص AO در ماه ژانویه



شکل ۴- نمودار سری زمانی شاخص AO در ماه فوریه

دوره‌های شدت و ضعف شاخص AO به بررسی تغییرات نابهنجاری‌های ارتفاع ژئوپتانسیلی، فشار تراز دریا و تغییرپذیری پرفشار سیبری در ارتباط با تغییرات فشار در منطقه قطبی پرداخته شده است.

پس از بررسی‌های به عمل آمده در بخش سری‌های زمانی، برای هر یک از ماه‌های زمستانه یک دوره شدید منفی و مثبت انتخاب شد که در جداول (۱) و (۲) مشخصات آنها آورده شده است. در ادامه بر اساس

جدول ۱- مشخصات دوره‌های نابهنجار مثبت AO

تاریخ	شدت دوره‌های نابهنجار مثبت AO
ژانویه ۱۹۹۳	۳.۴۹
فوریه ۲۰۲۰	۳.۴۱
دسامبر ۲۰۰۶	۲.۲

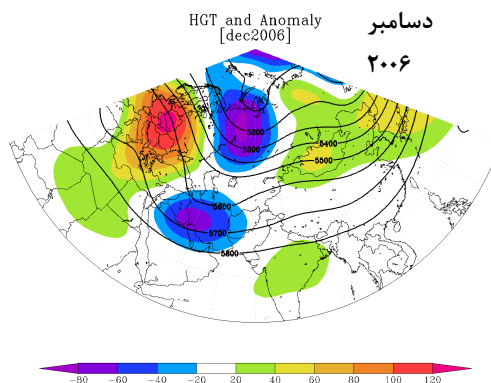
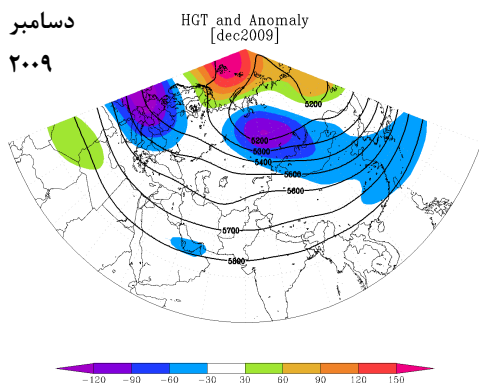
جدول ۲- مشخصات دوره‌های نابهنجار منفی AO

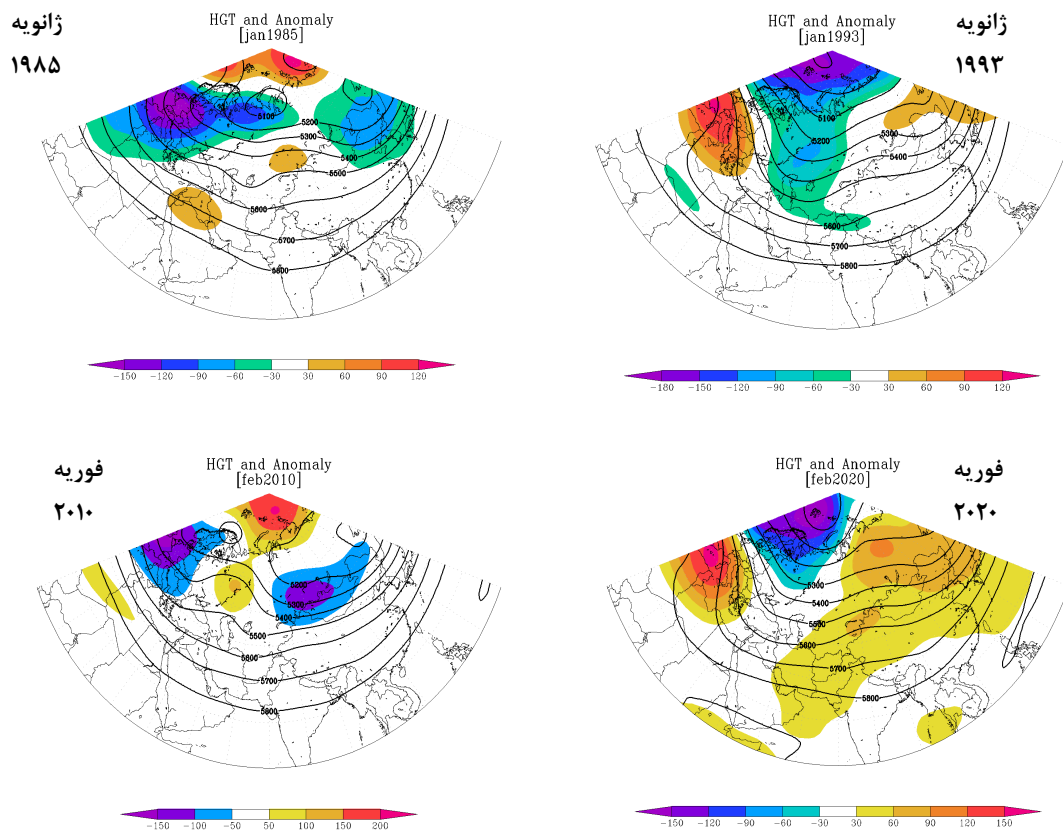
تاریخ	شدت دوره‌های نابهنجار منفی AO
ژانویه ۱۹۸۵	-۲.۸
فوریه ۲۰۱۰	-۴.۲
دسامبر ۲۰۰۹	-۳.۴

نابهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

نتایج به دست آمده از بررسی گردش جو در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان داد که در دوره‌های مثبت شاخص AO در منطقه قطبی کاهش ارتفاع ژئوپتانسیلی همراه با نابهنجاری‌های منفی بین ۸۰- تا ۱۸۰- ژئوپتانسیل متر است. این کاهش ارتفاع ژئوپتانسیلی سبب عمیق شدن امواج روی خاورمیانه شده است. از سوی دیگر در این دوره دو هسته نابهنجاری مثبت همراه با پشته‌های تقویت شده در دو محدوده شرق آسیا و شرق اروپا تشکیل می‌شوند. این افزایش ارتفاع سبب شده است که نابهنجاری‌های ارتفاع ژئوپتانسیلی در مناطق یادشده به بیش از ۱۲۰ ژئوپتانسیل متر برسد. افزایش ارتفاع ژئوپتانسیلی روی منطقه سیبری در دو دوره دسامبر ۲۰۰۶ و فوریه ۲۰۲۰ حاکی از این رویداد است. این افزایش ارتفاع در منطقه سیبری گردش تراز زیرین را نیز متأثر کرده است؛ به گونه‌ای که با افزایش فرارفت تاوایی نسبی منفی در تراز میانی وردسپهر، شرایط برای نشست بی درروی هوا فراهم شده و طی آن یک همگرایی فوقانی و

یک واگرایی سطحی ایجاد شده است (شکل ۵). بررسی‌ها نشان داد که معمولاً در فازهای منفی یک هسته نابهنجاری منفی ارتفاع ژئوپتانسیلی روی منطقه سیبری تشکیل می‌شود و همراه این شرایط، ناوهای با محور مورب به صورت شمال شرق-جنوب غرب روی منطقه توسعه یافته است. در این ناوه مقدار نابهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیلی به کمتر از ۱۰۰- تا ۱۵۰- ژئوپتانسیل متر رسیده است که در دو ماه دسامبر ۲۰۰۹ و فوریه ۲۰۱۰ کاملاً مشهود است. در ماه ژانویه ۱۹۸۵ توسعه جنوب-سوی تاوه قطبی بیشتر تا شمال شرق اروپاست و در طرف مقابل در مناطق شمال شرقی آسیا نیز این توسعه جنوب سو مشاهده می‌شود. در بین دو ناوه و هسته‌های منفی نابهنجاری یک پشته با نابهنجاری مثبت شکل می‌گیرد که بر اساس قرارگیری آن در منطقه و این فصل از سال، به عنوان پشته‌ای دینامیکی شناخته می‌شود. تشکیل این پشته همراه با ریزش هوای سرد قطبی در شرق و غرب آن، پایداری هوا در تراز میانی وردسپهر و نشست آن در زیر محور پشته خواهد بود که به نوبه خود وضع هوای سطح زمین را نیز دستخوش تغییر خواهد کرد.



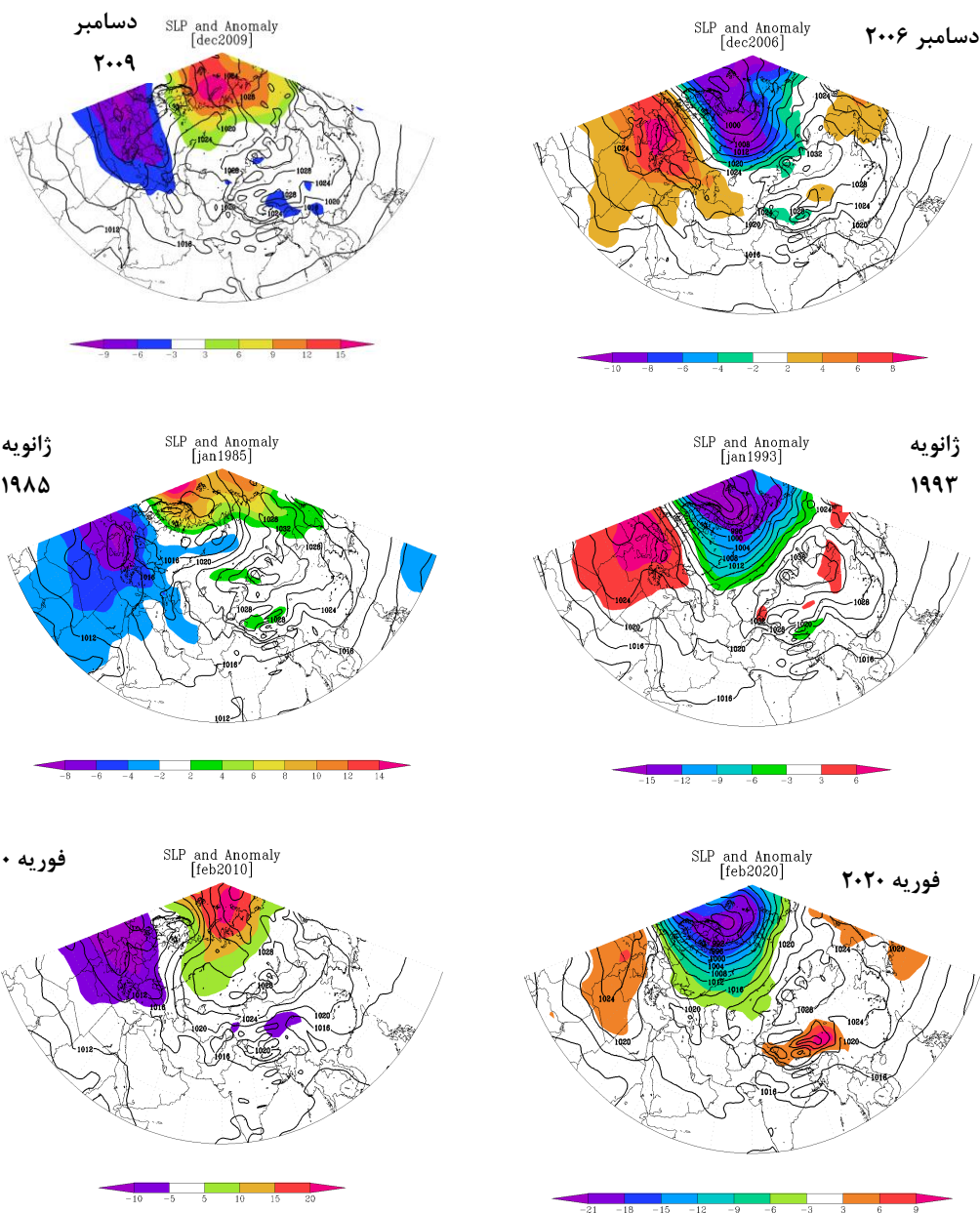


شکل ۵- نابهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای دوره‌های نابهنجار

نابهنجاری فشار تراز دریا

بررسی نابهنجاری فشار تراز دریا نشان داد که در زمان مثبت بودن شاخص AO در منطقه قطب به شدت از فشار تراز دریا کاسته شده و نابهنجاری آن به کمتر از ۱۰- هکتوپاسکال می‌رسد. این وضعیت در دسامبر ۲۰۰۶ به ۱۰، در ژانویه ۱۹۹۳ به کمتر از ۱۵- و در فوریه ۲۰۲۰ به کمتر از ۲۰- رسیده است. از طرفی در محدوده فعالیت پرفشار سبیری افزایش فشار به ویژه در مغولستان و شرق آسیا مشاهده می‌شود که عمده افزایش فشار نسبت به میانگین بلندمدت خود در مرکز پرفشار سبیری است. آرایش گرته فشار در این دوره نیز نشان می‌دهد که روی اروپا هسته نابهنجاری مثبت فشار تراز دریا شکل می‌گیرد که گرته‌ای الاکلنگی از افزایش و کاهش فشار در منطقه

را در محدوده جنب قطبی و عرض‌های میانی رقم زده است. در نقطه مقابل در زمانی که شاخص AO منفی است، هسته نابهنجاری مثبت فشار تراز دریا روی منطقه قطبی شکل می‌گیرد. تشکیل این گرته با افزایش فشار همراه است؛ به طوری که در دسامبر ۲۰۰۹ بیش از ۱۵ هکتوپاسکال، ژانویه ۱۹۸۵ نزدیک به ۱۴ هکتوپاسکال و در فوریه ۲۰۱۰ به بیش از ۲۰ هکتوپاسکال نابهنجاری فشار تراز دریا را به همراه داشته است که نشان می‌دهد شرایط برعکس دوره مثبت شاخص AO است و با حاکمیت این گرته، فشار در منطقه سبیری کاهش یافته و نابهنجاری منفی قوی روی اروپا تشکیل شده است (شکل ۶).



شکل ۶- نابهنجاری فشار تراز دریا برای دوره‌های نابهنجار

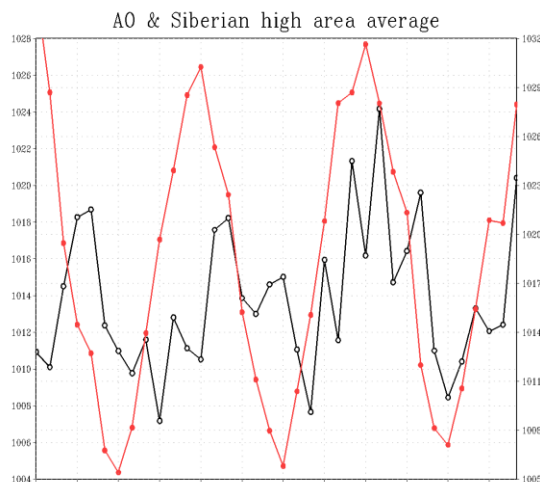
ارتباط بین تغییرات فشار تراز دریا در منطقه قطبی و منطقه سیبری

برای درک بهتر اثرات تغییر فشار در منطقه قطبی و تأثیر آن بر منطقه سیبری سعی شد تا تغییرات فشار در دوره نابهنجاری به صورت منطقه‌ای در یک سری زمانی تهیه شود (شکل ۷). بدین منظور میانگین فشار بین عرض‌های جغرافیایی ۶۵ تا ۹۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۰ تا ۳۶۰ درجه شرقی محاسبه شد. در ادامه بین

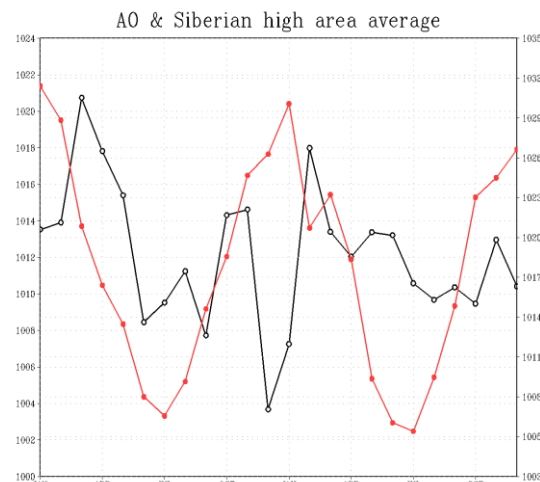
طول‌های جغرافیایی ۷۰ تا ۱۲۰ درجه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۴۰ تا ۶۵ درجه شمالی مقادیر میانگین فشار تراز دریا که معرف منطقه با بیشینه فعالیت پرفشار سیبری بود نیز محاسبه شد. نتایج نشان داد بدون هیچ تأخیر زمانی، در دوره‌هایی که شاخص AO در فاز مثبت قرار دارد با افت فشار در منطقه قطبی، فشار به صورت ناگهانی در منطقه سیبری روند افزایشی به خود می‌گیرد. همان‌طور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود در دسامبر

بررسی‌ها نشان داد این افزایش فشار در سبیری گاهی به بیش از ۱۰۳۰ هکتوپاسکال می‌رسد. مطابق شکل (۷) تغییرپذیری ناگهانی فشار و تقویت پرفشار سبیری ارتباط مستقیمی با تغییرات گردش جو در منطقه قطبی دارد؛ به گونه‌ای که سامانه‌های گردشی عرض‌های میانی به واسطه نابهنجاری‌های به وقوع پیوسته در منطقه شمالگان دچار تضعیف یا تقویت می‌شوند (شکل ۷).

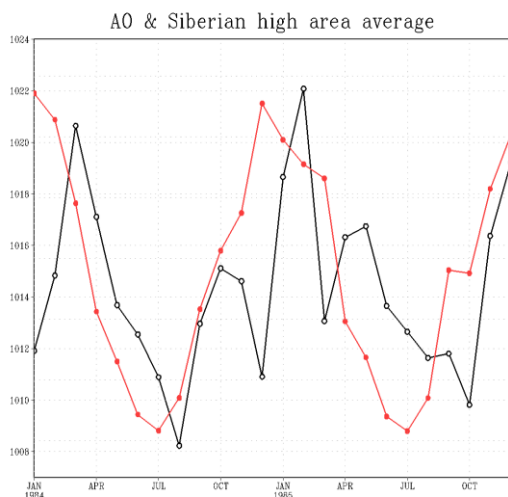
۲۰۰۶ میانگین فشار در منطقه قطبی به ۱۰۰۳ هکتوپاسکال کاهش یافته اما در منطقه سبیری فشار تراز دریا به بیش از ۱۰۲۹ هکتوپاسکال رسیده است. این شرایط کاهش فشار در منطقه قطبی و منطقه سبیری در دو نمونه موردی ژانویه ۱۹۹۳ و فوریه ۲۰۲۰ نیز کاملاً نمایان است اما در زمانی که شاخص منفی بوده، مشاهده می‌شود که کاهش فشار در منطقه قطبی سبب تغییر گردش جو در منطقه و افزایش شدید فشار در محدوده فعالیت پرفشار سبیری شده است.



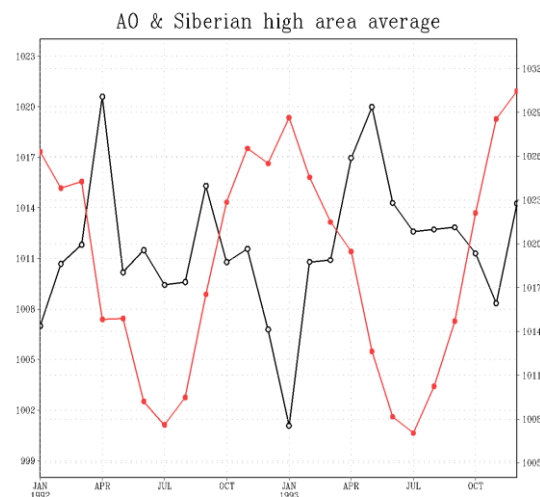
دسامبر ۲۰۰۹



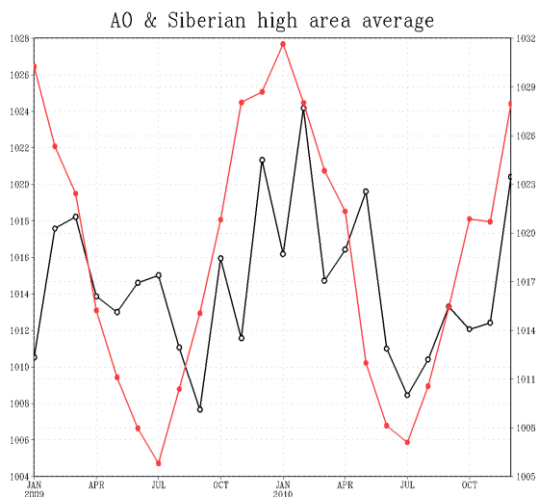
دسامبر ۲۰۰۶



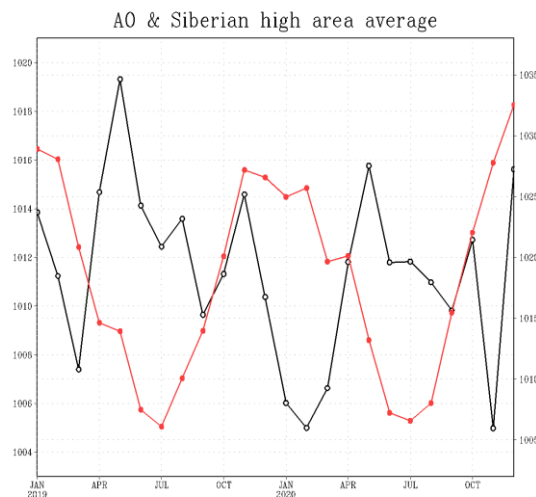
ژانویه ۱۹۸۵



ژانویه ۱۹۹۳



فوریه ۲۰۱۰



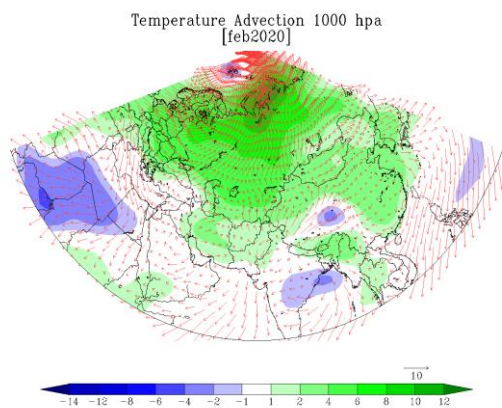
فوریه ۲۰۲۰

شکل ۷- نمودار تغییرات فشار در منطقه قطبی (رنگ مشکی) و منطقه سیبری (رنگ قرمز)؛ محور افقی سری زمانی و محور عمودی مقدار فشار تراز دریاست.

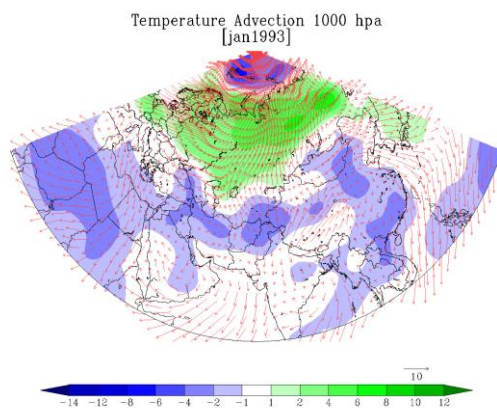
پیوسته است. طی دوره‌های نابهنجاری مثبت مشاهده شد که با افزایش دما در منطقه سیبری و اوراسیا، فرارفت‌های سردی در عرض‌های پایین‌تر به وجود آمده که بیشتر این فرارفت‌ها در شمال آفریقا و عمده مناطق خاورمیانه است؛ به گونه‌ای که روی ایران کاهش بیش از ۲ درجه سلسیوس دما مشاهده می‌شود. در منطقه قطبی و به‌ویژه در منطقه کلاهک قطبی کاهش دما و فرارفت سرد مشاهده می‌شود که این شرایط سبب شده است تا گرت‌های کاهش-افزایشی در راستای نصف النهاری به وجود آید (شکل ۸).

فرارفت دما در دوره‌های نابهنجاری مثبت AO

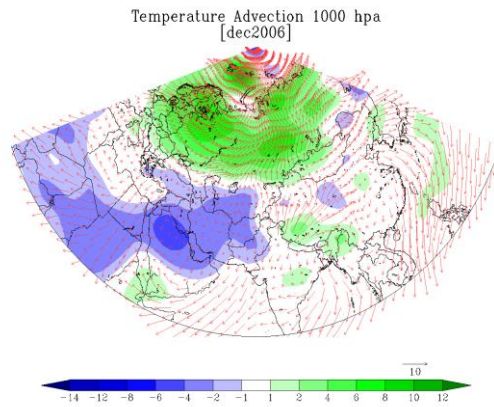
با مشخص شدن گردش جو منطقه‌ای و اثرات آن بر تغییرات فشار در منطقه سیبری تلاش شد تا به تبیین سازوکار فرارفت دما در دوره‌های منتخب پرداخته شود. بررسی‌ها نشان داد که در دوره‌های نابهنجاری مثبت شاخص AO نرخ افزایش دما در منطقه سیبری افزایشی و از شرق اروپا تا شرق روسیه این روند قابل مشاهده است. به موازات گردش جو تراز میانی وردسپهر مشاهده می‌شود که جریان فرارفتی گرم در مناطق جنب قطبی به وجود آمده که قوی‌ترین آن در فوریه ۲۰۲۰ به وقوع



ب- فوریه ۲۰۲۰



الف- ژانویه ۱۹۹۳



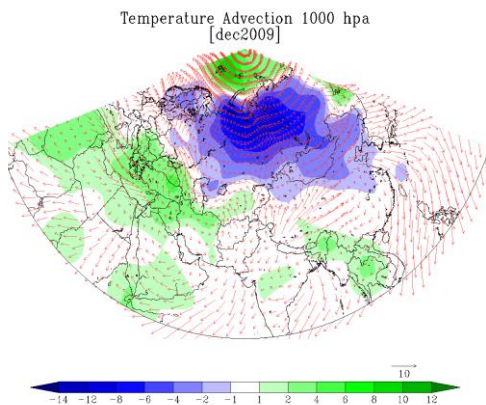
ج- دسامبر ۲۰۰۶

شکل ۸- وضعیت فرارفت دما در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در دوره‌های نابهنجار مثبت AO

فرارفت دما در دوره‌های نابهنجار منفی AO

نتایج حاصل از بررسی فرارفت دما در دوره نابهنجار منفی نشان داد که در این دوره منطقه کلاهک قطبی با افزایش دما و فرارفت‌های گرم همراه شده و از طرفی در منطقه اوراسیا و به ویژه در منطقه سیبری، فرارفت‌های سرد قوی به وجود آمده است؛ به گونه‌ای که در فوریه ۲۰۱۰ به بیش از ۶- درجه سلسیوس می‌رسد. از طرفی در مناطق جنب حاره فرارفت‌های گرم مشاهده می‌شود که

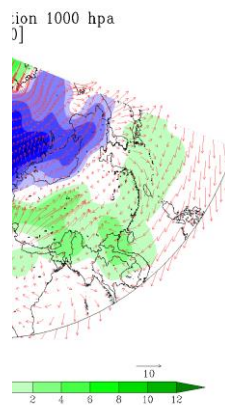
آهنگ افزایش دما در این مناطق گاه به بیش از ۱۰ درجه سلسیوس رسیده است که می‌توان به شمال آفریقا در فوریه ۲۰۱۰ اشاره کرد. در دوره‌های نابهنجار منفی مشاهده می‌شود که غالباً فرارفت‌های گرم نیز روی ایران به وجود آمده است که به موازات تشکیل پشته تراز میانی وردسپهر و تقویت آن، افزایش دما و فرارفت گرم در منطقه را در پی دارد (شکل ۹).



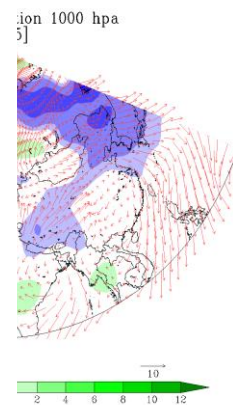
ج- دسامبر ۲۰۰۹

شکل ۹- وضعیت فرارفت دما در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در

دوره‌های نابهنجار منفی AO



ب- فوریه ۲۰۱۰



الف- ژانویه ۱۹۸۵

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

با بررسی ارتباط بین تغییرات پرفشار سیبری و نوسان شمالگان در زمستان نیمکره شمالی نتایج زیر به دست آمد:

- بررسی‌های بلندمدت فشار تراز دریا در محدوده سیبری نشان داد که اوج فعالیت پرفشار سیبری در دوره زمستانی و بیشینه شدت و گسترش آن در ماه‌های دسامبر و ژانویه است. مشاهدات حاکی از گسترش غرب‌سوی پرفشار سیبری در این فصل و تمایل آن به گسترش غرب‌سو و ادغام با ضلع شرقی پرفشار سطحی آزرور در نواحی شرقی اروپا دارد.

- بررسی سری زمانی شاخص AO نشان داد که این شاخص از سال ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۶ از نوسان کمتری برخوردار بوده و پس از بازه یادشده نابهنجاری‌های به وجود آمده در منطقه قطبی از شدت بیشتری برخوردار بوده است. این نابهنجاری‌ها در ماه دسامبر بیشتر به صورت فاز منفی بوده که تغییرات گرته فشاری به وجود آمده در منطقه قطبی را در این فاز بیش‌ازپیش متأثر ساخته است. در ماه‌های ژانویه و فوریه در هر دو فاز مثبت و منفی نابهنجاری‌های بزرگ پس از سال ۱۹۸۶ به وجود آمده است.

- با در نظر گرفتن وقوع نابهنجاری بزرگ در منطقه قطبی در فازهای مثبت و منفی برای دوره زمستانی مشاهده شد که این شاخص در شدیدترین حالت خود در دهه‌های اخیر بوده و بیشترین فراوانی نابهنجاری‌ها در ۳۰ سال اخیر است. به دلیل اینکه تغییرات فشار در منطقه قطبی گرته گردش عرض‌های میانی را متأثر می‌سازد، وقوع این نابهنجاری‌ها محدوده مورد مطالعه را نیز به شدت دچار نوسان کرده است.

- نتایج برآمده از بررسی گردش جو در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان داد که در فاز مثبت شاخص AO در محدوده قطبی، افت ارتفاع ژئوپتانسیلی سبب نابهنجاری منفی ارتفاع ژئوپتانسیلی می‌شود. از طرفی با ناهوهای عمیقی تا مناطق مرکزی خاورمیانه، توسعه جنوب‌سو

داشته و از طرفی در شرق اروپا و آسیای مرکزی با پشته‌های بزرگ همراه شده است. گرته گردش غالب در منطقه در فاز مثبت شرایط ذکر شده که در نقطه مقابل و در فاز منفی، نابهنجاری مثبت ارتفاع ژئوپتانسیلی روی منطقه شمالگان تشکیل می‌شود. با شکل‌گیری این شرایط، در شرق اروپا و منطقه سیبری کاهش ارتفاع ژئوپتانسیلی و نابهنجاری منفی این کمیت حاصل می‌شود. این وضعیت سبب می‌شود که روی زمین نیز سامانه‌های گردش متأثر از گردش تراز میانی وردسپهر به وجود آید. با تشکیل ناهو و پشته روی سیبری، به ترتیب پرفشار سیبری دچار کاهش و افزایش فشار نسبت به میانگین بلندمدت خود می‌شود.

- نتایج دیگر حاکی از آن است که با تغییرات فاز AO شیب تغییرات فشار در منطقه سیبری بسیار سریع است؛ به گونه‌ای که با افزایش فشار در منطقه قطبی، به شدت و بدون هیچ تأخیر زمانی افت فشار در منطقه سیبری مشاهده می‌شود. از سویی کاهش فشار در منطقه قطبی، به واسطه تشکیل پشته‌های روی آسیای مرکزی، افزایش ناگهانی فشار را در پی دارد. لازم به توضیح است که فاز مثبت AO بیشترین تأثیر را در تغییرات فشار منطقه‌ای دارد و یکی از عوامل مهم در تقویت پرفشار سیبری است که می‌توان از آن به عنوان یک پیش‌بین فصلی و درون فصلی برای شدت و ضعف پرفشار سیبری استفاده کرد. در همین باره سونگ و همکاران (۲۰۲۳) و ژو و همکاران (۲۰۲۳) نیز تحقیقاتی را انجام داده‌اند که نقش دورپیوندها از دسته AO و NAO را در تقویت و تضعیف پرفشار نشان می‌دهد. آنها نیز دریافته‌اند که دورپیوندها می‌توانند یک پیش‌بین فصلی و درون فصلی برای پرفشار سیبری باشند که طی تغییر در الگوی گردش جو در مناطق جنب‌قطبی و با تغییرات مکانی تاوه قطبی این پرفشار سطحی را متأثر می‌سازند.

- بررسی تغییرات فرارفت‌های سرد و گرم در دوره‌های نابهنجاری مثبت و منفی نشان داد که تغییرات

۵. علیجانی، بهلول (۱۳۶۹). آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ اول.

6. Gong, D. Wang, S. (2003). Influence of arctic oscillation on winter climate over China. *Acta Geograph. Sin.* 58 (4), 559–568. doi: 10.11821/xb200304010.
7. Gong, D. Zhu, J. Wang, S. (2002). The influence of Siberian high on large-scale climate over continental Asia. *Plateau Meteorol.* 21 (1), 8–14. doi: 10.3321/j.issn:1000-0534.2002.01.002.
8. Hou, Y. Yang, X. Li, G. (2007). Variation features of Siberian high and relation with winter temperature in China. *Meteorol. Sci. Technol.* 35 (5), 646–650. doi: 10.19517/j.1671-6345.2007.05.007.
9. Liu, Y. Chen, W. (2012). Variability of the Eurasian teleconnection pattern in the northern hemisphere winter and its influences on the climate in China. *Chin. J. Atmos. Sci.* 36 (2), 432. doi: 10.3878/j.issn.1006-9895.2011.11066.
10. Lydolf, P. E. (1977), *Climates of the Soviet Union*, Elsevier, 443 pp.
11. Makrogiannis, T. J. Giles, B. D. and Flocas, A. A. (1981), The problem of the extension of the Siberian Anticyclone towards SE Europe and its relation to atmospheric circulation anomalies over the N. hemisphere, *Arch. Meteorol. Geophys. Bioklimatol. Ser. A*, 30, 185-196.
12. Pang, B. Lu, R. Ren, R. (2022). Impact of the scandinavian pattern on long-lived cold surges over the South China Sea. *J. Clim.* 35 (6), 1773–1785. doi: 10.1175/JCLI-D-21-0607.1
13. Prezerakos, N. G. (1985), Some aspects of the existence of the so-called extension of the Siberian anticyclone towards the Balkans and Greece, *Z. Meteorol.* 35, 373-378.
14. Shi, N. Zhang, D. Wang, Y. Tajie, S. (2019). Subseasonal influences of teleconnection patterns on the boreal wintertime surface air temperature over southern China as revealed from three reanalysis datasets. *Atmosphere* 10 (9), 514. doi: 10.3390/at-mos10090514
15. Song, J. Shi, N. & Huang, Q. (2023). Precursory atmospheric teleconnection patterns for strong Siberian High events. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, 100376.
16. Wang, M. Tan, B. 2020. Two types of the scandinavian pattern: Their formation mechanisms and climate impacts. *J. Clim.* 33 (7), 2645–2661. doi: 10.1175/JCLI-D-19-0447.1
17. Xie, A. Lu, Y. Chen, S. (1992). The evolution of Siberian high prior to the outbreak of cold air. *Chin. J. Atmos. Sci.* 16 (6), 677–685. doi: 10.3878/j.issn.1006-9895.1992.06.05
18. Zhang, D. Shi, N. Tajie, S. (2022). Mechanisms of the subseasonal influences of scandinavian events on winter surface air temperature over eastern China. *Atmos. Res.* 268, 105994. doi: 10.1016/j.atmosres.2021.105994
19. Zhang, Y. & Lu, C. (2022). Detection of the synoptic southeastward-extending Siberian cold

گردش جو و تقویت و تضعیف سامانه‌ها، سبب رخداد الگوهای الاکلنگی از فرارفت‌های سرد و گرم در منطقه شده است؛ بدین صورت که در دوره‌های نابهنجار مثبت منطقه کلاهیگ قطبی با فرارفت سرد همراه شده و از طرفی در منطقه اوراسیا و به ویژه در منطقه فعالیت پرفشار سبیری، افزایش قابل توجه دما را در پی داشته است. در عرض‌های جغرافیایی جنب حاره‌ای نیز افت دما تغییر در گردش جو منطقه را در بر داشته است. در دوره‌هایی که شاخص AO منفی بوده عکس این موضوع در منطقه به وقوع پیوسته است. بر اساس آنچه پیشتر نیز اشاره شد، بررسی هم‌زمان شاخص AO و تغییرات پرفشار سبیری می‌تواند گامی مهم در تحلیل رفتار جو منطقه باشد و به کمک آن بتوان در بخش‌های مختلف از جمله تغییرات دما در فصول مختلف سال، به شاخصی برای پیش‌بینی‌های فصلی دست یافت؛ به‌طوری‌که گنگ و وانگ (۲۰۰۳) و هو و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی تغییرات پرفشار سبیری توانستند تغییرات دمای زمستانی را برآورد کنند.

منابع

۱. احمدی حجت، معصومه؛ احمدی گیوی، فرهنگ؛ حجاج، سهراب (۱۳۹۲). بررسی روند تغییرات پرفشار سبیری و تأثیر آن بر میدان‌های هواشناختی. *مجله فیزیک زمین و فضا*، دوره ۳۹، شماره ۲.
۲. درگاهیان، فاطمه؛ پودینه، محمدرضا؛ دوستکامیان، مهدی (۱۴۰۰). واکاوی وضعیت دمای زمستانه در زمان حاکمیت پرفشار سبیری در ایران زمین. *فصلنامه علمی فضای جغرافیایی*. سال بیست یکم، شماره ۷.
۳. غیائی قروه، سحر؛ مجرد، فیروز؛ کوشکی، سمیرا (۱۴۰۱). بررسی شاخص سوزباد و ارتباط آن با پرفشار سبیری در استانهای مجاور رشته کوه البرز. *فصلنامه علمی فضای جغرافیایی*. سال بیست و دوم، شماره ۸۰.
۴. لشکری، حسن؛ محمدی، زینب؛ مرادی، محسن (۱۴۰۱). تحلیل ساختاری و عوامل محیطی موثر بر شکل‌گیری هسته مرکزی پرفشار سبیری در محدوده دریاچه‌های بایکال و بالخاش. *مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی*. دوره یازدهم، شماره ۳۳.

23. Yang, M., Li, Y., Dong, W., Shi, W., Yu, P., & Chen, X. (2024). The Siberian Storm Track Weakens the Warm Arctic–Cold Eurasia Pattern. *Journal of Climate*, 37(2), 673-688.
24. Zeng, Z., & Sun, J. (2023). Influence of different configurations of western North Pacific anticyclone and Siberian high on spring climate over China. *International Journal of Climatology*, 43(6), 2699-2718.
25. DeAngelis, A. M., Schubert, S. D., Chang, Y., Lim, Y. K., Koster, R. D., Wang, H., & Marquardt Collow, A. B. (2023). Dynamical Drivers of the Exceptional Warmth over Siberia during the Spring of 2020. *Journal of Climate*, 36(15), 4837-4861.
- high during 1978–2017. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, 15(3), 100140.
20. Zhou, F. Shi, J. Liu, M. H. & Ren, H. C. (2023). Linkage between the NAO and Siberian high events on the intraseasonal timescale. *Atmospheric Research*, 281, 106478.
21. Zhou, F. Shi, J. Liu, M. H. & Ren, H. C. (2023). Linkage between the NAO and Siberian high events on the intraseasonal timescale. *Atmospheric Research*, 281, 106478.
22. Antokhina, O., Antokhin, P., Gochakov, A., Zbirannik, A., & Gazimov, T. (2023). Atmospheric circulation patterns associated with extreme precipitation events in Eastern Siberia and Mongolia. *Atmosphere*, 14(3), 480.

Investigation of the relationship between Siberian high pressure changes and Arctic oscillation in winter temperature advection of Eurasia region

Atefeh Rezaei Talei¹, Yadollah Yousefi^{2*}, Zahra Hejazizadeh³

¹ Department of Natural Geography, Faculty of Geographic Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

² Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Humanities and Social Sciences, Mazandaran University, Babolsar, Iran

³ Department of Climatology, Faculty of Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran

*Corresponding Author Email: ateferezai1373@gmail.com

Received: 24 March 2024, Accepted: 03 September 2024

ABSTRACT

The Siberian high pressure is the most dominant winter time surface pressure in the northern hemisphere, influencing regional climates through its variations. This study investigates the relationship between changes in Siberian high pressure and the Arctic Oscillation (AO) during winter, particularly its impact on temperature advection across the Eurasian region. We utilized data from the National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) covering the period from 1950 to 2022, focusing on the AO index, sea level pressure, and geopotential height.

Our analysis revealed that the Siberian high reaches its maximum extent and intensity in January during the Northern Hemisphere winter. The results indicate that significant anomalies in the polar region directly affect the strength of the Siberian high. During the positive phase of the AO, a negative geopotential height anomaly is observed, leading to the formation of two positive anomaly cores over Central Asia and Eastern Europe. In this phase, Siberian high pressure can increase significantly, rising by 10 to 15 hPa within a month compared to long-term averages. Conversely, during the negative phase of the AO, the geopotential height at 500 hPa exhibits a positive anomaly in the polar region, resulting in a negative anomaly over Eastern Europe and Central Asia, weakening the Siberian high and causing significant pressure decrease.

These findings suggest that the AO index is a valuable tool for both seasonal and intra-seasonal predictions of Siberian high pressure, facilitating a better understanding of the underlying mechanisms influencing temperature variability in the Eurasian region. We observed pronounced temperature extremes—both hot and cold—during the positive and negative phases of the AO, alongside corresponding shifts in temperatures in polar and subtropical regions

Keywords: Siberian high pressure, Anomaly, AO index, Prediction, Temperature Advection

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Rezaei Talei, A., Yousefi, Y. and Hejazizadeh, Z. (2024). Investigation of the relationship between Siberian high pressure changes and Arctic oscillation in winter temperature advection of Eurasia region. *Journal of Meteorology and Atmospheric Science.*, 6(2): 166-182. Doi: 10.22034/jmas.2024.449192.1227

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

