

## اثر هم‌زمان فازهای NAO و SOI بر آب و هوای ایران

قاسم عزیزی\* - دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران  
تهمینه چهره‌آرا - عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور  
طاہر صفرراد - دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۲۷

وصول: ۱۳۹۲/۰۹/۱۱

### چکیده

پژوهش پیش رو سعی می‌کند تأثیرپذیری اقلیم ایران به واسطه تغییرات ایجاد شده طی فازهای فرین و عادی رخدادهای NAO و SOI را بررسی کند. بدین منظور داده‌های بارش و دمای ۳۲ ایستگاه سینوپتیک کشور طی دوره ۲۰۰۵ تا ۱۹۶۰، گردآوری شدند. بررسی ارتباط بین داده‌ها با داده‌های دور پیوندی NAO و SOI از طریق روش‌های آمار تحلیلی و آمار استنباطی نشان داد که دما و بارش فصل پاییز بیشترین ارتباط را با شاخص‌های مذکور دارند. در ادامه کار، بررسی ارتباط بین مقادیر سری زمانی شاخص‌های فوق و اقلیم (دما و بارش) کشور در فصل پاییز مورد بررسی قرار گرفت. نظر به اینکه رابطه خاصی بین بررسی منفرد شاخص‌های مذکور و اقلیم کشور مشاهده نشد، اثرات توأمان هر دو شاخص با اقلیم ایران تحلیل و بررسی شد. در این راستا ۹ حالت در ارتباط با جهت روند شاخص‌ها، تولید و بررسی‌های بعدی بر روی آن‌ها انجام شد. تمامی حالات (۹ حالت) توأمان شاخص‌ها و وضعیت دما و بارش کشور در سال‌های به دست آمده، دوباره بررسی و مشخص شد زمانی که رفتار NAO و SOI هم‌سو نیستند (جهتی مخالف هم) و همین‌طور در وضعیت فرین قرار دارند، بیشترین تأثیر را بر اقلیم ایران می‌گذارند. با وقوع SOI منفی و NAO مثبت، مراکز پرفشار سیبری، آزرز و کم‌فشار آیسلند نسبت به میانگین بلندمدت تقویت می‌شوند و این امر، ورود زبانه پرفشار سیبری به ایران و در نتیجه کاهش درجه حرارت کشور را در پی دارد. از طرف دیگر، با وقوع حالت‌های فرین SOI مثبت و NAO منفی، مراکز پرفشار سیبری و آزرز و کم‌فشار آیسلند تضعیف می‌شوند که سبب ورود کمتر زبانه پرفشار سیبری به ایران می‌گردند و در پی آن مقدار بارش در کشور کاهش قابل توجهی می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: نوسان اطلس شمالی، نوسان آرام جنوبی، پرفشار سیبری، کم‌فشار آیسلند، پرفشار آزرز.

## مقدمه

از بین الگوهای پیوند از دور، می‌توان به نوسان فشار بین مراکز عمل جوی در حوضه اقیانوس اطلس شمالی و نیز نواحی شرقی و غربی اقیانوس آرام جنوبی اشاره کرد. اثرات شاخص‌های مذکور در آب‌وهوای جهان امروزه بر اساس تحقیقات مختلف در سطح وسیعی پذیرفته شده است. با نگاه سیستمی به اقلیم یک منطقه، متأثر شدن اقلیم ایران از عواملی که اقلیم کره زمین را متأثر می‌کند، دور از انتظار نیست. اولین سند مکتوب درباره پدیده<sup>۱</sup> NAO به قرن ۱۸م. بازمی‌گردد. ون لون و روگرز<sup>۲</sup> (۱۹۷۸: ۲۹۶) اشاره کرده‌اند که مبلغ مذهبی، هانس سابی<sup>۳</sup> مشاهدات زیر را در دفترچه یادداشتی که از سال ۱۷۷۰ تا ۱۷۷۸ در گرینلند نگهداری می‌کرده، نوشته است: «در گرینلند همه زمستان‌ها سخت هستند؛ اما مثل هم نیستند. دانمارکی‌ها متوجه شده‌اند که وقتی زمستان در دانمارک سخت است، در همان زمان گرینلند، زمستان ملایم دارد و برعکس.» گارسیا و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۵: ۲۵) در مطالعه‌ای به مرتبط بودن بارش‌ها در گالیسیا با NAO و ENSO به منظور پیش‌بینی اقلیمی با روش تحلیل طیفی پرداختند و نشان دادند که شاخص NAO و بارش‌ها در یک مقیاس زمانی هشت ساله با هم مرتبط هستند؛ در حالی که اثر انسو قابل توجه نیست.

بررسی نقشه‌های پراکندگی فشار متوسط سطح دریا، نشان می‌دهد که غالب‌ترین سامانه‌های حاکم بر منطقه اطلس شمالی، مرکز کم‌فشار آیسلند و مرکز پرفشار آزرور است (بوشر ترجمه علیجانی، ۱۳۸۰: ۲۶). سامانه‌های حاکم بر اقیانوس اطلس شمالی با رفتارهای نوسانی در امتداد مداری - نصف‌النهاری موقعیت خود در حرکت هستند. این رفتار نوسانی به نوسان اطلس شمالی (NAO) موسوم است؛ بنابراین آن را بخشی اساسی از تغییرپذیری اقلیم در حوضه اقیانوس اطلس و الگوی پایدار از تغییرپذیری چرخش عمومی جو می‌توان به حساب آورد. نوسان اطلس شمالی به نوسان نصف‌النهاری در جرم جو اشاره دارد که مرکز عمل آن در نزدیکی آیسلند و بر روی منطقه جنب حاره‌ای آزرور قرار دارد؛ بنابراین می‌توان شاخص کمی از فازهای مختلف نوسانات شمالی ارائه و به شرح زیر تعریف نمود:

$$NAO = P(A) - P(I)$$

این شاخص بر پایه اختلاف فشار (P) نرمال شده سطح دریا بین منطقه آزرور (A) و کم‌فشار جنب قطبی آیسلند (I) بنا نهاده شده است. اختلاف فشار نرمال شده در دو نقطه جنوب‌غربی ریکیاویک و گیبرالتری و پونت دلگادا در آزرور، شاخص نوسانات اطلس شمالی را شکل می‌دهد (عساگره، ۱۳۸۶: ۵۰).

ال‌نینو- نوسان جنوبی (ENSO<sup>۵</sup>) به عنوان یک پدیده اقیانوسی- اتمسفری سبب تغییرپذیری اقلیم جهانی در مقیاس درون‌سالی می‌گردد. این پدیده توسط نوسانات درون‌سالانه ناهنجاری درجه حرارت سطح اقیانوس آرام استوایی (SSTA<sup>۶</sup>) و نوسانات بزرگ‌مقیاس ناهنجاری فشار هوا تعیین می‌گردد؛ به عبارت دیگر، ENSO از طریق برهم‌کنش‌های درونی اقیانوس - جو در منطقه آرام حاره‌ای و اتمسفر فوقانی آن ایجاد می‌گردد که ال‌نینو برای توصیف بخش اقیانوسی و نوسان جنوبی برای مؤلفه جوئی به کار می‌رود (لیو<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۵: ۲۰۰۵).

1- North Atlantic oscillation

2- Van Loon and Rogers

3- Hans Egede Saabye

4- Garcia

5- El Nino-Southern Oscillation

6- Sea Surface Temperature Anomaly

7- Liu

۲۶۸ و عزیزى، ۱۳۸۳: ۳۶). چرخه ENSO از دو مؤلفه اصلی تشکیل شده است: الف- بازخورد مثبت بین بادهای مداری ناشی از تغییرات فشار و تغییرات حرارت سطح دریا (SST) در ناحیه استوایی که آن نیز خود از طریق بادهای مشتق شده از نوسانات ترموکلاين و بالایی کنترل می‌گردد. ب- حرکات استوایی اقیانوس، بویژه امواج استوایی کلونین و رزبای، عنصر ناهمفازی را ایجاد می‌کنند که نوسان سامانه بین دو فاز گرم و سرد را سبب می‌گردد. فاز گرم، ال‌نینو و فاز سرد، لانینا نامیده می‌شوند. این ارتباط دینامیکی ماهیت بسیاری از مدل‌های ENSO است (چن<sup>۱</sup> و کین<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸: ۳۶۲۶).

فازهای گرم (ال‌نینو) و سرد (لانینا) ENSO تقریباً هر ۲ تا ۷ سال رخ می‌دهند که از نظر شدت (سال ۱۹۹۷-۹۸) و پایداری (۱۹۹۲-۹۵) نوسان‌های قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهند. رفتار ENSO از اواسط سال ۱۹۷۰ در مقایسه با ۱۰۰ سال گذشته آن تغییرات غیر معمولی را داشته است؛ بدین صورت که فاز گرم آن با فراوانی، پایداری و شدت بیشتری نسبت به فاز سرد آن رخ داده است (هافتن<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۱: ۵ و زی<sup>۴</sup> و چن<sup>۵</sup>، ۲۰۰۵: ۱). انسو به خاطر ایجاد تغییرات وسیع در گرم شدن جو نواحی استوایی، تغییر گردش جهانی اتمسفر را به دنبال دارد؛ بنابراین اقلیم تمام دنیا را تحت تأثیر قرار می‌دهد (چن و کین، ۲۰۰۸: ۳۶۲۶)؛ از این رو با یک الگوی پیوند از دور فراتر از منطقه اقیانوس آرام همراه است.

تأثیر شاخص‌های پیوند از دور SOI و NAO بر بارش و دمای ایران را محققان به تفصیل مورد مطالعه قرار داده‌اند (خوش‌اخلاق، ۱۳۷۷؛ عزیزى، ۱۳۷۹؛ غیور و عساکره، ۱۳۸۱؛ ناظم‌السادات و قاسمی، ۱۳۸۲؛ مسعودیان، ۱۳۸۴؛ یاراحمدی، ۱۳۸۵؛ یاراحمدی و عزیزى، ۱۳۸۶؛ نیّری، ۱۳۸۸؛ خوش‌اخلاق و همکاران، ۱۳۸۷؛ جلیلی و همکاران، ۱۳۹۰) غالب این پژوهش‌ها تغییرات بارش پاییزه را در ارتباط با شاخص‌های فوق می‌دانند؛ حال آنکه فقر مطالعاتی در مورد شرایط به وجود آمده طی فازهای مختلف SOI و NAO که اقلیم ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد، محسوس است. پژوهش حاضر سعی در ارائه تحلیلی جامع‌تر از تأثیرپذیری اقلیم ایران طی فازهای مختلف SOI و NAO دارد.

## مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر بر اساس داده‌های سازمان ملی اقیانوسی - جوی<sup>۶</sup> انجام گرفته است. بر این اساس داده‌های فشار سطح زمین با قدرت تفکیک مکانی ۲/۵ درجه طول و عرض جغرافیایی به صورت میانگین ماهانه، جهت استخراج مراکز فشار گردآوری شدند. داده‌های مذکور از نوع NCEP-DOE Reanalysis 2، نسخه بهبود داده شده داده‌های مدل NCEP Reanalysis I که مقادیر خطای آن‌ها برطرف شده است، هستند. همچنین از داده‌های دما و بارش ۳۲ ایستگاه سینوپتیک کشور با پراکنش مناسب طی دوره آماری ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵ مربوط به سازمان هواشناسی کل کشور بهره گرفته شد (شکل ۱).

جهت نشان دادن تأثیرگذاری شاخص‌های پیوند از دور SOI و NAO بر اقلیم ایران از روش هم‌بستگی پیرسون و برای نشان دادن نحوه تأثیرگذاری این شاخص‌ها بر اقلیم ایران، از نقشه‌های ناهنجاری فشار سطح

1- Chen

2- Cane

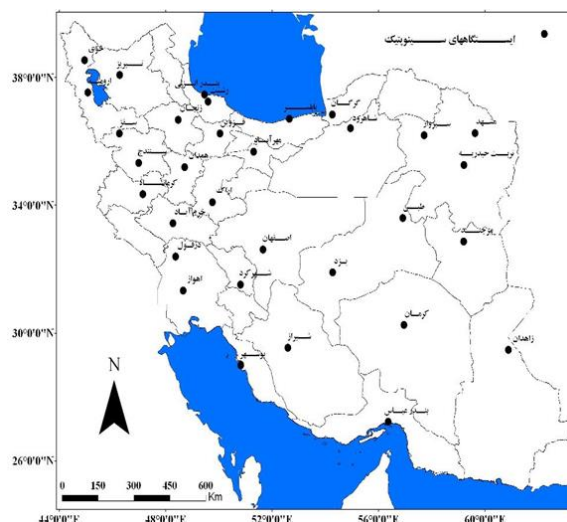
3- Houghton

4- Hsieh

5- Jin

6- National Oceanic and Atmospheric Administration

زمین بهره گرفته شد. بدین منظور از طریق محاسبه میانگین فشار سطحی ۶۵ ساله (۱۹۴۸ تا ۲۰۱۲) موقعیت متوسط مراکز فشار سیبری، آزرز و آیسلند مشخص شدند؛ در نهایت با کم نمودن نقشه‌های فشار سطحی سال‌هایی که اقلیم ایران تحت تأثیر شاخص‌های فوق بوده، از نقشه‌های متوسط ۶۵ ساله، نقشه‌های ناهنجاری به دست آمدند که از طریق آن‌ها تحلیل نحوه رفتار مراکز فشار مزبور طی سال‌های نمونه، عملی شد.



شکل ۱. پراکنش ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه طی دوره آماری ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵

## نتایج و بحث

میانگین سالانه و فصلی شاخص‌های پیوند از دور با پارامترهای اقلیمی (دما و بارش) از طریق رابطه همبستگی پایش شد (جدول ۱). بر اساس نتایج به دست آمده پارامترهای دما و بارش در فصل پاییز بهترین رابطه را هم‌زمان با هر دو شاخص نشان می‌دهند؛ بنابراین فصل پاییز جهت بررسی سینوپتیک انتخاب گردید.

جدول ۱. ضریب همبستگی مقادیر دما و بارش فصلی کشور با شاخص‌های SOI و NAO

	بارش		دما	
	SOI	NAO	SOI	NAO
زمستان	۰	۰/۰۷	۰	۰/۰۳
بهار	۰/۰۳	۰	۰/۰۸	۰/۰۲۴
تابستان	۰/۱۰	۰/۴	۰/۱۵	۰
پاییز	۰/۵۸	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۳۴

در ادامه کار، سری زمانی شاخص‌های SOI و NAO ترسیم و مقادیر بین  $-۰/۵$  تا  $+۰/۵$  به عنوان وضعیت نرمال و مقادیر پایین‌تر از  $-۱$  به عنوان سال‌هایی که شاخص‌ها در حالت فرین منفی و مقادیر بالاتر  $+۱$  بودند، به عنوان سال‌هایی که شاخص‌ها در حالت فرین مثبت بوده است، مورد توجه قرار گرفتند (انتخاب آستانه‌های فوق بر اساس مقادیر توزیع نرمال انتخاب شدند). بر این اساس سال‌های نرمال و فرین (مثبت و منفی) طی دوره آماری انتخاب شدند (جدول ۲).

جدول ۲. سال‌های نرمال و فرین انتخاب‌شده برای شاخص‌های مورد مطالعه طی دوره آماری

SOI	حالت مثبت	۱۹۷۵ و ۱۹۸۸
	حالت نرمال	۱۹۸۳ و ۱۹۹۵
	حالت منفی	۱۹۸۲ و ۱۹۹۷
NAO	حالت مثبت	۱۹۸۲ و ۱۹۹۳
	حالت نرمال	۱۹۶۴ و ۱۹۸۴
	حالت منفی	۱۹۶۳ و ۱۹۶۸

با انتخاب سال‌های فوق، مقادیر دما و بارش کشور طی فصل پاییز در این سال‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. برای رسیدن به این هدف متوسط بارش و دما در فصل پاییز و دامنه کمتر و بیشتر از مقادیر نرمال محاسبه شدند. (از طریق ۳۲ ایستگاه موجود طی دوره ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۵، جدول ۳). جهت به دست آوردن یک دامنه قابل قبول برای متوسط دما و بارش از رابطه  $\bar{X} \pm 1\sigma$  استفاده شد که  $\bar{X}$  مقدار متوسط دما یا بارش فصل مورد نظر و  $\sigma$  انحراف معیار پارامتر مربوطه است. با توجه به اینکه ۶۸ درصد داده‌ها در دامنه مورد نظر ( $1\sigma +$  تا  $1\sigma -$ ) قرار می‌گیرند، دامنه فوق می‌تواند بیانگر حد متوسط داده‌ها باشد و مقادیر بالاتر و پایین‌تر از آن به عنوان مقادیر فرین در نظر گرفته شدند. سپس ارتباط بین مقادیر به دست آمده با مقادیر شاخص‌های فوق طی سال‌های منتخب (جدول ۲) از طریق ضریب هم‌بستگی مورد بررسی مجدد قرار گرفت. نگاهی گذرا به مقادیر دما و بارش فصل پاییز و مقادیر استاندارد شده شاخص‌های SOI و NAO نشان می‌دهد که هیچ ارتباط منظم و قانونمندی که حاکی از تأثیرپذیری اقلیم ایران از فازهای مختلف باشد، نیست (جدول ۴).

برای نمونه طی فازهای نرمال و منفی NAO (سال‌های ۱۹۸۴ و ۱۹۶۸) مقادیر بیشتر از آستانه برای بارش مشاهده شده است. همچنین طی فازهای مثبت و نرمال SOI (سال‌های ۱۹۸۸ و ۱۹۸۳) مقادیر کمتر بارش ثبت شده است. نتایج به دست آمده سبب شد که رفتار توأمان دو شاخص SOI و NAO درباره بارش و دمای کشور مورد مطالعه قرار گیرد. در این راستا ۹ حالت ممکن برای رفتار توأمان دو شاخص استخراج شد.

جدول ۳. مقادیر متوسط دما و بارش و آستانه‌های مورد نظر جهت مطالعه مقادیر بیشتر و کمتر از نرمال

متوسط دما	۱۲/۲ درجه سانتی‌گراد
انحراف معیار مقدار دما	۰/۸
آستانه کمتر از نرمال (میانگین - انحراف معیار)	۱۱ درجه سانتی‌گراد
آستانه بیشتر از نرمال (میانگین + انحراف معیار)	۱۲/۸ درجه سانتی‌گراد
متوسط بارش	۷۱ میلی‌متر
انحراف معیار مقدار بارش	۲۵/۵
آستانه کمتر از نرمال (میانگین - انحراف معیار)	کمتر از ۴۵/۵ میلی‌متر
آستانه بیشتر از نرمال (میانگین + انحراف معیار)	بیشتر از ۹۶/۹ میلی‌متر

جدول ۴. مقادیر دما و بارش در سال‌های مختلف رخداد شاخص‌های SOI و NAO

نام شاخص	وضعیت شاخص	سال‌های فرین در فصل پاییز	بارش	دما
SOI	مثبت	۱۹۷۵	۸۴/۶	۱۰/۸
		۱۹۸۸	۴۷/۳	۱۲/۷
		۱۹۸۳	۴۴/۷	۱۲/۱
	منفی	۱۹۹۵	۷۳/۸	۱۱/۶
		۱۹۸۲	۱۲۲/۸	۹/۵
		۱۹۹۷	۱۰۳/۴	۱۲/۶
NAO	مثبت	۱۹۸۲	۱۲۲/۸	۹/۵

۱۱/۸	۶۱/۶	۱۹۹۳	نرمال
۱۰/۲	۵۰/۶	۱۹۶۴	
۱۰/۶	۹۴/۶	۱۹۸۴	
۱۲	۷۶/۳	۱۹۶۳	منفی
۱۳	۹۶/۴	۱۹۶۸	

در جدول ۵، حالت‌های توأمان رخدادهای NAO و SOI نشان داده شده است؛ علامت + بیانگر حالت فرین مثبت شاخص، علامت - بیانگر حالت فرین منفی شاخص مورد نظر و نبود علامت، نشان‌دهنده نرمال بودن آن شاخص است.

جدول ۵. رفتار توأمان شاخص‌های SOI و NAO، به همراه مقادیر بارش و دمای سال‌های منتخب (متوسط بارش و دمای ایستگاه‌های منتخب در فصل پاییز به ترتیب ۷۱ میلی‌متر و ۱۲/۲ سانتی‌گراد است)

ر رفتار توأمان	جهت شاخص	سال‌های موردنظر	NAO	SOI	بارش	دما
حالت اول	+SOI, +NAO	۱۹۹۹	+۰/۸۲	+۱/۱۳	۴۲/۰۸	۱۳/۰۵
حالت دوم	-SOI, -NAO	۱۹۹۷	-۱/۱۸	-۱/۲۳	۱۰۳/۴	۱۲/۶
		۲۰۰۲	-۱/۱۸	۰/۶	۷۴/۷	۱۲/۸
حالت سوم	-SOI, +NAO	۱۹۸۲	+۰/۸	-۲/۱	۱۲۲/۸	۹/۶
		۱۹۸۶	+۱/۶۱	-۰/۶۶	۱۲۱/۵	۱۱/۵
		۱۹۹۴	+۰/۵۶	-۰/۹	۱۲۱/۸	۱۱/۹
حالت چهارم	+SOI, -NAO	۱۹۷۳	-۰/۶۱	+۱/۷	۳۱/۳	۱۱/۸
		۱۹۷۰	-۰/۹	+۱/۵	۴۲/۲	۱۲/۴
حالت پنجم	-SOI, NAO	۱۹۹۱	+۰/۲۵	-۱/۱۶	۸۶/۷	۱۲/۱
حالت ششم	SOI, -NAO	۱۹۹۵	-۰/۹۵	-۰/۱۶	۷۳/۸	۱۱/۶
حالت هفتم	+SOI, NAO	۲۰۰۰	-۰/۱۹	+۱/۲۳	۱۰۰/۴	۱۱/۹
حالت هشتم	SOI, +NAO	۱۹۹۳	+۱/۱۳	-۰/۳۳	۶۶/۷	۱۱/۸
حالت نهم	SOI, NAO	۱۹۸۴	-۰/۰۴	-۰/۰۳	۹۴/۶	۱۰/۶
		۱۹۹۰	+۰/۰۷	-۰/۱۳	۴۰/۷	۱۲/۷

با توجه به مقادیر جدول ۵، مشخص می‌شود که در حالت‌های سوم و چهارم، واکنشی منظم در رفتار دما و بارش مشاهده می‌گردد و بیشترین تأثیر روی مقادیر دما و بارش مشاهده می‌شود؛ بدین صورت که در حالت سوم، افزایش قابل توجه در مقدار بارش و در حالت چهارم، کاهش قابل توجه در مقدار بارش همراه با رفتار معکوس دما در حالت‌های اشاره شده محسوس است؛ بنابراین بررسی حالت‌های فوق در دستور کار قرار گرفت.

در حالت سوم، شاخص NAO یک وضعیت فرین مثبت و شاخص SOI فاز فرین منفی را نشان می‌دهد. برای بررسی این حالت، سال‌های ۱۹۸۲ و ۱۹۸۶ و ۱۹۹۴ به عنوان نمونه انتخاب شده‌اند. وضعیت بارش سال ۱۹۸۲ بیش از ۱ انحراف معیار از میانگین بلندمدت دوره، بیشتر و دمای این سال حدود ۲ انحراف معیار از میانگین بلندمدت دوره، کمتر است.

در حالت چهارم نیز، شاخص NAO یک وضعیت فرین منفی و شاخص SOI فاز فرین مثبت را نشان می‌دهد. برای بررسی این حالت سال‌های ۱۹۷۵ و ۱۹۷۳ برای نمونه انتخاب شده‌اند. وضعیت بارش سال ۱۹۷۳ حدود ۰/۵ انحراف معیار از میانگین بلندمدت دوره، کمتر و دمای این سال در حول و حوش میانگین بلندمدت دوره قرار دارد. در سال ۱۹۷۵، میانگین بارش فصل پاییز ایران حدود ۰/۵ انحراف معیار از میانگین بلندمدت دوره کمتر و دما در بالاترین وضعیت میانگین قرار دارد.

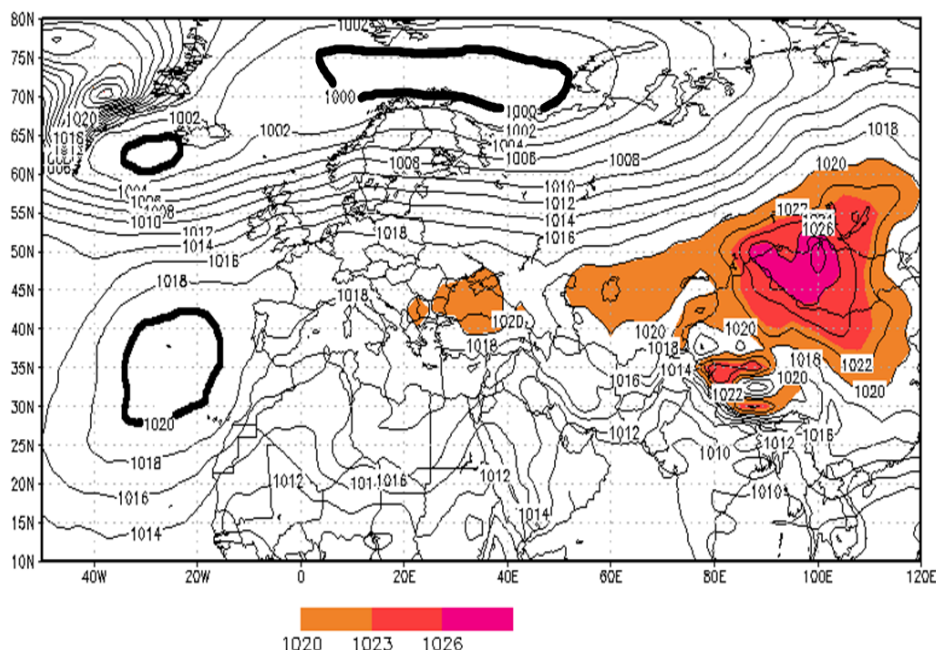
نظر به اینکه هر سه سال انتخاب شده در حالت سوم (+NAO, -SOI) وضعیت همسانی به لحاظ مقدار بارش و دما داشتند و سال‌های انتخاب شده در حالت چهارم (-NAO, +SOI) هم با توجه به عکس بودن شاخص‌ها نسبت به حالت سوم به لحاظ پارامترهای دما و بارش، عکس وضعیت حالت سوم را داشتند، وجود رابطه‌ای منطقی از قیاس این دو حالت احساس می‌شود؛ برای بررسی دقیق‌تر این سال‌ها که بهترین حالات استخراج شده از تحلیل آماری فوق بودند، تحلیل هم‌دید انجام شد.

تحلیل هم‌دید در مورد سال‌های انتخاب شده در حالت سوم به عنوان نمایندگان سال مرطوب و خنک و در حالت چهارم به عنوان نمایندگان سال خشک و گرم انجام گردید تا رفتار مراکز فشار کنترل‌کننده اقلیم پاییز ایران پیش‌گردد.

برای تحلیل بهتر موقعیت مکانی مراکز فشار، در ابتدا نقشه میانگین ۶۵ ساله شرایط فشار سطحی، در محدوده ۱۰ درجه تا ۸۰ درجه عرض شمالی و ۵۰ درجه طول غربی تا ۱۲۰ درجه طول شرقی ترسیم گردید (شکل ۲).

در پژوهش حاضر منحنی هم‌فشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکال به عنوان سلول مرکزی پرفشار آزرز و حداکثر گسترش زبانه پرفشار سیبری در نظر گرفته شده است. همچنین منحنی هم‌فشار ۱۰۰۰ هکتوپاسکال به عنوان سلول مرکزی کم‌فشار آیسلند نشان داده شده است.

با نگاهی به شکل ۲، مرکز پرفشار آزرز با فشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکال در مرکزی با موقعیت ۳۵ درجه عرض شمالی و ۲۵ درجه طول غربی در جنوب مجمع‌الجزایر آزرز قرار دارد و کم‌فشار آیسلند با فشار ۱۰۰۰ هکتوپاسکال با دو کانون یکی بر روی دریای بارنتز از نظر موقعیت با یک محور کاملاً افقی، کشیده شده بر روی دریا و دیگری با موقعیت غربی‌تر در محدوده تقریباً ۲۹ درجه عرض شمالی و ۶۲ تا ۶۳ درجه طول شمالی در جنوب غرب جزیره آیسلند قرار دارد. مرکز پرفشار سیبری نیز با فشاری برابر ۱۰۲۶ هکتوپاسکال با شکلی نامنظم در مرکزی به موقعیت ۴۷ درجه عرض شمالی و حدود ۱۰۰ درجه عرض شرقی در جنوب شرق دریایچه بایکال قرار گرفته است.



شکل ۲. میانگین ۶۵ ساله فشار سطحی و موقعیت متوسط مراکز فشار مؤثر بر ایران در فصل پاییز طی دوره آماری ۱۹۴۸ تا ۲۰۱۱

### نقشه‌های ناهنجاری SLP

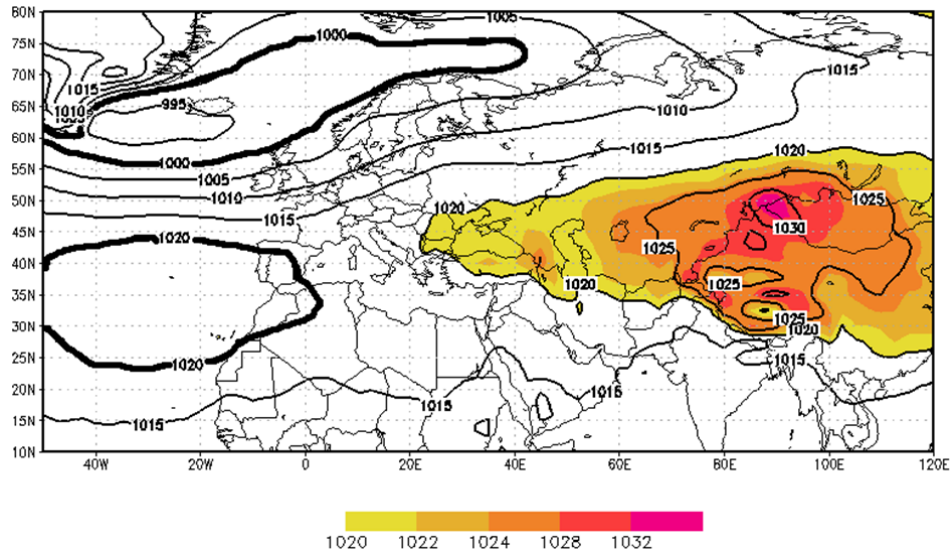
نقشه‌های ناهنجاری که حاصل اختلاف نقشه‌های میانگین فشار سطح دریا در فصل پاییز سال مورد نظر با میانگین ۶۵ ساله فشار سطح دریا در فصل پاییز هستند، به بهترین نحو تغییرات شدت مراکز فشار را نشان می‌دهند؛ بدین نحو که مقادیر منفی، بیانگر کاهش فشار و مقادیر مثبت، نشان‌دهنده افزایش فشار در آن محل است. در خصوص مراکز پرفشار، ناهنجاری مثبت، تقویت و ناهنجاری منفی تضعیف پرفشار را بیان می‌کند. مراکز کم‌فشار در اثر ناهنجاری مثبت، تضعیف می‌شوند و ناهنجاری منفی سبب تقویت آن‌ها می‌گردد.

### تحلیل نقشه‌های SLP و ناهنجاری SLP در حالت سوم

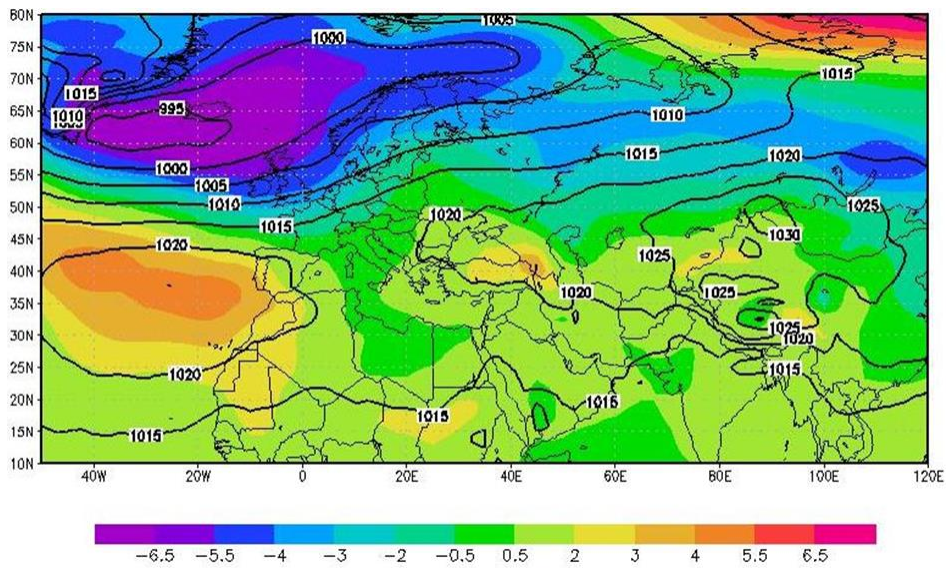
برای بررسی وضعیت مراکز فشار در حالت سوم سال‌های ۱۹۸۲ و ۱۹۸۶ به عنوان نمونه انتخاب شدند. از مقایسه شکل ۳ و ۴ با شکل ۲، اولین نکته‌ای که به نظر می‌رسد، حرکت مرکز پرفشار سیبری اندکی به سمت غرب و ناهنجاری تقریباً مثبت این مرکز است که خود گویای قوی شدن این مرکز در این سال نسبت به میانگین بلندمدت و ورود زبانه سیبری (هم‌فشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکال) به قسمت‌های شمالی ایران است که در قیاس با نقشه میانگین، این هم‌فشار وارد ایران نشده و در شمال ایران قرار گرفته است.

در الگوی دیگر، یعنی نقشه شکل ۵ و ۶ که مربوط به سال ۱۹۸۶ نماینده دیگری از حالت سوم است، باز این نکته کاملاً همانند الگوی سال ۱۹۸۲ است؛ با این تفاوت که ناهنجاری مثبت مرکز پرفشار حتی نسبت به الگوی قبلی، قوی‌تر شده است.



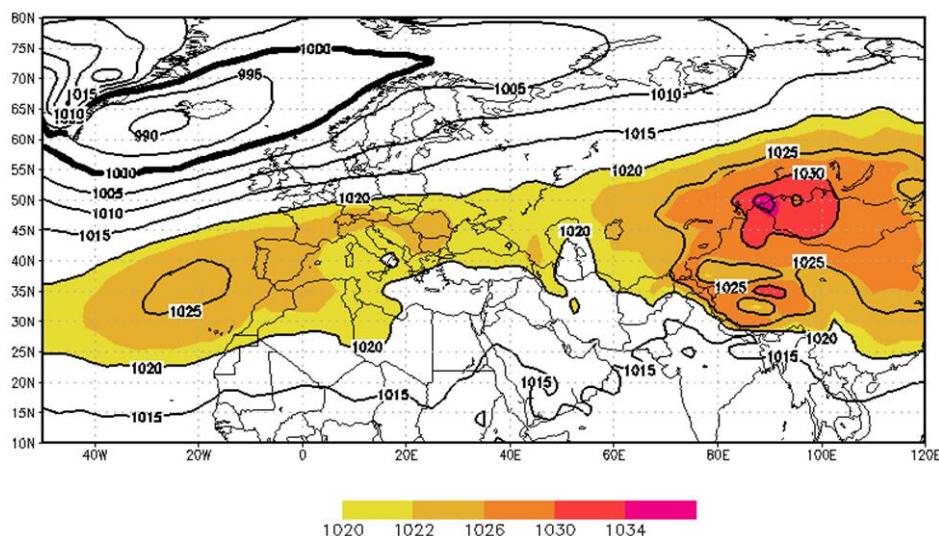


شکل ۳. نقشه میانگین شرایط فشار سطحی (SLP) فصل پاییز، سال ۱۹۸۲

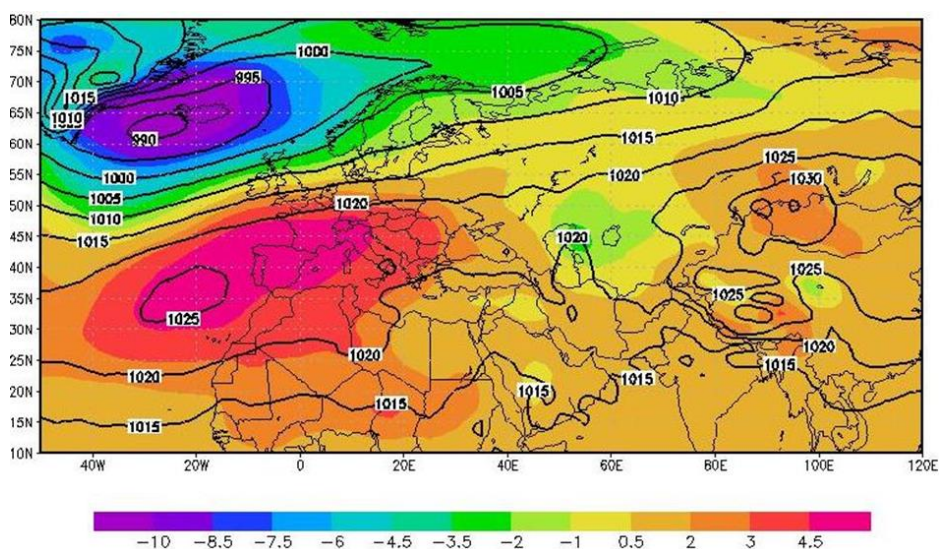


شکل ۴. نقشه ناهنجاری SLP فصل پاییز، سال ۱۹۸۲

پرفشار آزرز در هر دو الگو، به شرق جابه‌جا شده و هم در جهت طولی و هم در جهت عرضی توسعه پیدا کرده است؛ به گونه‌ای که هم‌فشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکال آن تا حدود ۲۳ درجه شمالی به سمت جنوب کشیده شده و ناهنجاری آن کاملاً مثبت بوده است؛ این امر نشان‌دهنده قوی شدن این مرکز نسبت به میانگین است. کم‌فشار آیسلند در هر دو الگو، نسبت به میانگین، دارای یک کانون در جنوب غرب آیسلند است و منحنی هم‌فشار ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، به سمت غرب جابه‌جا شده است ناهنجاری منفی مرکز کم‌فشار مبین قوی شدن آن نسبت به میانگین بلندمدت است. در هر دو الگو، قوی شدن آیسلند و آزرز وقوع یک NAO قوی مثبت را نشان می‌دهد.



شکل ۵. میانگین شرایط فشار سطحی (SLP) فصل پاییز، سال ۱۹۸۶



شکل ۶. ناهنجاری SLP فصل پاییز، سال ۱۹۸۶

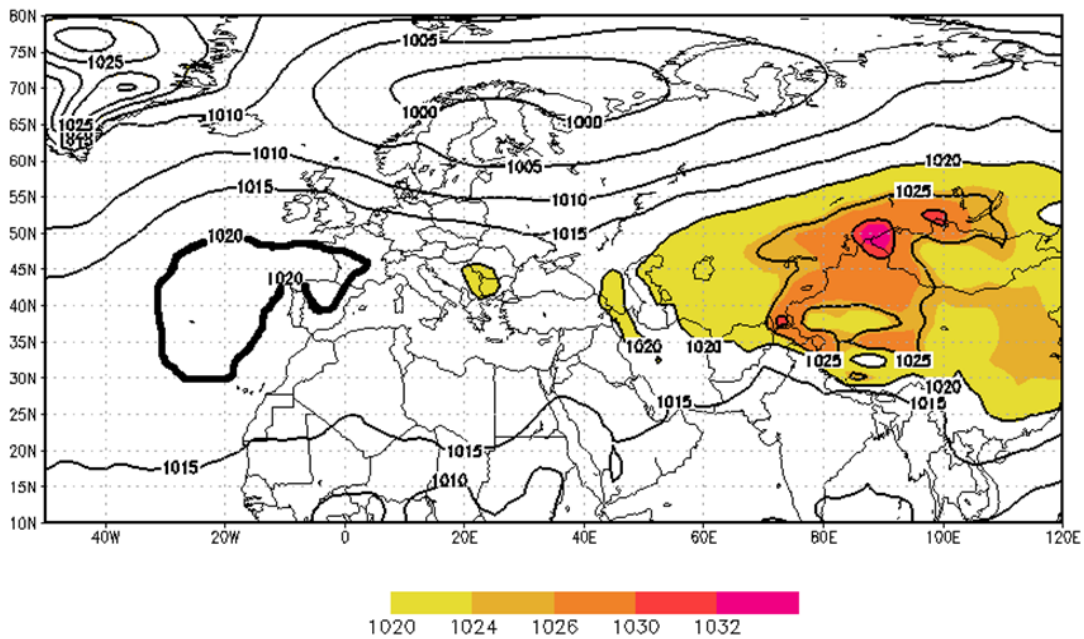
### تحلیل نقشه‌های SLP و ناهنجاری SLP در حالت چهارم

سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۷۵ به عنوان نماینده حالت چهارم انتخاب شدند. در صورتی که پربند هم‌فشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکال را نماینده آزرز در نظر بگیریم، در رابطه با الگوی سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۷۵ (سال‌های خشک)، جابه‌جایی این منحنی به عرض‌های شمالی‌تر نسبت به میانگین دوره، بیش از ۲ درجه و نسبت به سال‌های مرطوب، بیش از حدود ۶ تا ۱۰ درجه قابل توجه است.

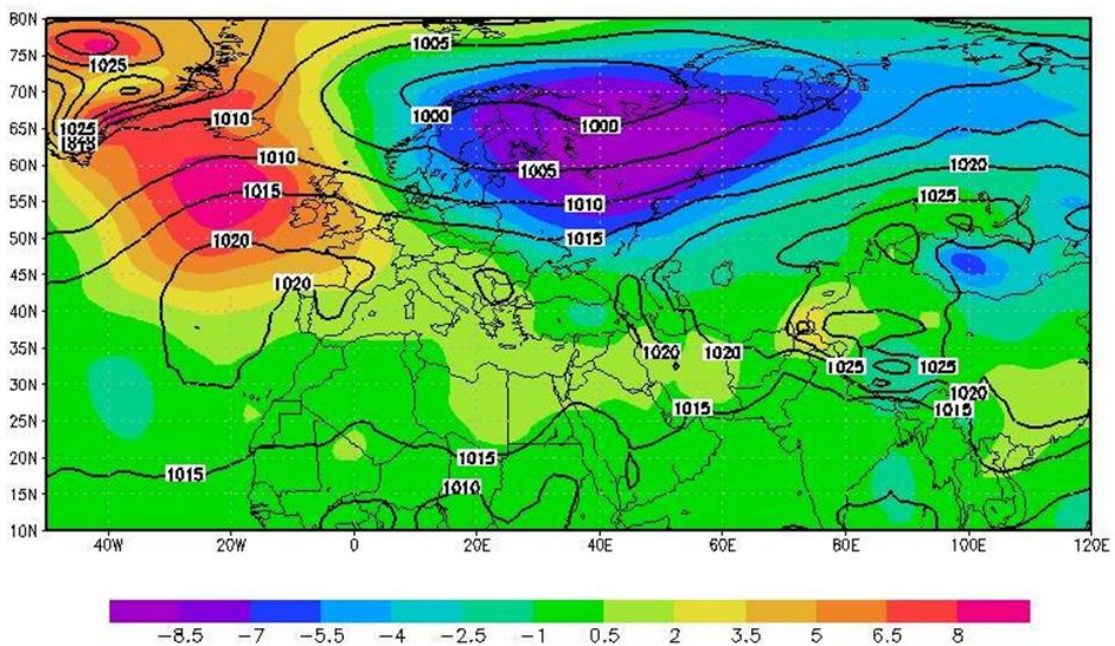
چنانچه منحنی ۱۰۰۰ هکتوپاسکال را به عنوان نماینده کم‌فشار آیسلند در نظر بگیریم، گسترش رو به شرق آن در سال‌های خشک کاملاً محسوس است و در روی دریای بارتنز قرار می‌گیرد؛ در صورتی که در سال‌های مرطوب در جنوب غرب آیسلند قرار داشته است. نکته مهم‌تر اینکه، جنوبی‌ترین قسمت این منحنی فشار، نسبت به سال‌های مرطوب، حدود ۱۰ درجه و نسبت به میانگین دوره، حدود ۵ درجه به سمت عرض‌های شمالی‌تر جابه‌جا شده است. اگر آیسلند را به عنوان مکان اصلی این کم‌فشار بشناسیم، این مکان

دستخوش ناهنجاری مثبت گردیده که با توجه به کم‌فشار بودن آن، به مفهوم تضعیف شدید این کم‌فشار است.

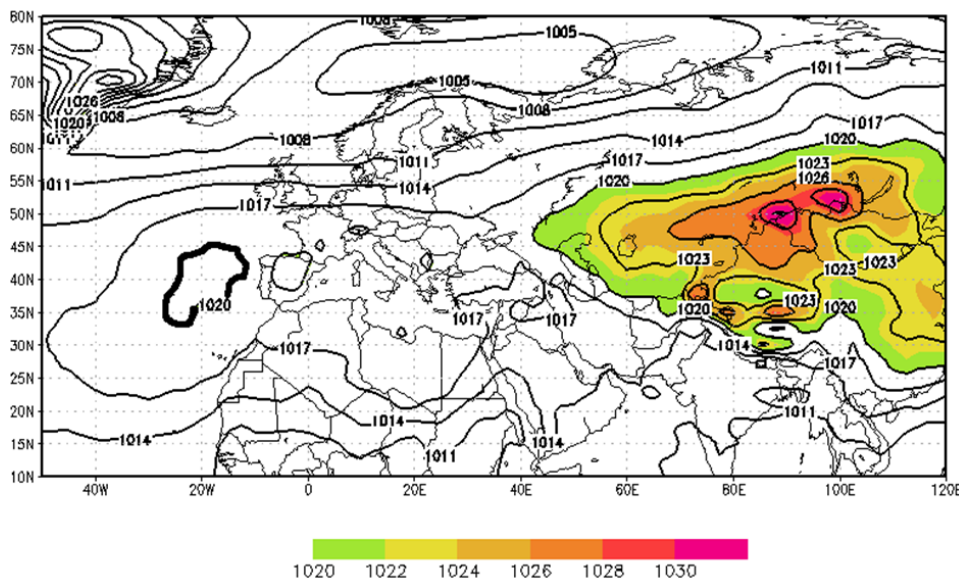
در مورد پرفشار سیبری نیز نکته قابل توجه در رابطه با سال‌های خشک نسبت به سال‌های مرطوب، دو هسته‌ای شدن مراکز فشار آن و ناهنجاری منفی نسبت به میانگین دوره است. با توجه به اینکه سیبری، پرفشار است، ناهنجاری منفی به مفهوم تضعیف این پرفشار نسبت به میانگین در این سال‌هاست و گسترش بسیار کم زبانه آن به سمت ایران از مشخصات دیگر الگوی این سال‌هاست.



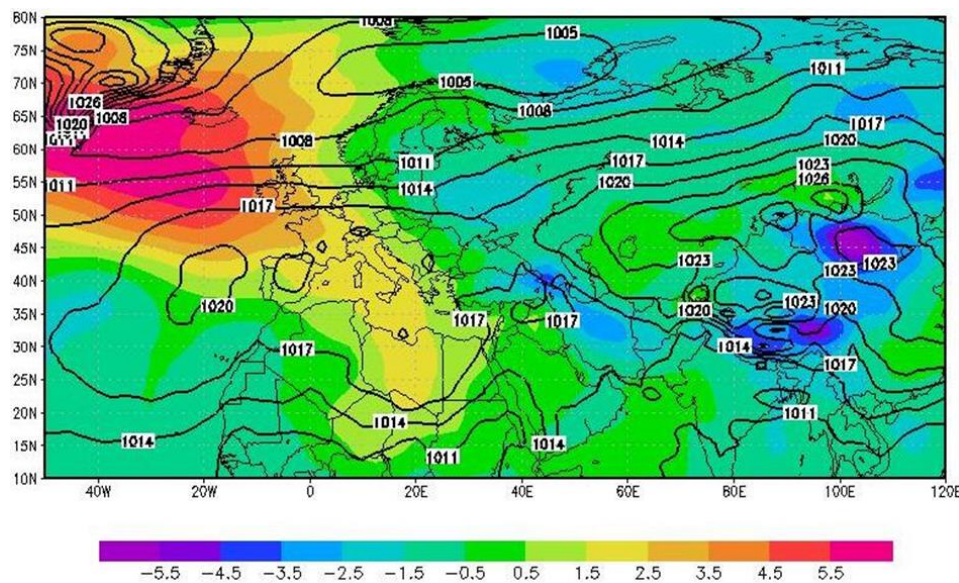
شکل ۷. میانگین شرایط فشار سطحی (SLP) فصل پاییز، سال ۱۹۷۳



شکل ۸. ناهنجاری فصل پاییز سال ۱۹۷۳



شکل ۹. میانگین شرایط فشار سطحی (SLP) فصل پاییز، سال ۱۹۷۰



شکل ۱۰. ناهنجاری فصل پاییز ۱۹۷۰

### نتیجه گیری

بر اساس یافته‌های تحقیق، فصل پاییز بیشترین ارتباط را با شاخص‌های NAO و SOI نشان می‌دهد. همچنین تأثیرپذیری اقلیم (دما و بارش) ایران از شاخص‌های فوق‌نه در حالت‌های فرین این شاخص‌ها، بلکه در ارتباط با هم‌زمانی فازهای فرین این شاخص‌ها به صورت توأمان است؛ بدین معنا که هرگاه شاخص‌های فوق در حالت فرین و غیر هم‌سو قرار دارند (NAO مثبت و SOI منفی فرین) یا (NAO منفی و SOI مثبت فرین باشند)، بیشترین تأثیر را بر اقلیم ایران می‌گذارند.

تحلیل نقشه‌های همدید دوره فرین شاخص‌ها، نکات جالب توجهی را نمایان ساخت؛ با وقوع SOI منفی و NAO مثبت، مراکز پرفشار سیبری و آزرورز و کم‌فشار آیسلند نسبت به میانگین بلندمدت تقویت شده‌اند.

تقویت مراکز فشار آزرورز و آیسلند متناسب با فاز مثبت NAO قابل درک است. تقویت پرفشار سیبری را می‌توان به عنوان برآیند مشترک فاز منفی SOI و فاز مثبت NAO پذیرفت (این مطلب نیاز به پژوهش و بررسی بیشتر دارد که در تحقیقات آتی مورد توجه قرار می‌گیرد)؛ زیرا در سایر نمونه‌های مشابه (فاز فرین مثبت NAO و فاز منفی SOI) نیز مشاهده شده است. این حالت سبب ورود زبانه پرفشار سیبری به ایران و به دنبال آن، کاهش درجه حرارت کشور شده است.

با وقوع حالت‌های فرین SOI مثبت و NAO منفی، تضعیف مراکز پرفشار سیبری و آزرورز و کم‌فشار آیسلند رخ می‌دهد که سبب ورود کمتر زبانه پرفشار سیبری به ایران شده است. همانند حالت قبل، تضعیف پرفشار آزرورز و کم‌فشار آیسلند، همان فاز منفی NAO است و در رابطه با تضعیف پرفشار سیبری می‌تواند ناشی از برآیند دو شاخص باشد که نتیجه آن افزایش دمای فصل پاییز است. همچنین حرکت شمال سوی پرفشار آزرورز و کم‌فشار آیسلند نیز قابل توجه است.

## منابع

- بوشر، کیت و بهلول علیجانی، ۱۳۸۰، آب‌وهوای کره زمین، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران.
- جلیلی، شیدا؛ سعید مرید؛ احمد بناکار و رضا نامداری، ۱۳۹۰، ارزیابی تأثیر شاخص‌های اقلیمی SOI و NAO بر تغییرات تراز دریاچه ارومیه، کاربرد روش‌های آنالیز طیفی سری‌های زمانی، آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵ (۱)، ۱۴۹-۱۴۰.
- خوش‌اخلاق، فرامرز، ۱۳۷۷، پدیده انسو و تأثیر آن بر رژیم بارش ایران، تحقیقات جغرافیایی، ۵۱، ۱۳۴-۱۲۱.
- خوش‌اخلاق، فرامرز؛ نوذر قنبری و جعفر معصوم‌پور سماکوش، ۱۳۸۷، مطالعه اثرات نوسان اطلس شمالی بر رژیم بارش و دمای سواحل جنوبی دریای خزر، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۶۶، ۷۰-۵۷.
- عزیزی، قاسم، ۱۳۸۳، تغییر اقلیم، چاپ اول، انتشارات قومس، تهران.
- عزیزی، قاسم، ۱۳۷۹، ال‌نینو و دوره‌های خشکسالی - ترسالی در ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۸، ۸۴-۷۱.
- عساکره، حسین، ۱۳۸۶، تغییر اقلیم، چاپ اول، انتشارات دانشگاه زنجان، زنجان.
- غیور، حسنعلی و حسین عساکره، ۱۳۸۱، مطالعه اثر پیوند از دور بر اقلیم ایران مطالعه موردی: اثر نوسانات اطلس شمالی و نوسانات جنوبی بر تغییرات میانگین ماهانه دمای جاسک، تحقیقات جغرافیایی، ۱۶ و ۱۷ (۶۳-۶۴)، ۱۱۳-۹۳.
- مسعودیان، ابوالفضل، ۱۳۸۴، تأثیر انسو بر بارش ایران، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ۴، ۸۲-۷۳.
- ناظم‌السادات، سید محمد جعفر و احمدرضا قاسمی، ۱۳۸۲، بارندگی شش ماهه سرد مناطق مرکزی و جنوب غربی ایران و ارتباط آن با پدیده ال‌نینو - نوسان جنوبی، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۷ (۳)، ۱۱-۱.
- نیری، معصومه، ۱۳۸۸، مطالعه ارتباط بارش‌های غرب ایران با نمایه‌های اقلیمی به منظور پیش‌بینی بارش‌های فصلی، به راهنمایی فرامرز خوش‌اخلاق، دانشگاه تهران، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد.
- یاراحمدی، داریوش و قاسم عزیزی، ۱۳۸۶، تحلیل چند متغیره ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی، پژوهش‌های جغرافیایی، ۶۲، ۱۷۴-۱۶۱.
- یاراحمدی، داریوش، ۱۳۸۵، تأثیر پدیده انسو بر تغییرات بارش ایران، رساله دکتری به راهنمایی قاسم عزیزی، رشته اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

- An, S.-I., Hsieh, W. W., & Jin, F.-F., 2005, **A Nonlinear Analysis of the Enso Cycle and Its Interdecadal Changes\***. *Journal of Climate*, 18 (16), 3229-3239.
- Chen, D., & Cane, M. A., 2008, **El Nino Prediction and Predictability**. *Journal of Computational Physics*, 227 (7), 3625–3640.
- García N. O., L. Gimeno, L. de la Torre, R. Nieto and J. A. Añel, 2005, **North Atlantic Oscillation (NAO) and Precipitation in Galicia (Spain)**, *Atmósfera* 18, 25–32.
- Houghton, J. T., M. Noguer, Y. Ding, D. J. Griggs, PJ van der Linden X. Dai, K. Maskell, and C. A. Johnson, 2001, **Climate Change 2001: the Scientific Basis (Vol. 881)**. Cambridge University Press Cambridge, UK.
- Liu, L. T., Hsu, H. T., & Grafarend, E. W, 2005, **Wavelet Coherence Analysis of Length-of-day Variations and El Nino-southern Oscillation**. *Journal of Geodynamics*, 39 (3), 267–275.
- Van Loon, H. and J.C. Rogers, 1978, **The Seesaw in Winter Temperatures Between Greenland and Northern Europe. Part I: General Description**. *Mon. Wea. Rev.*, 106, 296-310.