

## ارتباط الگوهای پیوند از دور با میزان آزون کلی در اصفهان

عباسعلی آروین (اسپانانی)\* - استادیار و عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۱/۱۹      تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۱۲/۲۶

### چکیده<sup>۱</sup>

نظر به اهمیت لایه‌ی آزون در زندگی بشر، پژوهش‌های زیادی تلاش در کشف قانونمندی حاکم بر تغییرات آن داشته‌اند. هدف این پژوهش مطالعه‌ی اثر شاخص‌های اقلیمی بر نوسان مقادیر آزون کلی در ایستگاه اصفهان است. برای این امر، آمار ماهانه‌ی آزون کلی ایستگاه آزون سنجی اصفهان و نیز داده‌های مربوط به سیگنال‌های اقلیمی از پایگاه داده‌های اقلیمی NCEP/NCAR مورد استفاده قرار گرفت. همچنین از تحلیل همبستگی پیرسون و مدل‌های مختلف رگرسیون برای سنجش روابط استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد ارتباط بین شاخص‌های AO و NAO با مقادیر آزون در ماه‌های سرد؛ دسامبر، ژانویه و فوریه معکوس و ضعیف، ولی از بقیه‌ی ماه‌های سال قوی‌تر است. روابط بین شاخص SOI با مقادیر آزون کلی از روند ماهانه‌ی مشخصی پیروی می‌کنند و این ضرایب در ماه‌های سرد سال منفی و قوی و در ماه‌های گرم سال مثبت و ضعیف هستند. از این رو انتظار می‌رود با افزایش این شاخص، مقدار آزون در بالای اصفهان افزایش یابد و برعکس. به طوری که بالاترین مقدار آزون طی ۱۵ سال با ۴۳۳ دایسون همزمان با پایین‌ترین شاخص SOI و بالاترین دمای سطح آب در اقیانوس آرام روی داده است. شاخص SOI با زمان تأخیر دو و سه‌ماهه و شاخص AO با زمان تأخیر دوماهه و به صورت منفی، ارتباط معنادارتری با تغییرات آزون کلی دارند. ارتباط معکوس و قوی شاخص وزش باد مداری در سطح ۲۰۰ میلی‌باری با تغییرات آزون نشان می‌دهد با افزایش شاخص وزش باد مداری مقدار آزون در ایستگاه اصفهان کاهش می‌یابد. بنابراین حرکت نصف‌النهاری/مداری باد می‌تواند بر افزایش/کاهش مقدار آزون کلی مؤثر باشد.

کلیدواژه‌ها: آزون کلی (TO)، ایستگاه اصفهان، شاخص‌های اقلیمی SOI، AO و NAO.

## مقدمه

لایه‌ی اُزون علاوه بر اینکه تحت تأثیر تغییرات فتوشیمیایی اشعه‌های خورشیدی قرار می‌گیرد، از عوامل هواشناختی و اقلیم‌شناختی نیز تأثیر می‌پذیرد (آروین، ۱۳۹۰ و ۲۰۱۱: ۱۸۳). دستگاه اقلیم از عواملی تأثیر می‌پذیرد که در مکانی بسیار دورتر از محل وقوع پدیده‌های اقلیمی قرار دارند، بنابراین این عوامل با نام پیوند از دور<sup>۱</sup> شناخته شده‌اند. با توجه به اینکه بخشی از تغییرپذیری اُزون ناشی از نوسان‌های عوامل اقلیمی در لایه‌ی تروپوسفر و در زیر استواتوسفر است و این عوامل از شاخص‌های اقلیمی<sup>۲</sup> تأثیر می‌پذیرند، دستیابی به این روابط می‌تواند ما را در پیش‌بینی تغییر در میزان اُزون کلی متأثر از تغییرات سیگنال‌های اقلیمی یاری کند. ارتباط پیوند از دور نوسان‌های اقلیمی متأثر از شاخص‌های اقلیمی، در بسیاری از پژوهش‌ها مورد تأیید قرار گرفته است.

سانمن و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۷)، ناپهنجاری زمستانه نسبت شب به روز اُزون در مزوسفر میانی تا بالایی را مطالعه کرده و قوی‌ترین اثرها را به تغییر سالانه‌ی بخار آب و باد منطقه‌ای است نسبت می‌دهند. اثر باد منطقه‌ای بر روی اُزون توسط ایشان به نام اثر سانمن نامیده شد. کوتاه‌شدن زمان غروب سبب می‌شود نسبت اُزون شبانه توسط رژیم باد غربی افزایش یابد، در حالی که اُزون روزانه کمتر تحت تأثیر باد منطقه‌ای در قلمرو مورد نظر است. برمر و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۸) در مطالعه‌ی خود نشان دادند تغییرات بلندمدت در حجم اُزون استراتوسفری از روند میانی اُزون در مزوسفر و ترموسفر تأثیر می‌پذیرد. این نشان می‌دهد که بخش ضروری از روندهای استنتاج شده در مزوسفر و ترموسفر پایینی با تغییرات بلندمدت حجم اُزون اتمسفری پیوند می‌خورد. جاکوبی و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۹) بادها و امواج منطقه‌ای عرض‌های متوسط مزوپاوز و مقایسه‌ی آن با تغییرپذیری اُزون استراتوسفری را مورد مطالعه قرار دادند و بر این نکته تأکید کردند که فرایند جفت‌شدگی در اتمسفر میانی از استراتوسفر پایینی تا مزوسفر روی تغییرات اُزون اثر دارد. مارتا زوسی و همکاران (۲۰۱۰) ارتباط اُزون کلی و شاخص باد مداری استوایی را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که این روابط در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار هستند و مقدار اُزون کلی به‌شدت تحت تأثیر وقایع انسو قرار می‌گیرد. آنتون و همکاران (۲۰۱۱) تغییرات زمانی فضایی اُزون کلی را بر بالای پرتقال بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که میانگین اُزون کلی در شمال پرتقال، بیشتر از جنوب است و تغییرپذیری نصف‌النهاری اُزون (کمتر از ۳ درصد) بیشتر از تغییرپذیری مداری آن (بین ۳/۵ تا ۶ درصد) است. خوخلوف و همکاران (۲۰۱۱) تغییرات الغا شده‌ی NAO بر اُزون کلی روی اروپا را مطالعه کرده و به این نتیجه رسیدند امواج الغایی ناو، به‌انتقال موجی اُزون کمک می‌کند و مقادیر آن را تغییر می‌دهد. نزدیک مرکز فعالیت جوی مرتبط با ناو، تغییرات اُزون کلی نیز حداکثر است. آروین (۲۰۱۱) روند تغییرات اُزون کلی در ایستگاه اصفهان را مطالعه کرده و افزایش زمستانه‌ی اُزون کلی را مرتبط با افزایش فعالیت جوی در فصل زمستان متأثر از فعالیت سیکلون‌ها در این فصل می‌داند.

1. Teleconnection

2. Climatic Indices

3. G. R. Sonnemann at all

4. J. Bremer at all

5. Ch. Jacobi at all

در ایران ارتباط شاخص‌های اقلیمی با تغییرات آزون کلی مطالعه نشده است؛ ولی رابطه‌ی این شاخص‌ها با سایر عوامل جوّی از جمله بارش که مهم‌ترین شاخص ناپایداری جوّی است، بررسی شده است. برای مثال غلامی بیرقدار (۱۳۷۶) در مقاله‌ی خود، ال. نینو و ناپهنجاری‌های جوّی را به صورت کلی مطالعه کرده و نشان داده است چگونه می‌توان با استفاده از این پدیده، شرایط بلندمدت و فصلی اقلیم را پیش‌بینی کرد. خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۸۷) اثر نوسان اطلس شمالی بر رژیم بارش و دمای سواحل جنوبی دریای خزر را با استفاده از آزمون همبستگی مطالعه کرده‌اند و نشان دادند مرحله‌ی مثبت شاخص NAO با افزایش بارش و کاهش دما و مرحله‌ی منفی شاخص مزبور با دوره‌های کاهش بارش و افزایش نسبی دما همزمان است. غیور و همکاران (۱۳۸۰) در مقاله‌ی خویش نشان دادند ناپهنجاری‌های الگوهای ارتفاع ژئوپتانسیل و وزش بادهای مداری و نصف‌النهاری سطوح فوقانی جو که تعیین‌کننده‌ی اصلی هسته‌ی سرعت رودبادهای فوقانی است، طی فازهای انسو دچار تغییرات مشهودی می‌شود. مرادی (۱۳۸۳) اثر شاخص‌های اطلس شمالی را بر ناپهنجاری اقلیمی ایران بررسی کرد و نشان داد NAO شدید در زمستان با افزایش بارش و کاهش دما در اغلب مناطق کشور همراه است. بررسی‌ها در مورد نائوی ضعیف، عکس‌الگوهای بالا را نشان می‌دهد. عزیزی و همکاران (۱۳۸۶) به بررسی ارتباط بین میزان بارش در فصول پاییز، زمستان و بهار با شاخص‌های اقلیمی از طریق تحلیل رگرسیونی پرداختند. نتایج به دست آمده از تحلیل رگرسیونی نشان می‌دهد که بین میزان بارش و شاخص‌های اقلیمی مذکور در فصل پاییز و زمستان، ارتباط قوی و در فصل بهار ارتباط بسیار ضعیفی وجود داشته است. خورشید دوست و همکاران (۱۳۸۷) ارتباط نوسان‌های گردش جوّی - اقیانوسی اطلس شمالی با خشکسالی‌های آذربایجان شرقی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعه‌ی ایشان نشان داد که بین بارش سالانه‌ی ایستگاه‌های تبریز، اهر و جلفا با شاخص نوسان‌های اطلس شمالی، همبستگی منفی ضعیف و معناداری، به‌ویژه در ترسالی‌ها و خشکسالی‌های فراگیر وجود دارد.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ۱۵ سال آمار روزانه‌ی آزون کلی ایستگاه سینوپتیک و آزون‌سنجی اصفهان، از سال ۱۹۹۶ تا پایان سال ۲۰۱۰ میلادی مورد استفاده قرار گرفت. نقایص موجود در داده‌های آزون با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای پایگاه نقشه‌سازی اسپکترومتري آزون کلی (NASA/GSFC) اصلاح شد. همچنین داده‌های مربوط به سیگنال‌های اقلیمی AO، NAO، SOI، و NINO1-4 و شاخص‌های وزش باد مداری در ترازهای مختلف جو، از پایگاه داده‌های NCEP/NCAR استخراج و مورد استفاده قرار گرفت. اگرچه طول دوره‌ی آماری بسیاری از این شاخص‌ها از سال ۱۹۴۸ تا ۲۰۱۰ بود، اما به دلیل اینکه آمار آزون کلی ایستگاه اصفهان از ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۰ در اختیار بود، بنابراین آمار سیگنال‌ها نیز در دوره‌ی مشترک مورد استفاده قرار گرفت.

در این پژوهش شاخص‌های اقلیمی در سه دسته طبقه‌بندی شدند. دسته‌ی نخست، شاخص‌های مربوط به پیوند از دور در نیمکره‌ی شمالی که از مهم‌ترین آنها، شاخص‌های نوسان اطلس شمالی<sup>۱</sup> (NAO) و نوسان قطب شمال<sup>۲</sup> (AO) هستند. شاخص نائو از این نظر اهمیت دارد که بارزترین الگوی پیوند از دور است و در تمام سال در نیمکره‌ی شمالی فعال است. شاخص نائو اختلاف فشار سطح دریا بین منطقه‌ی آزور و کم فشار جنب قطبی ایسلند است. در فاز مثبت، اختلاف فشار بین دو منطقه‌ی مزبور افزایش یافته، جریان‌های شدید جوّی را رو به سوی شمال اطلس هدایت می‌کند (گیور و همکاران، ۱۳۸۰). در فاز منفی نائو اختلاف (گرادیان) فشار کاهش یافته، جریان‌های شمالی ضعیف می‌شوند و همین عوامل است که می‌تواند بر موقعیت رودباده‌ها و جریان‌های غربی اثر گذاشته، پیوند شرایط اقلیمی مکان‌های دورتر، از جمله ایران را تحت تأثیر قرار دهد. الگوی AO به‌عنوان حالت هدایت شونده‌ای از ناهنجاری‌های متوسط ارتفاع ماهانه‌ی سطح ۱۰۰۰ میلی باری در نیمکره‌ی شمالی، از عرض جغرافیایی ۲۰ درجه‌ی شمالی به سمت قطب شمال تعریف می‌شود. برای این شاخص از میانگین‌های ماهانه استفاده می‌شود. به دلیل اینکه شاخص AO بالاترین تغییرپذیری را در فصل سرد دارد، بنابراین بیشتر به‌عنوان الگوی اولیّه‌ی تعیین الگوهای فصل سرد به کار گرفته می‌شود.

دسته‌ی دوم الگوهای پیوند از دور نیمکره‌ی جنوبی است که شاخص نوسان جنوبی<sup>۳</sup> (SOI) به صورت اختلاف فشار سطحی بین تاهیتی در شرق اقیانوس آرام جنوبی و داروین استرالیا در غرب اقیانوس آرام، بیانگر تغییرات فشار در نیمکره‌ی جنوبی است. مطالعات نشان داده مؤلفه‌های اقلیم در ایران تحت تأثیر تغییرات فشار در اقیانوس آرام جنوبی تغییر می‌کنند که به برخی از آن پیش‌تر اشاره شد. از دیگر شاخص‌هایی که تغییرات فشار در اقیانوس آرام را بررسی می‌کنند، شاخص چند متغیره انسو<sup>۴</sup> (MEI) است. همچنین آثار شاخص‌های درجه حرارت سطح آب اقیانوس آرام در مناطق پنج‌گانه‌ی نینو<sup>۵</sup> (NINO) روی تغییرات اُزون کلی بررسی شد.

دسته‌ی سوم؛ مطالعه‌ی اثر بادهای روی تغییرات اُزون کلی است. با فرض اینکه اثر نوع امواج بادهای (مداری یا نصف‌النهاری) می‌تواند بر انتقال هوای غنی / فقیر اُزون مؤثر باشد، بنابراین اثر شاخص‌های وزش مداری باد در سطح ۲۰۰ میلی باری بر تغییرات اُزون کلی، در اصفهان مورد نیز بررسی قرار گرفت.

همچنین دمای ارتفاع سطوح ۱۰۰ و ۵۰۰ میلی باری و نیز دمای سطح ۱۰ میلی باری استخراج و ارتباط آن با شاخص‌های اقلیمی و اُزون کلی بررسی شد.

1. North Atlantic Oscillation
2. Arctic Oscillation
3. Southern Oscillation Index (SOI)
4. Multivariate ENSO Index (MEI)
5. Extreme Eastern Tropical Pacific SST \*(0-10S, 90W-80W) (NINO1+2)
- Central Tropical Pacific SST \*(5N-5S) (160E-150W) (NINO4)
- East Central Tropical Pacific SST\* (5N-5S)(170-120W) (NINO3.4)
- Eastern Tropical Pacific SST (5N-5S,150W-90W) (NINO3)

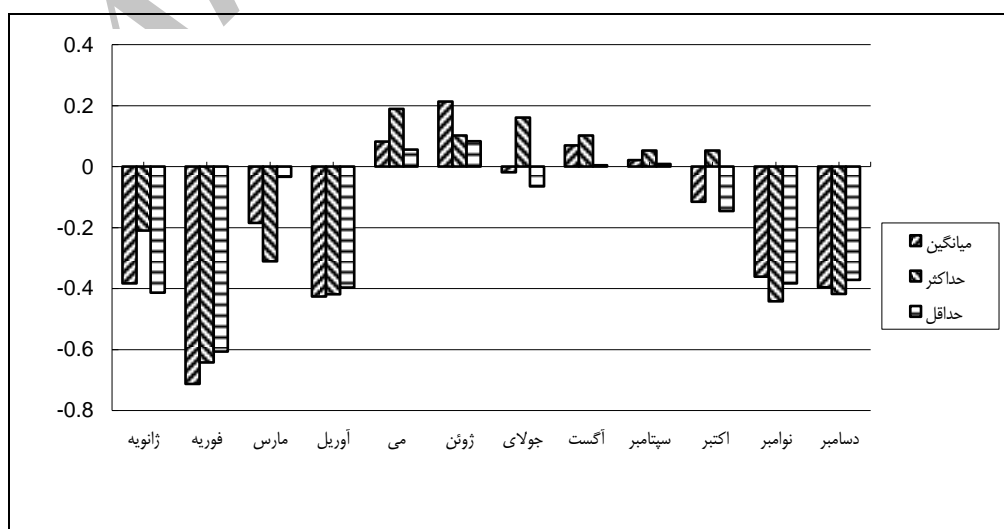
## یافته‌های پژوهش

## • شاخص SOI

مقادیر اُزون، به‌ویژه در ماه‌های فصل سرد سال که دینامیک جو فعال است، از تغییرپذیری شاخص SOI پیروی می‌کنند و این در مقادیر حداکثر اُزون روند مشخص‌تری دارد. با این حال ضرایب همبستگی در ماه فوریه در مقادیر میانگین و حداکثر، به‌ترتیب با ضرایب  $(r = -0/713)$  و  $(r = -0/642)$  در سطح  $0/01$  درصد و در مقادیر حداقل با ضریب  $(r = -0/607)$  در سطح  $0/05$  درصد معنادار است. برای مشخص شدن روند تغییرپذیری ماهانه، ضرایب همبستگی بین شاخص SOI و مقادیر اُزون در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. این ضرایب در ماه‌های سرد سال منفی و قوی و در ماه‌های گرم سال مثبت و ضعیف هستند.

همچنین مدل‌های برآورد مقدار اُزون از روی شاخص SOI در ماه فوریه نشان می‌دهد، مدل کعبی، درجه دوم، معکوس لگاریتمی و خطی، بهترین مدل برای برآورد مقدار اُزون هستند که مدل‌های معکوس لگاریتمی و خطی در سطح  $0/01$  درصد و مدل کعبی و درجه دوم در سطح  $0/05$  درصد معنادار هستند.

اختلاف معناداری بین ضرایب همبستگی در دو فصل سرد و دو فصل گرم وجود دارد (جدول شماره ۱). از سویی دیگر بین مقادیر حداکثر اُزون و SOI شدید، به‌ویژه در فصل زمستان، ارتباط قوی‌تر وجود دارد. با استناد به شکل شماره ۱ با افزایش شاخص SOI، مقدار اُزون کاهش می‌یابد و با کاهش شاخص، مقدار اُزون افزایش می‌یابد. در واقع حالت منفی SOI ضعیف با افزایش میزان اُزون کلی هماهنگ بوده است. این موضوع در سال ۱۹۹۸، هنگامی که میانگین فصلی شاخص SOI به حداقل  $-3/93$  کاهش یافت، میانگین زمستانی اُزون تا  $342/3$  دابسون و مقادیر حداکثر زمستانه تا ۴۳۳ دابسون افزایش یافت که بالاترین رقم ثبت شده طی ۱۵ سال ثبت داده‌های اُزون است. در حالی که میانگین ۱۵ ساله اُزون  $288/4$  دابسون است (شکل شماره ۲).



شکل ۱. ضرایب همبستگی بین مقادیر ماهانه‌ی شاخص SIO و مقادیر متوسط، حداکثر و حداقل اُزون کلی که دارای روند افزایشی ضعیف در فصل گرم و روند کاهشی قوی در ماه‌های سرد سال هستند

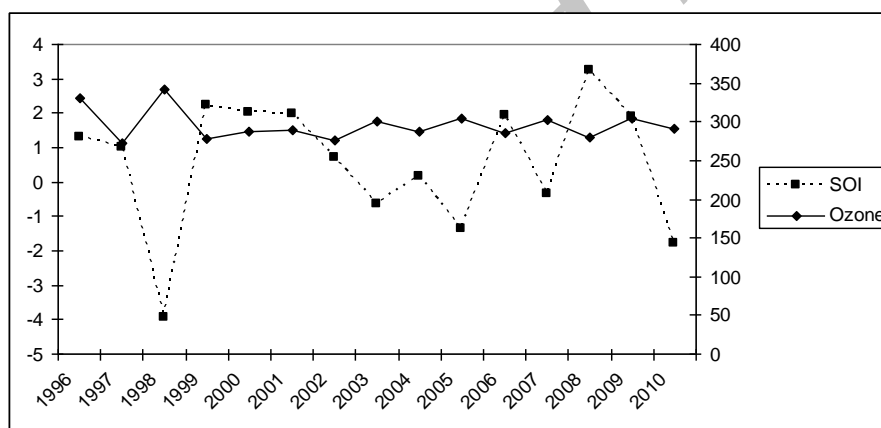
جدول ۱. ضرایب همبستگی بین مقادیر میانگین، حداکثر، حداقل اُزون با شدت‌های مختلف شاخص SOI در فصول سال

بهار			زمستان			
ضعیف	شدید	متوسط	ضعیف	شدید	متوسط	
-۰/۳۵۳	-۰/۱۱۰	-۰/۱۱۷	-۰/۴۶۳	-۰/۶۵۳**	-۰/۵۹۰*	میانگین اُزون
-۰/۵۱۶	-۰/۰۵۸	-۰/۲۵۰	-۰/۴۲۵	-۰/۶۳۴**	-۰/۵۹۲*	حداکثر اُزون
۰/۰۰۲	۰/۲۴۷	۰/۱۰۱	-۰/۵۱۸*	-۰/۶۱۰**	-۰/۵۸۷*	حداقل اُزون
پاییز			تابستان			
ضعیف	شدید	متوسط	ضعیف	شدید	متوسط	
-۰/۴۰۹	-۰/۲۹۰	-۰/۳۵۲	۰/۰۵۱	-۰/۰۴۴	۰/۰۰۲	میانگین اُزون
-۰/۵۵۶*	-۰/۵۷۵*	-۰/۵۷۸*	۰/۲۷۴	۰/۱۲۷	۰/۱۷۵	حداکثر اُزون
-۰/۳۶۰	-۰/۲۴۸	-۰/۲۹۹	-۰/۱۵۷	-۰/۱۷۰	-۰/۱۵۰	حداقل اُزون

a. Cannot be computed because at least one of the variables is constant

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



شکل ۲. مقایسه‌ی مقادیر متوسط فصلی فصل زمستان شاخص SOI و اُزون کلی

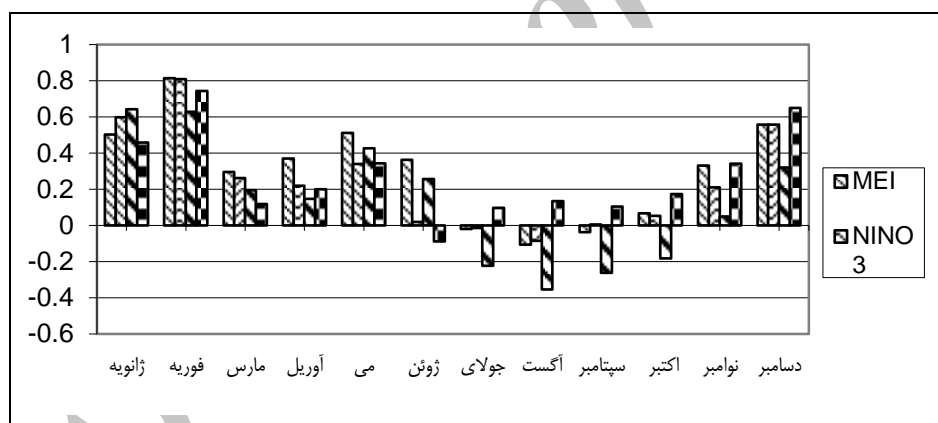
#### • سایر شاخص‌های ENSO

بررسی روابط شاخص‌های دیگر انسو با تغییرات اُزون نیز نشان داد که شاخص NINO3 ارتباط قوی‌تری با مقادیر میانگین اُزون دارد (شکل شماره ۳). ارتباط شاخص NINO3 در ماه فوریه در سطح ۰/۰۱ درصد و در ماه‌های ژانویه و دسامبر در سطح ۰/۰۵ درصد با تغییرات اُزون کلی معنادار هستند. ضرایب همبستگی دارای روند مشخص، کاهش در ماه‌های فصل گرم و افزایش در ماه‌های فصل سرد هستند (شکل شماره ۳).

اگرچه شاخص NINO3 روند تغییرات ماهانه‌ی متفاوتی نسبت به SOI دارد (روند معکوس نسبت به SOI)، ولی روند تغییرات ماهانه‌ی آن با تغییرات اُزون (شکل شماره ۵) نشان می‌دهد، دمای سطح آب در اقیانوس آرام نیز می‌تواند در پیش‌یابی تغییرات اُزون کارآمد باشد. بدین مفهوم که با افزایش مقادیر شاخص (دمای بالای سطح آب اقیانوس آرام)، مقادیر اُزون کلی افزایش می‌یابد. بالاترین دمای سطح آب ثبت‌شده مربوط به سال ۱۹۹۸ (سال وقوع ال.نینو) است که میزان اُزون نیز در زمستان همین سال، به حداکثر میزان خود رسیده است

از میان سایر شاخص‌های ENSO شاخص MEI همبستگی بالاتری را با مقادیر آزون نشان دادند. ارتباط آزون کلی در مقادیر میانگین با شاخص MEI، در ماه فوریه با ضریب  $(r = 0/814)$  در سطح  $0/01$  و در ماه دسامبر، می و ژوئن به ترتیب با ضرایب  $(r = 0/558)$  و  $(r = 0/502)$  در سطح  $0/05$  درصد معنادار است که البته روند معین فصلی را در مقایسه با شاخص‌های SOI و NINO3 نشان می‌دهد. همچنین ضرایب همبستگی در ماه‌های ژانویه و فوریه بین شاخص NINO1.2 و مقادیر میانگین آزون معنادار هستند. برای شاخص NINO3.4 و NINIO4 این روابط در ماه‌های فوریه و دسامبر معنادار است (شکل شماره ۳).

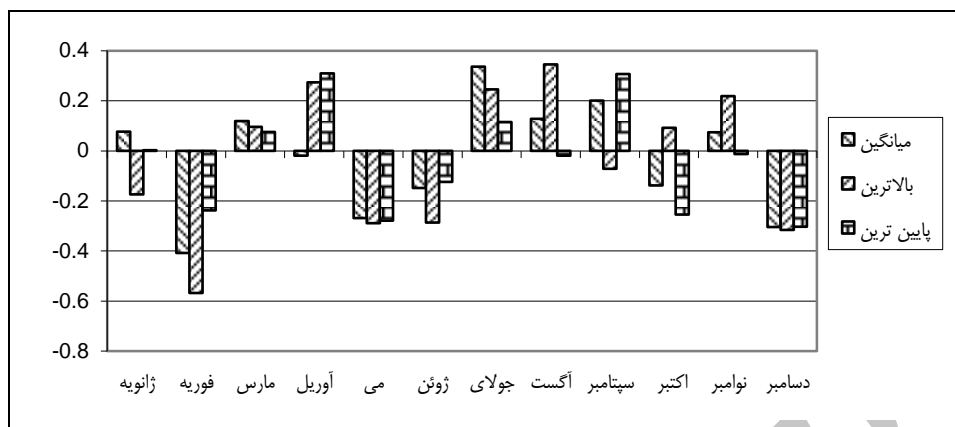
مدل‌های مختلف برای برآورد مقدار آزون از روی شاخص NINO3 مورد بررسی قرار گرفت که تمام مدل‌ها در سطح  $0/01$  درصد ارتباط معناداری را با تغییرات میانگین آزون کلی در ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه نشان دادند. از میان آنها مدل‌های کعبی و درجه دوم ارتباط معنادارتری را نشان داده و به ترتیب ۷۳ و ۷۲/۷ درصد تغییرات را تبیین می‌کنند. مقایسه‌ی این جدول با جدول مشابه برای سایر سیگنال‌ها، نشان‌دهنده‌ی ارتباط قوی‌تر شاخص NINO3 با تغییرات آزون کلی است.



شکل ۳. نمودار ضرایب همبستگی بین شاخص‌های ENSO و متوسط ماهانه‌ی مقدار آزون کلی

#### • شاخص NAO و AO

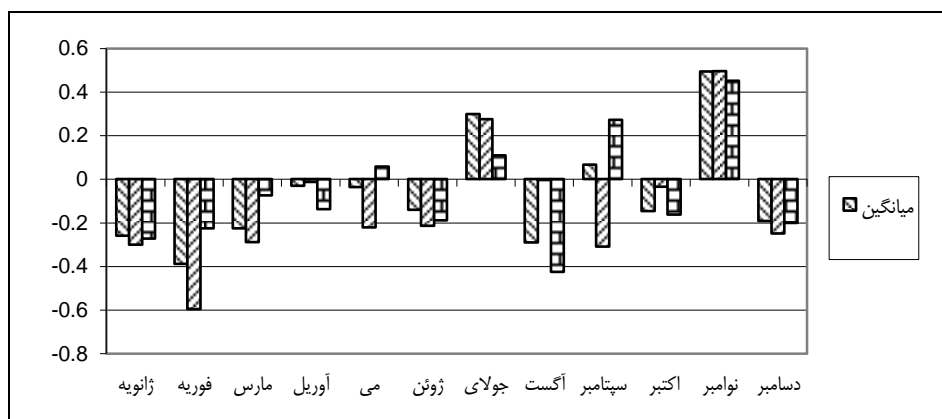
بررسی روابط همبستگی بین شاخص NAO و تغییرات آزون کلی نشان داد که فقط در ماه فوریه حداکثر رابطه‌ی همبستگی به نسبت قوی بین مقادیر آزون و شاخص NAO وجود دارد (شکل شماره ۴). در سه ماهه‌ی سرد سال، بین شاخص NAO و تغییرات آزون کلی، رابطه‌ی معکوس وجود دارد که این ارتباط در مقادیر حداکثر آزون در ماه دسامبر و فوریه از بقیه‌ی ماه‌ها قوی‌تر است، ولی روند معینی در ضرایب همبستگی تغییرات NAO و آزون کلی مشاهده نمی‌شود. ارتباط بین تغییرات حداکثر آزون کلی نسبت به شاخص NAO ماه فوریه در روابط خطی، لگاریتمی و معکوس با درجه آزادی یک و رابطه‌ی کعبی با درجه آزادی دو، معنادار است. با این حال به ترتیب  $39/5$  و  $39/1$  درصد تغییرات آزون در ماه فوریه با مدل کعبی و درجه دوم تبیین می‌شود.



شکل ۴. ضرایب همبستگی بین مقادیر میانگین، حداکثر، حداقل اُزون با متوسط شاخص NAO در ماه‌های مختلف

بررسی روابط همبستگی بین شاخص AO و تغییرات اُزون کلی نیز نشان داد که فقط در ماه فوریه بین مقادیر حداکثر اُزون و شاخص AO رابطه‌ی همبستگی در سطح  $0.05$  درصد معنادار است. اگرچه در ماه‌های فصل سرد سال مانند ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر رابطه‌ی معکوس بین شاخص AO و تغییرات اُزون کلی وجود دارد، ولی میزان این ضریب خیلی بالا نیست. با این حال از روند تغییرات معین فصلی متناسب با تغییرات شاخص AO در ماه‌های فصل سرد برخوردار است و ارتباط مقادیر اُزون با تغییرات شاخص AO منفی و به نسبت قوی و در ماه‌های فصل گرم ضعیف، و از روند معینی نیز تبعیت نمی‌کند (شکل شماره ۵). تحلیل رگرسیون تغییرات AO در ارتباط با مقادیر اُزون کلی در ماه فوریه نشان می‌دهد  $38/2$  درصد تغییرات اُزون با مدل کعبی تبیین می‌شود. پس از آن، معادله‌ی درجه دوم قرار دارد که  $38$  درصد تغییرات اُزون کلی را تبیین می‌کند. بقیه‌ی روابط درصد بسیار پایینی از تغییرات اُزون کلی را تبیین می‌کردند. با این حال روابط خطی، لگاریتمی و معکوس با درجه آزادی یک بین تغییرات اُزون و شاخص AO معنادار است، ولی روابط کعبی و درجه دوم با درجه آزادی دو با وجود تبیین درصد بالاتری از تغییرات اُزون معنادار نیستند.

ارتباط شاخص NAO و AO با تغییرات اُزون کلی در مقیاس فصلی نیز بررسی شد، ولی در هیچ‌یک از فصول ارتباط معناداری بین تغییرات اُزون کلی و شاخص‌های مزبور مشاهده نشد، بنابراین از آوردن جداول مربوطه نیز خودداری شد. در واقع ارتباط تغییرات اُزون در مقیاس ماهانه نسبت به مقیاس فصلی، قوی‌تر است.



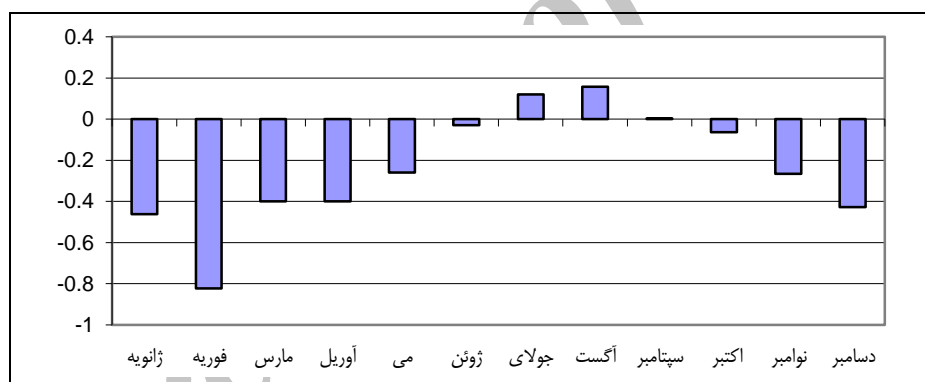
شکل ۵. ضرایب همبستگی بین مقادیر میانگین، حداکثر، حداقل و ضریب تغییرات اُزون با شاخص AO در ماه‌های مختلف



### • شاخص وزش باد

یکی از مهم‌ترین علل افزایش مقادیر آزون کلی، شدت و ضعف امواج بادهای غربی است که به انتقال هوای پُر از آزون قطبی / فقیر، از آزون منطقه‌ی استوایی به ایستگاه اصفهان مؤثر است (آروین، ۱۳۹۰). با این فرض روابط بین شاخص‌های وزش باد و تغییرات آزون استراتوسفری روی اصفهان بررسی شد. ارتباط بین شاخص وزش مداری باد در سطح ۲۰۰ میلی باری با مقادیر آزون کلی در ماه‌های دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس منفی و قوی و در ماه فوریه با  $(r = -0.823)$  در سطح ۰/۰۱ معنادار است. به‌طور کلی ضرایب همبستگی در فصل سرد قوی و منفی و در ماه‌های فصل گرم مثبت و ضعیف است، بنابراین دارای روند ماهانه‌ی معینی است (شکل شماره ۶).

ارتباط معکوس و قوی شاخص وزش باد مداری با تغییرات آزون، نشان می‌دهد با افزایش شاخص، مقدار آزون در ایستگاه اصفهان کاهش می‌یابد. علت این است که جریان‌های جوئی در حرکت روبه جنوب خود، هوای غنی از آزون را از عرض‌های بالا به سمت ایستگاه می‌آورند و با افزایش شاخص مداری، وزش نصف‌النهاری کاهش یافته، مقدار آزون کم می‌شود و بر عکس با افزایش شاخص نصف‌النهاری باد، مقدار آزون روی اصفهان نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۶. ضرایب همبستگی بین مقادیر میانگین آزون و شاخص وزش مداری باد در سطح ۲۰۰ میلی باری

### • محاسبه‌ی زمان تأخیر

همان‌گونه که از نام الگوهای پیوند از دور استنتاج می‌شود، انتظار می‌رود دوری مکانی این شاخص‌ها (اقیانوس اطلس و آرام) از محل اثرشان (ایران) دارای تأخیر زمانی نیز باشد، بنابراین به محاسبه‌ی ضرایب همبستگی با تأخیرهای زمانی متفاوت اقدام شد که البته نتایج جالبی نیز در برداشت (جدول شماره ۲). بر اساس جدول شماره ۲، همچنان شاخص SOI بالاترین همبستگی را با مقدار آزون کلی نشان می‌دهد که در زمان تأخیر سه‌ماهه و دو ماهه در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار است. همبستگی شاخص AO با آزون کلی و زمان تأخیر ۲ ماهه قوی‌تر است، ولی روابط NAO با آزون کلی با هیچ زمان تأخیری معنادار نیست. ارتباط شاخص‌های دمای سطح آب با آزون کلی متفاوت است. در حالی که شاخص NINO1.2 به‌طور هم‌زمان ارتباط قوی‌تر با آزون کلی دارد. شاخص NINO3 با زمان تأخیر ۱ ماهه و شاخص NINO4 با زمان تأخیر ۳ ماهه و NINO3.4 با زمان تأخیر ۲ ماهه ارتباط قوی‌تری با آزون کلی دارند. شاخص چند متغیره‌ی انسو با زمان تأخیر ۳ ماهه، ارتباط قوی‌تری نسبت به زمان تأخیر ۲ ماهه با آزون کلی دارد. شاخص وزش باد

مداری به‌طور همزمان ارتباط قوی‌تری با اُزون کلّی نشان می‌دهد که با توجه به وقوع همزمان افزایش وزش نصف‌النهار با افزایش اُزون کلّی دور از انتظار نیست. نتایج این جدول نشان می‌دهد که در چه بازه‌ی زمانی می‌توان با اطمینان نسبت به پیش‌یابی اُزون کلّی از روی شاخص‌های اقلیمی مبادرت کرد.

جدول ۲. متوسط ضرایب همبستگی همزمان و با زمان‌های تأخیر متفاوت اُزون کلّی و شاخص‌های اقلیمی

MEI	NINO3.4	NINO4	NINO3	NINO1.2	AO	NAO	SOI		
۰/۲۱۴	۰/۴۴۹	-۰/۵۰۱	۰/۸۷۶**	۰/۸۹۵**	-۰/۱۲۹	-۰/۰۴۱	-۰/۱۴۳	همبستگی	همزمان
۰/۵۰۵	۰/۱۴۳	۰/۰۹۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۸۸	۰/۹۰۰	۰/۶۵۸	معناداری	
۰/۴۷۳	۰/۷۷۶**	-۰/۱۴۷	۰/۸۹۹**	۰/۶۷۹*	-۰/۴۷۲	۰/۰۳۹	-۰/۴۵۳	همبستگی	۱ ماهه
۰/۱۴۲	۰/۰۰۵	۰/۶۶۶	۰/۰۰۰	۰/۰۲۲	۰/۱۴۳	۰/۹۰۹	۰/۱۶۲	معناداری	
۰/۷۵۱*	۰/۹۱۳**	۰/۲۹۳	۰/۷۴۰*	۰/۴۲۷	-۰/۷۴۴*	۰/۱۷۴	-۰/۸۱۵**	همبستگی	۲ ماهه
۰/۰۱۲	۰/۰۰۰	۰/۴۱۱	۰/۰۱۴	۰/۲۱۸	۰/۰۱۴	۰/۶۳۱	۰/۰۰۴	معناداری	
۰/۸۸۶**	۰/۷۹۳*	۰/۷۷۴*	۰/۵۵۸	۰/۲۱۲	-۰/۶۶۳	۰/۱۷۴	-۰/۸۳۳**	همبستگی	۳ ماهه
۰/۰۰۱	۰/۰۱۱	۰/۰۱۴	۰/۱۱۸	۰/۵۸۴	۰/۰۵۱	۰/۶۵۵	۰/۰۰۵	معناداری	

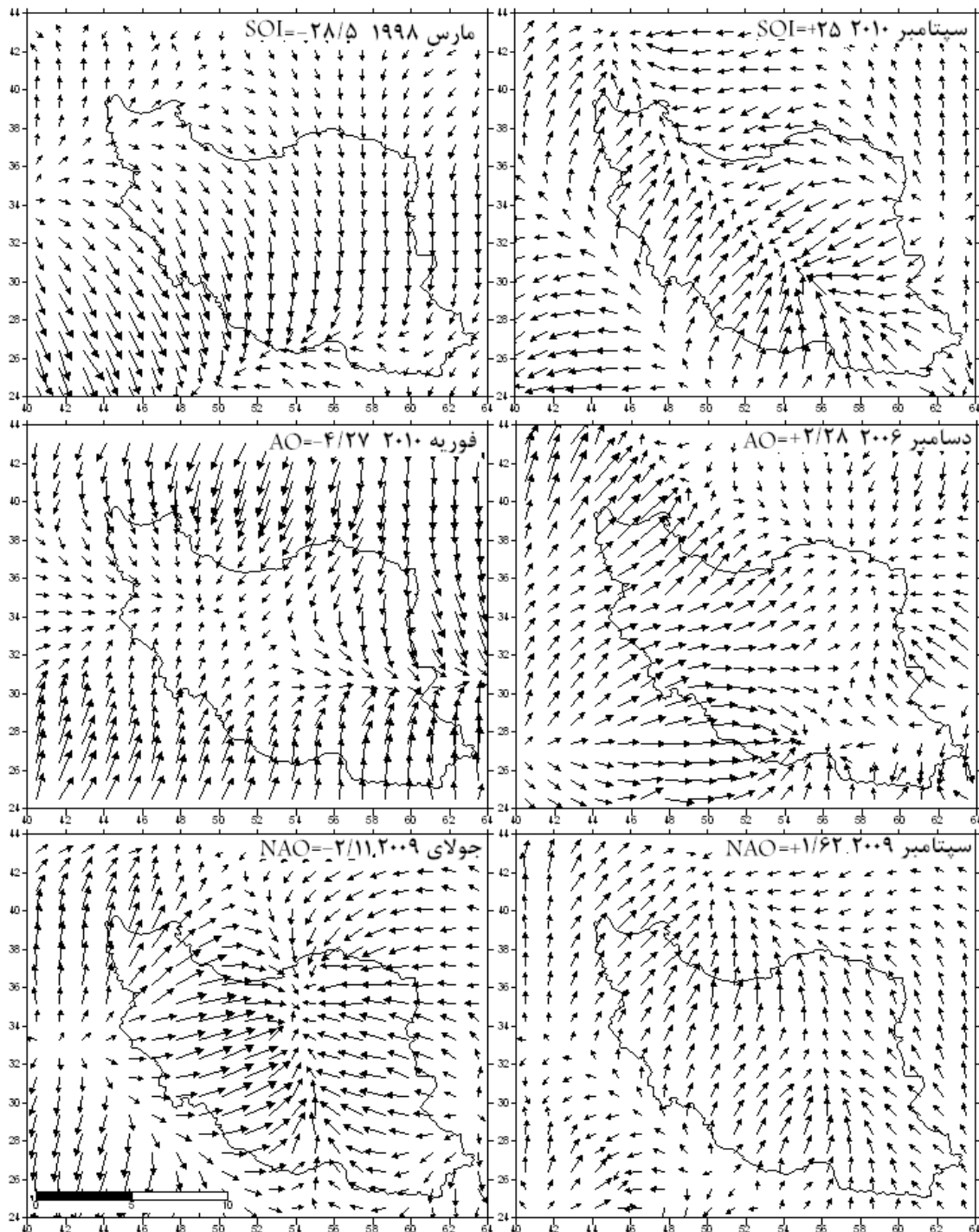
\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

#### • ارتباط بین ابرناکی و شارش رطوبتی با مقدار اُزون کلّی

با توجه به اینکه میزان ابرناکی آسمان و نیز شارش رطوبت تحت تأثیر فعالیت جوی، می‌تواند بخشی از تغییر در میزان اُزون کلّی را توجیه کند، بنابراین ارتباط این دو عامل را با تغییرات اُزون کلّی و شاخص‌های اقلیمی بررسی کردیم. برای این امر از داده‌های تعداد روزهای ابرناکی (هنگامی که  $\frac{7}{8}$  آسمان پوشیده از ابر است) ایستگاه اصفهان استفاده شد. بررسی ما نشان داد بین مقدار اُزون کلّی و متوسط ماهانه‌ی تعداد روزهای ابرناکی در ایستگاه اصفهان با ضریب همبستگی  $r=۰/۵۲۷$  ارتباط وجود دارد که در سطح  $۰/۱$  درصد معنادار است. بدین سان انتظار می‌رود با افزایش ابرناکی آسمان، مقدار اُزون کلّی افزایش یابد. از سوی دیگر، بین میزان ابرناکی آسمان در ایستگاه اصفهان و شاخص‌های NAO، AO و SOI، به ترتیب با ضرایب همبستگی  $r=-۰/۲۵۷$ ،  $r=-۰/۳۰۱$  و  $r=۰/۴۵۹$ ، ارتباط ضعیفی مشاهده می‌شود که هیچ‌یک از ضرایب سطح معناداری قابل قبولی ندارند. برای بررسی اثر شارش رطوبتی جو روی میزان اُزون کلّی، از نقشه‌های میانگین ماهانه‌ی مقدار نم ویژه‌ی جو بهره‌گیری شد و نقشه‌های آن در ماه‌هایی ترسیم شد که شاخص‌های اقلیمی در حداقل / حداکثر بود (شکل شماره ۷). بررسی نقشه‌های شارش رطوبتی در سطح ۵۰۰ میلی باری، انطباق ضعیفی را بین هجوم شارش رطوبت در ماه‌هایی که مقادیر شاخص‌های اقلیمی حداقل / حداکثر بودند را نشان می‌دهد. روابط همبستگی بین مقدار اُزون کلّی و میزان شارش رطوبتی روی منطقه‌ی اصفهان نیز بررسی شد، ولی ضرایب به‌دست آمده

بسیار ضعیف و معنادار نبودند. نقشه‌های مربوط به شارش رطوبتی در ماه‌هایی که مقادیر شاخص‌های اقلیمی مورد بررسی در حداقل یا حداکثر بود، ترسیم و مورد تحلیل قرار گرفت. از بین آنها، تعداد شش نقشه که متوسط ماهانه‌ی شارش رطوبتی در ماه‌هایی که شاخص‌های AO، NAO و SOI در بالاترین / پایین‌ترین میزان در طول دوره‌ی آماری مورد بررسی بود، در شکل شماره‌ی ۷ آورده شده است.



شکل ۷. نقشه‌های متوسط ماهانه‌ی شارش رطوبتی در ماه‌هایی که شاخص‌های AO، NAO و SOI در حداکثر/حداقل میزان خود در طول دوره‌ی آماری مورد بررسی بود

## بحث و نتیجه‌گیری

بررسی روابط همبستگی بین شاخص‌های اقلیمی در نیمکره‌ی شمالی و جنوبی با تغییرات اُزون کلّی نشان از ارتباط قوی‌تر تغییرات اُزون کلّی با شاخص‌های اقلیمی در نیمکره‌ی جنوبی سطح اقیانوس آرام دارد. این روابط در فصول سرد سال ارتباط قوی‌تر و معنادارتری با تغییرات اُزون کلّی در ایستگاه اصفهان نشان می‌دهند. به‌طوری‌که در میان تمام شاخص‌های مورد بررسی، شاخص SOI بهترین همبستگی را با مقادیر اُزون کلّی دارد. همچنین سایر شاخص‌های ENSO، از جمله شاخص‌های دمای سطح آب اقیانوس آرام نیز، ارتباط قوی‌تری با تغییرات اُزون کلّی نشان می‌دهند و از بین آنها، شاخص چند متغیره‌ی انسو MEI رابطه‌ی قوی‌تری را با مقادیر اُزون کلّی دارند. به‌طور کلّی با منفی شدن شاخص SOI، مقدار اُزون افزایش می‌یابد، ولی ارتباط دمای سطح آب با مقدار اُزون کلّی مثبت است. ارتباط شاخص SOI و شاخص‌های دمای سطح آب و شاخص چند متغیره‌ی انسو از طریق ارتباط منفی معنادار دمای سطح ۱۰۰ میلی باری با شاخص‌های مذکور قابل توجیه است. بدین سان که روابط منفی معنادار با زمان تأخیر دو ماهه‌ی شاخص‌های مزبور و نیز، شاخص AO با دمای هوا در ارتفاع سطح ۱۰۰ میلی باری، حاکی از اثر این شاخص‌ها بر تغییرات دمای هوا در سطح ۱۰۰ هکتوپاسکال است. این فرایند به کاهش لایه‌ی متورق منجر می‌شود. در این حالت گردش مداری نسبت به نصف‌النهاری شدیدتر است، بنابراین مقدار اُزون کلّی کاهش می‌یابد. بیشترین اثر متورق شدن در فصل‌های زمستان و بهار روی می‌دهد.

البته نباید ارتباط شاخص SOI و نیز شاخص‌های دمای سطح آب اقیانوس آرام را بر تغییرات اُزون کلّی که ناشی از جابه‌جایی روبه پایین کمربند همگرایی میان حاره‌ای و اجازه‌ی ورود و قرارگیری سیستم‌های سینوپتیک جو روی ایران که در زمان وقوع شاخص منفی SOI رخ می‌دهد، از نظر دور داشت. با این حال مهم‌ترین اثر AO روی تغییرات اُزون کلّی، به‌طور عمده به‌علت تأثیرپذیری تغییرات اُزون از تغییرات اُزون قطبی است. انتقال اُزون قطبی توسط ورتکس قطبی به منطقه‌ی اصفهان به تغییر در ارتفاع تروپوپاوز مربوط می‌شود. در این پژوهش ارتفاع تروپوپاوز بر اساس دمای هوا در سطح ۱۰ هکتوپاسکال محاسبه شد و روابط آن با شاخص AO بررسی شد. نتیجه نشان داد، ارتباط ارتفاع تروپوپاوز با شاخص AO در ایستگاه اصفهان منفی و در سطح اطمینان ۹۵ درصد با زمان تأخیر دو ماهه معنادار است. بدین سان با رو به منفی شدن شاخص AO، ارتفاع تروپوپاوز افزایش یافته و هوای غنی از اُزون ناحیه‌ی قطبی اجازه‌ی ورود به منطقه‌ی اصفهان را دارد و اُزون افزایش می‌یابد. اثر شاخص AO با زمان تأخیر دو ماهه روی اُزون کلّی، معنادارتر است. استایلین و همکاران نیز نشان دادند، حالت مثبت AO با تغییر به‌طرف بالای تروپوپاوز برون حاره همراه است که منجر به کاهش مقدار اُزون در برون حاره و افزایش آن در نواحی حاره می‌شود (استایلین و همکاران، ۲۰۰۲).

ارتباط مقادیر اُزون کلّی با همه‌ی شاخص‌های اقلیمی مورد بررسی، در ماه فوریه از بقیه‌ی ماه‌ها قوی‌تر است. بنابراین مدل‌های مختلف مرتبط با تغییرات اُزون کلّی و سیگنال‌های اقلیمی در ماه مذکور برآزش داده شد. نتیجه نشان داد در حالی که شاخص‌های NAO و AO با بهترین برآزش مدل‌های آماری، تا حدود ۳۹ درصد تغییرات اُزون را تبیین می‌کنند، شاخص‌های انسو می‌توانند تا ۷۳ درصد تغییرات اُزون را تبیین کنند.

شدت و ضعف شاخص وزش مداری باد، می‌تواند به تضعیف یا تقویت امواج بادهای غربی کمک کند. از این رو

تغییرات شاخص وزش مداری باد، می‌تواند در تغییرات اُزون استراتوسفری روی اصفهان مؤثر باشد. ارتباط بین مقادیر شاخص AO و SOI به ترتیب با ضرایب همبستگی  $r = -0/816$  و  $r = -0/625$  با شاخص وزش مداری باد در سطح ۲۰۰ میلی باری منفی و قوی و این روابط به ترتیب در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ درصد معنادار هستند. ارتباط شاخص NAO با شاخص وزش مداری معنادار نبود. به این ترتیب می‌توان نتیجه‌گیری کرد با منفی شدن شاخص AO و SOI، شاخص وزش باد به سمت نصف‌النهاری شدن میل پیدا می‌کند. با توجه به اینکه میزان اُزون کلی با شاخص وزش مداری باد در سطح ۲۰۰ میلی باری دارای ارتباط قوی و منفی است و با میل به نصف‌النهاری شدن بادهای غربی، میزان اُزون کلی روی اصفهان افزایش می‌یابد، اثرپذیری میزان اُزون کلی از شاخص AO و SOI، می‌تواند تحت تأثیر ارتباط منفی شاخص وزش مداری با شاخص‌های AO و SOI نیز قرار گیرد و تغییرات اُزون کلی از طریق شاخص وزش نصف‌النهاری باد با شاخص‌های AO و SOI پیوند بخورد.

## منابع

- آروین، عباسعلی. ۱۳۹۱. ارتباط الگوهای گردشی جو با تغییرات اُزون کلی در اصفهان، مجله‌ی جغرافیا و توسعه‌ی دانشگاه سیستان و بلوچستان، شماره‌ی ۲۹، صص. ۱۴-۱.
- خداقلی، مرتضی؛ یغمایی، لیلا؛ صبوخی، راضیه. ۱۳۹۰. بررسی ارتباط از دور سیگنال‌های هواشناسی ENSO با نوسانات بارندگی در استان اصفهان، هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آب‌خیزداری، ۷ و ۸ اردیبهشت ۱۳۹۰، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- خورشید دوست، محمدعلی؛ قویدل رحیمی، یوسف؛ صلاحی، برومند. ۱۳۸۷. ارتباط نوسان‌های گردش جوی - اقیانوسی اطلس شمالی با خشکسالی‌های آذربایجان شرقی، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره‌ی ۳۹، شماره‌ی ۸، صص. ۱۵۶-۱۴۷.
- خوش‌اخلاق، فرامز؛ قنبری، نوذر؛ معصوم‌پور سماکوش، جعفر. ۱۳۸۷. مطالعه‌ی نوسان اطلس شمالی بر رژیم بارش و دمای سواحل جنوبی دریای خزر، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۶۶، صص. ۷۰-۵۷.
- عزیزی، قاسم و یاراحمدی، داریوش. ۱۳۸۶. تحلیل چند متغیره‌ی ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۶۲، صص. ۱۷۴-۱۶۱.
- غلامی بیرقدار، محمد علی. ۱۳۷۶. ال نینو و نابهنجاری‌های جوی، تحقیقات جغرافیایی، شماره‌ی پیاپی ۴۵، صص. ۱۶۸-۱۵۵.
- غیور، حسنعلی و خسروی، محمود. ۱۳۸۰. تأثیر پدیده‌ی انسو بر نابهنجاری‌های بارش تابستانی و پاییزی منطقه‌ی جنوب شرق ایران، تحقیقات جغرافیایی، شماره‌ی پیاپی ۶۲، صص. ۱۷۴-۱۴۱.
- غیور، حسنعلی و عساکره، حسین. ۱۳۸۱. مطالعه‌ی اثر پیوند از دور بر اقلیم ایران، مطالعه‌ی موردی: اثر نوسان اطلس شمالی و نوسانات جنوبی بر تغییرات میانگین ماهانه‌ی دمای جاسک، تحقیقات جغرافیایی، شماره‌ی پیاپی ۶۴-۶۳، صص. ۱۱۳-۹۳.
- مرادی، حمید رضا. ۱۳۸۳. شاخص نوسانات اطلس شمالی و تأثیر آن بر اقلیم ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۴۸، صص. ۳۰-۱۷.
- Antón, M., Bortoli, D., Costa, M.J., Kulkarni, P.S., Domingues, A.F., Barriopedro, D., Serrano, A., Silva, A.M. (2011), Temporal and Spatial Variability's of Total Ozone Column over Portugal Remote Sensing of Environment, No.115, PP. 855-863.
- Arvin, A., 2011, An Analyze on Variations of Total Ozone in Isfahan Station, 11<sup>th</sup> International Multidisciplinary scientific GeoConference, SGEM), 20-25 June, Bulgaria.
- Arvin, A., 2011, Relation Circulation Patterns with Total Ozone Variations in Isfahan,

- Geography and Development Quarterly of Sistan and Balochestan University, Vol. 10, No.29, pp.1-14.
- Azizi, G., Yarahmadi, D., 2007, **Multiple Regression Analysis between Seasonal Precipitation and Climatological Indices in Iran**, Geographical Research, No. 62. PP. 161-174.
- Bayraghdar, M., 1997, **El Nino and Atmospheric Anomalies**, Geographical Research, No. 45, PP.155-168.
- Bremer, J., Peters, D., 2008, **Influence of Stratospheric Ozone Changes on Long-term Trends in the Meso- and Lower Thermosphere**, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Vol. 70, No. 11-12, PP.1473-1481.
- De Artigas, M.Z., De Campra, P.F., 2010, **Total Ozone and Equatorial Zonal Wind**, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Vol. 72, No. 16, PP. 1180-1183.
- Ghayoor, H., Asakere, H., 2002, **Study on Effect of Teleconnection on Iran Climate, Case Study; Effect of North Atlantic Oscillation and South Oscillation Indices on Jask Mean Monthly Variations**, Geographical Research, No. 63-64, PP. 93-113.
- Ghayoor, H., Khosravi, M., 2001, **Effect of ENSO on Summer and Autumn Precipitation Anomaly in Iran Southern East**, Geographical Research, No. 62, PP. 141-174.
- Jacobi, Ch., Hoffmann, P., Liu, R. Q., Križan, P., Laštovička, J., Merzlyakov, E. G., Solovjova, T. V., Portnyagin, Y. I., 2009, **Multitude Menopause Region Wind Sand Wave Sand Comparison with Stratospheric Variability**, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Vol. 71, PP.1540-1546.
- Khodaghali, M., Yaghmaei, L., Sabohi, R., 2010, **Investigation of Meteorological Teleconnections ENSO Index with Rain Oscillation in Isfahan Province**, 7<sup>th</sup> National Conference on Science and Watershed Management Engineering, 26-27 April, Isfahan Industrial University.
- Khokhlov, V.N., Romanova, A.V., 2011, **NAO-induced Spatial Variations of Total Ozone Column over Europe at Near-synoptic Time Scale**, Atmospheric Environment, Vol. 45, PP. 3360-3365.
- Khorshiddost, M., Ghavidelrahimi, Y., Salahi, B., 2008, **Relation Atmospheric-Ocean Oscillations in Northern Atlantic with Eastern Azarbayjan Droughts**, Geographical Research, No. 57, PP.15-26.
- Khoshakhlagh, F., Ghanbari, N., Masompoor-samakosh, J., 2008, **Study of North Atlantic Oscillation on Precipitation and Temperature Regime of Khazar South Coast**, Geographical Research, No.66, PP.57-70.
- Kita, K., Fujiwara, M., Kawakami, S., 2000, **Total Ozone Increase Associated with Forest Fires over the Indonesian Region and its Relation to the El Nin8o-Southern Oscillation**, Atmospheric Environment, Vol. 34, PP. 2681-2690.
- Moradi, H., 2004, **North Atlantic Oscillation Index and its Effect on Iran Climate**, Geographical Research, No.48, PP.17-30.
- Serrano, A.M., Silva, 2011, **Temporal and Spatial Variability's of Total Ozone Column Over Portugal**, Remote Sensing of Environment, Vol.115, No.3, PP. 855-863.
- Sonnemann, G. R., Hartogh, P., Jarchow, Ch., Grygalashvily, M., Berger, U., 2007, **On the winter Anomaly of the Night-to-day Ratio of Ozone in the Middle to Upper Mesosphere in Middle to High Latitudes**, Advances in Space Research, Vol. 40, PP. 846-854.
- Stahelin, J., Mäder, J., Weiss, A.K., Appenzeller, Ch., 2002, **Long-term Ozone Trends in Northern Mid Latitudes with Special Emphasis on the Contribution of Change in Dynamics**, Physics and Chemistry of the Earth, Vol. 27, No. 6-8, PP. 461-468.

## *Relationship between Teleconnection Patterns and Total Ozone in Isfahan Station*

Arvin (Spanani) A.A.\*

Assistant Prof., Dep. of Geography, Isfahan Payame Noor University

Received: 07/04/2012

Accepted: 16/3/2013

### **Extended Abstract**

#### **Introduction**

The ozone layer, as a life protective shield on the Earth, has attracted the man's attention from various aspects. For the same reason, different dimensions of the ozone layer have been studied by researchers. The changeable amount of total ozone is affected by the sun, atmospheric elements, and climatological photochemical activities. Hence, the major amount of ozone is affected by atmospheric instability in the upper troposphere, and the atmospheric instability is united through the teleconnection patterns with climatic indices. Therefore, the total amount of ozone is connected to the climatic indices. The aim of this research is to study of climatic indices on the total ozone (TO) oscillations in Isfahan station.

#### **Methodology**

According to this research, a 15-year daily statistics of total ozone (TO) in synoptic station and ozone evaluating in Isfahan from 1996 until the end of 2010 were used. The available defects in the ozone date using the satellite date from NASA/GSFC were obtained. Also, the data relating to NINO 1-4, SOI, NAO, AO and the wind blowing in the atmospheric various balances from NCEP/NCAR database were extracted and used. In this research the climatic indices were classified into the three categories. The first category is related to the remote teleconnection indices on the north hemisphere, of which the most important one include the North Atlas Oscillation (NAO) and the North Pole Oscillation (AO). The second category includes the south hemisphere teleconnection patterns. For this purpose, the SOI and NINO1-4 in the South Pacific Ocean were used. The third category includes the study of winds effect on the (TO) changes.

\*E-mail: [aspanany@yahoo.com](mailto:aspanany@yahoo.com)

Assuming that the effect of the wind waves natural (orbital or meridian) can affect the rich/poor ozone weather transfer. Therefore the effects of the wind blowing index in the level of 200mb on the (TO) changes in Isfahan were also studied. The levels height temperature of 10, 100 and 500mb were extracted and their relations with climatic indices and (TO) were studied. The correlative regressive analytical statistics were used for studying the relationship between the (TO) changes and climatic indices.

### Results and Discussion

The relationship between the (TO) amount and reversed NAO and AO indices and during the cold months of December, January, & February comparing to other months is stronger. The AO correlative coefficients with the (TO) follow a logic process (reversed and regular in the cold months; Positive and irregular in the warm months), but this process is not seen in the NAO index. The relationship between the SOI index with the (TO) reversed and follow a specified monthly process. This relationship is significant at the 95% confident level. The NINO1-4 indices have a positive relationship with the (TO) changes, and its correlation follow a specified monthly process. The relationship of the (TO) amount with the NINO1-4 indices is significant in the cold months. Consequently, when the SOI index include the negative/positive amounts, the (TO) amount is increased/decreased. When the water level temperature indices is increased in the South Pacific Ocean, the (TO) amount is increased in Isfahan especially in the cold season. Various regressive models were tested in order to study the relationship of the (TO) with climatic indices in different months, from which the higher correlative coefficient was in February. The results show that the NINO1-4 and the SOI indices in the South Pacific Ocean explain more than 70% of (TO) changes in February, while the NAO and AO indices explain only 30% of the (TO) changes in the same month. The highest amount of (TO) monthly average have been 433DU occurring during a 15-year statistic course, when the SOI index bearing the lowest amount, and during the same time, the NINO1-4 showing the highest amount. The reversed, strong, and significant relationships of orbital wind blowing index in the level of 200mb with (TO) changes show that through the wind leading to meridian, the (TO) amount is increased strongly.

### Conclusion

Studying the correlative relationships between the climatic indices and (TO) changes show a stronger correlation of the (TO) changes with climatic indices in the south hemisphere on the Pacific Ocean. These relationships are stronger and more significant in the cold seasons with the (TO) indices in Isfahan station. In such a manner among the entire studying indices, the SOI bear the best correlation with the (TO) amount. The most important effect of AO on the (TO) changes primarily is due to (TO) change affected by the polar (TO) changes. Transferring the polar ozone by the polar vertex to Isfahan is related to change in tropopause height. In this manner, when the AO index is being negated, the tropopause is increased, and the polar zone weather enriched with ozone is permitted to enter to Isfahan, and the ozone is increased. The



relationship between the amount of AO and SOI indices with wind blowing index are negative and strong in the level of 200mb, and these relationships in the levels of 0.01 and 0.05 respectively are significant. Consequently, upon the AO and SOI are being negated, the wind blowing index is inclined towards the meridian.

Having regard to the fact that the (TO) amount bearing a strong and negative correlation in the level of 200mb with orbital wind blowing index, and by inclining to west winds leading to the meridian, the (TO) amount is increased over Isfahan. The Polar wind blowing index was affected by AO and SIO indices. The (TO) amount can be also affected by the negative relationship of the Polar wind blowing index with AO and SOI indices. Therefore the (TO) changes through wind blowing index is linked with AO and SOI indices.

**Keywords:** *Total Ozone (TO), Isfahan Station, SOI, NAO, AO, Indices.*

Archive of SID