

مطالعه‌ی اثر نمایه‌ی AO بر پرفشار سیبری و اثرهای احتمالی آن بر بارش منطقه‌ی ساحلی جنوب دریای خزر

تهمینه عزیزیان^{۱*} و احمد عسگری^۲

۱- گروه هواشناسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

۲- گروه اقلیم‌شناسی، پژوهشکده هواشناسی

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۳

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۳۱

چکیده

در این پژوهش به بررسی ارتباط بین نمایه‌ی AO (نوسان شمالگان) و پرفشار سیبری و تأثیر ایندو بر میزان بارش در هفت ایستگاه همدیدی که توان پوششی نوار ساحلی جنوب دریای خزر را دارند، در یک دوره‌ی سی ساله (۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵) از طریق همبستگی و تحلیل وایزشی پرداخته شده است و با استفاده از نقشه‌های فشار میانگین تراز دریا به تحلیل همدیدی حالت‌های خاص فرین بارش پرداخته شد. نتایج حاصل بیانگر ارتباط معنادار در سطح ۹۵ درصد بین فرین‌های بارش با AO و بین بارش و فرین‌های AO در برخی از ایستگاه‌های منطقه است که این بررسی‌ها به صورت ماهانه، فصلی و سالانه صورت گرفته است. در این پژوهش با انجام تحلیل چندمتغیره‌ی وایزشی، بارش به عنوان متغیر وابسته و ویژگی‌های پرفشار سیبری به عنوان متغیر مستقل مورد مطالعه قرار گرفته است که نتایج حاصل از این تحلیل نشان می‌دهد که بین بارش و ویژگی‌های پرفشار سیبری در ماه‌های ژانویه و فوریه برای ایستگاه‌های شرق منطقه ارتباط قوی وجود دارد. در ماه اکتبر این ارتباط برای ایستگاه‌های غرب منطقه مشهود است. در بیشتر موارد همبستگی فشار هسته مرکزی پرفشار سیبری با بارش منفی و عرض جغرافیایی با بارش مثبت است. تحلیل وایزشی چند متغیره بین AO و ویژگی‌های پرفشار سیبری نشان دهنده ارتباط معکوس بین فشار در هسته پرفشار با AO و ارتباط مستقیم بین طول جغرافیایی و AO در اکثر ماه‌های پاییز و زمستان است.

واژگان کلیدی

نوسان شمالگان، پرفشار سیبری، دورپیوند، بارش، سواحل جنوبی دریای خزر، تحلیل وایزشی چند متغیره

مقدمه

دور پیوندها یکی از ویژگی‌های اقلیمی در مقیاس جهانی می‌باشند که طی آن تغییرات رخ داده در الگوی دما یا فشار در منطقه‌ای از کره‌ی زمین از طریق سامانه‌های بزرگ مقیاس به نواحی دیگر منتقل شده و به شکل‌های متفاوت بر شرایط جوی و آب و هوایی تأثیر می‌گذارند (Osborn *et al.*, ۱۹۹۹). یکی از الگوهای دورپیوند نوسان شمالگان است که به طور کلی یک چشمه‌ی مهم تغییرات در نیمکره‌ی شمالی محسوب می‌شود. نوسان شمالگان عبارت از ناهنجاری فشار جو در تراز دریا در عرض‌های قطبی شمال و عرض‌های میانی (۴۵ درجه شمالی) است. این نوسان با نمایه‌ی ای مشخص می‌شود که می‌تواند بین مقادیر مثبت و منفی در نوسان باشد. هر کدام از این نمایه‌های

* نگارنده پاسخگو: azizyantahmineh@yahoo.com

مثبت و منفی الگوهای متفاوتی را ایجاد می‌کنند و تأثیرات متفاوتی را در نیمکره‌ی شمالی از خود به جای می‌گذارند.

از سوی دیگر، پرفشار سیبری یک مرکز پرفشار گرمایی است که از اوایل دوره‌ی سرد سال (اکتبر) در محدوده‌ی جغرافیایی بین ۶۰ تا ۱۲۰ درجه طول شرقی و ۴۰ تا ۶۰ درجه عرض شمالی روی خشکی‌های وسیع آسیا (سیبری) تشکیل شده و با تغییرات مکانی اندک در محل تشکیل خویش، زبانه‌هایی را به اطراف از جمله شمال و شمال شرق ایران می‌فرستد. ایران در موقعیت ورود الگوهای متنوع فشار که مراکز آنها در مدیترانه، اقیانوس اطلس و یا سیبری می‌باشد قرار گرفته است. تکوین این مراکز فشار، تحت حاکمیت الگوهای فشار عرض‌های قطبی می‌تواند بیانگر یک الگوی دور پیوند بین مراکز فشار جوی در عرض‌های قطبی شمال با نوسان‌های بارش در ایران باشد.

منطقه ساحلی جنوب دریای خزر، از نظر اقلیمی با سایر مناطق کشور تفاوت بسیار دارد. وجود دریای خزر و تأثیر پذیری این منطقه از الگوی گردش بزرگ مقیاس در طول سال، ویژگی‌های اقلیمی بسیار پیچیده‌ای را برای این منطقه فراهم کرده است. استقرار پرفشار سیبری که بزرگ‌ترین مرکز پرفشار گرمایی نیمکره‌ی شمالی است، در مجاورت منطقه به همراه تأثیر مداوم و ممتد الگوی موجی عرض‌های جنب حاره در کنار ویژگی‌های خاص محلی، تحلیل و پیش‌بینی وضعیت جوی منطقه‌ی خزر را بسیار مشکل ساخته است. در این بین بی‌گمان بارش، پرنمودترین عنصر اقلیمی است که تمایز بارزی را در مقایسه با سایر مناطق کشور و حتی خاورمیانه از خود نشان می‌دهد.

پژوهش‌های Wallace و Thompson (۱۹۹۸) نشان می‌دهد که نوسان شمالگان، یک گردش جوی در نیمکره‌ی شمالی است که بیان‌کننده‌ی بسیاری از نوسان‌های اقلیمی نیمکره‌ی شمالی می‌باشد. طبق پژوهش‌های Gong و همکاران (۲۰۰۱) بین AO و شدت پرفشار سیبری رابطه‌ی ناهم‌افز وجود دارد و تضعیف AO می‌تواند سبب تقویت شدید پرفشار سیبری شود و تقویت آن سبب تضعیف پرفشار سیبری گردد. Sahsamanglou و همکاران (۱۹۹۱) ویژگی‌های پرفشار سیبری را در دوره‌ی زمانی ۱۹۷۳ الی ۱۹۸۸ مطالعه کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که اغلب اوقات مرکز پرفشار سیبری در محدوده‌ی ۹۰-۱۰۰ درجه‌ی طول شرقی و ۴۰-۵۵ درجه عرض شمالی قرار دارد و در ۸۰ درصد از ماه‌های مطالعه شده، مقدار فشار مرکزی پرفشار بیشتر از ۱۰۳۰ hPa بوده، در نتیجه می‌توان گفت که قوی‌تر از پرفشارهای جنب حاره است. Wu و Wang (۲۰۰۲) روند مثبت AO را با مطابق با تقویت کم فشار ایسلند و کاهش فشار پرفشار سیبری دانستند. Paul lydolph (۱۹۷۷) به بررسی علت اصلی تشکیل پرفشار سیبری پرداخت و منشأ آن را در سرمای ناشی از بازتاب دانست. او همچنین افزایش فشار سلول مرکزی آن را ناشی از نفوذ توده هوای سرد قطبی در لایه‌های فوقانی جو ذکر کرد.

علیجانی در سال ۱۳۶۹ طی مقاله‌ای ضمن بررسی عوامل و شرایط ایجاد پرفشار سیبری، به مقایسه‌ی دو الگوی متفاوت از این پرفشار پرداخت. او عامل اصلی شکل‌گیری این سامانه را امواج بادهای غربی می‌داند.

چوخاچی زاده مقدم در سال ۱۳۷۶ آثار سینوپتیکی پرفشار سیبری روی دمای شمال شرقی ایران در دوره‌ی زمانی ۱۹۸۴-۱۹۸۸ را بررسی کرده و نتیجه گرفت که ماه اکتبر زمان تشکیل پرفشار سیبری است. قاسمی و خلیلی (۲۰۰۵) در مقاله‌ای تأثیر نوسان شمالگان بر دمای زمستان در ایران را بررسی کردند. نتایج مطالعات آنها نشان می‌دهد که نمایه‌ی AO دارای همبستگی معنادار معکوس با دماهای زمستانی در ایران است.

علیجانی (۱۳۷۲ و ۱۳۷۶) در بررسی بارش‌های خزری و توزیع زمانی و مکانی آن، پرفشار سیبری را عامل اصلی وقوع بارش و نحوه‌ی توزیع آن در فصل پاییز در سواحل خزری معرفی کرده است. صادق کریمی خواجه لنگی، ۱۳۸۶ تأثیر نمایه نوسان قطبی (AO) بر وقوع پدیده‌ی یخبندان در ایران را مطالعه نموده و به این نتیجه دست یافت که پیش‌بینی تغییرات دماهای کمینه‌ی شهرکرد و به ویژه دماهای زیر صفر درجه سلسیوس (روزهای

یخبندان) در طی سال‌هایی که نمایه نوسان قطبی (AO) در فاز منفی به سر می‌برد، منطقی به نظر می‌رسد. هدف از انجام این پژوهش، آشکار سازی و تحلیل رابطه بین تغییرات شاخص نوسان شمالگان با پرفشار سیبری و اثر آن بر میزان بارش و در صورت امکان پیش بینی بارش در سواحل جنوبی دریای خزر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر نمایه AO بر پرفشار سیبری و اثرهای احتمالی آن بر بارش منطقه‌ی ساحلی جنوب دریای خزر ابتدا هفت ایستگاه که به لحاظ مکانی دارای توزیع یکنواختی از غرب به شرق منطقه هستند به عنوان ایستگاه‌های نماینده‌ی ناحیه‌ی ساحلی جنوب دریای خزر در نظر گرفته شدند.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد بررسی و دوره‌ی آماری آن‌ها

| ایستگاه | آستارا | بندرانزلی | رشت | رامسر | نوشهر | بابلسر | گرگان |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| عرض جغرافیایی (N) | ۳۸° - ۲۵' | ۳۷° - ۲۸' | ۳۷° - ۱۲' | ۳۶° - ۵۴' | ۳۶° - ۳۹' | ۳۶° - ۴۳' | ۳۶° - ۵۱' |
| طول جغرافیایی (E) | ۴۸° - ۵۲' | ۴۹° - ۲۸' | ۴۹° - ۳۹' | ۵۰° - ۴۰' | ۵۱° - ۳۰' | ۵۲° - ۳۹' | ۵۴° - ۱۶' |
| دوره‌ی آماری موجود | ۱۹۸۵-۲۰۰۹ | ۱۹۵۱-۲۰۰۹ | ۱۹۵۵-۲۰۰۹ | ۱۹۵۵-۲۰۰۹ | ۱۹۷۷-۲۰۰۹ | ۱۹۵۸-۲۰۰۹ | ۱۹۵۵-۲۰۰۹ |
| سال‌های بررسی شده | ۱۹۸۵-۲۰۰۵ | ۱۹۷۶-۲۰۰۵ | ۱۹۷۶-۲۰۰۵ | ۱۹۷۶-۲۰۰۵ | ۱۹۷۶-۲۰۰۵ | ۱۹۷۶-۲۰۰۵ | ۱۹۷۶-۲۰۰۵ |

اطلاعات کامل ایستگاهی به صورت روزانه برای دوره‌ی زمانی سی ساله‌ی ۱۹۷۶-۲۰۰۵ از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد و مقدار بارش ماهانه و فصلی و سالانه‌ی هر ایستگاه محاسبه شد و فرین‌های آن تعیین شدند. اطلاعات AO به صورت ماهانه و فصلی و سالانه از وبگاه noaa دریافت شد. اطلاعات فوق از دو جنبه مورد بررسی قرار گرفت. از یک سو فرین‌های بارش ماهانه با AO متناظر همان ماه و فرین‌های AO ماهانه با میزان بارش متناظر آن ماه برای هر ایستگاه به طور جداگانه بررسی شده و برای هر یک با استفاده از نرم افزار Excel ضریب همبستگی مربوطه محاسبه شد. از سوی دیگر مجموع بارش فصلی و میانگین AO فصلی برای هر ایستگاه محاسبه شده و ضریب همبستگی بین آنها بدست آمد. برای این دوره‌ی سی ساله، همبستگی بین میانگین AO سالانه و مجموع بارش سالانه نیز محاسبه شد. از مجموع محاسبات فوق سعی بر این بود که ارتباط یا عدم وجود ارتباط بین بارش و AO را برای ایستگاه‌های مورد مطالعه بررسی گردد و در صورت وجود ارتباط، چگونگی آن مطالعه گردد. برای هفت ایستگاه مورد مطالعه روند بارش سالانه و AO سالانه نیز بررسی شد.

۱۶۲ نقشه میانگین روزانه فشار تراز دریا (SLP) برای ماه‌های Dec , Nov , Oct , Mar , Feb , Jan برای دوره‌ی زمانی ۲۰۰۵ - ۱۹۷۹ از وبگاه NCEP / NCAR دریافت شد. برای هر ماه موقعیت مکانی (طول و عرض جغرافیایی) و مقدار فشار مرکزی پرفشار سیبری و سمت باد و مقدار فشار در سواحل و AO متناظر همان ماه و بارش ماهانه مورد بررسی قرار گرفت. به منظور آشکار سازی ارتباط بین بارش و پرفشار سیبری، روزهای پرباران منطقه در منطقه‌ی ساحلی جنوب دریای خزر به لحاظ ویژگی‌های پرفشار سیبری مورد بررسی همدیدی قرار گرفت که بدان منظور نقشه‌های روزانه‌ی SLP از وبگاه مربوطه دریافت شد. از سوی دیگر با در نظر گرفتن ویژگی‌های پرفشار سیبری به عنوان متغیرهای مستقل و بارش به عنوان متغیر وابسته، از نرم افزار SPSS جهت محاسبه‌ی وایازش و همبستگی

کلی بین این دو دسته متغیر و بدست آوردن همبستگی جزئی بین بارش و هریک از ویژگی‌های پر فشار سیبری استفاده شد و وایزش‌های بدست آمده مورد تحلیل قرار گرفت.

نتایج

نتایج بررسی فرین‌های بارش ماهانه با AO متناظر همان ماه و فرین‌های AO ماهانه با میزان بارش متناظر آن ماه برای هر ایستگاه و ضریب همبستگی مربوطه برای هر یک، با نرم‌افزار Excel محاسبه شده و در جدول (۲) آورده شده است. ضریب همبستگی بدست آمده بین مجموع بارش فصلی و میانگین AO فصلی برای هر ایستگاه، هم‌چنین همبستگی بین میانگین AO سالانه و مجموع بارش سالانه نیز در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۲- ضرایب همبستگی بارش با فرین‌های AO و فرین‌های بارش و AO

| شهر | همبستگی بین بیشینه بارش ماهانه و AO مربوط به آن | همبستگی بین کمینه بارش ماهانه و AO مربوط به آن | همبستگی بین بیشینه و بارش ماهانه مربوط به آن | همبستگی بین کمینه و بارش ماهانه مربوط به آن |
|------------|---|--|--|---|
| آستارا | ۰/۳۷ | -۰/۲۸ | ۰/۴۶* | -۰/۴۲* |
| بابلسر | ۰/۲۵ | ۰/۲ | ۰/۲۲ | -۰/۰۳ |
| بندر انزلی | *۰/۳۹ | -۰/۲۱ | ۰/۲۴ | -۰/۱۳ |
| رامسر | ۰/۰۶۸ | -۰/۱۵ | ۰/۱۹۹ | ۰/۲۴ |
| رشت | *۰/۳۷ | -۰/۳۴ | ۰/۳۴ | -۰/۲۶ |
| گرگان | -۰/۰۹ | -۰/۰۴ | ۰/۰۱ | -۰/۴۵* |
| نوشهر | ۰/۲ | ۰/۲۶ | ۰/۱۴ | ۰/۰۹۶ |

جدول ۳- همبستگی بارش فصلی و سالانه با میانگین AO فصلی و سالانه

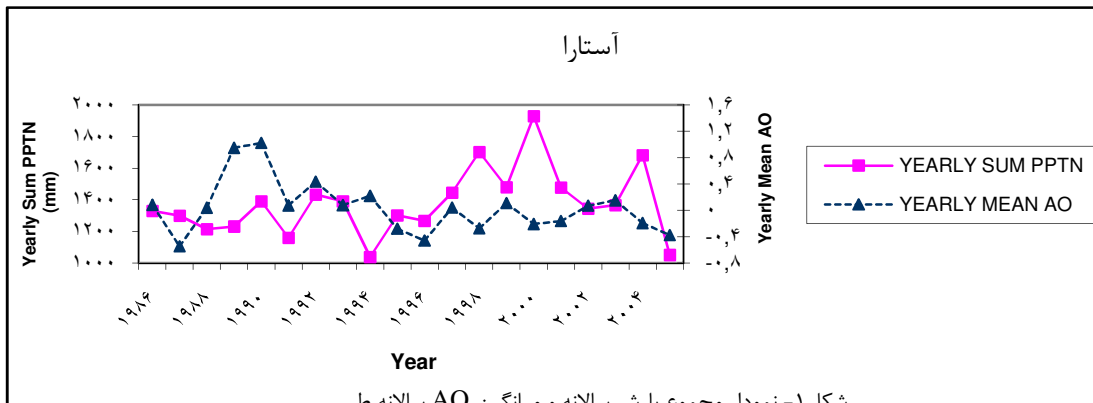
| شهر | زمستان (DJF) | بهار (MAM) | تابستان (JJA) | پاییز (SON) | سالانه |
|------------|--------------|------------|---------------|-------------|--------|
| آستارا | ۰/۱۱ | ۰/۱۳ | -۰/۳۶ | ۰/۰۱۴ | -۰/۱۴ |
| بابلسر | *۰/۳۹ | ۰/۱۴ | -۰/۲۳ | -۰/۱۶ | ۰/۱۱۵ |
| بندر انزلی | ۰/۰۸۹ | ۰/۱۳ | ۰/۰۰۰۵ | ۰/۳۳ | ۰/۰۴۳ |
| رامسر | ۰/۱۳ | ۰/۱۱ | -۰/۲۳ | ۰/۲۶ | ۰/۳۳ |
| رشت | *۰/۳۹ | ۰/۱۳ | -۰/۱۵۵ | ۰/۲۲ | *۰/۳۹ |
| گرگان | *-۰/۴ | ۰/۰۵۵ | -۰/۳۳ | -۰/۰۷۱ | -۰/۳۵ |
| نوشهر | ۰/۲۳ | ۰/۱۵ | -۰/۳۳ | -۰/۰۵ | ۰/۰۹۵ |

بیانگر معنی داری در سطح ۰/۵٪* بیانگر معنی داری در سطح ۰/۱٪***

ضرایب مثبت نشان دهنده همبستگی مستقیم و ضرایب منفی نشان دهنده همبستگی معکوس میباشند. بدان معنا که افزایش یکی از دو متغیر، کاهش دیگری را بدنبال دارد.

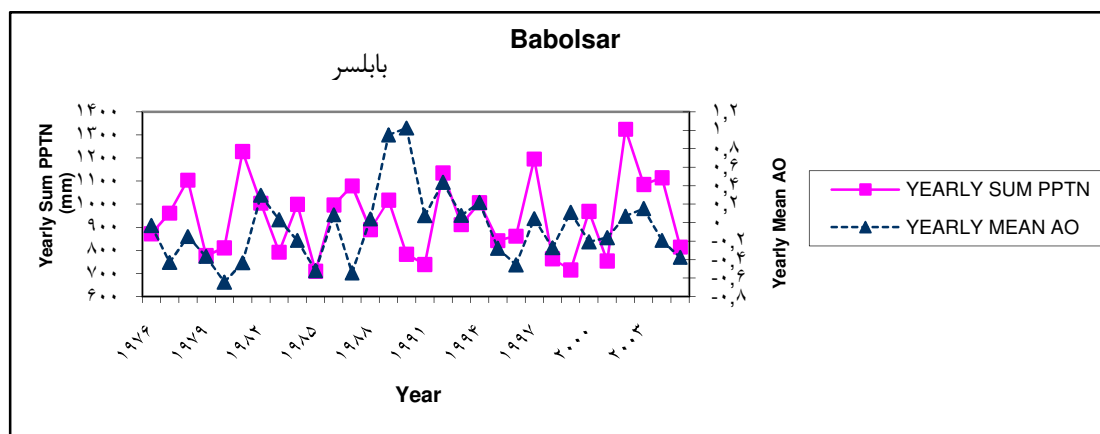
بررسی روند بارش و AO در سال‌های مورد مطالعه :

مجموع بارش سالانه و میانگین AO سالانه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه بین سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵ محاسبه شده و ضریب همبستگی این دو متغیر بدست آمده که نمودار هر یک از ایستگاه‌ها در شکل‌های (۱ الی ۷) رسم شده است. ضریب همبستگی این دو متغیر تنها برای ایستگاه رشت در سطح ۹۵ درصد معنی دار است. ($P < 0/05$)



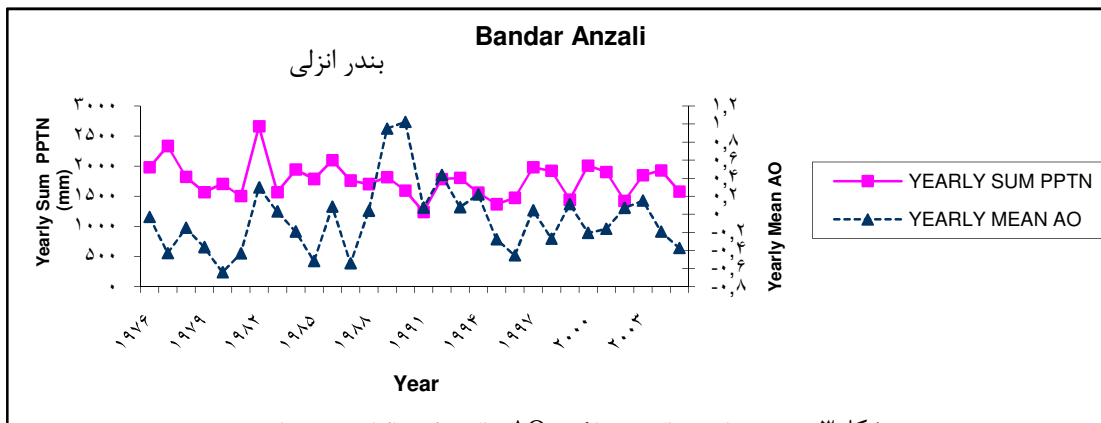
شکل ۱- نمودار مجموع بارش سالانه و میانگین AO سالانه طی سالهای ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵ برای ایستگاه آستارا

$$R^2 = 0/1366$$



شکل ۲- مجموع بارش سالانه و میانگین AO سالانه طی سالهای ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵ برای ایستگاه بابلسر

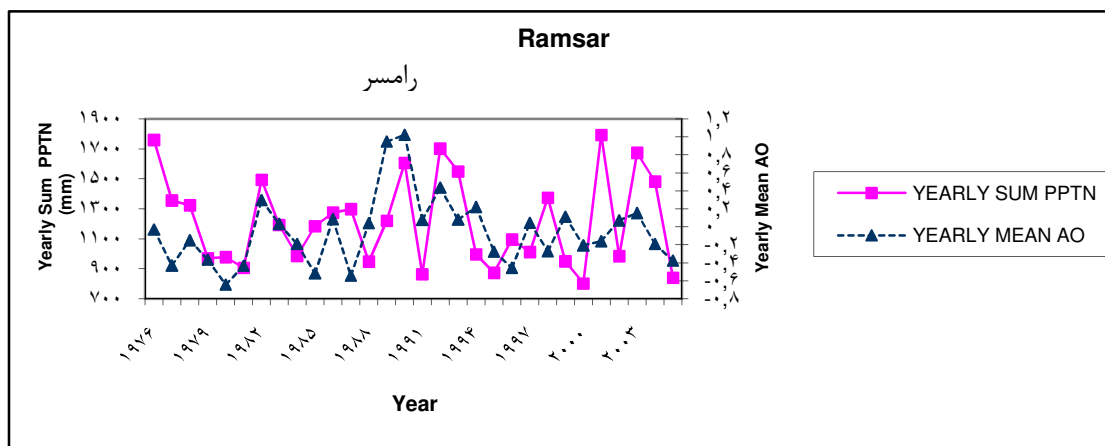
$$R^2 = 0/185$$



شکل ۳- مجموع بارش سالانه و میانگین AO سالانه طی سالهای ۱۹۷۶ تا

۲۰۰۵ برای ایستگاه بندر انزلی

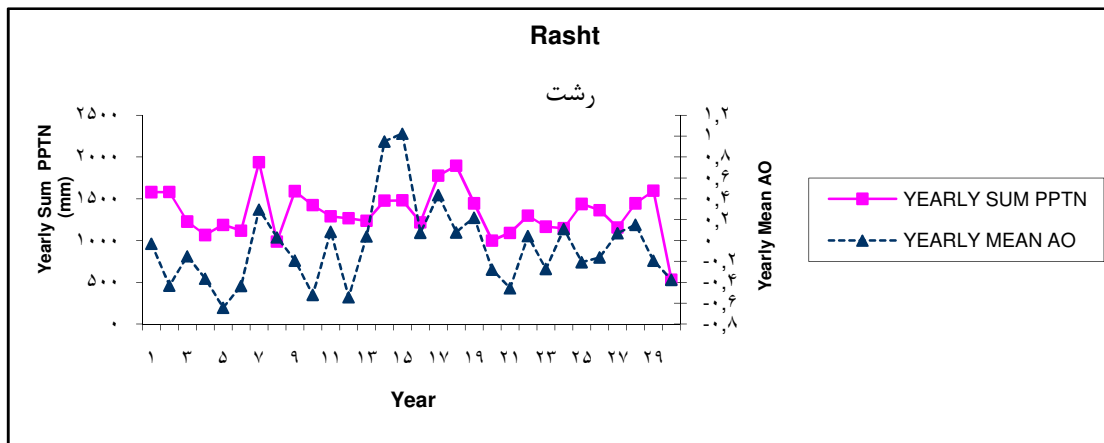
$$R^2 = 0.1126$$



شکل ۴- مجموع بارش سالانه و میانگین AO سالانه طی سالهای ۱۹۷۶ تا

۲۰۰۵ برای ایستگاه رامسر رامسر

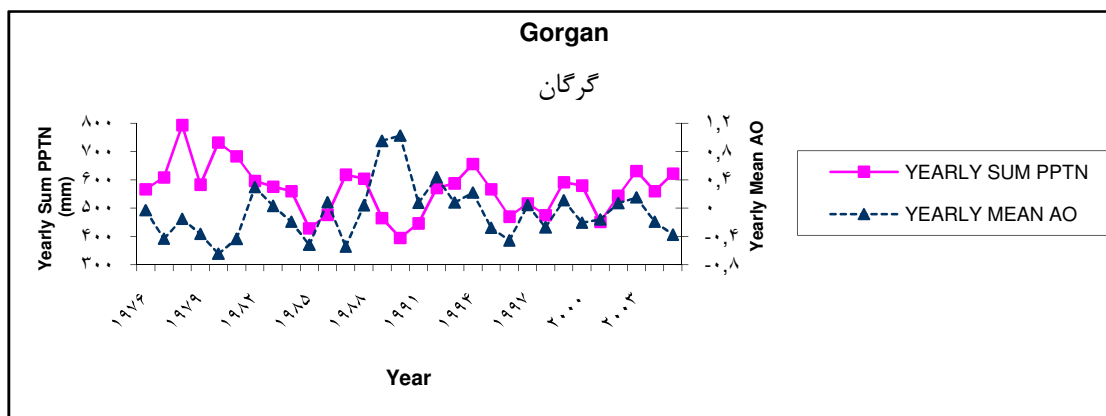
$$R^2 = 0.305$$



شکل ۵- مجموع بارش سالانه و میانگین AO سالانه طی سالهای ۱۹۷۶ تا

۲۰۰۵ برای ایستگاه رشت

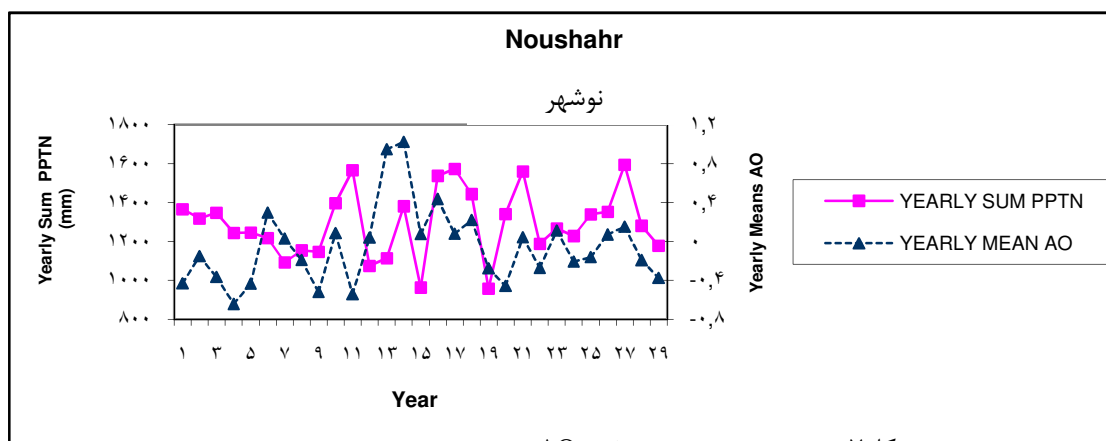
$$R^2 = 0.10688$$



شکل ۶- مجموع بارش سالانه و میانگین AO سالانه طی سالهای ۱۹۷۶ تا

۲۰۰۵ برای ایستگاه گرگان

$$R^2 = 0.2518$$



شکل ۷- مجموع بارش سالانه و میانگین AO سالانه طی سالهای ۱۹۷۶ تا

۲۰۰۵ برای ایستگاه نوشهر

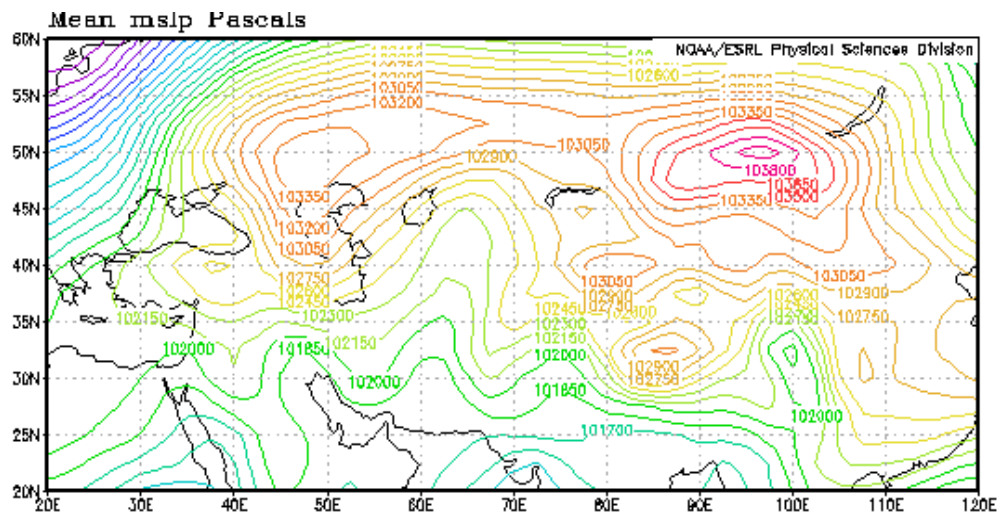
$$R^2 = 0.10182$$

جهت بررسی همبستگی ارتباطی بین پرفشار سیبری و بارش‌های سواحل جنوبی دریای خزر، اطلاعات بارش‌های روزانه‌ی هفت ایستگاه مورد مطالعه از سازمان هواشناسی دریافت شد و بارش‌های بیشینه‌ی روزانه برای هر یک از ایستگاه‌ها استخراج گردید. سپس با مقایسه‌ی مقادیر استخراج شده‌ی ایستگاه‌های مختلف، روزهایی که تعداد ایستگاه‌های بیشتری بارش بیشینه داشتند انتخاب شدند و برای این روزها، نقشه‌های روزانه‌ی فشار متوسط تراز دریا (MSLP) از وبگاه NCEP-NCAR دریافت شد که در زیر به تحلیل یکی از این نقشه‌ها پرداخته می‌گردد. در اینروز در اکثر ایستگاه‌های منطقه بارش وجود دارد که میزان این بارش در ایستگاه بندرانزلی ۱۰۶ میلی‌متر و در ایستگاه رشت ۹۷ میلی‌متر گزارش شده است. شکل ۸، توزیع الگوهای فشاری برای طول جغرافیایی ۲۰ تا ۱۲۰ درجه‌ی شرقی و عرض جغرافیایی ۲۰ تا ۶۰ درجه‌ی شمالی در روز ۱۵ نوامبر ۱۹۹۱ را نمایش می‌دهد. در روز ۱۵ نوامبر ۱۹۹۱ منطقه‌ی ساحلی جنوب دریای خزر تحت نفوذ زبانه‌های پرفشاری قرار گرفته که مرکز آن در شمال دریاست و فشار هسته‌ی آن ۱۰۳۳ هکتوپاسکال است. این پرفشار متأثر از پرفشار سیبری و امتداد زبانه‌های آن است که در همین زمان با فشار مرکزی ۱۰۳۹.۵ هکتوپاسکال بین دریاچه‌ی بایکال و دریاچه‌ی بالخاش شکل گرفته است. جهت جریان‌ها با شیب کمی نسبت به شرق، شمال شرقی است. بدلیل گرم بودن آب دریا در این زمان از سال و سمت جریان‌ها که هوای سرد را از عرض‌های بالا به منطقه می‌آورد، تزریق رطوبت به هوا با شدت بیشتری صورت

$\frac{hpa}{100km}$

می‌گیرد گرادیان فشار از شرق منطقه به سمت غرب افزایش می‌یابد. مقدار آن در بخش شرقی منطقه $100km$ ۱/۰۸

در مرکز $100km$ ۰/۸۶ و در غرب منطقه $100km$ ۱/۰۸ است.



شکل ۸- نقشه‌ی فشار متوسط تراز دریا در روز ۱۵ نوامبر ۱۹۹۱

با نرم افزار SPSS همبستگی جزئی بین بارش و ویژگی‌های پرفشار سیبری (فشار هسته‌ی پرفشار و موقعیت مکانی) برای هر ایستگاه به طور جداگانه محاسبه شد. هم‌چنین با استفاده از تحلیل وایزشی چند متغیره بارش به

عنوان متغیر وابسته (Y) و فشار هسته‌ی مرکزی پرفشار (X_1)، عرض جغرافیایی هسته‌ی پرفشار (X_2)، طول جغرافیایی هسته‌ی پرفشار (X_3) به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده و رابطه‌ی وایزش بین متغیرهای فوق نیز برای هر ایستگاه و برای هر یک از ماه‌های ذکر شده به طور جداگانه بدست آمد که در زیر به تفکیک ماه نتایج را بیان می‌گردد.

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_K)$$

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین بارش ماه‌های فصول پاییز و زمستان و ویژگی‌های پرفشار سیبری

| ایستگاه | ژانویه | | | فوریه | | | مارس | | |
|-----------|---------|---------------|---------------|--------|---------------|---------------|--------|---------------|---------------|
| | فشار | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | فشار | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | فشار | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی |
| آستارا | ۰/۰۹۷ | -۰/۰۲۱ | -۰/۲۳۶ | -۰/۱۷۵ | ۰/۰۷۵ | -۰/۱۳۵ | ۰/۰۴۱ | -۰/۲۴۶ | ۰/۲۷۲ |
| بابلسر | -۰/۲۸۸ | ۰/۳۳۲ | ۰/۵۹۲** | -۰/۲۷۴ | ۰/۵۱۸** | ۰/۰۷ | -۰/۰۴۷ | -۰/۱۴ | ۰/۱۶۸ |
| بندرانزلی | -۰/۲۶۶ | ۰/۲۱ | -۰/۱۱۵ | ۰/۱۶ | ۰/۰۸۷ | -۰/۰۲۵ | ۰/۲۴۱ | -۰/۲۵۵ | ۰/۲۷۷ |
| رامسر | -۰/۴۴۱* | ۰/۲۴۳ | -۰/۰۱۹ | -۰/۲۰۵ | ۰/۰۷۶ | ۰/۰۲۷ | -۰/۳۱ | ۰/۰۲۱ | -۰/۰۹۱ |
| رشت | -۰/۲۸۹ | ۰/۲۲۲ | ۰/۱۵۵ | -۰/۲۴۶ | ۰/۰۸۶ | -۰/۱۵۹ | ۰/۱۰۸ | -۰/۲۹۶ | ۰/۱۹۴ |
| گرگان | -۰/۱۰۱ | ۰/۶۱۸** | -۰/۰۷۵ | -۰/۱۷۷ | ۰/۴۸۸** | ۰/۰۴۸ | -۰/۳۴۱ | ۰/۰۸۷ | ۰/۰۸۴ |
| نوشهر | -۰/۳۶۴ | ۰/۵۳۳** | ۰/۰۳۶ | -۰/۱۷ | ۰/۲۶۱ | -۰/۰۸۴ | -۰/۰۹۴ | -۰/۱۶۴ | ۰/۰۸۹ |

ادامه جدول ۴

| ایستگاه | اکتبر | | | نوامبر | | | دسامبر | | |
|------------|--------|---------------|---------------|--------|---------------|---------------|--------|---------------|---------------|
| | فشار | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | فشار | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | فشار | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی |
| آستارا | -۰/۳۹۱ | -۰/۴۳۲* | -۰/۲۲۳ | -۰/۳۷۶ | ۰/۴۱۲ | ۰/۱۸۳ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۲۸ | -۰/۲۷۹ |
| بابلسر | -۰/۲۰۱ | ۰/۳۶۷ | -۰/۱۵۳ | -۰/۰۳ | ۰/۲۵۹ | ۰/۰۶۷ | -۰/۰۹۹ | -۰/۰۱۶ | ۰/۰۸۲ |
| بندر انزلی | -۰/۲۲۳ | -۰/۲۷۱ | -۰/۰۷۰ | -۰/۰۷۳ | ۰/۱۱۵ | -۰/۱۰۲ | ۰/۰۶۹ | ۰/۰۴۵ | -۰/۲۵۹ |
| رامسر | -۰/۲۴۸ | ۰/۲۳۹ | ۰/۱۸۹ | -۰/۲۴۸ | ۰/۲۳۹ | ۰/۱۸۹ | -۰/۰۹۲ | ۰/۱۷۹ | -۰/۱۷۳ |
| رشت | -۰/۱۴۲ | -۰/۲۴۹ | -۰/۴۷۹* | -۰/۱۳۸ | ۰/۲۰۲ | -۰/۳۵۳ | -۰/۱۳۲ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۸۱ |
| گرگان | -۰/۲۳۸ | ۰/۱۹۵ | ۰/۱۷۳ | -۰/۲۳۸ | ۰/۱۹۵ | ۰/۱۷۳ | -۰/۰۱۱ | ۰/۲۲۶ | ۰/۲۷۲ |
| نوشهر | -۰/۰۴۹ | ۰/۲۳۶ | -۰/۳۳۸ | -۰/۱۲۵ | ۰/۲۱۷ | -۰/۲۸۹ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۲۹ | ۰/۱۵۴ |

جدول ۵ - ضرایب معادله‌ی وایزش بین بارش ماه‌های فصول پاییز و زمستان و ویژگی‌های پرفشار سیبری

| ایستگاه | فشار | ژانویه | | | فوریه | | | قدرت توضیح دهنده‌ی مدل |
|------------|---------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|------------------------|
| | | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | ضریب ثابت | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | ضریب ثابت | |
| آستارا | ۱/۹۸۲ | -۰/۸۱۶ | -۱/۹۷۲ | -۱۷۲۳/۹۳ | ۰/۰۶۲ | -۳/۴۲۸ | ۲/۷۸۸ | ۰/۰۴۳ |
| بابلسر | -۴/۱۸۷ | ۱۰/۷۴۷ | ۴/۳۰۶ | ۳۵۱۴/۳۱۹ | -۰/۴۳۱** | -۲/۸۷۳ | ۶/۵۸۴ | -۰/۲۷۱** |
| بندر انزلی | -۱۰/۱۴۹ | ۱۷/۳۸۳ | -۱/۷۹۹ | ۱۰۰۱۵/۸۴ | ۰/۰۹۵ | ۴/۱۳۹ | ۲/۳۹۹ | ۰/۰۷۲ |
| رامسر | -۶/۰۹۲ | ۶/۸۱ | -۰/۱ | ۶۰۶۷/۹۶۴ | ۰/۲۰۱* | -۳/۴۶۶ | ۱/۳۵۶ | ۰/۰۵۷ |
| رشت | -۸/۰۱۸ | ۱۳/۲۴۴ | ۱/۷۵۷ | ۷۶۳۸/۷۲۴ | ۰/۱۲۴ | -۳۴/۹۹۸ | ۱۲/۷۸۴ | ۰/۰۶۴ |
| گرگان | -۰/۹۴۴ | ۱۵/۹۸۲ | -۰/۲۹۲ | ۲۹۸/۶۴۹ | ۰/۳۹** | -۱/۴۳۱ | ۴/۷۹۱ | -۰/۲۴۱** |
| نوشهر | -۶/۰۳۲ | ۲۱/۳۴۶ | ۰/۲۳۱ | ۵۳۰۸/۸۲۳ | ۰/۳۰۹** | -۲/۴۲۹ | ۴/۱۰۶ | ۰/۰۷۷ |

| ایستگاه | فشار | مارس | | | اکتبر | | | قدرت توضیح دهنده‌ی مدل |
|------------|--------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|------------------------|
| | | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | ضریب ثابت | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | ضریب ثابت | |
| آستارا | ۰/۹۲۷ | -۴/۱۴۸ | ۱/۲۱۵ | -۷۲۹/۳۵۷ | ۰/۱۶۴ | -۱۷/۶۷۷ | -۲۱/۶۵۳ | -۰/۳۸۰** |
| بابلسر | -۰/۷۲۳ | -۱/۹۶۳ | ۰/۵۳۹ | ۸۶۱/۵۱۴ | ۰/۰۸۳ | -۸/۲۹۹ | ۱۲/۲۵۹ | -۰/۱۹۳** |
| بندر انزلی | ۴/۰۶۷ | -۳/۴۰۷ | -۰/۹۷۲ | -۳۹۸۹/۴ | -۰/۱۳۹ | -۵۹/۱۵۵ | -۵۵/۷۵۹ | -۰/۱۶۳* |
| رامسر | -۵/۰۸۷ | ۰/۳ | -۰/۲۹۹ | ۵۳۲۰/۲۸۵ | -۰/۱۰۲ | -۷/۹۶۶ | ۵۴/۴۱۹ | ۰/۰۹۱ |
| رشت | ۲/۰۰۶۶ | -۵/۱۵۴ | ۰/۷۵۱ | -۱۷۵۶/۰۳ | ۰/۱۳۴ | -۷/۲۰۸ | -۹/۹۱ | -۰/۳۳۰** |
| گرگان | -۳/۵۶۱ | ۰/۷۶۹ | -۰/۱۷ | ۳۷۰۳/۹۲۱ | -۰/۱۲۷ | -۳/۴۵۶ | ۵/۶۰۳ | -۰/۰۸۱ |

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|--------|-------|----------|-------|--------|-------|--------|----------|---------|
| نوشهر | -۱/۴۱ | -۲/۲۳۶ | ۰/۲۷۵ | ۱۶۲۱/۸۱۳ | ۰/۰۷۳ | -۲/۳۳۴ | ۸/۸۲۴ | -۳/۱۷۷ | ۲۶۱/۲۴۹۰ | ۰/۱۹۰** |
|-------|-------|--------|-------|----------|-------|--------|-------|--------|----------|---------|

| ایستگاه | فشار | عرض | طول | نوامبر | | دسامبر | | قدرت توضیح دهندگی مدل | قدرت توضیح دهندگی مدل | |
|-----------|---------|--------|--------|-----------|-----------|---------------|---------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| | | | | ضریب ثابت | ضریب ثابت | عرض جغرافیایی | عرض جغرافیایی | | | فشار |
| آستارا | -۱۳/۵۸۳ | ۲۴/۹۸ | ۱/۶۲۷ | ۱۲۸۲۸/۴۳ | ۰/۲۱* | ۰/۷۳ | ۱/۵۵۵ | -۴/۳۲۳ | ۳۶۳/۱۷۱ | ۰/۰۸۹ |
| بابلسر | -۰/۹۹۸ | ۱۷/۶۹۹ | -۰/۷۵۶ | ۲۶۳/۶۶ | ۰/۱۰۵ | -۱/۹۷ | -۱/۰۵۶ | ۱/۴۶۴ | ۲۰۸۴/۶۶۱ | ۰/۰۱۷ |
| بندرانزلی | -۴/۳۷۴ | ۱۳/۸۲۳ | -۲/۰۹۴ | ۴۳۰۲/۳۲۴ | ۰/۰۷۵ | ۲/۲۸۲ | ۵/۰۰۵ | -۸/۰۰۸ | -۱۶۳۹/۶۹ | ۰/۰۷۷ |
| رامسر | -۷/۹۶۶ | ۱۵/۴۱۹ | ۲/۰۲۹ | ۷۴۵۳/۰۰۵ | ۱/۰۹۱ | -۲/۱۲۱ | ۱۴/۰۹ | -۳/۶۴۶ | ۱۹۷۷/۱۱ | ۰/۰۵۲ |
| رشت | -۵/۲۹ | ۱۵/۷۷۱ | -۴/۸۸۷ | ۵۳۰۹/۲۲۵ | -۰/۳۷۴** | -۲/۷۹۸ | -۰/۰۶۱ | -۱/۵۴ | ۳۱۹۰/۵۷۵ | ۰/۰۲۵ |
| گرگان | -۳/۴۵۶ | ۵/۶۰۳ | -۰/۸۴۱ | ۳۲۹۰/۱۶۲ | ۰/۰۸۱ | -۰/۰۹ | ۶/۰۷۸ | ۱/۹۹۲ | -۳۲۳/۷۷۷ | -۰/۱۹۳* |
| نوشهر | -۳/۷۳۳ | ۱۳/۱۸۸ | -۳/۰۳۹ | ۳۶۸۱/۷۴۲ | -۰/۳۲۴** | ۱/۳۷۸ | ۱/۸۶۱ | ۲/۶۷۲ | -۱۶۲۱/۱۴ | ۰/۰۳۹ |

لازم به ذکر است که علامت منفی این ضرایب نشان دهنده‌ی ارتباط معکوس بین متغیر مستقل مورد نظر با بارش است، به این صورت که هر واحد افزایش باعث کاهش میزان بارش و هر واحد کاهش متغیر مذکور باعث افزایش مقادیر متغیر وابسته (بارش) می‌گردد. این میزان برای ایستگاه‌های مختلف، متفاوت است. قدرت توضیح دهندگی مدل که با R^2 نشان داده می‌شود به این معناست که چند درصد از تغییرات متغیر وابسته به وسیله‌ی متغیرهای مستقل (در اینجا فشار هسته‌ی مرکزی پرفشار، عرض جغرافیایی هسته‌ی پرفشار و طول جغرافیایی آن) توضیح داده می‌شوند.

در ارتباط AO ماهانه با پرفشار سیبری با در نظر گرفتن AO به عنوان متغیر وابسته و فشار هسته‌ی مرکزی سلول پرفشار سیبری و طول و عرض جغرافیایی آن به عنوان متغیرهای مستقل، با استفاده از نرم افزار SPSS همبستگی جزئی AO با هر یک از متغیرهای فوق محاسبه شد که ضرایب همبستگی و وایزش در جدول‌های زیر آمده است.

جدول ۶ - ضرایب همبستگی بین AO و ویژگی‌های پرفشار سیبری در ماه‌های مختلف

| ماه | فشار | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی |
|--------|--------|---------------|---------------|
| ژانویه | -۰/۱۷۴ | ۰/۰۴۷ | ۰/۳۲۶ |
| فوریه | -۰/۲۷۴ | -۰/۰۲۱ | -۰/۱۶۹ |
| مارس | -۰/۱۵۳ | -۰/۰۵۲ | ۰/۲۶۳ |
| اکتبر | -۰/۱۴ | -۰/۱۵ | ۰/۱۳۷ |
| نوامبر | ۰/۱۹۸ | ۰/۱۷۹ | ۰/۱۱۶ |
| دسامبر | -۰/۳۷۲ | ۰/۲۱۲ | ۰/۰۴۵ |

جدول ۷ - ضرایب معادله‌ی وایزش بین AO و ویژگی‌های پرفشار سیبری در ماه‌های مختلف

| ماه | فشار | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | ضریب ثابت | قدرت توضیح‌دهندگی مدل |
|--------|--------|---------------|---------------|-----------|-----------------------|
| ژانویه | -۰/۱۰۳ | ۰/۰۶ | ۰/۰۸۵ | ۹۵/۸۶۱ | ۰/۱۳۱ |
| فوریه | -۰/۱۴۱ | -۰/۰۱۱ | -۰/۰۲۴ | ۱۴۸/۲۳۲ | ۰/۰۹۶ |
| مارس | -۰/۰۸۹ | -۰/۰۲۷ | ۰/۰۳۲ | ۹۰/۳۴۲ | ۰/۱۷۵ |
| اکتبر | -۰/۰۴۹ | -۰/۰۴ | -۰/۰۰۹ | ۵۲/۶۹۹ | ۰/۰۸۶ |
| نوامبر | ۰/۰۶۷ | ۰/۱۲۱ | ۰/۰۱۳ | -۷۶/۴۲۴ | ۰/۱۱۶ |
| دسامبر | -۰/۱۴۱ | ۰/۲۵۵ | ۰/۰۱۴ | ۱۳۲/۲۰۸ | ۰/۱۹۷ |

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل بیانگر آن است که در ایستگاه‌های رشت و بندر انزلی همبستگی در سطح معنی داری ۹۵ درصد بین AO و بارش بیشینه ماهانه وجود دارد. در ایستگاه آستارا بین بارش و بیشینه فاز مثبت AO همبستگی در سطح معنی داری ۹۵ درصد بدست آمد. در ایستگاه گرگان بین بارش و بیشینه فاز منفی همبستگی معکوس در سطح ۹۵ درصد وجود دارد. در فصل زمستان بین بارش فصلی و میانگین AO فصلی همبستگی مستقیم در ایستگاه‌های بابلسر و رشت و همبستگی معکوس در ایستگاه گرگان در سطح معنی داری ۹۵ درصد بدست آمد. بین بارش سالانه و میانگین AO سالانه تنها در رشت همبستگی در سطح ۹۵ درصد بدست آمد. که نتایج فصلی بدست آمده برای ایستگاه بابلسر و گرگان تأییدکننده‌ی نتایج پژوهش‌های یاراحمدی و عزیز، ۱۳۸۵ در مقاله‌ی تحت عنوان تحلیل چند متغیره ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی می‌باشد. لازم به ذکر است که در پژوهش مذکور برای ایستگاه رشت همبستگی قابل ملاحظه‌ای بدست نیامده بود. دوره آماری این پژوهش ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۳ می‌باشد. در این مقاله ارتباط میزان بارش پاییز و زمستان با شاخص‌های اقلیمی با استفاده از تحلیل وایزشی مورد ارزیابی قرار گرفت. این تحلیل نشان داد که بین AO و میزان بارش پاییز و زمستان ایران ارتباط معکوس وجود دارد، به این صورت که در فازهای مثبت این شاخص میزان بارش در دو فصل زمستان و پاییز کاهش می‌یابد و تأثیر آنها بر میزان بارش زمستان بیشتر از میزان بارش پاییز است.

بررسی همدیدی ارتباط بین پرفشار سیبری و بارش‌های سواحل جنوبی دریای خزر نشان داد که در همه‌ی موارد بررسی شده در فصل پاییز، منطقه متأثر از زبانه‌های پرفشار سیبری بوده که در این موقع از سال اختلاف دمای هوا و دریا به بیشترین مقدار خود می‌رسد و بادهای سرد سیبری که شروع به وزیدن کرده اند، پس از طی مسافتی نسبتاً طولانی از روی دریای خزر به منطقه‌ی ساحلی جنوب دریای خزر رسیده و گرمتر، مرطوب و ناپایدار می‌گردد و در سواحل سبب بارش می‌شود. از سوی دیگر گرادیان فشار و میزان بارندگی از غرب منطقه به سمت شرق کاهش می‌یابد که نتایج این بررسی‌ها تأییدکننده‌ی نتایج پژوهش‌های جهانبخش و کرمی (۱۳۷۸) با بررسی الگوهای بارندگی در سواحل جنوبی دریای خزر در فصول پاییز و بهار زمستان و تابستان نتیجه‌گیری کرده اند که حداکثر بارش‌ها به دنبال ورود زبانه‌های پرفشار به منطقه و تقویت الگوهای بارش به وقوع می‌پیوندند و در طی این مکانیسم کوه‌های البرز نیز مانند سدی جلوی ورود بخار آب دریای خزر را می‌گیرد.

در این پژوهش بارش به عنوان متغیر وابسته و ویژگی‌های پرفشار سیبری به عنوان متغیر مستقل مورد مطالعه قرار گرفته است که نتایج حاصل از تحلیل وایزشی نشان می‌دهد که بین بارش و ویژگی‌های پرفشار سیبری در ماه‌های ژانویه و فوریه برای ایستگاه‌های شرق منطقه ارتباط قوی وجود دارد. در ماه اکتبر این ارتباط برای

ایستگاه‌های غرب منطقه مشهود است. در بیشتر موارد فشار هسته مرکزی سلول پرفشار سیبری با بارش ارتباط معکوس و عرض جغرافیایی آن با بارش ارتباط مستقیم دارد که این ارتباط بدان معناست که هر چه پر فشار سیبری ضعیف تر باشد و در عرض‌های جغرافیایی بالاتر قرار داشته باشد، بارش بیشتری وجود خواهد داشت. تحلیل وایزشی بین AO و ویژگی‌های پرفشار سیبری نشان دهنده ارتباط معکوس بین فشار در هسته پر فشار با AO و ارتباط مستقیم بین طول جغرافیایی و AO در اکثر ماه‌های پاییز و زمستان و ارتباط معکوس بین عرض جغرافیایی و AO در فوریه، مارس و اکتبر و ارتباط مستقیم آنها در نوامبر، دسامبر و ژانویه است. این بخش از نتایج بدست آمده به جهت ارتباط‌های بدست آمده بین ویژگی‌های پر فشار سیبری و بارش سواحل جنوبی دریای خزر مؤید نتایج پژوهش‌های خوش اخلاق و همکاران در سال ۱۳۸۵ می‌باشد. در این تحقیق بیان شده است که پرفشار سیبری در بروز دوره‌های خشک و مرطوب تأثیرگذار است به نحوی که اگر زبانه‌های این پرفشار به سمت شمال خزر و شرق اروپا سوق پیدا کنند همراه با سامانه‌های بندالی شرق اروپا یک کمربند پرفشاری وسیعی را به وجود می‌آورد که با جهت جریان شمال شرقی و شرقی روی خزر و ساحل جنوبی آن تأثیرگذار است. اما وقتی زبانه‌های پرفشار سیبری از طریق ایران و شمال عربستان با زبانه‌های پرفشار آزرز پیوند بخورد، کمربند پرفشاری وسیعی را تشکیل می‌دهند که سراسر خزر را می‌پوشاند و جریانی روی خزر ایجاد نمی‌شود و اگر جریانی وجود داشته باشد، جریان جنوب شرقی است که رطوبت را از سواحل جنوبی خزر دور می‌کند و سبب تشکیل دوره‌های خشک می‌گردد.

منابع

- جهانبخش، س. و کرمی، ف. ۱۳۷۸. تحلیل سینوپتیکی پرفشار سیبری بر بارش سواحل جنوبی دریای خزر، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره پیاپی ۵۴ و ۵۵
- چوخاچی زاده مقدم، م. ب. ۱۳۷۶. تحلیل سینوپتیکی اثر پرفشار سیبری بر دمای شمال شرق ایران. رساله دکترای دانشگاه تهران.
- خوش اخلاق، ف.، قنبری، ن. و معصوم پور سماکوش، ج. ۱۳۸۵. مطالعه اثرات نوسان اطلس شمالی بر رژیم بارش و دمای سواحل جنوبی دریای خزر. مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۶۶: ۷۰-۵۷.
- علیجانی، ب. ۱۳۶۹. چگونگی تشکیل فرا بار سیبری و اثر آن بر اقلیم شرق ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۱۷(۱): ۲۴۱-۲۵۱.
- علیجانی، ب. ۱۳۷۲. مکانیزم‌های صعود بارندگی‌های ایران. مجله دانشکده ادبیات دانشگاه تربیت معلم، ۱: ۱۰۱-۸۵.
- علیجانی، ب. ۱۳۷۶. آب و هوای ایران. انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ سوم. ایران.
- کریمی خواجه لنگی، ص. ۱۳۸۶. تأثیر نمایه‌ی نوسان قطبی بر وقوع پدیده‌ی یخبندان در شهرکرد. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- یاراحمدی، د. و عزیزی، ق. ۱۳۸۵. تحلیل چندمتغیره ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی. فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، ۶۲ (۴): ۱۷۴-۱۶۱.

Frey, K.E & Smith, L. C. ۲۰۰۳. Recent temperature and precipitation increases in West Siberia and their association with the Arctic Oscillation. Polar Research, University of California, Los Angeles.

- Ghasemi, A.R. & Khalili, D. ۲۰۰۵. The influence of the arctic oscillation on winter temperatures in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, ۸۵: ۱۴۹-۱۶۴.
- Gong, D. & Wang, S. & Zhu, J. ۲۰۰۱. East Asian winter Monsoon and arctic oscillation. *Geophysical Research Letters*, ۲۸(۱۰): ۲۰۷۳-۲۰۷۶.
- Lydolph, P. ۱۹۷۷. *Climates of Soviet Union, world survey of climatology. Volume ۷, Department of Geography, University of Wisconsin, Milwaukee.*
- Sahsamanoglu, H.S. ۱۹۹۱. Some aspects of basic characteristics of the Siberian. *International Journal of Climatology*, ۱۱: ۸۲۹-۸۴۰.
- Thompson, D.W.J. & Wallace, J. M. ۱۹۹۸. The arctic oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophysical Research Letters*, ۲۵: ۱۲۹۷-۱۳۰۰.
- Wu, B.Y. & Wang, J. ۲۰۰۲. Possible impacts of winter Arctic Oscillation on Siberian high, the East Asian winter monsoon and sea-ice extent. *Advances in Atmospheric Sciences*, ۱۹(۲): ۲۹۷-۳۲۰.