



بررسی ارتباط بین سیگنال‌های اقلیمی (NAO, NINO, MEI, SOI) و خشکسالی هواشناسی در استان کرمان

احمد فاتحی مرج^{۱*}، محبوبه تاج الدینی^۲، علی سلاجقه^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۱۳

چکیده

خشکسالی یکی از بلاهای طبیعی می‌باشد که خسارات زیادی به زندگی انسان و زیست‌بوم‌های طبیعی وارد می‌کند. استان کرمان در سال‌های اخیر خشکسالی‌های شدیدی را تجربه کرده است. سیگنال‌های اقلیمی که بیان‌گر تغییرات دما و فشار هوا در اقیانوس‌ها هستند، یکی از تأثیرگذارترین پارامترها در مقیاس جهانی بر الگوهای آب و هوایی به ویژه بارش محسوب می‌شوند. بررسی تأثیر این سیگنال‌ها بر بارش ایران می‌تواند دقت پایش و پیش‌بینی خشکسالی را افزایش دهد. در این تحقیق به بررسی تأثیر سیگنال‌های اقلیمی SOI، NINO4، NINO3، 4، NINO1، 2، NINO3 و NAO، MEI بر بارندگی استان کرمان پرداخته شده است. برای این منظور از آمار ماهانه ۶۴ ایستگاه باران‌سنجی در یک دوره ۳۶ ساله و داده‌های مربوط به سیگنال‌های اقلیمی در همین بازه زمانی استفاده شد. همچنین مقیاس‌های ۱، ۳ و ۱۲ ماهه شاخص بارش استاندارد (SPI) نیز به‌عنوان نمایه معرف خشکسالی محاسبه گردید. همبستگی بین شاخص SPI و سیگنال‌های اقلیمی به شش حالت مختلف همزمان و با تأخیر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی‌های ماهانه، فصلی و سالانه نشان داد که سیگنال‌های اقلیمی SOI، NINO و MEI بیشترین تأثیر را بر نوسانات بارندگی ماهانه، فصلی و سالانه در استان کرمان دارند.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، سیگنال‌های اقلیمی، شاخص SPI، کرمان

مقدمه

گردد. طی سال‌های اخیر به دلیل وقوع خشکسالی‌های متعدد در گوشه و کنار کره زمین مطالعات در این زمینه فراگیر شده و کشورها از روش‌های مختلفی برای ارزیابی خشکسالی استفاده می‌نمایند، یکی از این روش‌ها استفاده از سیگنال‌های اقلیمی برای بررسی تغییرات آب و هوایی و تأثیر این سیگنال‌ها بر میزان بارش است. اطلاعات شاخص‌های اقلیمی به‌طور مرتب به‌صورت اعداد و ارقام در سایت مربوطه ثبت شده و تحت عنوان شاخص‌های اقلیمی در دسترس همگان قرار دارد. این شاخص‌ها عموماً برای سال‌های آماری بیش از ۵۰ سال در مراکز مربوطه قرار دارند و طولانی‌مدت بودن این اطلاعات، یکی از مزایای مهم آن‌ها است که به بررسی تأثیرات طولانی‌مدت این شاخص‌ها بر بارش کمک می‌کند. مطالعات چند سال اخیر در سطح کره

خشکسالی پدیده جهانی است که تقریباً در هر ناحیه‌ای می‌تواند به وقوع بپیوندد، خشکسالی از ویژگی‌های طبیعی و اقلیمی یک منطقه می‌باشد. خشکسالی در هر منطقه‌ای که به وقوع می‌پیوندد منجر به ضررهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌گردد. از این رو لازم است که با این پدیده طبیعی مخصوصاً در کشور ایران که کشوری خشک و نیمه خشک است با استراتژی و برنامه‌ریزی اصولی برخورد

^۱ استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

(* نویسنده مسئول: fatehi1339@gmail.com)

^۲ کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانش آموخته دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات

^۳ دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

افزایش بارندگی در جنوب غربی ایالات متحده (مخصوصاً در فصل پاییز سال شروع واقعه انسو و همچنین در بهار بعد از آن) می‌شود. با استفاده از روابط همبستگی به‌دست آمده بین بارش متوسط منطقه‌ای و سیگنال‌های هواشناسی شاخص در بازه‌های زمانی گوناگون، سیگنال‌های اقلیمی مؤثر بر آب و هوای استان خراسان رضوی مشخص شد (فلاح قاهره، ۱۳۹۰). حجازی زاده و همکاران (۱۳۹۲) ارتباط بارش با سیگنال‌های اقلیمی (SOI، ENSO، NAO و AO) در ناحیه مرکزی ایران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد از بین سیگنال‌های مورد مطالعه سیگنال ENSO در مناطق NINO1.2 و NINO3 بر بارش منطقه مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری دارد. فاتحی مرج و همکاران (۱۳۸۶) تأثیر سیگنال‌های SOI، ENSO، NAO، NINO3.4 و چند سیگنال دیگر را در حوضه دریاچه ارومیه مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق از روش ترکیبی استفاده گردید و ارتباط بین سیگنال‌ها و نوسانات بارش و جریان رودخانه‌ها مشخص شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد تأثیر سیگنال SOI و NAO بر بارش و جریان رودخانه با تأخیر زمانی یک فصل بیشتر از سیگنال‌های دیگر است. ناظم‌السادات و شیروانی (۱۳۸۵) تأثیر دمای سطح آب خلیج فارس را بر بارندگی‌های جنوب ایران بررسی نمودند. ایشان همبستگی بین انحراف از میانگین داده‌های ۲۷ ایستگاه سینوپتیک ایران و نوسانات درجه حرارت سطح آب خلیج فارس را مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیدند که بارندگی زمستانه در نواحی جنوب ایران یک رابطه معکوس با (SST) در سطح خلیج فارس دارد. کارآموز و همکاران (۱۳۸۵) بارش بلندمدت را با استفاده از سیگنال‌های هواشناسی و شبکه عصبی در جنوب شرقی ایران پیش‌بینی نمودند. نتایج نشان داد که در ۷۰ درصد از سال‌ها پیش‌بینی در دامنه تعریف شده قرار دارد. معتمدی و همکاران (۱۳۸۶) به بررسی ارتباط سیگنال هواشناسی ENSO¹¹ با نوسانات بارندگی و دما در استان خراسان پرداختند. در این پژوهش به‌منظور بررسی میزان ارتباط تغییر اقلیم با پدیده انسو و ارتباط آن با تغییرات آب و هوایی، ابتدا با استفاده از رابطه

زمین نشان می‌دهد که تأثیر این شاخص‌ها بر بارش که در پی آن خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها روی می‌دهند در اکثر مناطق بررسی و ارتباط آن‌ها معنی‌دار، و محققان به کمک آن به پیش‌بینی بارش در بعضی مناطق جهان پرداخته‌اند. تاکنون محققین علم هواشناسی توانسته‌اند با استفاده از تغییرات میدان‌های فشار در مناطق مختلف کره زمین، سیگنال‌های متعددی را بیابند که هر کدام می‌تواند باعث اثرگذاری بر اقلیم مناطقی از کره زمین شود که از آن جمله می‌توان به نتایج کار ونگ و انفیلد¹ (۲۰۰۱)، تامپسون و والاس² (۲۰۰۰) و شوینگ و همکاران³ (۲۰۰۲) اشاره کرد. در این زمینه مطالعات زیادی انجام گرفته که نشان‌دهنده تأثیرگذار بودن این سیگنال‌ها بر بارش بوده است. از جمله سیگنال‌های مهم اقلیمی سیگنال‌های NAO⁴، SOI⁵، MEI⁶، NINO1,2، NINO3، NINO3.4 و NINO4⁷ هستند که در این مطالعه به بررسی ارتباط آن‌ها با پدیده خشکسالی پرداخته شده است. نیکلسون⁸ (۲۰۰۱) رابطه بین النینو و خشکسالی را در بوتسوانا بررسی کرد. او ۶ منطقه همگن را بر اساس تغییرات درون‌سالی انتخاب کرد. سری زمانی SST⁹ مناطق NINO1+2، NINO3.4 و NINO3 را به‌کار گرفت. از بین سه شاخص، SOI برای تعیین سال انسو استفاده شده که در دوره آماری مورد استفاده ۲۰ واقعه انسو وجود داشته و در اکثر مناطق همراه با باران کمتر از میانگین بوده است. او به این نتیجه رسید که SST برای پیش‌بینی خشکسالی محدودیت دارد و همبستگی بارندگی و انسو (SOI) پتانسیل بهتری برای پیش‌بینی است. رینولدز¹⁰ (۱۹۹۷) شدت انسو را از سال ۱۸۹۹ تا ۱۹۸۳ به چهار طبقه، از ۱ (ضعیف‌ترین) تا ۴ (قوی‌ترین) تقسیم و طبقه ۳ و ۴ را به‌خاطر فراوانی بیشتر آن‌ها استفاده نمود. از ۳۶ واقعه، ۲۴ واقعه در طبقه ۳ و ۴ جای گرفت که مشخص شد قوی‌ترین واقعه انسو باعث

¹ Wang and Enfield

² Thompson and Wallace

³ Schwing

⁴ North Atlantic Oscillation

⁵ Southern Oscillation Index

⁶ Multi Variate Enso Index

⁷ Sea Surface Temperature in many places in pacific ocean

⁸ Nicholson

⁹ Sea Surface Temperature

¹⁰ Reynolds

¹¹ El Nino Southern Oscillation

و بارندگی و هم‌چنین استفاده از آمار هم‌زمان سال قبل آن، عملکرد بهتری داشته است. نتایج تحقیقات مختلف نشان‌دهنده ارتباط سیگنال‌های اقلیمی و بارش در مناطق متفاوت بوده است. هدف از این تحقیق این است که مشخص شود که کدام یک از سیگنال‌های اقلیمی بارش مناطق مختلف استان کرمان را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

مواد و روش‌ها

استان کرمان با ۱۸۰۷۲۶ کیلومتر مربع مساحت در جنوب شرقی ایران و بین ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی قرار دارد. در این استان حدود ۱۰۳ ایستگاه باران‌سنجی و سینوپتیک وجود دارد که با توجه به طول مدت، کیفیت و قابلیت گسترش و بازسازی آمار و سایر معیارهای گزینش و ملاک‌های انتخاب ایستگاه از کل ۱۰۳ ایستگاه در مجموع ۶۴ ایستگاه انتخاب شد. شکل ۱ نقشه محدوده مورد مطالعه و ایستگاه‌های مورد استفاده را نشان می‌دهد. داده‌های بارش مورد نیاز از سال ۱۳۵۰ تا سال ۱۳۸۶ به صورت ماهانه از سازمان هواشناسی کشور جمع‌آوری گردید. پس از انتخاب پایه زمانی مشترک به کمک روش آزمون توالی به بررسی صحت و همگنی داده‌ها پرداخته شد. سپس برای بازسازی نواقص آماری از روش همبستگی بین ایستگاه‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS^۳ استفاده گردید. به این صورت که با استفاده از آمار هر ایستگاه و همبستگی بین آن‌ها و به کمک آمار ایستگاه‌های بدون نقص آمار، ایستگاه‌های ناقص از نظر آماری بازسازی شدند. به کمک محاسبه میانگین حسابی مقادیر بارندگی ماهانه، مقادیر بارندگی فصلی و سالانه برای هر ایستگاه محاسبه شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار SPI مقدار SPI فصلی (۳ ماهه) و سالانه (۱۲ ماهه) و ماهانه از داده‌های بارش ماهانه استخراج شد. اطلاعات مربوط به شاخص‌های اقلیمی SOI، NINO4، NINO3، NINO3، 2، NINO1، NAO و MEI از سایت www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/ جمع‌آوری شد و به کمک میانگین حسابی مقادیر ماهانه آن‌ها، مقادیر فصلی و سالانه برای هر شاخص محاسبه شد. بر اساس

همبستگی سالانه و فصلی شاخص نوسانات جنوبی (SOI) با داده‌های بارندگی و دما به دست آمد و سپس به منظور مطالعه دقیق‌تر نحوه تأثیر پدیده انسو بر نحوه تغییرات دمای مناطق مختلف استان خراسان نقشه‌های پهنه‌بندی مربوطه ترسیم شد. نتایج، ارتباط معنی‌داری بین انسو و بارندگی و دمای کلیه مناطق استان نشان داد، به عبارت دیگر میانگین ضرایب همبستگی بارندگی و دما با مقادیر SOI به طور سالانه و فصلی منفی است یعنی با افزایش مقادیر SOI بارندگی در سطح استان خراسان کاهش می‌یابد. فاتحی مرج و مهدیان (۱۳۸۸) با استفاده از شاخص SOI و NINO3,4 فصل تابستان بارش پاییزه دریاچه ارومیه را به کمک شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی نمودند. آن‌ها برای بررسی ارتباط بین انسو (SOI) و بارش در حوضه دریاچه ارومیه واقع در شمال غرب ایران از اطلاعات ۱۸ ایستگاه باران‌سنجی و کلیماتولوژی و برای پیش‌بینی بارش پاییزه از اطلاعات دو ایستگاه تبریز و ارومیه استفاده کردند. برای پیش‌بینی بارش پاییزه از یک مدل غیر خطی (شبکه عصبی) و اطلاعات SOI و NINO3,4 استفاده نمودند. نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی با استفاده از شاخص‌های اقلیمی مورد استفاده، بارش پاییزه را با دقت بیشتری پیش‌بینی می‌کند. باقر زاده چهره و همکاران (۱۳۸۴) به ارزیابی سیگنال‌های هواشناسی در پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. در این تحقیق از سیگنال‌های SOI و NAO برای پیش‌بینی خشکسالی استان تهران استفاده شد. آمار ۶ ایستگاه و روش همبستگی ساده و متوالی در مقیاس‌های زمانی سالانه، فصلی و ماهانه مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در مقیاس فصلی برای همه ایستگاه‌ها ضرایب همبستگی حاصل از رگرسیون SOI و بارندگی پاییزه معنی‌دار و این شرایط برای برخی از دوره‌های ۳ ماهه NAO در سطح ۵ درصد و ۱ درصد مشهود بود. در مرحله بعد از تکنیک‌های شبکه عصبی مصنوعی و متغیرهای دیگری چون بارندگی به عنوان ورودی شبکه و شاخص^۱ SPI و EDI^۲ به عنوان خروجی شبکه معرفی شدند. نتایج آن نشان داد که ترکیب اطلاعات گذشته خود شاخص

^۱ Standard Precipitation Index

^۲ Effective Drought Index

^۳ Statistical Package for Social Science

فصل پاییز با شاخص SPI پاییز همان سال)، فصلی با تأخیر یک فصل (مثلاً شاخص‌های اقلیمی فصل تابستان با شاخص SPI پاییز)، فصلی با تأخیر دو فصل (شاخص‌های اقلیمی فصل پاییز با شاخص SPI بهار بعد) و سالانه (شاخص‌های اقلیمی هر سال با شاخص SPI همان سال) برای هر ایستگاه در طول دوره آماری بررسی شد.

تقسیم‌بندی دومارتن استان کرمان به ۳ منطقه آب و هوایی فراهشک، خشک و نیمه‌خشک تقسیم‌بندی شد و سپس به-کمک نرم افزار SPSS به بررسی همبستگی بین شاخص‌های SOI, NINO4, NINO3,4, NINO3, NINO1,2, NAO, MEI و شاخص SPI پرداخته شد که این همبستگی‌ها به-صورت ماهانه (شاخص‌های اقلیمی ماه مهر با شاخص SPI ماه مهر همان سال)، فصلی بدون تأخیر (شاخص‌های اقلیمی



شکل ۱- نقشه محدوده مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌های منتخب

۶۲/۵ درصد ایستگاه‌ها در سطح بیش از ۹۵ درصد با شاخص SPI ارتباط معنی‌دار دارند و ضریب همبستگی برای این شاخص در تمام ایستگاه‌ها مثبت است که نشان‌دهنده ارتباط مستقیم این شاخص با بارش در مناطق خشک استان است به عبارت دیگر با افزایش این شاخص میزان بارندگی افزایش و خشکسالی کاهش می‌یابد و برعکس. ۲۵ درصد ایستگاه‌ها در سطح ۹۹ درصد و ۱۷/۵ درصد ایستگاه‌ها در سطح ۹۵ درصد با شاخص NINO4 و ۱۵ درصد ایستگاه‌ها در سطح ۹۵ درصد و ۵ درصد ایستگاه‌ها در سطح ۹۹ درصد با شاخص NINO3,4 ارتباط معنی‌دار دارند و ضریب همبستگی برای هر دو این شاخص‌ها با شاخص SPI مثبت است که نشان‌دهنده ارتباط مستقیم این دو با بارش است

نتایج و بحث

۱- همبستگی ماهانه

۱-۱- همبستگی ماهانه در مناطق خشک

بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که شاخص SPI همزمان ماهانه با شاخص‌های اقلیمی ماهانه برای ایستگاه‌های که در ناحیه خشک قرار گرفته‌اند با شاخص‌های MEI, NINO4 و SOI ارتباط معنی‌دار بیشتری نسبت به سایرین دارند، که این ارتباط برای شاخص SOI برای ۵۷٪ ایستگاه‌ها در سطح بیش از ۹۵ درصد معنی‌دار و ضریب همبستگی با شاخص SOI برای کلیه ایستگاه‌های ناحیه خشک منفی است و این نشان‌دهنده ارتباط معکوس این شاخص و بارش در این ناحیه است. برای شاخص MEI

و SOI ارتباط معنی‌دار بیشتری نسبت به سایر شاخص‌ها دارد. با توجه به اینکه اکثر ایستگاه‌ها همبستگی معنی‌داری نشان دادند این ارتباط قابل توجه است. شاخص SPI ماهانه در این منطقه با ۹۰ درصد ایستگاه‌ها، در سطح بیش از ۹۵ درصد با شاخص SOI ارتباط معنی‌دار دارد. شاخص SOI همچنان‌که در نواحی خشک و فراخشک در مناطق نیمه-خشک هم دارای ضریب همبستگی منفی بود در این مناطق نیز ارتباط معکوس با بارش دارد. شاخص NINO4 نیز ۸۰ درصد و در سطح بیش از ۹۵ درصد با بارش ارتباط معنی‌دار دارند که ضریب همبستگی مثبت و بیان‌گر ارتباط مستقیم بارش و شاخص NINO4 در این مناطق است. شاخص MEI نیز برای ۸۰ درصد ایستگاه‌ها دارای ارتباط معنی‌دار است و برای تمام ایستگاه‌ها ضریب همبستگی مثبت دیده می‌شود که ارتباط مستقیم این شاخص و بارش را نشان می‌دهد. از آنجا که برای ما فقط معنی‌دار بودن ارتباط مهم است، با بررسی ارتباط شاخص‌های اقلیمی ماهانه و شاخص SPI ماهانه به‌طور همزمان در می‌یابیم که در سه ناحیه خشک و فراخشک و نیمه‌خشک تأثیر شاخص‌های SOI، MEI و NINO4 بر وقوع خشکسالی ماهانه قابل توجه است که در تمامی این نواحی تأثیر شاخص SOI همواره معکوس و شاخص‌های MEI و NINO4 تأثیر مستقیم بر بارش داشته‌اند.

۲- همبستگی فصلی

۲-۱- همبستگی همزمان فصلی

۲-۱-۱- همبستگی همزمان فصلی در ناحیه خشک

الف) همبستگی پاییز- پاییز

نتایج همبستگی فصلی بین بارش و شاخص‌های اقلیمی نشان می‌دهد که شاخص SPI پاییز با شاخص‌های اقلیمی پاییز همان سال به‌طور همزمان در نواحی خشک با شاخص SOI ارتباط معنی‌دار بیشتری نسبت حالت‌های قبل دارد به‌طوری که ۸۲/۵ درصد ایستگاه‌ها در سطح بیش از ۹۵ درصد با شاخص SOI ارتباط معنی‌دار دارد که این شاخص دارای ضریب همبستگی منفی و ارتباط معکوس با بارش فصل پاییز است جدول (۱).

ب) همبستگی زمستان- زمستان

که نشان می‌دهد مواقعی که مقدار شاخص‌های NINO4 و NINO3,4 افزایش می‌یابد در نواحی خشک مقدار خشکسالی کاهش و یا نزول باران بیشتر می‌شود.

۱-۲- همبستگی ماهانه در ناحیه فرا خشک

نتایج به‌دست آمده از بررسی‌های انجام شده در ناحیه فرا خشک استان نشان می‌دهد که شاخص SPI ماهانه با شاخص‌های اقلیمی در نواحی فرا خشک با شاخص‌های MEI و NINO4 و NINO3,4 و SOI ارتباط معنی‌دار بیشتری نسبت به سایر شاخص‌ها دارد. بیشترین ارتباط معنی‌دار در نواحی فراخشک با شاخص MEI است که ۵۷/۱۳ درصد ایستگاه‌ها در سطح بیش از ۹۵ درصد ارتباط معنی‌دار دارند. ضریب همبستگی با شاخص MEI برای کلیه ایستگاه‌ها ناحیه فراخشک مثبت است و این نشان‌دهنده ارتباط مستقیم این شاخص و بارش در نواحی فراخشک است. برای شاخص NINO3,4 حدود ۵۷/۱۳ درصد ایستگاه‌ها در سطح بیش از ۹۵ درصد با شاخص SPI ارتباط معنی‌دار دارند و ضریب همبستگی برای این شاخص در تمام ایستگاه‌ها مثبت است که نشان‌دهنده ارتباط مستقیم این شاخص و بارش در مناطق فراخشک استان است، به عبارت دیگر با کاهش این شاخص میزان بارش کاهش و خشکسالی افزایش می‌یابد و برعکس. حدود ۵۰ درصد ایستگاه‌ها در سطح بیش از ۹۵ درصد با شاخص NINO4 ارتباط معنی‌دار دارند و از آنجا که ضریب همبستگی این ارتباط مثبت است نشان‌دهنده ارتباط معنی‌دار مستقیم این شاخص و بارش در نواحی فراخشک و به‌عنوان دیگر با افزایش شاخص NINO4 بارش در این نواحی افزایش و خشکسالی کاهش می‌یابد. ارتباط شاخص SOI و بارش در نواحی فراخشک در سطح ۹۹ درصد دارای ارتباط معنی‌دار قوی‌تری است (۴۲/۸۵ درصد ایستگاه‌ها دارای ارتباط معنی‌دار هستند) و با توجه به ضریب همبستگی منفی موجود بین این شاخص و بارش در تمام ایستگاه‌ها، ارتباط معکوس بین شاخص SOI و بارش در تمام نواحی فراخشک استان مشهود است.

۱-۳- همبستگی ماهانه در ناحیه نیمه‌خشک

نتایج نشان می‌دهد که شاخص SPI ماهانه با شاخص‌های اقلیمی در نواحی نیمه‌خشک با شاخص‌های MEI و NINO4

که ضریب همبستگی مثبت موجود نشان‌دهنده ارتباط مستقیم شاخص NAO زمستان و بارش زمستان همان سال است، یعنی با افزایش مقدار این شاخص بارش در نواحی خشک افزایش و خشکسالی کاهش می‌یابد جدول (۲). برای شاخص SPI سایر فصول با بارش همزمان همان فصول در ناحیه خشک ارتباط معنی‌دار قابل توجهی دیده نشده است.

نتایج بررسی فصلی شاخص‌های اقلیمی با بارش نشان می‌دهد که شاخص SPI زمستان با شاخص‌های اقلیمی زمستان همان سال به‌طور همزمان در نواحی خشک با شاخص NAO ارتباط معنی‌دار و با ضریب همبستگی بیشتری نسبت به سایر شاخص‌ها دارد، به‌طوری که ۲۵ درصد ایستگاه‌ها در سطح ۹۵ درصد ارتباط معنی‌دار دارند

جدول ۱- همبستگی شاخص SPI فصل پاییز با شاخص‌های اقلیمی فصل پاییز در ایستگاه‌های ناحیه خشک

شاخص ایستگاه	MEI	NAO	NINO12	NINO3	NINO3/04	NINO4	SOI
کرمان	۰/۲۷۲	۰/۰۷۵	۰/۲۴۵	۰/۲۴۳	۰/۲۳۶	۰/۲۴۷	*-۰/۴۱۱
سعدی	۰/۲۳۰	۰/۱۰۷	۰/۲۰۳	۰/۱۹۴	۰/۲۱۲	۰/۲۰۲	*-۰/۴۰۷
کبوترخان	۰/۲۵۷	۰/۱۳۳	۰/۱۹۸/	۰/۱۹۸	۰/۲۱۲	۰/۲۴۸	*-۰/۴۱۳
استخرئیه	۰/۳۰۴	۰/۱۱۴	۰/۲۷۶	۰/۲۶۵	۰/۲۷۰	۰/۲۵۸	**۰/۴۶۴
علی آباد	۰/۲۲۶	۰/۰۲۳	۰/۱۹۸	۰/۱۹۷	۰/۲۰۲	۰/۲۸۸	*-۰/۳۸۷
رفسنجان	۰/۲۵۱	۰/۰۷۰	۰/۱۹۱	۰/۲۲۱	۰/۲۲۵	۰/۲۵۳	*-۰/۳۸۷
راور	۰/۱۲۸	-۰/۰۱۱	۰/۱۴۷	۰/۰۷۴	۰/۰۵۵	۰/۰۹۱	-۰/۲۳۳
خانوک	۰/۲۷۲	-۰/۰۵۷	۰/۲۳۶	۰/۲۵۵	۰/۲۵۲	۰/۲۵۵	**۰/۴۲۸
چترود	۰/۲۸۸	۰/۰۳۳	۰/۲۲۶	۰/۲۴۲	۰/۲۵۳	۰/۲۹۲	**۰/۴۶۶
پشت شیران	۰/۱۸۰	۰/۰۰۷	۰/۱۴۸	۰/۱۱۸	۰/۱۲۵	۰/۱۰۳	*-۰/۳۳۲
بندر ولی آباد	*۰/۳۳۴	۰/۰۳۶	۰/۲۹۷	۰/۳۰۴	۰/۳۱۲	۰/۳۲۳	**۰/۴۹۱
سیرچ	۰/۲۲۵	۰/۰۳۱	۰/۱۹۰	۰/۱۶۱	۰/۱۶۸	۰/۱۵۸	*-۰/۳۹۹
سه کنج	۰/۲۹۶	۰/۰۰۰	۰/۲۵۷	۰/۲۷۸	۰/۲۹۱	*-۰/۳۲۶	**۰/۴۶۷
عرب آباد	۰/۲۳۵	۰/۰۲۱	۰/۲۰۴	۰/۱۷۷	۰/۱۷۸	۰/۱۷۰	*-۰/۳۸۲
باب زیتون	*۰/۳۳۱	۰/۱۶۰	۰/۳۱۰	۰/۲۷۳	۰/۲۷۶	۰/۲۹۴	**۰/۴۹۷
نگار	۰/۲۲۹	۰/۰۴۶	۰/۲۰۲	۰/۱۹۶	۰/۲۰۷	۰/۲۲۵	*-۰/۳۸۸
دولت آباد	۰/۳۲۴	-۰/۱۳۸	۰/۳۰۹	۰/۲۹۰	۰/۲۹۲	۰/۲۷۹	**۰/۵۱۰
ابراهیم آباد	۰/۱۹۲	۰/۱۵۶	۰/۲۵۱	۰/۱۸۷	۰/۱۵۷	۰/۱۲۸	-۰/۲۷۸
ارزوئیه	۰/۲۴۳	۰/۰۳۹	۰/۲۹۰	۰/۲۴۵	۰/۲۱۶	۰/۱۸۸	*-۰/۳۶۳
دهسرد	۰/۲۵۶	-۰/۰۳۹	۰/۲۳۶	۰/۱۸۵	۰/۱۷۹	۰/۱۸۳	**۰/۴۵۷
کوشک اولیا	۰/۲۸۰	-۰/۰۴۴	۰/۲۳۸	۰/۲۰۹	۰/۲۰۶	۰/۲۲۱	**۰/۴۷۲
بید کاردوئیه	۰/۰۳۳	-۰/۱۳۰	-۰/۰۳۰	۰/۰۱۱	۰/۰۵۷	۰/۰۷۶	-۰/۲۱۰
هیشون	۰/۲۹۱	-۰/۱۲۰	۰/۲۳۶	۰/۲۹۳	۰/۳۰۵	۰/۲۶۴	*-۰/۳۷۷
نوکان	۰/۲۸۳	-۰/۰۵۴	۰/۱۹۴	۰/۲۶۸	۰/۲۹۴	۰/۳۰۶	**۰/۴۴۱
جنگل بویه	۰/۳۰۵	-۰/۰۷۲	۰/۲۵۴	۰/۲۹۲	۰/۳۱۶	۰/۲۷۳	*-۰/۴۰۷
قطربونه	۰/۱۸۴	-۰/۰۶۲	۰/۱۶۷	۰/۱۵۵	۰/۱۵۵	۰/۲۱۶	*-۰/۳۲۸
خیرآباد	۰/۲۵۳	-۰/۰۸۶	۰/۲۲۸	۰/۲۲۲	۰/۲۲۷	۰/۲۸۷	*-۰/۴۰۲
سیرجان	۰/۲۸۳	-۰/۱۰۵	۰/۲۳۲	۰/۲۳۵	۰/۲۵۳	۰/۳۰۲	**۰/۴۳۴
استور	۰/۲۸۷	-۰/۱۴۰	۰/۲۸۵	۰/۲۷۵	۰/۲۷۷	۰/۲۹۵	*-۰/۴۱۳
بلورد	۰/۲۶۵	-۰/۰۷۶	۰/۲۲۰	۰/۲۲۶	۰/۲۵۳	۰/۲۷۱	**۰/۴۲۱
سعادت آباد	۰/۱۸۱	-۰/۱۲۵	۰/۱۰۴	۰/۱۴۳	۰/۱۶۶	۰/۲۰۷	*-۰/۳۶۴

ادامه جدول ۱- همبستگی شاخص SPI فصل پاییز با شاخص‌های اقلیمی فصل پاییز در ایستگاه‌های ناحیه خشک

شاخص ایستگاه	SOI	NINO4	NINO3/04	NINO3	NINO12	NAO	MEI
اکبر آباد	*-/۳۷۸	/۲۳۹	/۱۷۳	/۱۵۹	/۱۳۳	-/۰۸۶	/۱۹۶
پاریز	-/۳۰۰	/۲۰۹	/۱۷۳	/۱۶۱	/۱۳۷	-/۰۷۶	/۱۷۰
شهریابک	*-/۳۶۹	/۲۶۸	/۲۰۵	/۱۷۰	/۱۱۶	-/۱۱۵	/۲۱۷
خاتون آباد	*-/۳۵۴	/۲۸۳	/۲۲۵	/۲۱۱	/۱۶۹	-/۱۱۷	/۲۱۵
احمد آباد	-/۲۲۵	/۱۱۷	/۰۳۶	/۰۰۲	-/۰۳۲	-/۰۷۵	/۰۳۹
جوزم	-/۳۰۲	/۱۸۷	/۱۲۶	/۱۲۴	/۱۱۹	-/۰۹۵	/۱۶۱
راویز	*-/۳۳۶	/۲۴۹	/۱۹۱	/۱۷۷	/۱۵۴	-/۰۸۱	/۱۸۹
پاقلعه	*-/۳۶۹	/۲۴۵	/۱۸۹	/۱۸۳	/۲۰۲	-/۰۷۳	/۲۱۶
انار	-/۲۸۷	/۱۲۷	/۱۲۱	/۱۳۱	/۰۹۱	-/۲۰۰	/۱۱۸

جدول ۲- همبستگی شاخص SPI فصل زمستان با شاخص‌های اقلیمی فصل زمستان در ایستگاه‌های ناحیه خشک

شاخص ایستگاه	SOI	NINO4	NINO3/04	NINO3	NINO1/02	NAO	MEI
کرمان	/۰۰۰	-/۰۰۲	/۰۱۴	-/۰۵۲	-/۲۳۷	-/۱۵۲	/۰۲۹
سعدی	/۰۷۰	-/۰۳۲	-/۰۶۶	-/۱۱۳	*-/۳۳۵	*-/۳۳۰	-/۰۴۱
کیوترخان	/۱۰۶	-/۱۳۶	-/۰۹۹	-/۱۶۸	-/۲۷۷	-/۱۹۳	-/۰۷۹
استخر وئیه	/۰۰۲	/۰۶۹	/۰۱۶	-/۰۵۳	-/۲۱۶	-/۲۲۴	/۰۳۳
علی آباد	/۰۱۱	/۰۵۵	/۰۳۳	-/۰۲۳	-/۲۰۱	-/۰۹۷	/۰۴۳
رفسنجان	/۰۳۵	/۰۰۶	/۰۰۸	-/۰۴۳	-/۳۱۸	-/۲۴۴	/۰۱۷
راور	-/۱۳۱	/۱۹۷	/۱۳۱	/۰۶۱	/۰۲۳	*-/۳۶۳	/۱۹۰
خانوک	/۰۵۴	-/۰۹۸	-/۰۵۸	-/۱۳۲	-/۲۴۷	-/۱۸۷	-/۰۴۱
چترود	-/۰۳۳	/۰۴۹	-/۰۲۴	/-۰۹۶	-/۲۹۹	-/۱۲۲	/۰۲۲
پشت شیران	/۰۳۳	-/۰۱۴	-/۰۳۲	-/۱۳۲	-/۲۳۵	-/۰۹۲	-/۰۱۳
بندر ولی آباد	/۰۲۰	/۰۲۵	/۰۰۹	-/۱۲۴	-/۲۵۷	-/۱۹۴	-/۰۰۱
سیرج	-/۱۱۰	/۱۴۵	/۰۳۷	-/۰۷۹	-/۲۷۱	/۰۴۶	/۰۷۸
سه کنج	/۰۴۰	-/۰۳۳	-/۰۹۳	-/۱۹۴	-/۲۹۹	-/۰۷۶	-/۰۷۴
عرب آباد	/۰۲۳	/۰۱۶	-/۱۰۳	-/۱۹۸	-/۲۴۸	/۰۷۳	-/۰۴۵
باب زیتون	/۱۷۱	-/۰۸۷	-/۱۴۴	-/۲۰۷	/۱۶۴	/۱۸۳	-/۱۰۹
نگار	/۰۸۲	/۰۰۳	/۰۳۰	/۱۲۵	/۱۶۴	/۱۷۹	/۰۲۴
دولت آباد	/۲۳۷	/۳۰۲	/۱۷۲	/۱۲۸	/۱۱۴	*-/۳۵۷	/۲۴۵
ابراهیم آباد	/۰۴۹	/۰۵۴	-/۰۱۴	-/۰۴۵	-/۱۲۴	/۰۲۰	-/۰۱۰
ارزوئیه	/۱۳۲	-/۰۱۴	-/۱۰۰	-/۰۹۴	-/۰۶۹	/۰۷۱	-/۰۸۳
دهسر	/۱۹۴	/۱۹۹	/۰۷۴	/۰۰۸	/۰۱۲	*-/۴۱۰	/۱۶۴
کوشک اولیا	-/۱۲۸	/۱۶۳	/۰۱۲	/۰۱۶	-/۰۱۱	**-/۴۲۰	/۱۱۱
بید کار دوئیه	-/۱۰۱	/۱۰۹	-/۰۲۰	-/۰۳۴	/۱۰۸/	*-/۳۶۷	/۰۹۵
هیشون	-/۲۳۲	/۲۶۳	/۱۰۵	/۰۸۷	/۰۹۹	**-/۴۷۸	/۲۰۹
نوکان	/۰۲۳	/۰۸۳	-/۰۱۸	-/۰۱۳	/۰۳۱	/۲۵۵	/۰۱۶
جنگل بویه	-/۱۰۵	/۱۶۵/	/۰۴۵	/۰۴۲	-/۰۸۱	/۱۶۹	/۱۱۱
قطربونه	-/۲۴۱	/۳۶۶	/۱۱۳/	/۱۰۹	-/۰۵۷	/۲۲۱	/۲۰۶
خیر آباد	-/۱۹۱	/۲۴۵	/۰۹۱	/۰۸۹	-/۰۷۹	/۲۷۵	/۱۸۱
سیرجان	-/۰۴۶	/۰۸۲	-/۰۵۴	-/۰۴۰	-/۱۲۹	/۱۴۰	/۰۳۳
استور	-/۰۰۸	/۰۸۳	-/۰۳۴	-/۰۴۰	-/۰۵۷	/۲۲۴	/۰۳۵

ادامه جدول ۲- همبستگی شاخص SPI فصل زمستان با شاخص‌های اقلیمی فصل زمستان در ایستگاه‌های ناحیه خشک

شاخص ایستگاه	MEI	NAO	NINO1/02	NINO3	NINO3/04	NINO4	SOI
بلورد	۰/۱۳۸	*۰/۳۶۶	-۰/۰۲۶	-۰/۰۰۲	۰/۰۴۲	۰/۱۸۵	-۰/۱۷۱
سعادت آباد	۰/۱۷۵	*۰/۳۴۹	-۰/۰۳۳	۰/۰۶۶	-۰/۰۹۵	۰/۲۷۴	-۰/۱۷۶
اکبر آباد	۰/۰۴۴	۰/۳۲۳	-۰/۰۹۴	-۰/۰۵۱	-۰/۰۵۶	۰/۰۹۱	-۰/۰۶۶
پاریز	۰/۱۴۶	*۰/۳۳۵	-۰/۰۷۲	۰/۰۶۲	۰/۰۶۹	۰/۲۱۸	-۰/۱۴۴
شهریابک	۰/۱۶۲	*۰/۳۸۱	-۰/۱۲۲	۰/۰۷۸	۰/۰۵۸	۰/۱۹۸	-۰/۱۵۵
خاتون آباد	۰/۱۵۵	۰/۲۷۳	-۰/۱۳۸	۰/۰۹۱	۰/۰۸۲	۰/۱۹۷	-۰/۱۴۶
احمد آباد	۰/۰۷۶	**۰/۴۲۹	-۰/۱۳۶	-۰/۰۴۳	-۰/۰۱۷	۰/۰۹۸	-۰/۰۷۳
جوزم	۰/۰۷۹	*۰/۳۸۵	-۰/۰۷۳	-۰/۰۲۴	-۰/۰۲۴	۰/۰۹۸	-۰/۰۹۶
راویز	۰/۱۶۶	۰/۳۰۷	-۰/۱۲۲	۰/۰۹۹	۰/۱۰۰	۰/۲۴۷	-۰/۱۶۵
یاقلعه	۰/۱۵۴	۰/۲۸۰	-۰/۱۳۰	۰/۰۵۷	۰/۰۶۰	۰/۲۱۱	-۰/۱۷۰
انار	۰/۱۱۲	۰/۲۱۳	۰/۰۴۱	۰/۰۴۰	۰/۰۱۳	۰/۱۴۶	-۰/۰۷۲

۲-۱-۲- همبستگی همزمان فصلی در ناحیه فراه خشک

الف) پاییز- پاییز

بررسی‌ها نشان می‌دهد که شاخص SPI فصل پاییز با شاخص‌های اقلیمی پاییز همان سال به‌طور همزمان در نواحی فراه خشک با شاخص SOI ارتباط معنی‌دار بیشتری نسبت به سایر شاخص‌ها دارد، به‌طوری که در جدول مشخص است از مجموع ۱۴ ایستگاه ناحیه فراه خشک تمام ایستگاه‌ها (۵ ایستگاه در سطح ۹۵ درصد و ۹ ایستگاه در

سطح ۹۹ درصد) با این شاخص ارتباط معنی‌دار دارند و ضریب همبستگی برای همه ایستگاه‌ها این ناحیه منفی است که نشان‌دهنده ارتباط معکوس موجود بین این شاخص و بارش ناحیه فراه خشک است (جدول ۳). این نتایج با نتایج به‌دست آمده از بررسی‌های انجام شده در حوضه دریاچه ارومیه (فاتحی مرج و همکاران، ۱۳۸۶) و ناظم السادات و شیروانی (۱۳۸۵) مطابقت دارد.

جدول ۳- همبستگی شاخص SPI فصل پاییز با شاخص‌های اقلیمی فصل پاییز در ایستگاه‌های ناحیه فراه خشک

شاخص ایستگاه	MEI	NAO	NINO1/02	NINO3	NINO3/04	NINO4	SOI
جیرفت	۰/۲۷۸	-۰/۱۵۸	۰/۲۲۰	۰/۲۷۴	۰/۲۷۳	۰/۱۸۲	**۰/۴۶۱
دوساری	۰/۲۷۵	-۰/۱۵۷	۰/۲۷۷	۰/۲۹۹	۰/۲۸۹	۰/۱۷۱	**۰/۴۲۰
کهنوج	۰/۲۶۳	-۰/۰۸۷	۰/۲۳۶	۰/۲۵۲	۰/۲۵۶	۰/۱۶۶	**۰/۴۲۵
اسلام آباد	۰/۱۹۵	-۰/۱۸۱	۰/۲۱۲	۰/۲۲۲	۰/۲۰۶	۰/۰۷۸	*۰/۳۴۳
بم	*۰/۲۶۸	۰/۰۴۴	*۰/۳۷۷	*۰/۳۷۰	*۰/۳۶۷	۰/۲۸۹	**۰/۴۹۰
میچه بم	*۰/۳۴۲	۰/۱۲۴	۰/۳۱۱	*۰/۳۵۱	*۰/۳۷۸	۰/۳۰۹	**۰/۵۱۵
گلبافت	۰/۲۰۴	۰/۱۵۲	۰/۲۱۷	۰/۲۰۸	۰/۲۴۱	۰/۱۳۳	*۰/۳۳۶
دریجان	۰/۲۹۱	۰/۰۱۶	۰/۱۸۹	۰/۲۹۶	*۰/۳۲۶	۰/۳۱۰	**۰/۴۷۲
دهبکری	۰/۳۲۰	۰/۰۳۳	۰/۲۲۴	*۰/۳۴۲	*۰/۳۷۴	*۰/۳۴۴	**۰/۴۷۱
انجیرک	**۰/۴۵۵	۰/۰۳۶	**۰/۴۳۷	**۰/۴۶۲	**۰/۴۹۰	**۰/۴۱۸	**۰/۶۳۲
برج اکرم	*۰/۳۴۰	۰/۰۹۷	۰/۳۱۲	۰/۳۱۴	۰/۲۲۲	۰/۱۸۹	**۰/۵۱۳
هیشین	۰/۲۳۱	-۰/۱۸۸	۰/۱۵۴	۰/۲۲۲	۰/۲۲۹	۰/۱۰۸	*۰/۳۸۰
دستجرد	۰/۲۹۹	۰/۱۴۰	۰/۳۰۷	۰/۲۶۷	۰/۲۶۴	۰/۲۸۰	*۰/۴۰۸
صادق آباد	۰/۲۱۶	-۰/۰۱۳	۰/۱۱۰	۰/۱۶۱	۰/۱۷۰	۰/۱۹۴	*۰/۴۱۱

ب) زمستان- زمستان

بر اساس جدول (۴) شاخص SPI زمستان با شاخص‌های اقلیمی زمستان همان سال به‌طور همزمان در نواحی فراه خشک فقط با شاخص NAO ارتباط معنی‌دار دارد و برای

سایر شاخص‌ها ارتباط معنی‌دار مشاهده نمی‌شود، شاخص NAO فصل زمستان ۳۵/۷ درصد ایستگاه‌ها در سطح بیش از ۹۵ درصد با بارش زمستانه ارتباط معنی‌دار دارد که ضریب همبستگی مثبت این ارتباط نشان‌دهنده رابطه

NAO بر خشکسالی ناحیه فراخشک است. نسبت به سایر شاخص‌ها دارد، به طوری که ۹۰ درصد ایستگاه‌ها با شاخص SPI در سطح بیش از ۹۵ درصد ارتباط معنی‌دار دارند و این ارتباط برای تمام ایستگاه‌ها دارای ضریب همبستگی منفی است که نشان‌دهنده ارتباط معکوس بارش پاییزه با شاخص SOI پاییز همان سال و در نتیجه تأثیر مستقیمی است که این شاخص بر خشکسالی نواحی نیمه‌خشک می‌گذارد. برای شاخص‌های NINO3، MEI، NINO3,4 و NINO4 در سطح ۹۵ درصد ارتباط معنی‌دار با شاخص SPI در تعداد کمی از ایستگاه‌ها دیده می‌شود که همه ضریب همبستگی مثبت دارند و این نشان‌دهنده تأثیر مستقیم این شاخص‌ها بر وقوع خشکسالی این ناحیه است.

مستقیم بین آن دو می‌باشد و مهم تأثیرگذار بودن شاخص (ج) بهار-بهار همبستگی بارش بهار با شاخص‌های اقلیمی بهار همان سال به طور همزمان در نواحی فراخشک ارتباط معنی‌دار قابل توجهی ندارد و در تعداد خیلی کمی از ایستگاه‌ها ارتباط معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد دیده می‌شود که قابل توجه نیست.

۲-۱-۳- همبستگی همزمان فصلی در ناحیه نیمه‌خشک

(الف) پاییز- پاییز

نتایج جدول (۵) نشان می‌دهد که شاخص SPI پاییز با شاخص‌های اقلیمی پاییز همان سال به طور همزمان در نواحی نیمه‌خشک با شاخص SOI ارتباط معنی‌دار بیشتری

جدول ۴- همبستگی شاخص SPI فصل زمستان با شاخص‌های اقلیمی فصل زمستان در ایستگاه‌های ناحیه فراخشک

شاخص ایستگاه	MEI	NAO	NINO1/02	NINO3	NINO3/04	NINO4	SOI
جیرفت	۰/۰۵۰	**۰/۴۱۹	-۰/۰۴۱	-۰/۰۵۶	۰/۰۰۷	۰/۱۱۲	-۰/۰۳۳
دوساری	-۰/۰۴۶	۰/۳۲۰	-۰/۰۰۵	-۰/۱۵۶	-۰/۰۸۲	۰/۰۰۳	۰/۰۸۵
کهنوج	۰/۰۲۸	*۰/۳۳۵	۰/۰۱۴	-۰/۰۷۸	-۰/۰۱۵	۰/۰۸۰	-۰/۰۷۰
اسلام آباد	۰/۰۰۱	*۰/۳۳۹	-۰/۰۵۶	-۰/۰۸۶	-۰/۰۳۲	۰/۰۲۶	-۰/۰۳۳
بم	-۰/۰۵۴	-۰/۲۴۸	-۰/۲۴۷	-۰/۰۷۵	-۰/۰۳۵	-۰/۱۳۸	۰/۰۳۲
میجه بم	-۰/۰۰۶	۰/۱۵۸	۰/۰۰۹	-۰/۰۷۴	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰	۰/۰۳۳
گلبافت	-۰/۰۲۱	۰/۲۲۰	-۰/۱۲۷	-۰/۱۱۷	-۰/۰۴۶	-۰/۰۳۷	۰/۰۲۰
دریجان	-۰/۰۶۳	**۰/۴۳۲	۰/۰۰۵	-۰/۰۲۶	۰/۰۲۹	۰/۱۰۰	-۰/۰۱۸
دهبکری	-۰/۰۰۸	۰/۱۶۵	-۰/۰۰۳۱	-۰/۰۵۵	-۰/۰۰۴	۰/۰۵۳	۰/۰۱۴
انجیرک	۰/۱۳۴	۰/۲۶۵	-۰/۰۹۴	-۰/۰۸۱	۰/۰۹۵	۰/۱۹۴	-۰/۱۱۲
برج اکرم	-۰/۰۶۲	*-۰/۳۳۱	-۰/۱۸۳	-۰/۰۹۹	-۰/۰۳۶	-۰/۱۰۲	۰/۰۶۷
هیشین	۰/۱۳۱	۰/۱۹۴	۰/۱۱۴	۰/۰۸۳	۰/۰۹۴	۰/۱۰۶	-۰/۰۷۳
دستجرد	۰/۰۷۰	-۰/۰۹۳	-۰/۱۷۲	-۰/۰۳۶	۰/۰۵۲	۰/۱۱۰	-۰/۰۱۹
صادق آباد	۰/۰۵۶	-۰/۰۱۱	-۰/۲۰۱	-۰/۰۵۲	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰	-۰/۰۵۲

جدول ۵- همبستگی شاخص SPI فصل پاییز با شاخص‌های اقلیمی فصل پاییز در ایستگاه‌های ناحیه نیمه‌خشک

شاخص ایستگاه	MEI	NAO	NINO1/02	NINO3	NINO3/04	NINO4	SOI
بافت	۰/۲۴۶	-۰/۱۲۵	-۰/۲۲۸	۰/۱۸۸	۰/۲۰۱	۰/۲۲۳	*-۰/۴۰۶
جمیل آباد	۰/۲۰۳	-۰/۰۹۰	-۰/۱۴۹	۰/۱۵۶	۰/۱۷۲	۰/۲۴۴	*-۰/۴۱۲
رابر	*۰/۳۳۹	-۰/۰۹۲	۰/۳۲۲	۰/۳۱۵	*۰/۳۳۰	۰/۳۱۳	**۰/۵۰۹
سعید	*۰/۳۵۳	-۰/۰۳۶	۰/۲۸۸	*۰/۳۲۹	*۰/۳۶۰	*۰/۳۳۳	**۰/۵۲۸
قنات مروان	۰/۲۶۸	-۰/۱۱۲	۰/۲۴۹	۰/۲۵۰	۰/۲۶۳	۰/۲۷۲	**۰/۴۲۷
لاله زار	۰/۲۹۱	-۰/۰۷۳	۰/۲۴۴	۰/۲۵۸	۰/۲۸۶	۰/۲۷۴	**۰/۴۶۴
قلعه اسکر	۰/۱۷۲	-۰/۰۹۲	۰/۱۴۸	۰/۱۳۰	۰/۱۵۲	۰/۱۴۶	*-۰/۳۷۵
کیشکان	۰/۱۹۷	-۰/۱۹۴	۰/۱۳۱	۰/۲۳۲	۰/۲۵۴	۰/۲۹۸	-۰/۳۱۹
امیر آباد	۰/۲۳۸	-۰/۱۵۹	۰/۲۳۳	۰/۲۲۶	۰/۲۳۴	۰/۲۵۹	*-۰/۳۸۴
قریه‌العرب	۰/۲۹۲	-۰/۰۴۳	۰/۲۶۰	۰/۲۷۶	۰/۲۸۱	۰/۲۸۵	**۰/۴۲۶

ب) زمستان- زمستان

نتایج جدول (۶) نشان می‌دهد که شاخص SPI زمستان با شاخص‌های اقلیمی زمستان همان سال به‌طور همزمان در نواحی نیمه‌خشک فقط با شاخص NAO ارتباط معنی‌دار دارد و برای سایر شاخص‌ها ارتباط معنی‌دار دیده نمی‌شود. این شاخص برای ۶۰ درصد ایستگاه‌ها در سطح ۹۵ درصد و برای ۲۰ درصد ایستگاه‌ها در سطح ۹۹ درصد ارتباط معنی‌دار دارد که ضریب همبستگی مثبت این ارتباط بیان‌گر تأثیر مستقیمی است که این شاخص بر بارش نواحی نیمه‌خشک می‌گذارد.

ج) بهار- بهار

نتایج ارائه شده در جدول (۷) نشان می‌دهد که شاخص SPI بهار با شاخص‌های اقلیمی بهار همان سال به‌طور همزمان در نواحی نیمه‌خشک فقط با شاخص SOI ارتباط معنی‌دار دارد و برای سایر شاخص‌ها ارتباط معنی‌داری دیده نمی‌شود. شاخص SOI بهار برای ۵۰ درصد ایستگاه‌ها در سطح ۹۵ درصد با شاخص SPI فصل بهار همان سال معنی‌دار است و ضریب همبستگی منفی این ارتباط نشان‌دهنده ارتباط معکوس این دو است.

جدول ۶- همبستگی شاخص SPI فصل زمستان با شاخص‌های اقلیمی فصل زمستان در ایستگاه‌های ناحیه نیمه خشک

شاخص ایستگاه	MEI	NAO	NINO1/02	NINO3	NINO3/04	NINO4	SOI
بافت	۰/۱۶۳	* /۳۶۹	-۰/۰۴۵	۰/۰۴۱	۰/۰۶۰	۰/۲۲۶	-۰/۱۷۷
جمیل آباد	۰/۱۰۷	۰/۳۱۶	-۰/۰۳۲	-۰/۰۲۰	۰/۰۳۰	۰/۱۷۲	-۰/۱۲۵
رابر	۰/۲۲۷	* /۴۰۶	۰/۰۷۱	۰/۰۹۶	۰/۱۳۸	۰/۲۹۹	-۰/۲۳۰
سعید	۰/۲۱۶	* /۳۶۳	۰/۰۶۱	۰/۰۸۵	۰/۱۱۸	۰/۲۵۷	-۰/۲۳۱
قنات مروون	۰/۱۳۹	* /۴۱۷	۰/۰۵۷	-۰/۰۰۸	۰/۰۲۷	۰/۱۵۲	-۰/۱۷۴
لاله زار	۰/۱۱۰	** /۴۷۵	۰/۰۶۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۷	۰/۱۲۴	-۰/۱۳۷
قلعه اسکر	۰/۲۱۵	* /۳۷۷	-۰/۰۰۵	۰/۱۱۱	۰/۱۲۶	۰/۲۵۴	-۰/۲۱۹
کیشکان	۰/۲۱۳	* /۳۷۲	۰/۰۷۴	۰/۱۰۶	۰/۱۵۱	* /۳۳۰	-۰/۱۷۸
امیر آباد	۰/۱۸۵	** /۴۳۷	۰/۳۹۰	۰/۰۴۴	۰/۰۸۰	۰/۲۲۰	-۰/۲۰۲
قریه‌العرب	-۰/۰۹۸	۰/۱۰۷	-۰/۲۴۹	-۰/۲۵۳	-۰/۱۵۳	-۰/۰۹۴	۰/۰۷۳

جدول ۷- همبستگی شاخص SPI فصل بهار با شاخص‌های اقلیمی فصل بهار در ایستگاه‌های ناحیه نیمه‌خشک

شاخص ایستگاه	MEI	NAO	NINO1/02	NINO3	NINO3/04	NINO4	SOI
بافت	۰/۱۰۴	۰/۰۰۷	-۰/۰۵۵	-۰/۰۰۱	۰/۱۴۱	۰/۲۰۸	-۰/۲۰۴
جمیل آباد	۰/۰۶۱	-۰/۰۲۱	-۰/۰۸۶	-۰/۰۲۵	۰/۱۰۴	۰/۱۸۲	-۰/۱۹۹
رابر	۰/۱۸۲	-۰/۰۰۸	-۰/۰۲۰	۰/۰۹۶	۰/۲۲۲	۰/۲۶۷	* -۰/۳۴۴
سعید	۰/۱۹۸	-۰/۰۹۸	-۰/۰۴۳	۰/۱۲۴	۰/۲۳۴	۰/۲۶۵	* -۰/۳۴۳
قنات مروون	۰/۱۸۵	-۰/۰۷۰	-۰/۰۴۲	۰/۸۴	۰/۲۱۱	۰/۲۵۳	-۰/۲۷۷
لاله زار	۰/۱۴۶	-۰/۰۸۷	۰/۰۵۵	۰/۸۱	۰/۰۹۶	۰/۰۷۵	-۰/۱۸۰
قلعه اسکر	۰/۲۸۲	-۰/۱۳۶	۰/۰۹۹	۰/۲۲۱	۰/۲۹۹	۰/۲۰۹	* -۰/۳۵۴
کیشکان	۰/۱۶۷	-۰/۱۱۲	۰/۱۰۸	۰/۰۹۱	۰/۱۱۶	۰/۱۹۸	* -۰/۳۳۳
امیر آباد	۰/۲۴۳	-۰/۱۳۱	-۰/۰۴۵	۰/۱۰۰	۰/۲۴۰	۰/۲۴۳	* -۰/۳۵۹
قریه‌العرب	۰/۱۶۷	-۰/۰۴۷	۰/۱۶۴	۰/۱۲۴	۰/۱۰۵	۰/۱۲۲	-۰/۱۶۴

د) تابستان- تابستان

شاخص SPI تابستان با شاخص‌های اقلیمی تابستان همان سال به‌طور همزمان در نواحی نیمه‌خشک ارتباط معنی‌دار خوبی ندارند و همبستگی معنی‌داری مشاهده نمی‌شود، پس شاخص‌های اقلیمی تابستان بر خشکسالی

تابستان همان سال تأثیرگذار نیستند. با مقایسه نتایج فصلی می‌توان به این نتیجه رسید که ارتباط معنی‌دار شاخص SOI فصل پاییز با شاخص SPI پاییز همان سال نشان‌دهنده تأثیری است که این شاخص بر وقوع خشکسالی پاییز همان سال می‌گذارد که در تمام مناطق خشک، نیمه‌خشک و فرا-

به سایر شاخص‌ها دارند به‌طوری‌که از ۴۰ ایستگاه موجود در این ناحیه ۱۵ ایستگاه (۳۷/۵ درصد ایستگاه‌ها) در سطح ۹۵ درصد با این شاخص ارتباط معنی‌دار دارند و ضریب همبستگی مثبت این ارتباط نشان می‌دهد که شاخص تابستان بر بارش زمستان بعد تأثیر مستقیم دارند.

۲-۳-۲- همبستگی با تأخیر دو فصل در ناحیه فراخشک

شاخص SPI بهار با شاخص‌های اقلیمی پاییز قبل، شاخص SPI تابستان با شاخص‌های اقلیمی زمستان قبل، شاخص SPI پاییز با شاخص‌های اقلیمی بهار قبل و شاخص SPI زمستان با شاخص‌های اقلیمی تابستان قبل در نواحی فراخشک برای هیچ یک از ایستگاه‌ها ارتباط معنی‌دار وجود ندارد.

۲-۳-۳- همبستگی فصلی با تأخیر دو فصل در ناحیه نیمه‌خشک

در نواحی نیمه‌خشک فقط شاخص SPI زمستان با شاخص‌های اقلیمی تابستان قبل ارتباط معنی‌دار دارند که بر اساس نتایج جدول (۹) شاخص SPI زمستان با شاخص‌های اقلیمی تابستان قبل در نواحی نیمه‌خشک برای شاخص NINO4 ارتباط معنی‌دار قوی‌تری نسبت به سایر شاخص‌ها دارد، به‌طوری‌که از ۱۰ ایستگاه موجود در این ناحیه برای ۷ ایستگاه معنی‌دار شده است (برای ۴ ایستگاه در سطح ۹۵ درصد و برای ۳ ایستگاه در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است) و از آنجا که علامت ضریب همبستگی این ارتباط مثبت است نشان می‌دهد که شاخص NINO4 تابستان بر بارش زمستان بعد تأثیر مستقیم دارد. با بررسی ارتباط شاخص‌های اقلیمی و شاخص SPI با دو فصل تأخیر به این نتیجه می‌رسیم که هیچ یک از شاخص‌های اقلیمی بر بارش دو فصل بعد در مناطق خشک، نیمه‌خشک و فراخشک تأثیرگذار نبوده‌اند و تنها شاخصی که ارتباط معنی‌دار داشته است شاخص NINO4 بوده است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک مقدار تابستانه این شاخص بر بارش زمستان بعد تأثیر مستقیم داشته است.

خشک این ارتباط حفظ شده و شاخص SOI ارتباط معنی‌دار قوی‌تری نسبت به سایر شاخص‌ها داشته است که ضریب همبستگی منفی آن در تمام مناطق نشان از ارتباط معکوسی است که با بارش دارد. همچنین می‌توان به این نتیجه اشاره نمود که با مقایسه شاخص‌های اقلیمی فصل زمستان با شاخص SPI زمستان همان سال به این نتیجه می‌رسیم که شاخص NAO زمستان هر سال با شاخص SPI زمستان همان سال ارتباط معنی‌دار قوی‌تری نسبت به سایر شاخص‌ها دارد و در همه نواحی خشک و نیمه‌خشک و فراخشک تأثیر این شاخص بر وقوع خشکسالی زمستانه بیشتر بوده است و ضریب همبستگی مثبت آن ارتباط تأثیر مستقیم آن را بر خشکسالی زمستانه نشان می‌دهد.

۲-۲- همبستگی فصلی با تأخیر یک فصل

برای شاخص SPI زمستان با شاخص‌های اقلیمی پاییز قبل، شاخص SPI بهار با شاخص‌های اقلیمی زمستان قبل، شاخص SPI تابستان با شاخص‌های اقلیمی بهار قبل و شاخص SPI پاییز با شاخص‌های اقلیمی تابستان قبل در نواحی خشک، فراخشک و نیمه‌خشک ارتباط معنی‌دار وجود ندارد و در هیچ یک از ایستگاه‌ها این ارتباط معنی‌دار نشده است که نشان می‌دهد شاخص‌های اقلیمی هر فصل بر بارش فصل بعد در مناطق خشک، نیمه‌خشک و فراخشک تأثیر-گذار نیستند.

۲-۳-۲- همبستگی فصلی با تأخیر دو فصل

۲-۳-۱- همبستگی فصلی با تأخیر دو فصل در ناحیه خشک

برای شاخص SPI بهار با شاخص‌های اقلیمی پاییز قبل، شاخص SPI تابستان با شاخص‌های اقلیمی زمستان قبل، شاخص SPI پاییز با شاخص‌های اقلیمی بهار قبل در نواحی خشک ارتباط معنی‌دار وجود ندارد. فقط برای شاخص SPI زمستان با شاخص‌های اقلیمی تابستان قبل روابط معنی‌داری دیده می‌شود که بر اساس نتایج جدول (۸) شاخص SPI زمستان با شاخص‌های اقلیمی تابستان قبل در نواحی خشک با شاخص NINO4 ارتباط معنی‌دار بیشتری نسبت

جدول ۸- همبستگی شاخص SPI فصل زمستان با شاخص‌های اقلیمی فصل تابستان قبل در ایستگاه‌های ناحیه خشک

شاخص ایستگاه	SOI	NINO4	NINO3/04	NINO3	NINO1/02	NAO	MEI
کرمان	-۰/۱۹۲	۰/۱۱۹	۰/۰۲۲	-۰/۰۲۶	-۰/۱۲۸	۰/۱۲۶	۰/۰۲۰
سعدی	-۰/۱۶۹	۰/۰۷۰	-۰/۰۴۳	-۰/۱۲۲	-۰/۲۵۷	۰/۰۶۸	-۰/۰۵۲
کیوترخان	-۰/۰۶۸	-۰/۰۲۴	-۰/۰۱۲	-۰/۱۷۳	-۰/۲۴۵	۰/۱۲۴	-۰/۱۰۶
استخر وئیه	-۰/۱۵۷	۰/۰۷۸	۰/۰۲۸	-۰/۰۰۱	-۰/۱۲۲۲	۰/۱۵۷	۰/۰۳۹
علی آباد	-۰/۰۴۱	-۰/۱۰۸	-۰/۱۸۶	-۰/۲۲۴	-۰/۲۹۳	۰/۰۷۹	-۰/۱۷۷
رفسنجان	-۰/۱۵۸	۰/۰۶۸	-۰/۰۵۹	-۰/۱۴۶	-۰/۲۳۰	۰/۱۴۶	-۰/۰۲۶
راور	-۰/۱۲۹	۰/۰۰۴	-۰/۱۰۲	-۰/۱۴۳	-۰/۲۳۴	۰/۱۲۹	-۰/۰۹۵
خانوک	-۰/۰۵۲	۰/۰۹۷	-۰/۱۸۳	-۰/۲۴۸	**۰/۹۶۵	۰/۱۰۷	-۰/۱۳۰
چترود	-۰/۰۱۸	-۰/۱۳۶	-۰/۱۷۳	-۰/۱۸۵	-۰/۲۱۰	۰/۲۲۶	-۰/۱۵۸
پشت شیران	-۰/۱۲۲	-۰/۰۰۹	-۰/۱۰۴	-۰/۱۸۲	-۰/۲۶۱	۰/۱۷۸	-۰/۰۷۹
بندر ولی	-۰/۱۳۴	۰/۰۲۸	۰/۰۶۲	-۰/۱۴۹	-۰/۲۶۴	۰/۱۳۸	-۰/۰۴۸
سیرج	-۰/۰۲۱	-۰/۱۱۹	-۰/۱۴۸	-۰/۰۷۹	-۰/۰۱۳	۰/۰۸۱	-۰/۰۱۴۵
سه کنج	-۰/۱۹۲	۰/۱۱۹	۰/۰۲۲	-۰/۰۲۶	-۰/۱۲۸	۰/۱۲۶	۰/۰۲۰
عرب آباد	-۰/۱۶۹	۰/۰۷۰	-۰/۰۳۴	-۰/۱۲۲	-۰/۲۵۷	۰/۰۶۸	-۰/۰۵۲
باب زیتون	-۰/۰۶۸	-۰/۰۲۴	۰/۱۲۰	-۰/۱۷۳	-۰/۲۴۵	۰/۱۲۴	-۰/۱۰۶
نگار	-۰/۱۵۷	۰/۰۷۸	۰/۰۲۸	۰/۰۰۱	-۰/۱۲۲	۰/۱۵۷	۰/۰۳۹
دولت آباد	-۰/۰۱۸	-۰/۱۳۶	-۰/۱۷۳	-۰/۱۸۵	-۰/۲۱۰	۰/۲۲۶	-۰/۱۵۸
ابراهیم آباد	۰/۰۰۱	۰/۱۵۳	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۲۰	۰/۰۳۶	۰/۰۶۱
ارزونیه	-۰/۰۰۶	۰/۱۶۴	-۰/۰۳۰	-۰/۰۴۲	-۰/۰۹۳	۰/۰۲۶	۰/۰۰۵
دهسر	-۰/۱۵۱	۰/۳۱۸	۰/۱۴۷	۰/۰۴۵	۰/۰۴۷	۰/۰۵۶	۰/۱۵۰
کوشک اولیا	-۰/۱۴۵	*۰/۳۴۱	۰/۱۳۹	۰/۰۴۴	-۰/۰۱۲	۰/۰۳۶	۰/۱۲۶
بید کاردوئیه	-۰/۱۷۷	*۰/۳۷۸	۰/۱۶۶	۰/۰۸۶	۰/۲۵۰	۰/۲۰۴	۰/۱۶۶
هیشون	-۰/۲۱۰	*۰/۴۰۷	۰/۲۲۷	۰/۰۹۶	-۰/۱۰۱	۰/۲۳۷	۰/۱۳۴
نوکان	-۰/۰۷۰	۰/۲۸۷	۰/۰۶۶	-۰/۰۴۳	۰/۰۹۲	-۰/۱۶۵	۰/۰۴۰
جنگل بویه	-۰/۱۶۳	*۰/۳۹۸	۰/۲۱۵	۰/۱۶۶	۰/۱۲۲	۰/۰۴۳	۰/۲۳۷
قطربونه	-۰/۱۱۳	*۰/۳۷۹	۰/۲۲۸	۰/۱۷۰	۰/۱۲۵	۰/۰۷۳	۰/۲۰۱
خیر آباد	-۰/۱۱	*۰/۳۶۰	۰/۱۹۱	۰/۱۱۸	۰/۰۸۶	۰/۰۶۳	۰/۱۵۹
سیرجان	-۰/۱۲۳	*۰/۳۸۱	۰/۱۷۹	۰/۱۳۶	۰/۱۰۹	۰/۰۷۴	۰/۱۷۹
استور	-۰/۱۵۶	*۰/۳۴۳	۰/۱۳۵	۰/۰۶۵	۰/۰۸۵	۰/۰۹۸	۰/۱۶۰
بلورد	-۰/۱۷۸	*۰/۳۷۰	۰/۱۶۹	۰/۰۷۱	۰/۰۵۸	۰/۱۹۳	۰/۱۳۹
سعادت آباد	-۰/۰۹۳	۰/۳۲۸	۰/۱۶۲	۰/۰۸۴	۰/۰۱۹	۰/۰۸۳	۰/۱۲۴
اکبر آباد	-۰/۰۸۱	*۰/۳۴۷	۰/۱۰۹	۰/۰۴۳	-۰/۰۰۱	۰/۱۰۲	۰/۰۹۰
پاریز	-۰/۰۷۶	۰/۳۲۱	۰/۱۵۴	۰/۱۰۸	۰/۰۶۶	۰/۱۲۴	۰/۱۲۲
شهر بایک	-۰/۱۸۸	*۰/۳۹۳	۰/۱۶۶	۰/۰۵۲	-۰/۰۰۱	۰/۰۸۹	۰/۱۹۰
خاتون آباد	-۰/۱۴۴	*۰/۳۴۳	۰/۱۷۰	۰/۱۰۱	۰/۱۰۷	۰/۰۲۴	۰/۱۶۴
احمد آباد	-۰/۰۰۹	۰/۱۹۲	۰/۰۱۲	-۰/۰۵۳	-۰/۰۰۵	۰/۱۲۷	۰/۰۲۶
جوزم	-۰/۰۷۸	۰/۲۴۲	۰/۰۸۵	۰/۰۴۵	۰/۰۸۲	۰/۰۳۹	۰/۰۹۴
راویز	-۰/۱۴۲	*۰/۳۳۹	۰/۱۷۱	۰/۱۰۸	۰/۰۷۳	۰/۰۱۴	۰/۱۶۲
پاقلعه	-۰/۰۹۳	*۰/۳۳۱	۰/۱۵۹	۰/۰۸۷	۰/۰۷۲	۰/۰۵۸	۰/۱۳۶
انار	-۰/۱۷۱	*۰/۳۵۲	۰/۱۳۸	۰/۰۲۶	-۰/۰۱۵	۰/۰۳۵	۰/۱۰۹

۳- همبستگی سالانه

۳-۱- همبستگی هم‌زمان سالانه در ناحیه خشک

نتایج نشان می‌دهد که شاخص SPI سالانه با شاخص‌های اقلیمی سالانه در نواحی خشک با شاخص‌های NINO4، MEI و SOI ارتباط معنی‌دار بیشتری نسبت به سایر شاخص‌ها دارد. به طوری که در جدول مشخص است ۱۵ درصد ایستگاه‌ها با شاخص SOI در سطح ۹۵ درصد و

۲۲/۵ درصد ایستگاه‌ها در سطح ۹۹ درصد ارتباط معنی‌دار دارند و ضریب همبستگی منفی نشان‌دهنده ارتباط معکوسی است که این شاخص بر بارش سالانه در ناحیه خشک می‌گذارد. برای شاخص NINO4، ۴۷/۵ درصد ایستگاه‌ها در سطح بیش از ۹۵ درصد ارتباط معنی‌دار دارند و ضریب همبستگی مثبت نشان‌دهنده ارتباط مستقیمی است که این شاخص بر بارش سالانه در ناحیه خشک می‌گذارد و با

درصد ایستگاه‌ها با شاخص MEI در سطح بیش از ۹۵ درصد ارتباط معنی‌دار دارند و ضریب همبستگی مثبت نشان‌دهنده ارتباط مستقیمی است که این شاخص بر بارش سالانه در ناحیه خشک می‌گذارد.

افزایش مقدار آن بارش در این ناحیه افزایش می‌یابد و برعکس. ۲۲/۵ درصد ایستگاه‌ها با شاخص NINO3,4 در سطح بیش از ۹۵ درصد ارتباط معنی‌دار دارند و ضریب همبستگی مثبت نشان‌دهنده ارتباط مستقیمی است که این شاخص بر بارش سالانه در ناحیه خشک می‌گذارد. ۲۷/۵

جدول ۹- همبستگی شاخص SPI فصل زمستان با شاخص‌های اقلیمی فصل تابستان در ایستگاه‌های ناحیه نیمه خشک

شاخص ایستگاه	MEI	NAO	NINO1/02	NINO3	NINO3/04	NINO4	SOI
یافت	۰/۱۶۰	۰/۰۷۸	-۰/۰۵۹	-۰/۰۰۳	۰/۱۶۱	**۰/۴۲۲	-۰/۲۰۹
جمیل آباد	۰/۱۲۷	۰/۰۴۸	۰/۰۱۸	۰/۰۴۱	۰/۱۵۴	*۰/۴۰۵	-۰/۱۵۲
رایر	۰/۱۸۰	۰/۲۳۶	۰/۰۰۲	۰/۱۱۰	۰/۲۳۷	**۰/۴۴۷	-۰/۲۳۷
سعید مرتضی	۰/۲۲۲	۰/۲۳۲	۰/۰۴۶	۰/۱۳۳	۰/۲۴۸	**۰/۵۳۱	-۰/۲۵۱
قنات مروان	۰/۱۷۲	۰/۱۷۳	۰/۰۴۲	۰/۰۶۵	۰/۱۷۶	*-۰/۳۹۱	-۰/۲۳۹
لاله زار	۰/۰۶۰	۰/۱۱۷	-۰/۰۴۶	-۰/۰۰۵	۰/۰۶۵	۰/۱۸۹	-۰/۰۰۹
قلعه اسکر	۰/۲۲۵	۰/۱۶۲	۰/۰۹۲	۰/۱۵۹	۰/۲۴۳	*۰/۳۹۴	-۰/۱۸۷
کیشکان	۰/۰۳۷	-۰/۰۰۹	-۰/۱۵۵	۰/۰۳۰	۰/۱۵۶	۰/۳۰۹	-۰/۰۸۵
امیر آباد	۰/۲۲۱	۰/۱۳۵	۰/۰۶۹	۰/۱۲۰	۰/۲۱۳	*۰/۴۱۴	-۰/۲۰۳
قریه‌العرب	-۰/۱۳۵	۰/۱۹۰	-۰/۰۳۵	-۰/۲۰۴	-۰/۱۷۱	-۰/۰۰۱	۰/۱۲۸

گذارد و برای شاخص NINO4، ۸۰ درصد ایستگاه‌ها در سطح بیش از ۹۵ درصد ارتباط معنی‌دار دارند و ضریب همبستگی مثبت نشان‌دهنده ارتباط مستقیمی است که این شاخص بر بارش سالانه در ناحیه نیمه‌خشک می‌گذارد. ۵۰ درصد ایستگاه‌ها با شاخص NINO3,4 در سطح بیش از ۹۵ درصد ارتباط معنی‌دار دارند و ضریب همبستگی مثبت نشان‌دهنده ارتباط مستقیمی است که این شاخص بر بارش سالانه در ناحیه نیمه‌خشک می‌گذارد. ۷۰ درصد ایستگاه‌ها با شاخص MEI در سطح بیش از ۹۵ درصد ارتباط معنی‌دار دارند و ضریب همبستگی مثبت نشان‌دهنده ارتباط مستقیمی است که این شاخص بر بارش سالانه در ناحیه نیمه‌خشک می‌گذارد. با بررسی نتایج سالانه می‌توانیم تأثیر شاخص SOI را در هر سه ناحیه خشک، نیمه‌خشک و فرا-خشک مشاهده کنیم اما در مناطق خشک و نیمه‌خشک تأثیر شاخص NINO4 در درجه اول اهمیت و شاخص‌های SOI و MEI در درجه دوم قرار دارد و در تمام موارد شاخص SOI تأثیر معکوس و بقیه شاخص‌ها تأثیر مستقیم دارند.

۳-۲- همبستگی همزمان سالانه در ناحیه فراخشک

نتایج نشان می‌دهد که شاخص SPI سالانه با شاخص‌های اقلیمی سالانه در نواحی فراخشک همبستگی خوبی ندارد. ۲۸/۵ درصد ایستگاه‌ها با شاخص SOI در سطح ۹۵ درصد ارتباط معنی‌دار دارند و ضریب همبستگی منفی نشان‌دهنده ارتباط معکوسی است که این شاخص بر بارش سالانه در ناحیه فراخشک می‌گذارد، برای بعضی از ایستگاه‌ها ارتباطات معنی‌داری دیده می‌شود، اما چون به صورت یکنواخت نیست و برای همه ایستگاه‌ها تکرار نشده است نتیجه قابل توجهی از آن نمی‌توان گرفت.

۳-۳- همبستگی همزمان سالانه در ناحیه نیمه خشک

نتایج نشان می‌دهد که شاخص SPI سالانه با شاخص‌های اقلیمی سالانه در نواحی نیمه‌خشک با سیگنال‌های NINO4، MEI و SOI همبستگی بهتری نسبت به سایرین دارد، به طوری که مشخص است ۷۰ درصد ایستگاه‌ها با شاخص SOI در سطح بیش از ۹۵ درصد ارتباط معنی‌دار دارند و ضریب همبستگی منفی نشان‌دهنده ارتباط معکوسی است که این شاخص بر بارش سالانه در ناحیه نیمه‌خشک می‌-

نتیجه‌گیری

تحقیقات مختلفی در زمینه تأثیر سیگنال‌های اقلیمی بر نوسانات بارش در مناطق مختلف دنیا انجام شده است که نتایج مشابهی با نتایج این تحقیق دارد. معتمدی و همکاران (۱۳۸۶) به بررسی ارتباط از دور سیگنال هواشناسی ENSO با نوسانات بارندگی و دما در استان خراسان پرداخت و نتایج ارتباط معنی‌داری بین این شاخص و بارندگی در تمامی مناطق استان نشان داد. همچنین علیزاده و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی الگوهای پیوند از دور مؤثر بر پدیده‌های بارش و دمای متوسط ایستگاه سینوپتیک مشهد، در دوره آماری ۱۹۵۶-۲۰۱۰ پرداختند. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که این مدل‌ها با داده‌های سیگنال‌های اقلیمی کارایی مناسبی برای برآورد بارش و دما داشته‌اند. با توجه به فاصله دور استان کرمان از کانون‌های نوسانات دما و فشار هوا در اقیانوس‌ها انتظار نمی‌رفت که نوسانات بارش استان تحت تأثیر این سیگنال‌ها قرار بگیرند. در مجموع بر اساس نتایج به‌دست آمده در این بررسی که در دوره زمانی ۳۶ ساله در ۶۴ ایستگاه استان و بررسی همبستگی بین بارش و شاخص‌های اقلیمی مشخص شد که همبستگی بارش با SOI همبستگی منفی است یعنی ارتباط معکوس بین این شاخص و بارش وجود دارد و سال‌های با SOI منفی سال‌های همراه با خشکسالی است. نتایج این تحقیق در مقایسه با بعضی از تحقیقات انجام شده در مناطق دیگر جهان و ایران نتایج مشابهی دارد. در این ارتباط تحقیقی که نیکلسون در بوتسوا انجام داد همبستگی SOI و خشکسالی در منطقه منفی بود، و فاتحی مرج و همکاران (۱۳۸۶) تأثیر شاخص‌های SOI، NAO، NINO3,4 و چند شاخص دیگر را در حوضه دریاچه ارومیه مورد بررسی قرار داد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد تأثیر شاخص‌های SOI و NAO بر بارش و جریان رودخانه با تأخیر زمانی یک فصل بیشتر از شاخص‌های دیگر است. علاوه بر این تأثیر سیگنال MEI نیز بر نوسانات بارش در استان دیده می‌شود. اگرچه همبستگی بین این شاخص‌ها با بارش از لحاظ عددی قابل توجه نیست اما با توجه به همبستگی معنی‌دار بودن آن‌ها در سطوح اعتماد ۵ تا ۱۰ درصد از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. اهمیت اثبات این ارتباطات در پیش‌بینی بارش فصول آینده نقش مهمی

دارد و با پیشرفت تکنولوژی و داده‌های با دقت بیشتر شرایط پیش‌بینی خشکسالی‌ها را با فاصله زمانی بیشتر قبل از وقوع با اطمینان بیشتر فراهم می‌سازد.

منابع

- باقر زاده چهره، ک.، مرید، س.، قائمی، ه. ۱۳۸۴. ارزیابی سیگنال‌های هواشناسی در پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در استان تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.
- حجازی زاده، ز.، فتاحی، ا.، سلیقه، م.، ارسلانی، ف. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر سیگنال‌های اقلیمی بر بارش ناحیه مرکزی ایران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۹(۱۳): ۷۹-۸۵.
- علیزاده، ا.، انصاری، ح.، عرفانیان، م. ۱۳۹۰. بررسی الگوهای پیوند از دور مؤثر بر پارامترهای بارش و دما. نشریه آبیاری و زهکشی ایران (۵): ۱۸۵-۱۷۶.
- فاتحی مرج، ا.، مهدیان، م. ح. ۱۳۸۸. پیش‌بینی بارش پاییزه با استفاده از شاخص‌های انسو به روش شبکه عصبی در حوضه دریاچه ارومیه. نشریه پژوهش و سازندگی، (۸۴) ۳: ۴۲-۵۴.
- فاتحی مرج، ا.، برهانی داریان، ع.، مهدیان م. ح. ۱۳۸۶. پیش‌بینی فصلی بارش با استفاده از پیوند از دور (مطالعه موردی: حوضه آبریز دریاچه ارومیه). نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۰(۳): ۵۷-۴۵.
- معتمدی، م.، احترامیان، ک.، شهاب‌فر، ع. ۱۳۸۶. بررسی ارتباط از دور سیگنال هواشناسی ENSO با نوسانات بارندگی و دما در استان خراسان. نشریه علوم محیطی، ۴(۴): ۹۰-۷۵.
- ناظم‌السادات، م.، شیروانی، ا. ۱۳۸۵. پیش‌بینی بارش زمستانه مناطق جنوبی ایران با استفاده از دمای سطح آب خلیج فارس. نشریه علمی کشاورزی، ۲۹(۲): ۷۷-۶۵.
- فلاح قالهری، غ. ۱۳۹۰. ارزیابی نقش تغییرات سیگنال‌های اقلیمی بر نوسانات بارش بهاره تحقیق موردی: استان خراسان رضوی. مجله فیزیک زمین و فضا، ۳۷(۳): ۱۲-۱.
- کارآموز، م.، رحیمی فراهانی، م.، مریدی، ع. ۱۳۸۵. پیش

- Circulation. Part I: month-to-month variability. *J. Clim.*, 13: 1000-1016.
- Wang, C., Enfield, D. B. 2001. The tropical western hemisphere warm pool. *J. Geo. Res. Let.*, 28: 1635-1638.
- Schwing, F. B., Murphree, T., Green, P. M. 2002. The Northern Oscillation Index (NOI): a new climate index. *J. Prog. in Oceanography*, 53: 115– 139.
- بینی بلندمدت بارش با استفاده از سیگنال‌های هواشناسی، کاربرد شبکه عصبی مصنوعی، منطقه جنوب شرق ایران، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۳-۴ بهمن، اصفهان.
- Nicholson, S. E. 2001. The Relationship between El-Nino and drought. *J. Clim.*, 14: 323-335.
- Reynolds, J. A. 1997. El Paso TX Precipitation and its relationship to the El Nino Southern Oscillation (ENSO). NWSO El Paso, TX (Santa Teresa New Mexico).
- Thompson, D. W. J., Wallace, J. M. 2000. Annular modes in the Extratropical



Study of the relationship between the some climate signals (SOI, NAO, MEI, NINO) and meteorological drought in Kerman province, Iran

A. Fatehi Marj^{*1}, M. Tajaddini², A. Salajagheh³

Received: 08/04/2015

Accepted: 04/07/2015

Abstract

Drought which causes great losses to human life and natural ecosystems occurs very frequently in Iran. In recent years, Kerman province, southeast of Iran has been severely affected by this phenomenon. The aim of this study is to assess the relation between climate signal and meteorological drought (lack of adequate rainfall) in this region. Climate signals, as indications of changes in ocean/atmosphere temperature and pressure, are one of the most influential parameters on global scale weather patterns. The effect of these signals on the spatial and temporal patterns of rainfall in a give region is quite important in drought monitoring studies. In this study the impact of climate signals MEI, NAO, NINO1, 2, NINO3, NINO3, 4, NINO4, SOI on rainfall in Kerman province has been studied. Monthly data of 64 rain gauges for 36 years period from 1970 onwards and corresponding values of mentioned signals for same period were retrieved and used. The Standardized Precipitation Index (SPI) in 1, 3 and 12 month time scale were elaborated for drought monitoring. The correlation between climatic signals and SPI, were examined in six different cases (simultaneous and delayed phase). The results showed that MEI, NINO4, SOI have greatest impact on Kerman rainfall in different time scales, i.e. monthly seasonal and annual.

Keywords: drought, climate signals, SPI index, Kerman

¹ Asistant professor, Soil conservation and watershed managment Research Institute
(*Corresponding author email address: Fatehi1339@gmail.com)

² Watershed M.S, Faculty of Agricultural & Natural resources, Islamic Azad University, science and researches

³ Asosiated professor, Faculty Agriculture & Natural resources of Tehran University