

## مقدمه

خشکسالی پدیده‌ای جهانی است که می‌تواند در هر ناحیه به وقوع بپیوندد و زیان‌ها و هزینه‌های عمده اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را منجر گردد، به طوری که در سال‌های اخیر خسارات و هزینه‌های مربوط به جبران آن‌ها افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد [۲۱]. اهمیت این موضوع باعث شده که پژوهشگران توجه زیادی به این مسئله داشته باشند و با استفاده از روش‌های مختلف به بررسی آن بپردازند. یکی از این روش‌ها، استفاده از علائم اقلیمی و بررسی رابطه آن‌ها با خشکسالی در مناطق مختلف است. از جمله مهمترین علائم هواشناسی، علائم نوسان جنوبی (SOI) و علائم نوسانات آتلانتیک شمالی (NAO) است. در مقالات مختلف ارتباط و همبستگی مقادیر علائم با بارندگی در نقاط مختلف دنیا و در ایران بررسی شده است. سرانو [۲۲] اثرات پدیده النینو و لائینا بر خشکسالی شبه جزیره ایبری را در مقیاس‌های زمانی متفاوت ۱، ۳، ۶، ۱۲ ماهه و در طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۱۰ مورد مطالعه قرار داد. در این پژوهش مشخص گردید که مقادیر منفی SPI، مناطق بزرگی از شبه جزیره را در طی سال‌های انتهایی ال نینو و ماه‌های ابتدایی سال‌های لائینا تحت تأثیر قرار داده و در برخی دیگر در ماه‌های ابتدایی ال نینو تحت تأثیر شرایط خشک قرار گرفته و نیز علائم خشکسالی بیشتر با لائینا سازگار بود و شرایط خشکسالی طبق اثر فازهای شدید النینو و لائینا به صورت معنی‌دار تغییر نموده است. آفونسودو [۱] با استفاده از نمایانه SPI، خشکسالی در مناطق اروپایی را مورد مطالعه و نمایه‌های اصلی خشکسالی شامل مدت، شدت، بزرگی و فراوانی را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسید که نمایانه SPI توانایی خوبی در تجزیه و تحلیل عامل‌های ذکر شده دارد. سید و همکاران [۲۰] اثرات النینو- نوسانات جنوبی (انسو) و نوسان اطلس شمالی بر بارندگی زمستانه جنوب غربی آسیای مرکزی را مورد بررسی قرار دادند، در این مطالعه از روش‌های همبستگی، تحلیل‌های ترکیبی و SVD استفاده نمودند. نتایج حاصله بیانگر آن است که ناهنجاری‌های مثبت بارندگی مناطقی همچون شمال پاکستان، افغانستان، تاجیکستان و جنوب ازبکستان به طور معمول با فاز منفی نوسان اطلس شمالی و فاز گرم (النینو) نوسان جنوبی همراه بوده است. گرم و

## بررسی ارتباط علامت‌های از دور SOI و NAO با خشکسالی حوزه آبخیز زاینده رود

مرتضی خداقلی<sup>۱</sup>، مهناز کاوسی<sup>۲</sup>، عباسعلی آروین<sup>۳</sup> و راضیه صبحی<sup>۴</sup>  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۰۶

## چکیده

پایش و پیش بینی دراز مدت شرایط اقلیمی در هر منطقه می‌تواند راهکار مناسبی جهت مقابله با پیامدهای ناگوار نوسانات اقلیمی (خشکسالی، سیل و غیره) باشد. هدف از این پژوهش شناسایی خشکسالی حوزه آبخیز زاینده رود و تأثیر علائم نوسانات جنوبی و نوسانات اطلس شمالی بر شرایط اقلیمی و عامل‌های آب و هوایی از جمله بارش می‌باشد. در این راستا ابتدا آمار دراز مدت بارش (۲۰۰۹-۱۹۷۰) ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی حوضه و داده‌های NAO و SOI از درگاه NOAA تهیه گردید. جهت برآورد میزان و نحوه تأثیر علائم NAO و SOI بر خشکسالی حوضه، رابطه همبستگی میان SPI در بازه‌های زمانی ۳، ۵ و ۸ ماهه مختوم به ماه مه و علائم SOI و NAO در طول دوره آماری هر ایستگاه محاسبه شد. همچنین ضرایب همبستگی میان نمایانه SPI فصلی و ماهانه حوضه با علائم‌های مذکور مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که بارندگی ایستگاه‌های بیمه، فریدن، فریدون شهر، داران، چادگان، کوه‌رنگ همبستگی منفی معنی‌داری با علائم SOI دارد، در حالی که ایستگاه‌های شهرضا و فریدون شهر همبستگی منفی معنی‌داری با علائم NAO دارند و علامت‌های مذکور به طور همزمان و غیر همزمان با نمایانه SPI فصلی و ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه همبستگی معنی‌داری دارد. واژه‌های کلیدی: علائم اقلیمی، خشکسالی، همبستگی، حوزه آبخیز زاینده رود و نمایانه (SPI)

- ۱- نویسنده مسئول و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه پیام نور اصفهان
- ۳- عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور اصفهان
- ۴- کارشناس ارشد پایان‌زادی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

- 5- Southern Oscillation Index
- 6- North Atlantic Oscillation
- 7- Standardized Precipitation Index (SPI)

می‌گردد. این محدوده تأمین‌کننده آب شرب شهرهای مهم درون منطقه و خارج از آن و نیز تأمین‌کننده آب یکی از مهمترین قطب‌های صنعتی کشور می‌باشد. افزایش اطلاعات پایه در این محدوده کمک شایانی به دستگاه‌های اجرایی در بخش‌های کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست به منظور حفظ آب، خاک و ذخایر ژنتیک آن می‌کند [۹]. با توجه به این که علائم SOI حوزه فعالیتش در اقیانوس جنوبی و حوزه فعالیت NAO در حوالی جزیره ایسلند است و این علامت‌ها محدوده گسترده‌تری نسبت به سایر علامت‌ها داشته و تا فواصل دور مؤثر می‌باشد، لذا در این پژوهش از علامت‌های مذکور استفاده شد. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی ارتباط SOI و NAO با عامل‌های اقلیمی و تأثیر آن بر پدیده خشکسالی در حوزه زاینده رود می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

حوضه زاینده رود با مختصات جغرافیایی  $2^{\circ} 50'$  تا  $24^{\circ} 53'$  طول شرقی و  $11^{\circ} 31'$  تا  $42^{\circ} 33'$  عرض شمالی در منطقه مرکزی ایران قرار گرفته و مساحت این منطقه حدود  $41347$  کیلومتر مربع و محیط آن  $1183$  کیلومتر است. در حدود  $87/7$  درصد از حوضه زاینده رود در استان اصفهان و بقیه آن در استان‌های چهارمحال و بختیاری، یزد و فارس قرار گرفته است. در این پژوهش از داده‌های ماهانه بارندگی ۱۱ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی با حداقل ۳۰ سال طول دوره آماری تا سال ۲۰۰۹ استفاده گردید. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه حوضه زاینده رود و در جدول ۱ مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها نشان داده شده است. داده‌های مورد مطالعه از سازمان هواشناسی استان اصفهان تهیه و داده‌های مرتبط با ENSO و NAO از طریق مراکز پژوهشی مختلف در کشورهای استرالیا، امریکا (NOAA) و برخی مراکز اروپایی تهیه و مورد استفاده قرار گرفت.

جهت بازسازی نواقص آماری داده‌های بارندگی از طریق روش میان‌یابی با استفاده از ایستگاه‌های مجاور در نرم افزار Surfer مورد محاسبه قرار گرفت. با توجه به اینکه علامت‌های NAO و SOI به صورت نرمال و استاندارد می‌باشند، داده‌ها نیز به صورت نرمال و استاندارد تهیه شد. پس از بررسی رژیم بارش در حوضه مشخص شد ماه مه پایان بارش‌های بهاره است که شامل ماه‌های مارس، آوریل و مه (۱۰ اسفند تا ۱۰ خرداد) می‌باشد. در بازه ۳ ماهه این بارندگی‌ها نقش بسیار زیادی بر تولید گونه‌های یکساله دارد. همچنین بازه ۵ ماهه شامل ماه‌های (ژانویه، فوریه، مارس، آوریل و مه) می‌باشد و از داده‌های ابتدای سال میلادی در محاسبات آن استفاده شد و بازه ۸ ماهه شامل ماه‌های مه، آوریل، مارس، فوریه، ژانویه، دسامبر، نوامبر و اکتبر و اهمیت آن برای ارزیابی سال آبی می‌باشد. بنابراین مقدار SPI در بازه‌های ۳، ۵ و ۸ ماهه مختوم به ماه مه از داده‌های بارندگی ماهانه استخراج و سال‌هایی با خشکسالی‌های بسیار شدید در حوضه مشخص گردید. همچنین در این مطالعه جهت برآورد

همکاران [۶] تأثیر فاز مثبت انسو را بر روی فراوانی و رخداد‌های بارش‌های حداکثر در آمریکای جنوبی که به صورت چرخه ماهانه انسو است، بر اساس داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌ها بررسی کردند. نتایج نشان داد بین رخداد‌های بارش و علائم انسو ارتباط وجود دارد. مسی و همکاران [۱۳] نشان دادند که جریان رودخانه سن طی دوره (۲۰۰۸-۱۹۵۰) از روند افزایشی معنی‌داری برخوردار بوده است. با مقایسه میان تغییرات NAO و ناهنجاری‌های جریان سالانه سن تشخیص داده شد که NAO و جریان سالانه روند بسیار مشابهی با هم داشته است، با توجه به این مسئله نتیجه گرفتند که میان NAO و فرآیند آب‌شناختی این منطقه رابطه احتمالی وجود دارد و تأثیر علائم NAO بر دبی رودخانه سن قوی می‌باشد. غیور و عساکره [۵] اثرات پدیده‌های ENSO و NAO بر تغییرات ماهانه دمای جاسک را با استفاده از سری‌های زمانی مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که در کل ۴۰ درصد نوسانات دمای جاسک متأثر از اثرات پدیده‌های ENSO و NAO می‌باشد. حضرتی و همکاران [۷] با مطالعه تأثیر پدیده‌های نوسانات اطلس شمالی و جنوبی بر دما و بارش حوضه دریاچه ارومیه به این نتیجه رسیدند که بارش زمستانه حوضه با نوسانات اطلس شمالی و بارش پاییزه با نوسانات جنوبی در ارتباط می‌باشد. فاتحی مرج و همکاران [۴] نشان دادند که سیگنال NAO تأثیر بیشتری بر جریان فصل بهار بر روی رودخانه سیمینه دارد که با استفاده از آن می‌توان دبی رودخانه را در فصل بهار پیش‌بینی نمود. صلاحی و همکاران [۱۹] با استفاده از همبستگی پیرسون، همبستگی مثبتی بین علائم چند متغیره ENSO و بارش ایستگاه‌های آذربایجان شرقی به دست آوردند و نتیجه گرفتند که در این استان از غرب به شرق و از شمال به جنوب بر میزان همبستگی و تأثیرپذیری انسو افزوده شده است. معتمدی و همکاران [۱۵] با به کارگیری همبستگی سالانه و فصلی علائم SOI و داده‌های بارندگی و دما به این نتیجه رسیدند که بارندگی و دمای کلیه مناطق استان خراسان نسبت به پدیده انسو واکنش منفی معنی‌داری نشان می‌دهد یعنی با افزایش مقادیر SOI مقادیر بارندگی و دما در سطح استان خراسان در فصول و سال‌های مختلف کاهش می‌یابد. تاج‌الدینی [۱] نشان داد که علائم اقلیمی، SOI، MEI، NINO<sup>۳</sup>، NINO<sup>۳،۴</sup>، NINO<sup>۱+۲</sup>، NINO<sup>۴</sup> بیشترین تأثیر را بر نوسانات بارندگی در مناطق خشک استان کرمان دارند.

زاینده رود به عنوان پر آب ترین رودخانه داخلی کشور در مسافتی تا حدودی کوتاه، مناطق پر بارش ارتفاعات زاگرس (زردکوه) را به مناطق کم بارش و خشک (تالاب گاوخونی) متصل نموده و باعث تعدیل شدت خشکی در این محدوده

- 1- El Niño Southern Oscillation (Enso)
- 2- Multi Variate Enso Index (MeI)
- 3- Central Tropical Pacific SST
- 4- East central Tropical Pacific SST
- 5- Extreme Eastern Tropical Pacific SST
- 6- Eastern Tropical Pacific SST



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز زاینده رود

جدول ۱- مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه-دقیقه)	عرض جغرافیایی (درجه-دقیقه)	ارتفاع (متر)	اقلیم
اصفهان	۵۱ ۴۰	۳۲ ۳۷	۱۵۵۰	خشک سرد
چادگان	۵۰ ۳۸	۳۲ ۴۶	۲۱۰۰	نیمه خشک
داران	۵۰ ۲۲	۳۲ ۵۸	۲۲۹۰	نیمه خشک
شهرضا	۵۱ ۵۰	۳۱ ۵۹	۱۸۴۵	خشک سرد
نجف آباد	۵۱ ۲۲	۳۲ ۳۸	۱۶۴۰	خشک سرد
میمه	۵۱ ۱۰	۳۳ ۲۶	۱۹۷۰	خشک سرد
ورزنه	۵۲ ۳۷	۳۲ ۲۴	۱۲۵۰	خشک سرد
فریدون شهر	۵۰ ۶	۳۲ ۵۶	۲۴۹۰	مرطوب
فریدن	۵۰ ۲۹	۳۳ ۱	۲۳۰۰	مرطوب
کوهرنگ	۵۰ ۷	۳۲ ۲۶	۲۲۸۵	بسیار مرطوب
آباده	۵۲ ۴۰	۳۱ ۱۱	۲۰۳۰	خشک سرد

### نوسانات اطلس شمالی

این علائم با علامت اختصاری NAO نمایش داده می‌شود. NAO نوسان نصف النهاری در جرم جو است که مرکز عمل آن در نزدیکی ایسلند و بر روی منطقه جنب حاره (از آזור تا شبه جزیره ایبری) واقع شده است. علائم نوسان اطلس شمالی برای نشان دادن فازهای نوسان اطلس شمالی به کار برده می‌شود، از اختلاف فشار بین پر فشار جنب حاره آזור و کم فشار جنب قطبی ایسلند بدست می‌آید. این علائم دو فاز مثبت و منفی دارد که فاز مثبت آن بیانگر فشار بیش از حد معمول در پر فشار آזור و فشار کمتر از حد معمول در کم فشار ایسلند (گرادیان فشار بالا بین دو مرکز) است و فاز منفی آن بیانگر پر فشار جنب حاره ضعیف و همچنین کم فشار ضعیف ایسلند (گرادیان فشار پایین) می‌باشد [۷].

میزان و نحوه تأثیر SOI و NAO بر نوسانات بارندگی حوضه زاینده رود با استفاده از نرم‌افزار SPSS رابطه همبستگی میان هر یک از این پدیده‌های اقلیمی NAO و ENSO به طور ماهانه و فصلی در طول دوره آماری هر ایستگاه محاسبه و به کمک میانگین حسابی مقادیر فصلی برای هر علائم مورد بررسی قرار گرفت که این همبستگی‌ها به صورت ماهانه به طور مثال (علامت‌های اقلیمی ماه ژوئن با نمایانه SPI ماه ژوئن)، فصلی بدون تأخیر (علامت‌های اقلیمی فصل زمستان با نمایانه SPI زمستان) و فصلی و ماهانه با تأخیر زمانی برای هر ایستگاه در اقلیم‌های متفاوت در طول دوره آماری بررسی شد و ایستگاه‌هایی که دارای رابطه معنی دار مستقیم یا معکوس با علائم SOI و NAO داشتند، مشخص گردید.

## علایم نوسان جنوبی (SOI)

این علایم جهت بیان کمی پدیده انسو در نظر گرفته شده و بیانگر گرادیان فشار در امتداد شرقی- غربی اقیانوس آرام می باشد و عموماً به صورت فصلی و ماهانه از اختلاف فشار هوای سطح آب در تاهیتی واقع در نواحی مرکزی اقیانوس آرام و داروین واقع در شمال استرالیا بدست می آید و مطابق با رابطه (۱) می باشد. علایم مثبت نشانگر شدت جریان واکر (لانینا) و علایم منفی معرف ضعیف شدن جریان واکر (النینو) است [۳].

$$pdiff = p_{Tahiti} - p_{Darvin} \quad (1)$$

$P_{diff}$ : اختلاف فشار هوای سطح آب

$P_{Tahiti}$ : فشار هوای سطح آب در تاهیتی

$P_{Darvin}$ : فشار هوای سطح آب در داروین

## نمایانه بارش استاندارد (SPI)<sup>۱</sup>

نمایانه بارش استاندارد به وسیله مک کی و همکاران (۱۹۹۳) به منظور تعیین پایش خشکسالی ارائه گردید و برای نشان دادن نمایانه بارش استاندارد شده از یک نظام طبقه بندی شده استفاده کردند. طبیعت SPI به گونه ای است که امکان تعیین کمی خشکسالی یا وقایع غیر عادی رطوبتی را در مقیاس زمانی مشخص روی هر منطقه ای از کره زمین که بارش آن ثبت شده است برای یک تحلیل گر ماهر فراهم می کند [۱۰]. طبقه بندی خشکسالی با استفاده از نمایانه SPI در جدول ۲ ارائه شده است. این نمایانه بر مبنای احتمالات تجمعی بارندگی در یک ایستگاه می باشد که پس از استخراج داده های بارندگی در مقیاس ماهانه طی یک دوره آماری (حداقل ۳۰ سال) سری زمانی مجموع بارندگی در مقیاس های مورد نظر تشکیل می شود که بایستی این سری زمانی با یک توزیع آماری مناسب برازش داده شود. مک کی و همکاران [۱۴] نمایانه SPI را بر مبنای توزیع گاما قرار دادند که به صورت رابطه (۲) این توزیع تعریف می شود.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (2)$$

در این  $\alpha$  مشخصه شکل و  $\beta > 0$ ،  $\alpha$  مشخصه مقیاس و  $x > 0$ ،  $\Gamma(x, (\alpha > 0))$  تابع گاما است که از رابطه (۳) بدست می آید:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (3)$$

از آنجا که تابع گاما برای مقادیر صفر تعریف شده نمی باشد و توزیع بارندگی ممکن است دارای مقادیر صفر باشد، تابع احتمال تجمعی که در برگیرنده مقادیر صفر هم باشد به صورت رابطه (۴) می باشد.

$$H(x) = q + (1-q)G(x) \quad (4)$$

در این رابطه  $q$  احتمال وجود صفر در مقادیر بارش است. اگر  $m$  شمار صفرها در دوره زمانی بارش باشد، تام (۱۹۶۶) ثابت می کند که  $q$  از تقسیم  $m$  بر  $n$  می تواند محاسبه شود. تمام جدول های تابع گامای ناقص را برای تعیین احتمال تجمعی  $G(x)$  به کار برد. پس از محاسبه تابع تجمعی کل،  $H(x)$ ، تغییر شکل هم احتمالی تابع تجمع گاما به متغیر تصادفی نرمال استاندارد  $Z$  با میانگین صفر و واریانس یک صورت می گیرد که این احتمال متغیر همان مقادیر SPI بوده و یک تبدیل با احتمال یکسان است.

چنانچه شمار ایستگاهها زیاد باشد و برای همه مقیاس های زمانی و برای هر ماه سال چنین نموداری ترسیم گردد، بسیار سخت بوده و به آسانی امکان پذیر نیست، بدین منظور  $Z$  یا SPI به آسانی از تقریب ابراموویتز و استگون بدست می آید که احتمالات تجمعی را به متغیر تصادفی نرمال استاندارد  $Z$  تبدیل می کند و به صورت روابط ۵ و ۶ و مقادیر  $t$  نیز به صورت روابط ۷ و ۸ بدست می آید.

$$Z = SPI = - \left[ t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_a t^a} \right] \quad (5)$$

For  $H(X) < 0.5$

$$Z = SPI = + \left[ t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_a t^a} \right] \quad (6)$$

For  $0.5 < H(X) < 1.0$

$$t = \sqrt{h \left( \frac{1}{(H(x))^2} \right)} \text{ for } 0 < H(x) < 0.5 \quad (7)$$

$$t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{(1.0 - H(x))^2} \right)} \text{ for } 0.5 < H(x) < 1.0 \quad (8)$$

و ثابت های رابطه عبارتند از:

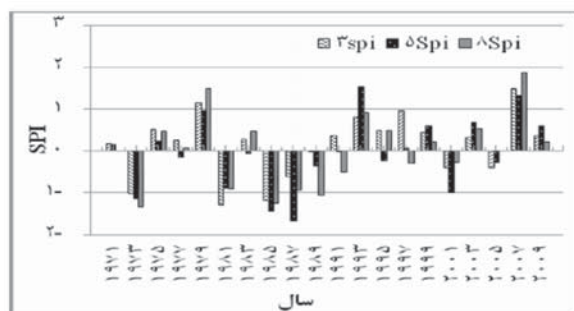
$$C_0 = 515517/2, \quad C_1 = 802853/0, \quad C_2 = 010328/0, \\ d_1 = 432788/1, \quad d_2 = 189269/0, \quad d_3 = 001308/0$$

از نظر مفهومی SPI نمره سیگمایی یا میزان انحراف استاندارد بالاتر یا پایین تر از میانگین را نشان می دهد [۱۸].

لشنی زند و تلوری [۱۲] معتقدند چون طبقه بندی مک کی و همکارانش برای تعیین و پایش خشکسالی در منطقه کلرادو به کار گرفته شده است، بنابراین باید متناسب با ویژگی های اقلیمی و رژیم بارش برای هر منطقه طبقه بندی خاصی انتخاب گردد. لذا با توجه به موقعیت منطقه که اکثر ایستگاهها در اقلیم خشک و نیمه خشک قرار دارد از طبقه بندی زیر که تغییرات بارش در محدوده ۱ تا ۱- را با دقت بیشتر نشان می دهد استفاده و یک طبقه به طبقه بندی مک کی اضافه شد [۸].

1- Standardized Precipitation Index (SPI)

جدول ۲- طبقه بندی خشکسالی با استفاده از نمایانه SPI



شکل ۲- نمودار تغییرات SPI در سال‌های مختلف در ایستگاه اصفهان

مقادیر SPI	طبقه
$> 2$	ترسالی خیلی شدید
۱/۵ تا ۱/۹۹	ترسالی شدید
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی متوسط
۰/۵ تا ۰/۹۹	ترسالی خفیف
-۰/۴۹ تا ۰/۴۹	نرمال
-۰/۹۹ تا -۰/۵	خشکسالی خفیف
-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی متوسط
-۱/۵ تا -۱/۹۹	خشکسالی شدید
$< -2$	خشکسالی خیلی شدید

جدول ۳- مقادیر نمایانه SPI در بازه‌های زمانی ۳، ۵ و ۸ ماهه مختوم به ماه مه در ایستگاه اصفهان

سال	بازه ۳ ماهه	بازه ۵ ماهه	بازه ۸ ماهه
۱۹۷۰	-۰/۲۱	۰/۲	-۰/۲۷
۱۹۷۱	۰/۱۷	۰/۱۴	۰
۱۹۷۲	۱/۰۲	۱/۰۴	۰/۹۸
۱۹۷۳	-۱/۰۳	-۱/۱۴	-۱/۳۳
۱۹۷۴	-۰/۳۵	۰/۸	۰/۱
۱۹۷۵	۰/۵۱	۰/۲۳	۰/۴۷
-	-	-	-
-	-	-	-
۲۰۰۰	-۲/۹۷	-۱/۵۶	-۱/۹۵
-	-	-	-
-	-	-	-
۲۰۰۸	-۱/۵۹	-۲/۲۵	-۲/۰۴
۲۰۰۹	۰/۳۵	۰/۶	۰/۲۲

## نتایج و بحث

مطالعه خشکسالی با استفاده از نمایانه استاندارد بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که شدیدترین خشکسالی‌ها در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۸ در سه بازه زمانی ۳، ۵ و ۸ ماهه واقع شده است. در بازه سه ماهه در سال ۲۰۰۰ ایستگاه‌های اصفهان (شکل ۲)، میمه، چادگان، کوه‌رنگ، آباد، نجف آباد و فریدن شدیدترین خشکسالی را تجربه نموده‌اند و در این بازه زمانی نیز تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه به جز ایستگاه اصفهان در سال ۲۰۰۸ خشکسالی شدیدی را نشان می‌دهند. در بازه زمانی ۵ ماهه اکثر ایستگاه‌های مورد بررسی در سال ۲۰۰۸

دچار خشکسالی شدیدی شده‌اند. در آخرین بازه مورد مطالعه (۸ ماهه) نیز مانند بازه ۵ ماهه بالاترین شدت خشکسالی در سال ۲۰۰۸ مشاهده گردید و استثنایی برای ایستگاه‌های چادگان و فریدون شهر در این بازه وجود دارد (جدول ۳). این نتایج با یافته‌های خداحلی [۱۰] و همچنین یزدانی و همکاران [۲۳] مطابقت دارد.

## اثر پدیده ENSO بر وقوع خشکسالی و ترسالی حوضه زاینده رود

در این مطالعه همان طور که ذکر گردید پس از تعیین شدت‌های خشکسالی در ایستگاه‌های مورد مطالعه، ماتریس

## جدول ۴- ضرایب همبستگی بارش ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه با علایم SOI

ایستگاه	بازه ۳ ماهه	بازه ۵ ماهه	بازه ۸ ماهه
آباد	-۰/۰۷۷	-۰/۰۵۰	-۰/۳۰۹
چادگان	-۰/۲۶۵	-۰/۲۴۲	-۰/۳۴۸*
اصفهان	-۰/۱۹۷	-۰/۰۳۶	-۰/۰۹۷
فریدن	-۰/۴۳۷**	-۰/۱۳۶	-۰/۴۰۱*
فریدون شهر	-۰/۵۰۲**	-۰/۰۸۵	-۰/۳۵۱*
کوه‌رنگ	-۰/۵۳۲*	-۰/۴۷۶*	-۰/۵۶۴*
نجف آباد	-۰/۰۸۱	۰/۰۱۸	-۰/۲۸۳
داران	-۰/۵۳۵*	-۰/۳۹۳	-۰/۵۴۳*
میمه	-۰/۲۲۹	-۰/۱۷۱	-۰/۴۶۲**
شهرضا	-۰/۰۱۴	-۰/۱۶۳	-۰/۲۵۲
ورزنه	-۰/۰۲۸	-۰/۰۳۲	-۰/۱۹۷

\*معنی داری در سطح ۵ درصد

\*\*معنی داری در سطح ۱ درصد

حوضه، الگوهای مشخص تری از نظر همبستگی بارندگی ماهانه و پدیده انسو وجود دارد. به عبارت دیگر در این ناحیه بارش‌ها تأثیر معنی دار بیشتری نسبت به سایر مناطق حوضه با پدیده انسو داشته است. همبستگی بارندگی ماهانه با علایم SOI در سطح حوضه منفی است که بیانگر این مسئله است که با کاهش یافتن مقادیر SOI (منفی شدن این علایم) میزان بارندگی در سطح حوضه افزایش می‌یابد. به جز ایستگاه میمه، ضرایب همبستگی در تمام ایستگاه‌ها در سطح پنج درصد معنی دار بوده و این ارتباط برای تمام ایستگاه‌ها دارای ضریب همبستگی منفی است که نشان‌دهنده ارتباط معکوس بارش‌های بهاره، زمستانه و پاییزه با علایم ذکر شده می‌باشد. نتایج پژوهش‌های مشابه نتایج این مطالعه را تأیید می‌نماید به طوری که نیکلسون [۱۶] همبستگی SOI و خشکسالی را در منطقه بوتسوانا منفی و معنی‌دار گزارش کرده است. همچنین نتایج خدقلی و همکاران [۱۱] نشان داد که بارندگی ایستگاه‌های فریدونشهر، فریدن، خوانسار، گلپایگان و میمه واکنش منفی معنی داری نسبت به پدیده ENSO نشان می‌دهد و با افزایش مقادیر SOI مقادیر بارندگی در استان کاهش می‌یابد و نیز عاشوری و همکاران [۲] تأکید کرده‌اند حجم جریان ورودی به سد زاینده رود با علایم نوسانات جنوبی رابطه منفی (معکوس) و معنی داری داشته است.

### اثر NAO بر وقوع خشکسالی و ترسالی حوزه آبخیز زاینده رود

ماتریس ضرایب همبستگی پیرسون برای بررسی رابطه نمایانه SPI ماهانه ایستگاه‌ها در بازه‌های زمانی ۳، ۵ و ۸ ماهه مختوم به

همبستگی برای بررسی تأثیر پدیده انسو بر وقوع دوره‌های خشکسالی و ترسالی در حوضه مورد مطالعه تشکیل گردید. ماتریس ضرایب همبستگی پیرسون میان بارش ماهانه ایستگاه‌ها در بازه‌های زمانی ۳، ۵ و ۸ ماهه مختوم به ماه مه با علایم SOI مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج حاصله در جدول ۴ درج گردیده است.

نتایج حاصل ماه‌های مارس، آوریل و مه نشان می‌دهد که نمایانه SPI بهاره ایستگاه کوه‌رنگ با اقلیم بسیار مرطوب با ضریب همبستگی  $R = -0.532$  و ایستگاه داران که در اقلیم مرطوب قرار دارد با ضریب همبستگی  $R = 0.53$  در سطح پنج درصد همبستگی منفی معنی داری با علایم SOI داشته است. ایستگاه‌های فریدن و فریدون شهر با اقلیم مرطوب نیز همبستگی منفی معنی داری به ترتیب با ضرایب همبستگی  $R = -0.437$  و  $R = -0.502$  با علایم SOI داشته‌اند. نمایانه SPI در ماه‌های مه، آوریل، مارس، فوریه و ژانویه نیز همانند بازه ۳ ماهه در ایستگاه‌های کوه‌رنگ با ضریب همبستگی  $R = -0.48$  همبستگی منفی معنی داری با علایم SOI داشته است. نتایج حاصل از بررسی همبستگی علایم SOI با نمایانه SPI ماه‌های مه، آوریل، مارس، فوریه، ژانویه، دسامبر، نوامبر، اکتبر نشان‌دهنده این مسئله می‌باشد که علایم SOI با بازه ۸ ماهه از ارتباط پایدارتر و قوی‌تری برخوردار بوده و علایم SOI بر روی این بازه تأثیر بیشتری گذاشته است. ایستگاه‌های چادگان، فریدن، کوه‌رنگ، داران، فریدون شهر و میمه همبستگی منفی و معنی داری با علایم SOI داشته‌اند و ضرایب همبستگی در ایستگاه‌های ذکر شده به ترتیب شامل  $-0.34$ ،  $-0.4$ ،  $-0.56$ ،  $-0.54$ ،  $-0.35$ ،  $-0.46$  بوده است. به طور کلی در غرب



جدول ۵- ضرایب همبستگی بارش ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه با علایم NAO

ایستگاه	بازه ۳ ماهه	بازه ۵ ماهه	بازه ۸ ماهه
آباده	-۰/۱۹۰	۰/۰۵۱	۰/۲۳۰
چادگان	-۰/۲۹۸	۰/۰۰	۰/۲۸۹
اصفهان	-۰/۲۱۳	۰/۰۱۳	۰/۱۱۹
فریدن	-۰/۲۱۹	-۰/۰۰۱	۰/۲۱۹
فریدون شهر	-۰/۳۲۶*	-۰/۲۴۵	۰/۰۰۶
کوه‌رنگ	-۰/۱۳۴	۰/۰۵۱	۰/۰۲۰
نجف آباد	-۰/۱۹۵	۰/۰۰۶	۰/۲۰۲
داران	-۰/۲۴۲	۰/۲۷۶	۰/۰۷۸
میمه	-۰/۲۱۵	۰/۰۳۸	۰/۳۰۵
شهرضا	-۰/۱۴۳	۰/۱۳۱	-۰/۳۲۷*
ورزنه	-۰/۲۰۴	-۰/۰۳۰	-۰/۲۴۱

\*معنی داری در سطح ۵ درصد

\*\*معنی داری در سطح ۱ درصد

محدوده مورد مطالعه تحت تاثیر الگوهای جوی دیگر نظیر انسو قرار گرفته و بارش ایستگاه‌ها از آن تاثیر می‌پذیرد به طوری که صلاحی و همکاران [۱۹] نشان دادند که ایستگاه‌های آذربایجان شرقی در زمستان همبستگی بیشتری با NAO نشان می‌دهند و در سایر فصول همبستگی معنی داری بین بارش و علایم NAO در ایستگاه‌های آذربایجان شرقی وجود ندارد و علت آن را حضور الگوهای جوی دیگری مانند الگوی نوسان اقیانوس منجمد شمالی دانستند.

#### نمایانه SPI فصلی حوزه آبخیز زاینده رود و علایم نوسانات جنوبی (SOI)

زمستان (ژانویه- مارس): میانگین سه ماهه علایم SOI به طور همزمان با نمایانه SPI نواحی غرب حوضه (فریدن و فریدون شهر) همبستگی منفی معنی داری دارد. روابط غیر همزمان میان میانگین سه ماهه SOI (فوریه- دسامبر) و نمایانه SPI با تأخیر زمانی ۱ ماهه ارتباط معنی داری بین این دو علایم مشاهده نشد (جدول ۶) که نشان می‌دهد علامت‌های اقلیمی فصل زمستان بر علامت‌های اقلیمی پاییز قبل حوضه زاینده رود تاثیرگذار نیستند. تاج‌الدینی و همکاران [۲۱] در مطالعه‌ای که در مناطق خشک انجام دادند به این نتیجه رسیدند که علامت‌های اقلیمی در فصل زمستان بر علایم فصل قبل موثر نمی‌باشند.

بهار (آوریل- ژوئن): میانگین سه ماهه علایم SOI به طور همزمان با نمایانه SPI ایستگاه میمه همبستگی منفی معنی داری دارد. روابط غیر همزمان میان میانگین سه ماهه علایم SOI (مارس- مه) با تأخیر زمانی ۱ ماهه و نمایانه SPI در ایستگاه‌های چادگان، فریدن،

ماه مه با علایم NAO مورد محاسبه قرار گرفت. مطابق با جدول ۵ نتایج بررسی همبستگی علایم NAO با نمایانه SPI در بازه ۳ ماهه (مارس، آوریل، مه) نشان‌دهنده این مسئله است که فریدون شهر با ضریب همبستگی  $R = -0.326$  ارتباط منفی و معنی داری با علایم NAO داشته است. با توجه به ضعیف بودن ضریب همبستگی خطی بارش ماهانه با علایم NAO نمی‌توان به صورت قطعی از همبستگی منفی یا معکوس مورد مطالعه صحبت به میان آورد و برای اطمینان از صحت همبستگی، فازهای مثبت و منفی تعیین می‌گردد به طوری که حضرتی و همکاران [۷] با بررسی تأثیر پدیده‌های نوسانات NAO بر دما و بارش حوضه ارومیه تحلیل همبستگی بین بارش و علایم ذکر شده نشان دادند که فاز منفی NAO باعث افزایش بارندگی در منطقه مطالعاتی می‌شود. در بررسی نمایانه SPI در بازه ۵ ماهه (مه، آوریل، مارس، فوریه و ژانویه)، با توجه به جدول ۵ هیچ همبستگی بین شاخص SPI ایستگاه‌های مورد مطالعه با شاخص‌های SOI و NAO مشاهده نشد. همچنین در این مطالعه در بازه ۸ ماهه نیز مانند بازه ۵ ماهه به جز ایستگاه شهرضا هیچ همبستگی قابل ملاحظه‌ای بین نمایانه SPI در ماه‌های مه، آوریل، مارس، فوریه، ژانویه، دسامبر، نوامبر، اکتبر با علایم NAO مشاهده نگردید. با توجه به همبستگی ضعیف میان بارندگی و علایم NAO می‌توان نتیجه گرفت که ارتباط مذکور گاه و بی‌گاه است. مطالعات فصلی نشان می‌دهد که حوضه زاینده رود در بازه زمانی ۳ ماهه (ماه‌های مارس، آوریل و مه) همبستگی بیشتری با علایم NAO نشان می‌دهد و در سایر فصول همبستگی معنی داری بین بارندگی و علایم مذکور وجود ندارد، زیرا در فصول و حتی ماه‌های مختلف سال

جدول ۶- ضرایب همبستگی همزمان و غیر همزمان مربوط به روابط معنی دار میان نمایانه SPI فصلی ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین سه ماهه علایم SOI

دوره بارندگی	Jan-Mar (دی-اسفند)			Apr-Jun (فروردین- خرداد)		Oct-Dec (مهر-آذر)		
	SOI period	Jan-Mar (دی-اسفند)	Dec-feb (آذر-بهمن)	Apr-Jun (فروردین- خرداد)	Mar-May (اسفند- اردیبهشت)	Feb-Apr (بهمن-فروردین)	Jan-Mar (دی-اسفند)	Oct-Dec (مهر-آذر)
زمان تأخیر (ماه)	۰	۱	۰	۱	۲	۳	۰	۲
آباد	۰/۱۸۰	۰/۱۶۸	-۰/۰۳۸	-۰/۱۰۰	-۰/۰۲۱	۰/۰۸۸	-۰/۰۰۹**	-۰/۰۴۱۷*
چادگان	-۰/۲۲۳	-۰/۰۴۸	-۰/۱۶۸	-۰/۳۳۴*	-۰/۱۱۱	۰/۰۱۵	-۰/۰۴۵۷**	-۰/۱۰۲
اصفهان	-۰/۱۲۴	۰/۱۹۸	-۰/۱۳۴	-۰/۲۳۴	۰/۰۵۴	۰/۱۱۳	-۰/۰۴۳۵**	-۰/۲۱۰
فریدن	-۰/۰۴۱۵**	-۰/۰۷۵	-۰/۲۵۴	-۰/۳۹۹*	-۰/۱۷۷	-۰/۱۰۲	-۰/۰۵۱۶**	-۰/۳۸۳*
فریدون شهر	-۰/۳۸۷**	-۰/۰۰۷	-۰/۲۲۱	-۰/۰۵۰۴**	-۰/۲۶۳	-۰/۱۹۷	-۰/۰۵۳۹**	-۰/۳۸۸*
کوه‌رنگ	-۰/۰۴۱۴	-۰/۱۰۱	-۰/۰۴۵۵	-۰/۰۴۵۰	-۰/۱۳۵	۰/۱۷۰	-۰/۲۷۹**	-۰/۱۴۵
نجف آباد	-۰/۰۸۳	۰/۱۳۲	-۰/۲۷۹	۰/۳۱۴*	-۰/۰۷۱	-۰/۰۴۶	-۰/۰۵۵۱**	-۰/۲۸۹
داران	-۰/۰۹۳	-۰/۲۳۶	-۰/۰۴۰۲	-۰/۰۴۶۴*	-۰/۰۹۹	۰/۰۰۶	-۰/۰۴۳۸*	-۰/۰۷۲
میمه	-۰/۲۱۳	-۰/۰۱۰	-۰/۳۵۹*	-۰/۳۷۷*	-۰/۱۳۴	-۰/۰۶۰	-۰/۰۴۲۸**	-۰/۲۲۵
شهرضا	-۰/۱۹۷	۰/۱۰۸	-۰/۱۲۷	-۰/۲۳۰	-۰/۰۴۰	-۰/۰۸۷	-۰/۰۵۶۷**	-۰/۳۷۷*
ورزنه	-۰/۰۶۶	۰/۰۵۰	-۰/۱۱۷	-۰/۱۸۴	-۰/۰۶۰	۰/۰۲۳	-۰/۰۵۰۴**	-۰/۲۷۱

ارتباط معکوس معنی‌داری دارد که این ارتباط در مناطق خشک حوضه بیشتر است. علایم SOI ماه اکتبر با تأخیر زمانی (۱ ماهه) با ایستگاه‌های فریدون شهر ارتباط مستقیم و معنی‌داری دارد. علایم SOI ماه مه با تأخیر زمانی ۶ ماهه با نمایانه SPI ماه نوامبر با ایستگاه‌های فریدن، چادگان، فریدون شهر و میمه همبستگی متوسط معنی‌داری دارد.

#### نمایانه IPS فصلی حوزه آبخیز زاینده رود و علایم نوسانات اطلس شمالی (NAO)

زمستان (ژانویه-مارس): میانگین سه ماهه NAO به طور همزمان با نمایانه SPI ایستگاه‌های مورد مطالعه معنی‌دار نبود. روابط غیر همزمان میان میانگین سه ماهه NAO (فوریه-دسامبر) با تأخیر زمانی ۱ ماهه و نمایانه SPI در ایستگاه فریدون شهر همبستگی معنی‌داری دارد (جدول ۸).

بهار (آوریل-ژوئن): میانگین سه ماهه علایم NAO به طور همزمان با نمایانه SPI ایستگاه فریدون شهر همبستگی معنی‌داری دارد. روابط غیر همزمان میان میانگین سه ماهه NAO (مه-مارس) با تأخیر زمانی ۱ ماهه (فوریه-آوریل)، با تأخیر زمانی ۲ ماهه (ژانویه-مارس) و با تأخیر زمانی ۳ ماهه با نمایانه SPI ایستگاه‌های مورد مطالعه هیچ همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۸).

فریدون شهر، نجف آباد، داران و میمه همبستگی منفی معنی‌داری دارد. روابط غیر همزمان میان میانگین سه ماهه SOI (فوریه-آوریل) با تأخیر زمانی ۲ ماهه و میان میانگین سه ماهه SOI (ژانویه-مارس) با تأخیر زمانی ۳ ماهه با نمایانه SPI ایستگاه‌های مورد مطالعه همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶).

پاییز (اکتبر-دسامبر): میانگین سه ماهه علایم SOI به طور همزمان با نمایانه SPI ایستگاه‌های آباد، چادگان، اصفهان، فریدن، فریدون شهر، نجف‌آباد، میمه، شهرضا و ورزنه همبستگی منفی معنی‌داری دارد. روابط غیر همزمان میان میانگین سه ماهه SOI (اگوست-سپتامبر) با تأخیر زمانی ۲ ماهه و نمایانه SPI در ایستگاه‌های شهرضا، میمه، فریدن و فریدون شهر همبستگی منفی معنی‌داری دارد (جدول ۶).

#### نمایانه IPS ماهانه حوزه آبخیز زاینده رود و علایم نوسانات جنوبی (SOI)

بررسی‌های انجام شده در جدول ۷ نشان می‌دهد که علایم SOI ماه ژانویه با تأخیر زمانی ۴ ماهه با نمایانه SPI ماه مه ایستگاه‌های فریدن، نجف‌آباد، داران و میمه همبستگی متوسط معنی‌داری دارد. علایم SOI ماه فوریه به طور همزمان با ایستگاه فریدن همبستگی مثبت معنی‌داری دارد، همچنین علایم SOI ماه نوامبر به طور همزمان با ایستگاه‌های فریدن، نجف‌آباد، میمه، شهرضا و ورزنه



جدول ۷- ضرایب همبستگی همزمان و غیر همزمان مربوط به روابط معنی دار میان نمایانه SPI ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه و  
 علایم SOI

ضریب همبستگی										
	Jan(دی)	Feb(بهمن)	May(اردیبهشت)	Jun(خرداد)	Jul(تیر)	Nov(آبان)				
SOI period	Dec (آذر)	Oct (مهر)	Sep (شهریور)	Jan (دی)	Jun (خرداد)	Feb (بهمن)	Jun (خرداد)	Nov (آبان)	Oct (مهر)	May (اردیبهشت)
زمان تأخیر (ماه) time(month)	۱	۴	۵	۴	۰	۴	۱	۰	۱	۶
آباد	۰/۰۳۳	۰/۰۰۸	۰/۰۶۲	-۰/۰۲۵	-۰/۰۴۷	۰/۳۴۶	۰/۰۷۸-	-۰/۲۱۸	-۰/۲۳۸	-۰/۲۷۹
چادگان	۰/۰۰۷	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	-۰/۳۰۷	-۰/۰۴۳	۰/۱۴۱	۰/۲۵۱-	-۰/۲۸۲	-۰/۰۸۹	-۰/۳۱۳*
اصفهان	-۰/۰۴۶	۰/۱۱۱	۰/۱۶۶	-۰/۱۲۶	-۰/۰۰۸	۰/۱۲۹	۰/۱۵۲-	-۰/۲۵۳	-۰/۰۸۰	-۰/۲۷۴
فریدن	-۰/۰۶۴	-۰/۱۴۷	-۰/۰۱۵	-۰/۳۸۳*	۰/۰۴۷	۰/۳۵۲*	۰/۲۷۸-	-۰/۳۲۷*	-۰/۲۹۱	-۰/۳۹۸*
فریدون شهر	۰/۰۳۸	-۰/۱۱۶	-۰/۰۵۶	۰/۰۳۴	۰/۲۲۲	۰/۲۵۵	۰/۲۳۴-	-۰/۲۸۳	*-۰/۳۵۰	-۰/۳۵۳*
کوه‌رنگ	۰/۱۸۲	۰/۲۹۶	۰/۴۲۸	-۰/۴۰۲	-۰/۳۶۴	۰/۲۷۹	۰/۴۲۶-	-۰/۱۱۲	۰/۰۲۴	-۰/۴۴۸
نجف آباد	-۰/۰۷۷	۰/۰۱۹	۰/۰۵۱	-۰/۴۰۲*	-۰/۱۵۹	۰/۰۷۳	۰/۲۳۲-	-۰/۴۴۹**	-۰/۰۲۷	-۰/۲۸۵
داران	-۰/۰۹۹	-۰/۲۳۳	-۰/۰۴۵	-۰/۵۶۶**	-۰/۳۴۷	۰/۳۶۷	۰/۱۶۸-	-۰/۳۳۴	۰/۱۷۲	-۰/۳۰۶
میمه	-۰/۱۶۸	۰/۰۹۷	۰/۰۶۰	۰/۳۲۹*	۰/۱۷۰	۰/۲۵۷	۰/۰۸۸-	-۰/۳۹۱*	-۰/۲۷۴	۰/۴۷۴**
شهرضا	۰/۱۴۵	۰/۰۶۷	-۰/۰۳۰	-۰/۱۹۹	-۰/۰۶۳	۰/۱۷۴	۰/۰۰۴	-۰/۳۸۷*	-۰/۲۵۱	-۰/۲۵۲
ورزنه	۰/۰۱۳	۰/۰۹۳	۰/۱۷۷	-۰/۰۵۰	۰/۰۶۲	۰/۲۲۹	۰/۱۳۹-	-۰/۴۴۶**	-۰/۲۴۵	-۰/۲۰۶

نمایانه SPI همبستگی معنی داری ندارد. علایم NAO ماه ژوئن با تأخیر زمانی ۱ ماهه با نمایانه SPI ماه جولای در ایستگاه‌های آباد، کوه‌رنگ و داران همبستگی منفی معنی داری دارد. علایم NAO ماه نوامبر به طور همزمان با نمایانه SPI ایستگاه‌های چادگان، اصفهان، فریدن، کوه‌رنگ، نجف‌آباد، میمه، ورزنه و شهرضا همبستگی مثبت معنی داری دارد. علایم NAO ماه اکتبر با تأخیر زمانی ۱ ماهه با نمایانه SPI در ایستگاه داران همبستگی منفی معنی داری دارد. علایم NAO ماه مه با تأخیر زمانی ۶ ماهه هیچ همبستگی معنی داری با نمایانه SPI ندارد.

#### نتیجه گیری

مطالعات چند سال اخیر در دنیا نشان می‌دهد که تأثیر علامت‌های اقلیمی بر بارش، که به دنبال آن خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها رخ می‌دهند، در اکثر مناطق معنی دار است و پژوهشگران به کمک آن به پیش بینی بارش در بعضی مناطق جهان پرداخته‌اند. در این پژوهش نتایج نشان می‌دهد که بیشترین دوره‌های خشکسالی در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۸

پاییز(اکتبر- دسامبر): روابط همزمان و غیر همزمان میان میانگین سه ماهه علایم NAO با نمایانه SPI ایستگاه‌های مورد مطالعه معنی دار نبود (جدول ۸).

#### نمایانه SPI ماهانه حوزه آبخیز زاینده رود و علایم نوسانات شمالی (NAO)

نتایج همبستگی ماهانه بین علایم NAO و نمایانه SPI در جدول ۹ نشان می‌دهد که علایم NAO ماه (دسامبر) با تأخیر زمانی ۱ ماهه با نمایانه SPI ماه ژانویه ایستگاه‌های مورد مطالعه همبستگی معنی داری ندارد. علایم NAO ماه اکتبر با تأخیر زمانی ۴ ماهه با نمایانه SPI ماه فوریه ایستگاه‌های مورد مطالعه همبستگی معنی داری ندارد. علایم NAO ماه سپتامبر با تأخیر زمانی ۵ ماهه با نمایانه SPI ماه فوریه در ایستگاه داران همبستگی منفی معنی داری دارد. علایم NAO ماه ژانویه با تأخیر زمانی ۴ ماهه با نمایانه SPI ماه مه در ایستگاه فریدون شهر همبستگی منفی معنی داری دارد. علایم NAO ماه ژوئن به طور غیر همزمان با تأخیر زمانی ۴ ماهه با

جدول ۸- ضرایب همبستگی همزمان و غیر همزمان مربوط به روابط معنی دار میان نمایانه SPI فصلی ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین سه ماهه علایم NAO

دوره بارندگی	Jan-Mar (دی-اسفند)		Apr-Jun (فروردین- خرداد)			Oct-Dec (مهر-آذر)		
	Jan-Mar (دی-اسفند)	Dec-feb (آذر-بهمن)	Apr-Jun (فروردین- خرداد)	Mar-May (اسفند- اردیبهشت)	Feb-Apr (بهمن-فروردین)	Jan-Mar (دی-اسفند)	Oct-Dec (مهر-آذر)	Aug-Oct (مرداد-مهر)
زمان تأخیر (ماه)	۰	۱	۰	۱	۲	۳	۰	۲
آباد	۰/۰۴۲	۰/۰۷۵	-۰/۳۶۳	-۰/۱۲۷	-۰/۰۴۴	۰/۰۵۰	۰/۲۱۴	۰/۲۰۵
چادگان	۰/۱۸۴	۰/۲۰۴	-۰/۱۹۱	۰/۱۱۹	۰/۰۴۲	۰/۰۰۴	۰/۰۸۷	۰/۱۸۴
اصفهان	۰/۲۱۷	۰/۲۲۶	۰/۰۲۳	۰/۰۵۷	-۰/۰۱۶	۰/۰۰۲	-۰/۰۸۵	۰/۳۰۷
فریدن	۰/۰۴۳	۰/۱۳۴	-۰/۲۰۷	۰/۱۵۲	۰/۰۴۲	۰/۰۱۰	۰/۱۲۸	۰/۱۶۰
فریدون شهر	۰/۲۵۳	۰/۳۴۲*	-۰/۳۷۲*	۰/۱۵۸	۰/۰۳۵	-۰/۰۹۸	۰/۰۷۹	۰/۱۴۸
کوهرنگ	-۰/۲۳۲	۰/۰۰۵	-۰/۲۰۴	۰/۱۱۲	۰/۱۷۶	۰/۰۳۳	-۰/۱۹۵	-۰/۱۰۹
نیجف آباد	۰/۲۴۳	۰/۲۵۰	-۰/۱۳۴	۰/۱۵۰	۰/۰۶۵	-۰/۰۰۵	-۰/۰۹۷	۰/۱۲۶
داران	-۰/۰۹۴	۰/۲۱۴	-۰/۱۷۳	۰/۲۷۱	۰/۱۸۶	۰/۰۳۹	-۰/۱۵۹	-۰/۱۹۳
میمه	۰/۲۲۵	۰/۱۸۵	-۰/۰۵۳	۰/۱۸۷	۰/۱۴۲	۰/۰۶۲	۰/۱۱۵	۰/۱۹۹
شهرضا	۰/۱۵۱	۰/۱۸۹	-۰/۰۲۹	۰/۰۹۸	۰/۰۵۳	۰/۰۶۹	-۰/۰۳۷	۰/۲۱۰
ورزنه	۰/۱۱۴	۰/۰۸۳	۰/۰۶۶	۰/۰۱۱	-۰/۰۹۵	-۰/۰۹۷	۰/۰۸۲	۰/۲۹۵

بارندگی ماهانه با علایم SOI مشاهده نشد، زیرا حوزه آبخیز زاینده رود در جهت شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشد و این حوضه توسط ارتفاعات بلند زاگرس احاطه شده، بنابراین این رشته کوه باعث عمده ریزش‌های ناشی از ورود بادهای غربی در ایستگاه‌های فریدون شهر، فریدن، کوهرنگ، داران و چادگان می‌شود اما عامل ارتفاع، موقعیت کوهستان‌ها و جهت ورود بادهای غربی باعث کاهش میزان بارش در ایستگاه‌های اصفهان، ورزنه و شهرضا شده است. پیره و همکاران [۱۷] نیز معتقدند که علایم بزرگ مقیاس اقلیمی در نقاط مرتفع و نواحی سرد و نیمه سرد و مرطوب قدرت تأثیر گذاری بیشتری بر بارش دارند. با توجه به ارتباط بیشتر علایم SOI با نمایانه SPI که در غرب حوضه جائیکه سرچشمه اصلی زاینده رود محسوب می‌شود و نیز نقش حیاتی رودخانه زاینده رود بعنوان تنها رودخانه دائمی فلات مرکزی ایران اطلاع از تغییرات علایم SOI می‌تواند در مدیریت ریسک خشکسالی و برنامه‌ریزی برای کاهش خسارات خشکسالی به مدیران اجرایی کمک کند. و توجه به اینکه این منطقه به عنوان سرچشمه رودخانه زاینده رود محسوب می‌شود می‌توان به پیش‌بینی بارندگی در منطقه پرداخت و از آن به عنوان تأمین‌کننده آب در غرب حوضه استفاده نمود.

حادث شده است و همبستگی نمایانه SPI ایستگاه‌های مورد مطالعه در مقیاس فصلی و ماهانه با علامت‌های SOI و NAO که به صورت همزمان و غیر همزمان مطالعه شد، بیانگر این مطلب است که همبستگی معنی‌داری بین علامت‌های مذکور وجود دارد و تنها در فصل پاییز میان علایم NAO با نمایانه SPI به طور همزمان و غیر همزمان همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که بین بارش‌های بهاره ایستگاه‌های شهرضا و فریدون شهر با علایم NAO همبستگی منفی ضعیف و معنی‌داری وجود دارد، این به معنی افزایش بارش و وقوع دوره‌های مرطوب در فاز منفی NAO و بر عکس کاهش بارش و بهاره در فاز مثبت NAO می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی همبستگی علایم SOI با بازه ۸ ماهه نشان‌دهنده این مسئله است که علایم SOI در این بازه از ارتباط پایدار و قوی‌تری برخوردار بوده و این علایم بر این بازه تأثیر بیشتری گذاشته است. در غرب حوضه الگوهای مشخص‌تری میان بارندگی ماهانه و پدیده انسو وجود دارد، به عبارت دیگر در این ناحیه بارندگی‌ها تأثیر معنی‌دار بیشتری نسبت به سایر مناطق حوضه با پدیده انسو داشته‌اند و با افزایش SOI میزان بارش کاهش یافته و و شرایط بروز خشکسالی بیشتر می‌شود. بالعکس با کاهش علایم SOI (منفی شدن علایم) میزان بارش افزایش پیدا می‌کند. در ایستگاه‌های اصفهان، ورزنه و شهرضا در هر سه بازه زمانی مطالعه شده روند معنی‌داری میان

جدول ۹- ضرایب همبستگی همزمان و غیر همزمان مربوط به روابط معنی دار میان نمایانه SPI ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه و  
 علائم NAO

ضریب همبستگی										
	Jan(دی)	Feb(بهمن)	May(اردیبهشت)	Jun(خرداد)	Jul(تیر)	Nov(آبان)	دوره بارندگی			
NAO period	Dec	Oct	Sep	Jan	Jun	Feb	Jun	Nov	Oct	May
	(آذر)	(مهر)	(شهریور)	(دی)	(خرداد)	(بهمن)	(خرداد)	(آبان)	(مهر)	(اردیبهشت)
زمان تأخیر (ماه)	۱	۴	۵	۴	۰	۴	۱	۰	۱	۶
time(month)										
آباد	-۰/۱۱۴	۰/۱۸۳	-۰/۰۸۳	-۰/۰۶۵	۰/۰۹۵	۰/۰۱۶	-۰/۴۹۳**	۰/۱۵۹	۰/۱۲۳	-۰/۰۲۷
چادگان	-۰/۱۲۱	۰/۰۸۵	-۰/۲۷۶	-۰/۱۴۰	-۰/۲۰۱	-۰/۰۸۵	-۰/۰۶۳	۰/۴۱۲**	-۰/۰۷۱	-۰/۱۹۷
اصفهان	-۰/۰۹۷	۰/۱۳۷	-۰/۱۴۴	-۰/۰۲۱	-۰/۲۴۹	-۰/۰۷۰	-۰/۱۲۱	۰/۳۹۹*	۰/۰۲۸	-۰/۱۹۴
فریدن	-۰/۲۴۰	-۰/۰۴۶	-۰/۲۹۷	-۰/۲۵۲	-۰/۱۹۰	-۰/۲۲۶	-۰/۲۳۶	۰/۳۷۹*	-۰/۰۶۱	-۰/۱۸۴
فریدون شهر	-۰/۱۹۴	-۰/۲۱۹	-۰/۲۸۱	-۰/۳۱۲*	-۰/۲۵۰	-۰/۱۲۸	-۰/۱۴۳	۰/۲۸۹	-۰/۱۵۷	-۰/۱۵۹
کوه‌رنگ	-۰/۲۲۱	-۰/۲۷۵	-۰/۲۷۶	-۰/۱۰۵	-۰/۲۷۲	-۰/۳۳۴	-۰/۶۰۶**	۰/۴۸۱*	-۰/۴۱۶	-۰/۰۱۵
نجف آباد	-۰/۱۱۸	۰/۲۱۸	-۰/۲۶۴	-۰/۰۱۶	-۰/۰۲۹	-۰/۱۶۴	-۰/۲۱۳	۰/۳۹۳*	-۰/۰۳۹	-۰/۲۳۱
داران	-۰/۲۲۱	۰/۱۸۱	-۰/۴۵۴*	-۰/۱۷۶	-۰/۴۲۵	-۰/۳۴۳	-۰/۵۷۷**	۰/۳۱۵	-۰/۵۰۲*	-۰/۳۳۵
میمه	-۰/۱۹۲	۰/۰۴۳	-۰/۲۶۵	-۰/۰۶۰	-۰/۱۰۳	-۰/۰۷۳	-۰/۱۳۴	۰/۳۲۴*	۰/۱۰۳	-۰/۱۴۴
شهرضا	-۰/۰۷۹	۰/۱۴۲	-۰/۰۵۴	-۰/۰۱۶	-۰/۰۸۴	-۰/۰۹۸	۰/۰۸۴	۰/۳۶۰*	۰/۰۱۰	-۰/۱۰۹
ورزنه	۰/۱۰۱	۰/۲۰۵	-۰/۲۰۶	-۰/۱۱۱	-۰/۰۵۰	-۰/۰۳۱	۰/۰۶۲	۰/۳۹۲*	-۰/۰۰۳	-۰/۰۷۶

5- Ghayoor, H, Asakereh, H. 2002. Investigation the effect of teleconnection on Iran temperature (case study the effect of North Atlantic Oscillation and Southern Oscillation on the Monthly temperature change in Jask), The Journal of Geographical Research, No: 64-63. pp. 91-113. (In Persian)

6- Grimm, A. Renata, M. Tedeschi, G. 2009. Enso and extreme rain fall events in South America. Journal of Cmate. No: 22, pp. 1589-1609.

7- Hazrati, Sh, Abrishamchi, A. and Tajrishi, M. 2004. The effect of North and South Atlantic Oscillation phenomenon on temperature and precipitation in the Oroomieh Lake. First National Congress in Civil Engineering, Sharif University of Technology. (In Persian)

8- Jamalizadeh, N. and Borna, R., 2012 Investigation the frequency of drought condition based on SPI and GIS in Khoozestan province.

#### منابع

1- Afonso doo, O, 2005. Regional drought analysis and mitigation using the SPI, European Regional Conference.

2- Ashouri, C. Morad Khani, H. and Tajrishi, M. 2008. Study the effects of phenomenon Elnino-Southern Oscillation and the 10-year fluctuations Pacific Ocean on the total inflow to the dam Zayandehrud. Third Iranian Water Resources Management Conference, University of Tabriz. (In Persian)

3- Azizi, Q. 2000. Elnino and periods of drought and wet in Iran, Geographical Researches, No. 38, pp. 71-84. (In Persian)

4- Fatehi Marj, A. Borhani Darian, A. and Mehdiان, M. 2005. Seasonal stream flow forecasts using climatological temperature index case study Simineh River. The Fifth Conference of Iran, Kerman University. (In Persian)

- 17- Pireh, w. Fatehi Marj, A. 2011. Evaluation the potential impact of large-scale climate signals on rainfall of different areas by artificial neural networks, The conference of Research Center of Water Shortage and Drought in Agriculture and Natural Resources., pp. 11-17. (In Persian)
- 18-Saadati, S. Soltani, S and Eslamian. S, 2009, Statistical analysis of return period of drought conditions in Isfahan province using the Standardized Precipitation Index. Vol: 62 , No: 2, pp. 257-269. (In Persian)
- 19- Salahi, b. Khorshid doost, A and Qavidel, A. Rahimi, A. 2007. Relationship between oscillations of atmospheric circulation and North Atlantic Ocean with drought of Azarbayejan. Geographical Research, No:60, pp. 147-156. (In Persian)
- 20- Syed, F.S. Giorgi, F, Pal,s. and King ,M.P, 2006, Effect of Remote forcings on the Winter Precipitation of central SouthWestAsia Part 1:Observations, Theoretical and Applied climatology, Vol: 86, pp.147-160.
- 21- Tajeddin, M. Fatehi Marj, A. and Salajaghe, A. 2011. Investigation the relationship between climate signals NINO1,2, NINO3,4, NINO4, MEI, SOI and standard precipitation index (SPI) in semi arid and hyper arid zones of Kerman province, The Conference of Research Center of Water Shortage and Drought in Agriculture and Natural Resources. (In Persian)
- 22- Vicent-serrano, S.M. 2005, Elnino and Lanina influence on Droughts at different times scales in the Iberian Peninsula. Geophysical Research, Vol;18, pp.1-18.
- 23- Yazdani, M. Khodaghohi, M. Chavoshi, S. Saghafiyani, B. 2005. Investigation of climatology drought in Isfahan, Water and Watershed, Vol: 1, No: 4, pp:41-51 (In Persian)
- Scientific-Research Journal of Geographic (Regional Planing) No: 2, pp. 157-176. (In Persian)
- 9- Khodaghohi, M. 2005. The Survey of Plant Bioclimatology of Zayanderood Basin, Geography PhD thesis, University of Isfahan. (In Persian)
- 10- Khodaghohi, M. 2008. The survey and regionalization of drought in Esfahan province by Standardized Precipitation Index, Applied Research Plan, Department of Natural Resources. (In Persian)
- 11- Khodaghohi, M. yaghmaei, L. and Saboohi, R. 2011. Teleconections signal of Meteorology ENSO precipitation fluctuations in the province, The Seventh National Conference of Watershed Engineering. (In Persian)
- 12- Lashany zand, M. Telvari, A. 2004. Investigation the climate logical drought and the possibility forecast it in six areas of the west and northwest of Iran, Journal of Geographical Research, No: 72. pp. 75-86. (In Persian)
- 13- Massei, N., Laignel, B, Deloffre, J., Mesquita,J., Motelay, A, Lafite, R and Durand, A., 2010. Long-term hydrological changes of the Seine River flower (France) and their relation to the North Atlantic Oscillation Over the Period 1950-2008, International journal of climatology, Vol:30, pp.2146-2154
- 14- Mckee, t. B, Doesken, N.j and Kleist, j, (1993), The relationship of drought frequency and duration to time scales, Eighth Conference on Applied Climatology, pp.176-184.
- 15- Motamedi, M. Ehteramian, K. Shahabfar, A. 2007. Investigation the teleconnection between ENSO and rainfall and temperature fluctuations in Khorasan province. Environmental Sciences. Vol:4, No:4, pp. 75-90. (In Persian)
- 16-Nicholson, SH. Leposo, L. Grist, G. 2001, The Relationship between ElNino and Drought over Botswana. Department of Meteorology. The Florida state university. J. Climate, No:14, pp.323-335.