

## تحلیل فضایی و بررسی روابط الگوهای پیوند از دور با خشکسالی‌های ایران مرکزی

۱- مهران فاطمی، دانشجوی دکتری مخاطرات طبیعی، دانشگاه یزد  
yazdfatemi@yahoo.com

۲- کمال امیدوار، استاد اقلیم شناسی، دانشگاه یزد

۳- احمد مزیدی، دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه یزد

۴- ابراهیم مسگری، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

۵- حمیده دهقان، کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی، دانشگاه یزد

دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۱

پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۷

## چکیده

در این پژوهش با تکیه بر رویکرد محیطی به گردشی، دوره‌های خشکسالی در بازه زمانی ۲۲ ساله (۲۰۱۳ - ۱۹۹۲) در سطح ۲۱ ایستگاه همدید استان‌های کرمان، یزد و اصفهان با استفاده از نمایه SPI در مقیاس سالانه محاسبه گردید. داده‌های الگوهای ارتباط از دور استخراج و بر اساس روش‌ها و مدل همبستگی و رگرسیون چند متغیره ارتباط بین خشکسالی‌های عمده ی منطقه و این الگوها بررسی شد. بر اساس نتایج، در مجموع سالانه حدود ۳۷/۴۲ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI استان اصفهان و ۵۱/۰۹ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI استان کرمان و ۴۲/۱۷ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI استان یزد به وسیله الگوها تبیین می‌گردد. در پایان، الگوهای چندمتغیره اسکاندیناوی (SCA) در استان اصفهان و الگوی اطلس شرقی (EA) در استان کرمان و الگوی حاره ای جنوب اقیانوس اطلس (TSA) در استان یزد به عنوان مؤثرترین الگوها تغییرات SPI سالانه را در ایران مرکزی توجیه می‌نمایند.

**واژگان کلیدی:** پیوند از دور؛ شاخص استاندارد بارش؛ کریجینگ؛ مدل‌های رگرسیون؛ ایران.

## مقدمه

اجتماعی، سبز و خشکسالی کاغذی تقسیم کرد [۳۰]. قرار گرفتن ایران در کمربند خشک جهان در طول تاریخ دراز این کشور نقش مهمی در شرایط اجتماعی و تاریخی آن داشته است، متأسفانه در گذشته امکان بررسی این پدیده فراهم نبوده و در این راستا با تلاش سازمان هواشناسی کشور، اطلاعات کافی از سراسر کشور فراهم گردیده است. از دید اقلیم شناسان، خشکسالی یک پدیده طبیعی است که خود به خود در اثر الگوهای آب و هوایی ناشی از کاهش ریزش‌های جوی کمتر از حد معمول به وجود می‌آید و ادامه آن موجب عدم تعادل هیدرولوژیک و اکولوژیک می‌شود. از طرفی، چون از دیدگاه جغرافیا، تعریف خشکسالی مفهومی مکان‌مند است، شدت خشکسالی در هر محل، تابعی از ضریب تغییرپذیری بارش در همان محل است؛ تا آنجا که در شاخص SPI، درجه خشکسالی و ترسالی به بهترین شکل ممکن تبیین می‌شود [۱۲].

بارش از مهم‌ترین عوامل هواشناسی است که کاهش آن از مقدار طبیعی در یک دوره زمانی باعث ایجاد خشکسالی می‌شود. مسئله خشکسالی به عنوان مهم‌ترین پدیده جدی اقلیمی از معضلات محیطی در اغلب کشورهای جهان به ویژه ایران است. درک تغییرات سالانه و درون دهه ای آن برای بهبود برنامه ریزی و مدیریت منابع آب مهم است [۱۷]. نوسان بارش در سطوح جهانی خطرات زیادی برای امنیت غذایی و توسعه اقتصادی در جهان دارد. بخش‌های وسیعی از ایران از جمله بخش مرکزی به علت واقع شدن در قلمرو اقلیمی خشک و نیمه خشک همواره بارش کمی دریافت و از این رو به طور دائم با کمبود آب مواجه هستند. از مهم‌ترین ویژگی‌های نواحی اقلیمی ایران تغییرات شدید در میزان بارش آن است. نوسان زمانی بارش ایران نقش مهمی در محدودیت دسترسی به منابع آب دارد [۷]. خشکسالی را می‌توان به خشکسالی‌های هواشناسی، کشاورزی، اقلیم شناسی، هیدرولوژیک، اقتصادی -

عمده‌ترین مساله فراروی توسعه و پیشرفت استان‌های اصفهان، کرمان و یزد، واقع در ایران مرکزی، وقوع خشکسالی‌های فراگیر و بحرانی شدن وضعیت منابع آب و به چالش کشیده شدن حیات طبیعی و انسانی در این مناطق است. آن‌چه امروزه در مدیریت خشکسالی به منظور به حداقل رساندن اثرات سو آن مورد توجه است، انتقال مدیریت بحران به مدیریت ریسک به عنوان امری اجتناب‌ناپذیر است. بدیهی است که بدون شناسایی الگوهای گردش جوی، تبیین و چاره‌جویی مسائل محیطی امری دشوار است. در ارتباط با وقوع خشکسالی‌ها از دیدگاه اقلیمی، علت این تغییرپذیری اقلیمی که منجر به این آسیب محسوس و مزمن طبیعی می‌شود از اهمیت زیادی برخوردار است. استقرار هم‌زمان یکسری الگوهای اقلیمی و هواشناسی در مقیاس وسیعی در نیمکره شمالی که آن را الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی<sup>۱</sup> می‌نامند می‌تواند یکی از کلیدهای معمای خشکسالی به حساب آید [۱۴]. الگوهای پیوند از دور جهت پیش‌بینی میانگین شرایط جوی در دوره‌های زمانی معمولاً چند ماهه یا سالانه استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، ترکیب بین جو و تغییرات بسیار کندتر در اقیانوس‌ها، امکان پیش‌بینی شرایط اقلیمی در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی، سالانه و حتی دهه‌ای را فراهم می‌آورد [۲۷]. پیوند از دور را ارتباط هم‌زمان بین نوسانات عناصر اقلیمی یک مکان با تغییرات الگوهای فشار و درجه حرارت سطح دریا در نقاط جغرافیایی دیگر تعریف کرده‌اند [۲۸]. با توجه به کارآیی مطالعات پیوند از دور در شناخت منشاء بارش و نوسانات آن که موجب خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها می‌شوند، تلاش‌هایی برای شناخت الگوهای پیوند از دور مؤثر بر بارش شده است [۱۷].

در زمینه اثر الگوهای مذکور بر نوسانات بارش و همچنین خشکسالی تحقیقات ارزشمند زیادی در ایران و سایر نقاط دنیا صورت گرفته است. مطالعات نشان داده که فاز منفی الگوی NAO<sup>۲</sup> همراه با افزایش بارش زمستانی و کاهش دما و فاز مثبت آن موجب کاهش بارش، افزایش دما و ظهور خشکسالی‌های زمستانه در سراسر ترکیه بوده

است [۲۶]. نتایج بررسی ارتباط بین متوسط دمای ماهانه منطقه آفیون ترکیه به سمت شاخص الگوی پیوند از دور دریای شمال - خزر را نشان می‌دهد که در فاز مثبت الگوی پیوند از دور دریای شمال - خزر دمای هوای ناحیه ای کوهستانی آفیون افزایش پیدا کرده است [۲۹]. بررسی اثر الگوی پیوند از دور دریای شمال - خزر بر رژیم‌های دمایی و بارش خاورمیانه نشان‌دهنده این است که رژیم‌های دمایی خاورمیانه به فازهای مختلف الگوهای پیوند از دور دریای شمال - خزر حساس است [۱۸]. گرمایش جهانی باعث کند شدن تدریجی گردش واکر، برای ثابت ماندن شار بخار آب به نواحی همرفت می‌شود. در صورتی که مناطق حاره ای اقیانوسی سردتر باشند، گردش واکر با هدف جبران شار رطوبتی تشدید می‌شود [۴]. نتایج بررسی الگوهای جوی در طول دوره‌های خشکسالی در لیتونی نشان داد که میزان خشکسالی در منطقه بالتیک در ارتباط با الگوهای گردشی جو است. فازهای منفی NAO/AO<sup>۳</sup> باعث خشکسالی‌ها شدید در منطقه شده است [۲۲]. در پژوهشی احتمال بارش‌های فصلی در چین با استفاده از شاخص‌های بزرگ مقیاس اقیانوسی جوی به صورت ماهانه بررسی شد. نتایج نشان داد که شاخص دمای سطح آب در غرب اقیانوس آرام و هند از شاخص النینو-نوسانات جنوبی برای پیش‌بینی موثرتر است [۳۲].

نتایج بررسی ارتباط ال نینو و دوره‌های خشکسالی - ترسالی در ایران نشان‌دهنده ارتباط نسبتاً قوی ای بین بارش سالانه ایران و شاخص نوسان جنوبی<sup>۴</sup> (SOI) است. در بررسی ماهانه مشخص شد که بالاترین ضریب همبستگی بارش ماهانه ایران و شاخص نوسان جنوبی هم‌زمان آن، در ماه اکتبر دیده می‌شود [۱]. در پژوهشی، برخی نشانه‌ها و آثار پدیده انسو در بارش‌های تابستانی و پاییزی جنوب شرق ایران ارزیابی شد. نتایج نشان داد که در فصل تابستان طی فازهای گرم عموماً شرایط خشکی تابستانی استمرار می‌یابد و بارش‌های تابستانی به حداقل خود می‌رسد. در فازهای سرد برخلاف فصل پاییز شرایط پرباران تر و مرطوب تر از معمول به وجود می‌آید [۹]. نتایج مطالعه اثر پیوند از دور بر اقلیم ایران نشان داد که

3- Atlantic Oscillation

4- Southern Oscillation Index

1- NHTP: North Hemisphere Tele-connection Patterns

2- North Atlantic Oscillation

سالانه و پاییزی کمتر و به‌طور متقابل میانگین دمای سالانه و فصول چهارگانه بیشتر از میانگین دراز مدت است [۳۰]. نقش الگوی پیوند از دور جو بالای دریای شمال - مازندران در تغییرات زمانی بارش سواحل جنوبی دریای خزر بررسی شد [۶]. پایش خشکسالی ایران به کمک شاخص شدت خشکسالی پالمر و ارتباط آن با الگوهای پیوند از دور جو - اقیانوسی ثابت می‌کند که الگوهای پیوند از دور در فصل پاییز ارتباط بیشتری با خشکسالی‌های ایران نشان می‌دهند [۳].

با توجه به اهمیت وقوع پدیده ی خشکسالی متناوب در ایران مرکزی که به شدت اکوسیستم حساس و جنبه های مختلف حیات را تحت تأثیر خود قرار داده است، در این پژوهش تلاش شده است تا تأثیرات الگوهای ارتباط از دور نیمکره ی شمالی بر شدت و گستره این خشکسالی‌ها تجزیه و تحلیل شود.

### مواد و روش‌ها

داده های مورد استفاده در این پژوهش شامل داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی و داده‌های بارش ایستگاه‌های باران سنجی استان‌های اصفهان، کرمان و یزد در دوره آماری مشترک است. جدول ۱ مشخصات ایستگاه های هواشناسی منتخب و شکل ۱ نیز پراکندگی ایستگاه‌ها در سطح کشور را نشان می‌دهد. دوره‌های خشکسالی با تکیه بر رویکرد محیطی گردشی در بازه زمانی ۲۱ ساله (۱۹۹۲-۲۰۱۳) در سطح ۲۱ ایستگاه همدید استان‌های کرمان، یزد و اصفهان که دارای دوره آماری مشترک بلند مدت بودند با استفاده از نمایه SPI در مقیاس سالانه محاسبه شد. در رویکرد محیطی گردشی الگوهای گردش جوی بر حسب شرایط محیطی خاص تعیین می‌شود. از سوی دیگر ۱۸ الگوی ارتباط از دور از سایت مرکز ملی اقیانوس و جوشناسی ایالت متحده آمریکا<sup>۸</sup> (NCEP|NCAR) استخراج شد. سپس بر اساس روش‌ها و مدل همبستگی و رگرسیون چند متغیره گام به گام ارتباط بین خشکسالی‌های عمده ی منطقه و این الگوها تعیین گردید (جدول ۲). ضرایب همبستگی

مولفه نوسانی شاخص نوسانات اقیانوس اطلس شمالی (NAO) و شاخص نوسانات جنوبی (SOI) به شدت بر دمای جاسک موثر است [۸]. بررسی ارتباط ۲۰ الگوی چرخش جوی کلان مقیاس نیمکره شمالی با شاخص خشکسالی<sup>۱</sup> SPI در سیستان و بلوچستان با توجه به حضور و فعالیت آنان در طی فصول مختلف نشان داد که الگوهای<sup>۲</sup> MEI،<sup>۳</sup> NOI،<sup>۴</sup> NP،<sup>۵</sup> PDO،<sup>۶</sup> POL بیشترین همبستگی معنی دار با شاخص SPI سالانه دارند [۱۴]. نتایج بررسی ارتباط مثبت بین شاخص‌های چند متغیره انسو (MEI) و بارش ایستگاه های آذربایجان شرقی نشان‌دهنده این است که در بین فصول چهارگانه میزان همبستگی فقط در فصل پاییز معنی دار بوده و در سایر فصول همبستگی معنی داری بین بارش و پدیده های ال نینو و لانینا مشاهده نمی‌شود [۱۶]. بین بارش سالانه ایستگاه‌های تبریز، اهر و جلفا با شاخص نوسانات اطلس شمالی همبستگی منفی ضعیف و معنی داری به ویژه در ترسالی‌ها و خشکسالی‌های فراگیر وجود دارد [۲۴]. در پژوهشی، ارتباط دمای ماهانه ایستگاه‌های بندرعباس، بوشهر، اصفهان، سنج، تهران و مشهد را با شاخص های انسو بررسی شد. نتایج همبستگی دمای ایستگاه‌های نمونه با شاخص‌های مختلف انسو را تنها در دو یا سه ماه نشان داد که مقدار آن در ایستگاه های جنوبی تر (بوشهر و بندرعباس) بیشتر از ایستگاه‌های شمالی تر (اصفهان، مشهد و تهران) است [۱۱]. در تحقیقی تاثیرپذیری دمای ماهانه و فصلی نیمه جنوبی کشور از پدیده انسو بررسی شد [۳۱]. ارتباط پدیده انسو با مقادیر حدی بارش های فصلی در استان خراسان بررسی شد [۲۳]. تاثیر پدیده انسو بر پارامترهای اقلیمی دما و بارش در دشت قزوین به کمک روش همبستگی متوالی<sup>۷</sup> (SCA) و روش‌های دیگر آماری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که در سال‌های وقوع پدیده النینو بارش سالانه و پاییزه بیشتر بوده، هرچند میانگین دمای سالانه و فصول مختلف کمتر است. در عوض، در سال‌های وقوع پدیده لانینا بارش

1- Standard Precipitation Index

2- Polar/Eurasia Pattern

3- Pacific Decadal Oscillation

4-North Pacific

5- Northern Oscillation Index

6- Multivariate Enso Index

7- Sequential Correlation Analysis

8- National Center Environmental Prediction / National National Center Atmospheric Research

رگرسیون چندگانه، گام به گام و عقب رو برای تعیین الگوهایی که بیشترین نقش را در توجیه تغییرات شاخص شدت خشکسالی به عهده دارند، استفاده شد. در این رابطه برای هر ایستگاه و شاخص متوسط ایستگاهها محاسبات انجام گردید. نتایج حاصل از الگوهای انتخاب شده به وسیله مدل و درصد توجیه تغییرات شاخص خشکسالی به وسیله الگوها تعیین و بر روی نقشهها ترسیم و پهنه‌بندی شد.

شاخص‌ها با SPI ایستگاه‌ها و منطقه به صورت سالانه در دوره زمانی تحقیق و همچنین طی شرایط خشکسالی‌ها جهت پی بردن به تاثیر شدت هر یک از شاخص‌ها محاسبه شد. معنی‌داری به کمک آزمون همبستگی پیرسون در سطح خطای ۰/۰۵ و ۰/۰۱ بررسی شد. بخش اساسی تحلیل‌ها در این پژوهش بر تجزیه و تحلیل معادلات رگرسیون چند گانه است، بر این اساس، شاخص SPI به عنوان متغیر وابسته، و الگوهای ارتباط از دور به عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل‌ها گردید. مدل‌های

جدول ۱- ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	استان	عرض (شمالی)	طول (شرقی)	ارتفاع (m)
۱ خور و بیابانک		۳۳° ۴۷'	۵۵° ۵۰'	۸۴۵ m
۲ داران		۳۲° ۵۸'	۵۰° ۲۲'	۲۲۹۰ m
۳ شرق اصفهان		۳۲° ۴۰'	۵۱° ۵۲'	۱۵۴۳ m
۴ شهر رضا		۳۱° ۵۹'	۵۱° ۵۰'	۱۸۴۵/۲
۵ کاشان		۳۳° ۵۹'	۵۱° ۲۷'	۹۸۲/۳
۶ کبوتر آباد	اصفهان	۳۲° ۳۱'	۵۱° ۵۱'	۱۵۴۵
۷ گلپایگان		۳۳° ۲۸'	۵۰° ۱۷'	۱۸۷۰
۸ نایین		۳۲° ۵۱'	۵۳° ۵۰'	۱۵۴۹
۹ نطنز		۳۳° ۳۲'	۵۱° ۵۴'	۱۶۸۴/۹
۱۰ اصفهان		۳۲° ۳۷'	۵۱° ۴۰'	۱۵۵۰/۴
۱۱ اردستان		۳۳° ۲۳'	۵۲° ۲۳'	۱۲۵۲/۴
۱۲ انار		۳۰° ۵۳'	۵۵° ۱۵'	۱۴۰۸/۸
۱۳ بافت		۲۹° ۱۴'	۵۶° ۳۵'	۲۲۸۰
۱۴ بم		۲۹° ۵۰'	۵۸° ۲۱'	۱۰۶۶/۹
۱۵ سیرجان	کرمان	۲۹° ۲۸'	۵۵° ۴۱'	۱۷۳۹/۴
۱۶ شهر بابک		۳۰° ۶۰'	۵۵° ۸۰'	۱۸۳۴/۱
۱۷ کرمان		۳۰° ۱۵'	۵۶° ۵۸'	۱۷۵۳/۸
۱۸ کهنوچ		۲۷° ۵۸'	۵۷° ۴۲'	۴۶۹/۷
۱۹ بافق		۳۱° ۳۶'	۵۵° ۲۶'	۹۹۱/۴
۲۰ رباط پشت بادام	یزد	۳۳° ۲۰'	۵۵° ۳۳'	۱۱۸۸
۲۱ یزد		۳۱° ۵۴'	۵۴° ۱۷'	۱۲۳۷/۲



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

## شاخص بارش استاندارد (SPI)

شاخص بارش استاندارد به وسیله مک کی به منظور تعیین و پایش خشکسالی و کمی‌سازی کمبود بارش و پایش وضعیت خشکسالی ارائه شد [۱۹]. شاخص بارش استاندارد شده این امکان را می‌دهد که شدت خشکسالی هم برای مقیاس‌های کوتاه مدت و هم دراز مدت پایش نمود. به منظور محاسبه شاخص SPI، ابتدا داده‌های بارندگی به تابع توزیع تجمعی گاما برازش داده شد. سپس این توزیع به توزیع نرمال استاندارد شده با به‌کارگیری مفهوم احتمالات مساوی تبدیل شده و

شاخص SPI محاسبه شد [۱۳]. شاخص SPI در مقیاس زمانی سالانه (۱۲ ماهه) به عنوان شاخص خشکسالی مناسب از جمله برای مناطق ایران مرکزی معرفی شده است [۱۴، ۱۳ و ۲۱]. همچنین این شاخص بر مبنای مطالعات [۵، ۱۰ و ۲۶] نسبت به شاخص‌های در منطقه مورد مطالعه بهتر جواب داده است. مقادیر مثبت نمایه نشان دهنده ی بارندگی بیش از میانگین و مقادیر منفی بیانگر شدت‌های مختلف خشکسالی است (جدول ۳).

جدول ۲- الگوهای ارتباط از دور مورد مطالعه

۱. شاخص چند متغیره انسو (MEI)	۲. الگوی قطب شمال (AO)
۳. الگوی اطلس شرقی <sup>۱</sup> (EA)	۴. الگوی آرام / آمریکای شمالی <sup>۲</sup> (PNA)
۵. الگوی آرام غربی <sup>۳</sup> (WP)	۶. الگوی آرام انتقالی <sup>۴</sup> (PT)
۷. الگوی اطلس شرقی / روسیه غربی <sup>۵</sup> (EA / WR)	۸. الگوی آرام شرقی-آرام شمالی <sup>۶</sup> (EP/NP)
۹. نوسان اطلس شمالی (NAO)	۱۰. الگوی نوسانات دهه ای اقیانوس آرام (PDO)
۱۱. الگوی حاره ای؛ نیمکره شمالی <sup>۷</sup> (TNH)	۱۲. الگوی قطبی؛ اوراسیا (P/E) یا (POL)
۱۳. الگوی شاخص نوسان شمالی (NOI)	۱۴. الگوی نوسان جنوبی (SOI)
۱۵. الگوی حاره ای اطلس شمالی <sup>۸</sup> (TNA)	۱۶. الگوی اسکاندیناوی (SCA)
۱۷. الگوی حاره ای جنوب اقیانوس اطلس (TSA)	۱۸. الگوی انتقالی نینو (TNI)

- 1- East Atlantic
- 2- Pacific / North American
- 3- western Pacific
- 4- Pacific Transfer
- 5- Eastern Atlantic / Western Russia
- 6- Asia-Pacific, North Pacific
- 7- Tropical / Northern Hemisphere pattern
- 8- Tropical North Atlantic

جدول ۳- شدت های مختلف خشکسالی بر اساس نمایه استاندارد بارش [۱۳]

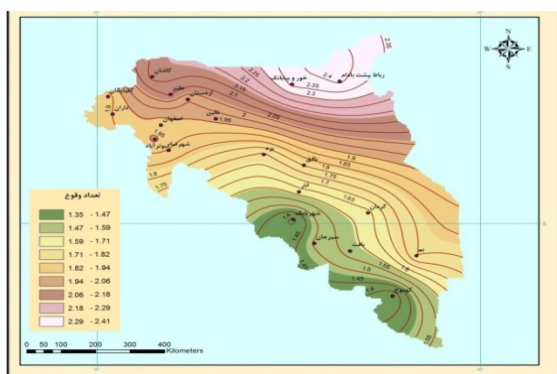
نمایه استاندارد بارش	مقدار نمایه
۲ و بالاتر	ترسالی بسیار شدید
۱/۵ تا ۱/۹۹	ترسالی شدید
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی متوسط
-۰/۹۹ تا ۰/۹۹	بهنجار
-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی متوسط
-۱/۹۹ تا -۱/۵	خشکسالی شدید
-۲ و کمتر	خشکسالی بسیار شدید

یافته های تحقیق

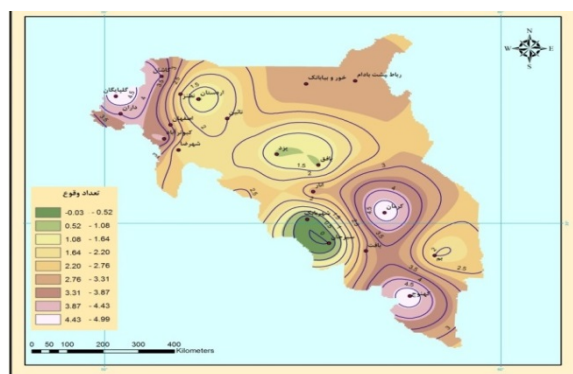
ارزیابی و تعیین خشکسالی های ایران مرکزی با استفاده از شاخص SPI

بر اساس شاخص SPI دوره های خشکسالی و شدت آنها تعیین و پهنه بندی وقوع خشکسالی منطقه مورد مطالعه در بازه سالانه شناسایی و به روش درونیابی کریجینگ پهنه بندی کنند. در این بین شهرستان های گلپایگان و کرمان با تعداد وقوع، ۵ خشکسالی ملایم؛

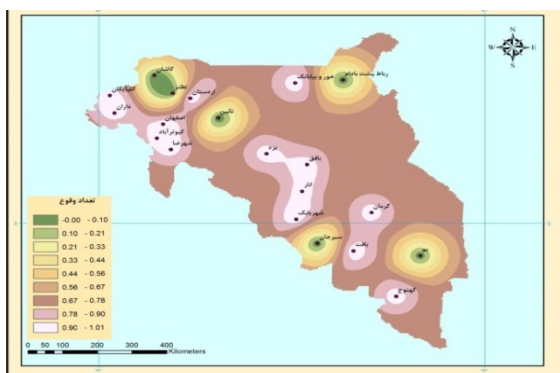
شهرستان های کبوتر آباد، نطنز، خور و بیابانک، کاشان و رباط پشت بادام با تعداد وقوع ۳ خشکسالی متوسط؛ شهرستان رباط پشت بام با تعداد وقوع ۳ خشکسالی بسیار و شهرستان های شرق اصفهان با تعداد وقوع ۲ خشکسالی فرین، به ترتیب دارای بیشترین فراوانی وقوع خشکسالی و بالاترین شدت خشکسالی هستند (شکل ۲).



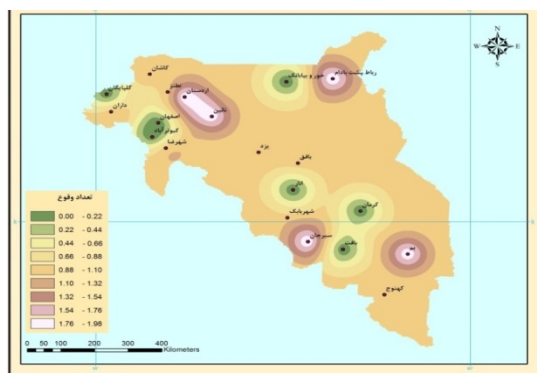
(ب) خشک متوسط



(الف) خشک ملایم



(د) فرا خشک



(ج) بسیار خشک

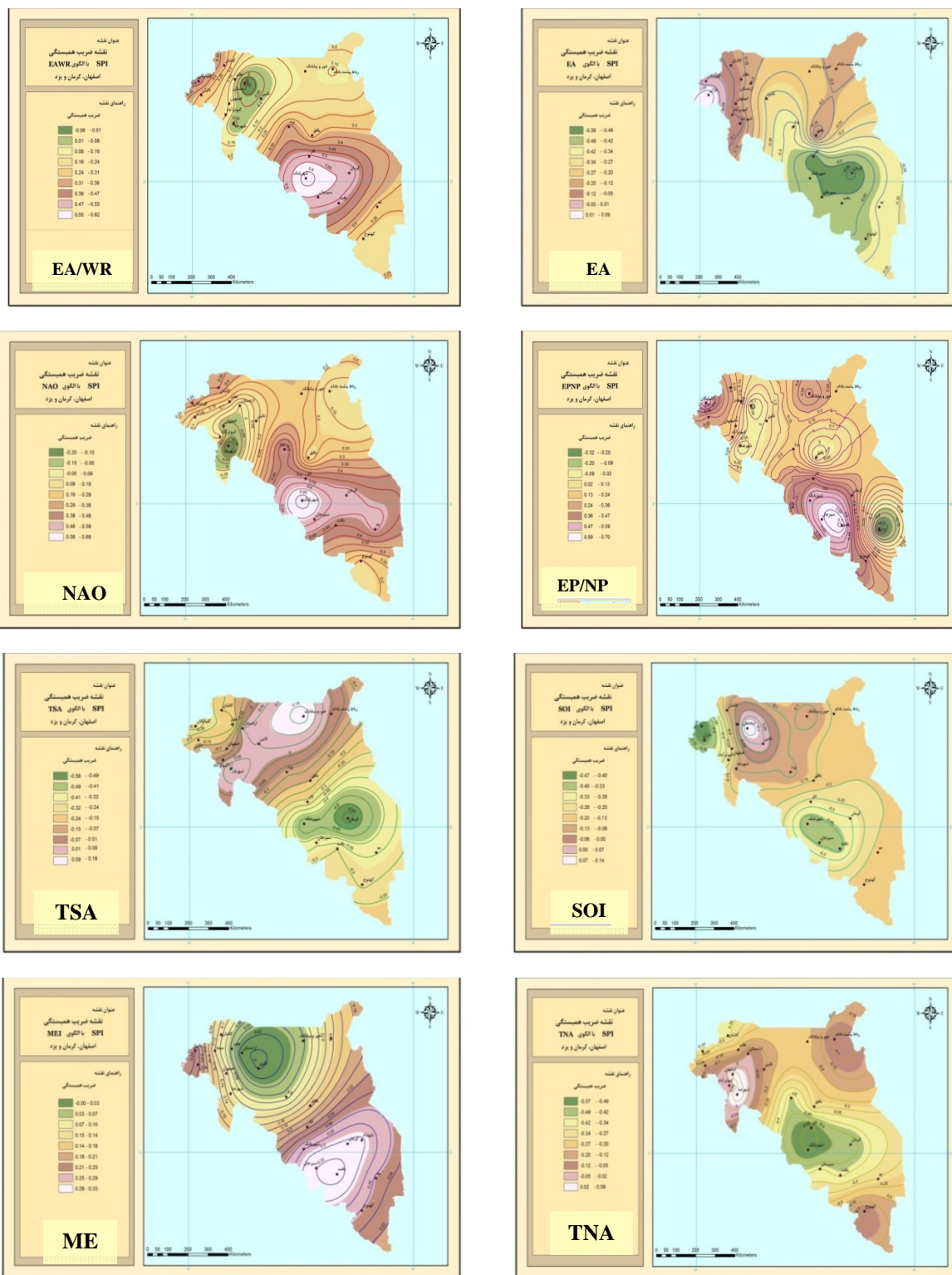
شکل ۲- تعدد وقوع، گستره و شدت شاخص SPI سالانه در سطح ایران مرکزی (۱۹۸۲-۲۰۱۳)

## بررسی همبستگی بین الگوهای ارتباط از دور و شدت خشکسالی‌ها

می‌دهد. نتایج این پژوهش می‌تواند در راستای نتایج خسروی باشد که در آن الگوهای PDO، NP، NOI، MEL و POL بیشترین همبستگی معنی‌دار را با شاخص SPI سالانه در استان سیستان و بلوچستان دارند [۱۴]. همچنین در مطالعات خدافل و همکاران [۱۳] بر همبستگی منفی معنی‌دار شاخص‌های SOI و NAO با نمایه SPI فصلی و ماهانه در مورد خشکسالی‌های حوزه آبخیز زاینده رود تاکید شده است.

به‌منظور بررسی همبستگی تأثیرگذارترین الگوها بر شدت خشکسالی نواحی مختلف، توزیع فضایی ضرایب در شکل ۳ ترسیم شده است (سطح معنی‌داری ۰/۰۱). برای میانمایی خطوط هم ارزش از روش کریجینگ استفاده شد. بر اساس شکل ۳، بیشترین ارتباط الگوی EA با شاخص SPI شامل قسمت مرکزی و شمال استان یزد و شمال غرب و غرب استان اصفهان است. با حرکت به نواحی اطراف از شدت ارتباط الگوی مربوط با ضریب SPI در منطقه کاسته می‌شود. بیشترین ارتباط الگوی EPNP با شاخص SPI در شمال استان یزد و شمال غرب و غرب استان کرمان و شمال غرب استان اصفهان است. با حرکت به نواحی اطراف از شدت ارتباط الگوی مربوط با ضریب SPI در منطقه کاسته می‌شود. بیشترین ارتباط الگوی EAWR با شاخص SPI مربوط به نواحی مرکزی ایران مرکزی شامل شمال غرب استان اصفهان و شمال غرب و غرب استان کرمان است. بر اساس شکل ۳، بیشترین ارتباط الگوی NAO با شاخص SPI در شمال غرب استان اصفهان و غرب استان یزد و شمال غرب و غرب استان کرمان دیده می‌شود. میزان همبستگی این الگو با شاخص SPI در استان کرمان از سایر استان‌ها بیشتر است که نشان‌دهنده تأثیر این الگو بر خشکسالی‌های استان است. بیشترین ارتباط الگوی SOI با شاخص SPI مربوط به شمال غرب استان اصفهان و شمال غرب استان کرمان است. با حرکت به نواحی اطراف از شدت ارتباط الگوی مربوط با ضریب SPI در منطقه کاسته می‌شود. ضرایب همبستگی منفی این الگو نشان‌دهنده آن است که در شرایط خشکسالی، وجود فازهای مثبت این الگو بر شدت خشکسالی می‌افزاید.

در همبستگی متغیرهای مستقل با یکدیگر الگوی EAWR بیشتر تعداد همبستگی معنی‌دار را با سایر الگوها از خود نشان داد. در این بین بیشترین میزان همبستگی در سطح ۰/۱ معنی‌داری متعلق به الگوهای SOI و MEI (۰/۹۳۳- $r$ ) و در مرتبه بعدی نیز الگوهای NOI و PDO (۰/۸۰۳- $r$ ) بیشترین میزان همبستگی را از خود نشان دادند. با استفاده از فنون همبستگی، ارتباط بین تغییرات شدت خشکسالی‌های ایران مرکزی و تغییرات الگوهای ارتباط از دور تهیه و در مورد تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه تفسیر گردید. ضرایب همبستگی از نظر معنی‌دار بودن آزمون در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ بررسی و در آخر الگوهای تأثیرگذار بر شاخص SPI مشخص شد. میزان ضریب همبستگی بین الگوهای EPNP، SOI و MEI در اصفهان، NAO، EA، EAWR، TNA و TSA در کرمان بیشتر از دیگر مناطق بوده که در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است و در یزد هیچ کدام از الگوها به این سطح معنی‌داری نرسیدند. الگوهای EAWR، SOI، PDO و TNI در اصفهان، NAO، EA، EPNP، EAWR، POL، SOI، MEI، NOI، PDO، TNA و TSA در کرمان و NAO، EA، EAWR و TNA در یزد در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار هستند. از سوی دیگر طی شرایط خشکسالی نیز ضرایب همبستگی محاسبه شده است. در این دوره شاخص SOI در ایستگاه اصفهان رابطه معنی‌داری را در مقایسه با شاخص متوسط خشکسالی استان نشان می‌دهد. در این شرایط بیشتر ایستگاه‌ها الگوی SOI ضریب منفی قابل‌تاملی را نشان می‌دهد ( $r = -0/647$ ) و نشان‌دهنده آن است که در شرایط خشکسالی، وجود فازهای مثبت این الگو بر شدت خشکسالی می‌افزاید. در ایستگاه کرمان الگوهای TNA، TSA، NOI و SOI با ضرایب همبستگی به ترتیب  $TNA = -0/591$ ،  $TSA = -0/585$ ،  $NOI = -0/619$  و  $SOI = -0/512$  (همبستگی قوی و معنی‌داری را با شاخص خشکسالی نشان می‌دهند که نشان‌دهنده بروز خشکسالی‌های شدید در فازهای مثبت این الگوها دارد. در ایستگاه یزد نیز الگوهای EA ( $EA = -0/472$ ) و  $SOI = -0/467$  همبستگی منفی معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ را با شاخص خشکسالی در شرایط خشکسالی منطقه نشان



شکل ۳- نقشه ضرایب همبستگی شاخص SPI با الگوهای EA/WR, EA, NAO, EP/NP, TSA, SOI, MEI, TNA در سطح ضریب معنی داری ۱٪

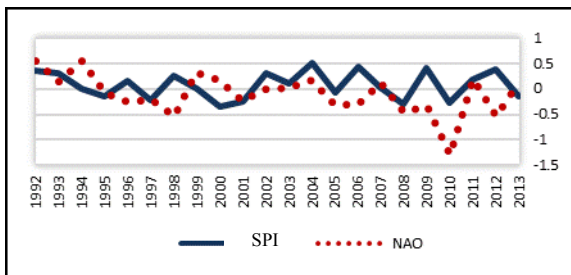
می شود. ضرایب همبستگی منفی این الگو نشان دهنده آن است که در شرایط خشکسالی، وجود فازهای مثبت این الگو بر شدت خشکسالی می افزاید. بیشترین ارتباط الگوی TNA با شاخص SPI مربوط به نواحی شمال غربی استان

بیشترین ارتباط الگوی TSA با شاخص SPI مربوط به نواحی غرب و شمال غرب استان یزد و شرق و جنوب شرق استان اصفهان است و با حرکت به نواحی اطراف از شدت ارتباط الگوی مربوط با ضریب SPI در منطقه کاسته

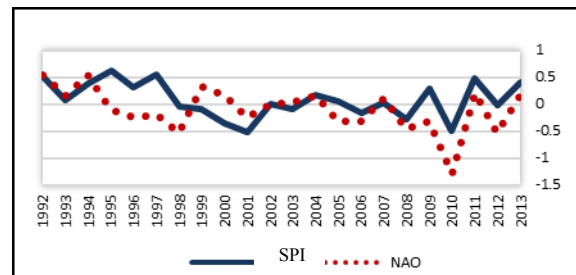


ایستگاه‌های کرمان، یزد و اصفهان نشان می‌دهد. انطباق سری زمانی SPI و الگوی NAO نشان دهنده‌ی پیروی مطلق فرکانس خشکسالی و ترسالی‌ها از این الگو در ایستگاه کرمان در دوره‌ی ۲۰۱۳-۱۹۹۹ و در ایستگاه اصفهان در دوره‌ی زمانی ۲۰۱۱-۲۰۰۲ و در ایستگاه یزد در دوره‌ی زمانی ۲۰۱۱-۲۰۰۸ است. همچنین خشکسالی شدید ۲۰۱۰ با شاخص بسیار پایین و غیرمعمول NAO همراه است.

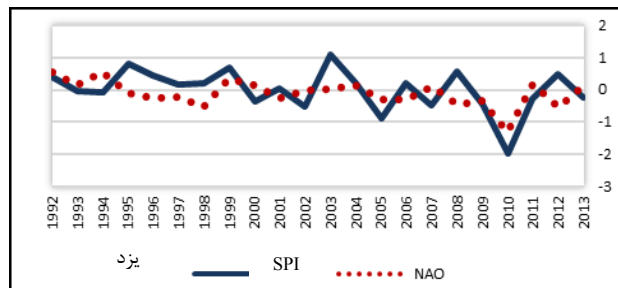
کرمان و جنوب استان یزد است. ضرایب همبستگی منفی این الگو نشان دهنده آن است که در شرایط خشکسالی، وجود فازهای مثبت این الگو بر شدت خشکسالی می‌افزاید. بیشترین ارتباط الگوی MEI با شاخص SPI در غرب و شمال غرب استان کرمان دیده می‌شود و با حرکت به نواحی اطراف از شدت ارتباط الگوی مربوط با ضریب SPI در منطقه کاسته می‌شود. شکل ۴ انطباق سری زمانی تغییرات شاخص SPI و الگوی پیوند از دور NAO را در دوره زمانی مورد نظر در



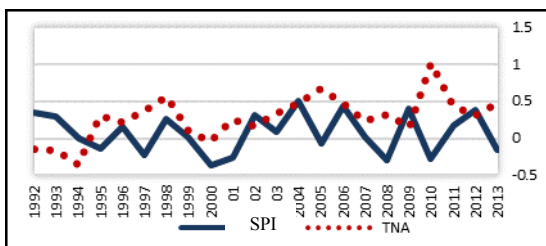
اصفهان



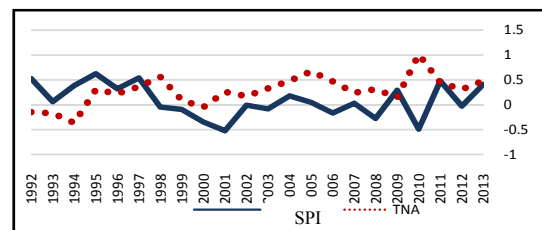
کرمان



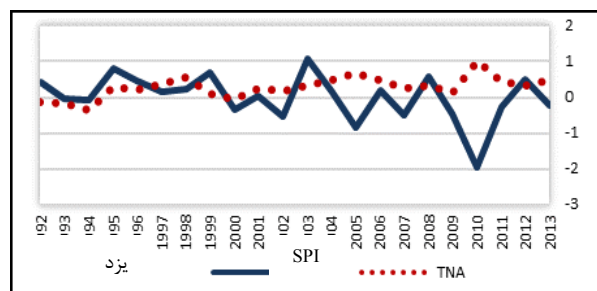
شکل ۴- نمودار تغییرات شاخص SPI سالانه ایران مرکزی و الگوی NAO



اصفهان



کرمان



شکل ۵- نمودار تغییرات شاخص SPI سالانه ایران مرکزی و الگوی TNA

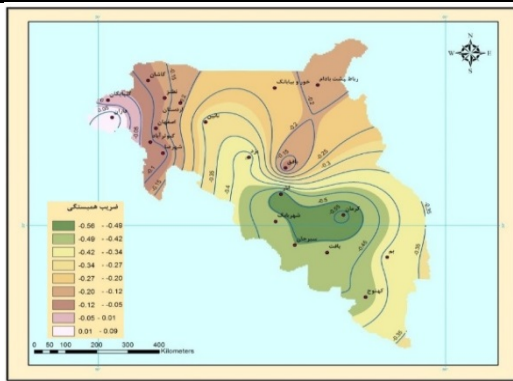
شکل ۵ تغییرات شاخص شدت خشکسالی ایستگاه‌های اصفهان، کرمان و یزد را در برابر شاخص TNA نشان می‌دهد. در دوره زمانی که با دایره نشان داده شده در استان کرمان در سال‌های ۲۰۰۶-۱۹۹۶، در استان اصفهان در سال‌های ۲۰۰۴-۱۹۹۶ و در استان یزد سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۹۴ بیشترین هماهنگی بین نوسانات الگوها و شدت خشکسالی مشاهده می‌شود. سال ۲۰۱۰ در تمام ایستگاه‌ها یک سال غیرمعمول به شمار می‌رود و روند TNA به طور کامل متفاوت است که با افزایش الگو میزان خشکسالی افزایش می‌یابد.

### بررسی رگرسیون چند متغیره بین الگوهای ارتباط

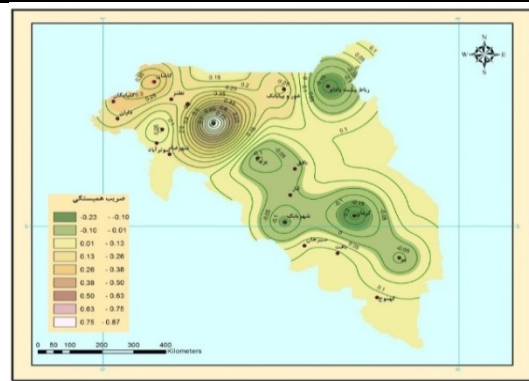
#### از دور و شدت خشکسالی‌ها

با توجه به مدل رگرسیون و داده‌های الگوی ارتباط از دور در مدل سالانه ایران مرکزی شامل استان‌های اصفهان، کرمان و یزد می‌باشد؛ حدود ۳۷/۴۲ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI استان اصفهان و حدود ۵۱/۰۹ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI استان کرمان و حدود ۴۲/۱۷ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI استان یزد را توجیه می‌نماید. در گزارش ارائه شده از خسروی [۱۵] در شرایط خشکسالی زمستانی الگوهای آرام شمالی (NP) نمود مشهودی در ظهور خشکسالی دارد و به تنهایی حدود ۶۰٪ از تغییرات شدت خشکسالی زمستانه را نشان می‌دهد. با توجه به ضریب رگرسیون چند گانه ( $r=0/61$ ) این مدل ارتباط نسبتاً قوی تغییرات شدت خشکسالی و ترسالی استان اصفهان؛ و با ضریب رگرسیون چند گانه ( $r=0/79$ ) ارتباط نسبتاً قوی تغییرات شدت خشکسالی و ترسالی استان کرمان و با ضریب رگرسیون چند گانه ( $r=0/64$ )، ارتباط نسبتاً قوی تغییرات شدت خشکسالی و ترسالی استان یزد را با الگوها نشان می‌دهد (جدول ۴). همچنین با توجه به آنالیز واریانس و تحلیل مدل، تفاوت بین مقادیر توجیه شده و باقیمانده‌ها معنی‌دار است (جدول ۵). با این وجود نتایج از منطقه‌ای به منطقه

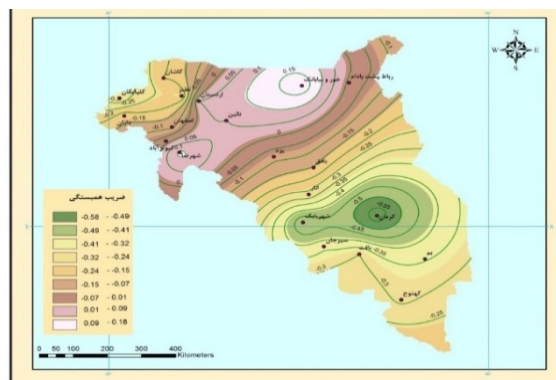
دیگر تا حدودی متفاوت است. در استان اصفهان حداقل توجیه تغییرات SPI به وسیله الگوها در بین سه استان اصفهان، یزد و کرمان مشاهده می‌شود، به طوری که در ایستگاه کاشان کمترین میزان ۲۶/۶ درصد تغییرات میزان مقادیر توجیه شده در ایران مرکزی مشاهده می‌شود. در استان کرمان میزان ۶۳/۸ درصد بیشترین توجیه تغییرات SPI به وسیله الگوها در بین استان‌های اصفهان، یزد و کرمان مشاهده می‌شود. تأثیرگذارترین عوامل بر تغییرات شدت خشکسالی و ترسالی به کمک مدل‌های رگرسیون گام به گام مشخص شد (جدول ۶). بر اساس این نتایج الگوهای چندمتغیره اسکاندیناوی (SCA) در استان اصفهان و الگوی اطلس شرقی (EA) در استان کرمان و الگوی حاره‌ای جنوب اقیانوس اطلس (TSA) در استان یزد به عنوان مؤثرترین الگوهای تغییرات SPI سالانه را در ایران مرکزی توجیه می‌نمایند. آنالیز واریانس نشان دهنده معنی‌دار بودن آزمون نسبت‌ها بین مقادیر رگرسیون و باقیمانده‌ها است. در سطح استان بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه الگوهای فوق‌الذکر به عنوان مؤثرترین عوامل شناسایی شدند (شکل ۶). بر این اساس در استان اصفهان الگوهای SCA، در استان کرمان الگوی EA، و در استان یزد الگوی TSA توسط مدل انتخاب شده‌اند. در سطح استان‌های اصفهان، کرمان و یزد، الگوهای متفاوتی در ایستگاه‌ها توسط مدل انتخاب شده که در رأس آنها EA/WR و NAO هستند. الگوهایی نظیر TNA، SOI و MEI در بسیاری از ایستگاه‌ها به معنی‌داری و در برخی مناطق مانند بافق، رباط پشت بادام و خور و بیابانک نیز هیچ کدام از الگوها در سطح معنی‌داری که بتوانند توسط مدل انتخاب شوند، قرار نگرفته‌اند. بیشتر ایستگاه‌ها با الگوهایی که بیشترین همبستگی را در منطقه نشان داده‌اند در رگرسیون نیز تأثیرگذارترین پارامترها بوده‌اند (مانند EA، EAWR و TSA). با توجه به پراکنش ایستگاه‌ها و محدوده‌ی مورد مطالعه، تأثیرگذاری الگوها در هر منطقه متفاوت است.



ب) الگوی EA مؤثرترین الگو در کرمان



الف) الگوی SCA مؤثرترین الگو در اصفهان



ج) الگوی TSA مؤثرترین الگو در یزد

شکل ۶- توزیع مؤثرترین الگوها در سطح استان‌های اصفهان، کرمان و یزد

جدول ۴- نتایج مدل رگرسیون بین شاخص استاندارد بارش سالانه ایران مرکزی و الگوهای ارتباط از دور نیمکره شمالی

استان	ضریب همبستگی	ضریب رگرسیون چند متغیره	ضریب تبیین (%)	خطای استاندارد برآورد
اصفهان	۰/۶۱	۰/۶۰۸	۳۷/۴۲	۰/۸۱
کرمان	۰/۷۹	۰/۷۱	۵۱/۰۹	۰/۷۰
یزد	۰/۶۴	۰/۶۴	۴۲/۱۷	۰/۷۶

جدول ۵- آنالیز واریانس بین پراکندگی SPI سالانه ی ایستگاه‌های استانهای یزد، کرمان و اصفهان که به وسیله ی مدل توجیه می شوند و مقادیری که توجیه نمی شوند (باقیمانده‌ها) - سطح معنی داری آزمون ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است

ایستگاه	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	ضریب F	سطح معنی داری P
استان یزد	رگرسیون	۱	۳/۷۲	۴/۹۱۵	۰/۰۴۵
	باقیمانده‌ها	۱۳	۰/۷۵۷		
	مجموع	۱۴			
استان کرمان	رگرسیون	۱	۵/۵۶	۱۱/۷۲	۰/۰۱
	باقیمانده‌ها	۱۳	۰/۵۱		
	مجموع	۱۴			
استان اصفهان	رگرسیون	۱	۴/۲۴	۶/۴۸	۰/۰۳
	باقیمانده‌ها	۱۱	۰/۶۸		
	مجموع	۱۲			

جدول ۶- نتایج حاصل از کاربرد مدل رگرسیون گام به گام بین شاخص خشکسالی سالانه ی ایستگاه‌های استان یزد، کرمان و اصفهان

ایستگاه	خطای استاندارد برآورد	درصد تغییرات تبیین شده	ضریب رگرسیون چند متغیره	مدل
یزد	۰/۶۹	۳۷/۷	-۰/۶۱۴	TSA
کرمان	۰/۶۸	۵۷/۸	-۰/۷۶۰	EA
اصفهان	۰/۷۹	۳۵/۴	-۰/۵۹۵	SCA

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای به دست آوردن ارتباط بین خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان‌های اصفهان، کرمان و یزد و الگوهای چرخش بزرگ مقیاس جوی (ارتباط از دور) نیمکره شمالی از روش‌های مختلفی استفاده شد. نتایج این پژوهش رابطه‌ی این الگوها با بروز خشکسالی ایران مرکزی را روشن می‌سازد. از شاخص استاندارد بارش (SPI) در این پژوهش به عنوان معیار شدت وقوع خشکسالی استفاده شد. با استفاده از روش‌های آماری نظیر، همبستگی، رگرسیون چند متغیره خطی مؤثرترین الگوها و مکانیسم‌ها تأثیر آن‌ها را روشن گردید.

با کاربرد الگوهای پیوند از دور با توجه به حضور و فعالیت آنها در طی فصول مختلف مشخص گردید که الگوهای EPNP، SOI و MEI در اصفهان، NAO، EA، EAWR، TNA و TSA در کرمان بیشتر از دیگر الگوها هستند. الگوهای SOI، EAWR، PDO، SOI و TNI در اصفهان، NAO، EA، EPNP، EAWR، POL، SOI، MEI، NOI، PDO، TNA و TSA در کرمان و NAO، EA، EAWR و TNA در یزد در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار هستند. تفاوت منطقه در این میان به چشم می‌خورد، از سوی دیگر تأثیر الگوهای ارتباط از دور بر شدت خشکسالی‌های ایستگاه‌ها متقارن نیست. به عبارت دیگر، برخی از الگوها در شرایط خشکسالی نمود بیشتری پیدا نموده و فعال تر ظاهر می‌شوند. انطباق سری زمانی SPI و الگوی NAO نشان‌دهنده‌ی پیروی کامل فرکانس خشکسالی و ترسالی‌ها از این الگو در ایستگاه کرمان در سال‌های (۲۰۱۳-۱۹۹۹) و در ایستگاه اصفهان در سال‌های (۲۰۱۱-۲۰۰۲) و در ایستگاه یزد در سال‌های (۲۰۱۱-۲۰۰۸) را دارد. همچنین خشکسالی شدید ۲۰۱۰ با شاخص بسیار پایین و غیرمعمول NAO همراه است. تغییرات شاخص شدت خشکسالی ایستگاه‌های اصفهان، کرمان و یزد در برابر شاخص TNA نشان می‌دهد که در استان کرمان

سال‌های (۲۰۰۶-۱۹۹۶)، در استان اصفهان سال‌های (۲۰۰۴-۱۹۹۶) و در استان یزد سال‌های (۱۹۹۸-۱۹۹۴) بیشترین هماهنگی بین نوسانات الگوها و شدت خشکسالی مشاهده می‌شود. سال ۲۰۱۰ در تمام ایستگاه‌ها یک سال غیرمعمول به شمار می‌رود و روند TNA به طور کامل متفاوت بوده و با افزایش الگو میزان خشکسالی افزایش می‌یابد.

در مجموع سالانه حدود ۳۷/۴۲ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI در استان اصفهان و حدود ۵۱/۰۹ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI در استان کرمان و حدود ۴۲/۱۷ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI در استان یزد به وسیله الگوها تبیین می‌گردد. بر اساس نتایج الگوهای چندمتغیره اسکاندیناوی (SCA) در استان اصفهان و الگوی اطلس شرقی (EA) در استان کرمان و الگوی حاره‌ای جنوب اقیانوس اطلس (TSA) در استان یزد به عنوان مؤثرترین الگوها تغییرات SPI سالانه را در ایران مرکزی توجیه می‌نمایند. نتایج بررسی همبستگی علایم شاخص‌های EA، TSA و SCA نشان دهنده این مساله است که با افزایش این شاخص‌ها میزان بارش کاهش یافته و شرایط خشکسالی حاکم می‌شود. برعکس با کاهش علایم شاخص‌ها (منفی شدن علایم) میزان بارش افزایش پیدا می‌کند. با توجه به اهمیت پیچیده سیستم اقلیمی و با توجه به مسایلی چون خشکسالی و تغییر اقلیم بایستی که در بررسی ارتباط عناصر اقلیمی با یک دیگر و با الگوهای بلند مدت اقلیمی به ویژه پدیده‌ها و الگوهای پیوند از دور جوی- اقیانوسی تاکید بیشتری کرد.

خشکسالی‌های ایران مرکزی با وقوع خشکسالی در شمال اسکاندیناوی، غرب آفریقا و پرفشار آزور هماهنگی دارد، بنابراین با شناخت خشکسالی‌های منطقه و ارتباط آن با الگوهای بزرگ مقیاس جوی می‌توان تدابیر لازم برای مقابله و مدیریت هرچه بهتر منابع آبی و طبیعی را اتخاذ نمود.

## References

- [1]. Azizi, GH. (2000). El Nino and drought - wet periods in Iran. *Geographical Research*, Article 6, 38, P 71-84, (in Farsi).  
[2]. Asakereh, H. (2011). Basics of statistical climatology, Zanjan University publications, (in Farsi).

- [3]. Darand, M. (2014) Iran drought monitoring with Palmer Drought Severity Index and its relation with tele-connection Atmospheric-ocean patterns. *Geography Research Quarterly*, (4) 115, P 67-82, (in Farsi).

- [4]. Dinezio, P. (2011). Mechanism of Tropical Pacific Climate change: Beyond the Bjerkenes Feedback, PhD Dissertation of University of Miami, scholarly Repository.
- [5]. Fiorillo, F., Guadagno F.M. (2010). Karst spring discharges analysis in relation to drought periods, using the SPI. *Water Resour. Manage.* 24:1867-1884.
- [6]. Ghavidel Rahimi, Y., Hatamizarineh, D., & Rezaey, M. (2012). Investigation on North Sea-Caspian Tele-connection Pattern Effect on Rainfall Fluctuations on South Caspian Sea, *Geographical Sciences Applied Research*, (13) 31, P 29-46, (in Farsi).
- [7]. Ghavidel Rahimi, Y., Farajzadeh, M., & Kakapor, S. (2014). Investigation on North Sea-Caspian Tele-connection Pattern Effect on Autumn Rainfall Fluctuations in West and Northwest Regions of Iran. *Journal of Geography and Planning*, Article 10, (18) 49, P 217-230, (in Farsi).
- [8]. Ghayoor, H. A., Asakereh, H. (2001). A study of the effect of tele-connection on Iran temperature a case study: the effect of North Atlantic Oscillation and Southern Oscillation on the monthly temperature change in Jask. *Geographical Research*, (17) 1, 93-113, (in Farsi).
- [9]. Ghayoor, H., Khosravi, M. (2001). Impact of El Nino/Southern Oscillation (ENSO) on the summer and autumnal precipitation anomalies in South East of Iran. *Geographical Research*, (16)3, P 141-174, (in Farsi).
- [10]. Guttman, N.B. (1999). Accepting the standardized precipitation index: A calculation algorithm. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 35: 311-322.
- [11]. Halbani, A.H., Mohammadi, B. (2012). The relation of monthly temperature of some sample stations in Iran with different ENSO indices. *Geographical Space*, 12 (38), p 1-19, (in Farsi).
- [12]. Hejazizadeh Z., Javizadeh S., Mousavi M. (2010). The examination of climatologic drought trend and its impacts on wheat crop in Boushehr, *Quarterly Geography (Iranian Geographical Association)*, 8, Number 24, pp 27-45, (in Farsi).
- [13]. Khodagholi, M. yaghmaei, L. and Saboohi, R. (2011). Teleconnections signal of Meteorology ENSO precipitation fluctuations in the province, The Seventh National Conference of Watershed Engineering. ((in Farsi)
- [14]. Khosravi, M., (2005). A Survey on the Relations of the Northern Hemisphere Large Scale Circulation Patterns with Sistan & Baluchestan Annual Droughts. *Geography and Development*, 3: 167-188, (in Farsi).
- [15]. Khosravi, M. (2006). The research of effecting the tele-connection patterns on the continuous droughts winter in Sistan and Baluchestan. *Journal of Geograghy and Regional Development*, 4: 24-57, (in Farsi).
- [16]. Khorshiddoust, M., Ghavidel Rahimi, Y., (2007). Assess the impact of the ENSO Phenomenon on seasonal variability of rainfall in East Azerbaijan province using Multivariate ENSO Index. *Geographical Research*, 57: 15-26, (in Farsi).
- [17]. Khorshiddoust, M., Ghavidel Rahimi, Y. (2009). The Clarification of Monthly Precipitation Fluctuations in Ahar Station in relation to the Tele-connection Patterns. *Geographical Journal of Territory Sarzamin*, (5) 20, 65-81, (in Farsi).
- [18]. Kutiel, H. (2011). A Review on the Impact of the North Sea-Caspian Pattern (NCP) on Temperature and Precipitation Regimes in the Middle East, *Environmental Earth Sciences, Survival and Sustainability*, Book Chapter, Part 7, Pages 1301-1312.
- [19]. Masoodian, A., Akbari, T. (2007). The role of tele-connection patterns around the Northern Hemisphere's temperature, *Research Bulletin of Isfahan University*, (22) 1, 117-132, (in Farsi).
- [20]. Nasimi A., Mohammadi Z. (2014). Vulnerability of Yazd Province in drought using Standardized Precipitation index and Geo-statistical Method *Water Engineering*, 7(20), 79-90. (in Farsi).
- [21]. Rahimzadeh, F. (2012). *Statistical Methods in Meteorology and climatology studies*, Hossieni publications, (in Farsi).
- [22]. Rimkus, E., Kazys, J., & Valiukas, D. (2013). The atmospheric circulation patterns during dry periods in Lithuania, *OCEANOLOGIA*, 56 (2), p. 223-239.
- [23]. Shirmohammadi, Z., Ansari, H., Alizadeh, A. & Mohammadian, A., (2012), The Relationship Between ENSO Index and Seasonal Extreme Rainfalls in Khorasan Provinces, *J. of Water and Soil Conservation*,

- 19(1), p 61-79, (in Farsi).
- [24]. Salahi, B., Khorshiddoust, M., & Ghavidel Rahimi, Y. (January 2008). Connection oceanic atmospheric circulation fluctuations North Atlantic with drought in East Azarbaijan. *Geographical Research*, (60)8, P 147-156, (in Farsi).
- [25]. Serrano, S.M., Moreno J.I. (2005). Hydrological response to different time scales of climatological drought: An evaluation of the standardized precipitation index in a mountainous Mediterranean basin. *Hydrol. Earth Syst. Sc.* 2:1221-1246.
- [26]. Turkes, M., Erlat, E., (2005). Climatological responses of winter precipitation in Turkey to variability of the North Atlantic Oscillation during the period 1930-200. *Theoretical and Applied Climatology*, 76: 31-40.
- [27]. Upperbrink, J. (1997). Seasonal climate prediction? *Science*, 277, P 1952.
- [28]. Wallace, J M; Gutzler, D. S., (1981). Teleconnections in the Geo-potential Height Field during the Northern Hemisphere Winter. *Monthly Weather Review*, 109, 784-812.
- [29]. Yetemen, O., Yalcin.T. (2009). Climatic parameters and evaluation of energy consumption of the Afyon geothermal district heating system, Afyon, Turkey. *Renewable Energy*, 34, 706-710.
- [30]. Yosoufi, N., Hejam, S. (2011). The study of ENSO phenomena effect on climatic factors, temperature and precipitation Case Study: Qazvin plain. *Geographical Space Quarterly*, 39, P 195-210, (in Farsi).
- [31]. Zare Abyaneh, H., Bayat Varkeshi M. (2012). Effect of ENSO Phenomenon on Monthly Seasonal Temperature Variations of Country Half South. *Physical Geography Research Quarterly*, (44) 2, P 64-87, (in Farsi).
- [32]. Zhaoliang, P., Wang, J., Bennett, C., Prafulla, P., Ziru, W. (2014). Seasonal precipitation forecasts over China using monthly large-scale oceanic-atmospheric indices. *Journal of Hydrology*, 519, P 792-802.

## Spatial analysis and study of Tele-connection patterns of drought in central Iran

- 1- M. Fatemi, Ph. D Student Climatology in Yazd University, Yazd, Iran  
yazdfatemi@yahoo.com
- 2- K. Omidvar, Professor Climatology, Yazd University, Yazd, Iran
- 3- A. Mazidi, Associate Professor Climatology, Yazd University, Yazd, Iran
- 4- E. Mesghari, Ph. D Student Climatology, Sistan & Baluchestan, Zahedan, Iran
- 5- H. Dehghan, M.S. Climatology in Yazd University, Yazd, Iran

Received: 21 Nov 2016

Accepted: 18 Jul 2017

### Abstract

In This research, considering peripheral circulation approach, drought periods during the 22 years (1992-2013) in 21 synoptic stations located in Kerman, Yazd and Isfahan provinces, were calculated using Standardized Precipitation Index (SPI) annually. Tele-connection pattern data extracted from NCEP/NCAR site and were investigated of relationship between major droughts in the region and Tele-connection patterns based on correlation and multivariate regression model. Totally, about 37.42% of the changes Drought Index to SPI in Isfahan and around 51.09 % SPI changes in Kerman and 42.17 % SPI changes in Yazd are exhibited by patterns. Scandinavia Pattern (SCA) in Esfahan and East Atlantic Pattern (EA) in Kerman and Tropical Southern Atlantic (TSA) in Yazd, as the most effective pattern of annual SPI changes, were exhibited in Central Iran.

**Keywords:** Tele-connection; Standardized Precipitation Index; Kriging; Regression Models; Iran.