

## گزارش فنی

# تحلیل مکانی خشکسالی هواشناسی کشور با استفاده از شاخص‌های SPI و PN در نیمه اول سال آبی ۹۳-۹۲ در مقایسه با دوره مشابه سال گذشته

مریم حسین پور<sup>۱\*</sup> و احمد فاتحی مرج<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران و <sup>۲</sup> دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۱۲

### چکیده

خشکسالی از جمله مخاطرات طبیعی است که بر حسب شدت و مدت آن به صورت کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت بر وضعیت اقتصادی و اجتماعی جامعه تاثیر می‌گذارد. پایش به موقع و دقیق از خشکسالی‌ها که هدف اصلی این تحقیق است، گام مؤثری در جهت برنامه‌ریزی برای کاهش خسارات ناشی از خشکسالی می‌باشد. در این تحقیق، از نمایه‌های SPI و PNI برای بررسی تغییرات بارش در سطح کشور برای بازه زمانی شش ماهه اول سال آبی ۹۳-۹۲ استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات مکانی بارش در برخی استان‌ها نسبت به دوره مشابه سال قبل قابل توجه بوده است، به طوری که در برخی استان‌ها خشکسالی شدید اتفاق افتاده و برخی دیگر بارش قابل توجهی نسبت به شرایط نرمال دریافت نموده‌اند. علاوه بر شدت خشکسالی، گستره خشکسالی در سال جاری در مقایسه با دوره مشابه تغییرات قابل توجهی را نیز نشان می‌دهد. استان‌های خراسان شمالی، خراسان رضوی، البرز و تهران روندی کاهش یافته به طوری که مقادیر SPI در استان‌های مذکور برابر با  $-1 < SPI < -2/5$  بوده است که بیشترین شدت خشکسالی مربوط به استان خراسان شمالی می‌باشد که مقدار آن به کمتر از ۲- رسیده است و نیز استان‌های مازندران، زنجان و آذربایجان غربی با توجه به مقادیر SPI شش ماهه منتهی به اسفند ماه سال آبی ۹۳-۹۲ در وضعیت هشدار قرار گرفته‌اند. همچنین، شاخص PN موید شرایط حاکم با SPI شش ماهه مذکور را نشان می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** خشکی، شدت خشکسالی، گستره خشکسالی، مخاطرات طبیعی، وضعیت هشدار

### مقدمه

می‌یابد. در حقیقت خشکسالی با خشکی متفاوت می‌باشد، چرا که ناحیه خشک داری مقدار بارش کم بوده و خشکی به‌عنوان ویژگی دائم این نوع اقلیم‌ها به حساب می‌آید (Bordi و Sutura، ۲۰۰۷)، بنابراین، ارائه تعریفی مشخص از خشکسالی دشوار می‌نماید (Redmond، ۲۰۰۲). در این زمینه، انجمن هواشناسان آمریکا در سال ۱۹۶۷ طبق تعاریف مختلف ارائه شده، چهار نوع خشکسالی هواشناسی،

خشکسالی به‌عنوان یک پدیده‌ای طبیعی و بازگشت‌پذیر<sup>۱</sup> اقلیمی به حساب می‌آید. این پدیده در کلیه مناطق اقلیمی اتفاق می‌افتد، اما خصوصیات آن به‌طور معنی‌داری از منطقه‌ای به منطقه‌ای دیگر تغییر

\* مسئول مکاتبات: hosseinpour.m58@gmail

<sup>۱</sup> Recurrent

برای دوره‌های زمانی کمتر از یک سال شاخص PDSI نسبت به SPI وقوع خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها را با تاخیر نشان می‌دهد و فقط در دوره‌های زمانی بیش از یک سال نتایج یکسانی را نشان می‌دهند. Bussay و همکاران (۱۹۹۹)، کاربرد شاخص SPI را در مجارستان مورد بررسی و ارزیابی قرار داده و به این نتیجه رسیده‌اند که این شاخص مناسب‌ترین شاخص برای تعریف و تحلیل کمی انواع خشکسالی‌های هواشناسی، کشاورزی و هیدرولوژیکی است. Bhuiyan و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی و پایش خشکسالی با استفاده از شاخص‌های مختلف از جمله SWI و SPI بر اساس داده‌های سنجنده‌ها و داده‌های زمینی نشان دادند که ممکن است خشکسالی اقلیمی با استفاده از شاخص SPI با شرط منفی بودن مقدار آن در منطقه رخ دهد، ولی این مطلب همیشه دلیلی بر نبود خشکسالی در دوره‌هایی که SPI آن‌ها مثبت بوده نیست، بلکه در این مورد خشکسالی هیدرولوژیک ممکن است اتفاق افتد که ما از آن بی‌خبریم و می‌بایست این وضعیت با یک نوع شاخص دیگر نظیر SWI<sup>۲</sup> مورد ارزیابی قرار گیرد که طبقه‌بندی آن دقیقاً عکس شاخص SPI است. در ایران نیز تحقیقاتی پراکنده‌ای در رابطه با پایش خشکسالی صورت گرفته که در این‌جا مواردی ذکر می‌شود. Zare Abyaneh و Mahboubi (۲۰۰۲) خشکسالی هواشناسی استان همدان را با در اختیار داشتن آمار بارش ۵۲ ساله در دو مقیاس زمانی فصلی و سالانه مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق، با استفاده از آستانه ۶۰ درصد، درصدی از نرمال، استاندارد بارش، انحراف از میانگین، کلاسه‌بندی دامنه بارش و دهک‌ها شدت و فراوانی خشکسالی استخراج شد. نتایج مبین آن بود که در برخی از سال‌ها خشکسالی در مقیاس فصلی و در موارد دیگر در مقیاس زمانی سالانه رخ داده است. Khazanedari و همکاران (۲۰۰۹) داده‌های بارش کشور را با استفاده از خروجی الگوهای جفت شده جو-اقیانوس گردش عمومی جو AOGCM برای ۳۰ سال آینده ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ پیش‌بینی نمودند. سپس به کمک شاخص‌های SPI و DI وضعیت خشکسالی در

کشاورزی، هیدرولوژیکی و اجتماعی اقتصادی را تمایز داده‌اند. در خشکسالی هواشناسی که تحقیق حاضر به‌طور عمده این نوع خشکسالی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد، کمبود بارش نسبت به شرایط نرمال در یک مقیاس زمانی مشخص حادث می‌شود. از آنجایی که جلوگیری از خشکسالی غیرقابل اجتناب می‌باشد، مجموعه اقدامات صورت گرفته در قیل، هنگام و بعد از خشکسالی در قالب برنامه‌های مدیریت ریسک خشکسالی، موجبات تعدیل اثرات این پدیده می‌شود. در این باره پایش خشکسالی<sup>۱</sup> از جمله ابزارهای اساسی در مدیریت ریسک خشکسالی محسوب می‌شود. (Fatehi Marj و Taei Semiromi، ۲۰۱۲). در حقیقت ارزیابی خشکسالی در یک منطقه، اولین گام برای برنامه‌ریزی منابع آب به‌منظور جلوگیری و تعدیل اثرات منفی این پدیده در آینده تلقی می‌شود.

بدین منظور در طول سالیان متمادی، چندین شاخص با هدف ارزیابی کمبود منابع آبی حاصل از کمبود بارش تهیه شده است (Keyantash و Dracup، ۲۰۰۲؛ Heim، ۲۰۰۲). در رابطه با پایش خشکسالی مطالعات متعددی در اقصی نقاط دنیا صورت گرفته است. در این رابطه Palmer (۱۹۶۵) نمایه PDSI را به‌منظور تحلیل خشکسالی معرفی نمود. در این روش مقدار PDSI بر اساس داده‌های بارش، دما و نیز محتوای آب قابل دسترس خاک AWC محاسبه می‌شود. این روش که عمدتاً در آمریکا به‌کار گرفته می‌شود، یکی از روش‌های مؤثر در تعیین خشکسالی‌های طولانی مدت است، اما به‌عنوان یک پیش‌بین‌گر کوتاه نتایج قابل قبولی ارائه نمی‌دهد. پالمر با این شیوه توانست میزان بیلان آب منطقه مورد مطالعه را تعیین و مناطق خشک را از مناطق مرطوب تفکیک نماید. Guttman (۱۹۹۸)، به‌منظور ارزیابی دقت کاربرد شاخص‌های PDSI و SPI، با استفاده از تحلیل طیفی، شاخص PDSI را با شاخص SPI مورد مقایسه قرار داد و این نتیجه حاصل شد که شاخص PDSI دارای فرایند اتورگرسیون مرتبه یک و شاخص SPI برای مقیاس‌های زمانی بیش از یک ماه از فرایند میانگین متحرک بهره می‌برد. نتایج این تحقیق نشان داد که

<sup>۲</sup> Standardized Water-Level Index

<sup>۱</sup> Drought Monitoring

کشور را در مقیاس زمانی شش ماهه مورد بررسی و تحلیل قرار دهد.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** از آنجایی که یکی از اهداف تحقیق حاضر پایش خشکسالی هواشناسی می‌باشد، بدین منظور پایش خشکسالی در مقیاس زمانی شش ماهه اول سال آبی ۹۳-۹۲ صورت گرفته است. در تحقیق حاضر، به لحاظ تدوین سامانه هشدار خشکسالی و اولویت‌بندی استان‌ها و نواحی مختلف کشور از حیث شدت خشکسالی، پایش مکانی خشکسالی هواشناسی با استخراج کلیه ایستگاه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی با طول دوره آماری مناسب در مقیاس مکانی کل کشور صورت پذیرفته است.

**مفهوم شاخص بارش استاندارد شده SPI<sup>۱</sup>:** شاخص SPI در سال ۱۹۹۵ به‌وسیله Mckee و همکارانش ارائه شد. این شاخص برای هر منطقه بر اساس ثبت بارندگی‌های طولانی مدت آن محاسبه می‌شود. در ابتدا توزیع آماری مناسب، بر آمار بلند مدت بارندگی‌ها برآزش داده می‌شود، سپس تابع توزیع تجمعی با استفاده از احتمالات مساوی به توزیع نرمال تبدیل می‌شود. این توزیع معمولاً گاما در نظر گرفته می‌شود (Edwards و Mckee، ۱۹۹۷). تنها عامل موثر در محاسبه این شاخص عنصر بارندگی می‌باشد و اساس آن احتمالات بارندگی برای هر مقیاس زمانی است و می‌توان این شاخص را در مقیاس‌های زمانی یک، سه، شش، نه، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه محاسبه کرد. این قابلیت این امکان را می‌دهد تا وضعیت منابع آب را برای دوره‌ها و تداوم‌های کوتاه مدت که در کشاورزی و مطالعه رطوبت قابل دسترس گیاه مناسب بوده و نیز مقیاس‌های زمانی بلند مدت، که در مطالعه جریان‌های رودخانه‌ای و مخازن آب زیرزمینی حائز اهمیت است، مورد مطالعه قرار گیرد. بسیاری از محققین به انعطاف‌پذیری این روش اشاره داشته‌اند. Hayes و همکاران، (۱۹۹۸) در روش SPI بارندگی هر ایستگاه را در نظر گرفته و مقادیر SPI آن در فواصل زمانی

دوره مذکور پیش‌بینی شد. نتایج گویای آن بود که شرایط خشکسالی در کشور رو به افزایش خواهد بود که در این میان وضعیت خشکسالی در سال ۲۰۳۹ شدیدتر خواهد بود. Mohamadian و همکاران، (۲۰۱۰) نیز با به‌کارگیری شاخص‌های SPI، DI و PNI اقدام به پایش خشکسالی هواشناسی در استان خراسان شمالی نمودند. در این تحقیق از داده‌های ماهانه بارش طی دوره آماری ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۴ استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که وسیع‌ترین و شدیدترین خشکسالی‌ها به ترتیب در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۱ اتفاق افتاده و همچنین، طولانی‌ترین خشکسالی‌ها مربوط به سال‌های ۱۹۹۷-۱۹۹۴ می‌باشد. Masaedi و همکاران، (۲۰۰۸) طی تحقیقی، خشکسالی استان گلستان را با استفاده از شاخص بارش استاندارد SPI و تحلیل مکانی پایش نمودند. یافته‌های این تحقیق، مبین آن بود که به‌طور متوسط در هر ۱۱ سال ترسالی‌ها و خشکسالی‌های عمده به‌وقوع می‌پیوندد. همچنین، مشخص شد که شروع و خاتمه خشکسالی در مناطق مختلف استان متفاوت بوده و در هر سال آبی سه وضعیت رطوبتی مشاهده می‌شود. Asiya'e، (۲۰۰۸) با به‌کارگیری شاخص پالمر PDSI، شدت خشکسالی را در ایستگاه سینوپتیک مشهد طی دوره آماری ۱۳۸۲-۱۳۵۰ مطالعه نمود. یافته‌های این تحقیق بیانگر آن است که شدیدترین خشکسالی به‌وقوع پیوسته در سال ۱۳۸۰ میلادی و شدیدترین ترسالی در سال ۱۳۷۱ رخ داده است. همچنین، از لحاظ مدت کوتاه‌ترین و بلندترین آن‌ها به ترتیب ۱۲ و ۶۰ ماه می‌باشد. به‌دلیل پیچیدگی متغیرهای حاکم بر پدیده خشکسالی، تحلیل و بررسی آن با مشکلاتی همراه است، لذا، نیاز به برنامه‌ریزی و اقدامات پیش‌گیرانه در برابر خشکسالی به‌منظور مدیریت مناسب آن و تعدیل اثرات محتمل اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. در این راستا، پایش و پیش‌بینی خشکسالی از جمله ابزارهای اساسی در مدیریت ریسک خشکسالی محسوب می‌شود. بر این اساس، تحقیق حاضر بر آن است که با استفاده از شاخص‌های SPI و PN به ارزیابی تغییرات بارش در شش ماهه اول سال آبی جاری ۹۳-۹۲ و مقایسه آن با دوره مشابه در سال گذشته بپردازد و وضعیت خشکسالی هواشناسی

<sup>1</sup> Standardized Precipitation Index

۲- دومین گستره خشکسالی مربوط به مناطق واقع در دامنه‌های جنوبی البرز می‌باشد که استان تهران کانون اصلی خشکسالی این منطقه می‌باشد.

۳- سومین گستره خشکسالی مربوط به منطقه آذربایجان می‌باشد که مناطق شمالی استان اردبیل کانون اصلی این منطقه می‌باشد. کانون سوم خشکسالی در مقایسه با دو کانون دیگر تقریباً از شرایط مساعدتری برخوردار می‌باشد، زیرا شدت خشکسالی در این منطقه کمتر از دیگر کانون‌های مذکور می‌باشد.

در حالی که دو استان تهران و خراسان شمالی که کانون‌های اصلی در مناطق گستره خشکسالی می‌باشند، در این بازه زمانی از شرایط حادثتری نسبت به دیگر مناطق کشور قرار گرفته‌اند و جزء مناطق هشدار می‌باشند.

لذا، برنامه‌ریزی‌های مناسب در سطوح مختلف به‌منظور سازگاری با خشکسالی و همچنین، استفاده بهینه از منابع آب در این استان‌ها امری ضروری می‌باشد. در حالی که مناطق واقع شده در سرتاسر نواحی ساحلی جنوب، شرق، غرب و مرکز به جز شهرستان اقلید در استان فارس در این بازه زمانی در شرایط خشکسالی متوسط تا ترسالی به سر می‌برند. در ادامه، به‌منظور مقایسه وضعیت خشکسالی کشور در مقایسه با مدت مشابه سال آبی گذشته ۹۲-۹۱ اقدام به استخراج نقشه گستره جغرافیایی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI نمودیم. بر اساس شکل ۲، نیمی از کشور در وضعیت خشکسالی متوسط تا خشکسالی شدید قرار داشته و نیمی دیگر در شرایط نرمال تا ترسالی قرار داشته‌اند. از مقایسه دو نقشه گستره خشکسالی بر مبنای شاخص SPI برای شش ماهه اول سال آبی ۹۳-۹۲ با دوره مشابه سال آبی گذشته شکل‌های ۱ و ۲، نتیجه می‌شود که در شش ماهه اول سال آبی ۹۳-۹۲ گستره خشکسالی در این بازه زمانی نسبت به دوره مشابه گذشته ۹۲-۹۱ اکثر مناطق کشور دارای وضعیت معکوسی نسبت به هم داشته‌اند. همانطور که ملاحظه می‌شود، گستره خشکسالی در این بازه زمانی ۹۳-۹۲ از شمال شرق به سمت شمال غرب کشور به جز استان گیلان که این امتداد را قطع کرده است، پیشروی نموده است.

مختلف محاسبه می‌شود که اعداد مثبت معرف ترسالی و اعداد منفی معرف خشکسالی خواهند بود و سپس نتایج آن به‌صورت نقشه‌های مختلف ارائه می‌شود. اهمیت این شاخص در نیاز اطلاعاتی کم و محاسبه نسبتاً ساده آن است. از طرفی، قابلیت پایش نزدیک به زمان واقعی، این شاخص را در موقعیت نسبتاً مناسبی قرار داده است. علاوه بر آن، محاسبه SPI را می‌توان در مقیاس‌های زمانی مختلف انجام داد و بالاخره با توجه به کاستی‌های آماری موجود در کشور در این روش می‌توان تا حدودی اطلاعات لازم را تهیه نمود.

## نتایج و بحث

خشکسالی پدیده‌ای است که به‌صورت منطقه‌ای اتفاق می‌افتد. لذا، نهایی‌ترین مرحله پایش، ارائه نقشه‌های گستره مکانی خشکسالی می‌باشد. در این مرحله است که اطلاعات نقطه‌ای حاصل از پردازش داده‌های ایستگاه‌ها به سطح تعمیم‌یافته و این نقشه‌ها تهیه می‌شوند. بر این اساس با استفاده از اطلاعات موجود اقدام به تعیین گستره خشکسالی هواشناسی برای مدت زمان سپری شده یعنی مهر تا پایان اسفند ۱۳۹۲، شش ماهه شد.

گستره مکانی خشکسالی در کشور با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده SPI که مفهوم آن در قسمت قبل آمد، برای دوره مزبور مهر ۱۳۹۲ تا پایان اسفند ۱۳۹۲ تعیین شده است (شکل ۱). همان‌طور که مشاهده می‌شود، بر اساس این شاخص، وضعیت متغیری در استان‌های کشور دیده می‌شود، به‌طوری - که در این بازه بیش از نیمی از کشور در وضعیت نرمال تا خشکسالی بسیار شدید به سر می‌برد. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، در این بازه زمانی سه کانون عمده خشکسالی در کشور نمایان شده است که به شرح ذیل می‌باشند.

۱- اولین گستره خشکسالی مربوط به مناطق واقع در شمال شرق کشور می‌باشد، به‌طوری که گستره خشکسالی در این منطقه به‌صورت پهنه‌ای مدور سه استان خراسان شمالی، رضوی و سمنان را در بر گرفته است که استان خراسان شمالی کانون اصلی این گستره خشکسالی در این منطقه می‌باشد.

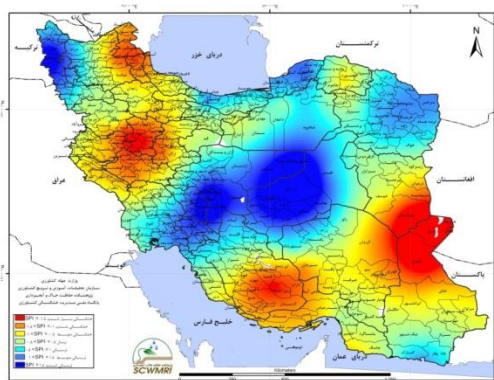
زمانی از تغییرات فاحشی برخوردار شده‌اند و در شرایط ترسالی تا ترسالی متوسط قرار گرفته‌اند که در این میان استان بوشهر دارای بیشترین مقدار SPI در منطقه مذکور می‌باشد. مناطق واقع در مرکز و جنوب شرقی کشور در این بازه زمانی نسبت به دوره مشابه گذشته دارای عددی کمتر از SPI سال گذشته خود شده‌اند، ولیکن در کل در شرایط نرمال تا ترسالی به سر می‌براند. در این میان فقط شهرستان اقلید در استان فارس می‌باشد که در شرایط حادثری نسبت به نقاط هم‌جوار خود در این بازه زمانی داشته است.

لذا، برنامه‌ریزی‌های مناسب در سطوح مختلف به‌منظور سازگاری با خشکسالی و همچنین، استفاده بهینه از منابع آب و خاک در کل کشور به خصوص مناطقی که در شرایط حادثری نسبت به خشکسالی قرار گرفته‌اند، امری ضروری می‌باشد.

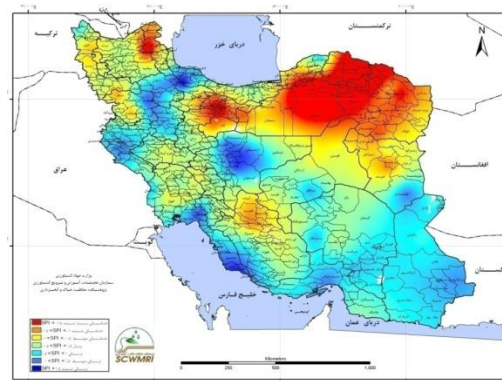
**روند تغییرات خشکسالی بر اساس شاخص SPI در ادوار سه ماهه و یک ماهه منتهی به اسفند ماه سال آبی ۹۳-۹۲:** آنچه از مقایسه نقشه سه ماهه منتهی به اسفند و نیز یک ماهه منتهی به اسفند بر می‌آید، گویای این واقعیت می‌باشد که مقدار بارش دریافتی در فصل زمستان، سه ماهه منتهی به اسفند در مناطق واقع در امتداد محور شمال شرق-شمال غرب از بارش کمتری نسبت به میانگین طولانی مدت خود برخوردار شده‌اند و به همین جهت، مقادیر SPI در این مناطق رو به کاهش بوده است که گویای زمستانی خشک حاکم در این مناطق بوده است.

این در حالی است که این مناطق در دوره مشابه سال گذشته ۹۲-۹۱ دارای شرایطی کاملاً متفات بوده است. مقایسه گستره خشکسالی در دو شکل ۱ و ۲ گویای تغییرات فاحش گستره خشکسالی در این دو مقطع زمانی می‌باشد، طوری که مناطق واقع در شمال شرق، دامنه‌های شمالی و جنوبی البرز مرکزی که در دوره مشابه گذشته ۹۲-۹۱ در شرایط نرمال تا ترسالی به سر می‌برده‌اند، در این بازه زمانی ۹۳-۹۲ کاملاً تغییر وضعیت داده و مناطق مذکور جزء کانون‌های اصلی خشکسالی در این بازه زمانی قرار گرفته‌اند. به طوری که از شرایط نرمال تا ترسالی به شرایط خشکسالی متوسط تا خشکسالی بسیار شدید تغییر وضعیت داده‌اند. به خصوص استان‌های تهران، خراسان رضوی، گلستان و سمنان که از وضعیت نرمال تا ترسالی به وضعیت خشکسالی متوسط تا خشکسالی بسیار شدید تغییر وضعیت داده‌اند.

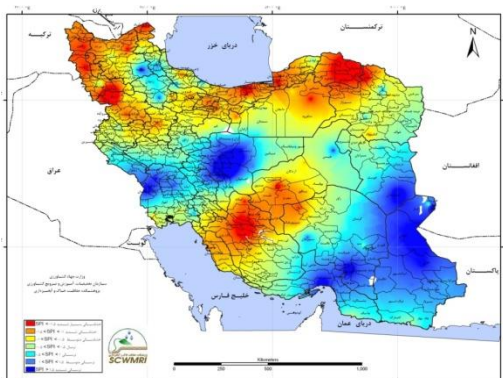
همچنین، استان آذربایجان غربی دارای تغییرات فاحشی در این بازه زمانی نسبت به دوره مشابه گذشته خود داشته است، به طوری که از شرایط ترسالی تا ترسالی شدید به شرایط خشک سالی متوسط تغییر وضعیت داده است. در این میان استان اردبیل و آذربایجان شرقی نسبت به دوره مشابه گذشته دارای تغییرات فاحشی نمی‌باشد. در حالی که مناطق واقع در غرب، شرق و نوار ساحلی جنوب کشور که در دوره مشابه گذشته در شرایط خشکسالی متوسط تا خشکسالی شدید قرار داشته‌اند و جزء کانون‌های اصلی خشکسالی در دوره مشابه گذشته بوده‌اند. در این بازه



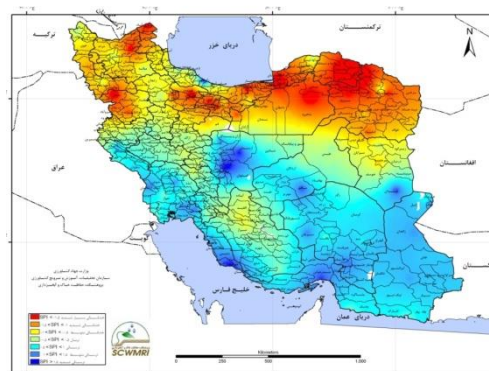
شکل ۲- نقشه گستره خشکسالی مهر تا پایان اسفند ۱۳۹۱ (سال آبی ۹۲-۹۱) بر اساس شاخص SPI



شکل ۱- نقشه گستره خشکسالی مهر تا پایان اسفند ۱۳۹۲ (سال آبی ۹۳-۹۲) بر اساس شاخص SPI



شکل ۴- نقشه گستره خشکسالی یک ماهه منتهی به اسفند ۱۳۹۲ (سال آبی ۹۲-۹۳) بر اساس شاخص SPI



شکل ۳- گستره خشکسالی سه ماهه منتهی به اسفند ۱۳۹۲ (سال آبی ۹۲-۹۳) بر اساس شاخص SPI

بازه زمانی، شش ماهه اول سال آبی ۹۲-۹۳ برای اکثر استان‌های کشور بوده است که در این میان مقادیر SPI یک ماهه استان خراسان شمالی بین  $-1/5$  تا  $< SPI > -0/5$  می‌باشد که حاکی از تداوم شرایط خشکسالی در این استان می‌باشد. لذا، برنامه‌ریزی در گام‌های مدیریتی استفاده از منابع آب و همچنین، سازگاری با شرایط خشکسالی در محدوده استان امر ضروری می‌باشد. همچنین، جهت بررسی و مقایسه نوسانات خشکسالی در شش ماهه اول سال آبی ۹۳-۹۲ اقدام به تهیه سری زمانی یک ماهه، سه ماهه و شش ماهه منتهی به اسفند ۱۳۹۲ شده است (شکل ۷). با توجه به شکل ۷، مقادیر SPI سه ماهه و شش ماهه منتهی به اسفند ماه ۱۳۹۲ به ترتیب در استان‌های خراسان شمالی، خراسان رضوی، البرز و تهران روندی کاهشی داشته، به طوری که مقادیر SPI در استان‌های مذکور برابر با  $-1 < SPI < -2/5$  بوده است که بیشترین شدت خشکسالی مربوط به استان خراسان شمالی می‌باشد که مقدار آن به کمتر از  $-2$  رسیده است. همچنین، جهت بررسی و مقایسه نوسانات خشکسالی در سال جاری ۹۲-۹۳ نسبت به دوره مشابه گذشته ۹۱-۹۲ اقدام به تهیه نمودار شاخص خشکسالی هواشناسی SPI برای دو مقطع زمانی مشابه شده است تا بتوان به شکل بهتری تغییرات گستره خشکسالی را دنبال نمود (شکل ۸). با توجه به شکل ۸، که نشان‌دهنده مقایسه نوسانات خشکسالی در دو بازه زمانی ۹۲-۹۳ و ۹۱-۹۲ چنین استنباط می‌شود که در این بازه زمانی شش ماهه اول سال آبی ۹۲-۹۳ کمترین مقدار SPI به ترتیب مربوط

همچنین، نقشه یک ماهه گویای این واقعیت می‌باشد که اسفندماه ۱۳۹۲ برای استان‌های خراسان شمالی، گلستان، مازندران، تهران و آذربایجان غربی ماهی خشک نسبت به میانگین طولانی مدت خود بوده است (شکل‌های ۳ و ۴). به منظور امکان ارائه تصویری دقیق‌تر از مناطق درگیر خشکسالی هواشناسی در شش ماهه اول سال آبی جاری ۹۲-۹۳ اقدام به تهیه نمودار سری‌های زمانی خشکسالی هواشناسی با استفاده از شاخص SPI شده است که شامل یک ماهه و سه ماهه منتهی به هر یک از ماه‌ها در این بازه زمانی می‌باشد (شکل‌های ۵ و ۶). آنچه از شکل ۵ استنباط می‌شود، نمایانگر این می‌باشد که SPI سه ماهه منتهی به ماه بهمن و اسفند در اکثر استان‌های کشور دارای روند کاهشی بوده و اکثر استان‌های کشور در این بازه‌های زمانی از شرایط نرمال به شرایط خشکسالی متوسط تا شدید تغییر وضعیت داده‌اند. به خصوص SPI سه ماهه منتهی به اسفند ماه که در اکثر استان‌های کشور روند کاهشی داشته و حاکی از نقصان بارش در فصل زمستان در این بازه زمانی شش ماهه اول سال آبی ۹۲-۹۳ می‌باشد. در این میان، به ترتیب استان‌های خراسان شمالی، خراسان رضوی و سمنان دارای کمترین مقادیر SPI در سه ماهه منتهی به هر یک از ماه‌های فصل زمستان می‌باشد که در شکل ۵ نشان داده شده است و گویای بیشترین شدت خشکسالی در استان‌های مذکور در این بازه زمانی می‌باشد. همچنین، شکل ۶ گویای این واقعیت می‌باشد که به ترتیب ماه‌های دی و بهمن خشک‌ترین ماه‌ها در این

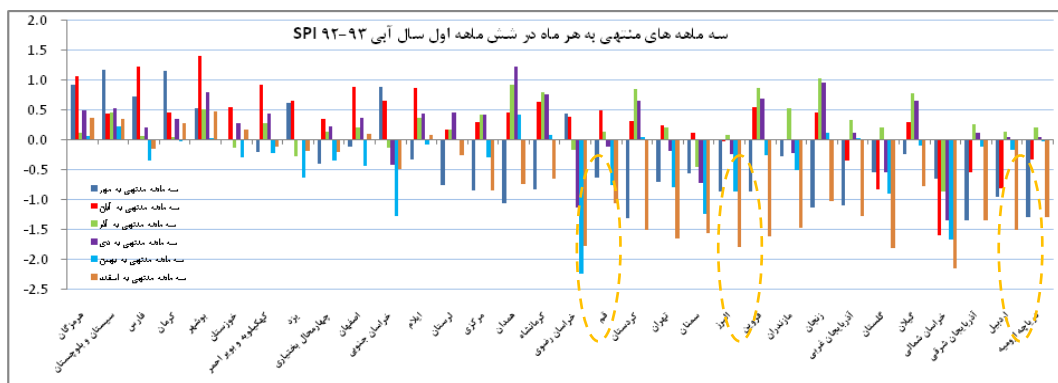
می‌باشد که به ترتیب وسعت و شدت عبارتند از:  
الف- اولین کانون خشکسالی منطقه شمال شرق کشور است که کانون اصلی خشکسالی در این بازه زمانی می‌باشد و شامل استان‌های خراسان شمالی، رضوی و سمنان می‌باشد که هر سه استان در وضعیت خشکسالی ضعیف تا بسیار شدید قرار گرفته‌اند.

ب- کانون دوم شامل دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی می‌باشد که شامل استان‌های تهران، قم و البرز می‌باشد که هر سه استان در وضعیت خشکسالی ضعیف تا بسیار شدید قرار گرفته‌اند.

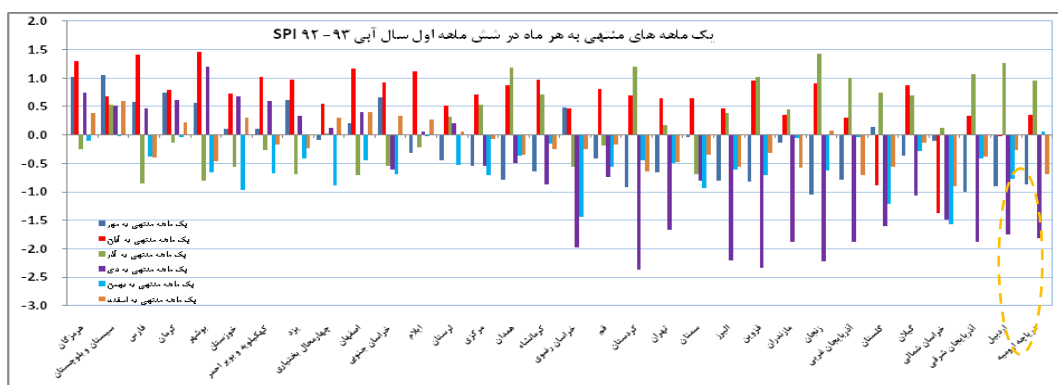
ج- کانون سوم خشکسالی استان فارس می‌باشد که آن نیز در وضعیت خشکسالی ضعیف تا بسیار شدید قرار گرفته است. همچنین، برای برآورد درصد مناطق درگیر خشکسالی اقدام به تهیه نمودار دایره‌ای بارش در شش ماهه اول سال آبی ۹۳-۹۲ نسبت به میانگین طولانی مدت بر اساس شاخص PN و همچنین، درصد مساحت آن‌ها نموده که در شکل ۱۰ نمایش داده شده است.

به استان‌های خراسان شمالی، سمنان، خراسان رضوی، تهران، البرز، قم و اردبیل می‌باشد که مقدار آن به کمتر از ۱- رسیده است که کمترین مقدار SPI در این میان مربوط به استان خراسان شمالی می‌باشد که عدد آن به کمتر از ۲- رسیده است که حاکی از شرایط خشکسالی بسیار شدید در این منطقه می‌باشد و این وضعیت در نقشه مربوطه شکل ۱ کاملاً مشخص شده است. همچنین، برای بررسی بهتر استان‌های درگیر خشکسالی در این بازه زمانی، شش ماهه اول سال آبی ۹۳-۹۲ اقدام به تهیه نمودار سری زمانی شش ماهه خشکسالی هواشناسی با استفاده از شاخص SPI شده است که شامل شکل‌های ۱۱ و ۱۷ می‌باشد. از سوی دیگر، نسبت تغییرات شدت خشکسالی در استان‌های کشور در جدول ۱ ارائه شده است.

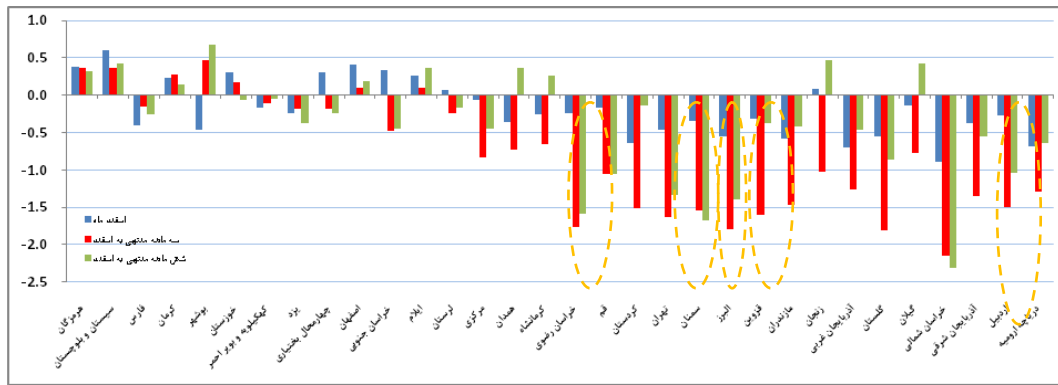
**روند تغییرات خشکسالی بر اساس شاخص PN در شش ماهه منتهی به اسفند ماه سال آبی ۹۳-۹۲:**  
آنچه از شکل ۹ استنباط می‌شود، نمایانگر سه کانون خشکسالی در سطح کشور در این بازه زمانی



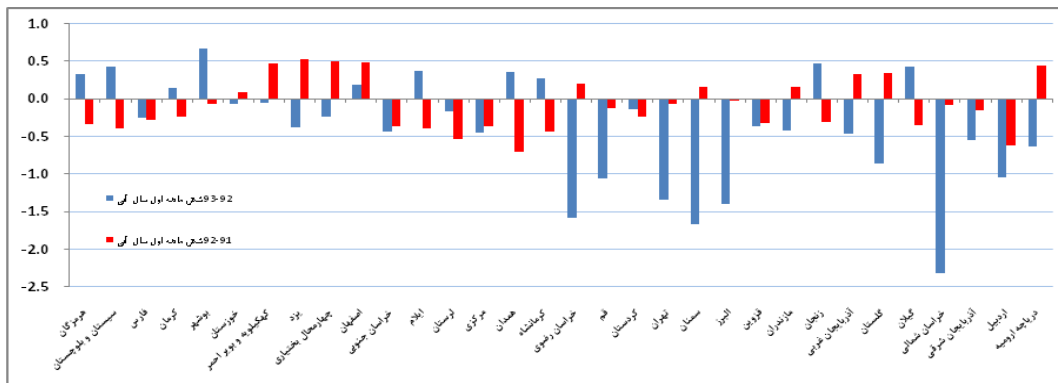
شکل ۵- نمودار نوسانات خشکسالی سه ماهه منتهی به هر یک از ماه‌های سال آبی ۹۳-۹۲ بر اساس شاخص SPI



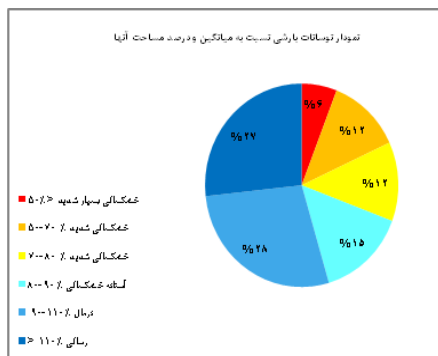
شکل ۶- نمودار نوسانات خشکسالی یک ماهه منتهی به هر یک از ماه‌های سال آبی ۹۳-۹۲ بر اساس شاخص SPI



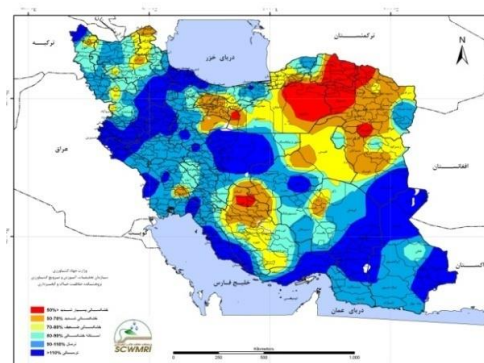
شکل ۷- نمودار نوسانات خشکسالی در سری‌های زمانی یک، سه و شش ماهه منتهی به اسفند ماه سال آبی ۹۲-۹۳ بر اساس شاخص SPI



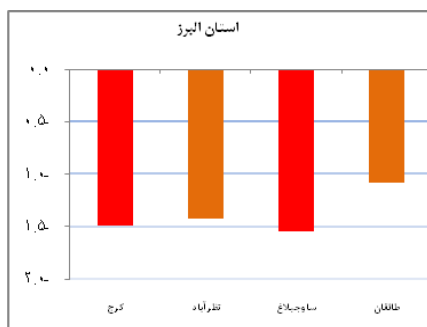
شکل ۸- نمودار مقایسه نوسانات خشکسالی شش ماهه منتهی به اسفند ماه سال آبی ۹۲-۹۳ و ۹۱-۹۲ بر اساس شاخص SPI



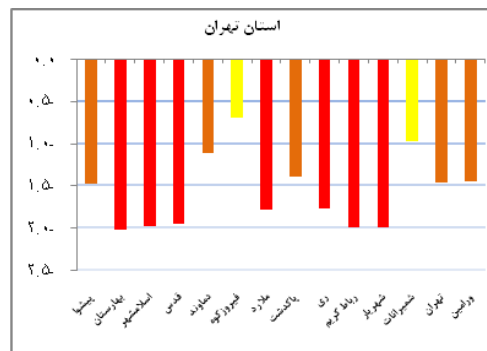
شکل ۹- نمودار گستره خشکسالی مهر تا پایان اسفند ۱۳۹۲ (سال آبی ۹۲-۹۳) بر اساس شاخص PN



شکل ۱۰- نمودار بارش در شش ماهه اول سال آبی ۹۲-۹۳ نسبت به میانگین طولانی مدت بر اساس شاخص PN و همچنین درصد مساحت



شکل ۱۱- نمودار نوسانات خشکسالی شش ماهه اول سال آبی ۹۲-۹۳ استان البرز بر اساس شاخص SPI



شکل ۱۲- نمودار نوسانات خشکسالی شش ماهه اول سال آبی ۹۲-۹۳ استان تهران بر اساس شاخص SPI





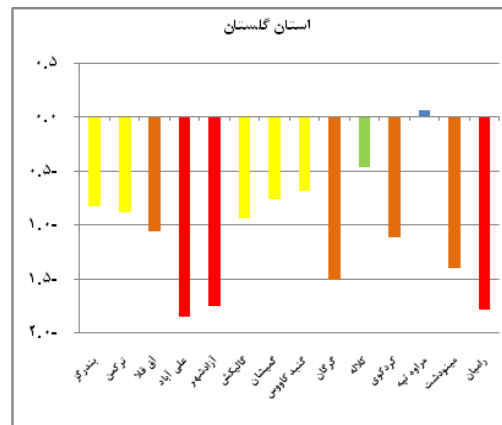
شکل ۱۴- نمودار نوسانات خشکسالی شش ماهه اول سال آبی ۹۲-۹۳ استان سمنان بر اساس شاخص SPI



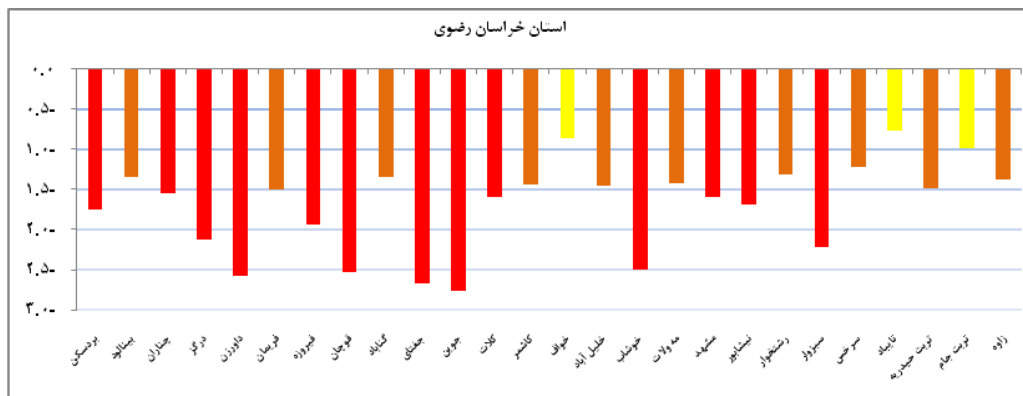
شکل ۱۳- نمودار نوسانات خشکسالی شش ماهه اول سال آبی ۹۳-۹۲ استان خراسان شمالی بر اساس شاخص SPI



شکل ۱۶- نمودار نوسانات خشکسالی شش ماهه اول سال آبی ۹۳-۹۲ استان اردبیل بر اساس شاخص SPI



شکل ۱۵- نمودار نوسانات خشکسالی شش ماهه اول سال آبی ۹۳-۹۲ استان گلستان بر اساس شاخص SPI



شکل ۱۷- نمودار نوسانات خشکسالی شش ماهه اول سال آبی ۹۳-۹۲ استان خراسان رضوی بر اساس شاخص SPI

### نتیجه‌گیری

خشکسالی بسیار شدید به سر می‌برد. در این بازه زمانی گستره خشکسالی موازی با جهت دو رشته کوه البرز و زاگرس، شمال غرب-شمال شرق و شمال غرب-جنوب شرق می‌باشد که در این میان اگر از استان گیلان به سمت استان‌های نوار غربی کشور خطی فرضی رسم نماییم، مناطق واقع بر روی این خط فرضی در شرایط ترسالی تا ترسالی شدید واقع

گستره مکانی خشکسالی در کشور با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده برای شش ماهه منتهی به اسفند ماه سال آبی ۹۳-۹۲ که شکل ۱ نمایانگر آن می‌باشد، وضعیت متغیری بر اساس این شاخص، در استان‌های کشور دیده می‌شود. به طوری که در این بازه زمانی بیش از نیمی از کشور در وضعیت نرمال تا

در مقایسه با محور شمال غرب- شمال شرق در شرایط مساعدتری قرار گرفته‌اند و از نظر خشکسالی در وضعیت نرمال تا خشکسالی متوسط به سر می‌برند و تنها شهرستان اقلید در استان فارس می‌باشد که در این بازه زمانی در شرایط خشکسالی شدید قرار گرفته است. دیگر نقاط کشور در این بازه زمانی در شرایط نرمال تا ترسال به سر می‌برند (شکل ۱).

شده‌اند. اما بیشترین شدت خشکسالی مربوط به مناطق واقع در محور شمال غرب- شمال شرق کشور می‌باشد که در وضعیت نرمال تا خشکسالی بسیار شدید به سر می‌برند و هر سه کانون اصلی خشکسالی در آن واقع شده است که به ترتیب وسعت و شدت شامل استان‌های خراسان شمالی، خراسان رضوی، تهران و اردبیل می‌باشد. در حالی که مناطق واقع در گستره خشکسالی در محور شمال غرب- جنوب شرق،

جدول ۱- نسبت تغییرات شدت خشکسالی در استان‌های کشور

| استان                  | شش ماهه اول<br>سال آبی ۹۲-۹۳ | شش ماهه اول<br>سال آبی ۹۱-۹۲ | درصد تغییرات<br>شدت خشکسالی | استان             | شش ماهه اول<br>سال آبی ۹۲-۹۳ | شش ماهه اول<br>سال آبی ۹۱-۹۲ | درصد تغییرات<br>شدت خشکسالی |
|------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| هرمزگان                | ۰/۳۳                         | -۰/۳۳                        | -۶۶                         | خراسان<br>رضوی    | -۱/۵۸                        | ۰/۲۰                         | ۱۷۸                         |
| سیستان و<br>بلوچستان   | ۰/۴۲                         | -۰/۴۰                        | -۸۳                         | قم                | -۱/۰۵                        | -۰/۱۳                        | ۹۳                          |
| فارس                   | -۰/۲۶                        | -۰/۲۸                        | -۲                          | کردستان           | -۰/۱۴                        | -۰/۲۴                        | -۱۰                         |
| کرمان                  | ۰/۱۴                         | -۰/۲۳                        | -۳۸                         | تهران             | -۱/۳۴                        | -۰/۰۷                        | ۱۲۶                         |
| بوشهر                  | ۰/۶۷                         | -۰/۰۸                        | -۷۵                         | سمنان             | -۱/۶۷                        | ۰/۱۶                         | ۱۸۳                         |
| خوزستان                | -۰/۰۷                        | ۰/۰۸                         | ۱۵                          | البرز             | -۱/۴۰                        | -۰/۰۲                        | ۱۳۸                         |
| کهگیلویه و<br>بویراحمر | -۰/۰۵                        | ۰/۴۷                         | ۵۲                          | قزوین             | -۰/۳۷                        | -۰/۳۲                        | ۵                           |
| یزد                    | -۰/۳۸                        | ۰/۵۲                         | ۹۰                          | مازندران          | -۰/۴۲                        | ۰/۱۵                         | ۵۷                          |
| چهارمحال<br>بختیاری    | -۰/۲۴                        | ۰/۴۹                         | ۷۴                          | زنجان             | ۰/۴۷                         | -۰/۳۱                        | -۷۸                         |
| اصفهان                 | ۰/۱۸                         | ۰/۴۸                         | ۳۰                          | آذربایجان<br>غربی | -۰/۴۶                        | ۰/۳۳                         | ۷۹                          |
| خراسان<br>جنوبی        | -۰/۴۴                        | -۰/۳۶                        | ۸                           | گلستان            | -۰/۸۷                        | ۰/۳۴                         | ۱۲۱                         |
| ایلام                  | ۰/۳۷                         | -۰/۴۰                        | -۷۶                         | گیلان             | ۰/۴۲                         | -۰/۳۵                        | -۷۷                         |
| لرستان                 | -۰/۱۷                        | -۰/۵۴                        | -۳۶                         | خراسان<br>شمالی   | -۲/۳۲                        | -۰/۰۹                        | ۲۲۳                         |
| مرکزی                  | -۰/۴۵                        | -۰/۳۷                        | ۸                           | آذربایجان<br>شرقی | -۰/۵۵                        | -۰/۱۵                        | ۴۰                          |
| همدان                  | ۰/۳۶                         | -۰/۷۱                        | -۱۰۷                        | اردبیل            | -۱/۰۴                        | -۰/۶۲                        | ۴۲                          |
| کرمانشاه               | ۰/۲۷                         | -۰/۴۳                        | -۷۰                         | دریاچه<br>ارومیه  | -۰/۶۴                        | ۰/۴۳                         | ۱۰۷                         |

که در دوره مشابه گذشته ۹۲-۹۱ از شرایط نرمال تا ترسالی برخوردار بوده‌اند. در این بازه زمانی ۹۲-۹۳ دارای تغییرات فاحشی شده‌اند، به طوری که از شرایط نرمال تا ترسالی به شرایط خشکسالی متوسط تا بسیار شدید تغییر وضعیت داده‌اند و جزء دو کانون اصلی

آنچه از مقایسه شکل‌های ۱ و ۲ استنباط می‌شود حاکی از آن است گستره خشکسالی در دو مقطع زمانی، شش ماهه اول سال آبی ۹۲-۹۳ و ۹۱-۹۲ دارای تغییرات مکانی فاحشی بوده است، به طوری که مناطق واقع در شمال شرق و دامنه‌های جنوبی البرز

داده‌اند. در این میان تنها شهرستان‌های شمالی استان فارس در شرایط خشکسالی متوسط تا شدید به سر می‌برند و نسبت به دوره مشابه گذشته از تغییرات فاحشی برخوردار نشده‌اند. نکته قابل توجه این‌که استان‌های تهران، قم، البرز، خراسان شمالی، رضوی، سمنان و اردبیل در این بازه زمانی ۹۲-۹۳ مراکز اصلی کانون‌های خشکسالی می‌باشند و نیز استان‌های مازندران، زنجان و آذربایجان غربی با توجه به مقادیر SPI شش ماهه منتهی به اسفند ماه سال آبی ۹۲-۹۳ در وضعیت هشدار قرار گرفته‌اند. لذا برنامه‌ریزی‌های مناسب در سطوح مختلف و استفاده بهینه از منابع آب و خاک در مناطق مذکور امری ضروری است.

خشکسالی در این بازه زمانی، شش ماهه اول ۹۲-۹۳ گشته‌اند. همچنین، استان آذربایجان غربی که در دوره مشابه گذشته در شرایط ترسالی بوده است، در این بازه زمانی ۹۲-۹۳ تغییرات فاحشی یافته و از شرایط ترسالی به وضعیت خشکسالی متوسط تا شدید تغییر وضعیت داده است.

در حالی که مناطق واقع در نوار ساحلی جنوب غربی خزر، غرب، شرق و نوار ساحلی جنوب کشور که در دوره مشابه گذشته جزء کانون‌های اصلی خشکسالی بوده‌اند، در این بازه زمانی ۹۲-۹۳ تغییر وضعیت داده و از شرایط خشکسالی متوسط تا خشکسالی بسیار شدید به شرایط نرمال تا ترسالی تغییر وضعیت

#### منابع مورد استفاده

1. Khazanedari, L., F. Zabol Abasi, Sh. Ghandhari, M. Kouhi and Sh. Malbousi. 2009. Drought conditions in the next thirty years in Iran. *Journal of Geography and Regional Development Research*, 12: 83-98
2. Mohamadian, A., M. Kohi and A. Adineh Beigi. 2010. Comparison of monitoring of drought using SPI, DI and PNI and zoning them, case study: Northern Khorasan Province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 17(1): 177-184.
3. Mosaedi, A., M. Khalilzade and A. Mohammadi. 2008. Drought monitoring in Golestan Province. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 15(2): 1-8.
4. Fatehi Marj, A. and M. Taei Semiromi. 2012. Drought management plan report. Sadra Publisher, 160 Pages.
5. Zare Abyaneh, H. and A.A. Mahboubi. 1994. Evaluation of drought situation and its process in Hamadan region on the basis of drought statistical indexes. *Journal of Research and Construction*, 64: 1-7.
6. American Meteorological Society. 1997. Meteorological drought-policy statement. *Bull*, 83: 1143-1147.
7. Bhuiyan, C., R.P., Singh and F.N. Kogan. 2006. Monitoring drought dynamics in the Aravalli Region (India) using different indices based on ground and remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8: 289-302.
8. Bordi, I. and A. Sutura. 2007. Drought monitoring and forecasting at large scale. *Water Science and Technology Library*, 62: 3-27.
9. Bussay, A., C. Szinell and T. Szentimery. 1999. Investigation and measurements of droughts in hungary. *Hungarian Meteorological Service, Budapest*, 91 pages.
10. Edwards, D.C. and T.B. McKee. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Rep.* 97-2, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
11. Guttman, N.B. 1998. Comparing the palmer drought index and the standardized precipitation index. *American Water Resources Association*, 34(1): 113-121.
12. Palmer, W. 1965. Meteorological drought. *Bureau of Meteorology*, 23: 1875-1891.

## **Spatial analysis of meteorological drought during the first half of the water year 1392-1393 compared to the same period of the last water year using SPI and PN indexes in Iran**

**Maryam Hosseinpour<sup>\*1</sup> and Ahmad Fatehi Marj<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> MSc, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran and <sup>2</sup> Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 03 December 2014

Accepted: 09 March 2015

### **Abstract**

Drought is one of the natural disasters impacting on socio-economic of the society during short, mid and long terms. Continuously monitoring and evaluating of droughts, which are accounted for the main object of the present study, can affectively alleviate drought impacts helping to come up with a drought risk management plan. In this research, the spatial variation of meteorological drought was analyzed for the first half of the hydrological year 1392-1393. Drought indicators used in this study were SPI and PN and their results were compared through the prepared maps. Results indicated that spatial variations of the rainfall have been considerable in some provinces which has led to severe droughts whereas, other provinces have received more precipitation compared to normal situation. In addition to variation of drought intensity, its spatial extension has been changing significantly. In this regard, the drought intensities have been decreasing in North Khorasan, Razavi Khorasan, Alborz, and Tehran province with regard to the SPI classification namely  $-2.5 < \text{SPI} < -1$ . According to the spatial distribution of the meteorological drought maps, the most severe drought has been happening over the North Khorasan by SPI less than -2. Also, based on the drought maps, a severe drought is extending over Mazandaran, Zanjan and West Azarbajejan provinces. Moreover, the spatial distribution of the drought maps prepared by calculating SPI and PN is well coincident.

**Key words:** Dryness, Drought intensity, Drought extension, Natural hazards, Warning condition

---

\* Corresponding author: hosseinpour.m58@gmail