



مدل سازی پیوند بین خشکسالی، تعداد روزهای بارانی و تبخیر و تعرق در استان فارس

مریم خسرویان^۱، علیرضا انتظاری^۲، محمد باعقیده^۲، رحمان زندی^{۳*}

- ۱- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی- تغییرات آب و هوایی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری
- ۲- دانشیار گروه آب و هواشناسی و ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری
- ۳- استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری

چکیده

خشکسالی یکی از پدیده‌های تکرارشونده در تمامی نقاط با اقلیم‌های پربارش و کم‌بارش است و بلای طبیعی به‌شمار می‌رود. ایران نیز از جمله کشورهایی است که با این پدیده در نقاط مختلف درگیر است. ویژگی‌های آن از قبیل شدت، مدت و وسعت خشکسالی از محلی به محل دیگر متفاوت می‌باشد و خسارت آن به برنامه‌ریزی کشورها بستگی دارند. در این راستا وجود توان‌های محیطی، اقتصادی، کشاورزی و صنعتی و بهره‌برداری بهینه از آن‌ها و نیز پیش‌بینی وقوع حوادث طبیعی، چون سیل و خشکسالی ضرورت شناخت صحیح شرایط جوی و ویژگی‌های آب و هوایی مناطق مختلف برای برنامه‌ریزان آشکار کرده است. در این تحقیق، به‌منظور بررسی و مقایسه رخداد‌های خشکسالی و ترسالی، داده‌های بارش مربوط به دوره‌ی (۱۹۸۷-۲۰۱۷)، و همچنین داده‌های تبخیر و تعرق و تعداد روزهای بارانی طی یک دوره آماری ۱۰ ساله (۲۰۰۸-۲۰۱۷) و از ۹ ایستگاه برای استان فارس اخذ شد. شاخص بارش استاندارد شده (SPI)، مورد استفاده قرار گرفت و نقشه پهنه‌بندی خشکسالی، تبخیر و تعرق و تعداد روزهای بارانی استان با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS ترسیم شد. در سال‌های مورد مطالعه، ۲۴ سال استان فارس در وضعیت نزدیک به نرمال و ۵ سال با خشکسالی و یک سال نیز با ترسالی مواجه بوده است. در ادامه وضعیت خشکسالی در شهرستان شیراز بررسی و تحلیل شد. بنابر نتایج به دست آمده خشکسالی در شهرستان شیراز نسبت به سایر نقاط استان شدیدتر بوده و نیز این روند در آینده نیز ادامه خواهد داشت. شاخص SPI بیشترین میزان همبستگی با پارامترهای تعداد روزهای بارانی با میزان (۰/۴۶) و تبخیر و تعرق با میزان (۰/۲۶) را به ترتیب در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۰۸ داشت.

کلید واژه‌ها: مدل‌سازی، خشکسالی، تعداد روزهای بارانی، تبخیر و تعرق، استان فارس



Modeling the correlation between drought, number of rainy days and evapotranspiration in Fars province

Maryam Khosravian¹, Alireza Entezari², Mohammad Baaghideh², Rahman Zandi^{3*}

1- PhD student in Meteorology- climate changes, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University

2- Associate Professor, Department of Meteorology and Geomorphology,

3- Assistant Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University

Abstract

Drought is one of the recurring phenomena in all parts of the world with high-rainfall and low-rainfall climates and it is considered as a natural disaster. Iran is also one of the countries which involved in this phenomenon in different places. Its characteristics, such as the severity, duration, and extent of the drought, are vary from place to place and its damages is depending on the country's planning. In this regard, the necessity of knowing the correct weather conditions and climatic characteristics of different regions have become clear to planners through environmental, economic, agricultural and industrial potentials and their optimal use, as well as predicting the occurrence of natural disasters such as floods and droughts. In this study, for evaluating and comparing drought and wetness events, the precipitation data for the period (1987-2017), as well as the evaporation and transpiration data and the number of rainy days during a statistical period of 10 years (2008-2017) were obtained from 9 stations in Fars province. The standardized precipitation index (SPI) was used, and the Arc GIS software, the drought zoning, evaporation and transpiration maps, and the number of rainy days in the province were plotted. In the studied years, Fars province has faced a near-normal state for 24 years in and drought for 5 years and wetness for one year. The drought situation was studied and analyzed in Shiraz city in the continuation. According to the obtained results, the drought in Shiraz city is more severe than the other parts of the province and it will continue in the future. The SPI index has the highest correlation with the parameters of the number of rainy days with a rate of (0.46) and evaporation and transpiration with a rate of (0.26) in 2012 and 2008.

Keywords: Modeling, Drought, Number of rainy days, Evapotranspiration, Fars province

* Corresponding author E-mail address: R.zandi@hsu.ac.ir

مقدمه

خشکسالی یکی از پدیده‌های محیطی است که سالانه موجب وارد آمدن خسارات زیادی به جوامع انسانی می‌شود (Morid et al, 2007). شاخص‌های خشکسالی مقادیر متنابهی از اطلاعات اقلیمی هیدرولوژی مانند درجه حرارت، بارندگی، برف، جریان رودخانه‌ها و سایر منابع آبی را به کار می‌گیرند تا تصویر جامعی از وضعیت خشکسالی را به طور منطقه‌ای، در قالب محدوده‌ای از اعداد بیان کند. خشکسالی یکی از مخاطرات طبیعی پرخسارت است که آثار آن به کندی نمایان می‌شود. کشور ایران به دلیل واقع شدن در محدوده‌ی خشک و نیمه‌خشک جهان و تغییرات اقلیمی گسترده‌ای که در بیشتر نقاط آن دیده می‌شود، همواره خسارات زیادی ناشی از خشکسالی را متحمل می‌شود. با وجود این، تاکنون این پدیده به اندازه‌ی سایر بحران‌های طبیعی از قبیل سیل، زلزله، توفان و رانش زمین مورد توجه قرار نگرفته و بررسی نشده است. از آنجا که خشکسالی مانند سایر بلایای طبیعی از قبیل سیل و زلزله آنی نیست و ماهیت خزشی دارد، تعیین زمان شروع و خاتمه‌ی آن مشکل است. از این رو، نیاز به تحقیقات گسترده در این زمینه کاملاً ضروری به نظر می‌رسد (Chu et al, 1993). خشکسالی اثرات اقتصادی- اجتماعی مختلفی همچون کاهش درآمد خانوار، کاهش منابع درآمد جایگزین، افزایش ساعات و حجم کار، تضاد در زمینه بهره‌گیری از آب، ناامنی غذایی، کمبود غذا و سوءتغذیه، کاهش سلامت و دسترسی نابرابر به خدمات حمایتی مالی، افزایش مهاجرت روستایی، احساس بی‌قدرتی، کاهش کیفیت زندگی و کاهش انسجام اجتماعی را به همراه دارد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۰؛ صالح و مختاری، ۱۳۸۶؛ کشاورز و همکاران، ۱۳۸۹). اثرات خشکسالی را می‌توان نتیجه برهمکنش پدیده طبیعی (کاهش بارش منطقه) و افزایش تقاضای سیستم‌های انسانی برای بهره‌گیری از آب و دیگر منابع طبیعی دانست (Wilhite et al, 2007). طی سال‌های گذشته در تمام قاره‌های جهان، خشکسالی‌های شدیدی رخ داده است که هر یک منجر به خسارات فراوان اقتصادی و اجتماعی، کشاورزی و حتی بروز تنش‌های سیاسی شده است (Epule et al, 2014). با توجه به قرار گرفتن کشور ایران در بین عرض‌های ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی هر منطقه دارای آب و هوای متفاوتی می‌باشد و به دلیل کمی نزولات جوی قسمت‌های زیادی کشور در قلمرو آب و هوای خشک قرار گرفته است (Farajzade, 2006). متوسط بارندگی در ایران ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد که این مقدار یک سوم متوسط جهانی است. از طرفی بی‌نظمی بارش‌ها در ایران زیاد است، بطوری‌که بیشتر بارش‌ها در نیمه سرد سال و نه در دوره رشد محصولات ریزش می‌کنند و یا در اکثر مناطق خشک داخلی بخش غالبی از ریزش بارش‌های سالانه در یک روز می‌باشند. این شرایط حاکی از بی‌نظمی بالای بارش‌ها از نظر زمانی و مکانی دارد (علیچانی، ۱۳۸۵). امروزه با توجه به میزان ریزش‌های جوی و توزیع ناهمگون زمانی و مکانی بارش‌ها در ایران، وقوع خشکسالی‌ها و خسارت ناشی از این رخداد و از طرفی افزایش جمعیت، رشد شهرنشینی و منابع غذایی بیشتر، نیاز به آب روز به روز بیشتر شده و مسأله آب به عنوان یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های مدیران و برنامه‌ریزان کشور می‌باشد. بنابراین مطالعه و شناسایی رفتار این پدیده در ایران یکی از ضروریات محققان و کشور بوده تا بتوان با مدیریت صحیح و اصولی در مناطق مختلف ایران، خسارت‌های ناشی از این پدیده را کاهش داد. یکی از اولین اقدامات در بحث مدیریت ریسک خشکسالی شناخت رفتار فضایی (پراکندگی فضایی) این پدیده می‌باشد. اعمال مدیریت مناسب جهت کاهش خسارات خشکسالی بستگی به اطلاعات به موقع در مورد آغاز خشکسالی و میزان گسترش مکانی-زمانی آن دارد.

تنوع مطالعات خشکسالی به دلیل پیچیدگی آن بسیار گسترده است. مطالعاتی که در زمینه‌ی خشکسالی انجام می‌شوند، از نظر موضوع بررسی شده در چند گروه متمایز قابل طبقه‌بندی هستند. برخی از پژوهشگران به رابطه‌ی گردش عمومی جو با خشکسالی و علت وقوع خشکسالی توجه می‌کنند. گروه دیگری از پژوهشگران به شناخت زمان وقوع خشکسالی‌ها و عوامل تأثیرپذیر از آن می‌پردازند و گروهی دیگر احتمال وقوع خشکسالی و تأثیرات آن و خسارت‌های ناشی از آن تجزیه و تحلیل می‌کنند. پایش خشکسالی به منظور بررسی وضعیت منطقه از نظر شروع خشکسالی و چگونگی توسعه‌ی زمانی و مکانی خشکسالی انجام می‌شود. مرسوم‌ترین راه به منظور پایش خشکسالی استفاده از شاخص‌های خشکسالی است (Chu et al, 1993). از مشهورترین شاخص‌های خشکسالی می‌توان به شاخص شدت خشکسالی پالم (PDSI) (Mishara et al, 2007)، و شاخص بارندگی استاندارد^۱ (SPI) اشاره کرد (Karamouz et al, 2009). از آنجا که شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی مختلف ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۶ ماهه محاسبه می‌شود، می‌تواند برای پایش خشکسالی در سه مقیاس کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت استفاده شود. مزیت دیگر SPI اسن است که برای محاسبه‌ی این شاخص تنها اطلاعات بارندگی نیاز است. این مزایا سبب شده است که این شاخص کاربرد گسترده‌ای در مطالعات خشکسالی داشته باشد.

مصطفی‌زاده و ذبیحی (۱۳۹۵)، با استفاده از نرم‌افزار R، به مقایسه شاخص‌های SPI و SPEI در ارزیابی خشکسالی هواشناسی در استان کرمانشاه پرداختند. نتایج نشان داده که ضریب همبستگی بین ۰/۱۹ در ایستگاه سقز و ۰/۵۲۹ در ایستگاه سنندج و معنی‌دار از نظر آماری

(در سطح ۹۹ درصد)، متغیر هستند. با توجه به تأثیر دما در محاسبه‌ی SPEI، تفاوت قابل توجه بین مقادیر شتخص استاندارد مبتنی بر بارش و شاخص تبخیر و تعرق مبتی بر دما، زمینه کارایی و صحت شاخص را فراهم می‌کند.

معدنچی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از شاخص SPI و روش کریجینگ به پهنه‌بندی خشکسالی‌های اقلیمی در استان کرمان پرداختند. نتایج نشان داد که قسمت‌هایی از جنوب غربی و غرب استان در محدوده‌ی شهرستان‌های بافق، رابر و سیرجان از نظر احتمال وقوع خشکسالی از حساسیت بیشتری برخوردار هستند و هرچه مقیاس بالاتر می‌رود قدر مطلق مجموع دوره‌های خشک بیشتر می‌شود.

نصرتی (۲۰۰۳) با استفاده از شاخص SPI به تحلیل منطقه‌ای خطر خشکسالی‌ها در حوزه آبخیز اترک پرداخت و به این نتیجه رسید که خشکسالی از جنوب‌شرقی حوزه آغاز شده و بتدریج افزایش می‌یابد.

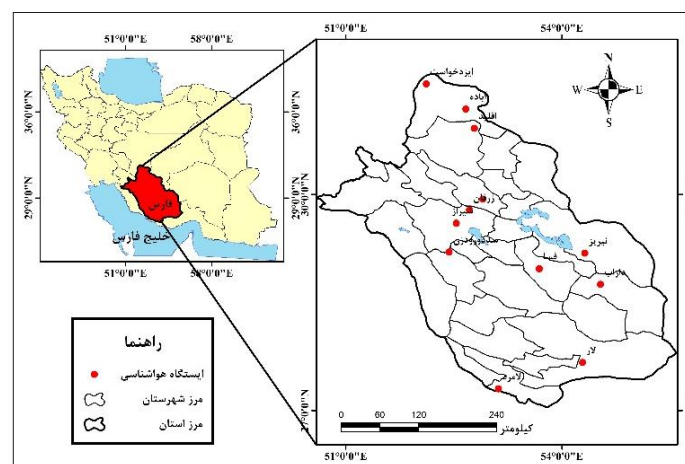
قطره سامانی (۲۰۰۱) به بررسی روند خشکسالی توسط شاخص دهک‌ها و SPI در استان چهارمحال بختیاری پرداخت و به این نتیجه رسید که در استان خشکسالی اتفاق افتاده و شدت خشکسالی از شرق به غرب کاهش می‌یابد.

زالایی (۲۰۰۰) کاربرد نمایه SPI را در مجارستان مورد بررسی و ارزیابی قرار داده و به این نتیجه رسید که این نمایه مناسب‌ترین نمایه برای تعریف و تحلیل کمی از انواع خشکسالی‌های هواشناسی، کشاورزی و آب‌شناختی است. با استفاده از نمایه SPI، دوره‌های خشک و تر در ایتالیا (Tsakiris et al, 2004) و آفریقای جنوبی (Natale et al, 2003) مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

در سال ۲۰۰۶ سرگیو در پژوهشی به این نتیجه رسید که تفاوت‌های الگوی مکانی خشکسالی، در مقیاس‌های زمانی متفاوت با استفاده از نمایه SPI، توزیع پیرسون تیپ ۳ جهت محاسبه نمایه خشکسالی برای تکرارهای بارش در مقیاس‌های زمانی مختلف ۱، ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۳۶ ماهه کارایی دارد. در مقیاس‌های زمانی بلندمدت ۲۴ یا ۳۶ ماهه ارتباط بین سری‌های SPI مشاهداتی کاهش می‌یابد. در نتیجه نواحی همگنی با بخش‌های دارای خشکسالی مشابه که بتواند برای مدیریت خشکسالی مؤثر با هشدار سریع نقش داشته باشد، وجود نخواهد داشت. لی یان جون و همکاران (۲۰۱۲) با تجزیه و تحلیل ویژگی‌های سیر تکاملی خشکسالی براساس شاخص بارش استاندارد (SPI) در حوزه رودخانه هواین (Huaine) به این نتیجه رسیدند که فراوانی خشکسالی در حوزه رودخانه هواین کاهش یافته و شدت خشکسالی در آغاز قرن ۲۱ افزایش یافته است. با توجه به شرایط خشکسالی که در سال‌های اخیر در استان فارس رخ داده و حتی منجر به خشکی پهنه‌های آبی موجود در این محدوده شده، در این پژوهش خشکسالی‌های اخیر با انتخاب ۹ ایستگاه در سراسر استان و طی ۳۰ سال (۱۹۸۷-۲۰۱۷) و نیز ارتباط آن با تبخیر و تعرق و تعداد روزهای بارانی بررسی شده است. هدف از این پژوهش، شناخت مناطقی در استان فارس هست که خشکسالی در آن‌ها بیشتر اتفاق افتاده و همچنین ارزیابی روزهای بارشی در این استان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه استان فارس با مساحتی در حدود ۱۲۲۶۰۸ کیلومترمربع، در فواصل جغرافیایی بین ۲۷° ۲۰' تا ۳۱° ۴۲' عرض شمالی و عرض جغرافیایی ۵۰° ۴۲' تا ۵۵° ۳۶' طول شرقی از نصف النهار مبداء قرار دارد.



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه بارندگی و خشکسالی و ارتباط آن با تبخیر و تعرق و تعداد روزهای بارندگی استان فارس برای سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷

بررسی شد. براساس این اطلاعات اجزای بارش شامل میانگین، چولگی، انحراف معیار، ضریب همبستگی و محاسبه فرمول خط رگرسیون به منظور تعیین روند و میزان تغییرات بارش سالیانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. سپس براساس شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) داده‌های بارندگی و خشکسالی استان فارس و شهرستان شیراز بررسی گردید. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش بارش، تبخیر و تعرق و تعداد روزهای بارانی طی دوره مطالعاتی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷ و در ایستگاه‌های آباد، اقلید، شیراز، داراب، درودزن، زرقان، فسا، لار و لامرد می‌باشد. برای محاسبه شاخص خشکسالی SPI از اطلاعات بارندگی ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک استفاده می‌شود که لازم است برای هر ایستگاه به صورت متنی تهیه شود آنگاه داده‌های بارش با استفاده از تابع گاما برازش یافته و استاندارد می‌شوند که این عملیات توسط نرم افزار SPI-SL-6 انجام شده است. پس از محاسبه شاخص SPI، بین میزان آن در سال‌های مورد مطالعه با تعداد روزهای بارانی و تبخیر و تعرق ثبت شده در همان سال‌ها و ایستگاه‌های ذکر شده، همبستگی گرفته شد.

شاخص بارش استاندارد (SPI)

اساس شاخص بارندگی استاندارد شده برای محاسبه احتمالات وقوع بارندگی برای تمام مقیاس‌های زمانی می‌باشد، ولی بیشتر در مقیاس زمانی ۱، ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه استفاده می‌شود و یکی از شاخص‌های مهم جهانی برای خشکسالی می‌باشد (۱).

$$Z = \frac{pi - \bar{X}}{s} \quad (1)$$

که در آن Z شاخص استاندارد شده بارش، X_i بارندگی در سال مورد نظر، \bar{X} میانگین بارندگی طولانی مدت و s انحراف معیار بارندگی می‌باشد.

طبقه‌بندی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در جدول ۱ بیان شده است (برهانی و همکاران، ۱۳۸۵).

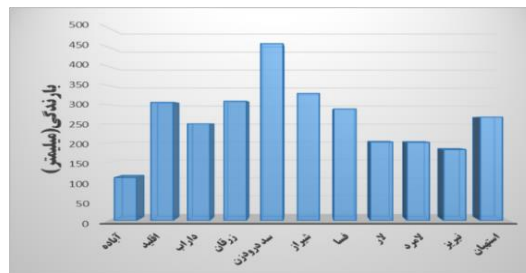
جدول ۱- طبقه بندی شدت خشکسالی با استفاده از شاخص SPI

وضعیت	شاخص SPI
ترسالی بسیار شدید	+۲ و بیشتر
ترسالی شدید	۱/۹۹ تا ۱/۵
ترسالی متوسط	۱ تا ۱/۴۹
نزدیک به نرمال	-۰/۹۹ تا ۰/۹۹
خشکسالی متوسط	-۱ تا -۱/۴۹
خشکسالی شدید	-۱/۵ تا -۱/۹۹
خشکسالی بسیار شدید	-۲ و کمتر

ارقام مثبت شاخص بارش استاندارد معرف بهتری نسبت به میانگین بارش می‌باشد در حالی که مقادیر منفی این شاخص معرف پایین تری نسبت به میانگین بارش می‌باشند. چون شاخص بارش استاندارد شده رقومی شده است یعنی به صورت عدد درآمده است. بنابراین، می‌تواند به روش یکسانی معرف اقلیم‌های خشک و مرطوب باشد همچنین می‌توان دوره‌های مرطوب را نیز از طریق این شاخص نشان داد. جهت محاسبه‌ی تخمیر تعرق از داده‌های تبخیر و تعرق مربوط به ایستگاه‌های نامبرده در بازه‌ی زمانی (۱۹۸۷-۲۰۱۷) استفاده و سپس در محیط Arc GIS با استفاده از ابزار IDW پهنه‌بندی شد.

نتایج و بحث

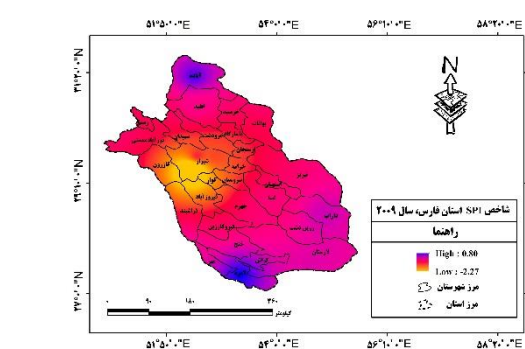
به طور کلی متوسط بارش استان فارس طی دوره آماری ۲۰۰۸-۲۰۱۷ به میزان ۲۶۴/۶۵ میلی‌متر به دست آمد که بررسی‌ها نشان می‌دهد بیشترین بارش استان مربوط به شهرستان درودزن با ۴۸۵/۲ و بعد از آن شیراز با ۳۲۹/۳ میلی‌متر و کمترین بارندگی استان نیز به ترتیب مربوط به شهرستان نیریز با ۱۸۳/۷ و آباد با ۱۱۱/۴ میلی‌متر بود (شکل ۱).



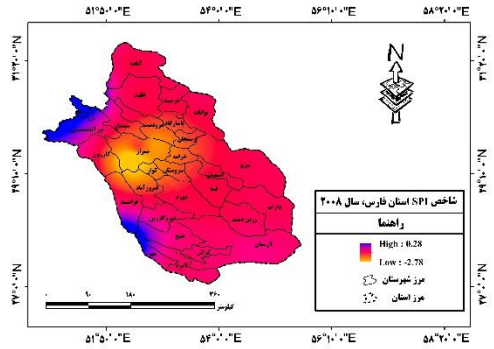
شکل ۲- متوسط بارندگی استان فارس طی دوره آماری ۲۰۰۸-۲۰۱۷

با توجه به نتایج به دست آمده از شاخص SPI، در دوره‌ی مطالعاتی (۱۹۸۷-۲۰۱۷)، سال شروع دوره یعنی سال ۱۹۸۷ و ۱۹۹۰ خشکسالی متوسط را سپری کرده‌اند (جدول ۲). پس از آن، استان فارس تا سال ۲۰۰۳ در وضعیت نزدیک به نرمال بوده تا اینکه در سال ۲۰۰۴ ترسالی را تجربه کرده است. به دلیل تعدد نقشه‌ها، فقط نقشه‌های مربوط به سال‌های (۲۰۰۸-۲۰۱۷) در طی نتایج ارائه گردید. در سال ۲۰۰۸، غالب مناطق استان شرایط نرمال را سپری کرده است. شهرستان شیراز و مناطقی از شهرستان‌های کوار، فیروزآباد، خرامه، مرودشت و ارسنجان با خشکسالی مواجه بوده و مناطق شمال غربی شهرستان‌های رستم و نورآباد ممسنی و همچنین قسمت محدودی از مناطق جنوب غربی استان شامل بخش‌هایی از خنج، مهر و فراشبند شرایط مساعدتری را پشت سر گذاشته است (شکل ۳-الف). در سال ۲۰۰۹ مجدداً غالب استان شرایط نرمال را سپری کرده و خشکسالی نیز با ضریب بالا در همان محدوده‌ی قبلی، منتهی به سمت غرب استان کشیده شده است (شکل ۳-ب). غالب استان در سال ۲۰۱۰ همچنان در شرایط نرمال به سر می‌برد. خشکسالی افزایش پیدا کرده، به‌طوری‌که شیراز خشکسالی بسیار شدید را نشان می‌دهد. همچنین محدوده‌ی خشکسالی وسیع‌تر و علاوه بر محدوده‌ی قبلی شهرستان‌های فسا و بخش‌هایی از استهبان، سروستان و جهرم را نیز دربر گرفته است. ضمن اینکه در این سال میزان بارندگی افزایش پیدا کرده و شاهد ترسالی در شهرستان‌های رستم، نورآباد ممسنی، و بخش‌هایی از مهر، خنج و فراشبند هستیم (شکل ۵). در غالب نقاط استان در سال ۲۰۱۱ شرایط نرمال را سپری کرده است. ضمن اینکه شهرستان‌های شیراز، کازرون، کوار، سروستان، فیروزآباد و فراشبند خشکسالی را نشان می‌دهند. سال ۲۰۱۱ حادث‌ترین خشکسالی در سطح استان رخ داده، که البته به بخش غربی استان محدود می‌شود (شکل ۶). در سال ۲۰۱۲ کمترین و محدودترین خشکسالی را مشاهده می‌کنیم که شامل مناطق شیراز، فیروزآباد، کوار و کازرون و همچنین به میزان کم در شهرستان‌های لارستان، گراش و لامرد می‌باشد. از نظر ترسالی در سال ۲۰۱۲ استان فارس شرایط مطلوبی را سپری کرده، بطوری‌که در سال‌های مورد مطالعه جزء سال‌های پر بارش محسوب می‌شود. شهرستان‌های اقلید، مرودشت و بخش شرقی شیراز را شرایط مساعدی را از نظر بارش پشت سر گذاشته‌اند اما وضعیت کلی استان همچنان خشکسالی می‌باشد (شکل ۳-ج). غالب نقاط استان در سال ۲۰۱۳، شرایط نرمال را سپری کرده است. میزان بارندگی به مراتب کاهش پیدا کرده و به صورت متمرکز به شهرستان آباده محدود شده است (شکل ۳-د). سال ۲۰۱۴، از لحاظ خشکسالی شرایط حادی را سپری کرده است (شکل ۳-ح). نواحی جنوب غربی استان شامل بخش‌هایی از شهرستان‌های خنج، مهر و فراشبند و همچنین به صورت محدود بخش‌هایی از آباده و نورآباد ممسنی شرایط مساعدتری را نسبت به سایر نقاط استان دارند. استان فارس در سال ۲۰۱۵، وارد شرایط به نسبت نرمال‌تری شده است. مناطقی از شهرستان‌های شیراز، سپیدان، کازرون، فیروزآباد، ارسنجان، مرودشت و نورآباد ممسنی با شرایط خشکسالی مواجه بوده است (شکل ۳-خ). اکثر نواحی استان در سال ۲۰۱۶، کماکان در شرایط نرمال بوده است. در این سال خشکسالی به شدت افزایش یافته است و تنها در شهرستان‌های لارستان، خنج، فراشبند و مهر به ترسالی نزدیک می‌باشد (شکل ۳-د). در سال ۲۰۱۷ کماکان شهرستان‌های شیراز، بخش‌هایی از شهرستان‌های کازرون، کوار، فیروزآباد، خرامه و سروستان خشکسالی را پشت سر گذاشته‌اند. محدوده خشکسالی گسترده‌تر شده و تا شهرستان‌های آباده، اقلید، مرودشت و خرمبید کشیده شده است. همچنین قسمت جنوب غربی استان شمال شهرستان‌های داراب، بخش‌هایی از زرین‌دشت، نی‌ریز و فسا ترسالی شدید را داشته‌اند.

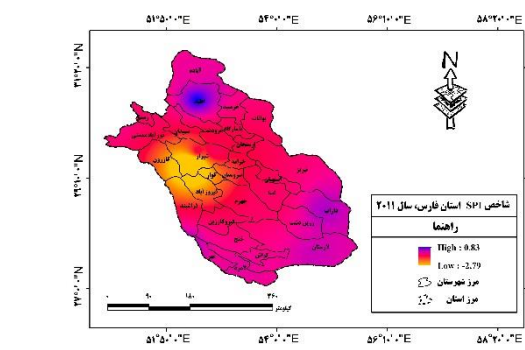
بطور کلی در سال‌های مورد مطالعه، تمامی نقاط استان با شرایط نرمال و رو به خشکسالی مواجه بوده است. خشکسالی بیشتر در قسمت غربی استان به محوریت شهرستان‌های شیراز، کازرون، کوار، فیروزآباد و سروستان می‌باشد. در طی ۳۰ سال مورد بررسی، فقط سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۷ ترسالی را پشت سر گذاشته است. در کل شهرستان‌های مهر، فراشبند، لامرد، آباده، رستم، نورآباد ممسنی، آباده و اقلید از شرایط مساعدتری نسبت به سایر شهرستان‌های استان برخوردار بوده‌اند.



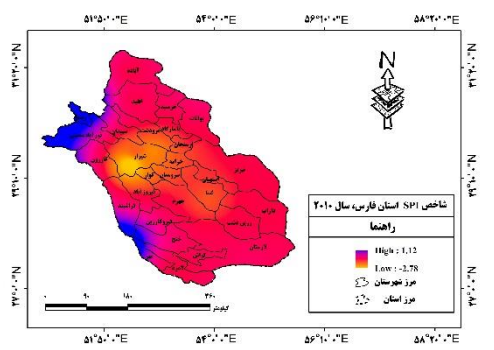
د



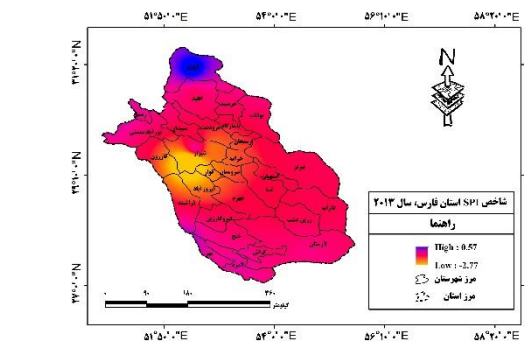
الف



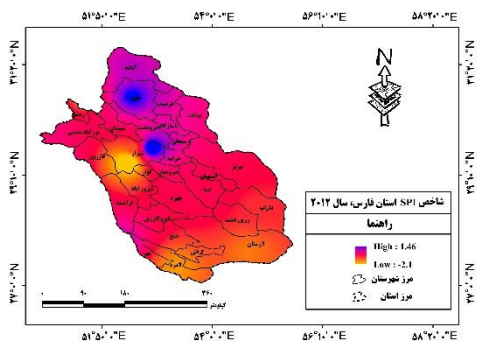
ج



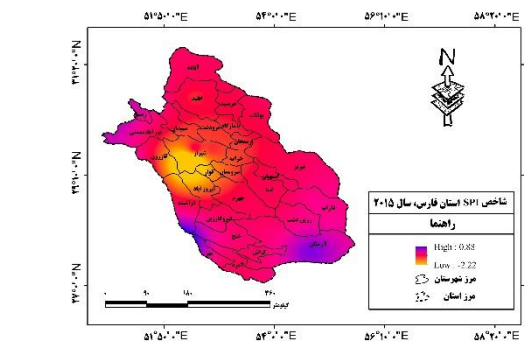
ب



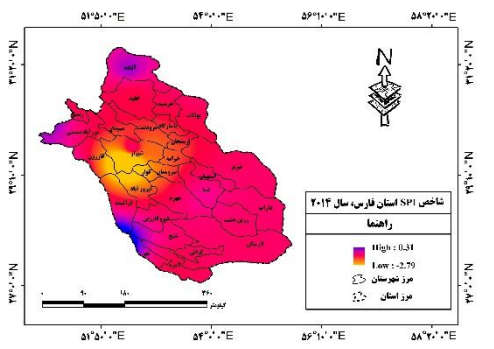
د



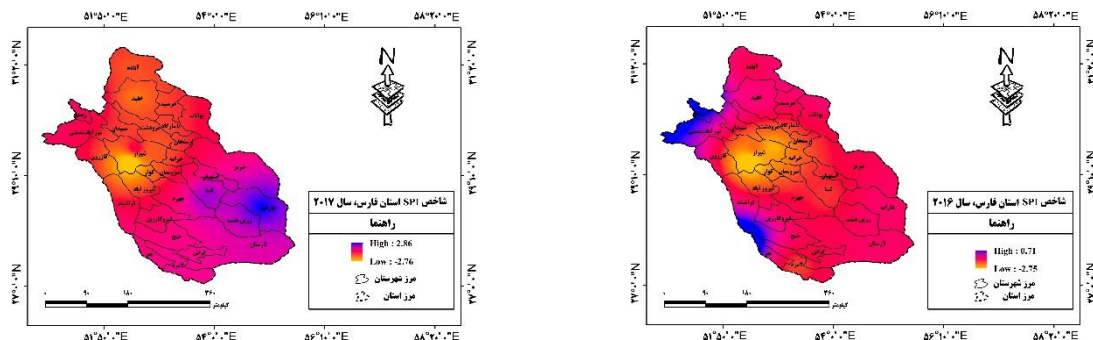
ب



د



ب



ن

د

شکل ۳: نقشه‌های شاخص SPI، برای سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷

جدول ۲: مقادیر عددی و وضعیت شاخص SPI استان فارس

وضعیت	شاخص SPI	سال
خشکسالی متوسط	-۱/۱۹	۱۹۸۷
نزدیک به نرمال	۰/۳۰	۱۹۸۸
نزدیک به نرمال	-۰/۸۱	۱۹۸۹
خشکسالی متوسط	-۱/۱۸	۱۹۹۰
نزدیک به نرمال	۰/۵۰	۱۹۹۱
نزدیک به نرمال	۰/۵۵	۱۹۹۲
نزدیک به نرمال	۰/۰۸	۱۹۹۳
نزدیک به نرمال	-۰/۰۷	۱۹۹۴
نزدیک به نرمال	۰/۸۸	۱۹۹۵
نزدیک به نرمال	۰/۳۸	۱۹۹۶
نزدیک به نرمال	-۰/۰۶	۱۹۹۷
نزدیک به نرمال	-۰/۴۱	۱۹۹۸
نزدیک به نرمال	-۰/۲۷	۱۹۹۹
نزدیک به نرمال	-۰/۶۰	۲۰۰۰
نزدیک به نرمال	-۰/۸۲	۲۰۰۱
نزدیک به نرمال	-۰/۴۵	۲۰۰۲
نزدیک به نرمال	-۰/۰۳	۲۰۰۳
ترسالی شدید	۱/۵۵	۲۰۰۴
نزدیک به نرمال	-۰/۵۸	۲۰۰۵
نزدیک به نرمال	-۰/۲۱	۲۰۰۶
نزدیک به نرمال	۰/۵۹	۲۰۰۷
خشکسالی شدید	-۱/۵۷	۲۰۰۸
نزدیک به نرمال	-۰/۱۱	۲۰۰۹
خشکسالی شدید	-۱/۶۲	۲۰۱۰
نزدیک به نرمال	-۰/۱۱	۲۰۱۱
نزدیک به نرمال	-۰/۱۱	۲۰۱۲
نزدیک به نرمال	-۰/۶۳	۲۰۱۳
نزدیک به نرمال	-۰/۹۴	۲۰۱۴
نزدیک به نرمال	-۰/۲۳	۲۰۱۵
خشکسالی شدید	-۱/۵۱	۲۰۱۶
نزدیک به نرمال	۰/۱۹	۲۰۱۷

جدول ۳: فراوانی و درصد شاخص SPI استان فارس

وضعیت	فراوانی	درصد
خشکسالی متوسط	۲	۷
ترسالی شدید	۱	۳
خشکسالی شدید	۳	۱۰
نزدیک به نرمال	۲۴	۸۰

با توجه به شاخص SPI می‌توان دریافت که در سال‌های مطالعاتی استان فارس بیشتر در وضعیت نزدیک به نرمال به سر برده، که ۸۰٪ وضعیت شاخص SPI را به خود اختصاص داده که در سال‌های ۱۹۸۸ و ۱۹۸۹، سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۳، سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ و سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۱، ۲۰۱۲، ۲۰۱۳، ۲۰۱۴، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷ روی داده است (جدول ۲).

تحلیل خشکسالی‌های استان فارس نشان می‌دهد که در دوره مورد مطالعه فقط در سال ۲۰۰۴ ترسالی رخ داده است. در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۷ به صورت متمرکز ترسالی منطقه‌ای داشته‌ایم (اشکال ۳-پ، ۳-ج و ۳-د). به عنوان مثال شهرستان اقلید و بخش مرکزی استان در سال ۲۰۱۲، شهرستان داراب در سال ۲۰۱۷ و همچنین شهرستان رستم و بخشی از شهرستان‌های نورآباد ممسنی، خنج، مهر و فرابند در سال ۲۰۱۰.

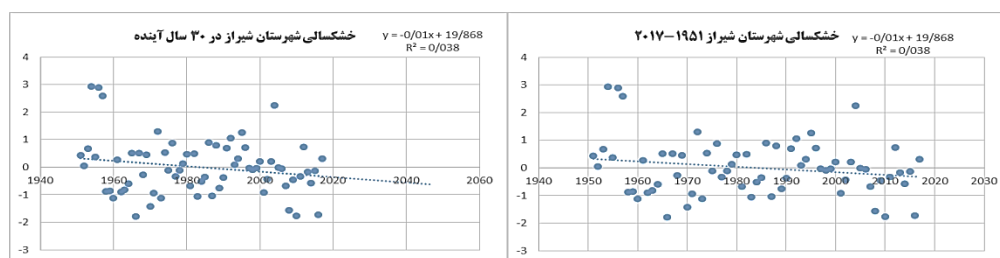
در سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ نیز شاهد خشکسالی شدید با فراوانی ۳۰ درصد بوده‌ایم. در ادامه این پژوهش به صورت موردی به مطالعه‌ی وضعیت خشکسالی شهرستان شیراز پرداخته شد. همانگونه که از جدول ۴، استنتاج می‌شود وضعیت خشکسالی در این شهرستان بسیار مشابه با وضعیت خشکسالی کل استان می‌باشد با این تفاوت که خشکسالی شیراز شدیدتر از میانگین استان است. با توجه به اشکال ۳-الف تا ۳-د، شدت خشکسالی در شهرستان شیراز نسبت به سایر نقاط شدید و بارزتر می‌باشد. در سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶، وضعیت شیراز از نظر خشکسالی بسیار حاد بوده است.

جدول ۴: فراوانی و درصد شاخص SPI شهرستان شیراز

سال	شاخص SPI	وضعیت
۱۹۸۷	۰/۵۴	نزدیک به نرمال
۱۹۸۸	-۰/۷۹	نزدیک به نرمال
۱۹۸۹	۰/۵۱	نزدیک به نرمال
۱۹۹۰	۰/۴۶	نزدیک به نرمال
۱۹۹۱	-/۴۰	نزدیک به نرمال
۱۹۹۲	۲/۳۲	ترسالی بسیار شدید
۱۹۹۳	-۱/۴۴	خشکسالی متوسط
۱۹۹۴	۱/۱۷	ترسالی شدید
۱۹۹۵	۲/۲۹	ترسالی بسیار شدید
۱۹۹۶	-۱/۰۲	ترسالی متوسط
۱۹۹۷	۱/۵۹	ترسالی شدید
۱۹۹۸	۰/۴۴	نزدیک به نرمال
۱۹۹۹	-۱/۰۸	خشکسالی متوسط
۲۰۰۰	-۰/۷۳	نزدیک به نرمال
۲۰۰۱	-۰/۰۵	نزدیک به نرمال
۲۰۰۳	-۰/۹۳	نزدیک به نرمال
۲۰۰۲	-۰/۸۵	نزدیک به نرمال
۲۰۰۴	۰/۶۷	نزدیک به نرمال
۲۰۰۵	۱/۹۴	ترسالی شدید
۲۰۰۶	-۰/۴۴	نزدیک به نرمال

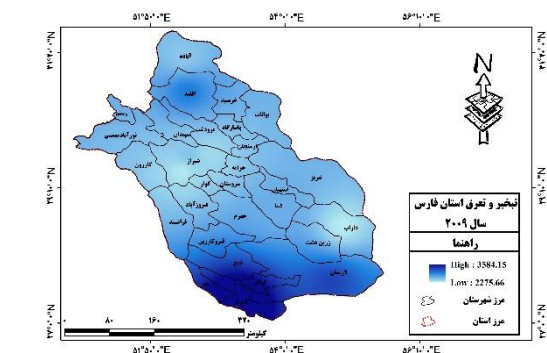
وضعیت	شاخص SPI	سال
نزدیک به نرمال	۰/۱۱	۲۰۰۷
خشکسالی شدید	-۱/۵۵	۲۰۰۸
نزدیک به نرمال	-۰/۴۵	۲۰۰۹
خشکسالی شدید	-۱/۷۷	۲۰۱۰
نزدیک به نرمال	-۰/۳۲	۲۰۱۱
نزدیک به نرمال	۰/۷۳	۲۰۱۲
نزدیک به نرمال	-۰/۱۷	۲۰۱۳
نزدیک به نرمال	-۰/۵۸	۲۰۱۴
نزدیک به نرمال	-۰/۱۴	۲۰۱۵
خشکسالی شدید	-۱/۷۲	۲۰۱۶
نزدیک به نرمال	۰/۳۱	۲۰۱۷

با توجه به اینکه شدت خشکسالی در ۳۰ سال گذشته در شیراز نسبت به سایر نقاط استان بیشتر بود، شاخص SPI برای ۶۶ سال گذشته در این شهرستان محاسبه شد. همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، در این دوره مطالعاتی (۱۹۵۱-۲۰۱۷)، هیچگونه ترسالی در شهرستان شیراز مشاهده نشده و شاخص خشکسالی به شدت در حال افزایش بوده است (جدول ۴). برای آگاهی از ادامه روند خشکسالی در شیراز، وضعیت خشکسالی ۳۰ سال آینده تخمین زده شد. بر این اساس، شاخص خشکسالی کماکان در حال افزایش خواهد بود.

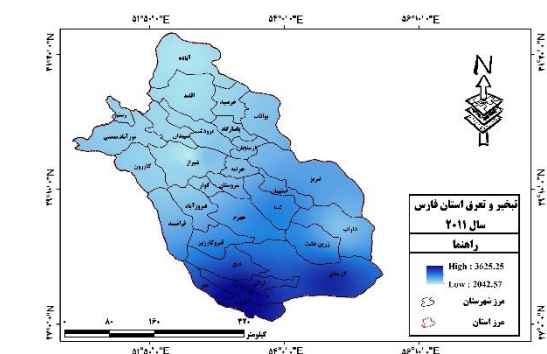
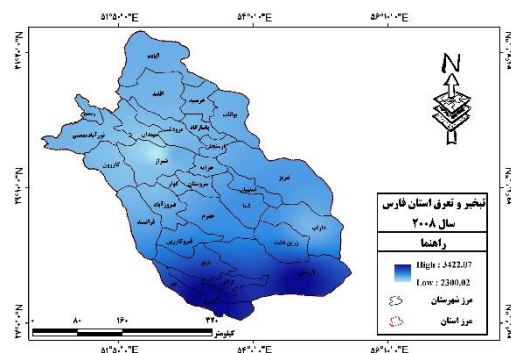


شکل ۴: نمودارهای خشکسالی شهرستان شیراز طی دوره (۱۹۵۱-۲۰۱۷) و تخمین خشکسالی شهرستان شیراز طی ۳۰ سال آینده

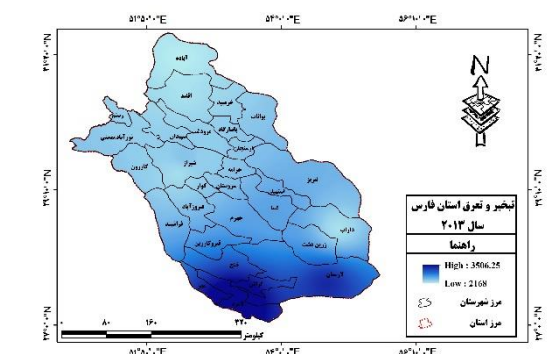
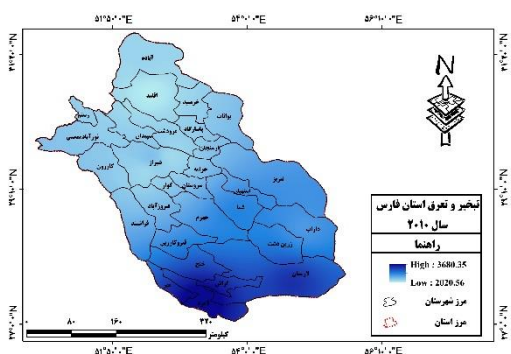
در ادامه داده‌های مربوط به تبخیر و تعداد روزهای بارانی در استان فارس طی سال‌های (۲۰۰۸- تا ۲۰۱۷) (با توجه به محدودیت داده، داده‌های مربوط به تبخیر و تعرق و روزهای بارانی فقط در این دوره بررسی گردید) تهیه و مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نقشه‌های پهنه‌بندی تبخیر و تعرق و تعداد روزهای بارانی استخراج گردید (شکل‌های ۵-الف تا ۵-د). بیشترین میزان تبخیر و تعرق در سال‌های مورد مطالعه در مناطق جنوبی استان مشاهده می‌شود. در سال ۲۰۰۸ بیشترین میزان تبخیر را در سال‌های مورد مطالعه دارد. تبخیر و تعرق با مقدار ۲۷۳۸/۹ و در شهرستان‌های لامرد، مهر، گراش و خنج می‌باشد (شکل ۵-الف). سال ۲۰۰۹ همچنان تبخیر و تعرق بالا و در سال‌های مورد مطالعه بعد از سال ۲۰۰۸، بیشترین میزان تبخیر و تعرق را با مقدار ۲۶۳۴/۹۳ دارا می‌باشد. در این سال تبخیر و تعرق در محدوده بیشتری گسترش یافته و علاوه بر شهرستان‌های یاد شده در سال ۲۰۰۸، شهرستان لارستان از جمله شهرستان‌های وسیع استان است را شامل می‌شود. در سال ۲۰۱۰، تبخیر تعرق کاهش یافته و به ۲۵۷۴/۲۶ رسیده است. اما کماکان مناطقی که تبخیر زیادی دارند در نواحی جنوبی استان و در محدوده شهرستان‌های یاد شده هستند (شکل ۵-د). از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ تبخیر و تعرق نوسان ناچیزی داشته و بین ۲۵۳۰ تا ۲۸۳۰ متغیر می‌باشد. در سال ۲۰۱۶ تبخیر و تعرق افزایش یافته و به میزان ۲۶۹۹/۴۳ رسیده و همچنین حداکثر میزان آن از لحاظ مکانی به شهرستان لارستان محدود شده است (شکل ۵-د). سال ۲۰۱۷ اغلب نقاط استان تبخیر و تعرق نسبتاً بالایی دارند بصورتیکه حتی در شهرستان شیراز هم تبخیر بالایی مشاهده می‌شود. اما از میزان کلی تبخیر کاسته و به ۲۵۲۳/۸۲ رسیده است. بطور کلی بیشترین و کمترین میزان تبخیر و تعرق به ترتیب در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۰۸ با مقدار ۲۷۳۴/۹ و ۲۵۱۸/۰۴ می‌باشد. نقاط جنوبی استان به دلیل نزدیکی با پهنه‌های آبی خلیج فارس و دریای عمان از تبخیر و تعرق بالایی برخوردار است. بطور کلی بیشترین و کمترین میزان تبخیر و تعرق در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۰۸ می‌باشد.



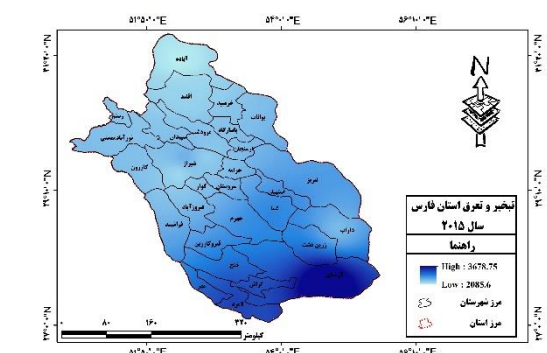
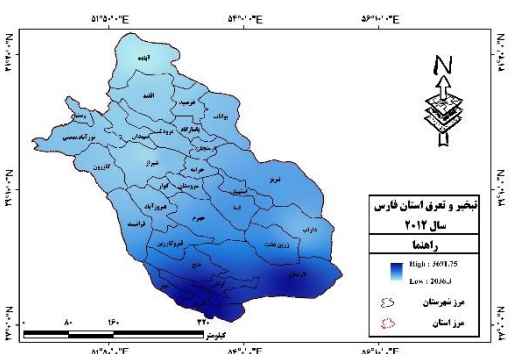
الف



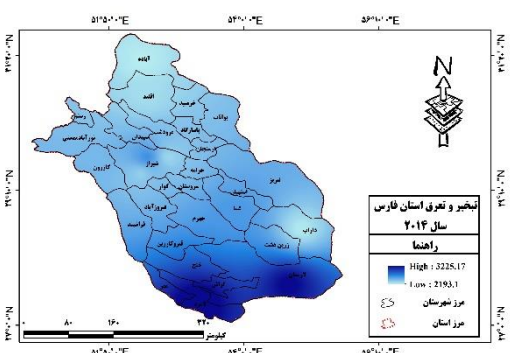
ب

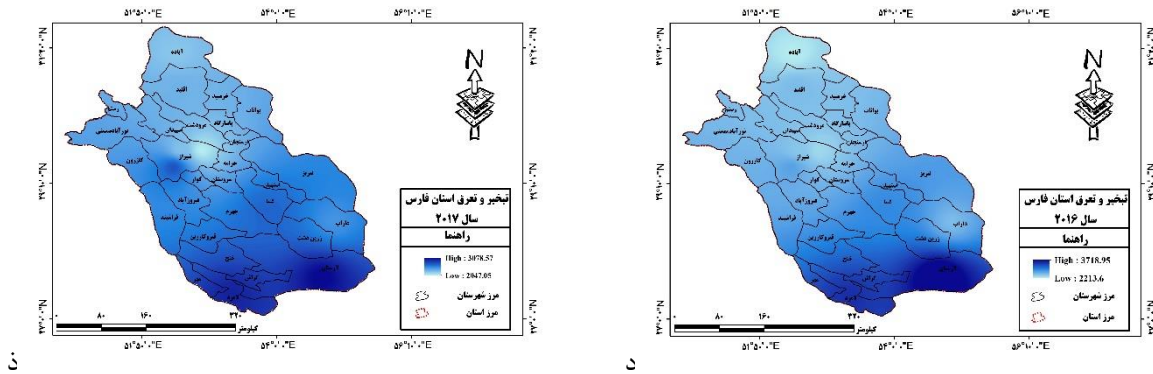


ج



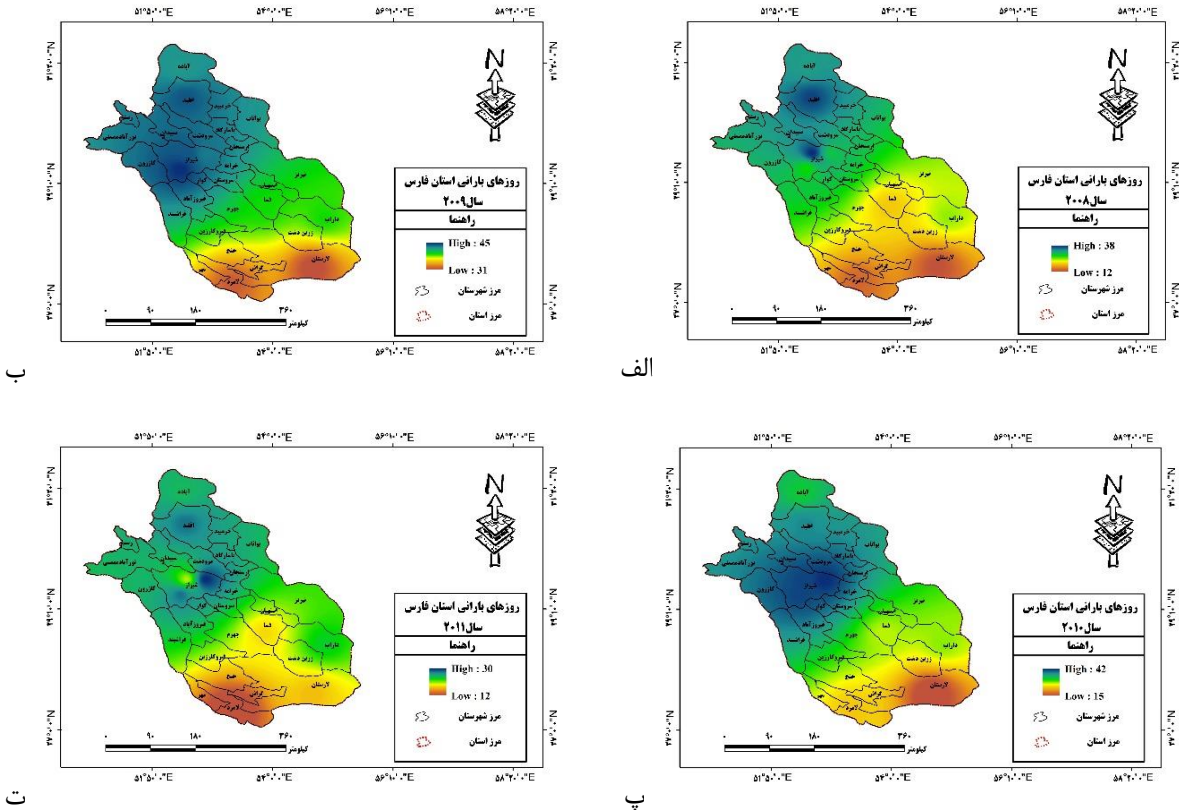
د

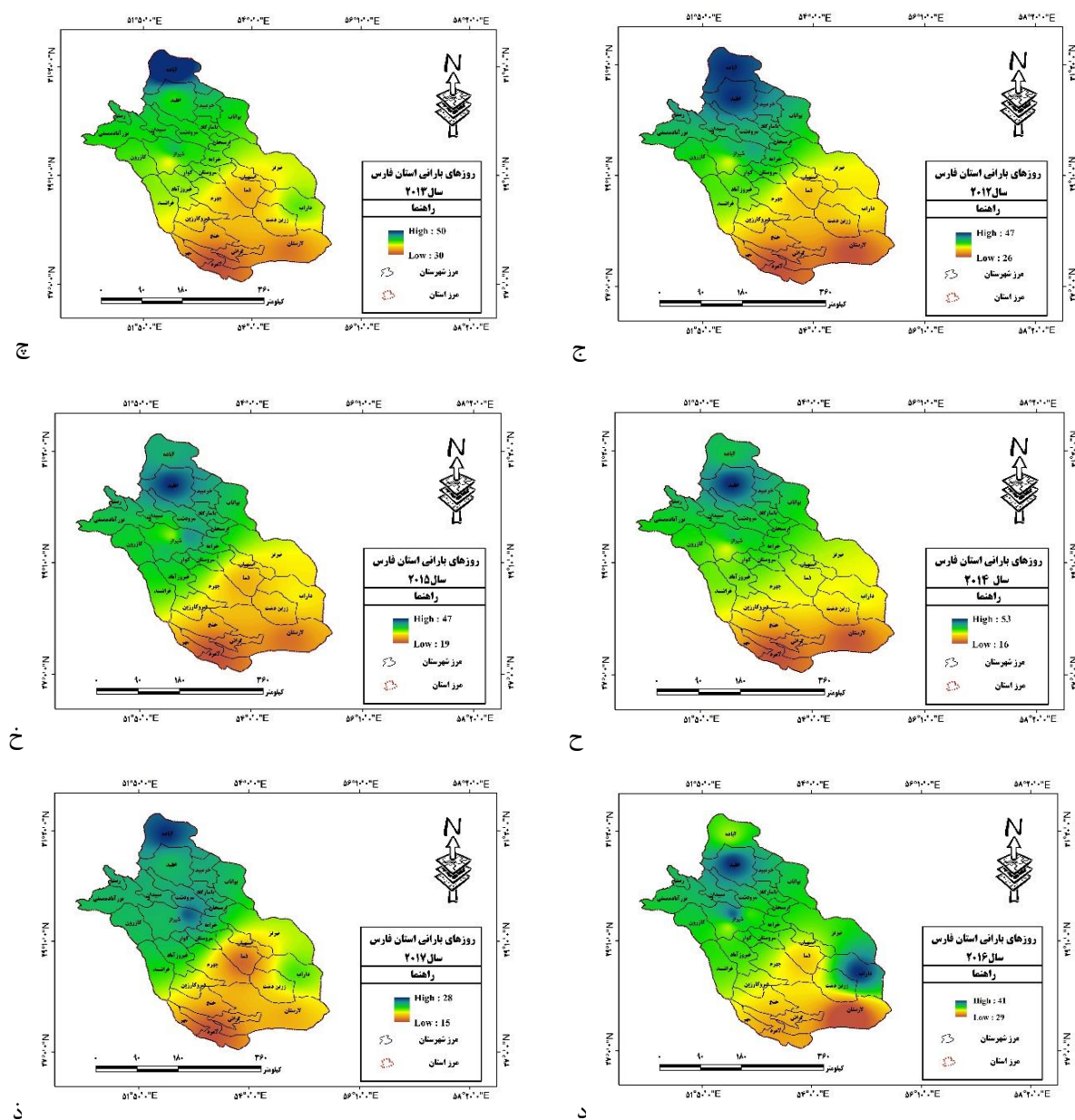




شکل ۵: نقشه‌های تبخیر و تعرق برای سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷

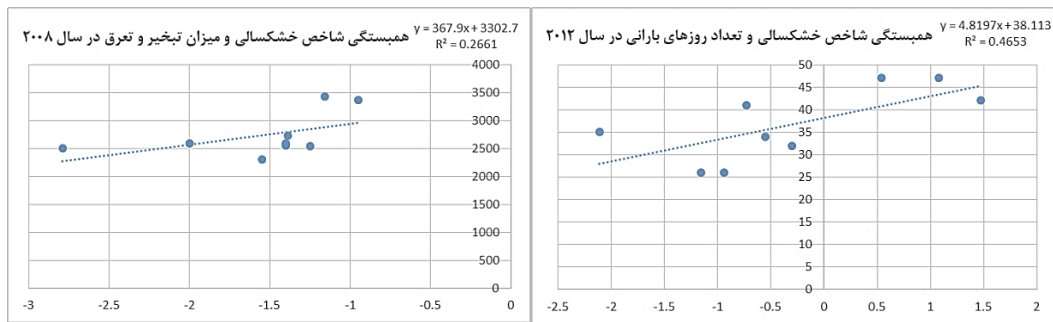
بیشترین تعداد روزهای بارانی در مناطق شمالی استان مشاهده می‌شود. هرچه به سمت مناطق جنوبی استان پیش برویم شاهد کاهش تعداد روزهای بارانی هستیم. بیشترین تعداد روزهای بارانی در مناطقی مشاهده می‌شود که شاخص SPI در آن مناطق نزدیک به نرمال یا به عبارتی مقدار مساعدی را نشان می‌دهد. در سال ۲۰۰۸ تعداد روزهای بارندگی بطور میانگین در کل ۹ ایستگاه ۲۶ روز ثبت شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین روزهای بارندگی در شهرستان‌های اقلید و شیراز می‌باشد. سال ۲۰۰۹ تعداد روزهای بارانی در این سال ۴۱ چشمگیری داشته و در طول دوره مطالعاتی بیشترین روزهای بارانی را دارا می‌باشد (شکل ۶-ب). میانگین روزهای بارانی در این سال ۴۱ روز می‌باشد. سال ۲۰۱۰ تعداد روزهای بارانی کاهش یافته اما به نسبت کل دوره تقریباً جزء سال‌هایی است که تعداد روزهای بارانی زیادی دارد و این فزونی در شهرستان‌های شیراز و مرودشت و شهرستان‌های اطراف می‌باشد. سال ۲۰۱۱ روزهای بارانی به شدت کاهش پیدا می‌کند و به ۲۴ روز می‌رسد (شکل ۶-ت). سال ۲۰۱۲ روزهای بارانی افزایش یافته و به تعداد ۳۷ روز می‌رسد و تا سال ۲۰۱۶ بین ۳۳ تا ۳۸ متغیر است اما در سال ۲۰۱۷ روزهای بارندگی کاهش چشمگیری پیدا می‌کند و بطور میانگین در کل ایستگاه‌های مورد مطالعه به ۲۲ روز می‌رسد (شکل ۶-ذ).





شکل ۶: نقشه‌های تعداد روزهای بارانی برای سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۲

در نهایت برای بررسی ارتباط بین شاخص خشکسالی با تبخیر و تعرق و تعداد روزهای بارانی بین شاخص مورد نظر و دو پارامتر یاد شده، در همه سال‌های مورد مطالعه همبستگی گرفته شد. بنا بر نتایج به دست آمده، بیشترین میزان همبستگی بین شاخص خشکسالی و تعداد روزهای بارانی در سال ۲۰۱۲ و برای شاخص خشکسالی و تبخیر و تعرق در سال ۲۰۰۸ می‌باشد. همبستگی نمایانگر روند مثبت و افزایشی می‌باشد، بنابراین با افزایش تعداد روزهای بارانی ترسالی افزایش پیدا می‌کند و همچنین بر میزان تبخیر و تعرق افزوده می‌شود.



شکل ۷: نمودار همبستگی شاخص خشکسالی و تعداد روزهای بارانی و میزان تبخیر و تعرق

نتیجه‌گیری و پیشنهادهای کاربردی

خشکسالی پدیده‌ای است که به صورت کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت بر وضعیت اقتصادی و اجتماعی جامعه تأثیر می‌گذارد. پایش به موقع و دقیق براساس اطلاعات مختلف، می‌تواند نقش مهمی در کاهش خسارات ناشی از خشکسالی داشته باشد. خشکسالی‌های بلندمدت در ایران از رفتار منظم و منطقی برخوردارند چنان‌که این رفتار در همگنی فضایی خشکسالی‌ها مشهود است. روند فضایی خشکسالی در ایران شمال غربی - جنوب شرقی است. همچنین روند زمانی خشکسالی‌ها در ایران همسان بوده، و ایستگاه‌های هر ناحیه از روند زمانی خاص خشکسالی در ایران در قالب سینوپتیک و منطقه‌ای عمل می‌کنند. بنابراین ممکن است یک ناحیه در دوره خاصی ترسالی و همزمان ناحیه دیگر خشکسالی را تجربه کنند. استان فارس در دهه اخیر، دوره‌های خشکسالی متمادی را تجربه کرده که تداوم آن نسبت به دوره‌های کوتاه مدت ترسالی بسیار چشمگیر می‌باشد. این امر نیاز به مدیریت اصولی و صحیح برای کاهش اثرات خشکسالی دارد. براساس نتایج به دست آمده از این پژوهش، خشکسالی در استان فارس در دوره مطالعاتی (۱۹۸۷-۲۰۱۷)، بیشتر در وضعیت نزدیک به نرمال بوده و تنها در ۵ سال خشکسالی مشاهده شده است. ترسالی تنها در یک سال و آن هم در سال ۲۰۰۴ وجود داشته است. امروزه خشک شدن تالاب‌ها و ورود ریزگردها از روی این تالاب‌ها به شهرهای این ناحیه وجود دارد. که این حساسیت منابع آبی و اکوسیستم‌ها را به مدیریت اصولی و کاربردی در ارتباط با منابع آب سطحی در این ناحیه را نشان می‌دهد. در این ناحیه پیامدهای خشکسالی در حال و آینده چشمگیر خواهد بوده و خواهد بود. بنابراین با توجه به اولویت‌های مورد نیاز، مدیریت ریسک و بحران ضروری است. چنانکه پیامدهای این دوره‌های خشکسالی، کم آبی و خشک شدن دریاچه‌های استان از جمله پریشان و کاهش شدید سطح آب‌های زیرزمینی می‌باشند.

منابع

- رضایی، ر، حسینی، م، شریفی، ا. تجزیه و تحلیل و توضیح اثرات خشکسالی در مناطق روستایی استان زنجان (مطالعه موردی: روستای هجراش). مجله تحقیقات روستایی. ۱۳۹۰. ۱۳-۱۱۰: (۳)۱.
- صالح، ا، مختاری، د. تأثیرات اجتماعی و اقتصادی خشکسالی در خانواده‌های روستایی منطقه سیستان. نشریه توسعه و آموزش کشاورزی ایران. ۱۳۹۰. ۱۱۴-۹۹: (۳)۱.
- علیجانی، ب، ۱۳۸۵، آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، نسخه هفتم.
- علیجانی، ب، بابایی، ا. تجزیه و تحلیل فضایی خشکسالی کوتاه مدت، جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای. ۱۳۸۷. شماره پاییز و زمستان. فرج‌زاده، م، ۱۳۸۵، خشکسالی از مفهوم به راه حل، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، اولین شماره، صص ۱۶-۱۷.
- قطرسامانی، س، ۱۳۸۵، بررسی خشکسالی استان چهارمحال و بختیاری، اولین کنفرانس راهبردی برای مقابله با کمبود آب و خشکسالی در کرمان، ۴۳-۳۶: ۱.
- کارآموز، م، عراقی‌نژاد، س، ۱۳۸۷، هیدرولوژی پیشرفته دانشگاه امیر کبیر. تهران.
- کشاورز، م، ۱۳۹۴، رفاه روستایی و حفاظت از محیط زیست تحت خشکسالی: مورد استان فارس، اداره محیط زیست فارس.
- کشاورز، م، کرمی، ا، زمانی، ق. آسیب‌پذیری خشکسالی خانواده‌های مزرعه: مطالعه موردی. نشریه توسعه و آموزش کشاورزی ایران. ۱۳۹۰. ۳۲-۱۵: (۲)۶.
- مصطفی‌زاده، ر، ذبیحی، م، ۱۳۹۵، تحلیل و مقایسه شاخص‌های SPI و SPEI در ارزیابی خشکسالی هواشناسی با استفاده از نرم‌افزار R (بررسی موردی: استان کرمانشاه)، مجله فیزیک زمین و فضا. ۴۳-۶۳۳: (۳)۴۲.

- معدنچی، پ، کاکاشاهدی، م، حبیب‌نژاد، م، سلیمانی، ک، فاتحی مرج، ا، ۱۳۹۸، پهنه‌بندی خشکسالی‌های اقلیمی و بزرگی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI و روش زمین آمار کریجینگ (مطالعه‌ی موردی: استان کرمان)، ۲۰۱۵-۲۰۳(۱۰)۳۸.
- نصرتی، ک، آذرینوند، ح، ۱۳۸۵، تجزیه و تحلیل منطقه‌ای از شدت، مدت، دوره خشکسالی با استفاده از داده‌های بارندگی، ۶۱-۴۹(۱)۷.
- وارثی، ح، بیک محمدی، ح، قنبری، س. مقایسه خسارت اقتصادی خشکسالی کشاورزی در شهر نائین با سایر شهرک‌های شهر اصفهان (برای سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۳)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۱۳۸۵، ۴۴-۲۱(۳).
- Chu P.S., Nash A.J., and Porter F.Y. 1993, Diagnostic studies of two contrasting rainfall episodes in Hawaii: Dry 1981 and wet 1982, *Journal of climate*, 6(7):1457-1462.
- Chu P.S., Nash A.J., and Porter F.Y. 1993, Diagnostic studies of two contrasting rainfall episodes in Hawaii: Dry 1981 and wet 1982, *Journal of climate*, 6(7):1457-1462.
- Epule, T.E., Peng, C., Lepage, L. 2015, Environmental refugees in sub-Saharan Africa: a review of perspectives on the trends, causes, challenges and way forward. *GeoJournal*, 80:79-92.
- Mishra A. K., Desa, V. R. and Singh, V. P. 2007, Drought Forecasting Using a Hybrid Stochastic and Neural Network Model. *Journal of Hydrologic Engineering*, 12(6):626-638.
- Morid, S., V. Smakhtinb and K. Bagherzadeh. 2007, Drought forecasting using artificial neural networks and time series of drought indices. *Int. J. Climatol.* 27: 2103-2111.
- Natale. H.K and Thian Yew Gan. 2003, Drought indices and their application to east Africa. *Inter. Journal Climatol*, 23.
- Serogio, M., and Vicente S. 2006, Differences in Patterns of Drought on Different Time Scales: An Analysis of the Iberian Peninsula, *Water Resources Management* (2006)20:37-60. DOI: 10.1007/s11269006-2974-8.
- Szalai, S. and Szinell, C. 2000, Comparison of two drought indices for drought monitoring in Hungary - a case study. In J. V. Vogt and F. Somma, editors, *Drought and Drought Mitigation in Europe*, pages 161-166. Kluwer, Dordrecht. 325pp.
- Tsakiris, G., and Vangelis, H. 2004, Towards a drought watch systems based on spatial SPI, *Water resources Research Management*, 18:1-12.
- Wilhite, D.A., Svoboda, M.D. and Hayes, M.J. 2007, Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness, *Water Resources Management*, Vol. 21, No. 5, pp. 763-774.
- Yan-Jun, L.I., ZHENG Xiao-dong and L.U.Fan and M.A.Jing. 2012, Analysis of Drought Evolvement Characteristics Based on Standardized Precipitation Index in the Huaihe River Basin. *Sciverse ScienceDirect, Procedia Engineering*, 28:434-437.