



تعیین میزان خشکسالی استان سمنان با استفاده از شاخص SPI

علی خالقی^۱، محمدکیاکیانیان^۲، پوریا قباخلو^۳

۱- دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان

۲- استادیار گروه بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان

*نویسنده مسئول: Alikhaleghi8975@semnan.ac.ir

چکیده

خشکسالی پدیده‌ای است که به صورت مکرر و تقریباً در هر نوع آب‌وهوایی به وقوع می‌پیوندد. در چند دهه‌ی اخیر شدت و فراوانی رویدادهای شدید آب‌وهوایی، از جمله خشکسالی، به طور چشمگیری افزایش یافته است و باعث خسارات شدید، تلفات و جراحات عظیمی در سراسر جهان شده است انتظار می‌رود که تغییرات آب‌وهوایی به این روند افزایشی کمک کند و خطرات بسیار بیشتری را برای جامعه، محیط زیست و بخش‌های وابسته به بارش و منابع آب ایجاد کند، قرارگرفتن بر روی کمربند خشک جهان و ایجاد شرایط خاص سینوپتیکی، سبب وقوع پدیده خشکسالی در کشور ایران گردیده است خشکسالی یکی از پدیده‌های طبیعی است که در کشور ایران به جز موارد نادر مطالعه نگردیده است و به صورت مسئله‌ای ناشناخته باقی مانده است. شاخص استاندارد بارش یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها در پایش خشکسالی است. مطالعه خشکسالی در استان سمنان صورت گرفت، این شاخص یکی از شاخص‌های پایش دوره خشک و حتی تنها شاخصی است که مقیاس زمانی در آن لحاظ شده است. تعیین مقیاس زمانی بستگی به تأثیر خشکسالی در منابع مختلف کشاورزی و هیدرولوژیکی دارد. مقیاس زمانی را می‌توان از ۱ ماه تا چند سال تنظیم کرد. با توجه به این نمودارها که در بازه زمانی ۱۹۹۳-۲۰۱۸ در ۲ دوره ۱۳ ساله (۱۹۹۳-۲۰۰۵ و ۲۰۰۶-۲۰۱۸) بررسی شده است، با توجه به میانگین شاخص استاندارد بارندگی ۰/۰۰- در دوره ۱۹۹۳-۲۰۰۶، نتایج نشان می‌دهد که سمنان در طبقه خشک قرار دارد و در دوره ۲۰۰۶-۲۰۱۸ با توجه به میانگین شاخص SPI ۰/۰۱ سمنان در طبقه نرمال قرار دارد.

واژگان کلیدی: خشکسالی، بارندگی، سمنان، SPI، قحطی، هیدرولوژیکی

مقدمه

خشکسالی پدیده‌ای است که به صورت مداوم و تقریباً در هر نوع آب‌وهوایی اتفاق می‌افتد (مهدویان و همکاران، ۱۳۸۴). قرارگرفتن بر روی کمربند خشک جهان و ایجاد شرایط خاص سینوپتیکی، همواره سبب وقوع پدیده خشکسالی در کشور ایران گردیده است (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، ۱۳۸۳). خشکسالی به طور طبیعی در مناطق مجاور مکانی و دوره‌های زمانی پیوسته رخ می‌دهد. با این حال، این ویژگی‌های مکانی-زمانی مرتبط خشکسالی اغلب به طور بسیار ناچیز مورد بررسی قرار می‌گیرند (لوید-هیوز^۱ ۲۰۱۲؛ هالینگر و بلوشل^۲ ۲۰۱۷). خشکسالی یکی از پدیده‌های طبیعی است که در ایران به جز موارد نادر مطالعه نگردیده است و به صورت موضوعی ناشناخته باقی مانده است (فرج زاده و همکاران، ۱۳۷۴). سیستم‌های پایش در تدوین طرح‌های مقابله با خشکسالی و مدیریت آن از اهمیت زیادی برخوردارند. به این منظور از شاخص‌های خشکسالی برای بیان کمی این پدیده استفاده می‌شود. شاخص بارش استاندارد شده (SPI) جهت کمی کردن کمبود بارش در مقیاس‌های زمانی مختلف از یک تا ۴۸ ماهه طراحی شده است (مککی و همکاران^۳، ۱۹۹۵). SPI صرفاً بارش را در نظر می‌گیرد و بر دو فرضیه دلالت دارد: ۱) تغییرپذیری بارش بسیار بیشتر از متغیرهای دیگر است، مانند دما و تبخیر و تعرق بالقوه و ۲) سایر متغیرها دارای روندهای زمانی ناچیز هستند (ویکت سرانو و همکاران^۴ ۲۰۱۰). بلایای طبیعی مانند سیل، رعد و برق، خشکسالی و غیره محیط اطراف ما را مورد تأثیر قرار می‌دهند. این بلایا همواره بر زندگی انسان‌ها تأثیر منفی داشته و در بیشتر موارد آسیب‌های جبران ناپذیری را در پی دارند. بر اساس بررسی‌های انجام گرفته، امروزه تعداد و موارد وقوع این حوادث نسبت به ۳۰ سال گذشته افزایش یافته است. حدود ۲۵ درصد از آن‌ها رخدادهایی می‌باشند که به نحوی با عوامل جوی مرتبط هستند. در میان این پدیده‌ها خشکسالی یکی از مهم‌ترین و تأثیر گذارترین آن‌ها می‌باشد، چرا که گستردگی آن در برخی از موارد، مرز قاره‌ها را نیز درنورده است (کogan^۵، ۱۹۹۸). خشکسالی هواشناسی یا آب و هوایی اساساً ناشی از کمبود بارندگی می‌باشد که در صورت تداوم منجر به خشکسالی هیدرولوژی و کشاورزی می‌گردد (ایبانه و همکاران، ۱۳۸۳). یکی از شاخص‌های مهم مورد استفاده در مطالعات خشکسالی شاخص استاندارد بارش می‌باشد که در این مطالعه جهت پهنه بندی و پیش بینی خشکسالی در استان خوزستان استفاده شده است. (مک کی و همکاران^۶ ۱۹۸۳) برای اولین بار شاخص SPI را در ایالت کلرادو آمریکا به کار بردند و دریافتند که برای برازش داده‌های بارندگی، توزیع گاما مناسب‌ترین توزیع می‌باشد. سلطانی و سعادت پهنه بندی خشکسالی در استان اصفهان را با استفاده از شاخص استاندارد بارش انجام دادند (سلطانی و سعادت، ۱۳۸۶). هر خشکسالی با سه خصوصیت شدت، طول دوره و پهنای تحت تأثیر شناخته می‌شود. خشکسالی انواع مختلفی دارد که با توجه به طول دوره خشکسالی به وجود می‌آیند و به شرح زیر تعریف می‌شوند:

خشکسالی هواشناسی: هنگامی رخ می‌دهد که بارندگی کمتر از حدود ۷۵ درصد از نرمال سه ماهه یا حتی ۶ ماهه بالاتر باشد.

خشکسالی کشاورزی: رطوبت خاک در این مرحله بسیار کم است بخصوص جایی که گیاهان به صورت فشرده قرار دارند و بیومس خاک کم شده است. کاهش آب برای چهارپایان نیز از دیگر ویژگی‌های این مرحله است.

¹ Lloyd-Hughes² Haslinger and Blöschl³ McKee⁴ Vicente-Serrano⁵ Kogan⁶ McKee

خشکسالی هیدرولوژیکی: کاهش جریان‌ات رودخانه‌ها، مخازن آب، دریاچه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی از آشکارترین نشانه‌های این مرحله از خشکسالی هستند و خشکسالی اقتصادی - اجتماعی: این مرحله آخرین مرحله خشکسالی محسوب می‌شود طوری که کمبود منابع آب بر زندگی انسان‌ها تأثیر منفی می‌گذارد.

پیشینه مطالعاتی

انصافی مقدم (۱۳۸۶) در ارزیابی شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوضه دریاچه نمک به این نتیجه رسید که شاخص SPI و دهک‌ها، مقارن با سال وقوع کمینه بارندگی، رخداد خشکسالی شدید و بسیار شدید است و کارایی بیشتری نسبت به سایر شاخص‌ها از جنبه نمایش خشکسالی بسیار شدید دارند. مساعدی و دیگران (۱۳۸۷) جهت ارزیابی و تحلیل مکانی خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان از شاخص SPI استفاده کردند و به نتایج مختلفی از جمله وجود یک سیکل ۱۱ ساله ترسالی یا خشکسالی مهم و حاکم بودن شرایط با شدت خشکسالی بیشتر در مناطق مرزی و نوار ساحلی دریای خزر رسیدند.

عیوضی و همکاران (۱۳۸۸) به منظور پیش بینی شاخص خشکسالی SPI در دوره‌های زمانی ۱، ۳، ۶ و ۹ ماهه از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی MLP و تابع پایه‌ای شعاعی RBF در حوضه آب خیز گرگان رود استفاده کردند. نتایج نشان داد مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی MLP نسبت به شبکه عصبی مصنوعی RBF با دقت بالاتری ($R_2 = 0.94$) نسبت به ($R_2 = 0.92$) مقادیر SPI را پیش بینی می‌کند.

خان و دیگران^۱ (۲۰۰۸) در بررسی وضعیت خشکسالی در اراضی زراعی یکی از حوضه‌های کشور استرالیا با سطح آب زیرزمینی به این نتیجه رسیدند که علی‌رغم اینکه منابع آب زیرزمینی نواحی مختلف مورد بهره برداری قرار می‌گیرند اما در موارد زیادی بین شاخص SPI و سطح آب زیرزمینی ارتباط قوی وجود دارد.

در پژوهشی دیگر، میسرا و همکاران^۲ (۲۰۰۶) برای تخمین خشکسالی از نمایه SPI در حوضه رودخانه کانزآباکی در غرب بنگال از مدل‌های شبکه‌های عصبی چندگانه برگشتی (RMSNN)، مدل‌های شبکه عصبی چندگانه مستقیم (DMSNN) و مدل‌های تصادفی خطی (ARIMA\ SARIMA) استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که مدل‌های آماری نتایج خوبی از نظر پیش بینی کوتاه مدت خشکسالی تا ۲ ماه دارد و مدل‌های شبکه‌های عصبی در مقایسه با مدل‌های آماری کارایی بیشتری دارند.

خلیلی و بذرافشان (۱۳۷۰ و ۱۳۸۱) مطالعه تطبیقی برخی نمایه‌های خشکسالی هواشناسی در چند نمونه اقلیمی ایران را به انجام رساندند و نهایتاً به این جمع بندی رسیدند که نمایه‌های SIAP و DPI از نظر توالی، احتمالات شرطی و شدت خشکسالی، کاملاً مشابه بوده، در ارزیابی‌های خشکسالی نتایج تقریباً مشابه عاید می‌سازند و نیز EPI و PNPI مشابه بوده و ارزیابی‌های ۸ نمایه‌های SPI، BMDI، تقریباً یکسانی از نظر توالی، شدت و احتمال وقوع خشکسالی ارایه RAI از نظر توالی سال‌های خشک، نرمال و تر می‌دهند. نمایه نیز از نظر احتمال شرطی وقوع سال‌های خشک، نرمال و تر، تفاوت زیادی با سایر نمایه‌های خشکسالی داشته و در گروه مستقلی قرار می‌گیرد ولی از نظر شدت خشکسالی، مشابه نمایه‌های SPI، BMDI، EPI و PNPI رفتار می‌نماید.

¹ Khan

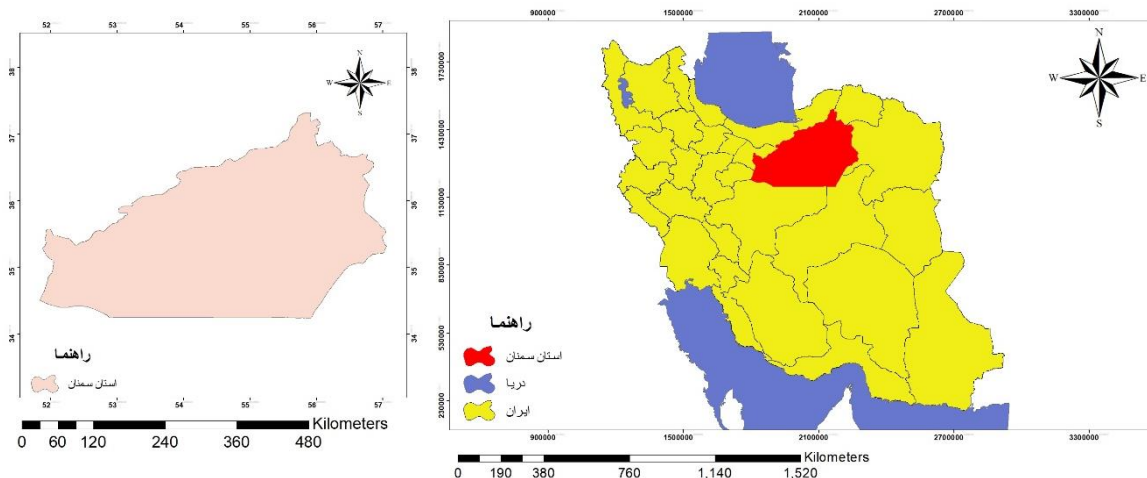
² Mishra

نتایج پژوهش‌های محققان دنیا نشان می‌دهد که شاخص‌های بزرگ مقیاس جوی بر روی آب و هوای کل دنیا تاثیر می‌گذارند و باعث ایجاد خشکسالی‌های بزرگی در منطقه خاورمیانه می‌شود. از طرفی یافته‌های این محققان نشان می‌دهد که مدل‌های استاندارد بارندگی هم قادرند شاخص‌های خشکسالی را حداکثر تا ۱۲ ماه آینده با دقت خوبی تخمین بزنند.

روش کار

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان سمنان و شهرستان سمنان در موقعیت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه و ۳۶ ثانیه شمالی و ۵۳ درجه و ۲۳ دقیقه و ۴۱ ثانیه شرقی است. متوسط بارندگی منطقه ۱۴۰/۶ میلی‌متر در سال و متوسط دما ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد و اقلیم آن نیمه بیابانی است. شهرستان سمنان، مرکز استان سمنان است. این شهر با وسعتی حدود ۲۱۹/۲ کیلومتر مربع، در دامنه جنوبی رشته کوه‌های البرز قرار گرفته است که از شمال به استان مازندران، از جنوب به دشت کویر، از شرق به شهرستان دامغان و از غرب به شهرستان گرمسار ختم می‌شود. ارتفاع سمنان از سطح دریا ۱۱۷/۱ متر است و هر چه از غرب به شرق این استان پیش می‌رود به میزان ارتفاع آن از سطح دریا افزوده می‌شود. هوای شهر سمنان خشک و معتدل است و در تابستان گرم و در زمستان نسبتاً سرد می‌باشد. بارندگی‌های این شهر در فصول سرد سال صورت می‌گیرد و میزان متوسط بارندگی سالانه آن به ۱۴۰ میلی‌متر می‌رسد. متوسط درجه حرارت سالانه ۲۲/۵ درجه سانتیگراد است و این در حالی است که حداکثر مطلق حرارت ۴۴/۵ درجه سانتیگراد و حداقل مطلق ۶/۴- درجه سانتیگراد گزارش شده است. جمعیت شهر سمنان بر اساس نتایج سرشماری سال ۱۳۹۵ خورشیدی، برابر بر ۱۸۵۱۲۹ نفر بوده است (مرکز آمار ایران ۱۳۹۵).



شکل ۱ منطقه مورد مطالعه

روش کار

در این تحقیق از داده‌های بارش و دمای ماهانه ایستگاه‌های سمنان طی دوره آماری ۱۹۹۳-۲۰۱۸ استفاده شد. برای تحلیل اطلاعات و داده‌های موجود از نرم افزارهای Excel و R استفاده گردید.

SPEI

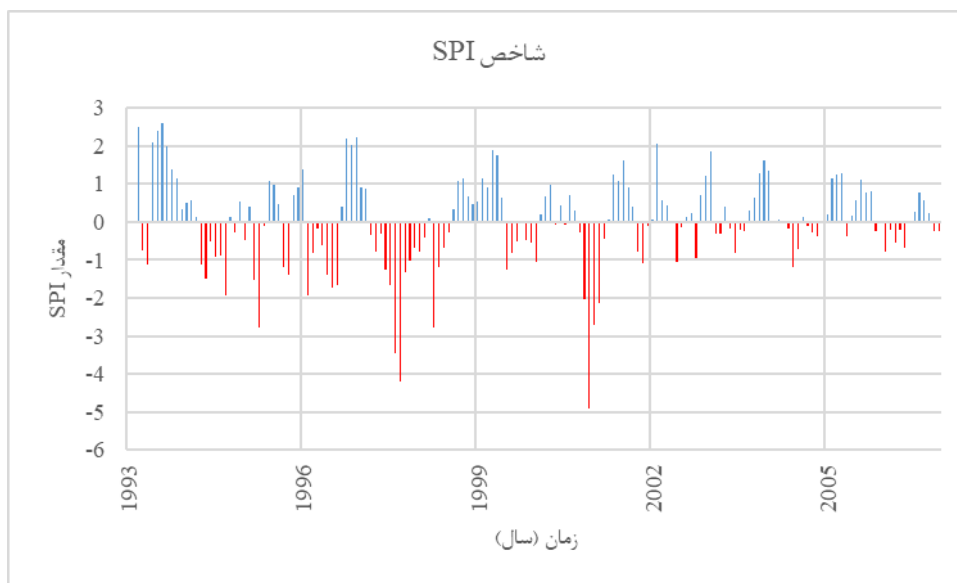
شاخص استاندارد بارش یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها در پایش خشکسالی است. این شاخص یکی از شاخص‌های پایش دوره خشک و حتی تنها شاخصی است که مقیاس زمانی در آن لحاظ شده است. محاسبه SPI و SPEI به مقادیر

میانگین بلندمدت در منطقه مورد نظر بستگی دارد، به طوری که مقدار ۰ بیانگر شرایط تقریباً متوسط برای آن منطقه است. در نتیجه، مقدار یکسان برای SPEI ممکن است نشان دهنده درجات بسیار متفاوتی از تنش آبی در مناطق مختلف باشد (parsons et.al.2019). تعیین مقیاس زمانی بستگی به تأثیر خشکسالی در منابع مختلف کشاورزی و هیدرولوژیکی دارد. مقیاس زمانی را می‌توان از ۱ ماه تا چند سال تنظیم کرد. بارش فقط برای محاسبه SPI استفاده می‌شود. بارندگی ماهانه هر ایستگاه در مقیاس زمانی مورد نظر محاسبه می‌شود. جدول ۱ مقادیر طبقه بندی SPI را نشان می‌دهد.

جدول ۱: طبقه بندی شاخص SPI

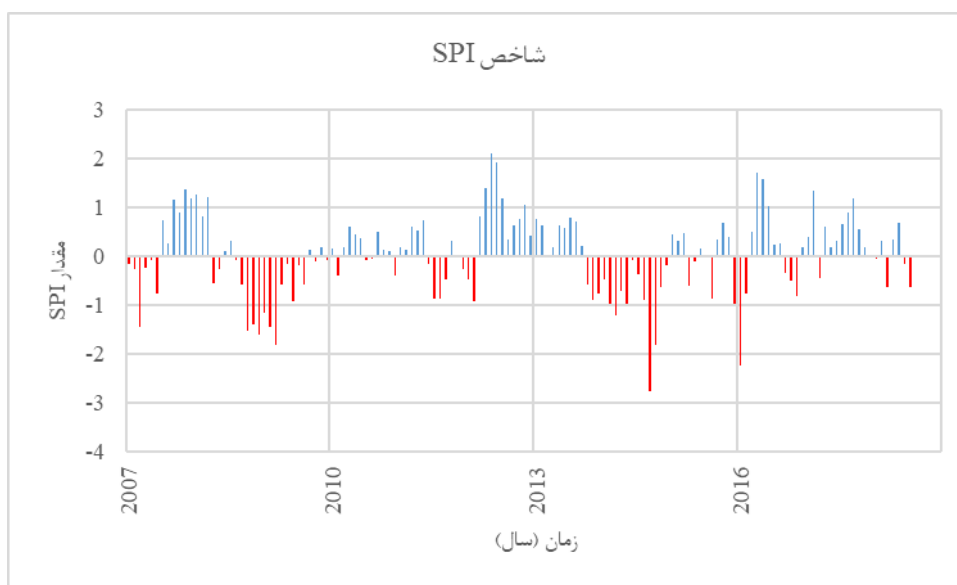
طبیقات	SPI
خیلی مرطوب	<۲/۰۰
مرطوب	۱/۵۵ تا ۱/۹۹
نیمه مرطوب	۱/۴۹ تا ۱/۰۰
نرمال	۰/۹۹ تا ۰/۰۰
خشک	۰/۹۹- تا ۰/۰۰
نیمه خشک	۱/۴۹- تا ۱/۰۰
فرا خشک	۱/۹۹- تا ۱/۵۰

بر اساس نتایج به دست آمده و بر اساس جدول ۱ در سال ۱۹۹۳، سمنان از نظر خشکسالی با عدد ۱/۲۵ نیمه مرطوب بوده است. در سال ۱۹۹۴ این شاخص بر اساس اطلاعات و محاسبات نشان می‌دهد که سمنان در آن سال در رده خشک قرار داشته است. در سال ۱۹۹۵ و ۱۹۹۶ شاخص SPI به ترتیب اعداد ۰/۲۴- و ۰/۰۰- را نشان داد که با توجه به این اعداد در کلاس خشک قرار دارند. در سال ۱۹۹۷ به دلیل کمبود بارندگی در این شهر، شاخص SPI را ۱/۱۰- گزارش کرد که بر اساس جدول طبقه بندی شاخص SPI نرخ خشکسالی در رده نیمه خشک است. در سال ۱۹۹۸ میزان خشکسالی در سمنان بر اساس شاخص SPI عدد ۰/۱۹- را نشان می‌دهد که نشان دهنده طبقه خشک است. در سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۳، میزان خشکسالی بر اساس شاخص استاندارد بارش به ترتیب ۰/۲۶، ۰/۴۲، ۰/۱۶-، ۰/۲۷ و ۰/۳۳ بوده است که در طبقه بندی این شاخص (SPI)، به ترتیب نرمال، خشک، خشک، نرمال و نرمال بوده است. در سال ۲۰۰۴ بر اساس نرخ خشکسالی و شاخص SPI با عدد ۰/۱۰-، در رده خشک قرار داشت. در سال ۲۰۰۵ با توجه به شاخص SPI، با توجه به محاسبات ۰/۵۵ در طبقه بندی این شاخص در کلاس نرمال قرار دارد. شکل ۲ نشان دهنده تغییرات شاخص خشکسالی می‌باشد. سپس با استفاده از روند یابی در شکل ۶ نشان داده شد که از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۵ روند خشکسالی چگونه بوده است.



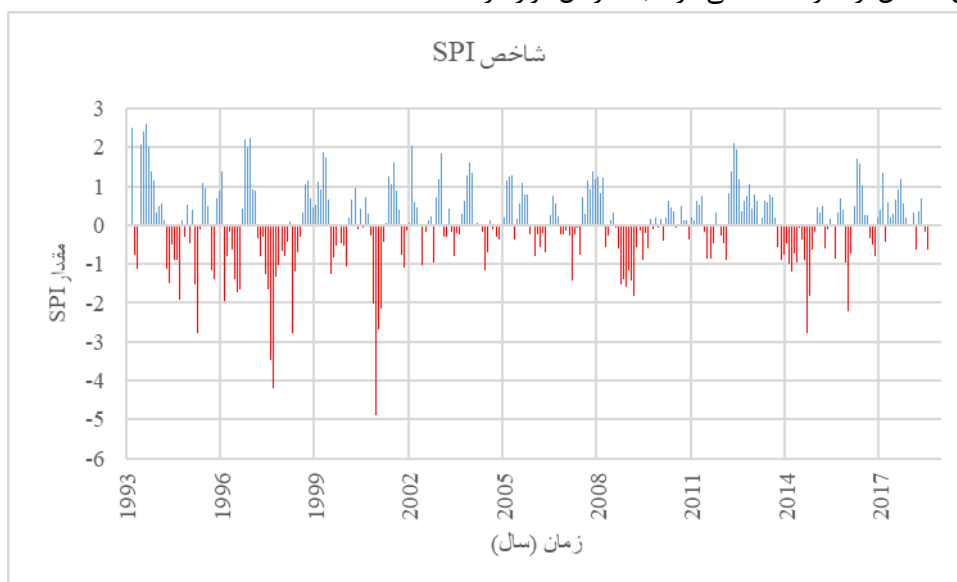
شکل ۲ میزان خشکسالی شهرستان سمنان با SPI بازه زمانی ۱۹۹۳ - ۲۰۰۵

بر اساس نتایج به دست آمده و بر اساس جدول ۱ در سال ۲۰۰۶، سمنان از نظر خشکسالی با عدد $-0/09$ خشک بوده است. در سال ۲۰۰۷ این شاخص بر اساس اطلاعات و محاسبات نشان می‌دهد که سمنان در آن سال در رده نرمال قرار داشته است. در سال ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ شاخص SPI به ترتیب اعداد $-0/18$ و $-0/55$ را نشان داد که با توجه به این اعداد در کلاس خشک قرار دارند. در سال ۲۰۱۰ به دلیل بارندگی در این شهر، شاخص SPI را $0/13$ گزارش کرد که بر اساس جدول طبقه بندی شاخص SPI نرخ خشکسالی در رده نرمال است. در سال ۲۰۱۱ میزان خشکسالی در سمنان بر اساس شاخص SPI عدد $-0/00$ را نشان می‌دهد که نشان دهنده طبقه خشک است. در سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۶، میزان خشکسالی بر اساس شاخص استاندارد بارش به ترتیب $0/77$ ، $0/19$ ، $-0/92$ ، $0/02$ و $0/07$ بوده است که در طبقه بندی این شاخص (SPI)، به ترتیب نرمال، نرمال، خشک، نرمال و نرمال بوده است. در سال ۲۰۱۷ بر اساس نرخ خشکسالی و شاخص SPI با عدد $0/49$ ، در رده نرمال قرار داشت. در سال ۲۰۱۸ با توجه به شاخص SPI، با توجه به محاسبات $-0/05$ در طبقه بندی این شاخص در کلاس خشک قرار دارد. شکل ۳ نشان دهنده تغییرات شاخص خشکسالی می‌باشد. سپس با استفاده از روند یابی در شکل ۷ نشان داده شد که از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۸ روند خشکسالی چگونه بوده است.



شکل ۳ میزان خشکسالی شهرستان سمنان با SPI بازه زمانی ۲۰۱۸ - ۲۰۰۶

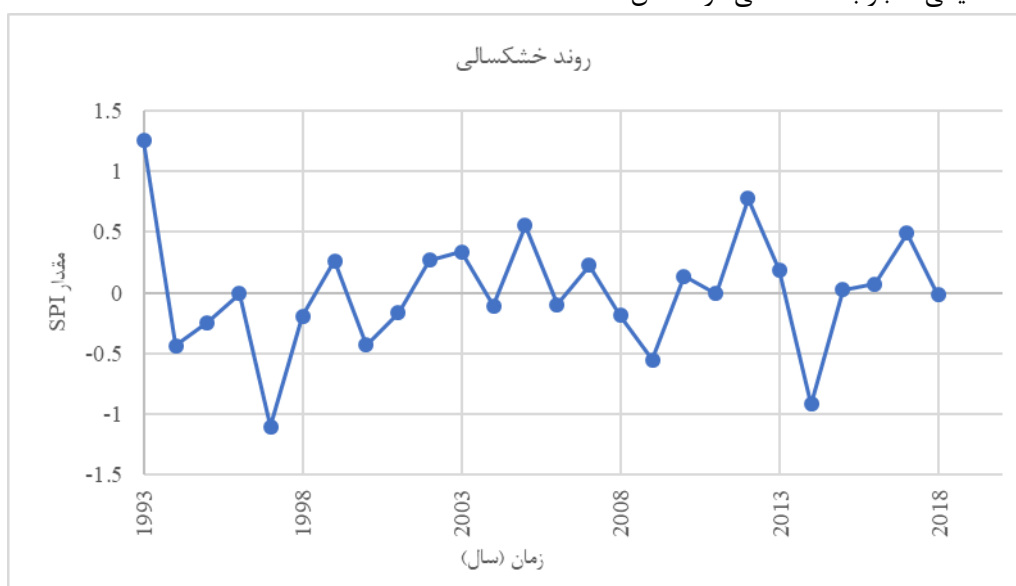
با توجه به اطلاعات و یافته‌های به دست آمده از تجزیه و تحلیل میزان بارندگی با شاخص SPI، با میانگین گیری از شاخص خشکسالی در بازه زمانی ۱۹۹۳-۲۰۱۸ با توجه به محاسبات و نتیجه به دست آمده ۰/۰۰ نشان دهنده آن است که شهرستان سمنان از نظر خشکسالی در طبقه نرمال قرار گرفته است.



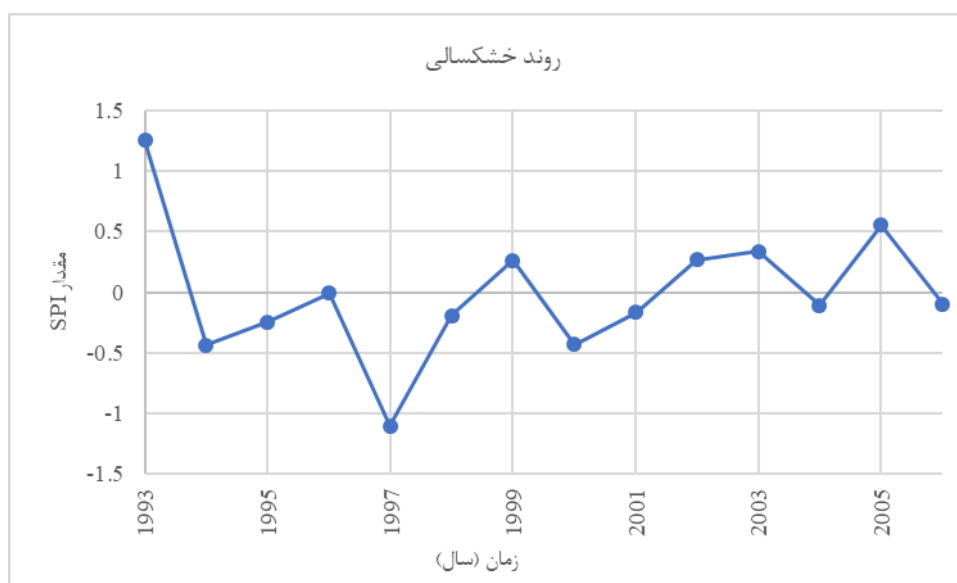
شکل ۴ میزان خشکسالی شهرستان سمنان با SPI در بازه زمانی ۱۹۹۳ - ۲۰۱۸

نتیجه گیری

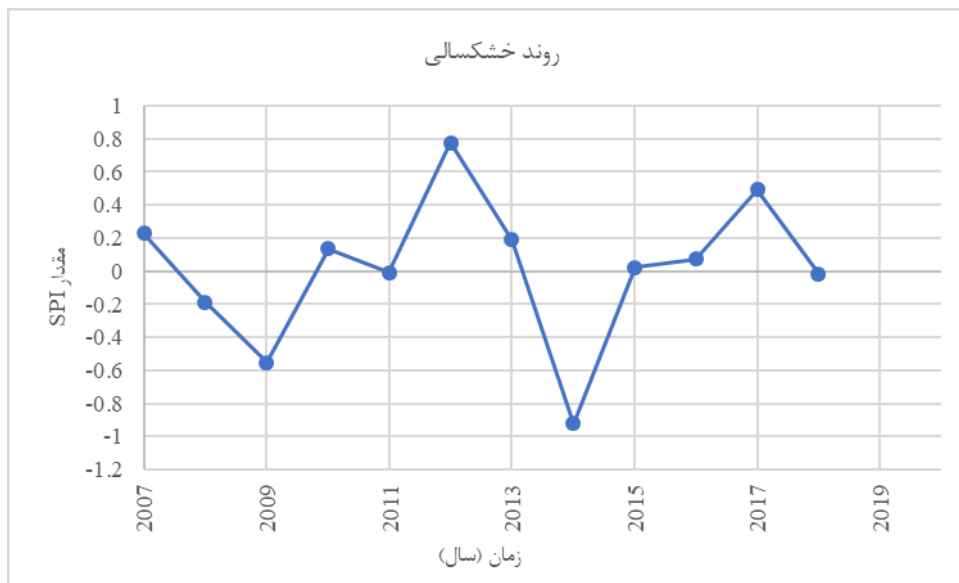
با توجه به نتایج به دست آمده، نمودارهای SPI (شاخص بارش استاندارد) با استفاده از نرم افزار Excel و R ترسیم شد. با توجه به این نمودارها که در بازه زمانی ۱۹۹۳-۲۰۱۸ در ۲ دوره ۱۳ ساله (۱۹۹۳-۲۰۰۵ و ۲۰۰۶-۲۰۱۸) بررسی شده است. با توجه به شکل ۵ در دوره ۱۹۹۳-۲۰۰۶، نتایج نشان می‌دهد که روند کاهش بارندگی وجود دارد. سپس این فرآیند خشکسالی و کاهش بارندگی تشدید می‌شود که شدت خشکسالی بر از بین رفتن رطوبت خاک تأثیر می‌گذارد. در ادامه، مطابق شکل ۶، روند کلی کاهش بارندگی و افزایش خشکسالی در سمنان نشان داده شده است. می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات اقلیمی منجر به خشکسالی در سمنان شده است.



شکل ۵ روند خشکسالی شهرستان سمنان بر اساس شاخص SPI بازه زمانی ۱۹۹۳-۲۰۱۸



شکل ۶ روند خشکسالی شهرستان سمنان بر اساس شاخص SPI بازه زمانی ۱۹۹۳-۲۰۰۵



شکل ۷ روند خشکسالی شهرستان سمنان بر اساس شاخص SPI بازه زمانی ۲۰۰۶-۲۰۱۸

در این تحقیق خشکسالی در سمنان بر اساس SEPI مورد بررسی قرار گرفت. SEPI در ۲ دوره ۱۳ ساله مورد استفاده قرار گرفت و خشکسالی مورد مطالعه قرار گرفت. مهم‌ترین نتایج پایش خشکسالی در سمنان را می‌توان به شرح زیر برشمرد:

۱. در سال‌های مورد مطالعه، شدت و فراوانی خشکسالی‌ها در مقیاس سالانه بیشتر از ماهانه است، اما تداوم خشکسالی‌ها در مقیاس ماهانه بیشتر است. خشکسالی در مقیاس کوتاه مدت کم‌تر پایدار است و به شدت تحت تأثیر بارندگی ماهانه قرار می‌گیرد، در حالی که خشکسالی در دوره‌های بلندمدت واکنش بسیار کندتری به بارندگی نشان می‌دهد.
۲. روند خشکسالی در سمنان رو به افزایش است. روند دما به شدت افزایش می‌یابد.
۳. فراوانی وقوع خشکسالی در ایستگاه‌های گرمسار، سمنان، در مقیاس ماهانه بیشتر از سالانه است.
۴. تغییرات خشکسالی در سمنان باعث افزایش فرسایش بادی و جابجایی تپه‌های ماسه‌ای می‌شود.



منابع

- انصافی مقدم، طاهره، ۱۳۸۶، ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسبترین شاخص در حوضه دریاچه مک، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان، جلد ۱۴، شماره ۲
- بذر افشان، چواد. ۱۳۸۱. مطالعه تطبیقی برخی نمایه‌های خشکسالی هواشناسی در چند نمونه اقلیمی ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی کرج.
- خلیلی، علی رضا. ۱۳۷۰. گزارش‌های حوضه‌ای هواشناسی طرح جامع آب کشور، وزارت نیرو، جاماب، تهران
- زارع ابیانه، حسین. و محبوبی، علی اکبر. ۱۳۸۳. بررسی وضعیت خشکسالی و روند آن در منطقه همدان بر اساس شاخص-های آماری خشکسالی، مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۶۴: ۲-۷.
- سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۸۳. برنامه اقدام ملی بیابان زدایی و کاهش اثرات خشکسالی جمهوری اسلامی ایران نشر پونه، تهران، ص ۷.
- سلطانی، سعید. و سعادت، سید، سعید. ۱۳۸۶. پهنه بندی خشکسالی در استان اصفهان با استفاده از نمایه استاندارد بارش (SPI) مجله علمی - پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱ (۲): ۶۴-۶۷.
- عیوضی، مهدی.، مساعدی، ابولفضل. و دهقانی، احمد. ۱۳۸۸. مقایسه روش‌های مختلف پیش بینی شاخص خشکسالی SPI. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۱۶ (۲): ۱۴۵-۱۶۷.
- فرج زاده، محمد. موحد دانش، علی، اکبر و قائمی، هادی. ، ۱۳۷۴. خشکسالی در ایران. مجله دانش کشاورزی. جلد ۵ شماره های ۱ و ۲. دانشگاه تبریز.
- مساعدی، ابوالفضل، خلیلی زاده، مجتبی، استادکلاهی، امین محمدی، ۱۳۸۷، پایش خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۵، شماره
- مهدویان، علی، جوانمرد، سعید. ۱۳۸۳. نقش پیش آگاهی‌های هواشناسی در امنیت غذایی و کاهش ضایعات تولیدات مجموعه مقالات همایش روشهای پیشگیری از اتلاف کشاورزی؛ آب، انرژی، دارو، نان و سایر مواد غذایی، منابع ملی، شامل: آب، انرژی، دارو، نان و سایر مود غذایی، وقت و سایر منابع ملی، تهران، ص ۲۷۱-۲۸۲.
- Dai, Aiguo, 2011. Drought under global warming: A review. Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change 2, 45-65. <https://doi.org/10.1002/wcc.81>.
- David J. Parsons a, Dolores Rey b, Maliko Tanguy c, Ian P. Holman b 2019. Agricultural Systems Ecological Modeling, 198:127-138. Giddens (2011). The Politics of Climate Change (2nd ed.), Polity, Cambridge (2011)
- FAO (2008). Climate change and disaster risk management. Technical Background Document from the Expert Consultation held on 28-29 February 2008, Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2008)
- Haslinger, K., and G. Blöschl, 2017: Space-time patterns of meteorological drought events in the European Greater Alpine Region over the past 210 years. Water Resour. Res., 53, 9807- 9823, <https://doi.org/10.1002/2017WR020797>.
- IPCC(2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge (2014)
- Khan, S., Gabriel, H.F., Rana, T., 2008, Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on watertables in irrigation areas, Irrig Drainage Syst, 159-177, online at: Springer Science + Business Media B.V.
- Kogan, F. N. 1998. Global drought watch from space. Bulletin of the American Meteorological Society, 78(4):621-636.



- Kogan, Felix, Adamenko, Tatiana, Guo, Wei, 2013. Global and regional drought dynamics in the climate warming era. *Remote Sens. Lett.* 4 (4), 364–372 .
<https://doi.org/10.1080/2150704X.2012.736033> .
- Lloyd-Hughes, B., 2012: A spatio-temporal structure-based approach to drought characterisation. *Int. J. Climatol.*, 32, 406– 418, <https://doi.org/10.1002/joc.2280>.
- Mckee, T. B., Doesken, N. J. and J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. preprints Eighth Conference on Applied Climatology:179-184.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J. 1995. Drought Monitoring with Multiple Time Scales. In Proc, 9th Conf. on Applied Climatology, January 15- 20, American Meteorological Society, Massachusetts, Pp: 233-236.
- Mishra, A., and Desai, K. 2006. Drought forecasting using feed-forward recursive neural network. UN Water - The United Nations World Water Development Report; ..., 2020 - fpscmcqs.com
- CURRENT AFFAIRS Page 1 Sindh Education Group 0310-3377322 Page 2 01
- Vicente-Serrano, S. M., S. Beguería, and J. I. López-Moreno, 2010: A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *J. Climate*, 23, 1696–1718, <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>. Volume 173, July 2019, Pages 119-129