

بررسی روند خشکسالی استان خوزستان

دکتر عباسعلی آروین*

دانشیار دانشگاه پیام نور

غلامرضا اسکندریان

کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه پیام نور مرکز اصفهان

چکیده

خشکسالی پدیده‌ای است که در قالب تغییر پذیری اقلیم زندگی انسان را تحت تأثیر قرار داده و تغییر اقلیم بر شدت آن افزوده است. در این پژوهش پدیده خشکسالی در یکی از استانهای زرخیز کشور یعنی خوزستان مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور از داده‌های بارش ۱۴ ایستگاه استان در طول دوره آماری ۳۰ ساله ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ استفاده گردید. روش کار در این پژوهش بررسی وضعیت خشکسالی استان بر اساس نمایه شاخص بارش استاندارد SPI و همچنین احتمال رخداد و دوره بازگشت خشکسالی با شدت‌های مختلف و نیز تحلیل روند خشکسالی بوده است. نتایج این پژوهش نشان داد میزان خشکسالی در بخش‌های جنوبی و غربی و جنوب شرقی بیشتر بوده است. بررسی آزمون روند نشان داد در بیش از ۸۵ درصد مساحت استان روبه روند خشکسالی افزایشی است. همچنین بررسی دوره‌های بازگشت خشکسالی نشان داد، خشکسالی‌های ملایم و متوسط به ترتیب با متوسط بازگشت ۳ و ۱۰ ساله بالاترین احتمال رخداد را در استان دارند. بررسی دوره بازگشت خشکسالی‌ها با شدت‌های مختلف نشان داد مناطق جنوبی استان خشکسالی را در دوره بلند مدت‌تری تجربه می‌کنند در صورتی که دوره بازگشت خشکسالی در مناطق شمالی استان کوتاه‌تر است. به این معنا که ایستگاه‌های با بارش بیشتر با پریود کوتاه‌تری دچار خشکسالی می‌گردند.

واژگان کلیدی: خشکسالی، خوزستان، روند، دوره بازگشت.

مقدمه

تغییرپذیری اقلیم یکی از ویژگیهای طبیعی چرخه‌ی اتمسفری می‌باشد که بر اثر آن ناهنجاری‌ها و یا نوساناتی در روند پارامترهای هواشناسی از جمله بارندگی حاصل می‌شود. این ناهنجاریها در بسیاری از نقاط دنیا شدید است و موجب اختلال در اکوسیستم‌های طبیعی می‌گردد. بروز خشکسالی با شدت و مدت متفاوت نشانه‌ی روشنی از این تغییرپذیری اقلیم می‌باشد. در دهه‌های اخیر از میان حوادث طبیعی که زندگی انسان را بر روی کره خاکی تحت تاثیر قرار داده است، فراوانی خشکسالی بیش از سایر حوادث بوده است. به طوری که تعداد کل آسیب دیدگان از خشکسالی طی سالهای ۱۹۶۶ تا ۱۹۸۸ بالغ بر یک و نیم میلیارد نفر برآورد شده است که ۵۲ درصد آسیب دیدگان از کل بالاییای طبیعی را تشکیل می‌دهد (آشگر طوسی، ۱۳۸۲). قرار گرفتن ۹۰ درصد کشور در منطقه خشک و کم آب جهان، کافی است تا دوره‌های خشکسالی و اثرات ناشی از آن بر دوره‌های ترسالی غلبه کند که به عنوان یکی از دغدغه‌های اصلی سیاستمداران و برنامه ریزان کشور قرار دهد (محمودی، ۱۳۸۴). بطور کلی درصد فراوانی وقوع خشکسالی و شدت آن در کشور بسیار بالا است و بیشترین فراوانی با ۵۰ درصد متعلق به منطقه بندرعباس می باشد. پس از آن به ترتیب، زابل ۴۶/۷٪، زاهدان ۴۳٪، یزد ۴۲٪، ایرانشهر ۴۰٪، کرمان ۲۷٪، دارای خشکسالی می باشند که همگی جزو مناطق خشک ایران محسوب می شوند (ناظم السادات، ۱۳۸۰).

با عنایت به اهمیت خشکسالی در روند توسعه کشور مطالعات بسیاری در کشور به بررسی این پدیده پرداختند که از آن جمله می‌توان به رضیئی و همکاران (۱۳۸۲)، آشگر طوسی و همکاران (۱۳۸۲)، نساجی زواره و صانعی (۱۳۸۰)، ابراهیم زاده و لشکری پور (۱۳۸۰)، یغمایی و همکاران (۱۳۸۸)، صمیمی و علیزاده (۱۳۷۳)، انصافی مقدم (۱۳۸۶)، کولائیان و صدیق (۱۳۸۸)، بستانی و همکاران (۱۳۹۱)، محمدی یگانه و رضایی (۱۳۹۱)، فرج زاده (۱۳۸۳)، بدری و همکاران (۱۳۹۳)، خسروی و همکاران (۱۳۹۴)، اسلامیان و همکاران (۱۳۹۴) و بیگلی و همکاران (۱۳۹۵) و همچنین فاضلی و همکاران (۲۰۰۷) اشاره کرد که به بررسی ابعاد مختلف فنی، اقتصادی اجتماعی و خشکسالی در ابعاد ملی و منطقه‌ای پرداختند. تعداد زیاد تحقیقات که در اینجا به بخشی از آن اشاره شد دلیل بر تأثیر پذیری کشور از این بلای طبیعی است.

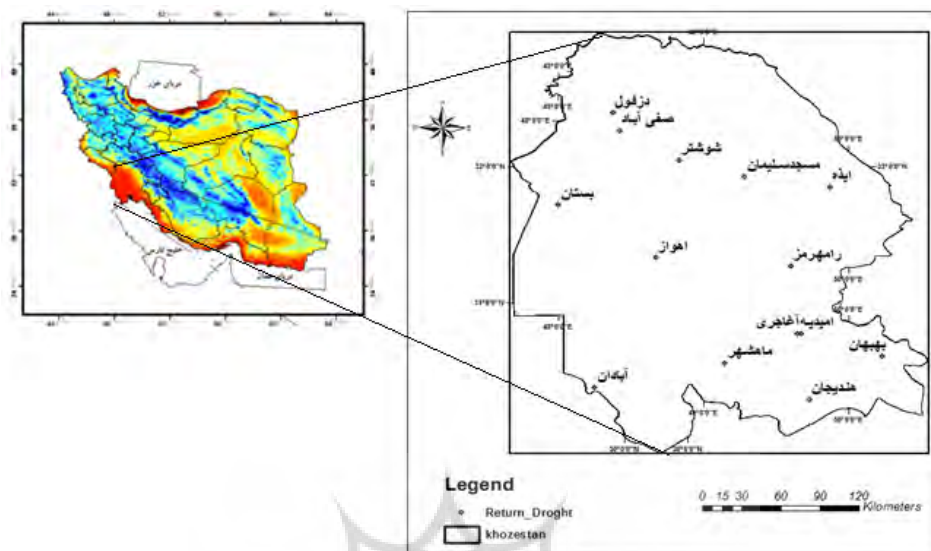
اگر چه مطالعه خشکسالی اهمیت فراوانی دارد لیکن طراحی الگو و مدلی که شرایط ایستگاه را با توجه به پارامترهای اقلیمی بصورت شاخصهای خشکسالی ارائه دهد توسط محققین خارج از کشور انجام شده است که در این زمینه می‌توان به شاخص خشکسالی پالم (۱۹۶۵) و شاخص بارش استاندارد (۱۹۹۳) توسط محققین دانشگاه کلرادو، شاخص درصد از بارش نرمال (۱۹۹۴)، شاخص نیچه (۲۰۰۲) شاخص نابهنجاری بارش، شاخص دهکها (۱۹۶۷) شاخص بارش قابل اعتماد (۱۹۹۳) و ... اشاره کرد. با این حال تحقیقاتی نیز بصورت موردی شرایط خشکسالی را بررسی کرده‌اند برای مثال هاپس و همکاران^۱ (۱۹۹۹) شاخص SPI را شاخصی

انعطاف پذیر و توانمند در تحلیل خشکسالی برای هر مقیاس زمانی دانستند. بونتگن و همکاران^۱ (۲۰۱۰) خشکسالی‌های تابستانه آلمان را بررسی کردند و بیان کردند که قرارگیری پرفشاری در تراز میانی جو بر فراز دریای شمال و وجود کم‌فشاری بر روی جنوب‌شرق اروپا سبب ایجاد خشکسالی تابستانه است. کرویتورو و همکاران^۲ (۲۰۱۱) رخداد خشکسالی در دشت‌های مرکزی رومانی را مطالعه کردند و بندالی شدن هوا در مسیر رفت توده هوای مرطوب حاره‌ای را دلیل آن بیان کردند. هاو و همکاران^۳ (۲۰۱۴) با استفاده از داده‌های مشاهده شده در دوره (۱۹۸۱-۲۰۱۰) مربوط به ۵۴ ایستگاه به بررسی چگونه تغییرات آب و هوایی به بررسی روند زمانی خشکسالی با شاخص بارش استاندارد SPI، شاخص بارش استاندارد تبخیر و تعرق SPEI و شاخص شدت خشکسالی پالمر SC-PDSI در کره جنوبی پرداخت. نتایج پژوهش وی نشان داد که الگوی زمانی پیشرفت خشکسالی بالقوه و رکود اقتصادی در سراسر کره جنوبی را می‌توان برای توسعه استراتژی‌های مدیریت خطر خشکسالی و کاهش خسارات آن استفاده کرد. لیو یی و همکاران^۴ (۲۰۱۶) با مطالعه حوضه رودخانه زرد در چین نشان دادند که انتخاب مجموعه داده‌ها در نتیجه محاسبه شاخص‌های خشکسالی SPI و SPDI و SC-PDSI، تاثیر بسزایی دارد که می‌تواند پیامدهای مهمی برای استفاده صحیح از شاخص‌های خشکسالی در تحقیقات آینده داشته باشد. با توجه به مشکلات بسیاری که خشکسالی در استان خوزستان ایجاد نموده است، ابعاد مختلف این مساله در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحت ۶۴۰۵۷ کیلومتر مربع در جنوب غربی ایران در کرانه خلیج فارس و اروندرود قرار دارد. این استان پنجمین استان پرجمعیت ایران است. استان خوزستان در محدوده ۴۷ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی قرار دارد (شکل ۱). پست ترین و مرتفعترین نقاط استان بین ارتفاع ۱.۵ تا ۳۷۴۱ متر از سطح دریا ارتفاع دارد.

شکل شماره (۱): نقشه موقعیت جغرافیایی استان خوزستان در ایران و توزیع مناسب ایستگاهها



داده ها

در این تحقیق داده‌های بارندگی ماهیانه و سالیانه ۱۴ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی استان که طول دوره ۳۰ ساله (۲۰۱۶-۱۹۸۶) را دارا بودند استفاده شد. اسامی و مشخصات ایستگاههای مزبور در جدول ۱ و پراکنش ایستگاهها در شکل ۱ ارائه شده است.

جدول شماره (۱): مشخصات ایستگاه های استان خوزستان

ایستگاه ها	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	بارش	دما	رطوبت
اهواز	۴۸.۴	۳۱.۲	۲۲.۵	۲۱۳.۴	۲۵.۳	۴۳
آبادان	۴۸.۲۳	۳۰.۴۴	۶.۶	۱۵۶	۲۵.۴	۴۶
آغاچاری	۴۹.۴	۳۰.۴۶	۲۷	۲۷۳.۴	۲۵.۷	۴۱
ماهشهر	۴۹.۹	۳۰.۳۳	۶.۲	۲۱۳.۴	۲۵.۵	۴۵
بهبهان	۵۰.۱۴	۳۰.۳۶	۳۱۳	۳۴۹.۹	۲۴.۶	۴۲
بستان	۴۸	۳۱.۴۳	۷.۸	۲۰۶.۸	۲۴.۱	۴۶
دزفول	۴۸.۲۳	۳۲.۲۴	۱۴۳	۴۰۴.۶	۲۴	۴۷
هندیجان	۴۹.۴۴	۳۰.۱۷	۳	۲۵۳	۲۵.۸	۴۶
ایذه	۴۹.۵۲	۳۱.۵۱	۷۶۷	۶۹۴.۱	۲۱	۴۰
مسجد سلیمان	۴۹.۱۷	۳۱.۵۶	۳۲۰.۵	۴۶۴	۲۵.۳	۳۹
امیدیه	۴۹.۳۹	۳۰.۴۶	۳۴.۹	۲۶۳.۱	۲۵.۵	۵۱
رامهرمز	۴۹.۳۶	۳۱.۱۶	۱۵۰.۵	۳۳۴.۵	۲۶.۱	۳۸
صفی آباد	۴۸.۲۵	۳۲.۱۶	۸۲.۹	۳۴۱.۸	۲۳.۹	۴۸
شوشتر	۴۸.۵	۳۲.۳	۶۷	۳۲۱.۴	۲۶.۶	۳۷

روش کار

روش و مراحل انجام این پژوهش به ترتیب زیر بوده است:

پس از ویرایش اولیه، داده های مفقود با روش میانگین گیری بین ایستگاهی باز سازی شد.

$$p_x = \frac{p_1 + p_2 + p_3}{3}$$

وضعیت خشکسالی ایستگاهها بر اساس نمایه‌ی شاخص بارش استاندارد^۵ (SPI) با استفاده از نرم افزار^۶ DIP محاسبه شده و سپس وقایع ترسالی، خشکسالی و سال های نرمال برای ایستگاه های مورد مطالعه تعیین گردید.

گستره خشکسالی استان با پهنه‌بندی شاخص SPI در محیط نرم افزاری Arc_GIS مشخص شد و روش میانجیابی شاخص‌های خشکسالی IDW یا وزن فاصله معکوس^۷ بود.

تعیین مقادیر SPI بر اساس رابطه زیر مشخص می‌گردد:

$$spi = \frac{pi - \bar{p}}{s} \quad \text{رابطه (۱-۴)}$$

Pi: مقدار بارش در دوره مورد نظر،

\bar{p} : میانگین درازمدت بارش برای دوره مورد نظر

S: انحراف معیار مقادیر بارش است.

بر اساس شاخص عددی SPI شدت خشکسالی به درجات مختلفی تقسیم بندی می‌شود که در جدول ۲ آورده شده است.

جدول شماره (۲): تعیین درجه خشکسالی و ترسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده SPI

مقادیر	خشکسالی
+۲	فوق العاده مرطوب
۱/۵ تا ۱/۹۹	خیلی مرطوب
۱ تا ۱/۴۹	مرطوب متوسط
-۰/۹۹ تا -۰/۹۹	نزدیک به نرمال
-۱ تا -۱/۴۹	خشک ملایم
-۱/۵ تا -۱/۹۹	خشک شدید
-۲ و کمتر	فوق العاده خشک (حاد)

منبع: باغبانی (۱۳۹۲).

Standard Precipitation Index
 . Drought Indices Package-

. Invers Distance Weighted

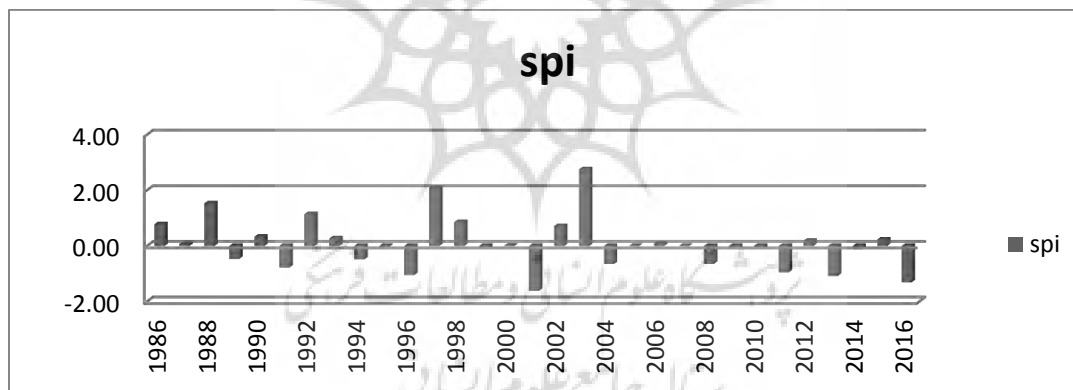
همچنین احتمال رخداد و دوره بازگشت خشکسالی با شدت های مختلف مشخص و تحلیل گردید. با عنایت به موضوع پژوهش روند خشکسالی با استفاده از آزمون روند تعیین گردید و پیش از آن برای تعیین نوع آزمون، بهنجاری یا نابهنجاری داده ها با استفاده از روش کلموگروف اسمیرنوف^۸ مورد بررسی قرار گرفت.

بحث و نتایج

بررسی وضعیت خشکسالی برخی ایستگاه‌های استان

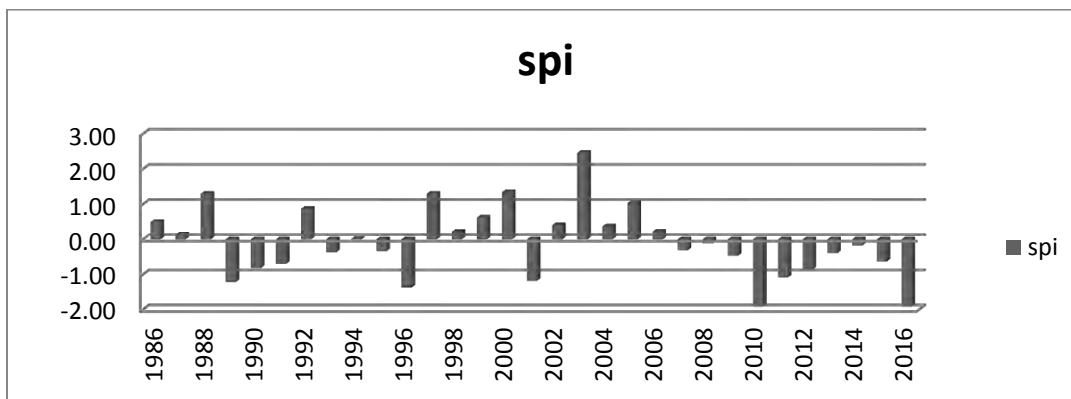
بررسی شاخص خشکسالی SPI در هر یک از ایستگاه‌های استان خوزستان نشان داد دوره‌های خشک دارای رخداد مشابه با تغییرات اندک هستند. برای مثال همانطور که در نمودارهای اشکال ۲، ۳ و ۴ مشاهده می‌شود یک دوره خشکسال ۴ ساله از سال ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۶ در همه ایستگاه‌ها کم و بیش دیده می‌شود. بلندترین دوره خشکسالی قابل مشاهده در همه ایستگاه‌ها از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ است که ۱۰ سال بطول انجامیده است که این خشکسالی در ایستگاه اهواز از سال ۲۰۰۴ شروع شده است که ۱۲ سال بطول انجامیده است. در شدیدترین خشکسالی در ایستگاه مسجد سلیمان شاخص SPI به منفی ۳/۳۶- در سالهای ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ رسیده است که به دلیل محدودیت نمودار ایستگاه‌های اهواز دزفول و مسجدسلیمان نشان داده شده است.

شکل ۲: نمودار خشکسالی ایستگاه اهواز (۲۰۱۶-۱۹۸۶)

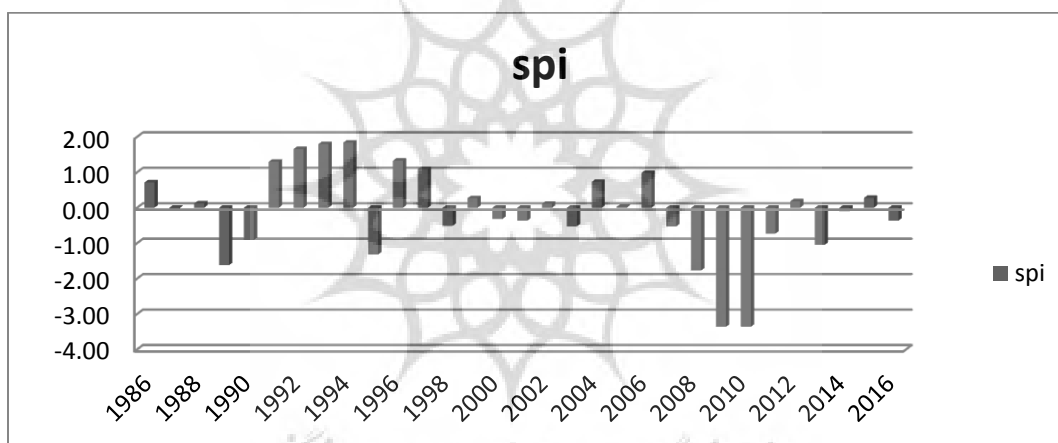


^۸. Kolmogorov-Smirnov

شکل شماره (۳) : نمودار خشکسالی ایستگاه دزفول (۱۹۸۶-۲۰۱۶)



شکل شماره (۴) : نمودار خشکسالی ایستگاه مسجد سلیمان (۱۹۸۶-۲۰۱۶)



فراوانی رخداد خشکسالی

بررسی وضعیت فراوانی وقوع خشکسالی در جدول ۳ نشان می‌دهد مسجد سلیمان با دو دوره دارای بیشترین خشکسالی بسیار شدید می‌باشد. اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای حداقل ۱ تا ۳ دوره خشکسالی شدید و ۲ تا ۵ دوره خشکسالی متوسط هستند. بطور کلی بالاترین درصد فراوانی رخدادها مربوط به شرایط نرمال، خشکسالی ملایم، خشکسالی متوسط، خیلی مرطوب، خشکسالی شدید، ترسالی بسیار شدید و خشکسالی بسیار شدید با درصدهای وقوع ۶/۶۸، ۵/۹، ۳/۹، ۵/۴، ۱/۲ و ۱/۲ درصد است. در همه ایستگاه‌ها بیشترین فراوانی مربوط به رخداد بارش نرمال بوده است. نرمال‌ترین ایستگاه‌ها صفی آباد ۲۴ سال از ۳۰ سال و ایزده ۲۲ سال از ۳۰ سال دارای بارش نرمال بوده‌اند. همچنین ایستگاه ایزده و اهواز با دو دوره دارای بیشترین ترسالی بسیار شدید و ایستگاه هندیجان با ۴ دوره دارای بیشترین دوره خیلی مرطوب و ایستگاه‌های امیدیه، آغاچاری، بهبهان، مسجد سلیمان دارای سه دوره خیلی مرطوب هستند.

جدول شماره (۳): بررسی فراوانی تکرار وقع خشکسالی در ایستگاه‌های استان خوزستان در طول دوره آماری

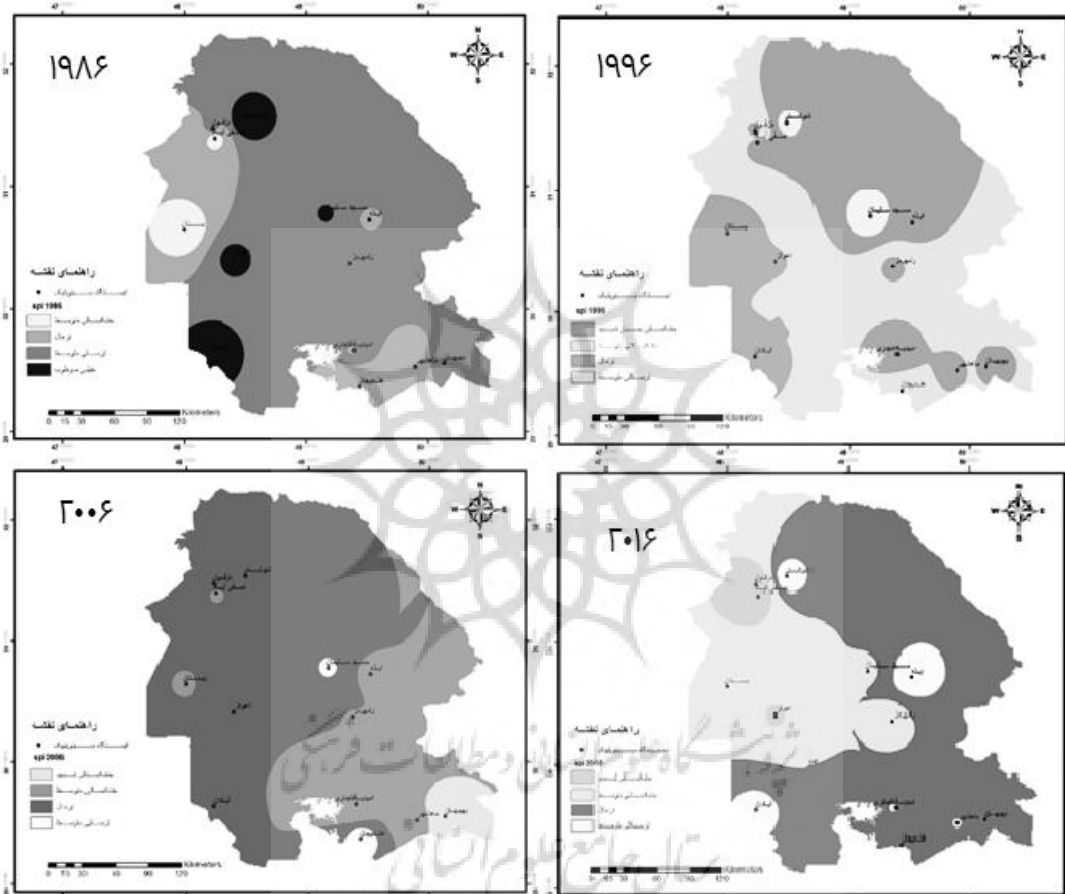
ایستگاه	خشکسالی ملایم		خشکسالی متوسط		خشکسالی شدید		خشکسالی بسیار شدید		خیلی مرطوب		ترسالی بسیار شدید		نرمال	
	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد
اهواز	۱	۳/۳	۳	۱۰	۱	۳.۳	۰	۰	۱	۳.۳	۲	۶.۷	۲۲	۷۳/۳
آبادان	۵	۱۶/۷	۳	۱۰	۱	۳/۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۱	۷۰
آغاجر	۳	۱۰	۲	۶.۷	۱	۳/۳	۰	۰	۳	۱۰	۰	۰	۲۱	۷۰
دزفول	۴	۱۳/۳	۴	۱۳/۳	۲	۶/۷	۰	۰	۰	۰	۱	۳/۳	۱۹	۶۳/۳
امیدیه	۱	۳/۳	۳	۱۰	۱	۳/۳	۰	۰	۳	۱۰	۱	۳/۳	۲۱	۷۰
ماهشهر	۳	۱۰	۲	۶/۷	۰	۰	۱	۳/۳	۳	۱۰	۰	۰	۲۱	۷۰
بهبهان	۴	۱۳/۳	۳	۱۰	۱	۳/۳	۱	۳/۳	۰	۰	۰	۰	۲۱	۷۰
بستان	۲	۶/۷	۴	۱۳/۳	۳	۱۰	۰	۰	۱	۳/۳	۱	۳/۳	۱۹	۶۳/۳
سلیمان	۴	۱۳/۳	۲	۶/۷	۲	۶/۷	۲	۶/۷	۳	۱۰	۰	۰	۱۷	۵۶/۷
صفآباد	۳	۱۰	۰	۰	۱	۳/۳	۱	۳/۳	۰	۰	۱	۳/۳	۲۴	۸۰
رامهرمز	۲	۶/۷	۵	۱۶/۷	۱	۳/۳	۰	۰	۱	۳/۳	۱	۳/۳	۲۰	۶۶/۷
شوشتر	۴	۱۳/۳	۳	۱۰	۲	۶/۷	۰	۰	۲	۶/۷	۰	۰	۱۹	۶۳/۳
ایذه	۲	۶/۷	۲	۶/۷	۲	۶/۷	۰	۰	۰	۰	۲	۶/۷	۲۲	۷۳/۳
هندجان	۲	۶/۷	۲	۶/۷	۱	۳/۳	۰	۰	۴	۱۳/۳	۰	۰	۲۱	۷۰
میانگین	۲.۸۵	۹/۵	۲.۷۱	۹/۰۳	۱.۳۵	۴/۵	۰.۳۵۷	۱/۲	۱.۵	۵	۰.۶۴۲	۲/۱	۲۰.۵۷	۶۸/۶

پهنه بندی خشکسالی استان خوزستان

نقشه‌های خشکسالی استان برای تمام سالهای مورد بررسی تهیه شد لیکن به دلیل محدودیت چهار نمونه ذکر می‌شود. بررسی نقشه خشکسالی استان در سال ۱۹۹۶ مناطق غربی و جنوب شرقی استان دارای خشکسالی متوسط و نزدیک به نرمال هستند لیکن مناطق مرکزی، شمالی و شرقی دارای ترسالی متوسط و خیلی مرطوب می‌باشند. در سال ۱۹۹۶ خشکسالی بسیار شدید و شدید و متوسط در اکثر مناطق استان خوزستان به چشم می‌خورد و فقط در قسمتهایی از مرکز استان و شمال استان از جمله ایذه ترسالی بوده است. در سال ۲۰۰۶ اکثر نقاط استان خوزستان دارای بارش نرمال بوده و فقط در بخش‌هایی از جنوب و شرق استان خشکسالی دیده می‌شود. در سال ۲۰۱۶ هم شاهد خشکسالی شدید و متوسط در قسمت‌های غربی و مرکز و جنوب غربی می‌باشیم و بقیه استان بارش نرمال بوده است (شکل ۵). بررسی کلی شاخص خشکسالی در پهنه استان خوزستان مشاهده می‌شود میزان خشکسالی در بخش‌های جنوبی و غربی و جنوب شرقی (ایستگاه

های آبادان ، اهواز ، امیدیه ، آغاچاری ، هندیجان) بین سال های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ بسیار زیاد بوده است در بخش شمال غربی (ایستگاه های دزفول و صفی آباد) خشکسالی تقریبا زیاد بوده است ولی در بخش های مرکزی و شرقی (های ایذه ، مسجد سلیمان، رامهرمز ، شوشتر، بهبهان و ماهشهر) میزان بارش ها تا حدودی مناسب و خشکسالی کمتر بوده است.

شکل شماره (۵): پهنه بندی خشکسالی استان خوزستان براساس نمایه spi در سالهای ۱۹۸۶، ۱۹۹۶، ۲۰۱۶ و ۲۰۰۶

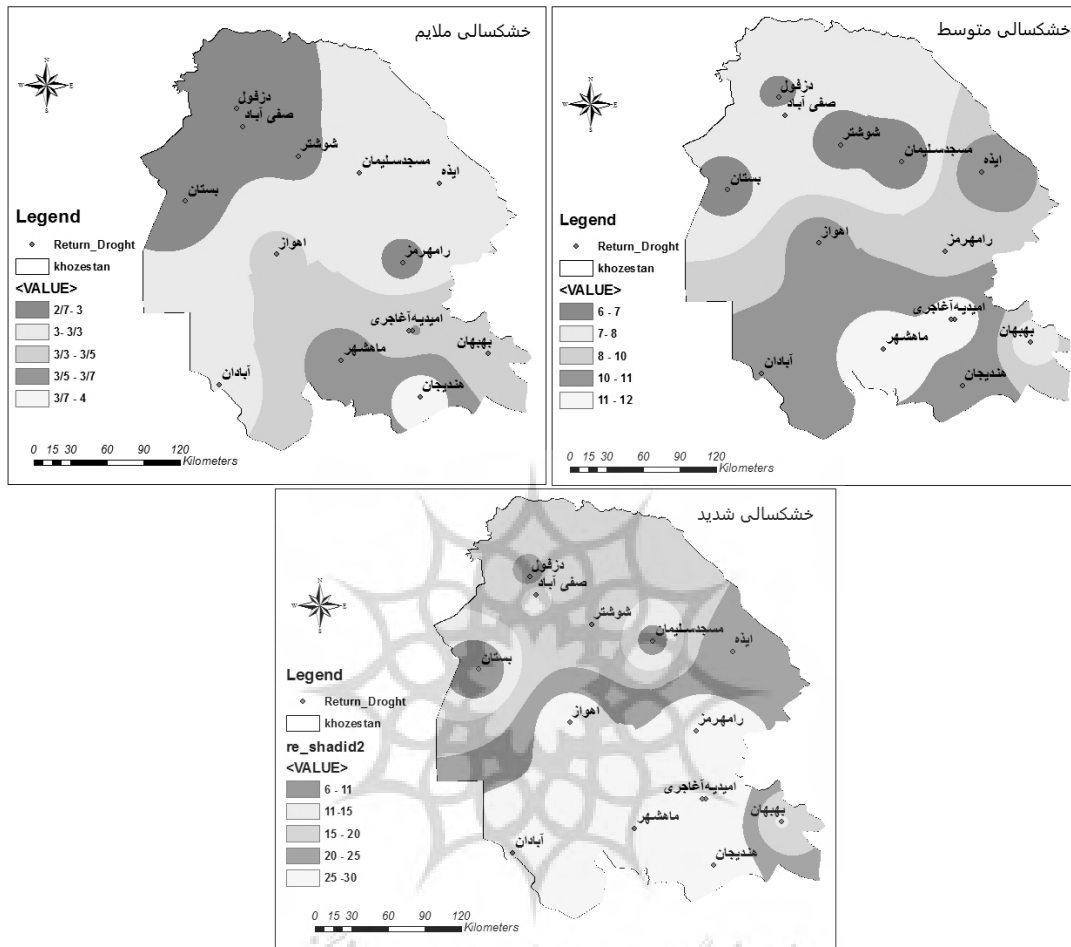


احتمال رخداد و دوره بازگشت خشکسالی ها با شدت های مختلف در استان

احتمال رخداد و دوره بازگشت هر حادثه طبیعی، ریسک خطرپذیری در مقابل همان حادثه را برای انسان نشان می دهد. بررسی این دو فاکتور قدرت تصمیم گیری برای رخداد حوادث طبیعی که غیر قابل پیش بینی هستند را افزایش می دهد. از این رو در این بخش به بررسی احتمال رخداد و دوره بازگشت خشکسالی بصورت ایستگاهی و پهنه ای پرداخته می شود. تحلیل داده های ایستگاه سینوپتیک اهواز نشان داد که احتمال رخداد خشکسالی ملایم ۳۳.۸ درصد یا هر ۲ تا ۶ سال یکبار است و خشکسالی متوسط ۹.۶ درصد یا هر ۱۳ سال یکبار و خشکسالی شدید ۳ درصد یا هر ۳۰ سال یکبار می باشد. در ایستگاه آبادان احتمال رخداد بصورت

خشکسالی شدید ۳ درصد با دوره بازگشت ۳۱ ساله و خشکسالی متوسط ۱۱.۲ درصد یا هر ۸ تا ۱۶ سال یکبار و خشکسالی ملایم ۳۷ درصد یا هر ۴ سال یکبار می باشد. ایستگاه آغاچاری در شرایطی مشابه درصد احتمال رخداد خشکسالی شدید ۳ درصد یا هر ۳۱ سال، خشکسالی متوسط ۸ درصد یا هر ۸ تا ۱۶ سال و خشکسالی ملایم ۳۷ درصد یا هر ۵ سال یک بار میباشد. در ایستگاه دزفول نیز خشکسالی شدید با ۳ درصد در هر ۳۱ سال، خشکسالی متوسط ۱۴ درصد در هر ۵-۱۰ سال و خشکسالی ملایم ۳۸ درصد هر ۲ تا ۴ سال نیز مشاهده گردید. بررسی نتایج بدست آمده نشان داد ایستگاه مسجد سلیمان با وقوع دو خشکسالی حاد در سال ۲۰۱۰ با مجموع بارش ۲۴۶ میلی لیتر و ۲۰۰۹ با مجموع بارش ۲۹۸ میلیمتر شدیدترین خشکسالی را تجربه کرده است لذا احتمال وقوع مجدد آن با قدری افزایش هر ۲۳ سال و احتمال ۵ درصد محتمل است خشکسالی متوسط این ایستگاه با ۱۶ درصد هر ۶ سال امکان وقوع دارد. خشکسالی ملایم نیز با ۳۴ درصد هر ۳ سال امکان بازگشت دارد. بر اساس نقشه‌های ترسیم شده برای خشکسالی‌های ملایم، متوسط و شدید (شکل ۶) مناطق جنوبی استان خشکسالی را در دوره بلند مدت‌تری تجربه می‌کنند در صورتی که دوره بازگشت خشکسالی در مناطق شمالی استان کوتاه تر است. به این معنا که ایستگاه‌های با بارش بیشتر با پرریود کوتاه-تری دچار خشکسالی می‌گردند. به این ترتیب مناطق مرطوب‌تر در مقابل خشکسالی آسیب پذیرتر هستند و مناطق خشک‌تر در مقابل خشکسالی مقاوم تر هستند.

شکل شماره (۶): نقشه‌های دوره بازگشت رخداد خشکسالی‌های ملایم، متوسط و شدید در خوزستان



روابط همبستگی بین شدت خشکسالی و میزان بارش ایستگاهها منفی و معنادار است. به این ترتیب که ایستگاههای با بارش کمتر در دوره زمانی بلندتری دچار خشکسالی می‌گردند. و دوره بازگشت در ایستگاههای با بارش بیشتر، کوتاهتر است. ضریب همبستگی بین میزان بارش و خشکسالی شدید $R = -0.282$ است. ضریب همبستگی بین میزان بارش با خشکسالی متوسط و ملایم به ترتیب $R = -0.250$ و $R = -0.218$ است. یعنی هر چه بر شدت خشکسالی افزوده می‌شود روابط همبستگی بین دوره بازگشت خشکسالی و بارش قوی‌تر است.

بررسی روند خشکسالی در استان

با عنایت به موضوع پژوهش روند خشکسالی ایستگاههای استان مورد بررسی قرار گرفت. جهت انتخاب روش بررسی روند نیاز است که ابتدا از نرمال و غیر نرمال بودن داده‌ها اطمینان حاصل شود. برای این منظور از آزمون کالموگروف اسمیرنوف استفاده شد. نتایج حاصل از بررسی نرمال بودن شاخص SPI ایستگاههای استان در جدول شماره ۴ نشان داده شده است. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود شاخص SPI در همه ایستگاهها از توزیع نرمال تبعیت می‌کند زیرا مقدار متناظر با معناداری جدول بزرگتر از $P = 0.05$ آماره

کالموگروف اسمیرنوف سری زمانی داده‌های ۳۰ ساله بارش ایستگاه‌های استان است و لذا از توزیع نرمال تبعیت می‌کند.

جدول شماره (۴): آزمون کلموگروف اسمیرنوف خروجی شاخص SPI ایستگاه‌های استان که نشان دهند تبعیت تمام داده‌ها از توزیع نرمال است

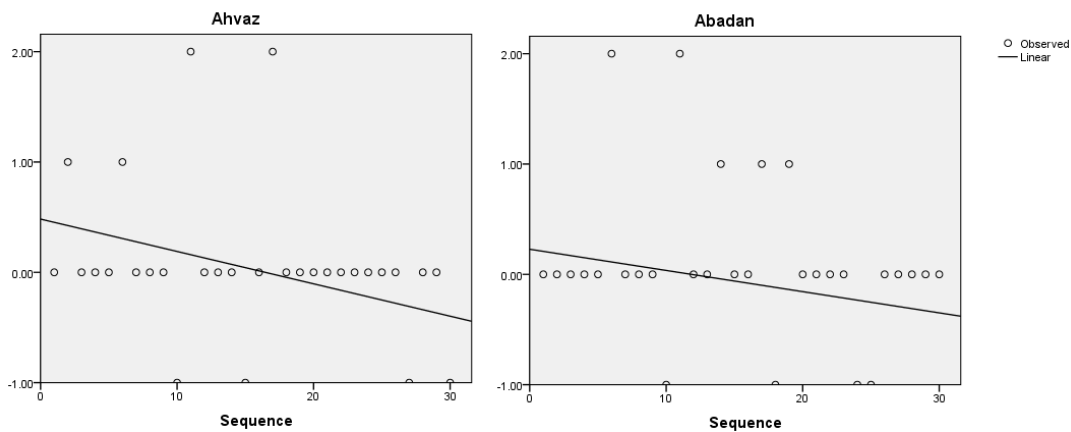
	N	Normal Parameters ^a		Most Extreme Differences			Kolmogorov-Smirnc	Asymp. Sig.
		Mean	Std. Devia	Absolute	Positive	Negative		
Hendijan	30	-0.057	1.001	0.09982	0.09982	-0.08338	0.546735931	0.92606
Ize	30	-0.011	1.01499	0.15208	0.15208	-0.12201	0.832983448	0.49153
Shosh	30	-0.034	1.0196	0.09843	0.09843	-0.06423	0.539150208	0.93329
Ramhormc	30	-0.01967	1.01057	0.09013	0.09013	-0.06925	0.493635459	0.96787
Safiabad	30	0.00533	1.01768	0.09706	0.09706	-0.08592	0.531638313	0.94005
MasjedSol	30	-0.172	1.29392	0.12435	0.09676	-0.12435	0.681073197	0.74247
Bostan	30	-0.03967	1.05376	0.12905	0.0895	-0.12905	0.706862385	0.69978
Behbahan	30	-0.05167	0.97548	0.0862	0.07393	-0.0862	0.472134498	0.97904
Mashahr	30	-0.004	1.0065	0.09242	0.09242	-0.07364	0.506227354	0.95982
Omidie	30	-0.045	1.01594	0.11175	0.11175	-0.07738	0.612059519	0.84792
Dezful	30	-0.12033	1.0104	0.07445	0.07445	-0.05195	0.407778312	0.99631
Aghajari	30	-0.02367	0.99492	0.11728	0.11728	-0.0794	0.642369179	0.80373
Abadan	30	-0.07033	1.00127	0.14716	0.14716	-0.07826	0.806016519	0.53439

Asymp. Sig. (-tailed)

a. Test distribution is Normal.

با توجه به اینکه سری سی ساله شاخص SPI همه ایستگاه‌های استان از توزیع نرمال تبعیت می‌کرد لذا از روش رگرسیون برای بررسی روند داده‌ها استفاده شد که نتایج این بررسی به علت محدودیت مقاله برای دو ایستگاه اهواز و آبادان بر روی شکل ۷ نشان داده شده است. بر اساس نتایج این اشکال سری زمانی شاخص SPI در طول دوره سی ساله در ایستگاه‌های اهواز، آبادان، هندیجان، ایذه، مسجد سلیمان، صفی آباد، رامهرمز، ماشهر، بستان، دزفول، آغاجری و امیدیه دارای روند منفی است که شدت آن در ایستگاه‌های اهواز، صفی آباد، رامهرمز، بستان و مسجد سلیمان از بقیه ایستگاه‌های استان بیشتر است و در سال‌های آتی با خشکسالی‌های شدیدتری مواجه خواهند شد. فقط در ایستگاه شوش و بهبهان روند مثبت است و ممکن است به سمت ترسالی پیش برود که البته در ایستگاه بهبهان بسیار کند است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در بیش از ۸۵ درصد مساحت استان روبه روند خشکسالی افزایشی است و با بحران بیشتری مواجه خواهیم شد.

شکل شماره (۷): نمودار رگرسیون خطی داده‌های شاخص SPI ایستگاه‌های اهواز و آبادان



نتیجه گیری

بررسی روند تغییرات ۳۰ ساله شاخص SPI ایستگاه‌های استان با استفاده از روشهای پارمتریک نشان داد شدت خشکسالی استان خوزستان طی سی سال اخیر روند افزایشی داشته است. بطوری که در ۱۲ ایستگاه از ۱۴ ایستگاه استان روند شاخص SPI منفی و بسمت خشکسالی پیش روی دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت بیش از ۸۵ درصد مساحت استان روبه روند خشکسالی افزایشی است و با بحران بیشتری مواجه می‌گردد. همچنین بررسی آمار بارش ایستگاهها در سی سال اخیر نشان دهنده کاهش بارش می‌باشد به طوری که در سال‌های اخیر میزان و شدت خشکسالی در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه و در سطح استان خوزستان بالای ۵۰ درصد می‌باشد. همچنین دوام خشکسالی استان خوزستان طی سی سال اخیر بیشتر شده است. زیرا خشکسالی‌های اخیر خوزستان به دلیل کاهش بارش‌ها همراه با افت آب‌های زیرزمینی، این منطقه را در یک موقعیت بحرانی قرار داده که لطمات زیادی را بر پیکره اقتصادی آن به ویژه بخش کشاورزی که بیش از ۹۰ درصد از آب‌های زیرزمینی در این بخش مصرف می‌شود وارد کرده است. سایر بررسی‌ها نشان داد روند افزایشی خشکسالی در نواحی جنوبی استان شدیدتر بوده است. میزان خشکسالی در بخش‌های جنوبی و غربی و جنوب شرقی (ایستگاه‌های آبادان، اهواز، امیدیه، آغاچاری و هندیجان) بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ بسیار زیاد بوده است. ولی بر اساس نمودارهای روند در بیش از ۸۵ درصد ایستگاهها استان روند خشکسالی رو به افزایش بوده است و فقط ایستگاه شوش در شمال و ایستگاه بهبهان در جنوب شرق استان دارای روند ثابت و یا کاهشی بوده اند. ولی شدت روند خشکسالی در ایستگاههای جنوبی و غربی بیشتر بوده است.

بررسی دوره بازگشت خشکسالی‌ها با شدت‌های مختلف نشان داد مناطق جنوبی استان خشکسالی را در دور بلند مدت-تری تجربه می‌کنند در صورتی که دوره بازگشت خشکسالی در مناطق شمالی استان کوتاه تر است. به این معنا که ایستگاههای با بارش بیشتر با پریود کوتاه‌تری دچار خشکسالی می‌گردند. به این ترتیب مناطق مرطوب‌تر در مقابل خشکسالی آسیب پذیرتر هستند و مناطق خشک‌تر در مقابل خشکسالی مقاوم تر هستند.

روابط همبستگی بین شدت خشکسالی و میزان بارش ایستگاهها منفی و معنادار است. به این ترتیب که ایستگاههای با بارش کمتر در دوره زمانی بلندتری دچار خشکسالی می‌گردند. و دوره بازگشت در ایستگاههای با بارش بیشتر، کوتاهتر است. یعنی هر چه بر شدت خشکسالی افزوده می‌شود روابط همبستگی بین دوره بازگشت خشکسالی و بارش قوی‌تر است.

منابع و ماخذ

- ۱- آشگر طوسی، شادی ۱۳۸۲. پیش بینی وقوع خشکسالی در خراسان و بهینه سازی الگوی کشت جهت سازگاری با آن، پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زه کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
- ۲- ابراهیم زاده، عیسی، لشکری پور، حسین ۱۳۸۰. پایش و پهنه بندی خشکسالی با استفاده از منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیائی، رساله دکتری آبیاری گرایش آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۳- اسلامیان، سید سعید ، عادتی، سیده سارا سلطانی کوهپایه، سعید، سلطانی کوهپایه، ۱۳۹۴. پهنه بندی خشکسالی در استان اصفهان با استفاده از شاخص استاندارد بارش (SPI)، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران.
- ۴- انصافی مقدم، طاهره ۱۳۸۶، ارزیابی چندشاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب ترین شاخص درحوضه دریاچه مک، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان، جلد ۱۴، شماره ۲.
- ۵- باغبانی، مهدی ۱۳۹۲، ارزیابی خشکسالی با استفاده از نمایه های خشکسالی در استان کردستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی عباسعلی آروین و مشاوره هوشمند عطایی، دانشگاه پیام نور مرکز اصفهان.
- ۶- بدری . سیدعلی رضا طالبی فرد . حبیب لطفی مهروییه، ۱۳۹۳، خشکسالی و بررسی اثرات آن بر مناطق کشاورزی به منظور توسعه پایدار با استفاده از تکنیک SWOT پژوهش موردی: منطقه جیرفت و کهنوج، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۷- بستانی، علیرضا و همکاران، ۱۳۹۱، بررسی جنبه های تأثیر خشکسالی در توسعه پایدار مناطق روستایی (مطالعه موردی: روستاهای شهرستان داراب) اولین همایش ملی جغرافیا، مخاطرات محیطی و توسعه پایدار
- ۸- بیگلی، زینب؛ علی رستمی و علی سلیمی، ۱۳۹۵، تحلیل روند عناصر اقلیمی و بررسی خشکسالی شهر زنجان با استفاده از شاخص SPI و مدل اسکالوگرام، اولین همایش ملی مدیریت آب با رویکرد مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی، همدان، دبیرخانه دائمی همایش.
- ۹- خسروی، حسن، اسکندری دامنه، حامد؛ زهرا اسلامیان؛ هادی اسکندری دامنه ، ۱۳۹۴، راهکارهای توانمندسازی کشاورزان در مقابله با خشکسالی در شهرستان جیرفت، دومین کنگره علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران، تهران، انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین
- ۱۰- رضیعی ، طیب و همکاران ، ۱۳۸۲، پیش بینی شدت ، تداوم فراوانی خشکسالی با استفاده از روشهای احتمالی و سریهای زمانی (استان سیستان و بلوچستان) ، مجله بیابان ، جلد هشتم ، شماره ۲، ۲۹۲-۳۱۰.
- ۱۱- صمیمی، مسعود، علیزاده، امین ۱۳۷۳. گرم شدن جهانی و پیامدهای هیدرولوژیکی؛ مجله نیوار، شماره ۸۲۲.
- ۱۲- فرج زاده، منوچهر، ۱۳۸۳، تحلیل و پیشبینی خشکسالی در ایران، رساله دکترای اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

۱۳- کولائیان، علی، صدیق، رضا، ۱۳۸۸، بررسی و مقایسه دو شاخص پایش خشکسالی (SPI, RDI) در منطقه قائمشهر.

۱۴- ناظم السادات، سید محمد جعفر و احمد رضا قاسمی ۱۳۸۰. خشکسالی و بارندگی مازاد استان سیستان و بلوچستان و ارتباط آن با پدیده ال نینو - نوسان جنوبی؛ مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، جلد سوم، دانشگاه زابل

۱۵- نساجی زواره، مجتبی، صانعی، ممجتبی. ۱۳۸۰. تعیین دوره خشکسالی و دوره های برگشت ترسالی ها و خشکسالی ها در منطقه قم. فصل نامه علمی ترویجی خشکی و خشکسالی کشاورزی، شماره ۱۵، ص ۶۴-۴۷.

۱۶- محمدی یگانه، بهروز، رضایی، حجت، ۱۳۹۱، مدیریت ریسک خشکسالی گامی به سوی توسعه پایدار مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: شهرستان ابرکوه)، اولین همایش ملی توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک.

۱۷- محمودی، پیمان و عبدالرئوف شاهوزئی، ۱۳۸۶. تجزیه و تحلیل خشکسالی های شهرستان ایرانشهر با استفاده از شاخص نمره استاندارد و ارائه راهکاری مدیریتی جهت کاهش اثرات آن ، همایش خشکسالی، پیامدها و راهکارهای مقابله با آن ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند، اسفند.

۱۸- یغمایی، لیلا، صبوچی، راضیه، حجت فروش نیا، شیلا ، ۱۳۸۸. آنالیز خشکسالی با استفاده از GIS (مطالعه موردی منطقه کاشان) در تحقیق خود تحت عنوان ، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن

۱۹- سازمان هواشناسی استان خوزستان

20. Buntgen.U V.Trouet, D.Frank, H.H.Leuschnr, D.Friedrichs (2010) Tree-ring indicators of German summer drought over the last millennium , Quaternary Science Reviews, 29, 1005- 1016
- Hayes, M.J., Svoboda,M.D., Wilhite,D.M. and Vanyarkno, D.V. 1999. Monitoring the 1996 Drought using the standardized precipitation index, Bulletin of the American meteorological society, vol.80, No3.
21. Croitoru.A.E and F.M.Toma, (2011) Meteorological Drought in Central ROMANIAN PLAIN (Between OLT and ARGES RIVERS) CASE STUDY: YEAR 2000. RISCURI SICATASTROFE, NR. X, 9, 113-120.
22. Fazeli F., M. Ghorbanali and V.Niknam, 2007, effect of drought on biomass, Biological plant rum: 51(1):98-103
23. Hao Zengchao, Amir AghaKouchak, Navid Nakhjiri and Alireza Farahmand. 2014. Global integrated drought monitoring and prediction system. Sci. Data University of California, Irvine, E4130 Engineering Gateway Irvine, Irvine, CA 92697-2175, USA.
24. Liu, Yi; Ren, Liliang; Hong, Yang; Zhu, Ye; Yang, Xiaoli; Yuan, Fei; Jiang, Shanhu, (2016) Sensitivity analysis of standardization procedures in

drought indices to varied input data selections, Journal of Hydrology, Volume 538, p. 817-830.

