

## ارتباط احتمال فراوانی شاخص خشکسالی SPI با ارتفاع در استان لرستان

طاهره سادات میرمحمدحسینی<sup>۱</sup>، سید عباس حسینی<sup>۲</sup>، باقر قرمزچشمه<sup>۳\*</sup>، احمد شرافتی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکترای دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، (Tahere\_mirhosseini@yahoo.com)

۲- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، (abbas\_hoseyni@yahoo.com)

۳- عضو هیأت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (baghergh@gmail.com)

۴- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، (asharafati@gmail.com)

### چکیده

خشکسالی یکی از مخاطرات عمده‌ی طبیعی است که می‌تواند، اثرات زیست محیطی و اقتصادی قابل توجهی در پی داشته باشد. عموماً در مقایسه با سایر خطرات طبیعی مانند سیل و طوفان، میزان گستره مکانی خشکسالی بسیار بیشتر است. خشکسالی سبب ایجاد مجموعه‌ای از اثرات اقتصادی و اجتماعی در بخش‌های مختلف، به ویژه بخش کشاورزی و منابع طبیعی می‌گردد. خشکسالی در همه‌ی رژیم‌های آب و هوایی کشور ما با شدت و ضعف‌های مختلف روی می‌دهد. از این رو پیش‌بینی آن می‌تواند کمک شایانی به کاهش خسارات ناشی از آن نماید. ارزیابی و پایش خشکسالی بر اساس شاخص‌هایی است که بتوان به وسیله‌ی آن میزان شدت و تداوم آن را در منطقه بررسی نمود. در مقاله حاضر، ارتباط احتمال فراوانی شاخص خشکسالی SPI با ارتفاع در استان لرستان مورد مطالعه قرار گرفته است. ویژگی این روش کمک می‌کند تا شدت خشکسالی در مکان‌های مختلف به لحاظ کشت دیم مقایسه گردد. به منظور پایش خشکسالی از اطلاعات بارندگی ماهانه ۱۵ ایستگاه هواشناسی استان طی دوره آماری ۱۳۹۶-۱۳۶۶ استفاده شد. شاخص بارش استاندارد شده برای بازه زمانی ۱۲ ماهه بدست آمد. نتایج بررسی‌ها نشان داد بیشترین خشکسالی که در این استان رخ داده است از نوع خشکسالی خفیف بوده است و فراوانی وقوع خشکسالی شدید و خفیف با ارتفاع روند کاهشی نشان داد. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که خطر وقوع خشکسالی‌ها در ارتفاعات تا حدودی کمتر از مناطق پست می‌باشد. این موضوع می‌تواند در مدیریت و سازگاری با خشکسالی راه‌گشا باشد.

### واژه‌های کلیدی

خشکسالی، شاخص بارش استاندارد شده (SPI)، خطر خشکسالی

## مقدمه

خشکسالی زمانی اتفاق می افتد که بارش برای تأمین نیازهای فعالیتهای مشخص شده انسانی ناکافی باشد. رشد روز افزون جمعیت در دنیا و عدم توزیع یکنواخت منابع، سبب تشدید فراوانی وقوع و شدت رویدادها و بلایای طبیعی به ویژه در مناطق نیمه - خشک شده است. علاوه بر این متغیرهای آب و هوایی و تغییرات آنها، احتمالاً سبب کاهش بارندگی شده و در نتیجه وقوع دوره های خشک، می تواند تأثیر منفی بر روی منابع آب داشته و باعث آسیب و تخریب کشاورزی در این مناطق شود. خشکسالی منجر به کاهش میزان تولید محصولات کشاورزی می گردد که این کاهش تحت تأثیر شدت، مدت و وسعت مکانی تنش خشکسالی است. اثرات خشکسالی در کشورهایی مانند ایران که در مناطق خشک و نیمه خشک واقع گردیده اند به دلیل محدودیت منابع آب، بیشتر بوده و حتی می تواند به بحران تبدیل گردد. ایران کشور پهناوری است که به علت موقعیت خاص و ویژگی های توپوگرافیکی، از آب و هوای متفاوتی برخوردار است. میزان بارندگی متوسط سالانه آن حدود ۲۵۱ میلی متر می باشد (Krzanowski, 1987). این میزان کمتر از ۰/۲۵ متوسط بارندگی در سطح کره زمین و در حدود ۰/۳۳ متوسط بارندگی سالانه در سطح خشکی های زمین می باشد. به همین دلیل قسمت اعظم ایران در قلمرو آب و هوای خشک جهان قرار می گیرد. علاوه بر میزان کم بارش، نوسانات شدید بارندگی در مقیاس های روزانه، فصلی و سالانه از جمله خصوصیات است که موجب عدم اطمینان کافی نسبت به دریافت حداقل بارش مورد نیاز جهت مصارف کشاورزی، تغذیه جریان های سطحی و سفره آب های زیرزمینی و مصارف انسانی می شود. در نتیجه، وقوع خشکسالی در کشور امری اجتناب ناپذیر محسوب می شود. از طرفی کشور ایران با توجه به قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه خشک و کمبود منابع آبی بیشتر با این پدیده اقلیمی و تبعات آن روبرو است.

(Van Rooy, 1965) شاخص RAI که اساس آن انحراف مقادیر بارندگی از نرمال می باشد را معرفی کرد. (McKee و همکاران، ۱۹۹۳) از دانشگاه ایالتی کلرادو شاخص بارندگی استاندارد شده را به منظور تعریف و پایش خشکسالی ارائه دادند. مرکز اقلیمی کلرادو، مرکز ملی خشکسالی ایالات متحده آمریکا و مرکز اقلیم منطقه ای غرب ایالات متحده از جمله مراکزی هستند که از SPI برای پایش وضعیت خشکسالی استفاده می کنند. ویژگی SPI این امکان را به تحلیلگر می دهد تا پدیده خشکسالی و همچنین ترسالی را در یک مقیاس زمانی معین و برای هر نقطه ای از دنیا تعیین نماید. (قرمزچشمه و همکاران، ۱۳۹۳) به بررسی تغییر اقلیم در حوضه ی قرآن طالار تحت ۲ سناریوی انتشار A2 و B2 مدل HADCM3 و برای ریز مقیاس گردانی از مدل SDSM و از ایستگاه قائم شهر و قرآن طالار استفاده کرد. نتایج در ۳ دوره ی ۲۰۱۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۷۰، ۲۰۷۱-۲۰۹۹ در دمای کمینه و بیشینه یک روند افزایشی به ترتیب ۱، ۰/۵ در چه در هر دوره نسبت به دوره پایه، و در بارش کاهش آن در فصل بهار و زمستان و افزایش در فصل پاییز و به صورت رگبار بدست آمد. (مهری و همکاران، ۱۳۹۴) وضعیت خشکسالی و تحلیل زمانی و مکانی آن در ایستگاه های استان کردستان با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) توسط نرم افزار DrinC در مقیاس های زمانی ۳، ۶ و ۱۲ ماهه بررسی کردند. نتایج حاصل از بررسی شدت خشکسالی طی دوره مورد مطالعه نشان داد در سراسر استان کردستان در بین هر سه مقیاس زمانی شدیدترین خشکسالی مربوط به ایستگاه دهگلان در سال ۲۰۰۶-۲۰۰۵ اتفاق افتاده است. (تاج بخش و همکاران، ۱۳۹۴) به ارزیابی خشکسالی هواشناسی در ایران با استفاده از شاخص بارش و تبخیر تعرق استاندارد شده پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که عامل تبخیر و تعرق، نقش موثری در تغییر شدت خشکسالی دارد. (نژاد مقبلی و همکاران، ۱۳۹۶) به مقایسه ی وضعیت خشکسالی بر اساس شاخص های مبتنی بر بارندگی و تبخیر و تعرق و بررسی خشکسالی منابع آب زیرزمینی در منطقه جیرفت پرداختند. آنها نتیجه گرفتند که خشکسالی آب زیرزمینی و افت شدید منابع زیرزمینی براساس نتایج حاصل از شاخص GRI در منطقه رخ داده است، همچنین مقدار این شاخص در سال های اولیه ی دوره آماری مثبت و در سال های انتهایی منفی می باشد که نشان دهنده ی افت شدید سطح آب های زیرزمینی در طول دوره ی آماری می باشد. (Tonkaz, 2006) با استفاده از شاخص SPI به ارزیابی مکانی خشکسالی ها در ترکیه پرداخت. نتایج وی نشان داد که خشکسالی هایی با شدت های مختلف در مناطق مختلف طی دوره ی مطالعه رخ داده اند که باید راهکارهای مدیریتی جهت کاهش خسارات ناشی از آن ارائه داد. (Biswas و Palchaudhuri, 2013) شدت و الگوی خشکسالی هواشناسی در منطقه Bengal West, Purulia, هند با استفاده از SPI چند زمانه مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نمودارهای SPI زمانی

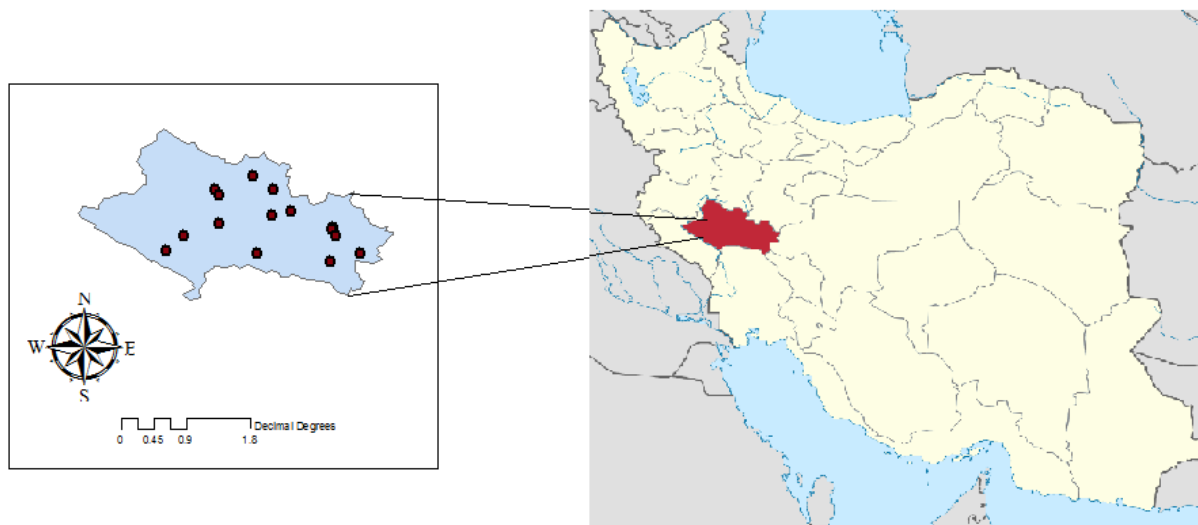
نشان می‌دهد که حداکثر مقدار SPI (خشکسالی شدید) در سال ۱۹۹۳ در ۳ ایستگاه و خشکسالی خفیف و متوسط در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه رخ می‌دهد. خشکسالی شدید و شدید تر در شمال شرقی، شمال غربی و جنوب غربی منطقه یافت شد. (Shah و همکاران، ۲۰۱۵) طی مطالعاتی به محاسبه شاخص خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) برای منطقه سورت، گجرات پرداختند، نتایج ایشان نشان داد که مقدار مثبت SPI، شرایط نرمال و شرایط مرطوب را نشان می‌دهد و مقادیر کمتر از ۱- شرایط خشکسالی را نشان می‌دهد. (Dutta و همکاران، ۲۰۱۵) طی مطالعاتی در مورد برآورد ویژگی‌های خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در دانمارک به این نتیجه رسیدند که خشکسالی‌های هیدرولوژیکی، در یک منطقه متفاوت و غیر همگن هستند و با تکرار کمتری نسبت به خشکسالی‌های هواشناسی رخ می‌دهند. (Osamah و Al Timimi، ۲۰۱۶) چهار شاخص خشکسالی هواشناسی شامل شاخص بارش استاندارد شده (SPI)، شاخص (RDI)، شاخص ضریب بارش (PDI) و شاخص آنومالی بارش (RAI) برای خشکسالی در عراق مقایسه و ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که تمام شاخص‌های خشکسالی همبستگی خطی مثبت بین یکدیگر دارند و به این معنی است که نتایج تمام شاخص‌های خشکسالی تقریباً نزدیک به یکدیگر و قابل مقایسه است. در مطالعاتی که تا به حال انجام شده است ارتباط ارتفاع با فراوانی خشکسالی دیده نشده است که در این مطالعه هدف بررسی احتمال فراوانی خشکسالی و ارتفاع در کل استان لرستان به وسیله‌ی شاخص بارش استاندارد شده (SPI) می‌باشد. آگاهی از این ارتباط کمک زیادی در زمینه مدیریت خشکسالی و کاهش اثرات منفی آن در زمین‌های کشاورزی خواهد کرد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

استان لرستان در غرب ایران در محدوده‌ی رشته کوه زاگرس واقع شده است. وسعت این استان حدود ۲۸۵۵۹ کیلومتر مربع است. استان لرستان یکی از استانهای کوهستانی در غرب ایران است. بیشتر مناطق این استان را کوههای زاگرس پوشانده است. آب و هوای این استان متنوع است و تنوع آب و هوا در آن از شمال شرق بیه جنوب غرب کاملاً مشهود است. لرستان از شمال بیا استان‌های همدان و مرکزی، از شرق با استان اصفهان، از جنوب با خوزستان و از غرب با استان‌های کرمانشاه و ایلام همسایه است. همچنین این استان از طریق باریکه‌ای در سمت جنوب شرقی دارای مرز بسیار کوتاهی با استان چهارمحال و بختیاری است. لرستان به لحاظ اقلیم و هواشناسی یک استان چهار فصل است و دارای آب و هوای متنوعی است، این تنوع از شمال به جنوب و از شرق بیه غرب کاملاً محسوس است. زمستان هنگامی که در شمال لرستان برف و ککولاک ادامه دارد قسمت‌های جنوبی آن دارای هوایی مطبوع و بارانی است. اختلاف ثبت شده در شهرهای استان لرستان بین حداکثر و حداقل مطلق دما بیش از ۸۰ درجه سانتیگراد است. حداکثر دمای ثبت شده ۴۷/۴ و حداقل دمای مطلق ثبت شده ۳۵- است.

استان لرستان بین مرزهای ۳۲ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۶ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاههای هواشناسی واقع در این محدوده را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی استان لرستان همراه با ایستگاه‌های مورد استفاده

### روش تحقیق

شاخص SPI یکی از بهترین و جامع‌ترین روش‌های مطالعه خشکسالی و ترسالی و خصوصیات آنها محسوب می‌گردد. این شاخص در سال ۱۹۹۳ توسط مک کی و بر اساس احتمال بارش برای هر بازه زمانی ارایه شده است. از این جهت برای بازه‌های مختلف قابل محاسبه است و اثرات خشکسالی را بر منابع آب قابل دسترس در بازه زمانی محاسبه شده نشان می‌دهد. از آنجا که این شاخص بی بعد است، می‌توان به کمک آن اطلاعات مناطق مختلف را با هم مقایسه و نقشه‌های گستره خشکسالی را با دقت بیشتری تولید کرد. همچنین برای طبقه بندی این شاخص از اطلاعات جدول ۱ استفاده گردید. محاسبه مقدار این شاخص شامل برازش تابع چگالی احتمال گاما بر توزیع فراوانی بارندگی برای یک ایستگاه معین است. مقادیر شاخص SPI بدست آمده از داده‌های بلند مدت بارش برای یک دوره زمانی، از توزیع نرمال تبعیت میکنند که دارای میانگین صفر و انحراف معیار یک است.

جدول ۱- طبقات مختلف شاخص بارش استاندارد شده (SPI) - (McKee و همکاران، ۱۹۹۳)

توصیف کیفی خشکسالی	طبقه بندی توزیع استاندارد بارندگی
خشکسالی بسیار شدید	$SPI \leq -2$
خشکسالی شدید	$-2 < SPI < -1/5$
خشکسالی متوسط	$-1/5 < SPI < -1$
خشکسالی خفیف	$-1 < SPI < 0$
ترسالی خفیف	$0 < SPI < 1$
ترسالی متوسط	$1 < SPI < 1/5$
ترسالی شدید	$1/5 < SPI < 1/99$
ترسالی خیلی شدید	$SPI \geq 2$

در این تحقیق، از آمار بارندگی ۱۵ ایستگاه هواشناسی واقع در استان به صورت ماهانه و سالانه استفاده شد. ایستگاه‌ها بر مبنای طول دوره آماری، پوشش مناسب مکانی (شکل ۱) و صحت آماری در منطقه مورد مطالعه و قابل اعتماد بودن داده‌های آماری آنها انتخاب شدند. دوره زمانی مورد مطالعه در این تحقیق از سال ۱۳۶۶ تا سال ۱۳۹۶ در نظر گرفته شد. شاخص SPI در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه برای کلیه ایستگاه‌ها محاسبه گردید. از آنجایی که تعیین شاخص SPI نیاز به آمار بارندگی طولانی مدت دارد، تمامی داده‌های موجود برای هر ایستگاه در محاسبات ایستگاه‌های منطقه، دوره زمانی ۳۰ ساله می‌باشد. در جدول (۲) مشخصات ایستگاه‌های منتخب آورده شده است.

جدول ۲- مشخصات ایستگاه‌های انتخاب شده در استان لرستان

ارتفاع - متر	عرض جغرافیایی - درجه	طول جغرافیایی - درجه	کد ایستگاه	نوع ایستگاه	نام ایستگاه
۱۴۹۰	۳۳/۷۸۱۱۱	۴۸/۸۰۰۲۸	۱۲۴-۲۱	باران سنجی	سازمان آب-پروجرده
۱۷۷۰	۳۳/۵۱۶۹۴	۴۸/۷۸۴۷۲	۱۶۷-۲۱	باران سنجی	دهنو-هر رود
۱۵۲۰	۳۳/۷۸۵۵۶	۴۸/۲۰۲۷۸	۱۷۱-۲۱	باران سنجی	سراب صید علی
۱۱۴۰	۳۳/۴۴۰۸۳	۴۸/۲۴۸۸۹	۱۷۵-۲۱	تبخیرسنجی	چم انجیر
۸۲۰	۳۳/۳۱۳۸۹	۴۷/۸۸۸۰۶	۱۷۷-۲۱	باران سنجی	افرینه-کشکان
۱۸۳۰	۳۳/۴۰۰۲۸	۴۹/۴۰۲۷۸	۲۷۱-۲۱	باران سنجی	ازناچم زمان-هیدرومتر
۱۹۴۰	۳۳/۳۷۷۵	۴۹/۳۸۳۸۹	۲۷۵-۲۱	باران سنجی	دره تخت-دره تخت
۲۰۸۰	۳۳/۳۰۷۲۲	۴۹/۴۳۴۷۲	۲۷۳-۲۱	باران سنجی	کمندان
۷۷۰	۳۳/۱۳۹۱۷	۴۸/۶۳۴۷۲	۲۸۹-۲۱	باران سنجی	کشور-سرخاب
۲۰۰۰	۳۳/۱۳۳۳	۴۹/۶۷۶۶۷	۴۰۰-۲۱	باران سنجی	کاظم آباد-کاکلستان
۱۷۵۰	۳۳/۰۵	۴۹/۳۷۵۲	۹۶۸-۲۱	باران سنجی	قلیان-سکانه
۱۵۳۰	۳۳/۷۱۸۳۳	۴۸/۲۵۲۶۷	۱۶۹-۲۱	باران سنجی	کاکارضاهرود
۶۵۰	۳۳/۱۵۵۲۸	۴۷/۷۱۳۸۹	۱۸۳-۲۱	باران سنجی	پل دختر کشکان
۲۰۰۰	۳۳/۹۱۳۶۱	۴۸/۵۹	۲۵۹-۲۱	باران سنجی	ونایی گله رود
۱۲۹۰	۳۳/۵۶۴۴۴	۴۸/۹۷۵۲۸	۲۸۱-۲۱	باران سنجی	چم چیت

پس از تکمیل داده‌های ایستگاه‌ها در طول دوره آماری ذکر شده با روش SPI مقدار شاخص خشکسالی برای هر ایستگاه محاسبه شد. براساس جدول (۱) طبقه بندی و میزان احتمال هر طبقه خشکسالی محاسبه و با تعیین فراوانی وقوع آن نسبت به کل دوره بدست آمد. ارتباط احتمال هر طبقه با ارتفاع ایستگاهها بررسی و تحلیل گردید. به منظور بررسی نقش ارتفاع در خطر خشکسالی، احتمال هر طبقه در وزن (با دیدگاه کارشناسی) طبق جدول (۳) استفاده شد.

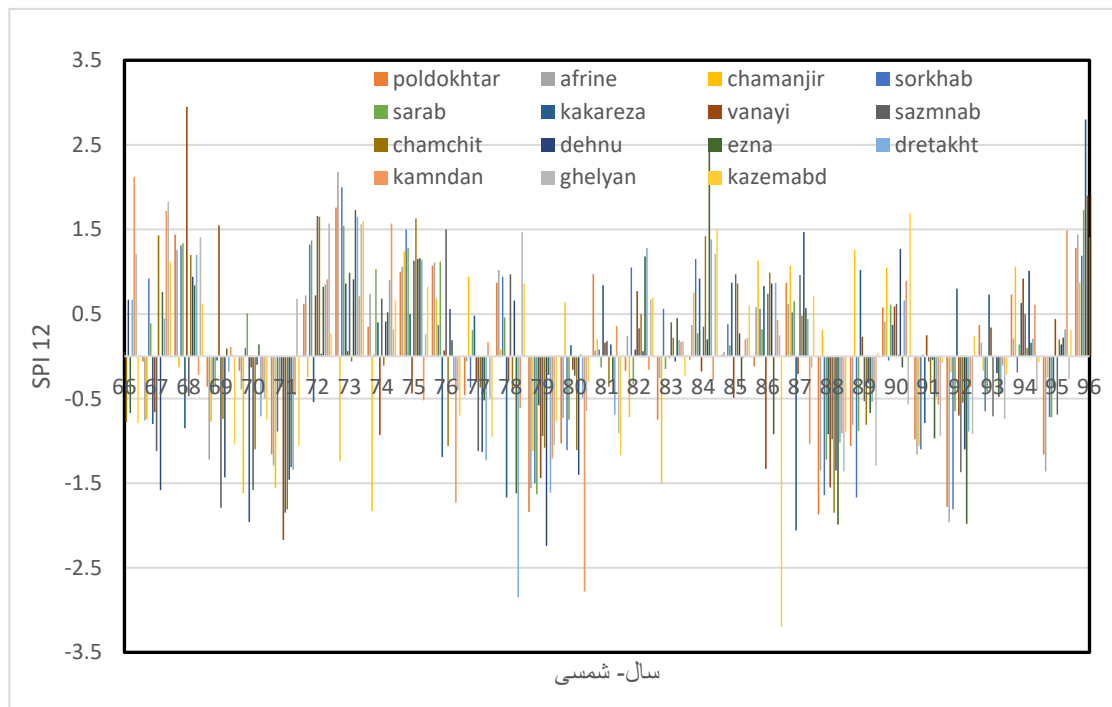
جدول ۳- میزان خطر هر طبقه خشکسالی

وزن (شدت خشکسالی)	توصیف کیفی خشکسالی	طبقه بندی توزیع استاندارد بارندگی
۱	خشکسالی بسیار شدید	$SPI \leq -2$
۰/۷	خشکسالی شدید	$-2 < SPI < -1/5$
۰/۴	خشکسالی متوسط	$-1/5 < SPI < -1$
۰/۱	خشکسالی خفیف	$-1 < SPI < 0$

برای بررسی میزان ارتباط هر یک از فراوانی‌های طبقات خشکسالی و ارتفاع، از ضریب همبستگی استفاده شد.

## نتایج و بحث

با بررسی آمار هواشناسی ماهانه برای هر ایستگاه، شاخص بارش استاندارد شده SPI ۱۲ ماهه محاسبه شد. در شکل (۲) نمودار SPI ۱۲ ماهه ایستگاهها در طول دوره آماری آورده شده است. لازم به ذکر است که مقدار SPI بالاتر از صفر ترسالی و کمتر از آن خشکسالی محسوب می‌شود. بر این اساس در منطقه مقدار SPI در شرایط خشکسالی حداکثر ۳/۵ و در ایستگاه کاظم آباد بدست آمد. تراکم ایستگاهها در شرایط خشکسالی‌های در سال‌های اخیر نسبت به سال‌های گذشته بیشتر بوده و در دهه ۹۰ اغلب مناطق در شرایط کاهش بارش قرار گرفته است.



شکل ۲- نمودار SPI12 ماهه برای ایستگاه‌های منتخب

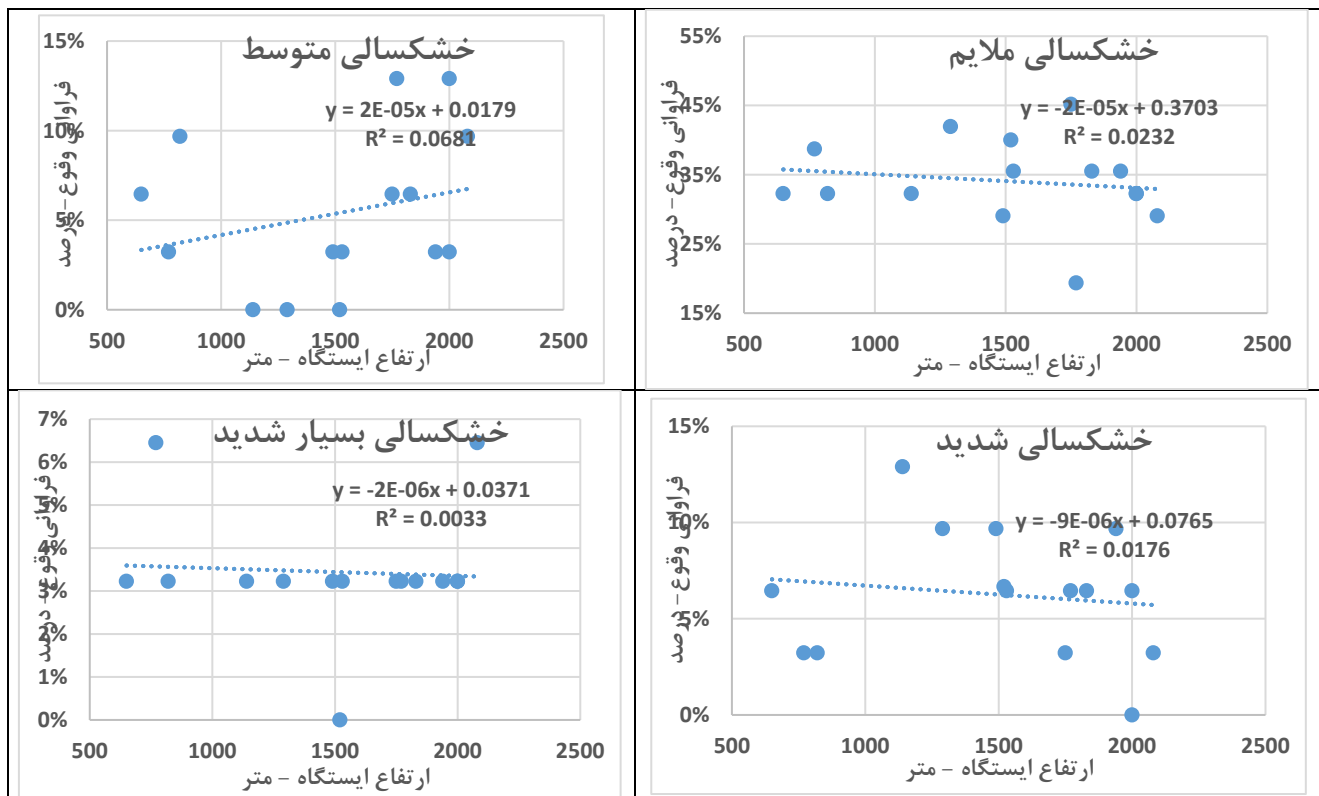
پس از محاسبه SPI12 ماهه، مقادیر فراوانی برای هر ۸ کلاس خشکسالی بدست آمد. نتایج نشان داد که خشکسالی در اکثر ایستگاه‌ها از نوع خشکسالی خفیف بوده است و احتمال فراوانی خشکسالی بسیار شدید در ۷ ایستگاه کاکارضا، ونایی گله رود، دهنو، دره تخت، کمندان، قلیان سکنه و کاظم آباد نسبت سایر ایستگاه‌ها بیشتر بوده است. برای خشکسالی با کلاس خفیف، احتمال فراوانی خشکسالی آن در سه ایستگاه ونایی گله رود، کمندان و قلیان سکنه بیشتر از بقیه و برابر با ۳۹ درصد بدست آمد. در جدول (۴) احتمال فراوانی خشکسالی برای ۱۵ ایستگاه منتخب نشان داده شده است. نتایج نشان داد که سال‌های ۸۸ و ۷۳ به ترتیب خشکسال ترین و تر سال ترین سال میان ۳۰ سال آماری که در نظر گرفته شده است می باشند.

جدول ۴- میزان فراوانی طبقات خشکسالی ایستگاه‌های منتخب

نام ایستگاه	ارتفاع	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط	خشکسالی ملایم	مجموع احتمال دوره خشک
سراب صید علی	۱۵۲۰	۰%	۷%	۰%	۴۰%	۴۷%
ونایی گله رود	۲۰۰۰	۳%	۶%	۳%	۳۲%	۴۵%
پل دختر کشکان	۶۵۰	۳%	۶%	۶%	۳۲%	۴۸%
کشور-سرخاب	۷۷۰	۶%	۳%	۳%	۳۹%	۵۲%
افرینه-کشکان	۸۲۰	۳%	۳%	۱۰%	۳۲%	۴۸%
چم انجیر	۱۱۴۰	۳%	۱۳%	۰%	۳۲%	۴۸%
چم چیت	۱۲۹۰	۳%	۱۰%	۰%	۴۲%	۵۵%
سازمان آب-بروجرد	۱۴۹۰	۳%	۱۰%	۳%	۲۹%	۴۵%
کاکارضاهرود	۱۵۳۰	۳%	۶%	۳%	۳۵%	۴۸%
قلیان-سکنه	۱۷۵۰	۳%	۳%	۶%	۴۵%	۵۸%
دهنو-هر رود	۱۷۷۰	۳%	۶%	۱۳%	۱۹%	۴۲%
ازناچم زمان-هیدرومتر	۱۸۳۰	۳%	۶%	۶%	۳۵%	۵۲%
دره تخت-دره تخت	۱۹۴۰	۳%	۱۰%	۳%	۳۵%	۵۳%
کاظم آباد-کاکلستان	۲۰۰۰	۳%	۰%	۱۳%	۳۲%	۴۸%
کمدان	۲۰۸۰	۶%	۳%	۱۰%	۲۹%	۴۸%

رابطه فراوانی طبقات خشکسالی نشان داد که هیچ یک از طبقات خشکسالی خفیف تا بسیار شدید رابطه معنی دار با ارتفاع ندارند، ولی طبقات بسیار شدید، شدید و خفیف دارای رابطه منفی و طبقه متوسط رابطه مثبت با ارتفاع می باشند. به عبارت دیگر طبقه خشکسالی متوسط در ارتفاعات بیشتر و بقیه طبقات آن در ارتفاعات پایین تر دارای فراوانی بیشتر هستند. در شکل ۳ رابطه فراوانی وقوع طبقات خشکسالی ارائه شده است.

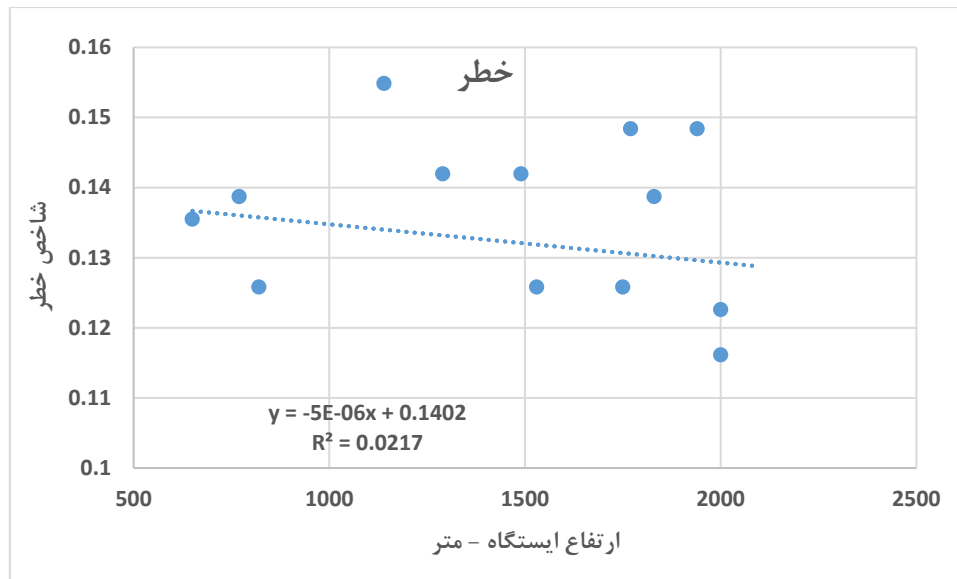
برای کمی کردن طبقات خشکسالی، به هریک از طبقات خشکسالی بین ۰/۱ تا ۱ (جدول ۲) وزن داده شد و با اعمال آن در مقدار فراوانی آن و جمع کل برای ایستگاه بدست آمد. مقدار بدست آمده شاخص خطر خشکسالی نامیده شد. سپس این شاخص با ارتفاع رابطه داده شد. شاخص خطر نشان داد که رابطه معنی دار نبود ولی می توان نتیجه گرفت که در ارتفاعات خشکسالی دارای خطر کمتری است. در شکل (۴) رابطه ارتفاع با شاخص خشکسالی نشان داده شده است.



شکل ۳- رابطه فراوانی هریک از طبقات خشکسالی با ارتفاع

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله وضعیت خشکسالی هواشناسی استان لرستان مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از آمار ۳۱ ساله ایستگاههای هواشناسی شاخص بارش استاندارد شده محاسبه گردید و کلاس خشکسالی برای هر ایستگاه انجام شد. نتایج نشان داد بیشترین خشکسالی که در این استان رخ داده است از نوع خشکسالی خفیف بوده است. نتایج نشان داد که فراوانی وقوع خشکسالی شدید و خفیف با ارتفاع روند کاهشی نشان داد. فراوانی وقوع طبقات خشکسالی با ارتفاع رابطه معنی دار نشان نداد ولی در مجموع رابطه اغلب منفی بدست آمد. لازم به ذکر است با توجه به جمیع جهات می توان بیان کرد که خطر وقوع خشکسالی ها در ارتفاعات تا حدودی کمتر از مناطق پست می باشد. این موضوع می تواند در مدیریت و سازگاری با خشکسالی راه گشا باشد.



شکل ۴- رابطه ارتفاع با وقوع خطر خشکسالی

#### منابع

- تاج بخش، س.م.، ن.عیسی خانی و ا. فضل کاظمی. ۱۳۹۴. ارزیابی خشکسالی هواشناسی در ایران با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش و تبخیر تعرق SPEI، فیزیک زمین و فضا، ۴۱(۲):۳۱۳-۳۲۱
- قرمزچشمه ب.، ع. ا. رسولی، م. رضایی بنفشه، ع.مساح یوانی و ع.م.خورشیددوست. ۱۳۹۳. بررسی اثر عوامل مرفو- اقلیمی بر دقت ریزمقیاس گردانی مدل LARS-WG. نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۹: ۱۸-۲۴
- مهروی، م.، خ. حاجی، ر. علیزاده و ر. مصطفی زاده. ۱۳۹۴. ارزیابی تغییرات مکانی شدت دوره های خشکسالی هواشناسی در مقیاس های زمانی متفاوت در استان کردستان. فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۲۶(۱۰):۱۵۱-۱۶۲
- نژادمقبلی، ن.ا.، مساعدی، م.آذری، ک.اسماعیلی و ع. فریدحسینی. ۱۳۹۶. ارزیابی خشکسالی براساس شاخص های SPI و SPEI و ارتباط آنها با خشکسالی منبع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت جیرفت). چهاردهمین همایش ملی آبیاری و کاهش تبخیر، آبان ۱۳۹۶

- AL-Timimi, Y. and Osamah, A. 2016. Comparative study of four meteorological drought indices in Iraq. Journal of Applied Physics (IOSR-JAP), 8(5):76-84.
- Dutta, d., Kundu, a., Patel, N.R., Saha, S.K., Siddiqui, A.R. 2015. Assessment of agricultural drought in Rajasthan (India) using remote sensing derived Vegetation Condition Index (VCI) and Standardized Precipitation Index (SPI). The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences (2015) 18, 53-63
- McKee TB, Doesken NJ, Kleist J. 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. In Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, Boston: American Meteorological Society. p. 179-184.
- Palchaudhuri, M. and Biswas, S. 2013. Analysis of Meteorological Drought Using Standardized Precipitation Index A Case Study of Puruliya District, West Bengal, India. Journal of Environmental and Ecological Engineering, 7(2):167-174.
- Krzanowski, W.J. 1987. Selection of variables to preserve multivariate data structure, using principal components. Journal of the Royal Statistical Society, 36(1): 22-33
- Shah, R., Bharadiya, N. Manekar, V. 2015. Drought Index Computation Using Standardized Precipitation Index(SPI) Method For Surat District, Gujarat Aquatic Procedia 4.1243- 1249.
- Tonkaz, T., 2006. Spatio-temporal assessment of historical drought using SPI with GIS in GAP region, Turkey, J. applied Sciences, 6, 2565- 2571.
- Van Rooy, M.P., 1965. A rainfall anomaly index independent of time and space. Notos Pp. 14, 43-48.