فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال چهارم، شماره ۱۳، بهار ۱۳۹۳
دریافت: ۱۳۹۲/۷/۲۷- پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۳۰
صص ۱۲۰-۱۰۳

ارزیابی مشخصه‌های خشکسالی اقلیمی در منطقه لارستان[۱]

احمدعلی خرم‌بخت: دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
سیدرحیم مشیری[۲]: استاد جغرافیای انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
مسعود مهدوی: استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

چکیده

خشکسالی از جمله واقعیت‌های انکارناپذیر اقلیمی ایران محسوب می‌شود و بدون توجه به آن، هرگونه برنامه‌ریزی و آینده‌نگری به شکست منجر خواهد شد. تحلیل خشکسالی و شناخت ویژگی‌های آن می‌تواند برنامه‌ریزان را در مواجهه با بحران‌های ناشی از آن یاری دهد. در تحقیق حاضر، شهرستان لارستان واقع در استان فارس به عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب، و برای بررسی ویژگی‌های خشکسالی از داده‌های بارندگی ۱۹ ایستگاه در دوره آماری ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۲ استفاده شد. هدف آن بوده است که با استفاده از شاخص‌های SPI، CZI، ZSI و RDI به شناخت ویژگی‌های مختلف خشکسالی منطقه پرداخته شود. پس از تحلیل آماری داده‌ها مشخص گردید که دوام خشکسالی بر حسب ZSI بیش از سایر شاخص‌هاست. همچنین، شاخص SPI سختی بیشتری را نمایان می‌سازد. در مقیاس ماهانه، SPI مشخصه شدت را بیش از شاخص‌های دیگر نمایان می‌سازد، اما در مقیاس سالانه، حساسیت RDI نسبت به مشخصه شدت بیش از شاخص‌های دیگر است.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، شاخص خشکسالی، خشکسالی اقلیمی، لارستان.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

---

[۱]. این مقاله برگرفته از رساله دکتری جغرافیا و برنامه ریزی روستایی آقای احمدعلی خرم بخت در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران به راهنمایی آقای دکتر سیدرحیم مشیری می‌باشد.

[۲]. نویسنده مسئول: geography.doc@srbiau.ac.ir ۰۹۱۲۱۳۰۱۰۵۱

بیان مسأله:

امروزه اصطلاح بلایای طبیعی در مورد رویدادهایی چون خشکسالی، سیل و زلزله آنچنان مرسوم شده است که برخی انسان‌ها از نقش خود در بروز بعضی از این حوادث و یا تشدید خسارات آن غفلت می‌کنند. بنا بر اعتقاد زمین شناسان، حوادثی چون زلزله و آتشفشان‌های شدید و بارش‌های سیل‌آسا همگی جزیی از فرایند تکامل کره زمین محسوب می‌شوند که تدریجا این سیاره را مهیای پذیرش حیات و پیدایش انسان نموده است. بنابراین با ملاحظه عمر بیش از چهار میلیارد ساله کره زمین، نه تنها نمی‌توان بطور قطع چنین رویدادهایی را بلا و ضد حیات دانست، بلکه زمینه‌ساز حیات بوده و جزیی از رفتارهای عادی و «طبیعی» طبیعت به حساب می‌آیند. اما ظاهرا از زمانی که تأثیر این حوادث را بر زندگی انسان در نظر گرفته‌اند، یعنی از هنگام ظهور انسان، چنین رویدادهایی را بلایای طبیعی نامیده‌اند؛ به عبارت دیگر «انسان» این پدیده‌ها را بلا نام نهاده است. لیکن حداقل در روزگار کنونی، تأثیر عملکرد انسان در بروز یا تشدید خسارات ناشی از این رویدادها انکارناپذیر است. مثلا بی توجهی به استانداردهای ساخت مسکن باعث خسارات جانی زلزله شده؛ و یا علت اکثر ویرانی‌های حاصل از سیل، مکان‌گزینی شهرها و مساکن در اراضی سیل‌گیر حاشیه مسیل‌هاست. همچنین، آنچه باعث افزایش خسارات خشکسالی می‌گردد بی دقتی و عدم صرفه جویی در مصرف آب، مانند بهره‌برداری بی‌رویه از ذخایر ارزشمند آبهای زیرزمینی است. همچنان‌که ویلهایت متذکر می‌شود؛ خشکسالی به خودی خود یک بلا محسوب نمی‌شود، بلکه تأثیر آن بر مردم و محیط زیست است که فاجعه آمیز بودن یا نبودن آن را مشخص می‌کند (Wilhite,2000:697).

بنابراین، بدیهی به نظر می‌رسد که شناخت رفتار طبیعت، آمادگی انسان را در مواجهه، چاره‌جویی و کاهش پیامدهای منفی آن افزایش می‌دهد. خشکسالی اقلیمی نیز یکی از رفتارهای عادی طبیعت در مناطق خشک محسوب می‌شود. بررسی آمار هواشناسی و رویدادها حاکی از آن است که خشکسالی مشخصه لاینفک آب و هوای مناطق خشک است و شناخت آن از نظر شدت، مدت و فراوانی وقوع، زمینه‌ساز آمادگی بیشتر انسان‌ها و تجدید نظر آنان در نحوه تأمین و مصرف آب و اتخاذ رویکردهای نوین ذخیره و صرفه‌جویی آب خواهد شد و نهایتا خسارات ناشی از آن را کاهش خواهد داد. به نظر می‌رسد که عدم تحلیل علمی به منظور درک دقیق پدیده طبیعی خشکسالی و تلقی عمومی از آن به عنوان یک بلای ناگهانی و غیرمترقبه، مسئله اصلی و علت بروز و تشدید خسارت‌های ناشی از آن است. «ریچارد» اظهار می‌کند که عدم تشخیص و تعریف دقیق خشکسالی سبب ایجاد تردید و رکود در بخش‌های مختلف مدیریتی و سیاست‌گذاری در سایر بخش‌ها می‌شود (Richard,2002:1157). با تأکید بر لزوم شناخت خشکسالی، «کارولویز» نیز عقیده دارد با اینکه نمی‌توان از وقوع خشکسالی اقلیمی جلوگیری کرد، اما کشاورزان، برنامه‌ریزان و رهبران سیاسی می‌توانند از اطلاعات مطمئن درباره خشکسالی و تأثیرات آن، در جهت به حداقل رساندن وسعت و شدت تبعات آن استفاده کنند (Carolwis, 1996: 34). و بالأخره اینکه، مسئله اصلی اقلیمی مناطق خشک خود خشکسالی نیست؛ بلکه عدم شناخت کافی از آن به عنوان یکی از پدیده‌های عادی طبیعی و عدم تنظیم برنامه‌ها و مصارف مختلف آب بر اساس آن شناخت است. طبق تعریف، خشکسالی یکی از مخاطرات طبیعی است که در نتیجه بارش کمتر از حد نرمال رخ می‌دهد. به تعبیر «اشنیدر» خشکسالی در یک منطقه عبارت است از میانگین بارندگی یک سال یا یک فصل که کمتر از میانگین بارندگی چند ساله آن منطقه باشد (حجازی زاده، ۱۷:۱۳۸۹). «دراکوپ» می‌نویسد: خشکسالی، کاهش رطوبت در سطحی وسیع است که به پوشش گیاهی، حیوانات و مردم آسیب می‌زند (Dracup,1980:299). این پدیده از جمله واقعیت‌های انکارناپذیر اقلیمی ایران محسوب می‌شود و بدون توجه به آن هرگونه برنامه‌ریزی و آینده‌نگری به شکست منجر خواهد شد. تحلیل خشکسالی‌ها و شناخت روند آنها می‌تواند برنامه‌ریزان را در مواجهه با بحران‌های ناشی از آن یاری دهد. خشکسالی پدیده‌ای طبیعی است و در همه دوره‌ها اتفاق افتاده است ولی اثرات آن در سال‌های اخیر که رشد جمعیت و میزان مصرف آب افزایش داشته مشهودتر بوده است. این پدیده در هر منطقه‌ای، چه دارای آب و هوای خشک باشد چه مرطوب، اتفاق می‌افتد، اما خشکسالی، شرایط خشکی اقلیمی و مسئله کم آبی را حادتر می‌سازد.

هر قدر میانگین بارش سالانه منطقه‌ای کمتر باشد، احتمال اینکه مقدار بارش هر سال با مقدار میانگین بارش سالانه آن منطقه تفاوت داشته باشد، زیادتر است، و برعکس. در مناطق مرطوب که معمولا متوسط بارش سالانه آن بالاست، نوسان در شرایط آب و هوایی کمتر است. اما در مناطق خشک نوسان آب و هوا یا سال‌های خشک خیلی زیاد است. روی همین اصل، نواحی خشک جهان، از جمله قسمت اعظم کشور ما، همیشه دارای اقلیمی با نوسان زیاد و غیرعادی است، به طوری‌که سالهای خشک یا خشکسالی ها بر سال‌های معمولی و ترسالی غلبه دارند (کردوانی، ۱۳۸۶: ۲۶). به تعبیر «گلانتز»، خشکسالی بیشتر از اینکه یک وضعیت اقلیمی غیرنرمال تلقی شود، بخش نرمال اقلیم منطقه به حساب می‌آید (Glants,2003:299). چون گیاهان، جانوران و انسان‌ها در هر محل با میانگین بارش دریافتی محل سازگاری یافته‌اند، هرگاه مقدار بارش از حد متوسط کمتر شود، اختلالی در حیات آنها پدید خواهد آمد و هرچه مقدار کاهش نسبت به میانگین بیشتر باشد، اختلال بیشتری ایجاد خواهد شد. به عبارت دیگر، خشکسالی یا کمبود بارش در دوره‌های بلندمدت می‌تواند باعث کمبود رطوبت خاک و سبب کاهش آبهای جاری شود و بدین طریق فعالیت‌های انسانی و حیات طبیعی گیاهی و جانوری را به هم بزند (غیور و همکاران، ۱۳۷۶: ۲۶). به عبارتی کمبود بارش و تداوم آن، در مراحل بعدی به اختلال در رشد گیاه (خشکسالی کشاورزی) و کاهش دبی رودها و ذخایر آب زیرزمینی و منابع پشت سدها (خشکسالی هیدرولوژیک) منجر شود، و چنانچه ادامه یابد، مشکلات اقتصادی و تنش‌های اجتماعی (خشکسالی‌های اقتصادی- اجتماعی) را در پی دارد. همچنان‌که «هایز» اظهار می‌کند که خشکسالی عواقبی مانند مهاجرت‌های بی‌رویه، تخریب زیست محیطی و تنشهای داخلی در پی داشته است. اگرچه خشکسالی تنها علت عمده جابجایی اجتماعی محسوب نمی‌شود، اما می‌تواند با مشکلات اساسی اجتماع ترکیب شود و تغییرات جدیدی را ایجاد کند و یا باعث تسریع تغییراتی شود که از قبل شروع شده است (Hayes,1999:429). در تحقیق حاضر، شهرستان لارستان واقع در استان فارس به عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب، و برای بررسی ویژگی‌های خشکسالی از داده‌های بارندگی ۱۹ ایستگاه در دوره آماری ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۲ استفاده شد. هدف آن از انجام تحقیق این است که با استفاده از شاخص‌های SPI، CZI، ZSI و RDI به شناخت ویژگی‌های مختلف خشکسالی منطقه پرداخته شود.

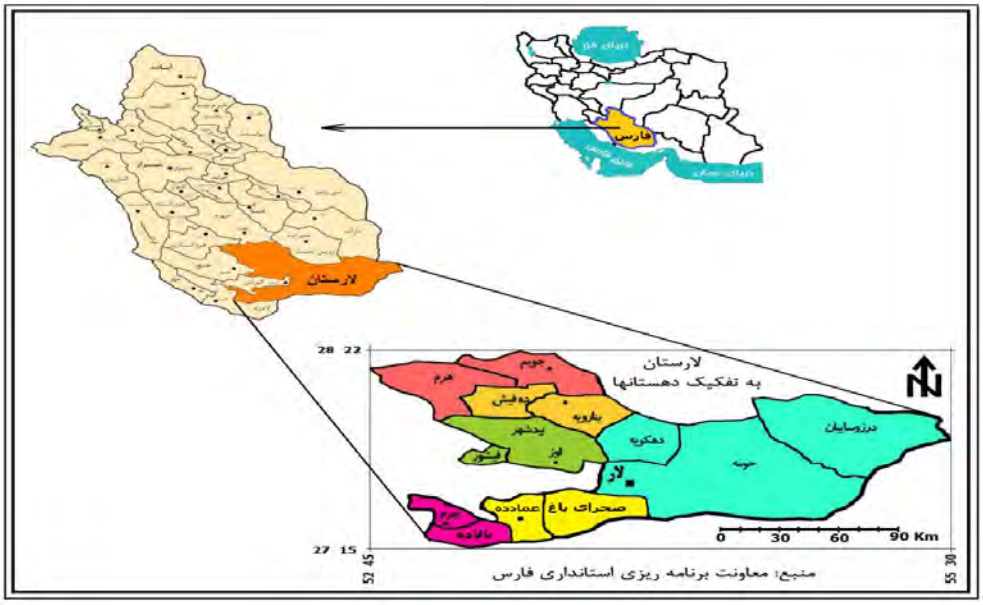
پیشینه تحقیق:

یکی از عوامل مهم و اساسی در مطالعات خشکسالی در هر منطقه شاخص‌هایی است که بتوان بر اساس آنها، سختی، داوم، و فراوانی این پدیده را ارزیابی کرد. شاخص خشکسالی وسیله‌ای است که با خلاصه کردن اطلاعات خشکسالی به صورت دوره-ای، اطلاعات و شرایط رطوبتی در منطقه را نشان می‌دهد. شاخص‌های خشکسالی با اعداد ریاضی نشان داده می‌شوند تا برای تصمیم‌سازی مورد استفاده قرار گیرند (حجازی زاده، ۱۳۸۹: ۱۰۲). پژوهش‌های پالمر در خصوص خشکسالی از جمله نخستین پژوهش‌هایی است که خشکسالی را کمبود رطوبت مستمر و غیرطبیعی (منظور انحراف از شرایط طبیعی یا میانگین بلندمدت پارامترهای هواشناسی) دانسته است (Palmer,1965). اقدامات اولیه در خصوص پایش خشکسالی با تحلیل فراوانی منطقه-ای خشکسالی در مقیاس کوچک آغاز شد (Whipple,1966). سپس توسط سایر محققین دنبال گردید (Eder & et al, 1987 -Klugman,1978-Oladipo,1986). در دهه‌های گذشته قسمت غالب تحلیل‌های خشکسالی معمولا به صورت توصیفی انجام می گرفت و کمتر به تحلیل کمی پرداخته می شد (Karl & et al, 1984). ویلهایت و گلانتز در سال۱۹۸۵ عنوان نمودند که خشکسالی اصولا زمانی رخ می‌دهد که بارندگی سالانه و یا هر بازه زمانی معین به طور محسوس کمتر از میانگین بلندمدت آن بازه زمانی باشد (Wilhite & et al,1985). هایز و همکاران در سال۱۹۹۶ به کمک شاخص بارش استاندارد به ارزیابی خشکسالی در ایالت‌های مختلف امریکا پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص بارش استاندارد، مناطق با پتانسیل خشکسالی را یک ماه زودتر از وقوع خشکسالی نشان می‌دهد (Hayes,1996). استرلا در سال۲۰۰۰ خشکسالی های رخ داده در منطقه والنسیا را با توجه به مدت و شدت و توزیع مکانی آنها مورد بررسی قرار داد و با بهره‌گیری از روش تجزیه و تحلیل تناوبی و تعیین چهار دوره خشک به بررسی اثرات مهم اقتصادی و اجتماعی این دوره‌ها پرداخت (Estrela,2000). اسماختین و هیوجز در سال ۲۰۰۶ جهت تعیین خصوصیات خشکسالی در جنوب آسیا از شاخص بارش استاندارد استفاده کردند (Smakhtin & et al, 2006).

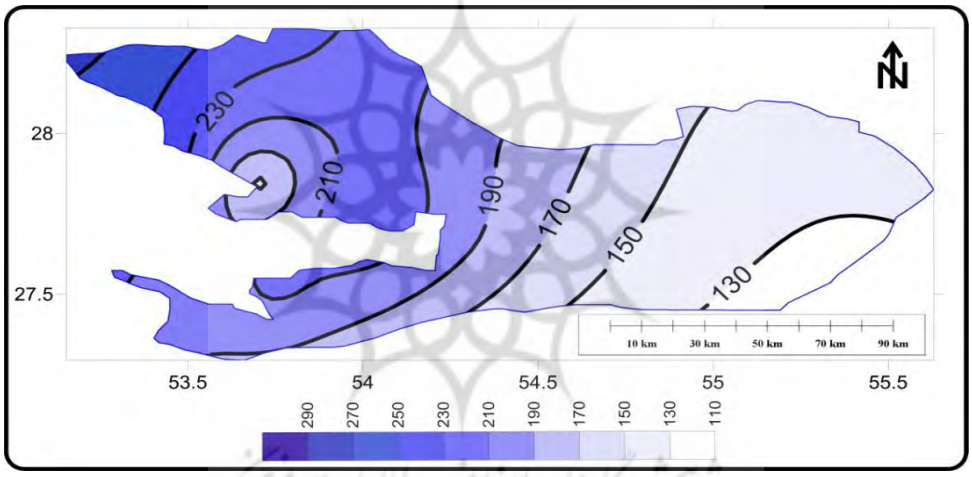
فرج زاده و همکاران (۱۳۷۵) با استفاده از روش‌های متعدد متکی بر استفاده از عنصر بارش، پدیده خشکسالی را با تعیین ویژگی‌های آماری آن از جمله وسعت، شدت، فراوانی و تداوم زمانی آن در ایران مطالعه نموده‌اند. قطره سامانی (۱۳۷۹) به بررسی روند خشکسالی در استان چهارمحال و بختیاری پرداخت. پس از بررسی‌های آماری مشخص شد که در سال آماری ۶۰-۵۹ خشکسالی شدید در این استان رخ داده و با ترسیم نقشه توزیع خشکسالی استان، مشخص گردید که شدت خشکسالی از شرق به غرب کاهش می‌یابد. دین پژوه (۱۳۸۰) مشخصات خشکسالی شامل دوره تداوم، مجموع مقدار کمبود، شدت و وسعت خشکسالی را به صورت منطقه‌ای در سطح کشور مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که به جز مشخصه دوره تداوم، سایر مشخصه‌های خشکسالی با میانگین بلند مدت بارش رابطه مستقیم دارد. حیدری و همکاران (۱۳۸۴) به بررسی ویژگی‌های شدت، مدت، تعداد وقوع و گستره خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک یزد برای سال‌های ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۵ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که شدیدترین خشکسالی در سال ۲۰۰۵ رخ داده است. محمدیان و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی خشکسالی‌های استان خراسان شمالی بر اساس شاخص‌های بارش استاندارد، شاخص دهک‌ها و درصد بارش نرمال نتیجه گرفتند که در سراسر استان خراسان شمالی وسیع‌ترین و شدیدترین خشکسالی‌ها در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۱ اتفاق افتاده است. فدائی کرمانی و همکاران (۱۳۹۰) به معرفی شاخص بارش استاندارد و چگونگی تعیین دوره خشکسالی به کمک این شاخص برای شهرستان بم برای دوره زمانی۳۰ ساله پرداختند و دوره‌های خشکسالی را با مقیاس‌های زمانی مختلف در این منطقه پیش بینی و ارزیابی کردند. نوحه گر و محمودآبادی (۱۳۹۱) به ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوزه کهورستان واقع در استان هرمزگان پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص درصد بارش نرمال و دهک ها مقارن با سال وقوع کمینه بارندگی رخداد خشکسالی بسیار شدید را در اکثر ایستگاه‌های تحت مطالعه نشان داده و کارایی بهتری نسبت به شاخص بارش استاندارد از جنبه نمایش خشکسالی‌های بسیار شدید دارد.

داده‌ها و روش شناسی تحقیق:

شهرستان لارستان در قسمت جنوبی استان فارس بین طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی واقع شده است. (شکل شماره ۱). لارستان دارای زمستان‌های معتدل و تابستان‌های گرم و خشک است؛ و بر اساس روش‌های مرسوم طبقه‌بندی اقلیمی در محدوده اقلیم خشک قرار می‌گیرد. بارندگی غالبا زمستانه و تحت تأثیر سیستم‌های آب و هوایی است که از سمت غرب و جنوب غرب کشور وارد می‌گردد. بر مبنای داده‌های دوره آماری ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۲، میانگین بارش سالانه لارستان ۲۰۱ میلیمتر محاسبه شده است. بارش در ۵۸ درصد سال‌ها کمتر از میانگین و در ۴۲ درصد سالها بیشتر از میانگین بوده است. میزان بارش از ۴۶/۷ تا ۵۸۸/۶ میلیمتر نوسان دارد. به این ترتیب دامنه تغییرات بارش ۵۴۲ میلیمتر، و انحراف استاندارد آن ۱۲۸ میلیمتر است. ضریب تغییرپذیری بارندگی لارستان که از نسبت انحراف استاندارد به میانگین حاصل می‌شود، بیش از ۶۳ درصد است. این ویژگی از مهم‌ترین شاخصه‌های اقلیمی مناطق خشک محسوب می‌گردد که هر نوع برنامه‌ریزی مبتنی بر بارش را با عدم اطمینان مواجه می‌سازد. با توجه به شکل شماره ۲ روند کلی توزیع فضایی بارندگی لارستان، غربی- شرقی است؛ و از غرب به شرق از میزان بارش کاسته شده و فواصل منحنی‌ها افزایش می‌یابد. این پدیده، تا حدودی تبعیت از قاعده کلی توزیع بارندگی در ایران را نمایان می‌سازد.



شکل ۱ – موقعیت جغرافیایی شهرستان لارستان



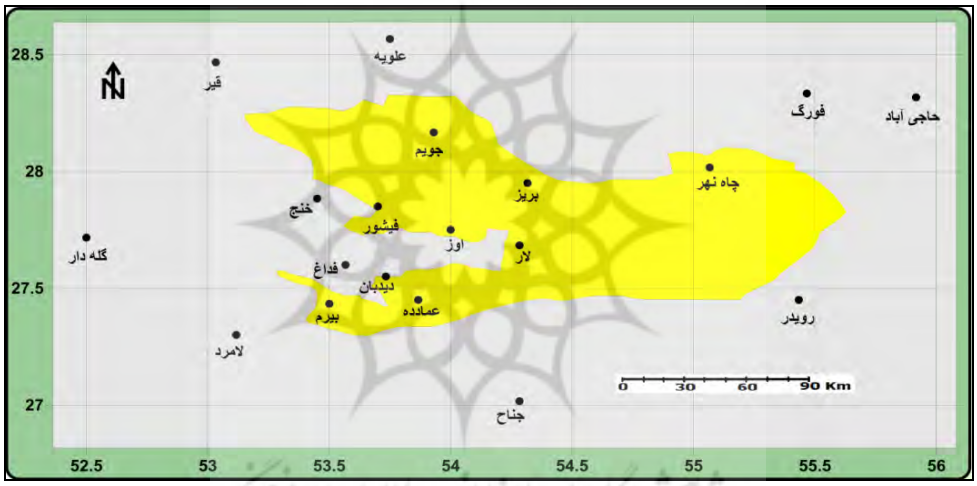
شکل ۲ – گستره فضایی متوسط بارش سالانه لارستان

روش تحقیق، تلفیقی از مطالعات کتابخانه‌ای و تحلیل‌های آماری است. به منظور بررسی خشکسالی داده‌های ۱۹ ایستگاه بارانسنجی و سینوپتیک واقع در محدوده لارستان و حوالی آن انتخاب شده است. (جدول شماره ۱ و شکل شماره ۳). دوره آماری، یک محدوده زمانی ۲۵ ساله از ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۲ ه.ش را شامل می‌گردد. پیش از انجام محاسبات و پردازش داده‌ها، آزمون همگنی داده‌های بارش تمامی ایستگاه‌های منتخب با استفاده از روش ران تست (run test) انجام گرفت. سپس به منظور تبیین دقیق خشکسالی لارستان به محاسبه شاخص‌های مورد نظر پرداخته شد.

جدول۱- مشخصات ایستگاه های منتخب

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	بارش	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	بارش
اوز	بارانسنجی	۲۷° ۴۵	۵۴° -	۲۳۱	حاجی آباد	سینوپتیک	۲۸° ۱۹	۵۵° ۵۵	۱۷۰
بریز	بارانسنجی	۲۷° ۵۷	۵۴° ۱۹	۱۹۵	فورگ	بارانسنجی	۲۸° ۲۰	۵۵° ۲۸	۱۴۴
بیرم	بارانسنجی	۲۷° ۲۶	۵۳° ۳۰	۱۹۲	علویه	بارانسنجی	۲۸° ۳۴	۵۳° ۴۵	۲۵۱
جویم	بارانسنجی	۲۸° ۱۰	۵۳° ۵۲	۲۲۵	قیر	بارانسنجی	۲۸° ۲۸	۵۳° ۲	۲۹۶
فیشور	بارانسنجی	۲۷° ۵۱	۵۳° ۴۲	۱۶۴	خنج	بارانسنجی	۲۷° ۵۳	۵۳° ۲۷	۲۴۳
دیدبان	بارانسنجی	۲۷° ۳۳	۵۳° ۴۴	۲۲۰	گله دار	بارانسنجی	۲۷° ۴۳	۵۲° ۳۰	۲۳۸
عماده	بارانسنجی	۲۷° ۲۷	۵۳° ۵۲	۲۰۰	لامرد	سینوپتیک	۲۷° ۱۸	۵۳° ۷	۲۱۷
فداغ	بارانسنجی	۲۷° ۳۶	۵۳° ۳۴	۱۸۸	جناح	بارانسنجی	۲۷° ۱	۵۴° ۱۷	۱۱۴
لار	سینوپتیک	۲۷° ۴۱	۵۴° ۱۷	۱۹۷	رویدر	بارانسنجی	۲۷° ۲۷	۵۵° ۲۶	۱۲۰
چاه نهر	بارانسنجی	۲۸° ۱	۵۵° ۴	۱۴۲					

منبع: سالنامه های هواشناسی، سازمان هواشناسی کشور



شکل ۳- موقعیت ایستگاه های منتخب

به منظور بررسی خشکسالی شاخص‌های متنوعی توسط محققان ابداع شده که اساس این شاخص‌ها اغلب بر مبنای سنجش انحراف مقادیر بارش از میانگین بلندمدت طی یک دوره زمانی معین استوار است. در این پژوهش محاسبه شاخص‌های SPI، CZI، ZSI و RDI انجام گرفته است. SPI یا شاخص بارش استاندارد بستگی به احتمال بارش برای هر زمان و مقیاس دارد، برای مقیاس‌های زمانی مختلف قابل محاسبه است و می‌تواند هشدار اولیه جهت پایش خشکسالی و کمک به ارزیابی شدت آن باشد. اولین مرحله محاسبه این شاخص تقسیم انحراف از میانگین داده‌های بارش دوره مورد نظر بر انحراف استاندارد است، بر طبق فرمول ۱ :

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD}$$ فرمول ۱

عناصر فرمول فوق عبارتند از: P_i مقدار بارش در دوره مورد نظر، $\bar{P}$ میانگین بلند مدت بارش، و SD انحراف استاندارد بارش. مقادیر SPI که بر طبق فرمول فوق به دست می‌آید از یک توزیع نرمال تبعیت می‌کند که دارای میانگین صفر و انحراف معیار یک است. مرحله بعدی شامل برازش تابع چگالی احتمال گاما بر توزیع فراوانی بارندگی است. احتمالات تجمعی گاما یا $G(X)$ از طریق فرمول ۲ محاسبه می‌شود:

$$G(X)=\frac{1}{\beta^{x}\Gamma(\alpha)}\int_{1}^{x}X^{\alpha-1}e^{\frac{-x}{\beta}}$$ فرمول ۲

تابع گاما می‌باشد. پارامترهای توزیع چگالی احتمال $\Gamma(\alpha)$ مقدار بارش و x پارامتر مقیاس، β پارامتر شکل، α که در آن، گاما از داده‌های نمونه با روش درست نمایی حداکثر برای هر ایستگاه و برای مقیاس زمانی انتخابی و برای هر ماه از سال از طریق فرمول‌های ۳ تا ۵ برآورد می‌شود:

$$\alpha=\frac{1}{4A}\left[1+\sqrt{1+\frac{4A}{3}}\right]$$ فرمول ۳

$$\beta=\frac{x}{\alpha}$$ فرمول۴

$$A=Ln(x)=\frac{\sum Ln(x)}{N}$$ فرمول۵

N تعداد مشاهدات بارندگی، و x میانگین بارندگی تجمعی برای یک ماه در طول دوره آماری است. چون تابع گاما برای بارندگی صفر میلیمتر تعریف نشده و توزیع بارندگی ممکن است دارای مقادیر صفر باشد، احتمال تجمعی کل که دربرگیرنده مقادیر صفر نیز می‌باشد، از فرمول۶ به دست می‌آید:

$$H(x)=q+(1-q)G(X)$$ فرمول ۶

که در آن، q احتمال صفر بودن مقدار بارندگی است. اگر m تعداد داده‌های بارندگی صفر در سری زمانی n تایی باشد، آنگاه q از فرمول ۷ به دست می‌آید:

$$q=\frac{m}{n}$$ فرمول ۷

پس از محاسبه احتمال تجمعی کل یا H(x) ، مقدار متغیر تصادفی نرمال استاندارد، هم احتمال با احتمال مذکور که دارای میانگین صفر و انحراف استاندارد یک است محاسبه می شود. این مقدار، همان شاخص SPI است. فرمول های ۸ و ۹ ، Z یا SPI را از روی مقادیر H(x) ارائه می دهد:

$$Z=SPI=-\left[t-\frac{c_0+c_1t+c_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3}\right]\quad(0<H(X)\leq 0.5)$$ فرمول ۸

$$Z=SPI=+\left[t-\frac{c_0+c_1t+c_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3}\right]\quad(0.5<H(X)\leq 1)$$ فرمول ۹

از فرمول ۱۰ محاسبه می شود:t باشد، مقدار $(0<H(X)\leq 0.5)$ که در آن، اگر

$$t=\sqrt{Ln\left[\frac{1}{H(X)^2}\right]}$$ فرمول ۱۰

و اگر $(0.5<H(X)\leq 1)$ باشد، مقدار t از فرمول ۱۱ محاسبه می شود:

$$t=\sqrt{Ln\left[\frac{1}{(1-H(X))^2}\right]}$$ فرمول۱۱

در فرمول های ۸ تا ۱۱، $H(X)$ احتمال تجمعی و c_0 ، c_1 ، c_2 ، d_1 ، d_2 ، d_3 مقادیر ثابت است :

$d_1=1.432788$ $d_2=0.189269$ $d_3=0.001308$

$c_0=2.515517$ $c_1=0.802853$ $c_2=0.10328$

مقادیر آستانه این شاخص و وضعیت های اقلیمی متناظر با آن در جدول شماره ۲ ارائه شده است. SPI در محدوده ۲+ یا بیشتر برای ترسالی حاد ، و ۲- یا کمتر برای خشکسالی حاد درجه بندی می‌شود.

جدول ۲- طبقات مختلف خشکسالی و ترسالی بر اساس مقادیر شاخص SPI

وضعیت	مقادیر SPI	وضعیت	مقادیر SPI
ترسالی بسیارشدید(حاد)	۲ و بیشتر	خشکسالی ضعیف	۰ تا ۰/۹۹-
ترسالی شدید	۱/۵ تا ۱/۹۹	خشکسالی متوسط	۱- تا ۱/۴۹-
ترسالی متوسط	۱ تا ۱/۴۹	خشکسالی شدید	۱/۵- تا ۱/۹۹-
نرمال	۰/۹۹ تا ۰	خشکسالی بسیارشدید(حاد)	۲- و کمتر

منبع : (مک کی، ۱۹۹۳ :۲) و (سلطانی،۱۳۸۶: ۶۵).

مبنای محاسبه شاخص ZSI[1] انحراف از میانگین نسبت به انحراف استاندارد داده‌های آماری است. اصولا نمره Z یا Z-score وضعیت نمره‌ها نسبت به میانگین را تعیین می‌کند. به بیان دیگر، نمره استاندارد Z بیانگر آن است که مقادیر یک متغیر با چند درصد انحراف بیشتر یا کمتر از میانگین آن متغیر قرار دارد. اگر نمره‌های انحراف از میانگین را بر انحراف استاندارد تقسیم کنیم، نمره‌های استاندارد به دست می‌آید. برای تبدیل نمرات خام به نمرات Z از فرمول۱۲ استفاده می‌شود:

$$Z = \frac{X_i - \bar{X}}{SD}$$ فرمول ۱۲

در فرمول ۱۲، X_i نمرات خام، $\bar{X}$ میانگین نمرات، و SD انحراف استاندارد نمرات است. نمرهZ، نمره مجردی است که واحد آن با واحد اصلی اندازه گیری متغیرها متفاوت است. هنگامی که انحراف یک نمره از میانگین بر انحراف استاندارد تقسیم می‌شود، واحد اصلی اندازه‌گیری به واحد انحراف استاندارد تبدیل می‌شود. بر اثر تبدیل نمره‌های خام به نمره‌های استاندارد، توزیعی به دست می‌آید که دارای میانگین صفر و انحراف استاندارد یک است.

برای کاربرد Z در مطالعات خشکسالی، ابتدا میانگین داده های بارش در مقیاس زمانی مورد نظر، مثلا ماهانه، و همچنین انحراف استاندارد آنها محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از فرمول ۱۲ شاخص Z محاسبه می‌گردد. میانگینZ برابر با صفر، و انحراف استاندارد آن برابر با یک است، و بنابراین از نظر مقایسه بین ایستگاه‌های مختلف می‌تواند کاربرد مطمئنی داشته باشد. نمرات Z بارش ابزاری مناسب جهت تعیین ماههای خشک، شدت و تداوم آنها به شمار می‌آید (حجازی زاده، ۱۵۵:۱۳۸۹).

CZI یا شاخص Z چینی[2] بر اساس تبدیل ریشه سوم ویلسون هیلفرتی محاسبه می‌گردد، با این فرض که داده‌ها از توزیع پیرسون نوع۳ تبعیت می‌کنند. CZI با استفاده از فرمول های ۱۳ تا ۱۵ به دست می آید :

$$Z_{ij} = \frac{6}{C_{si}}\left(\frac{C_{si}}{2}\varphi + 1\right)^{\frac{1}{3}} - \frac{6}{C_{si}} + \frac{C_{si}}{6}$$ فرمول ۱۳

$$C_{si} = \frac{\sum_{j=1}^{n}(X_{ij} - \overline{X})^3}{n \times \sigma_i^3}$$ فرمول ۱۴

$$\varphi_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}}{\sigma_i}$$ فرمول ۱۵

عناصر فرمول‌های ۱۳ تا ۱۵ عبارتند از: j ماه مورد نظر ، C_{si} ضریب چولگی ، φ_{ij} متغیر استاندارد، X_{ij} بارندگی ماه j ، $\bar{X}$ ، σ_i و σ_i^2 به ترتیب میانگین، انحراف استاندارد و واریانس بارندگی در مقیاس زمانی مورد نظر، و n تعداد کل ماهها در طول دوره آماری. طبقه بندی شاخص های فوق بر مبنای جدول ۲ انجام می‌گیرد (ناصرزاده و همکاران،۱۳۹۱: ۱۵۲). برای تعیین خشکسالی با استفاده از شاخص خشکسالی احیایی (RDI)[3] ، آمار بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه و یا مجموع سالانه این دو پارامتر مورد نیاز است. روش محاسبه بدین شرح است که ابتدا با استفاده از فرمول ۱۶ برای هر سال از دوره آماری مورد مطالعه، مقداری با عنوان α_0 محاسبه می‌شود:

$$\alpha_0^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^{12} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{12} ET_{ij}}$$ فرمول ۱۶

[1] Z-Score Index
[2] China Z Index
[3] Reclamation Drought Index

که در آن، P بارندگی و ET تبخیر و تعرق پتانسیل در j امین ماه سال i می باشد. مقدار i از یک تا N (تعداد سالهای آماری) تغییر می‌کند. چنانچه بارندگی و تبخیر و تعرق به صورت سالانه محاسبه شوند، نیازی به جمع کردن مقادیر ماهانه در این فرمول نخواهد بود. گام بعدی تعیین شاخصی با عنوان RDI نرمال یا RDI_n هر سال است که از فرمول ۱۷ محاسبه خواهد شد:

$$RDI_n^{(i)} = \frac{\alpha_0^{(i)}}{\bar{\alpha}_0} - 1$$ فرمول ۱۷

که در آن، $\bar{\alpha}_0$ میانگین حسابی اعداد α_0 هر سال می باشد. جهت محاسبه شاخص استاندارد شده RDI (یا RDI_s) از مقادیر سالانه α_0 لگاریتم گرفته که عددی با عنوان y_i به دست خواهد آمد :

$$y_i = Ln(\alpha_0^{(i)})$$ فرمول ۱۸

سپس میانگین حسابی و انحراف استاندارد این اعداد را محاسبه و به ترتیب $\bar{y}_k$ و σ_{yk} می نامیم. نهایتا شاخص استاندارد شده RDI در هر سال از طریق فرمول ۱۹ محاسبه می شود:

$$RDI_s^{(i)} = \frac{y_k^{(i)} - \bar{y}_k}{\sigma_{yk}}$$ فرمول ۱۹

آستانه‌های طبقه‌بندی خشکسالی برای RDI و SPI یکسان است (اسدی زارچ و همکاران، ۱۳۸۸: ۴). مشخصات خشکسالی‌ها که در این تحقیق ارزیابی شده‌اند عبارتند از طول دوره خشکسالی یا تداوم آن، شدت خشکسالی، مجموع کمبودها یا سختی خشکسالی، فراوانی خشکسالی و گستره فضایی آن. طول دوره خشکسالی یعنی فاصله زمانی که در طول آن خشکسالی اتفاق افتاده است، به عبارت دیگر، طول دوره‌ای که در آن مقدار متغیر اصلی از سطح بحرانی مورد نظر کمتر شود. این پارامتر را طول دوره با ذخیره منفی نیز می‌نامند. به عبارت ساده تر، زمان آغاز (T_0) تا پایان خشکسالی (T_e) طول دوره یا دوره تداوم خشکسالی (L) خوانده می‌شود. (فرمول ۲۰) :

$$L = T_e - T_0$$ فرمول ۲۰

پارامتر مجموع کمبودها برابر است با مجموع کمبودهای متغیر اصلی از حد بحرانی مورد نظر در طول دوره خشکسالی. این ویژگی با عنوان کمبود کلی یا وخامت خشکسالی نیز نامیده شده است. در این تحقیق، اصطلاح سختی خشکسالی به کار رفته است. این مشخصه از طریق فرمول ۲۱ محاسبه می گردد:

$$S = \sum_{t=t_0}^{t_e} (T_t - X_t)$$ فرمول ۲۱

که T_t سطح بحرانی، و X_t متغیر اصلی است (حجازی زاده، ۱۳۸۹:۱۵۵).

یافته‌های تحقیق:

داده‌های بارش ماهانه ۱۹ ایستگاه بارانسنجی و سینوپتیک واقع در محدوده‌ی لارستان و نواحی مجاور آن به منظور محاسبه شاخص‌های CZI، SPI، و ZSI، و ترسیم نقشه‌های گستره فضایی خشکسالی مورد پردازش و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به علاوه داده‌های سالانه بارش نیز به طور جداگانه، مبنای محاسبه شاخص‌های CZI ، SPI، ZSI ، و RDI، و مقایسه شاخص-ها و تحلیل رویداد خشکسالی فراگیر سال ۷۹-۱۳۷۸ قرار گرفت. مشخصات خشکسالی اقلیمی که در این تحقیق بررسی شده-اند عبارتند از تداوم، شدت، سختی، فراوانی و گستره فضایی. هدف آن بوده که به کمک روشهای آماری و تکنیک‌های نرم-افزاری اولا شناخت جامعی از ویژگی‌های خشکسالی‌های اقلیمی لارستان حاصل گردد و ثانیا تلاش شود که شاخص‌های مختلف از نظر نحوه انعکاس پدیده خشکسالی با یکدیگر مقایسه شوند. بدین منظور، پس از پردازش داده‌ها و انجام محاسبات لازم، به ترسیم نمودارها و نقشه‌هایی که نمایش مناسبی از اطلاعات و تحلیل‌ها ارائه کند، مبادرت شد؛ که در ادامه به هر یک از آنها در جای خود اشاره خواهد شد. در لارستان نیز، همانند سایر نواحی خشک، خشکسالی بیش از آنکه یک وضعیت غیر نرمال شناخته شود، خصوصیت عادی اقلیمی محسوب می‌گردد. این واقعیت را می‌توان با ملاحظه اجمالی یافته‌ها تشخیص داد. با این وصف به بررسی این پدیده از جنبه‌های مختلف می‌پردازیم.

دوام: طول دوره‌های خشکسالی لارستان که از طریق فرمول۲۰، با استفاده از آمار قابل دسترس، در مقیاس ماهانه محاسبه شده‌اند، حاکی از وقوع خشکسالی‌های مکرر در دوره‌های نسبتا طولانی است. نظر به اینکه خشکسالی خصوصیت غالب اقلیم منطقه را شکل می‌دهد، صرفا نمونه‌هایی از دوره‌های خشکسالی که حداقل ۹ ماه به طول انجامیده در جدول شماره ۳ ارائه شده است. با عنایت به روندهای ماهانه شروع و خاتمه خشکسالی‌ها می‌توان گفت که: وقوع این پدیده، چه در ماه‌های گرم و خشک سال، و چه در ماههای معتدل و نسبتا مرطوب، امری عادی به شمار می‌آید. تداوم‌های ۹ ماهه تا حدود دو ساله خشکسالی که زمینه بروز مشکلات زراعی و هیدرولوژیک را فراهم می‌سازد، به کرات اتفاق افتاده‌اند. طولانی‌ترین تداوم که با مقادیر بالای سختی خشکسالی همراه بوده به ماه‌های میانی سال ۱۳۷۸ تا ماه‌های پایانی سال ۱۳۷۹ مربوط می‌شود، یعنی دوره‌ای که بارش در همه ایستگاه‌های ناحیه لارستان مقادیر حداقل را نشان می‌دهد، هر چند که در دوره مزبور نیز برخی تفاوت‌های مکانی قابل ذکرند؛ نظیر ایستگاه جویم در شمال لارستان که حداکثر بارش (۷۴میلیمتر) را ثبت کرده است و ایستگاه فیشور در غرب لارستان که حداقل بارش (۲۳ میلیمتر) را تجربه کرده است.

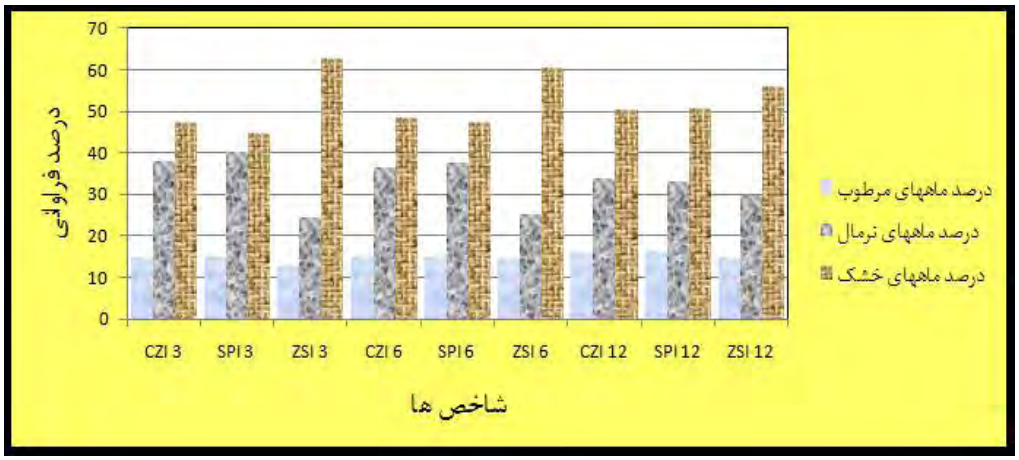
جدول ۳- درصد فراوانی ماههای خشک، به تفکیک شدت خشکسالی و مشخصات برخی از وقایع خشکسالی لارستان بر حسب شاخصهای مختلف

شاخص	درصد فراوانی ماههای خشک (به تفکیک شدت خشکسالی)					مشخصات برخی از وقایع خشکسالی			
	بسیار شدید	شدید	متوسط	ضعیف	جمع	شروع دوره	پایان دوره	دوام(ماه)	سختی
CZI ۳ ماهه	۳/۱	۱/۴	۶/۳	۳۶/۷	۴۷/۵	اسفند۱۳۶۸ مهر۱۳۷۸	بهمن۱۳۶۹ خرداد۱۳۷۹	۱۲ ۹	-۱۲/۳۷ -۷/۷۹
SPI ۳ ماهه	۰/۷	۵/۶	۷/۳	۳۱/۱	۴۴/۷	اسفند۱۳۶۸ شهریور۱۳۷۸	بهمن۱۳۶۹ خرداد۱۳۷۹	۱۲ ۱۰	-۱۰ -۱۰/۱۹
ZSI ۳ ماهه	۰	۰	۵/۶	۵۷	۶۲/۶	اسفند۱۳۶۸ فروردین۱۳۷۸	بهمن۱۳۶۹ مهر۱۳۷۹	۱۲ ۱۹	-۸/۶۳ -۱۰/۱۸
CZI ۶ ماهه	۱/۴	۱/۴	۷/۸	۳۷/۸	۴۸/۴	خرداد۱۳۶۹ مرداد۱۳۷۸	بهمن۱۳۶۹ شهریور۱۳۷۹	۹ ۱۴	-۱۲/۴۴ -۱۲/۳
SPI ۶ ماهه	۱/۴	۵/۳	۶/۴	۳۴/۳	۴۷/۴	خرداد۱۳۶۹ مرداد۱۳۷۸	بهمن۱۳۶۹ شهریور۱۳۷۹	۹ ۱۴	-۱۱/۱۵ -۱۴/۲۶
ZSI ۶ ماهه	۰	۰	۷/۱	۵۳/۴	۶۰/۵	مرداد۱۳۷۲ تیر۱۳۷۸	تیر۱۳۷۳ مهر۱۳۷۹	۱۲ ۱۶	-۷/۸۱ -۱۱/۶۵
CZI ۱۲ماهه	۰	۴	۵/۴	۴۰/۸	۵۰/۲	آبان۱۳۶۹ مهر۱۳۷۸	مرداد۱۳۷۰ مرداد۱۳۸۰	۱۰ ۲۳	-۳/۱۴ -۱۹/۰۴
SPI ۱۲ماهه	۱/۱	۵/۸	۷/۶	۳۶/۱	۵۰/۶	مهر۱۳۶۹ مهر۱۳۷۸	مرداد۱۳۷۰ مرداد۱۳۸۰	۱۱ ۲۳	-۳/۸۶ -۲۱/۱۵
ZSI ۱۲ماهه	۰	۰	۸/۳	۴۷/۷	۵۶	مهر۱۳۶۹ مهر۱۳۷۸	مرداد۱۳۷۰ مرداد۱۳۸۰	۱۱ ۲۳	-۴/۷۱ -۱۷/۷۵

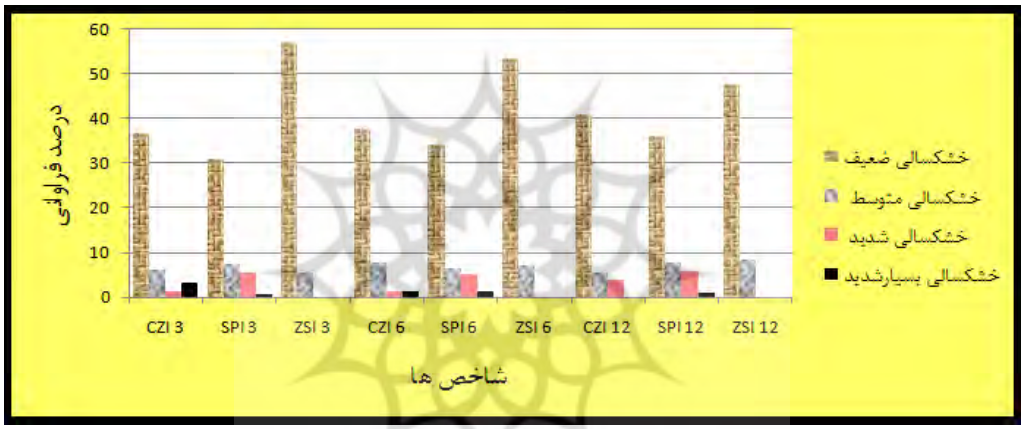
منبع : محاسبه نویسندگان، ۱۳۹۲.

فراوانی خشکسالی با شدت‌های مختلف: ماههای خشک، از نظر درصد فراوانی، بر حسب شاخص‌های مختلف، بین ۴۴ تا ۶۲ درصد از مجموع ماهها را به خود اختصاص داده است. ماه‌های نرمال بین ۲۰ تا ۴۰ درصد، و ماه‌های مرطوب بین ۱۳ تا ۲۰ درصد را شامل می‌گردد. این واقعیت که در شکل شماره ۴ منعکس شده مؤید آن است که خشکسالی صفت بارزی از ماهیت اقلیم لارستان به شمار می‌آید. هر چند که از نظر شدت بر طبق شکل شماره ۵ خشکسالی‌های ضعیف سهم بیشتری داشته و

خشکسالی‌های متوسط، شدید و بسیار شدید سهم کمتری دارند. به عبارت دیگر با افزایش شدت خشکسالی، درصد وقوع آن کاسته می‌شود و بین مشخصه درصد فراوانی وقوع و شدت خشکسالی رابطه معکوس وجود دارد.



شکل ۴- درصد فراوانی ماههای خشک،نرمال و مرطوب لارستان بر حسب شاخصهای مختلف با مقیاسهای زمانی متفاوت



شکل ۵- درصد فراوانی ماههای خشک لارستان به تفکیک شدت خشکسالی بر طبق شاخصهای مختلف با مقیاسهای زمانی متفاوت

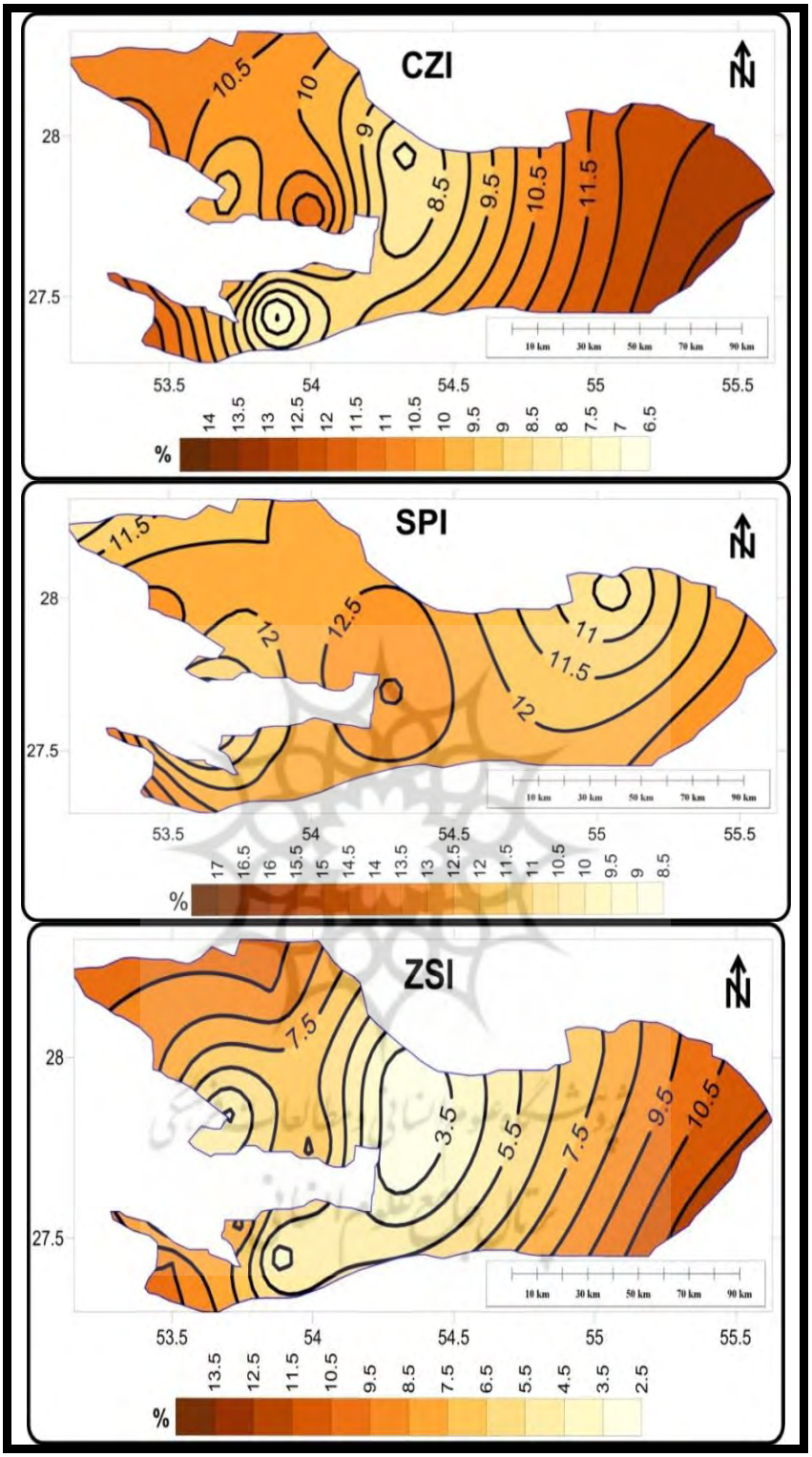
مشخصه سختی یا وخامت خشکسالی، که حاصل مجموع کمبودهای ماهانه در طی هر دوره خشکسالی است، در جدول شماره ۳ آمده است. نکته قابل ذکر آن است که رابطه ضعیفی بین افزایش تداوم خشکسالی و افزایش سختی وجود دارد. به نظر می رسد که علت این وضعیت آن است که خشکسالی های ضعیف سهم بیشتری از ماههای خشک را شامل می گردد.

شکل ۶ گستره فضایی خشکسالی‌های لارستان را بر طبق شاخص‌های مختلف در مقیاس ماهانه (میانگین متحرک ۶ ماهه) منعکس می‌کند؛ با این توضیح که مبنای ترسیم نقشه ها، مجموع درصد فراوانی خشکسالی‌های متوسط، شدید و بسیار شدید است. بر طبق این نقشه‌ها بیشترین مقدار درصد فراوانی خشکسالی در شرق لارستان، منطبق بر دهستان درز و سایبان و قسمت‌های شرقی دهستان حومه مشاهده می‌گردد، به طوری‌که منحنی ۱۳ درصد، از دهستان درز و سایبان در شرق لارستان می گذرد. به طور کلی دهستان های بیرم، هرم، حومه، و درز و سایبان، از لحاظ وقوع خشکسالی، حساسیت و قابلیت بیشتری نسبت به دیگر نقاط شهرستان نشان می دهند. گستره فضایی رویداد خشکسالی فراگیر سال ۷۹-۱۳۷۸ بر حسب شاخص‌های مختلف، در شکل شماره ۷ منعکس شده است. خشکسالی مزبور مقارن با سال وقوع حداقل بارش رخ داده است، اما در بخش-های مختلف لارستان از شدت و ضعف متفاوت برخوردار بوده است؛ به نحوی‌که در قسمت‌های شرقی، جنوبی و مرکزی لارستان منطبق با قلمرو ایستگاه‌های چاه نهر، عماده و لار شدت بیشتری داشته است.

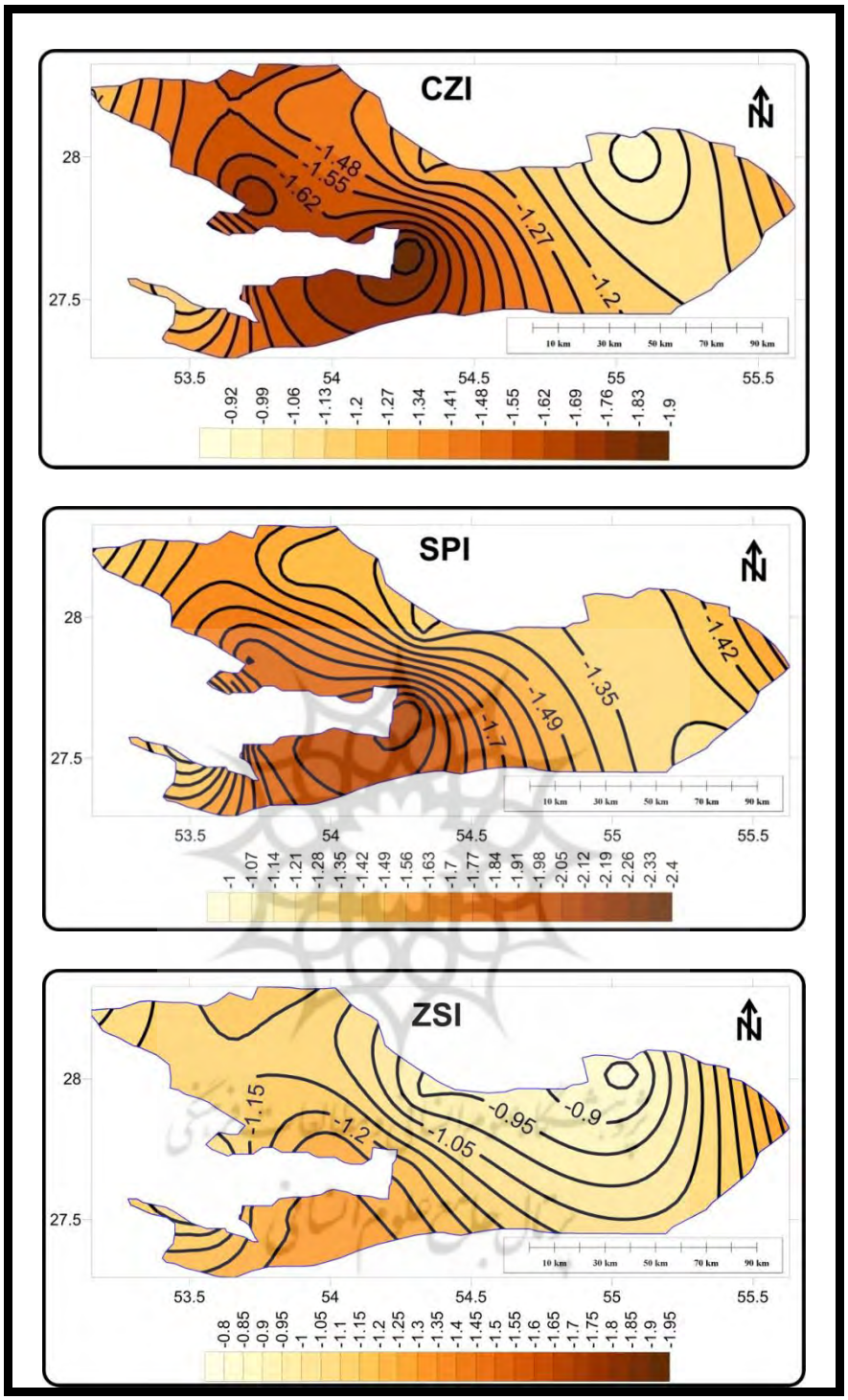
بخش دوم بحث این است که شاخص های مختلف از لحاظ نحوه نمایش مشخصه های خشکسالی نظیر شروع، پایان، دوام، شدت، سختی، فراوانی و گستره مکانی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرند. به این منظور، بحث را بر حسب مشخصه‌های خشکسالی به قسمت‌های جزیی تر تقسیم می‌کنیم.

با بررسی ارقام جدول شماره ۳ که رفتار شاخص‌ها در قبال مشخصه‌های شروع، پایان و دوام خشکسالی منعکس می‌سازد، می‌توان دریافت که شاخص ZSI شروع خشکسالی را زودتر و پایان آن را دیرتر از سایر شاخص‌ها اعلام می‌کند؛ و به این ترتیب، دوام خشکسالی بر حسب شاخص ZSI بیش از سایر شاخص‌هاست. کمترین تداوم‌های خشکسالی بر حسب شاخص CZI محاسبه شده و شاخص SPI از نظر معیار تداوم در بین دو شاخص دیگر قرار می‌گیرد. این واقعیت را با بررسی شکل شماره ۸ نیز می‌توان دریافت. نمودار مزبور، عکس‌العمل شاخص‌ها نسبت به فراگیرترین رویداد خشکسالی لارستان منعکس می‌کند. ملاحظه می‌گردد که تمایز فوق در بین شاخص‌ها کماکان قابل تشخیص است و ZSI تداوم بیشتری را نمایان می‌سازد. از نظر نحوه انعکاس شدت خشکسالی به وسیله شاخص‌های مختلف با عنایت به ارقام جدول شماره ۳ می‌توان دریافت که در مقیاس ماهانه، SPI مشخصه شدت را بیشتر از شاخص‌های دیگر نشان می‌دهد. اما در مقیاس سالانه، حساسیت RDI نسبت به مشخصه شدت بیش از شاخص‌های دیگر است. این واقعیت را از شکل شماره ۹ می‌توان دریافت. در نمودار مزبور، که عکس‌العمل شاخص‌های مورد بحث را نسبت به رویداد خشکسالی فراگیر لارستان در سال ۷۹-۱۳۷۸ منعکس می‌سازد، حساسیت بیشتر RDI نسبت به SPI کاملا آشکار است. در خشکسالی مزبور، مقدار عددی SPI ۱/۷۹- ، و RDI ، ۲/۲۴- به دست آمده است. نمودار مزبور همچنین نشان می‌دهد که ZSI از نظر انعکاس مشخصه شدت کمترین حساسیت داشته است. ملاحظه شکل شماره۱۰ که به مقایسه SPI و RDI پرداخته، نیز آشکار می‌سازد که حساسیت RDI برای نمایش مشخصه شدت خشکسالی بیش از SPI است. به عنوان مثال مقارن با سال وقوع حداقل بارش، مقدار عددی RDI کمتر از SPI شده است، به عبارت دیگر، مقدار منفی و شدت خشکسالی بیشتری را نشان می‌دهد. نتیجه مشاهده شکل شماره۱۰ آن است که با اینکه شاخص RDI بر اساس داده‌های دو عنصر اقلیمی بارش و تبخیر و تعرق بالقوه محاسبه می‌شود و محاسبه SPI تنها بر مبنای داده‌های بارش صورت می‌گیرد، اما روند تغییرات SPI و RDI تشابه بسیار زیادی داشته و ضریب همبستگی این دو شاخص بیش از ۰/۹۷ است. به نظر می‌رسد که این انطباق، قابلیت و درجه اعتماد به روش محاسبه و نتایج SPI را اثبات می‌کند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



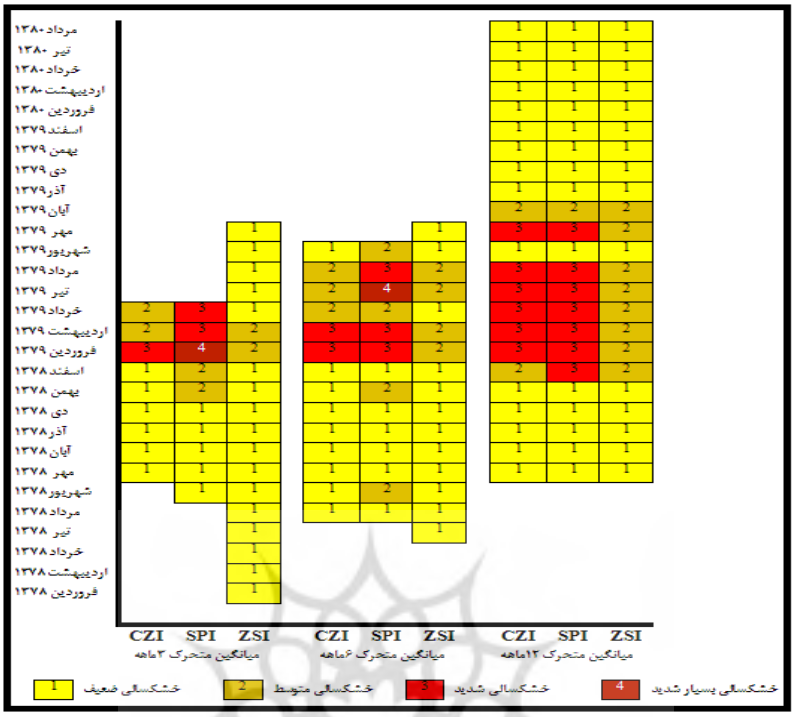
شکل ۶ - گستره فضایی وقوع خشکسالی در لارستان بر حسب درصد فراوانی، در مقیاس ماهانه بر طبق شاخص های CZI ، SPI ، و ZSI



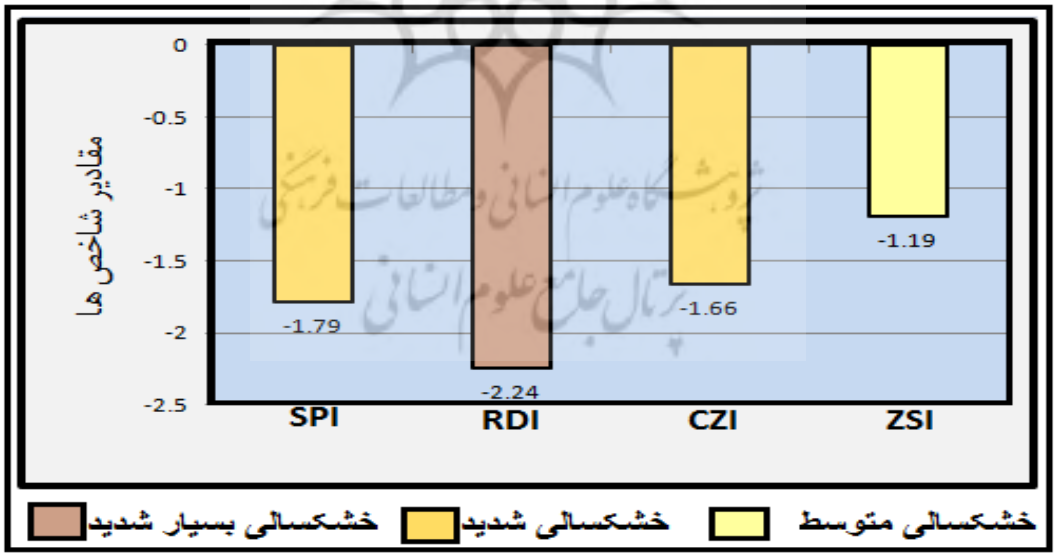
شکل ۷ -گستره فضایی رویداد خشکسالی فراگیر ۷۹- ۱۳۷۸ بر حسب شاخص های CZI ، SPI ، و ZSI

از لحاظ مشخصه سختی، با عنایت به اینکه سختی خشکسالی برایند دو مشخصه طول دوره یا دوام، و شدت وقایع خشکسالی است، می‌توان انتظار داشت که شاخصی که به مشخصه شدت حساس‌تر باشد و یا شروع خشکسالی را زودتر و پایان آن را دیرتر اعلام کند، نهایتا سختی بیشتری را نشان خواهد داد. با ملاحظه ارقام جدول شماره ۳ و شکل شماره ۸ مشخص می‌گردد که شاخص SPI سختی بیشتری را نمایان می‌سازد و شاخص ZSI سختی خشکسالی را کمتر از دو شاخص دیگر برآورد کرده است. از لحاظ درصد فراوانی وقوع خشکسالی و نحوه نمایش آن به وسیله شاخص‌های مختلف، رجوع به داده‌های

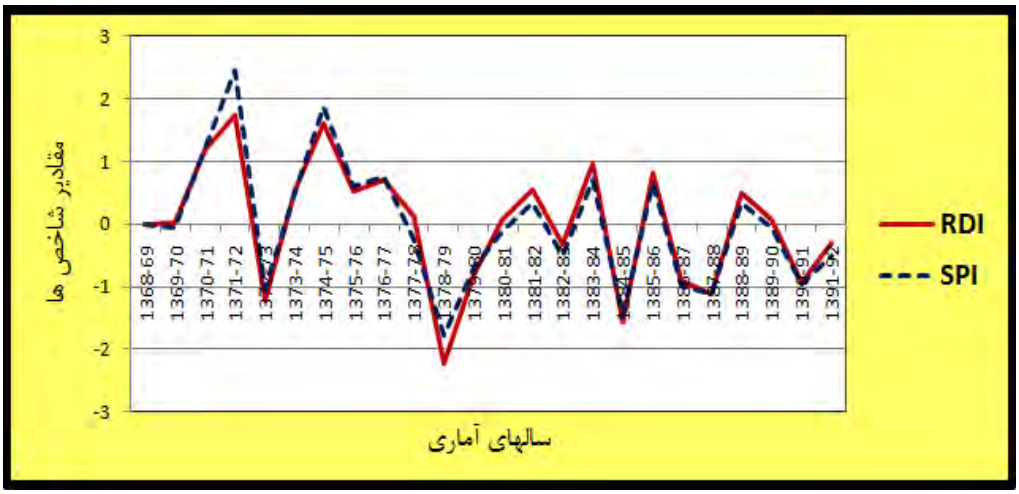
جدول شماره ۳ و اشکال شماره ۴ و ۵ آشکار می‌کند که در مقیاس‌های زمانی یکسان و بر حسب مجموع شدت‌های مختلف، شاخص ZSI درصد فراوانی بیشتری را به وقوع خشکسالی اختصاص می‌دهد و CZI کمترین درصد فراوانی خشکسالی را نشان می‌دهد.



شکل ۸- نمودار شروع و پایان خشکسالی فراگیر لارستان (۷۹-۱۳۷۸) بر طبق شاخصهای CZI، SPI، و ZSI با مقیاسهای میانگین متحرک ۳،۶،۱۲ماهه، به تفکیک شدت خشکسالی



شکل ۹- مقایسه عکس العمل شاخص ها نسبت به خشکسالی فراگیر لارستان در سال ۷۹-۱۳۷۸



شکل ۱۰ - مقایسه روند تغییرات RDI و SPI در منطقه لارستان

نتیجه‌گیری:

در منطقه لارستان همانند سایر نواحی خشک، خشکسالی بیش از آنکه یک وضعیت غیر نرمال تلقی شود، خصوصیت عادی اقلیمی به شمار می‌آید. تداوم‌های ۹ ماهه تا حدود دو ساله خشکسالی مکررا اتفاق افتاده است. ماه‌های خشک بر حسب شاخص‌های مختلف، بین ۴۴ تا ۶۲ درصد دوره آماری را شامل شده است. این واقعیت مؤید آن است که خشکسالی صفت بارزی از ماهیت اقلیم لارستان به شمار می‌آید، هر چند که از نظر شدت، خشکسالی‌های ضعیف سهم بیشتری داشته و خشکسالی‌های متوسط، شدید و بسیار شدید سهم کمتری دارند. به عبارت دیگر با افزایش شدت خشکسالی، درصد وقوع آن کاسته می‌شود و بین مشخصه درصد فراوانی وقوع و شدت خشکسالی رابطه معکوس وجود دارد. بر طبق نقشه‌های گستره فضایی، دهستان‌های بیرم، هرم، حومه و درز و سایبان از لحاظ وقوع خشکسالی، حساسیت و قابلیت بیشتری نسبت به دیگر نقاط شهرستان نشان می‌دهند.

مقایسه طرز رفتار شاخص‌ها نسبت به پدیده خشکسالی، مشخص نمود که شاخص ZSI شروع خشکسالی را زودتر و پایان آن را دیرتر از سایر شاخص‌ها اعلام می‌کند؛ و به این ترتیب، دوام خشکسالی بر حسب ZSI بیش از سایر شاخص‌هاست. کمترین تداوم‌های خشکسالی بر حسب شاخص CZI محاسبه شده و شاخص SPI از نظر معیار تداوم در بین دو شاخص دیگر قرار می‌گیرد. از نظر نحوه انعکاس شدت خشکسالی در مقیاس ماهانه، SPI مشخصه شدت را بیش از شاخص‌های دیگر نشان می‌دهد. اما در مقیاس سالانه، حساسیت RDI نسبت به مشخصه شدت بیش از شاخص‌های دیگر است و ZSI حداقل شدت را نشان داده است. همچنین، شاخص SPI سختی بیشتری را نمایان می‌سازد و شاخص ZSI کمترین برآورد از سختی خشکسالی را نشان داده است. با اینکه RDI بر اساس داده‌های بارش و تبخیر و تعرق بالقوه محاسبه می‌شود و محاسبه SPI تنها بر مبنای داده‌های بارش صورت می‌گیرد، اما روند تغییرات این دو شاخص تشابه زیادی دارد؛ به نظر می‌رسد که این انطباق قابلیت و درجه اعتماد به روش محاسبه و نتایج SPI را مورد تأکید قرار دهد. مرور یافته‌ها و نتایج این تحقیق، واقعیت خشکسالی در لارستان را مبرز و آشکار کرده و توجه مسئولان و مردم را در اتخاذ شیوه‌ها و سیاست‌های مناسب جهت تأمین و ذخیره آب و صرفه‌جویی در مصرف آن ضروری می‌سازد.

منابع و مأخذ:

۱- اسدی زارچ، محمدامین، مبین، محمدحسین، ملکی نژاد، حسین، دستورانی، محمدتقی و سعید رضایی زارچی (۱۳۸۸): «معرفی شاخص جدیدی برای تشخیص و تعیین خشکسالی و شد ، تداوم و وسعت آن در مناطق خشک ایران»، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران (مدیریت پایدار بلایای طبیعی)، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲- انصافی مقدم، طاهره (۱۳۸۶): «ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب ترین شاخص در حوضه دریاچه نمک»، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد۱۴، شماره ۲، تهران، صص ۲۸۸-۲۷۱.
۳- حجازی زاده، زهرا و سعید جوی زاده (۱۳۸۹): «مقدمه ای برخشکسالی و شاخصهای آن»، انتشارات سمت، چاپ اول، تهران.
۴- حیدری، مهدی، صابری، محمد و فاطمه ترنیان (۱۳۸۴): «پایش و ارزیابی خشکسالی های شهر یزد»، همایش منطقه ای بحران آب و خشکسالی، یزد.
۵- دین پژوه، یحیی (۱۳۸۰): «بررسی روند بارش ایران با تکیه بر مشخصه های خشکسالی متئورولوژیکی»، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، جلد۲، تهران، صص ۴۸۳-۴۶۹.
۶- رضایی بنفشه، مجید، بلیانی و بتول زینالی (۱۳۹۰): «برآورد خشکسالی ها و ترسالی های (۱۳۸۵-۱۳۶۱) بر اساس نمایه های مبتنی بر بارش برای ایستگاههای حوضه آبریز دریاچه پریشان»، فصلنامه تالاب، سال دوم، شماره ۷، اهواز، صص ۲۹-۱۹.
۷- سلطانی، سعید و سارا سعادتی (۱۳۸۶): «پهنه بندی خشکسالی در استان اصفهان با استفاده از نمایه استاندارد بارش (SPI)»، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال اول، شماره ۲، تهران، صص۷۶-۶۴.
۸- علیزاده، امین (۱۳۸۵): اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ اول، مشهد.
۹- غیور، حسنعلی و ابوالفضل مسعودیان (۱۳۷۶): «بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالیها در ایران»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۵، مشهد.
۱۰- فدائی کرمانی، احمد و غیور بارانی (۱۳۹۰): «بررسی چگونگی پایش خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد SPI »، پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، تهران.
۱۱- فرج زاده، منوچهر، موحد دانش، علی اصغر و هوشنگ قائمی (۱۳۷۵): «خشکسالی در ایران»، مجله دانش کشاورزی دانشگاه تبریز، جلد ۵، شماره ۱ و ۲، تبریز، صص ۵۳-۳۱.
۱۲- قطره سامانی، سیروس (۱۳۷۹): «بررسی روند خشکسالی در استان چهارمحال و بختیاری»، چکیده مقالات اولین کنفرانس ملی مقابله با کم آبی و خشکسالی، کرمان.
۱۳- کردوانی، پرویز (۱۳۸۶): خشکسالی و راههای مقابله با آن در ایران، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، تهران.
۱۴- محمدیان، آزاده، کوهی، منصوره، آدینه بیگی، آرمان، رسولی، سیدجواد و بهاره بذرافشان (۱۳۸۹): »مقایسه پایش خشکسالی با استفاده از شاخص های SPI , DI , PNI و پهنه بندی آنها (مطالعه موردی:استان خراسان شمالی)»، مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، جلد۱۷، شماره اول، صص ۱۸۴-۱۷۷.
۱۵- ناصرزاده و احمدی (۱۳۹۱): «بررسی عملکرد شاخص های خشکسالی هواشناسی در ارزیابی خشکسالی و پهنه بندی آن در استان قزوین»، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال دوازدهم، شماره ۲۷، تهران، صص ۱۶۲-۱۴۱.
۱۶- نگارش.حسین، و محمد کریمی (۱۳۸۷): «تحلیل خشکسالی های اخیر منطقه ایرانشهر به روش SPI »، نشریه علوم جغرافیایی، شماره ۱۲، تهران، صص ۵۸-۳۱.
۱۷- نوحه گر، احمد و سعیده محمودآبادی (۱۳۹۱): «ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب ترین شاخص در حوزه کهورستان، فصلنامه برنامه ریزی منطقه ای، سال دوم، شماره۲، بهار۱۳۹۱، صص ۹۸-۸۹.
18- Carolwis, M. (1996): Natural hazards need not lead to natural disaster, Eos 77, No. 16, pp.149-153.
19- Dracup, J.A. (1980): On the definition of droughts, Water Resources Research, No. 16, pp. 297-302.
20- Eder, B.K., and Davis, J.M. (1987): Spatial and temporal analysis of the Palmer drought severity index over the south-eastern United States. Journal of Climatology, No.7, pp.31-56.

21- Estrela, M.J., Pennarrocha, D. and Milan, M. (2000): Multi-annual drought episodes in the Mediterranean (Valencia Region) from (1950-1996): International Journal of Climatology, Vol.20, pp. 1599-1618.
22- Glants,M.H. (2003): Climate Affairs: A Primer, Washington.D.C., Island Press.
23- Hayes, M.J., Svoboda, M.D., Wilhite, D.A. and Vanyarkho, O. (1999): Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. Bulletin of the American Meteorological Society,No. 80, pp.429-438.
24- Karl, T.R., and Rebsame, W.E. (1984): The identification of 10 to 20 year temperature and precipitation fluctuations in the Contiguous, U.S. Journal of Climate and Applied Meteorology, No.23, pp.950-966.
25- Klugman, M.R. (1978): Drought in the Upper Midwest, Journal of Applied Meteorology, No.17, pp.1425-1431.
26- Mckee. T.B., Doesken. N.J., Kleist. J. (1993): The relationship of drought frequency and duration to time scales, Eighth Conference on Applied Climatology,17-22 January1993, Anaheim, California
27- Oladipo, E.O. (1986): Spatial pattern of drought in the interior plains of North America, Journal of Climatology, No.6, pp.495-513.
28- Palmer, W.C. (1965): Meteorological drought, USWB Researchs, paper No. 45.
29- Richard,R. Heim(2002), A review of twentieth century drought indices used in the United States,American Meteorological Society,Aug.2002,pp.1149-1165.
30- Smakhtin, V.U. and Huges, D.A. (2006): Automated estimation and analysis of meteorological drought characteristics from monthly rainfall data, Journal of Environmental Modeling & Software,No. 22, pp.880-890.
31- Whipple, W. (1966): Regional drought analysis, Journal of Irrigation and Drainage Division, No.92,pp. 11-31.
32- Wilhite, D.A., and Glantz, M.H. (1985): Understanding the drought phenomenon: the role of definitions, Water International, No.10, pp.111˚120.
33- Wilhite,D.A.(2000): Drought: A Global Assessment, Routledge Press, London and NewYork. Volume I.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی