

پهنه‌بندی و تعیین بهترین شاخص خشکسالی (مطالعه موردی: استان لرستان)

صدیقه ابراهیمیان¹، اسماعیل سهیلی^{2*}

چکیده

خشکسالی یک پدیده آب و هوایی است که احتمال وقوع این پدیده در همه نقاط کره زمین و با هر شرایط اقلیمی وجود دارد. بر این اساس سیستم‌های پایش در تدوین طرح‌های مقابله با خشکسالی و مدیریت آن از اهمیت زیادی برخوردار هستند. در این تحقیق به منظور بررسی خشکسالی در استان لرستان از داده‌های بارندگی سالانه ایستگاه‌های کمندان، آب باریک، دره تخت، سازمان بروجرد، کاظم آباد، تیررود، ازنا، گلرود، سبزه آب، رحیم آباد، سرخاب در طی یک دوره آماره 49 ساله (1348-1397) استفاده گردید. وضعیت خشکسالی بر اساس داده‌های مذکور با استفاده شاخص‌های بارش استاندارد شده (SPI)، Z چینی (CZI) و با استفاده از نرم‌افزار DIP داده‌ها وارد نرم‌افزار ArcGIS شدند. سپس با استفاده از روش کریجینگ، پهنه‌بندی خشکسالی برای دوره مطالعه‌ی 30 ساله انتهایی (1367-1397) صورت گرفت. نتایج حاکی از آن بود که پهنه‌بندی خشکسالی در هیچ یک از شاخص‌ها از روند منظمی در طی دوره‌ی مورد مطالعه تبعیت نمی‌کند. نتایج پهنه‌بندی شاخص‌های بارش استاندارد شده و Z چینی نشان داد که خشکسالی شدید در سال‌های 70، 78 و 87 برای شاخص بارش استاندارد شده و سال‌های 70، 78، 87 و 91 برای شاخص Z چینی اتفاق افتاده است و ترسالی شدید برای هر دو شاخص در سال‌های 72 و 74 در کل استان گسترش داشته است. نتایج هر دو شاخص نشان‌دهنده‌ی این است که حداکثر خشکسالی شدید در مورد شاخص بارش استاندارد شده مربوط به ایستگاه آب باریک در سال‌های (1377-1378) و (1348-1349)، و ایستگاه ازنا در سال‌های (1386-1387 و 1390-1391)، و شاخص Z چینی مربوط به ایستگاه آب باریک در سال‌های (1348-1349 و 1378-1377)، و دو مورد مربوط به ایستگاه رحیم آباد در سال‌های (1362-1364) می‌باشد.

واژگان کلیدی: پایش خشکسالی، روش کریجینگ، شاخص بارش استاندارد شده (SPI)، شاخص Z چینی.

مقاله پژوهشی

1. دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ایران.

ebrahimiyan2000@yahoo.com

2. استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

soheili@shirazu.ac.ir

* نویسنده مسئول

شناسه مقاله: 2211-1029
شماره صفحه پایایی: 221-233

تاریخ دریافت: 1401/08/22
تاریخ پذیرش: 1401/10/13
انتشار آنلاین: 1401/11/07
زمان پذیرش: 51 روز

استناددهی:

ابراهیمیان، ص. و سهیلی، ا. (1401). پهنه‌بندی و تعیین بهترین شاخص خشکسالی (مطالعه موردی: استان لرستان). مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، (3)2، 11-23.

1- مقدمه

خشکسالی وضعیتی از کمبود بارش و افزایش دماست که در هر وضعیت اقلیمی ممکن است رخ دهد. خشکسالی شامل انواع کشاورزی، هیدرولوژیکی و هواشناسی است که خشکسالی هواشناسی بیشتر از کشاورزی و هیدرولوژیکی به وقوع می‌پیوندد (صالح‌وند و همکاران، 1392). پراکندگی جغرافیایی درصد خشکسالی‌های به وقوع پیوسته در کشور، نشان می‌دهد که نواحی جنوبی و شرقی کشور از گستردگی زیادتری برخوردار است و هر چه از بخش‌های جنوبی و شرقی کشور فاصله گرفته شود، شدت و فراوانی خشکسالی‌ها نیز کاهش پیدا می‌کند. دلیل این امر، تأثیر سامانه‌های پرفشار جنب حاره‌ای است که مقادیر بارندگی بخش‌های جنوبی و شرقی کشور را نسبت به بخش‌های شمالی و غربی به طور محسوسی کاهش داده و مانع از تأثیر سیستم‌های شمالی و غربی به این مناطق شده است (یزدانی و همکاران، 1392). برای تعیین ویژگی‌های خشکسالی تاکنون نمایه‌های متعددی ارائه شده است. نمایه‌ی خشکسالی بر مبنای یک یا چند متغیر اقلیمی محاسبه می‌شود. شاخص شدت خشکسالی پالمر¹ (Palmer et al., 1965) و شاخص ذخیره آب سطحی² (Shafer and Dezman, 1982) بر مبنای متغیرهای مختلف اقلیمی و هیدرولوژیکی محاسبه می‌گردند. وزن بارندگی در این گونه نمایه‌ها بیش از بقیه متغیرها و بیش از 80 درصد تغییرات این گونه نمایه‌ها را توصیف می‌کند. نمایه‌های مبتنی بر بارندگی به علت سادگی در محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی و قابلیت زیاد در مقایسه‌ی مکانی نتایج، نمایه‌های مناسبی برای تحلیل خشکسالی به ویژه تحلیل‌های مکانی شناخته می‌شود (رضیئی و همکاران، 1386).

Loukas et al. (2003)، طی تحقیقی با استفاده از داده‌های 28 ایستگاه با طول آماری 40 سال، اقدام به محاسبه‌ی سه شاخص بارش استاندارد، ناهنجاری بارش و شاخص Z بارندگی پرداختند. نتایج نشان داد که هر سه شاخص مورد استفاده کارایی یکسانی را در تعیین شدت و تداوم خشکسالی دارند. Taskiris and Vangelis (2004)، با استفاده از روش عکس مجذور فاصله، نقشه‌ی بارندگی ماهانه و نقشه‌ی درصد نرمال متوسط بارندگی سالانه را ترسیم و سپس با این اطلاعات، نقشه‌ی توزیع مکانی شاخص بارش استاندارد شده³ را برای دوره آماری یکساله 65 - 1964 تهیه کردند. Herweijer and Seager (2008)، طی تحقیقی خشکسالی‌های آمریکا را بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که یک الگوی جهانی وجود دارد که خشکسالی‌های کل کره‌ی زمین جز اروپا را تبیین می‌کند و هنگامی که در نواحی غیر گرمسیری خشکسالی رواج دارد، نواحی گرمسیری خشکسالی ندارند.

انصافی مقدم (1386)، طی تحقیقی به ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوضه‌ی دریاچه‌ی نمک پرداخت. نتایج نشان داد که شاخص بارش استاندارد شده و شاخص دهک‌ها⁴ در جایگاه نخست، شاخص نمره Z⁵ در جایگاه دوم و شاخص درصد نرمال در جایگاه سوم قرار می‌گیرد. حسینی صفا و مرید (1387)، به تحلیل احتمالاتی خصوصیات مکانی شدت خشکسالی در استان تهران با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده و منحنی شدت - مساحت - فراوانی⁶ پرداختند. نتایج نشان داد که خشکسالی سال‌های 50 - 1349، 61 - 1360 و 68 - 1367 دوره‌ی بازگشتی حدود 2 تا 5 سال، خشکسالی‌های 69 - 1367، 78 - 1377 و 79 - 1378، دوره بازگشت 10 تا 20 سال و خشکسالی 76 - 1375 شدیدترین سال خشک با دوره‌ی بازگشت 100 سال را دارد. ناصرزاده و احمدی (1391)، به بررسی عملکرد شاخص‌های خشکسالی هواشناسی در ارزیابی خشکسالی و پهنه‌بندی آن در استان قزوین پرداختند. نتایج حاکی از آن است که شاخص نمره Z و شاخص بارندگی استاندارد شده در نشان دادن خشکسالی شدید، عملکرد بهتری دارند. همچنین شاخص دهک‌ها با توجه به عملکرد مناسب در مشخص کردن خشکسالی شدید، دارای اندکی مبالغه در نمایش خشکسالی شدید می‌باشد. بهشتی‌راد و بهشتی‌راد (1392)، به بررسی کارایی روش‌های پهنه‌بندی شدت خشکسالی در استان کرمان پرداختند، نتایج نشان داد که روش کریجینگ⁷ از دو روش کوکریجینگ⁸ و معکوس فاصله⁹، از عملکرد مناسب‌تری برخوردار است. همچنین شدیدترین خشکسالی‌ها در سال‌های 1367، 1372، 1381 و 1384 اتفاق افتاده است. بروغنی و همکاران (1392) به تحلیل ارتباط خشکسالی‌های هیدروژئولوژیکی و اقلیمی دشت سبزوار با استفاده از شاخص استاندارد سطح ایستابی¹⁰ و شاخص بارش استاندارد شده پرداختند. نتایج حاکی از آن است که خشکسالی هیدروژئولوژیکی و اقلیمی از نظم خاصی پیروی نمی‌کند و بیش‌ترین شدت و فراوانی خشکسالی در غرب دشت سبزوار بوده است. شرق دشت از شرایط نرمال و ترسالی برخوردار بوده و خشکسالی هیدروژئولوژیکی با یک سال تأخیر نسبت به خشکسالی اقلیمی اتفاق می‌افتد. موسوی و همکاران (1399) در یک مطالعه توصیفی - مقطعی با استفاده از داده‌های بارندگی ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی وابسته به سازمان هواشناسی کشور در یک دوره دهساله، پارامترهای مختلف نظیر شاخص بارش استاندارد شده، شاخص دهک‌ها، شاخص عدد Z¹¹، شاخص Z چینی¹² و شاخص Z چینی اصلاح‌شده¹³ تعیین شد. نتایج نشان داد شاخص‌های مطالعه‌شده شاخص Z چینی و شاخص Z چینی اصلاح‌شده طی دوره دهساله در استان‌های گلستان و مازندران با روند

1. Palmer Drought Severity Index (PDSI)

2. Surface Water Supply Index (SWSI)

3. Standardized Precipitation Index (SPI)

4. Desiles Index (DI)

5. Z-Score Index

6. Severity- Area- Frequency (SAF)

7. Kriging

8. Co-Kriging

9. Inverse Distance Weighted (IDW)

10. Standardized Water Table Index (SWI)

11. Number Index

12. China-Z Index (CZI)

13. Modified Chinese Z Index (MCZI)

مشابهی افزایش یافته است، اما امکان وقوع خشکسالی در استان گیلان مخصوصاً در فصل تابستان به علت میانگین بارندگی ماهانه منفی‌تر نسبت به دو استان گلستان و مازندران، بیشتر بوده است. زارعی و همکاران (1397) در تحقیقی به منظور بررسی و پایش خشکسالی در منطقه مطالعاتی قم- کهک طی دوره آماری 29 ساله (1368-1367 تا 1396-1395)، شاخص‌های خشکسالی مانند شاخص بارش استاندارد شده، شاخص درصد نرمال¹، شاخص دهک، شاخص Z چینی و شاخص نمره Z بررسی کردند. سپس با هدف پهنه‌بندی خشکسالی، روش‌های مختلف درون‌یابی در تمامی سال‌های دوره آماری مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار ArcGIS ارزیابی گردیدند. نتایج شاخص‌های مختلف نشان داد که حالت نزدیک به نرمال در همه ایستگاه‌ها، طی دوره آماری مورد مطالعه، دارای بیشترین فراوانی است. بر اساس نتایج شاخص‌های بارش استاندارد شده و Z چینی، بیشترین (7 سال) و کمترین (3 سال) تعداد خشکسالی به ترتیب در ایستگاه‌های کهک و جنت‌آباد اتفاق افتاده است؛ درحالی‌که بر اساس شاخص درصد نرمال بیشترین و کمترین تعداد خشکسالی به ترتیب در ایستگاه‌های قم (9 سال) و جنت‌آباد (3 سال) مشاهده شد. همچنین نتایج شاخص درصد نرمال حاکی از عدم وجود دوره ترسالی طی دوره آماری مورد مطالعه بوده است. بر اساس شاخص نمره Z خشکسالی بسیار شدید در منطقه رخ نداده و نتایج نمره Z در خصوص فراوانی طبقه ترسالی بسیار شدید، مشابه نتایج شاخص بارش استاندارد شده است. کریمی و همکاران (1398) به منظور پایش و مدیریت خشکسالی‌ها با استفاده از شاخص‌های مربوطه، 33 ایستگاه هواشناسی متعلق به وزارت نیرو در سطح استان مازندران انتخاب گردید. سپس داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل آماری آنها انجام شد. با توجه به بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌های در دسترس و بازسازی و تطویل آمار، طول دوره آماری 35 ساله 1355-1389 به عنوان دوره آماری تحقیق حاضر انتخاب گردید. سپس شاخص‌های خشکسالی بارش استاندارد شده، شاخص درصد نرمال، شاخص Z چینی، شاخص Z چینی اصلاح شده، شاخص نمره Z و شاخص دهک‌ها در مقیاس زمانی یکساله در ایستگاه‌های مذکور محاسبه شد. براساس آزمون همبستگی، معنی‌دار بودن این شاخص‌ها به جز شاخص Z چینی اصلاح شده به صورت دو به دو در تمام ایستگاه‌ها در سطح اعتماد 5 درصد تأیید شده است. شاخص‌های درصد نرمال، نمره Z و بارش استاندارد شده با داشتن بیشترین میانگین همبستگی و کمترین انحراف معیار نسبت به دیگر شاخص‌ها نتایج برتری را ارائه نمودند و در مقابل شاخص Z چینی اصلاح شده با دارا بودن کمترین همبستگی نتایج ضعیفی را نسبت به دیگر شاخص‌ها نشان داده است. عباسی و همکاران (1398) در مطالعه‌ای از شاخص بارش استاندارد خشکسالی بارش استاندارد شده، جهت بررسی ویژگی‌های خشکسالی در 42 ایستگاه با طول دوره آماری مشترک 28 ساله در سه مقیاس زمانی 3، 6 و 12 ماهه استفاده کردند. ویژگی‌های خشکسالی، شامل تداوم، شدت در هر مقیاس استخراج و نقشه‌های وضعیت خشکسالی در محیط GIS ترسیم گردید. کمترین مقدار بارش استاندارد شده مشاهده شده در حوضه متعلق به یاسوج در مقیاس 12 ماهه و طولانی‌ترین تداوم در بستان 61 ماهه می‌باشد.

همانطور از مرور تحقیقات پیشین مشخص است، استفاده از برخی شاخص‌ها جهت پایش خشکسالی نظیر بارش استاندارد شده و شاخص Z چینی بیشتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته و همچنین جهت پهنه‌بندی خشکسالی نیز روش کریجینگ مطلوبیت بیشتری دارد. در این پژوهش نیز با توجه به اهمیت خشکسالی و مطالعه‌ی آن بخصوص در استان‌هایی نظیر استان لرستان که جزء مناطق کوهستانی و نسبتاً پر بارش کشور بوده و به عنوان منبع تغذیه بسیاری از رودخانه‌های فصلی و دایمی کشور محسوب می‌شوند، پایش و پهنه‌بندی مکانی خشکسالی این استان به کمک شاخص‌های خشکسالی بارش استاندارد شده و شاخص Z چینی و روش کریجینگ مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج این تحقیق می‌تواند کمک شایانی به مدیران و برنامه‌ریزان بخش آب جهت مدیریت و تخصیص منابع آب برای مصارف مختلف در این استان باشد.

2- مواد و روش‌ها

2-1- منطقه مورد مطالعه

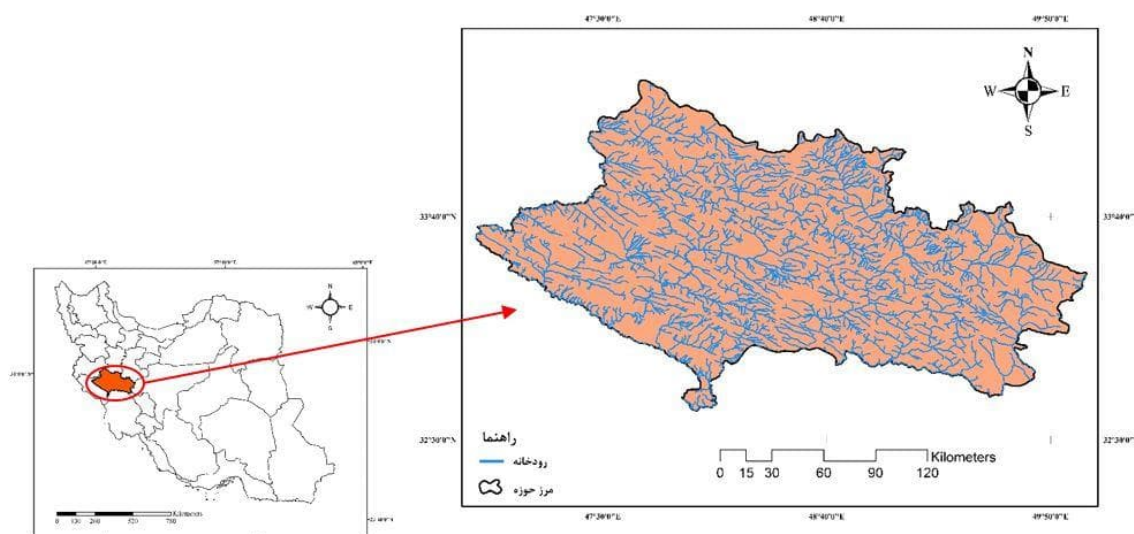
استان لرستان در غرب ایران، بین 46 درجه و 51 دقیقه تا 50 درجه و 3 دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و 32 درجه و 37 دقیقه تا 34 درجه و 22 دقیقه عرض شمالی از خط استوا قرار گرفته و وسعت آن حدود 28509 کیلومتر مربع است. این استان، از شمال به استان‌های مرکزی و همدان، از جنوب به استان خوزستان، از شرق به استان اصفهان و از غرب به استان‌های کرمانشاه و ایلام محدود است (فنی و همکاران، 1393). استان لرستان سرزمینی کوهستانی است که به جز تعدادی دره آبرفتی و چند دشت کوچک، ناحیه هموار ندارد. استان لرستان دارای آب و هوای متنوع است. بررسی‌های اقلیمی نشان می‌دهند، خرم‌آباد دارای زمستانی معتدل و تابستانی گرم است (هاشمی، 1392). در شکل (1) موقعیت استان لرستان را در ایران نشان می‌دهد.

2-2- روش پژوهش

در این تحقیق داده‌های بارش سالیانه بارندگی ایستگاه‌های کمندان، آب باریک، دره تخت، سازمان بروجرد، کاظم آباد، تیررود، ازنا، گلرود، سبزه آب، رحیم آباد، سرخاب با یک دوره مشترک 49 ساله (1348-1397) انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور بررسی انتخاب بهترین شاخص توصیف‌گر ابتدا محاسبات کلیه شاخص‌ها در مقیاس سالانه انجام گردید. برای تشخیص این که برای ارزیابی شدت خشکسالی در منطقه مورد مطالعه کدام شاخص

1. Percent of Normal Index

بهتر عمل می‌کند، از یک فرضیه به عنوان سنج کارآمد برای پایش خشکسالی استفاده شد. در این فرضیه کمینه مقدار بارندگی طی یک دوره بلند مدت اقلیمی منعکس کننده خشکسالی هواشناسی بسیار شدید یا شدیدی است که در منطقه تحت بررسی اتفاق افتاده است. طبق این فرضیه در ابتدا کمینه مقادیر بارندگی در طول دوره مشترک آماری استخراج و توسط شاخص‌های ارزیابی شده است.



شکل (1): موقعیت استان لرستان در ایران

2-3- شاخص‌های مورد بررسی

2-3-1- شاخص بارش استاندارد شده: اساس این شاخص بر محاسبه احتمال وقوع بارندگی برای هر مقیاس زمانی استوار است که توسط McKee et al. (1993) برای پایش و تعیین خشکسالی‌ها ارائه شد. این نمایه برای مقیاس‌های زمانی 1، 3، 6، 9، 12، 18، 24، 48 ماهه محاسبه می‌شود. مقادیر شاخص بارش استاندارد شده که از داده‌های بلند مدت بارش برای یک دوره زمانی بدست آمده از توزیع نرمال تبعیت می‌کند که دارای میانگین صفر و انحراف معیار یک است. برای محاسبه‌ی این شاخص از رابطه 1 استفاده می‌گردد.

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{\sigma} \quad \text{رابطه (1)}$$

$\bar{P}$ = میانگین بارش در طول دوره ی آماری، P_i = بارش هر ماه یا سال، σ = انحراف معیار کل

مناسب‌ترین توابع توزیع احتمال برای برازش داده‌های بارندگی ماهانه، به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، توابع گاما می‌باشد. به منظور تفسیر و بررسی نتایج حاصل از این محاسبه مقادیری ارائه شده که در آن مقادیر مثبت نشان‌دهنده‌ی بارندگی بیش از بارش متوسط و مقادیر منفی عکس آن است. طبق این روش خشکسالی زمانی روی می‌دهد که این شاخص مثبت شود. مقادیر تجمعی، بزرگی و شدت دوره‌ی خشکسالی را نشان می‌دهد. طبقه‌بندی مقادیر بارش استاندارد شده در جدول 1 ارائه شده است.

جدول (1): طبقه‌بندی مقادیر شاخص بارش استاندارد شده

مقدار شاخص	وضعیت
بزرگتر یا مساوی 2	فرامرطوب
1/5 تا 1/99	بسیار مرطوب
1 تا 1/49	نسبتاً مرطوب
0/99 تا -0/99	نزدیک نرمال
-1 تا -1/49	نسبتاً خشک
-1/5 تا -1/99	بسیار خشک
کوچک یا مساوی -2	فراخشک

2-3-1- شاخص Z چینی: شاخص Z چینی بر اساس تبدیل ریشه سوم ویلسون - هیلفرتی برآورد گردید. با این فرض که داده‌ها از توزیع پیرسون نوع سوم تبعیت کند. این شاخص مطابق رابطه 2 برآورد می‌گردد.

$$Z_{ij} = \frac{6}{C_{si}} \left(\frac{C_{si}}{2} \varphi_{ij} + 1 \right)^{1/3} - \frac{6}{C_{si}} + \frac{C_{si}}{6} \quad \text{رابطه (2)}$$

طبق رابطه 3، Z_{ij} شاخص Z چینی می‌باشد. i مقیاس زمانی مورد نظر که می‌تواند 1، 2، تا 44 سال و j سال مورد نظر می‌باشد.

$$C_{si} = \frac{\sum_{j=i}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)}{n\sigma_i^3} \quad \text{رابطه (3)}$$

در رابطه 4 C_{si} ضریب چولگی و n تعداد کل سال‌های دوره آماری می‌باشد.

$$\varphi_{ij} = \frac{(X_{ij} - \bar{X}_i)}{\sigma_i} \quad \text{رابطه (4)}$$

همچنین φ_{ij} متغیر استاندارد شده، X_{ij} بارندگی سال j برای دوره‌ی i ، σ_i و X_i به ترتیب میانگین و انحراف معیار بارندگی در هر مقیاس زمانی می‌باشد. برای طبقه‌بندی این شاخص از همان طبقه‌بندی بارش استاندارد شده استفاده می‌شود. برای محاسبه شاخص Z چینی به جای میانگین از میانه استفاده می‌شود که آن را شاخص Z چینی اصلاح شده می‌نامند. برای محاسبه‌ی شاخص‌های بارش استاندارد شده و Z چینی ابتدا داده‌های مربوط به بارش از سال 1348 تا 1397 به صورت سالانه میانگین گرفته شد. سپس این داده‌ها به صورت فایل تکست تهیه و با استفاده از نرم‌افزار DIP¹ شاخص‌های مورد نظر برای تمام ایستگاه‌ها محاسبه شد. بعد برای محاسبه‌ی این شاخص‌ها برای هر سال داده‌ها وارد نرم‌افزار شد.

3- نتایج

مقادیر خروجی نرم‌افزار برای شاخص‌های بارش استاندارد شده و شاخص Z چینی در تحقیق در شکل‌های 3 و 4 آورده شده است. همچنین جهت بررسی اینکه هر کدام از شاخص‌ها چه میزان به تغییرات بارش واکنش نشان می‌دهند، نمودار بارش در شکل 2 ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد بر اساس شاخص بارش استاندارد شده سال‌های نزدیک به نرمال دارای بیشترین فراوانی بوده و خشکسالی شدید در ایستگاه‌های کمندان در سال (1380-1379)، سازمان بروجرد در سال (1363-1362)، دره تخت در سال (1343-1342)، تیرود در سال (1378-1377)، آب باریک در سال‌های (1378-1377 و 1349-1348)، ازنا در سال‌های (1387-1386 و 1391-1390)، گلرود در سال (1370-1369)، و در ایستگاه رحیم آباد در سال (1363-1362) رخ داده است. همچنین نتایج بررسی شاخص Z چینی نشان می‌دهد، سال‌های نزدیک به نرمال دارای بیشترین فراوانی بوده است و خشکسالی بسیار شدید در ایستگاه کمندان در سال (1380-1379)، آب باریک در سال‌های (1349-1348 و 1378-1377)، سازمان بروجرد در سال (1363-1362)، تیرود در سال (1378-1377)، گلرود در سال (1370-1369)، و در ایستگاه رحیم آباد در سال‌های (1364-1362) مشاهده شده است.

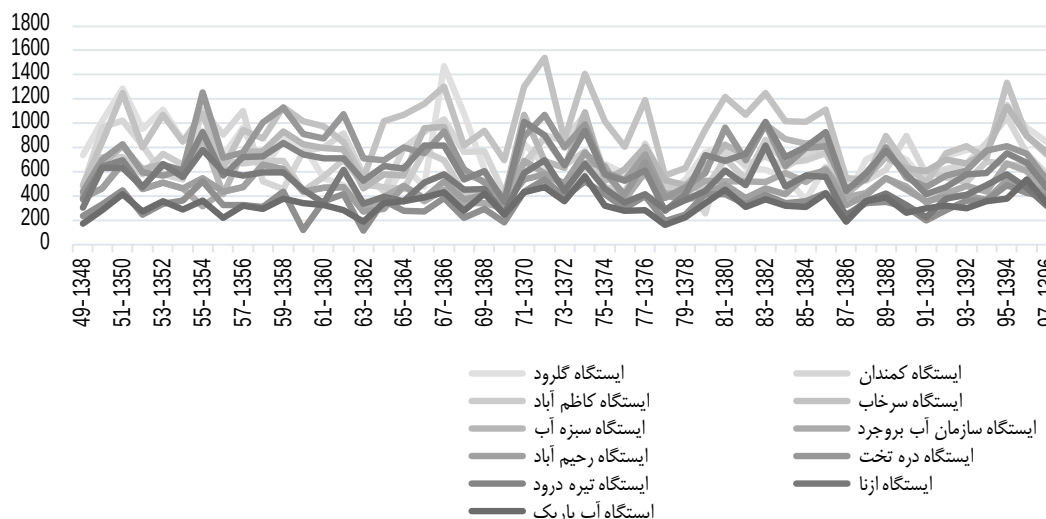
3-1- بررسی پهنه‌بندی شاخص‌های خشکسالی:

نتایج پهنه‌بندی شاخص‌های بارش استاندارد شده و Z چینی در دوره مورد مطالعه حاکی از آن است که تغییرات در سال‌های مختلف و در بخش‌های مختلف استان، از روند منظمی تبعیت نمی‌کند (شکل‌های 5 و 6). همچنین روند تغییرات در شاخص‌ها با هم مشابه نمی‌باشد. نتایج پهنه‌بندی شاخص Z چینی حاکی از آن است که در سال 67 تا 69 شرایط نزدیک به نرمال در بیشتر قسمت‌های استان حاکم بوده است اما در سال 70 یک خشکسالی شدید در کل استان برقرار شده که از سال 70 به بعد به سمت شرایط نزدیک به نرمال و ترسالی حرکت کرده است سپس در سال 72 شرایط بسیار مرطوب و بعد از آن در سال 74 شرایط شدیداً فرامرطوب در کل استان برقرار شده است. از سال 74 به بعد روند کاهش بارندگی منجر به ایجاد شرایط نسبتاً خشک در قسمت‌های شمال غرب به غرب و شرق استان و بسیار خشک در قسمت میانی استان در سال 78 شده است. از سال 78 به بعد شرایط بارش بهبود پیدا می‌کند و به سمت نزدیک به نرمال حرکت می‌کند تا این که در سال 83 شرایط بسیار مرطوب در قسمت میانی و شرق استان و فرامرطوب در مرکز استان حاکم می‌شود. از سال 83 به بعد از شرایط ترسالی به سمت نزدیک به نرمال تا سال 85 حرکت کرده است. در سال 86 شرایط بارش در نیمه‌ی شرقی استان بهتر شده و از حالت نزدیک به نرمال به صورت بسیار مرطوب حرکت کرده است. اما در سال 87 یک روند

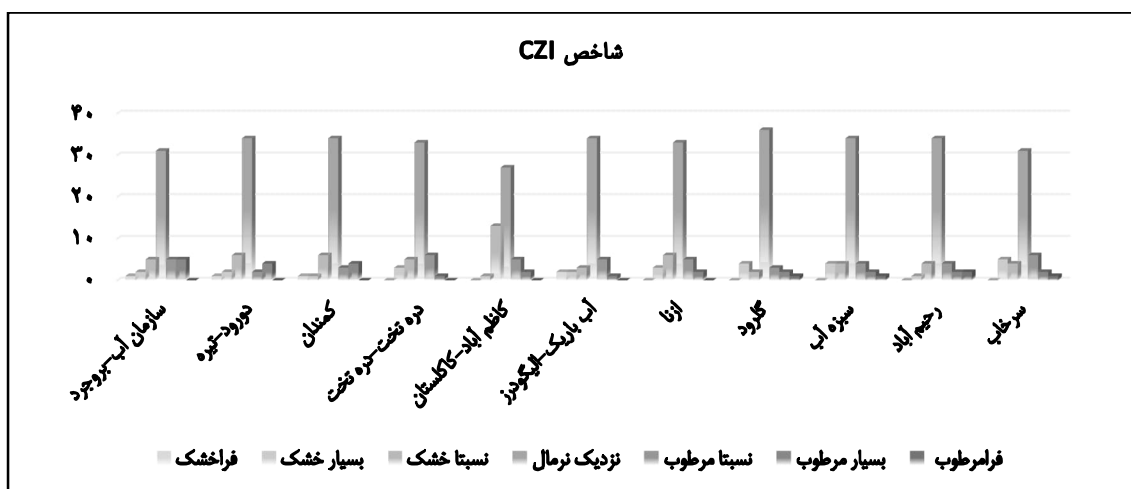
1. Drought Index Package (DIP) software

کاهش بسیار شدید منجر به یک شرایط بسیار خشک در کل استان می‌شود. از سال 88 به بعد شرایط بارش روند مناسب‌تری داشته و تا سال 90 شرایط نزدیک به نرمال در کل استان حکم فرما شده است. در سال 91 شرایط کاهش بارش در قسمت شمالی استان منجر به شرایط خشک در این منطقه شده است و در طول سال 92 تا 94 شرایط نزدیک به نرمال تقریباً در کل استان حاکم بوده است. در سال‌های 95 و 96 شرایط بسیار مرطوب به ترتیب در بخشی از قسمت شمال و شمال شرقی استان حاکم بوده است.

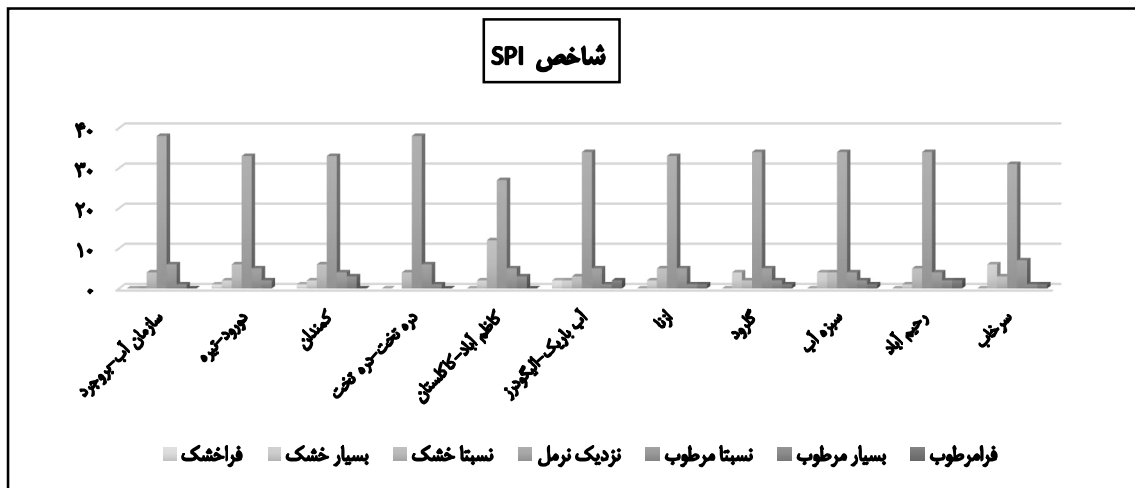
میانگین بارش 49 سالانه



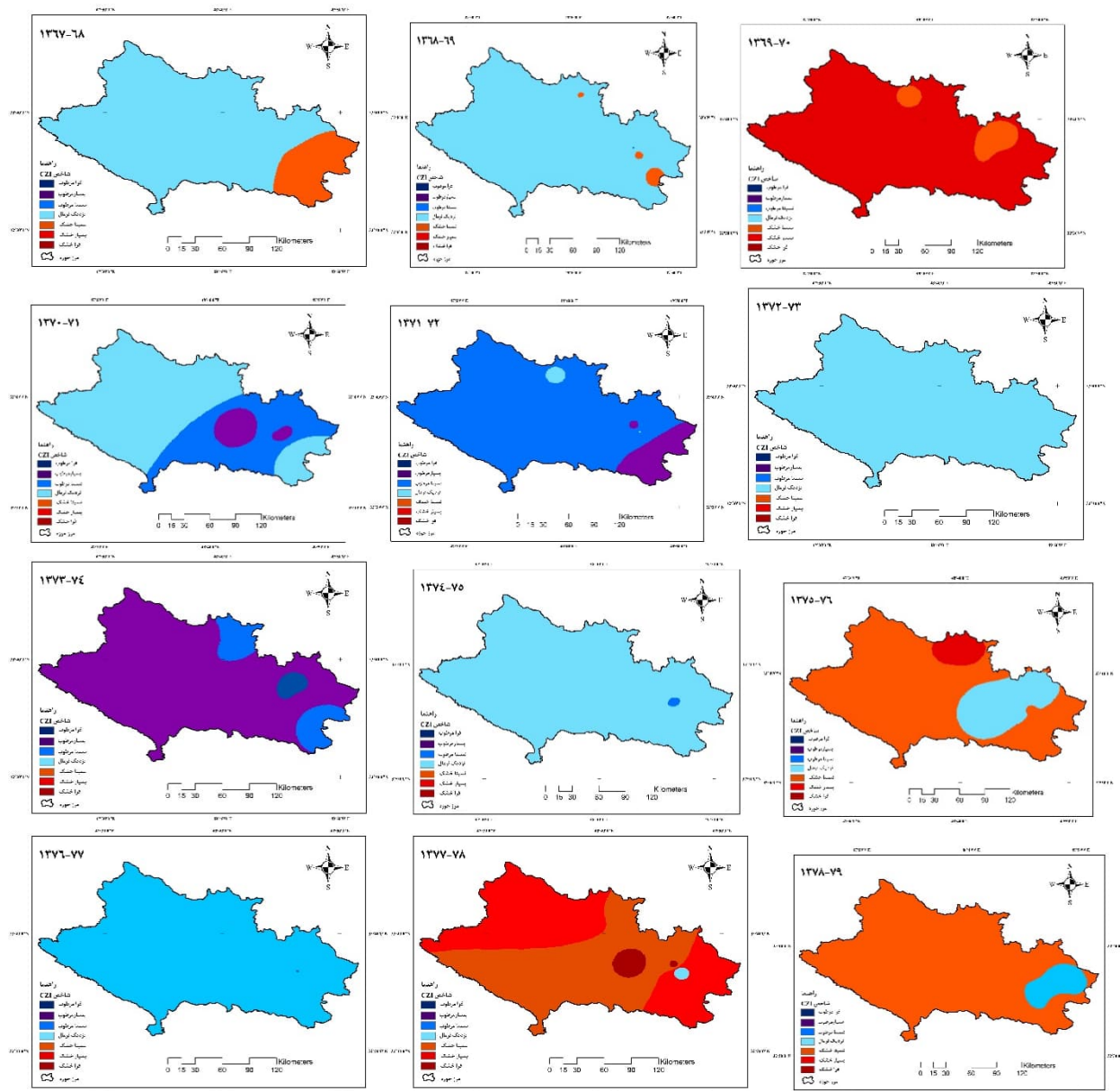
شکل (2): نمودار بارش ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول دوره 1347-1397

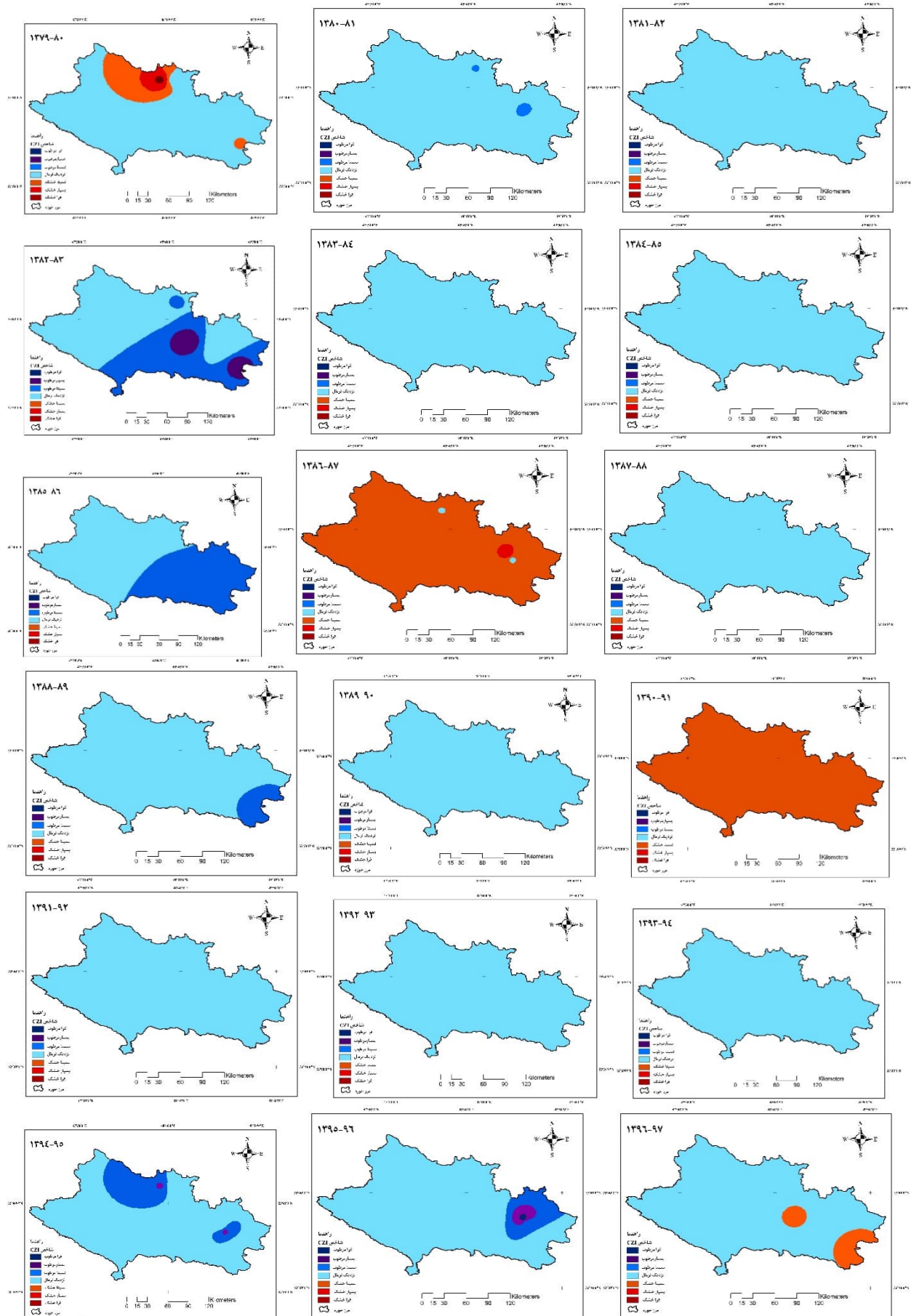


شکل (3): تغییرات شاخص Z چینی در دوره مورد مطالعه



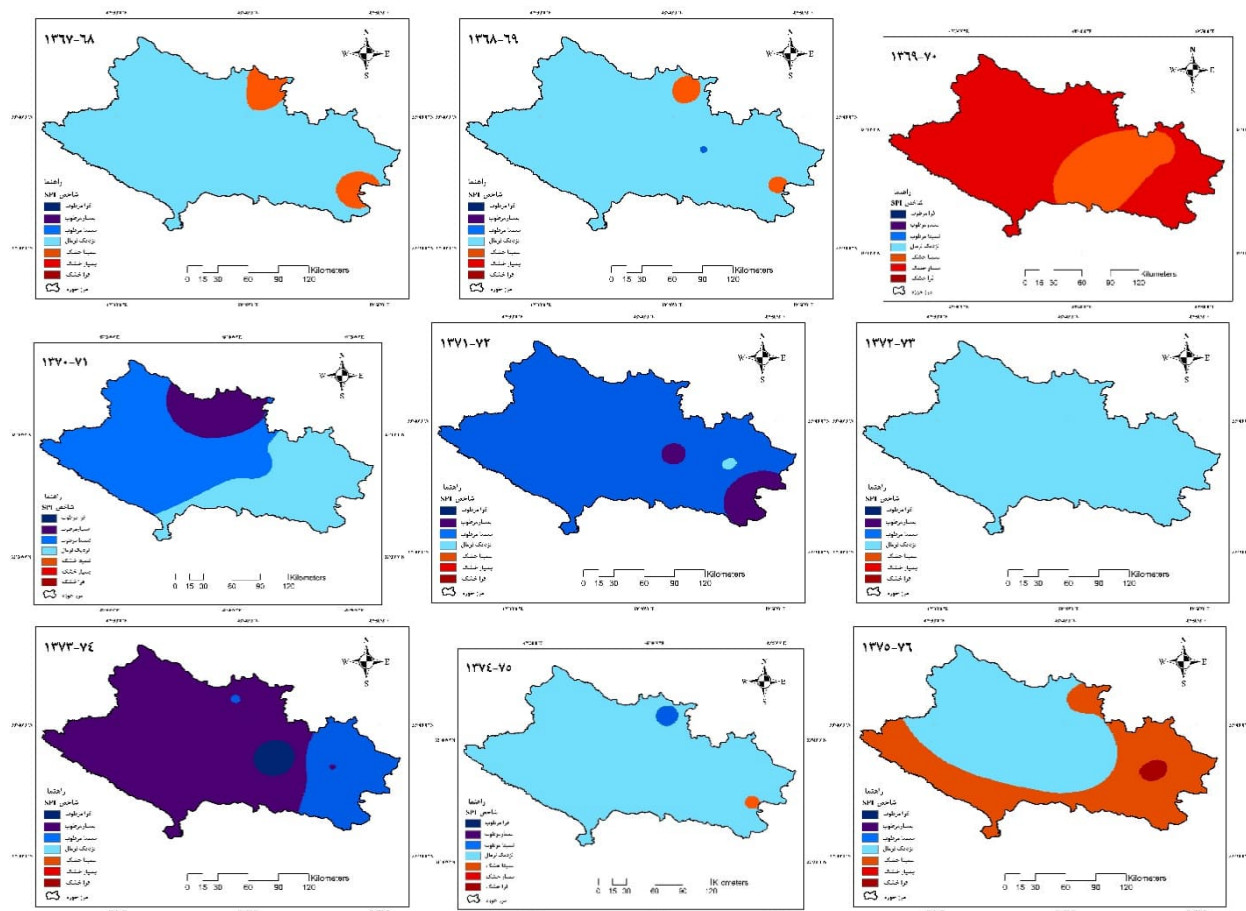
شکل (4): تغییرات شاخص بارش استاندارد شده در دوره مورد مطالعه

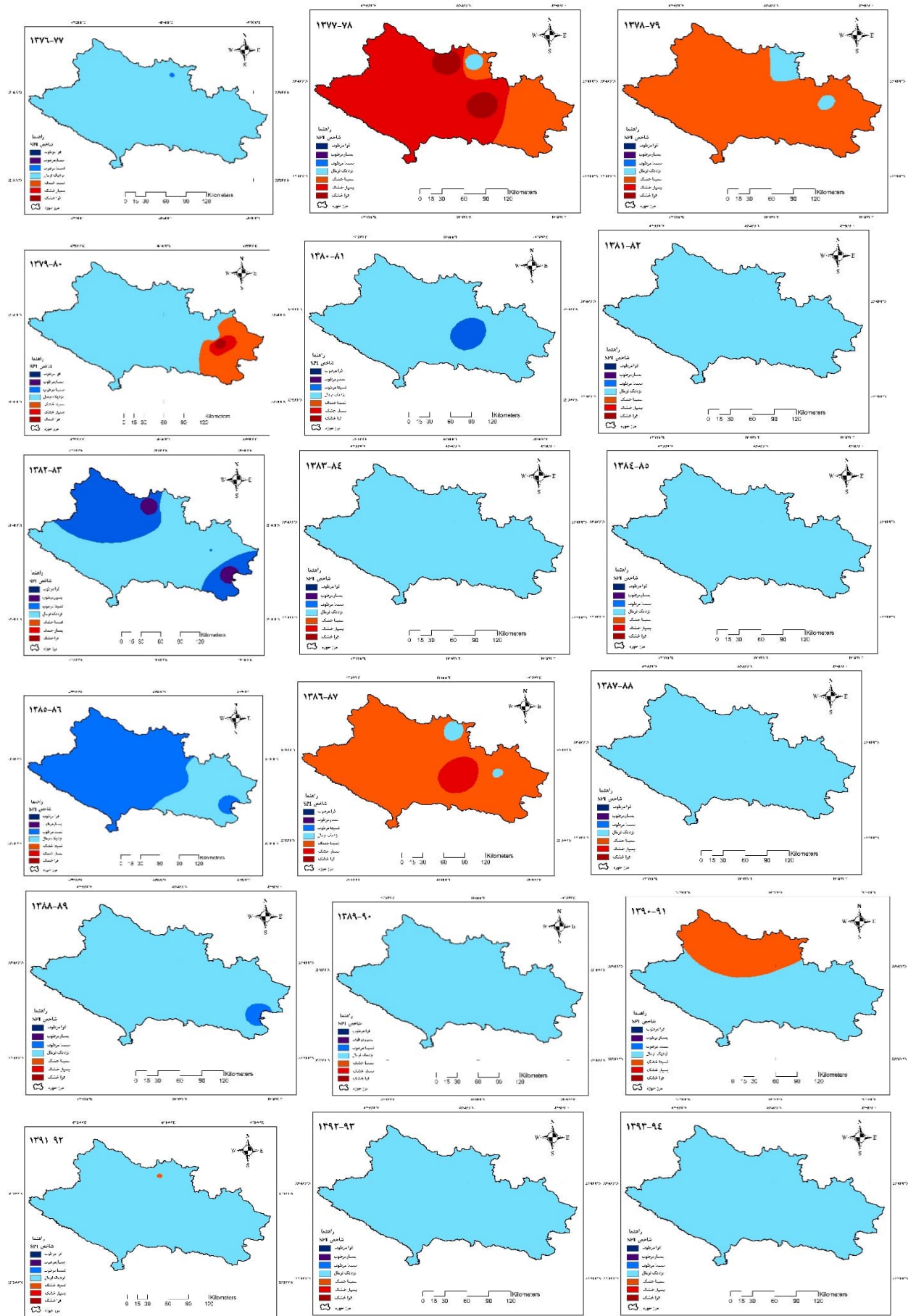




شکل (5): نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی شاخص Z چینی در سال‌های 1367-1397

نتایج پهنه‌بندی شاخص بارش استاندارد شده حاکی از آن است که در طی سال‌های 1367-1369 شرایط نرمال در کل استان حاکم می‌باشد در سال 70 شرایط بسیار خشک در کل استان به جز در بخشی از نیمه‌ی غربی استان حکم فرما شده است. در سال 71 شرایط بارش روند صعودی داشته و شرایط فرامرطوب در قسمت شمالی، بسیار مرطوب در قسمت شمال غربی و غرب استان و نزدیک به نرمال در نیمه غربی استان حکم فرما شده است. در سال 72 شرایط بسیار مرطوب در کل استان به جز قسمتی از شرق استان که دارای شرایط فرامرطوب است در بر گرفته است. در سال 73 شرایط نزولی بارش منجر به حرکت از حالت بسیار مرطوب به سمت نزدیک به نرمال در کل استان سوق می‌دهد در سال 74 بارش زیاد در کل استان منجر به شرایط فرامرطوب در کل استان به جز قسمت غرب استان با شرایط نسبتاً مرطوب می‌شود. از سال 74 به بعد کاهش بارش منجر به شرایط نزدیک به نرمال و بسیار خشک در سال 76 در کل استان می‌شود و این شرایط کاهشی تا سال 78 به صورت نسبتاً خشک و بسیار خشک و فراخشک در کل استان ادامه دارد. از سال 78 به بعد از شرایط خشکسالی خارج شده و به سمت نزدیک به نرمال حرکت می‌کند که شرایط نزدیک به نرمال در سال 82 در کل استان دیده می‌شود. در سال 83 شرایط بسیار مرطوب و فرامرطوب در شمال غربی و شرق استان حکم فرما است. در طی سال‌های 83 تا 85 شرایط نزدیک به نرمال در کل استان حکم فرماست در سال 86 نیمه غربی استان شرایط نسبتاً مرطوب و نیمه‌ی شرقی شرایط نزدیک به نرمال حکم فرما می‌باشد. روند کاهش بارش در سال 87 شرایط نسبتاً خشک کل استان را فرا می‌گیرد. در سال‌های 88 تا 90 شرایط نزدیک به نرمال در کل استان حکم فرماست. در سال 91 کاهش بارش در قسمت شمالی استان منجر به شرایط نسبتاً خشک در قسمت شمالی و بقیه‌ی استان دارای شرایط نزدیک به نرمال می‌باشد. در طی سال‌های 92-94 شرایط نزدیک به نرمال در کل استان حکم فرماست. در سال‌های 95 و 96 شرایط بارش بهبود داشته و از حالت نزدیک به نرمال به سمت نسبتاً مرطوب در بخش‌هایی از استان تغییر کرده است. در طی سال 97 شرایط بارش در کل استان نزدیک به نرمال به جز در قسمت‌های شرق استان شرایط نسبتاً خشک و بسیار خشک حکم فرماست. این نتایج با نتایج رضیئی و همکارانش (1386)، صالحوند و همکارانش (1392) و بروغنی و همکاران (1392) که نشان می‌دهد شدت خشکسالی در زمان‌ها و مکان‌های مختلف متغیر است، هم‌خوانی دارد. به منظور انتخاب بهترین شاخص توصیف‌گرا ابتدا محاسبات کلیه شاخص‌ها در مقیاس سالانه انجام گردید.







برای ارزیابی شدت خشکسالی در منطقه مورد مطالعه و انتخاب شاخص مناسب‌تر، از یک فرضیه به عنوان سنجه کارآمد برای پایش خشکسالی استفاده شد (حسینی و مرید، 1387). طبق این فرضیه ابتدا کمینه مقادیر بارندگی در طول دوره مشترک آماری استخراج و سپس توسط شاخص‌های ارزیابی شده است. جدول 2 کمینه مقادیر بارندگی و سال وقوع آن را به همراه پایش وضعیت جوی از دیدگاه شاخص‌های خشکسالی هواشناسی نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌کنید شاخص Z چینی مقادیر کمینه‌ی بارش را در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال‌های وقوع به شدت خشک محاسبه کرده است که نسبت به شاخص بارش استاندارد شده دارای دقت بیشتری می‌باشد. نتایج همچنین بیان کننده‌ی آن است که بین شاخص بارش استاندارد شده و شاخص Z چینی، شاخص Z چینی دارای دقت بالاتری می‌باشد و برای مطالعات خشکسالی در استان لرستان این شاخص توصیه می‌شود.

شاخص Z چینی	شاخص بارش استاندارد شده	سال وقوع	کمینه بارش	عملکرد
به شدت خشک	به شدت خشک	62 -63	276	سازمان آب - بروجرد
به شدت خشک	به شدت خشک	77 -78	281	دورود- تیره
به شدت خشک	به شدت خشک	79 -80	261	کمدان
خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط	69 -70	372	دره تخت - دره تخت
خشکسالی شدید	خشکسالی شدید	69 -70	378	کاظم آباد - کاکلستان
به شدت خشک	به شدت خشک	77 -78	164/5	آب باریک - الیگودرز
به شدت خشک	خشکسالی شدید	90 -91	230	ازنا
به شدت خشک	به شدت خشک	69 -70	275	گلرود
خشکسالی شدید	خشکسالی شدید	69 -70	397	سبزه آب
به شدت خشک	به شدت خشک	62 -63	276	رحیم آباد
خشکسالی شدید	خشکسالی شدید	48 -49	493/5	سرخاب

در این تحقیق بررسی عملکرد شاخص‌های خشکسالی هواشناسی در ارزیابی خشکسالی و پهنه‌بندی آن به روش کریجینگ در ایستگاه‌های منتخب استان لرستان انجام شد. خشکسالی در دوره زمانی سال‌های (1397-1348) با استفاده از دو شاخص بارش استاندارد شده و Z چینی بررسی و سپس برای یک دوره 30 ساله (1397-1367) پهنه‌بندی خشکسالی در سطح استان انجام شد و در نهایت تغییرات زمانی و مکانی شاخص‌های خشکسالی در دوره مورد مطالعه، تعیین گردید. نتایج نشان داد که تغییرات زمانی و مکانی شاخص‌های خشکسالی از الگوی منظمی تبعیت نمی‌کند. جهت ارزیابی و انتخاب شاخص مناسب‌تر از روش بیان شده در مطالعات خلیلی و بذرافشان (1382) و انصافی مقدم (1386) استفاده گردید، که با توجه به نتایج حاصل و بررسی‌های صورت گرفته شاخص Z چینی دارای دقت بیشتری است. و مقایسه نتایج حاصل از مطالعه صورت گرفته نشان‌دهنده این است که بیشترین وقوع خشکسالی شدید بر اساس شاخص بارش استاندارد شده در ایستگاه‌های کمندان، سازمان آب بروجرد، و تیرود، دره تخت، گلرود، رحیم آباد هر کدام یک مورد خشکسالی شدید و ایستگاه‌های ازنا و آب باریک هر کدام 2 مورد مشاهده می‌شود. در مورد شاخص Z چینی حداکثر خشکسالی مربوط به ایستگاه‌های کمندان، دره تخت، سازمان بروجرد و تیر رود، گلرود که هر کدام یک مورد و ایستگاه‌های رحیم‌آباد و آب باریک هر کدام دو مورد می‌باشد.

همچنین بررسی نتایج سال‌های وقوع خشکسالی شدید و ترسالی نشان می‌دهد که هر دو شاخص نسبتاً بصورت مشابه زمان وقوع خشکسالی‌ها را تعیین نموده‌اند، که در مورد پهنه‌بندی خشکسالی نیز به گونه‌ای قابل مشاهده است. با بررسی سایر پژوهش‌های انجام شده کشور مشخص می‌شود که نتایج این تحقیق با آنها هم خوانی دارد، که این موضوع به نوبه خود می‌تواند متاثر از تیپ بارشی کشور ما، که عموماً بارش مربوط به ماه‌های سرد سال و بارش‌های کوهستانی (اروگرافی)¹ باشد. جهت بررسی دقیق‌تر می‌توان از شاخص‌ها و روش‌هایی که علاوه بر مقدار بارش، پارامترهای دیگری نظیر آبدهی رودخانه، رطوبت خاک و غیره را در نظر می‌گیرد استفاده نمود و تحلیل‌های جامع‌تری ارائه نمود.

منابع

- انصافی‌مقدم، ط. (1386). ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسبترین شاخص در حوضه دریاچه نمک. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، 14(2)، 271-288.
- بروغنی، م.، طایی، م.، و میرنیا، س.خ. (1392). تحلیل ارتباط خشکسالی‌های هیدروژئولوژیکی و اقلیمی دشت سبزواری با استفاده از شاخص‌های SPI و SWI. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، 20(4)، 733-744.
- بهشتی‌راد، م.، و بهشتی‌راد، م. (1392). بررسی کارایی روش‌های پهنه‌بندی شدت خشکسالی در استان کرمان. برنامه‌ریزی منطقه‌ای، 3(9)، 89-101.
- حسینی‌صفا، ح.، و مرید، س. (1387). تحلیل احتمالاتی خصوصیات مکانی شدت خشکسالی در استان تهران. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، 15(5)، 203-212.
- خلیلی، ع.، و بذرافشان، ج. (1382). ارزیابی کارایی چند نمایه‌ی خشکسالی‌های هواشناسی در نمونه‌های اقلیمی مختلف ایران. نیوار، 48 و 49، 79-93.
- رضیعی، ط.، دانش کارآراسته، پ.، اختیاری، ر.، و تقفیان، ب. (1386). بررسی خشکسالی‌های هواشناسی (اقلیمی) در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره مارکف. تحقیقات منابع آب ایران، 3(1)، 25-35.
- زارعی، م.، و سلیمانی ساردو، م. (1397). ارزیابی شاخص‌های هواشناسی و روش‌های درون‌یابی به منظور پایش و پهنه‌بندی خشکسالی در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز قم-کهنک). مهندسی اکوسیستم بیابان، 7(21)، 59-74.
- صالحوند، ا.، منتظری، م.، و مومنی، م. (1392). پهنه‌بندی خشکسالی با شاخص‌های (SPI, PNI, DI, CZI, ZSI) و دنباله‌ها در شهرهای استان خوزستان در محیط GIS. چشم‌انداز زاگرس، 5(17)، 35-52.
- فنی، ز.، بیرانوندزاده، م.، سلطان‌زاده، ا.، و امیری، ح. (1393). تعادل بخشی در نظام شهری استان لرستان با رویکرد آمایش سرزمین. مطالعات ساختار و کارکرد شهری، 2(8)، 111-131.
- کریمی، و.، حبیب‌نژاد روشن، م.، و آبکار، ع.ج. (1390). بررسی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی در ایستگاه‌های سینوپتیک مازندران. مهندسی آبیاری و آب، 2(5)، 15-25.
- موسوی، س.ف.، و غلامی بروجنی، ف.ا. (1399). بررسی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی در استان‌های گلستان، مازندران و گیلان در بازه زمانی ده ساله (1388-1398). تحقیقات سلامت در جامعه، 6(2)، 69-79.
- ناصرزاده، م.ح.، و احمدی، ا. (1391). بررسی عملکرد شاخص‌های خشکسالی هواشناسی در ارزیابی خشکسالی و پهنه‌بندی آن در استان قزوین. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، 12(27)، 141-162.
- هاشمی، ع.ر. (1392). سیمای استان لرستان در سال 1392. توسعه اجتماعی، 4(7)، 129-147.
- یزدانی، و.، داوری، ک.، قهرمان، ب.، و زارع ابیانه، ح. (1392). اعتبارسنجی چهار نمایه خشکسالی هواشناسی براساس حلقه‌های رشد درختان غیرمثمر (مطالعه مورد مشهد). مهندسی منابع آب، 6(18)، 23-37.
- Herweijer, C., and Seager, R. (2008). The global footprint of persistent extra-tropical drought in the instrumental era. *International Journal of Climatology*, 28(13), 1761-1774.
- Loukas, A., Vasiliades, L., and Dalezios, N.R., (2003). Intercomparison of meteorological drought indices for drought assessment and monitoring in Greece. 8th international Conferences on Environmental Science and Technology, Lemons Island, September 2003.
- McKee, T. B., Doseken. N.G. and Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scale. 8th Confrance on Applid Climatology, Anaheim, January 1993, 179-184.
- Palmer, W.C. (1965). Meteorological Drought. U.S. Weather Bureau, Washington D.C., Research Paper, 45, 65p.
- Shafer, B.A., and Dezman, L.E. (1982). Development of a Surface Water Supply Index (SWST) to assess the severity of drought conditions in snow pack runs off areas. *Proceedings of the 50th Annual Western Snow Conference*, Reno, April 1982, 164-175.
- Tsakiris, G., and Vangelis, H. (2004). Towards a drought watch system based on spatial SPI. *Water Resources Management*, 18(1), 1-12.

Zoning and Determination of the Best Drought Index in a Case Study of Lorestan Province

Sedigheh Ebrahimian¹, Esmail Soheili^{* 2}



Research Article

1. Ph.D. student of Watershed Management, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran.

ebrahimyan2000@yahoo.com

2. Assistant Professor Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz, Iran.

soheili@shirazu.ac.ir

* Corresponding author

Article Code: 2211-1029
Continous Pagination: 221-233

Received: 13 November 2022
Accepted: 03 January 2023
Online: 27 January 2023
Review speed: 51 days

Citation:

Ebrahimian, S., and Soheili, E. (2022). Zoning and Determination of the Best Drought Index in a Case Study of Lorestan Province. *Management of Natural Ecosystems*, 2(3), 11-23.

Abstract

Drought is a climate phenomenon that there is possibility of this phenomenon, anywhere in the world and under any climatic conditions. Based on this, monitoring systems are very important in preparing plans to deal with drought and its management. In this study, in order to investigate the drought in Lorestan province from annual rainfall data of Kamandan, Ab Barik, Dere Takht, Borujerd Organization, Kazem Abad, Tirroud, Azna, Golroud, Sabze Ab, Rahim Abad, Surkhab during a statistical period of 49 year (1969-2018) was used. Drought Status Based on the mentioned data using Standard Precipitation Indexes (SPI), Chinese Z (CZI), using DIP software, these data were entered into ArcGIS software. And then, using Kriging method, the drought zoning was done for the last 30-year study period (1988-2018). The results indicated that drought zoning does not follow a regular trend in any of the indices, during the study period. The results of the zoning of CZI and SPI indices showed that severe drought occurred in 1991 and 1999 and 2008 years for SPI index and 1990, 1999, 2008 and 2012 years for CZI index, respectively, and severe humidity for both indices, has spread in the whole province 1992 and 1995 years. The results of both indices show that the maximum severe drought on the SPI index for the Ab Barik station in (1998-1999) and (1969-1970), and the Azna station in the years (2008-2009 and 2011- 2012), and the CZI index relates to the Ab Barik Station (1969-1970 and 1997-1998), and two cases are related to Rahimabad station during the years (1985-2003).

Key Words: Drought Monitoring, Kriging Method, Standard Precipitation Indexes, Chinese Z Index.