



Gonbad Kavous University
Journal of New Approaches in
Water Engineering and Environment
Volume 1, Issue 2

Monitoring the temporal changes of meteorological drought in areas of western Iran

Yaser Sabzevari¹, Fatemeh Dadvand², Aliheidar Nasrolahi^{3*}

¹Ph.D student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

²Master's student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

³Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran

Received:09.09.2022; Accepted: 11.12.2022

Abstract

Drought is a natural phenomenon that has a significant impact on human life, and examining its temporal and spatial changes can be effective in dealing with the effects of this phenomenon. The aim of this study is to investigate the meteorological drought trend using the index (SPI) and the Mann-Kendall test at the level of Lorestan province. Using the index (SPI), the precipitation data of 9 synoptic stations and 23 rain gauge stations in the statistical period (1377-1397) were analysed at the province level. The results showed that, in general, the province faced drought in 1987 and 1978. The results of the Mann-Kendall test showed that the trend of changes in the drought index of Seleseh city was significant and incremental at the probability level of 95, and the rest of the cities were not significant. Also, considering the number of drought categories in different years for selected stations, the driest station, Kohdasht station and the wettest station, Noorabad station were introduced.

keywords: Mann-Kendall test; SPI drought index; Lorestan; western Iran

* . Corresponding authors email: Nasrolahi.a@lu.ac.ir



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست"

دوره اول، شماره دوم

<http://Nawee.gonbad.ac.ir>

پایش تغییرات زمانی خشکسالی هواشناسی در مناطقی از غرب ایران

یاسر سبزواری^۱، فاطمه دادوند^۲، علی حیدر نصرالهی^{۳*}

^۱ دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

^۳ استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۰

چکیده

خشکسالی یک پدیده طبیعی است که تأثیر قابل توجهی بر حیات بشر دارد و بررسی تغییرات زمانی و مکانی آن می تواند در مواجهه با اثرات این پدیده مؤثر باشد. هدف این مطالعه بررسی روند خشکسالی هواشناسی با استفاده از شاخص (SPI) و آزمون من کندانال در سطح استان لرستان است. با کاربرد شاخص (SPI) داده های بارش ۹ ایستگاه سینوپتیک و ۲۳ ایستگاه باران سنجی در دوره آماری (۱۳۹۷-۱۳۷۷) در سطح استان تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد به طور کلی استان در سال ۸۷ و ۷۸ با خشکسالی مواجه بوده است. نتایج آزمون من کندانال نشان داد که روند تغییرات شاخص خشکسالی شهرستان سلسله در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی دار و به صورت افزایشی بوده است و مابقی شهرها فاقد معنی داری هستند. همچنین با در نظر گرفتن تعداد رده های خشکسالی در سال های مختلف برای ایستگاه های منتخب، خشک ترین ایستگاه، ایستگاه کوه دشت و مرطوب ترین ایستگاه، ایستگاه نورآباد معرفی گردید.

کلید واژه ها: آزمون من-کندانال؛ شاخص خشکسالی SPI؛ لرستان؛ غرب ایران

* نویسنده مسئول، Email: Nasrolahi.a@lu.ac.ir

مقدمه

امروزه به دلیل افزایش روزافزون جمعیت و گرمایش جهانی و بهره‌برداری بیش از حد از منابع محیط‌زیست و همچنین کاهش بارندگی نسبت به سال‌های گذشته، اهمیت آب افزایش یافته است. کاهش نزولات جوی و نوسانات شدید بارش‌ها عواملی هستند که در سال‌های اخیر سبب تشدید بحران آب و همچنین خشکسالی‌های متعددی گردیده است. پدیده خشکسالی یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی است که به کمبود بارش در یک دوره بلندمدت گفته می‌شود (Mahmoudi et al., 2015). به اعتقاد محققان، خشکسالی بر اساس مولفه‌های مورد مطالعه به انواع مختلف: خشکسالی هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژیک و اقتصادی-اجتماعی تقسیم می‌شود (Qayenati, et al., 2018). (Delpla et al., 2009; Tigkas et al., 2016). خشکسالی هواشناسی پیش از دیگر خشکسالی‌ها رخ می‌دهد و بعد از آن انواع دیگر خشکسالی اتفاق می‌افتد. خشکسالی هواشناسی با تاخیر زمانی در یک مکان به خشکسالی‌های کشاورزی و سپس به خشکسالی‌های هیدرولوژی منجر می‌شود (Mahmoudi et al., 2015). یکی از گام‌های اساسی در مطالعات خشکسالی و ترسالی، تعیین شاخص‌هایی است که می‌توان براساس آن‌ها میزان شدت و تداوم خشکسالی و ترسالی را ارزیابی کرد. شاخص بارش استاندارد (SPI) یکی از جامع‌ترین شاخص‌های مطالعه خشکسالی و ترسالی به‌شمار می‌آید که در اغلب نقاط دنیا به عنوان یک شاخص مناسب برای پایش خشکسالی مورد استفاده قرار گرفته است (Ellis et al., 2010; Mishra and Singh, 2010; Hao and Singh, 2013). بررسی تغییرات مکانی و زمانی خشکسالی می‌تواند در ارائه راه‌کار بهتری برای مدیریت و برنامه‌ریزی طبیعی کارساز باشد (abedzadeh et al., 2017). روش‌های مختلفی برای بررسی تغییرات مکانی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به آزمون تحلیل روند من-کندال که یک آزمون ناپارامتریک است اشاره نمود. در این زمینه تحقیقات متعددی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود (McKee et al 1993). شاخص بارش را برای پایش خشکسالی ارائه دادند و از این شاخص برای پایش خشکسالی در ایالت کلرادو استفاده

کردند. (Mishra and Desai (2005) به بررسی مکانی و زمانی خشکسالی دشت رودخانه کانساتاتی هند با استفاده از شاخص (SPI) و (GIS) پرداختند و نتایج نشان داد در سال ۱۹۸۰ خشکسالی شدید رخ داده است. Rahman (2016) and Lateh خشکسالی هواشناسی در بنگلادش را با استفاده از شاخص خشکسالی (SPI) و (GIS) ارزیابی کردند؛ نتایج نشان داد که مناطق شمال، شمال‌غربی، غربی، جنوب‌غربی و مرکزی به ترتیب وقوع و شدت، بیشترین مناطق خشکسالی کشور بودند. Suryabhagavan (2017) تغییرات اقلیمی مبتنی بر (GIS) و خصوصیات خشکسالی توسط شاخص SPI را در اتیوپی در طول سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۲ تجزیه و تحلیل کرد، نتایج نشان داد در میان خشکسالی‌های عمده، خشکسالی‌های سال‌های ۱۹۸۴-۱۹۸۵ به عنوان خشکسالی شدید در Wollo به وقوع پیوسته است. همچنین طولانی‌ترین دوره خشکسالی در طول سال‌های ۱۹۸۳-۲۰۱۲ در منطقه Borena در جنوب اتیوپی سپری شد. (Abuzar et al 2019) ارزیابی ریسک خشکسالی با استفاده از روش سنجش از راه دور ماهواره و روش‌های جغرافیایی در منطقه خوشاب پاکستان پرداختند و همچنین برای کنترل خشکسالی هواشناسی از مقادیر (SPI) استفاده کردند. نتایج حاکی از آن است که ۳۰/۲۱ درصد از منطقه دارای خشکسالی متوسط است و شدت خشکسالی در بخش جنوبی منطقه خوشاب بیشتر از بخش شمالی است. Aladaileh et al (2019) تغییرات مکانی و زمانی خشکسالی در اردن را با استفاده از آزمون من‌کندال و روش درونیایی کریجینگ بررسی کردند. نتایج نشان داد براساس آزمون من‌کندال برای تمامی ایستگاه‌ها به جز Madaba روند کاهشی داشته و همچنین خشکسالی هواشناسی اتفاق افتاده است. et al., (2009) Shahian و با استفاده از شاخص بارش و (GIS) به بررسی وضعیت خشکسالی استان فارس پرداختند نتیجه نشان داد که مناطق جنوبی و شرقی و بخشی از مناطق غربی و مرکزی بیشتر از دیگر نقاط استان شاهد خشکسالی بوده‌اند و بیشتر خشکسالی‌ها به صورت خشکسالی ملایم بوده است. (Tatina et al 2010) خشکسالی در استان گیلان را در

دوره

کردند. نتایج نشان داد که فراوانی و روند خشکسالی هواشناسی و آب های زیرزمینی در حال افزایش است. Dehghani Sargazi et al (2021) به بررسی اثر خشکسالی هواشناسی-کشاورزی بر عملکرد گندم دیم در ایران پرداختند. نتایج نشان داد، روند خشکسالی در ایران رو به افزایش و روند عملکرد فاقد روند معنی‌دار و گاه کاهشی است. (Rajabzadeh et al (2021) به ارزیابی خشکسالی‌های هواشناسی، هیدرولوژیک و آب زیرزمینی در دشت کاشمر و بردسکن و بررسی ارتباط آن‌ها با یکدیگر پرداختند. نتایج نشان داد ارتباط معنی‌داری بین خشکسالی آب زیرزمینی و خشکسالی هیدرولوژیک یا خشکسالی هواشناسی وجود ندارد.

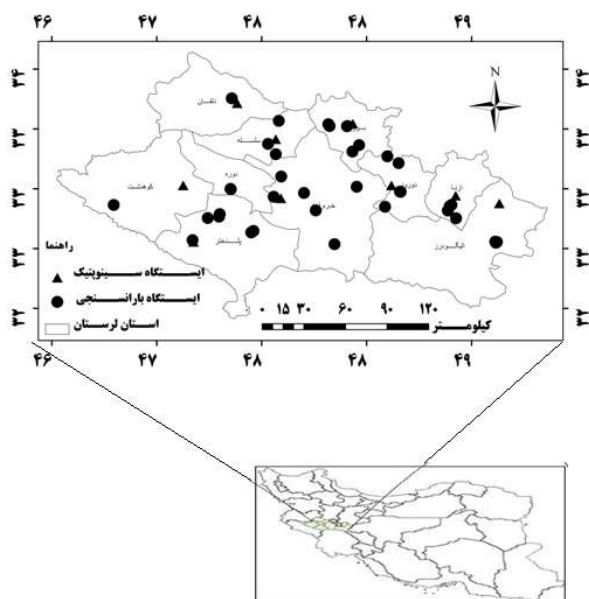
همان‌گونه که از مطالعات مختلف قابل برداشت است، بررسی وضعیت خشکسالی در مناطق مختلف و تغییرات زمانی آن امری ضروری به نظر می‌رسد. آگاهی از وضعیت گذشته خشکسالی در همه مناطق از نظر مقابله با اثرات گوناگون آن و تصمیم‌گیری‌های آینده، امری ضروری می‌باشد. لذا هدف از پژوهش حاضر، پایش خشکسالی هواشناسی سالانه و بررسی روند تغییرات ۲۱ ساله آن برای نخستین بار در سطح استان لرستان با استفاده از آزمون پارامتریک من-کندال است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان لرستان با مساحت ۲۸۰۶۴ کیلومتر در غرب ایران بین ۴۶ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ (۳۴° ۵۱' ۳" E) و ۳۴ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی از خط استوا (۳۴° ۲۲' N) قرار گرفته است. ارتفاع آن از سطح دریا از مرتفع‌ترین نقطه با ارتفاع ۴۰۵۰ تا پست‌ترین نقطه در جنوب استان با ارتفاع ۵۰۰ متر متغیر است. مرکز این استان، شهرستان خرم‌آباد است. در شکل (۱) نقشه استان لرستان و موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه داده شده است.

آمار ۳۰ ساله مورد مطالعه قرار دادند، نتایج نشان داد که خشکسالی به طور متناوب و با سیکل‌های نسبتاً منظم در منطقه اتفاق افتاده و همچنین الگوی مکانی و زمانی خشکسالی بعد از پایش، حاکی از وقوع خشکسالی‌های پیوسته و ناپیوسته در محدوده مورد مطالعه است که وضعیت بحرانی برای منابع طبیعی و انسانی ایجاد می‌نماید. (Khosravani et al (2013) با مطالعه آمار شش ایستگاه هواشناسی استان خوزستان با طول دوره آماری ۲۵ ساله در مقیاس زمانی سالانه نشان دادند که کمترین مقدار و بیشترین مقدار (SPI) مربوط به شهر اهواز است. Hejazi Zadeh et al (2014) به بررسی خشکسالی در کرمان پرداختند و برای بررسی تغییرات روند آن از آزمون من-کندال استفاده کردند. نتایج نشان داد که روند تغییرات در بارش بهاره استان کرمان معنی‌دار است و همچنین فصل بهار به‌سوی دوره‌های خشک در حال تغییر است. (Malekinejad et al (2011) چهار ایستگاه سینوپتیک استان تهران را مورد مطالعه قرار دادند و بررسی روند تغییرات با آزمون من-کندال و سن برسی شد. نتایج نشان داد که در سری زمانی فصلی روند خاصی اتفاق نمی‌افتد، اما برای داده‌های ماهانه در اکثر ایستگاه‌ها طبق آزمون من-کندال دارای روند معنی‌دار و صعودی است. Kousari et al., (2017) به بررسی خشکسالی در مناطق خشک، نیمه-خشک و فراخشک جهان پرداختند. نتایج نشان داد که دامنه خشکسالی‌های طولانی مدت متوسط تا شدید و همچنین بسیار شدید در بخشی از مناطق دنیا به خصوص خاورمیانه و غرب آمریکا مشاهده می‌شود؛ همچنین روندها نیز به‌صورت افزایشی و کاهشی معنادار هستند. (Laimighofer and Laaha (2022) به بررسی میزان استاندارد بودن شاخص‌های خشکسالی پرداختند. نتایج نشان داد رویکردهای جایگزین مانند روش‌های ناپارامتریک و شاخص‌های مبتنی بر احتمال باید در نظر گرفته شوند تا شاخص‌ها دقیق‌تر شوند. (Bera et al (2021) شدت، روند و پیامدهای خشکسالی را با استفاده از شاخص‌های SPI و SPEI در بخش گسترده فلات چوتا ناگپور (هند) بررسی



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان لرستان در ایران و ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

لرستان اخذ گردید. برای بررسی روند تغییرات سالانه از آزمون من‌کنندال استفاده شد. جدول (۱) مشخصات ۹ ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه این پژوهش در استان لرستان را نشان می‌دهد.

در این پژوهش برای پایش خشکسالی هواشناسی سالانه در سطح استان لرستان، از اطلاعات بارش ۲۱ ساله (۱۳۹۷-۱۳۷۷) مربوط به ۹ ایستگاه سینوپتیک و ۲۳ ایستگاه باران-سنجی در سطح استان استفاده شد که این آمار از سازمان هواشناسی استان لرستان و شرکت آب منطقه‌ای استان

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان لرستان

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	میانگین بارش سالانه (mm)	ارتفاع (متر m)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
ازنا	سینوپتیک	۴۰۹/۶	۱۸۷۲	۳۳° ۲۷'	۴۹° ۲۵'
سلسله	سینوپتیک	۴۴۴/۱	۱۵۶۷	۳۳° ۴۹'	۴۸° ۱۵'
الیگودرز	سینوپتیک	۳۸۷/۷	۲۰۲۲	۳۳° ۲۴'	۴۹° ۴۲'
بروجرد	سینوپتیک	۴۵۶/۲	۱۶۲۹	۳۳° ۳۵'	۴۸° ۴۵'
پلدختر	سینوپتیک	۳۵۸/۸	۷۱۳	۳۳° ۰۹'	۴۷° ۴۳'
خرم آباد	سینوپتیک	۴۹۹	۱۱۴۸	۳۳° ۲۶'	۴۵° ۱۷'
دورود	سینوپتیک	۶۲۷/۱	۱۵۲۷	۳۳° ۲۹'	۴۹° ۰۴'
کوه‌دشت	سینوپتیک	۳۶۵/۸	۱۱۹۸	۳۳° ۳۱'	۴۷° ۳۹'
نورآباد	سینوپتیک	۴۶۵/۸	۱۸۶۰	۳۴° ۰۳'	۴۸° ۰۰'

بیانگر شدت‌های متفاوتی از خشکسالی در یک منطقه است. ویژگی دیگر این است که بر اساس این روش می‌توان آستانه خشکسالی را برای هر دوره زمانی تعیین کرد. بنابراین براساس این شاخص علاوه بر شدت خشکسالی، مدت آن را نیز می‌توان تعیین نمود. شاخص بارش استاندارد شده، بر اساس احتمال بارش برای هر بازه زمانی

شاخص بارش استاندارد شده (SPI)

شاخص بارش استاندارد شده یا (SPI) به وسیله McKee et al (1993) به منظور پایش وضعیت خشکسالی در کلرادو ارائه گردید. مک‌کی و همکارانش برای تعیین خشکی و تری در هر ایستگاه یک سیستم طبقه‌بندی تعیین و معرفی نمودند که مقادیر (SPI) به‌دست‌آمده،

است. این شاخص برای کمی نمودن کمبود بارش در بازه-های زمانی چندگانه طراحی شده است. این مقیاس‌های زمانی متفاوت اثرات ویژه خشکسالی را بر روی قابلیت دسترسی به منابع آبی مختلف بیان می‌کنند.

$$SPI = \frac{X_i - \bar{X}}{S_X}$$

که در آن:

$$X_i = \text{بارندگی در هر ماه}$$

$$\bar{X} = \text{میانگین بارندگی در مقیاس زمانی}$$

$$S_X = \text{انحراف معیار بارندگی در مقیاس زمانی است}$$

جدول ۲ برای طبقه‌بندی روش SPI پیشنهاد شده است.

جدول ۲- مقیاس طبقه‌بندی مقادیر SPI (McKee et al., 1993)

طبقات	شدیداً مرطوب	خیلی مرطوب	مرطوب متوسط	تقریباً نرمال	خشک متوسط	خیلی خشک	شدیداً خشک
مقادیر SPI	> ۲	۱/۹۹ تا ۱/۵	۱/۴۹ تا ۱	-۰/۹۹ تا -۰/۴۹	-۱/۴۹ تا -۱	۱/۹۹ تا -۱/۴۹	< -۲

آزمون من-کندال

از آزمون من‌کندال به منظور بررسی و تحلیل روند تغییرات سری‌های زمانی مختلف، استفاده می‌شود. این آزمون، ناپارامتریک است که توسط من و کندال ارائه شده است (Kendall, 1975 ; Mann, 1945). تحلیل من‌کندال به صورت معادله‌های زیر هستند:

آزمون من‌کندال با تعریف آماره S به صورت رابطه (۱) است (Yue et al., 2002).

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

که در آن x_j و x_i که به ترتیب i امین و j امین داده مشاهده‌ای و n اندازه نمونه (طول دوره آماری) است. تابع علامت (sgn) با رابطه (۲) قابل محاسبه است.

$$\text{Sgn}(X) = \begin{cases} +1 & (x_i - x_k) > 0 \\ 0 & (x_i - x_k) = 0 \\ -1 & (x_i - x_k) < 0 \end{cases}$$

با فرض مستقل بودن و یکنواخت بودن داده‌ها، میانگین و انحراف معیار S به صورت رابطه (۳) و (۴) محاسبه می‌شوند:

$$E(S) = 0 \quad (3)$$

$$v(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m (i-1)(2t+5)}{18} \quad (4)$$

که در آن، n: تعداد داده‌ها، m: تعداد گره‌ها و t: تعداد داده‌ها در هر گره است. منظور از گره این است که اگر از یک مقدار داده، بیشتر از یکی وجود داشته باشد، این مقادیر مساوی، تشکیل یک گره را می‌دهند و تعداد این مقادیر مساوی در گره m ام، t است.

میزان نمره استاندارد شده Z که همان مقدار آماره من-کندال است از رابطه (۵) قابل محاسبه است:

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & s > 0 \\ 0 & s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & s < 0 \end{cases} \quad (5)$$

چنانچه مقدار Z بزرگ‌تر از $\pm 1/96$ باشد، داده‌ها دارای روند هستند و فرض صفر رد می‌شود در غیر این صورت فاقد روند است.

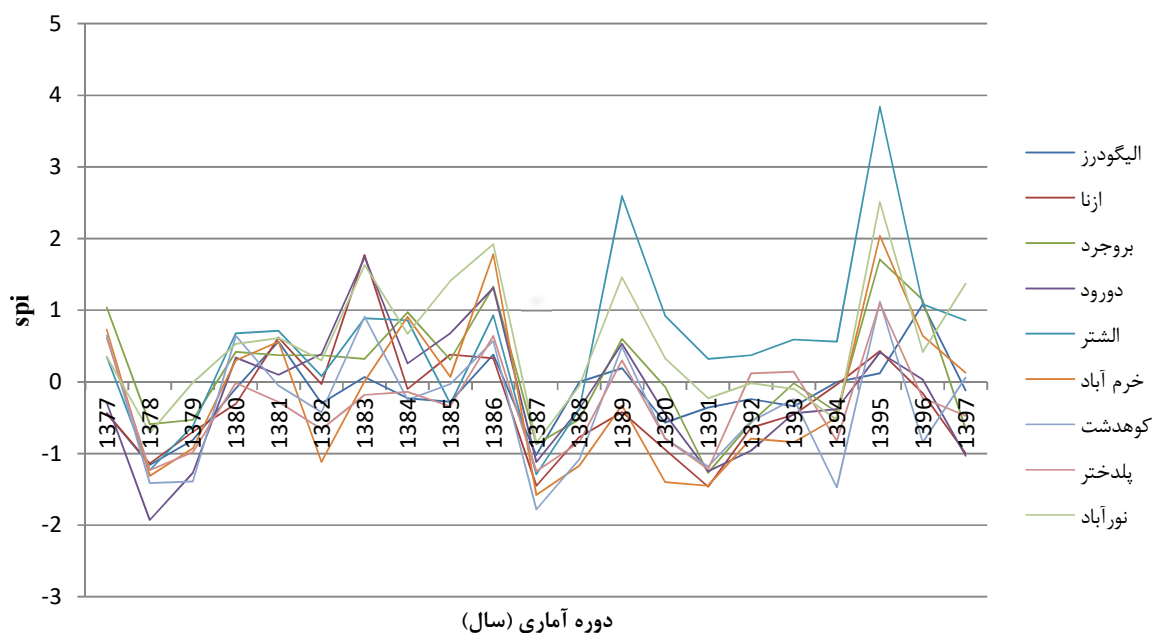
Z: آماره توزیع نرمال استاندارد است و در یک آزمون دو دامنه بسته به سطوح اعتماد مورد آزمون می‌تواند مقادیر مختلفی به خود گیرد و S: پارامتر روش من-کندال است که به نحوه محاسبه آن در بالا اشاره گردید. مقدار آماره Z برای سطوح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد به ترتیب برابر با ۱/۹۶ و ۲/۵۸ در نظر گرفته می‌شود.

نتایج و بحث

برای بررسی خشکسالی در استان، نمودار روند تغییرات خشکسالی ایستگاه‌های سینوپتیک هر شهرستان به عنوان نماینده ایستگاه‌های موجود در هر شهرستان ارائه شده است. شکل ۲ نشان دهنده نمودار تغییرات خشکسالی شهر-های استان لرستان در طول دوره آماری ۲۱ ساله است. باتوجه به شکل ۲ نتایج حاکی از آن است که با توجه به مقیاس طبقه‌بندی مقادیر (SPI)، شهرستان الیگودرز در سال‌های ۷۸ و ۸۷ خیلی خشک بوده و در سال ۱۳۹۶ مرطوب متوسط و سال ۱۳۷۹ خشکسالی متوسط اتفاق

است. شهرستان سلسله با توجه به شاخص (SPI) در سال-های ۸۹ و ۹۵ شدیداً مرطوب بوده است. شهرستان دورود در سال ۷۸ در وضعیت خیلی خشک بوده است؛ در این شهرستان در سال‌های ۷۹، ۸۷، ۹۱ و ۹۷ خشکسالی متوسط به وقوع پیوسته است. شهر بروجرد در سال ۹۵ وضعیت خیلی مرطوب و در سال ۹۱ نسبتاً خشک بوده است. در شهرستان ازنا طبق استاندارد شاخص (SPI) در سال‌های ۸۷ و ۹۱ خشکسالی خیلی خشک و سال ۸۳ خشکسالی خیلی مرطوب رخ داده و شهر نورآباد در سال ۹۵ شدیداً مرطوب بوده و خشکسالی در این شهر در این دوره آماری اتفاق نیفتاده است.

افتاده و در مابقی سال‌ها دارای وضعیتی نرمال بوده است. نمودار تغییر روند خشکسالی در پلدختر، در سال ۷۹ جهشی مثبت نسبت با سال ۸۰ رخ داده و از وضعیت خشک متوسط به وضعیت نرمال رسیده، همچنین در سال ۹۱ وضعیت به صورت خیلی خشک بوده که در سال ۹۲ وضعیت به حد نرمال رسیده است در حالی که در سال‌های ۸۶ و ۸۷ جهش به صورت منفی اتفاق افتاده به این صورت که در سال ۸۷ وضعیت خیلی خشک رخ داده است. در شهرستان کوهدشت در سال ۱۳۸۷ خشکسالی شدید رخ داده است؛ همچنین در سال‌های ۷۸، ۸۷، ۹۱، ۸۸ و ۹۴ خشکسالی اتفاق افتاده و در مقابل وضعیت خشکسالی در سال ۹۵ مرطوب بوده است. شهر خرم آباد در سال‌های ۷۸، ۸۷، ۹۰ و ۹۱ خیلی خشک و سال‌های ۹۵ و ۸۶ خیلی مرطوب بوده



شکل (۲). نمودار روند تغییرات زمانی مقادیر خشکسالی سالانه ایستگاه‌های لرستان

ترسالی در شهر سلسله است. روند تغییرات ۲۱ ساله مقدار شاخص SPI در بقیه شهرها فاقد معنی‌داری بوده است. با این حال، در ایستگاه‌های ازنا، بروجرد، دورود و کوهدشت روند کاهشی بوده و در واقع روند کلی رو به خشکسالی بوده است. در مقابل در ایستگاه‌های الیگودرز، نورآباد، پلدختر و خرم‌آباد روند افزایشی بوده است که نشان می‌دهد روند کلی

برای بررسی روند تغییرات خشکسالی سالانه در استان لرستان در دوره آماری ۲۱ ساله از آزمون من-کندال استفاده گردید که نتایج در جدول ۳ آمده است. با توجه به جدول ۳، در سطح احتمال ۹۵ درصد مقدار شاخص SPI سلسله افزایش یافته و این افزایش معنی‌دار بوده است که بیانگر روند کاهشی خشکسالی و به عبارت دیگر افزایش

رو به ترسالی در این ایستگاه‌ها بوده است. Laimighofer

Bera et al (2021) and Laaha (2022) در مطالعات

خود روند افزایشی خشکسالی را در منطقه مورد مطالعه گزارش کردند.

جدول ۳- مقادیر روند خشکسالی

شهر	الیگودرز	نورآباد	پلدختر	کوه‌دشت	خرم‌آباد	سلسله	دورود	بروجرد	ازنا
مقدار Z	۱/۶۳۲	۰/۳۶۳	۰/۵۱۴	-۰/۳۰۲	۰/۲۱۲	۲/۱۴۶	-۰/۲۱۲	-۰/۵۱۴	-۰/۳۹۳

جدول می‌توان خشک‌ترین ایستگاه را ایستگاه کوه‌دشت معرفی کرد؛ زیرا دارای یک سال فراخشک، ۳ سال بسیار خشک و ۲ سال نسبتاً خشک بوده است. در مقابل ایستگاه نورآباد به دلیل اینکه دارای یک سال فرامرطوب، ۲ سال بسیار مرطوب و ۳ سال نسبتاً مرطوب بوده است، به عنوان مرطوب‌ترین ایستگاه معرفی می‌شود.

جدول ۴ دربردارنده تعداد رده‌های مختلف خشکسالی برای ایستگاه‌های منتخب استان لرستان است که وضعیت کلی خشکسالی ایستگاه را در دوره زمانی مورد مطالعه بیان می‌دارد. طبق این جدول ایستگاه خرم‌آباد به‌عنوان مرکز استان دارای ۱۳ سال نرمال، ۳ سال نسبتاً خشک، ۳ سال بسیار خشک و ۲ سال بسیار مرطوب بوده است. با توجه به این

جدول ۴- تعداد رده‌های مختلف خشکسالی برای ایستگاه‌های منتخب در دوره زمانی مود ۲۱ ساله

فراخشک	بسیار خشک	نسبتاً خشک	نرمال	نسبتاً مرطوب	بسیار مرطوب	فرامرطوب
خرم‌آباد	۰	۳	۱۳	۰	۲	۰
کوه‌دشت	۱	۳	۱۴	۱	۰	۰
نورآباد	۰	۰	۱۵	۳	۲	۱
سلسله	۰	۱	۱۷	۰	۱	۰
پلدختر	۰	۳	۱۶	۱	۰	۰
دورود	۱	۰	۱۴	۱	۱	۰
بروجرد	۰	۰	۱۶	۳	۱	۰
الیگودرز	۰	۲	۱۲	۳	۱	۰
ازنا	۰	۲	۱۵	۰	۱	۰

نتیجه‌گیری

مختلف، سال ۹۱ به عنوان نماینده سال‌های خشک، سال ۹۵ به عنوان نماینده سال‌های تر و سال ۹۷ به عنوان نماینده سال‌های نرمال انتخاب شد. نتایج بررسی روند تغییرات زمانی شاخص (SPI) و آزمون من-کندال نشان داد در استان لرستان نواحی شرق استان لرستان بیشتر با خشکسالی مواجه شده است. به طور کلی می‌توان خشک-ترین ایستگاه را کوه‌دشت و مرطوب‌ترین ایستگاه را نورآباد، معرفی کرد. با توجه به نتایج این تحقیق و وقوع خشکسالی-های مختلف در نقاط مختلف استان، برای مقابله با تأثیرات این پدیده، برنامه‌ریزی صحیح و مناسب منابع آب و بیمه محصولات کشاورزی خصوصاً در شهرستان کوه‌دشت که

در این پژوهش وضعیت اقلیمی استان لرستان طی دوره آماری ۲۱ ساله با استفاده از شاخص استاندارد (SPI) بررسی گردید. نتایج حاکی از آن است که با توجه به مقیاس طبقه‌بندی مقادیر (SPI)، شهرهای دورود در سال (۱۳۷۸) و کوه‌دشت در سال (۱۳۸۷) شدیداً خشک بوده و سلسله در سال‌های (۱۳۸۹) و (۱۳۹۵) و شهرستان نورآباد در سال (۱۳۹۵) شدیداً مرطوب بوده است. با بررسی روند خشکسالی با استفاده از آزمون من-کندال مشخص گردید که شهر سلسله در سطح احتمال ۹۵ دارای روندی مثبت و معنی‌دار بوده است و مابقی شهرها فاقد روند معنی‌دار هستند. با بررسی سری زمانی شاخص (SPI) ایستگاه‌های

بیشتر از سایر مناطق استان با خشکسالی مواجه بوده است، پیشنهاد می‌شود.

منابع

- Abedzadeh M., Arastoo B., Nankali H. 2017. Dry analysis of agricultural drought using remote sensing and GIS techniques (study area: Semnan province), application of geographic information system and sensing in planning, 9(1), pp. 18-36. (In Persian)
- Abuzar M.K., Shafiq M., Mahmood S. A., Irfan M., Khalil T., Khubaib N., Shaista S. 2019. Drought risk assessment in the Khushab region of Pakistan using satellite remote sensing and geospatial methods. *International Journal of Economic and Environmental Geology*, 10(1), 48-56.
- Aladaileh H., Al Qinna M., Karoly B., Al-Karablieh E., Rakonczai J. 2019. An investigation into the spatial and temporal variability of the meteorological drought in Jordan. *Climate*, 7(6), 82.
- Bera B., Shit P. K., Sengupta N., Saha S., Bhattacharjee S. 2021. Trends and variability of drought in the extended part of Chhota Nagpur plateau (Singbhum Protocontinent), India applying SPI and SPEI indices. *Environmental Challenges*, 5, 100310.
- Borna, R., Azimi, F., Saeedi, D. N., 2010. Comparison of SIAP, PN AND RAI Index for Surveying of Droughts in Khuzestan Province Emphasizing the Abadan and Dezful Stations. *journal of physical geography*, 3(9), 77-88 (In Persian)
- Byun H. R., Wilhite D.A. 1999. Objective quantification of drought severity and duration. *Journal of climate*, 12(9), 2747-2756.
- Dehghani Sargazi H., Bazarafshan A., Zamani H. 2021. Investigating the effect of meteorological-agricultural drought on rainfed wheat yield in Iran using the SPEI index. *Newar*, 45(114-115), 15-26. (In Persian)
- Delpla I., Jung A. V., Baures E., Clement M., Thomas O. 2009. Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environment international*, 35(8), 1225-1233.
- Ellis A. W., Goodrich G. B., Garfin G. M. 2010. A hydroclimatic index for examining patterns of drought in the Colorado River Basin. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 30(2), 236-255.
- Hamzeh S., Farahani Z., Mahdavi S., Chatrabgoun O., Gholamnia M. 2017. Spatio-temporal monitoring of agricultural drought using remotely sensed data (Case study of Markazi province of Iran). *journal of spatial analysis environmental hazards*, 4(3), 53-70. (In Persian)
- Hao Z., Singh V. P. 2013. Entropy-based method for bivariate drought analysis. *Journal of Hydrologic Engineering*, 18(7), 780-786.
- Hejazi Zadeh Z., Nasserzadeh M. H., Hatemif D., Rezaei M. 2014. Application of Statistical Methods and Drought Profiles in Analyzing Precipitation Fluctuations. Case Study: Kerman Station. *Geographic Study of Arid Regions*. (In Persian)
- Kendall M. 1975. Rank Correlation Methods, Griffin, London.
- Khosravani Z., Parsamehr A., Mohammadi B., Farsi Z. 2013. Drought investigation of Khuzestan province using SPI and PNPI index. The 6th national conference on watershed management and management of water and soil resources of the country. (In Persian)
- Kousari M. R., Ekhtesasi M. R., Maleikenzhad H. 2017. Investigation of meteorological and agricultural drought trends in hyper-arid, arid and semi-arid regions of the world. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 6(14), 91-105. (In Persian)
- Laimighofer J., Laaha G. 2020, May. How standard are standardized drought indices? Uncertainty contributions for the SPI & SPEI case. In EGU General Assembly Conference Abstracts (p. 4716).
- Mahmoudi P., Tavosi T., Shahuzai A. 2015. Drought and its impact on the quality of surface water resources in Sistan and Baluchistan province. *Journal of water research in agriculture*. 29(1):21-35. (In Persian)
- Maleki Nejad H., Soleimani Motlaq M., Jaydari A., Abshuri S. 2011. Analysis of changes in rainfall and drought using Mann-Kendall and age tests in Tehran province, *Newar*, 37(81-80), pp. 43-54. (In Persian)
- Mann, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrical*. 13, 245-259.
- McKee T. B., Doesken N. J., Kleist J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183).
- Mishra A. K., Desai V. R. 2005. Spatial and temporal drought analysis in the Kansabati river basin, India. *International Journal of River Basin Management*, 3(1), 31-41.
- Mishra A.K., Singh V.P. 2010. A review of drought concepts. *J. Hydrol.* 391 (1-2), 202-216.
- Mohammadinajad J., Halabian A. 2012. Drought zoning of Lorestan province using SPI standard precipitation index. The third national conference on combating desertification and sustainable development of desert wetlands in Iran. *Arak* (In Persian)
- Muniri J. 2004. Studying the climate characteristics of the catchment area of Lake Urmia to analyze drought periods. Master's Thesis in Climatology, Faculty of Humanities and Social Sciences, Tabriz University. (In Persian)
- Qayenati S.H., Fazl Ola R., Masoudian M.,

Nadali M. 2018. Investigating the temporal relationship between meteorological drought and surface water drought (case study: Tajen Basin). The 7th National Conference on Water Resources Management of Iran. Yazd University. (In Persian)

Rahman M. R., Lateh H. 2016. Meteorological drought in Bangladesh: assessing, analysing and hazard mapping using SPI, GIS and monthly rainfall data. *Environmental Earth Sciences*, 75(12), 1026.

Rajabzadeh S., Mosaedi A., Qobaeisouq M. 2021. Evaluation of meteorological, hydrological and groundwater droughts in Kashmar and Bardaskan plains and their relationship with each other. *Scientific journal of rain catchment surface systems*, 9(1), pp. 55-71

Shahian R., Jame A.A., Arianfar R., Haghighat M., Dehghan H. 2009. Assessment of the Drought Crisis Threshold of in the Fars Province of Using the Standard Precipitation Index and the Geographic Information System. *water engineering Journal*, 2(4), 33-42. (In Persian)

Suryabhagavan K. V. 2017. GIS-based climate variability and drought characterization in Ethiopia over three decades. *Weather and climate extremes*, 15, 11-23.

Tatina M., Roshani M., Bigdeli A. 2010. MONitoring and Zoning of Drought in Guilan Province. *journal of geographical landscape*. 5(11), 35-56. (In Persian)

Tigkas D., Vangelis H., Tsakiris G. 2016. Introducing a modified Reconnaissance Drought Index (RDle) incorporating effective precipitation. *Procedia engineering*, 162, 332-339.

Yue S., Pilon P., Cavadias G. 2002. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of hydrology*, 259(1-4), 254-271.