



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

## **Evaluation of Standardized Precipitation Index (SPI) to identify drought in selected station of the Salt Lake watershed**

**Mahdieh Afsharinia<sup>\*1</sup>, Fatemeh Panahi<sup>2</sup>, Esmail Arabmomeni Mohammadabadi<sup>3</sup>, Mohammad Hossein Nasajian<sup>4</sup>, seyed Meysam Davoudi<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> PhD student, Department of Desertification, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Kashan University, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Desertification, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Kashan University, Iran

<sup>3</sup> Master's degree student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari University, Iran

<sup>4</sup> PhD student, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Iran

<sup>5</sup> PhD student, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Kashan University, Iran

Received: 18.10.2022; Accepted: 15.01.2023

### **Abstract**

Drought is one of the most chronic environmental instabilities that has extensive environmental effects. In this research, the evaluation of standardized precipitation index (SPI) based on precipitation and temperature data in Kashan synoptic station for the statistical period of 1919-1970 has been done. In order to check the trend, Mann-Kendall and Pettie tests were used. According to the results in Kashan station, from 1992 to the first quarter of 1994, with 27 months, it had the longest drought period and from 2015 to 2018, it had the longest drought period. The results of the Mann-Kendall test for the parameter of total monthly and annual precipitation showed a significant downward trend of precipitation in December. For the parameters of maximum temperature, minimum temperature and average temperature, the average temperature showed a significant downward trend in the months of April, August and November. The time series of minimum temperature and maximum temperature parameters showed similar results, so that these parameters had a homogeneous trend in most months. Of course, this trend for the maximum temperature time series in March was heterogeneous and significant at the 5% confidence level. The Pettie test for the average temperature parameter showed different results, and the time series for this parameter in the months of April, June, July, August, September, November and on an annual scale had a heterogeneous trend. In general, it can be acknowledged that the awareness of the process and characteristics of drought plays an important role in the management of dry areas.

**Keywords:** Temporal analysis, Mann-Kendall test, Terrible, precipitation data, dry areas

---

\* Corresponding Author: Afshari\_mahdie@yahoo.com



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست"

دوره اول، شماره دوم

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

## ارزیابی نمایه بارش استاندارد شده (SPI) جهت شناسایی خشک سالی در ایستگاه منتخب حوزه آبخیز دریاچه نمک

مهديه افشاری نیا<sup>۱</sup>، فاطمه پناهی<sup>۲</sup>، اسماعیل عرب مؤمنی<sup>۳</sup>، محمد حسین نساجیان<sup>۴</sup>، سید میثم داودی<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، گروه بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران

<sup>۲</sup> استادیار، گروه بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران

<sup>۳</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگل‌داری، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ساری، ایران

<sup>۴</sup> دانش‌آموخته دکتری، گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، ایران

<sup>۵</sup> دانشجوی دکتری آبخیزداری، گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۵

### چکیده

خشک سالی یکی از مزلزلین ناپایداری‌های محیطی است که اثرات زیست‌محیطی گسترده دارد. در این پژوهش به ارزیابی نمایه بارش استاندارد شده (SPI) در مقیاس (SPI3, SPI6, SPI12) براساس داده‌های بارش و دما در ایستگاه سینوپتیک کاشان برای دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۱۹ پرداخته شده است. به منظور بررسی روند از آزمون من-کندال و پتی استفاده شده است. طبق نتایج در ایستگاه کاشان از سال ۱۹۹۲ تا سه ماهه اول ۱۹۹۴ با ۲۷ ماه دارای بیش‌ترین تداوم دوره ترسالی و سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ دارای بیش‌ترین تداوم خشک سالی بود. نتایج آزمون من-کندال برای پارامتر مجموع بارش ماهانه و سالانه، روند نزولی معنی‌دار بارش را در ماه دسامبر نشان داد. برای پارامترهای دمای حداکثر، دمای حداقل و دمای متوسط نیز روند نزولی معنی‌دار میانگین دمای متوسط را در ماه‌های آپریل، اگوست و نوامبر نشان داد. سری‌های زمانی پارامترهای دمای حداقل و دمای حداکثر نتایج مشابهی را نشان داد به طوری که این پارامترها در اغلب ماه‌ها دارای روند همگن بودند. البته این روند برای سری زمانی دمای حداکثر در ماه مارس ناهمگن و در سطح اطمینان ۵ درصد نیز معنی‌دار بود. آزمون پتی برای پارامتر دمای میانگین نتایج متفاوتی را نشان داد و سری‌های زمانی برای این پارامتر در ماه‌های آپریل، ژوئن، ژولای، اگوست، سپتامبر، نوامبر و در مقیاس سالانه روند ناهمگنی داشت. به طور کلی می‌توان اذعان نمود آگاهی از روند و ویژگی‌های خشک سالی نقش مهمی در مدیریت مناطق خشک دارد.

واژگان کلیدی: آنالیز زمانی، آزمون من-کندال، ترسالی، داده‌های بارش، مناطق خشک

\* نویسنده مسئول، Email: Afshari\_mahdie@yahoo.com

## مقدمه

خشک سالی عبارت است از کاهش بارش در دوره‌ای بلندمدت، به طوری که سبب افت رطوبت خاک و آب‌های جاری می‌گردد و فعالیت‌های انسانی و حیات طبیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طور کلی؛ خشک سالی یک مخاطره طبیعی است که چالش‌های جبران‌ناپذیری به اکوسیستم‌ها و جوامع بشری تحمیل می‌نماید (Rahimi, 2023) و یکی از زیان‌بارترین پدیده‌های طبیعی است که در صورت وقوع دارای طبعات گوناگونی است. به طور مسلم؛ یکی از زمینه‌هایی که خشک سالی در آن اثرگذار است منابع آبی می‌باشد لذا بایستی قبل، حین و پس از خشک سالی اقدامات مناسب صورت پذیرد تا اثرات نامطلوب آن به حداقل برسد (Mohseni Saravi et al., 2022). با توجه به این که کشور ایران بر روی کمربند خشک جهان قرار گرفته است، در چند سال اخیر خسارات بسیاری در قسمت‌های شرقی، مرکزی و جنوبی کشور به علت تغییرات میزان بارندگی ایجاد شده است که پهنه استان اصفهان به دلیل شرایط خاص اقلیمی از این پدیده در امان نبوده است و همواره وقوع خشک سالی در تمام مناطق آن به چشم می‌خورد. آستانه خشک سالی مطابق ویژگی‌های اقلیمی هر منطقه تعیین می‌گردد (Vicente Serrano et al, 2010) و اغلب در هر منطقه‌ای یک شرایط خاص به عنوان شرایط نرمال در نظر گرفته می‌شود (Zarepour Jaynani, 2022). (Khodagoli et al. 2015) با استفاده از آزمون من-کندال، مدل سری زمانی ARIMA و شاخص<sup>۱</sup> SPI به پیش‌بینی وقوع خشک سالی استان اصفهان در پنج ساله آینده پرداختند و نتایج ایشان نشان داد که اکثر نقاط استان اصفهان در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ با خشک سالی شدید روبرو بوده است. (Vali and Roustaei 2017) با استفاده از داده‌های سری زمانی بارش در یازده ایستگاه سینوپتیک واقع در مرکز ایران در یک دوره زمانی ۵۰ ساله به بررسی و تحلیل روند خشک سالی پرداختند و گزارش نمودند که؛ شاخص SPI در تمام ایستگاه‌ها در مقیاس‌های زمانی ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه، به طور معنی‌دار افزایشی بوده است. (2018)

Kosari et al با استفاده از شاخص SPI و داده‌های سری زمانی بارش در یک دوره ۴۵ ساله از سال ۱۹۷۰ الی ۲۰۱۴ در مناطق فراخشک، خشک و نیمه خشک جهان، به ارزیابی و تحلیل روند خشک سالی در مقیاس‌های زمانی کوتاه مدت پرداختند. نتایج نشان داد که خیلی از مناطق جهان بدون روند بوده ولی در کشورهای جهان سوم و کشورهای در حال توسعه که روند منفی SPI را نشان می‌دهند خشک سالی‌ها نیز در حال افزایش می‌باشد. (Nowrozi et al 2019) پیش‌بینی وضعیت خشک سالی طی دوره ۲۰ ساله تحت رویکرد تغییر اقلیم در ایستگاه‌های ایلام و دهلران بیان نمودند که؛ در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۴ وضعیت خشک سالی براساس شاخص SPI در ایستگاه ایلام نسبتاً مرطوب و در ایستگاه دهلران ترسالی مشاهده شد. (2018) Kastanos et al در یک پژوهش با ارزیابی دوره‌های ترسالی و خشک در قبرس با استفاده از شاخص‌های آب و هوایی در یک دوره ۵۰ ساله پرداختند. نتایج پژوهش نشان‌دهنده افزایش وقوع بارندگی شدید و نیز کاهش کمی در زمان خشک سالی شدید بود. (et al Zhang 2023) ارزیابی خشک سالی در چین از سال ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۸ SPI و شاخص تعرق بارندگی (SPEI) گزارش نمودند که؛ شاخص‌های SPI و SPEI روزانه نسبت به شاخص‌های SPI و SPEI ماهانه به خشک سالی حساس‌تر است. (et al 2023) Chisadz با ارزیابی خشک سالی‌های اقلیمی با استفاده از شاخص SPI در زیمبابوه گزارش نمودند که؛ SPI دارای روند منفی است و خشک سالی‌ها در حال افزایش می‌باشد. بدین ترتیب هدف این پژوهش ارزیابی نمایه بارش استاندارد شده (SPI) جهت شناسایی خشک سالی در حوزه آبخیز دریاچه نمک و تحلیل روند شاخص بر اساس آزمون‌های ناپارامتریک (آزمون من-کندال و پتی) است.

## مواد و روش‌ها

## منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بین طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه و ۶ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۲۸ دقیقه و ۲۳ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۰ دقیقه و ۸ ثانیه

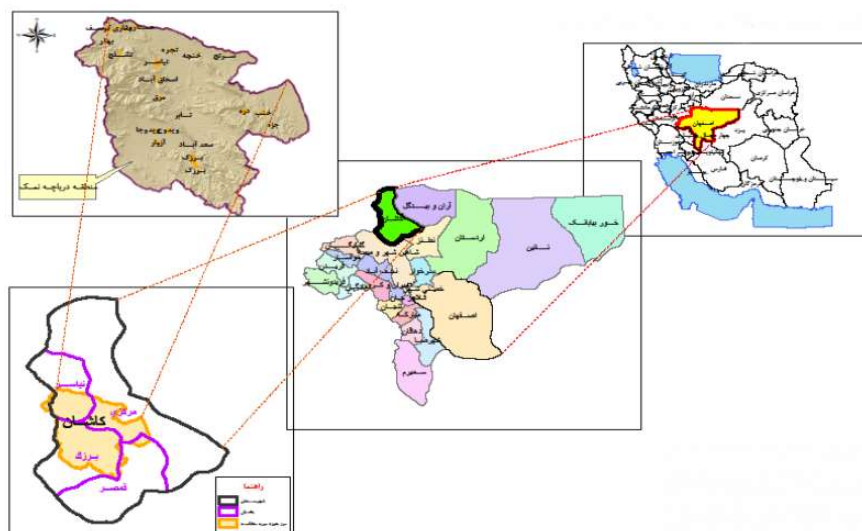
<sup>1</sup>Standardized Precipitation Index<sup>2</sup>pettiet

تا ۳۴ درجه و ۴ دقیقه و ۲۱ ثانیه شمالی واقع شده است.

دریاچه نمک ۱۹۴/۹۱ کیلومتر می‌باشد. ارتفاع متوسط وزنی کل حوزه ۱۹۶۷/۵ متر و شیب متوسط وزنی در کل حوزه ۳۳ درصد است. حداقل ارتفاع حوزه مورد مطالعه ۹۷۸ متر و حداکثر ارتفاع ۳۶۰۰ متر است. حوزه آبخیز دریاچه نمک در استان اصفهان، شهرستان کاشان و در بخش‌های مرکزی، برزک و نیاسر واقع می‌باشد. بخش

وسعت حوزه آبخیز ۱۰۴۱۸۱/۸۱ هکتار و محیط حوزه

مرکزی شامل دهستان کوهپایه، بخش برزک شامل دهستان‌های بابا فضل و گلاب و بخش نیاسر شامل دهستان نیاسر است (Heydari Sarban, and Bakhtar, 2016). موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) ارائه شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در سطح کشور و استان

#### داده‌ها و ایستگاه مورد مطالعه

برای پایش خشک‌سالی و ترسالی از داده‌های بارش منتخب بایستی نزدیک به حوضه و معرف شرایط کلی منطقه باشند و نیز برای پایش خشک‌سالی نیاز به دوره آماری بلندمدت است (Tsakiris et al, 2007)، لذا فقط

ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک کاشان برای دوره آماری ۲۰۱۹-۱۹۷۰ استفاده شد. با توجه به اینکه ایستگاه‌های ایستگاه سینوپتیک کاشان شرایط فوق را داشت. جدول (۱)، مشخصات ایستگاه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه سینوپتیک کاشان

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	سال شروع دوره آماری	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
کاشان	سینوپتیک	۱۹۷۰	۳۷۶۰.۳۹۹	۵۴۱۵۶۴

شاخص SPI

با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) در مقیاس‌های زمانی مختلف ۳، ۶ و ۱۲ ماهه، دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی در حوزه آبخیز دریاچه نمک، بررسی

گردید. نمایه بارندگی استاندارد پرکاربردترین شاخص در پایش خشک‌سالی است. شاخص بارش استاندارد شده بارش (SPI) را نخستین بار (Mckee et al 1993) ارائه

شاخص SPI به صورت مقادیر مثبت و منفی بیان می‌شود. مقادیر منفی شاخص SPI نشان‌دهنده خشک‌سالی و مقادیر مثبت شاخص SPI نشان‌دهنده ترسالی می‌باشند (Parvin nia and Riahi Farsani, 2016). جدول (۲)، طبقه‌بندی شاخص SPI را نشان می‌دهد.

داده‌اند. شاخص بارش استاندارد شده براساس احتمال بارش برای هر بازه زمانی می‌باشد. برای محاسبه شاخص SPI از تابع چگالی توزیع گاما و گاهی از تابع پیرسون برای برازش داده‌های بلندمدت بارش استفاده می‌شود، که پس از انجام محاسبات لازم و تعیین پارامترهای مربوطه

جدول ۲- طبقه‌بندی شاخص SPI (مک‌کی و همکاران، ۱۹۹۳)

توصیف وضعیت	طبقات شاخص
رطوبت بسیار شدید	بیشتر از ۲
رطوبت شدید	۱/۵ تا ۱/۹۹
رطوبت متوسط	۱ تا ۱/۴۹
نرمال	۰/۹۹ - تا ۰/۹۹
خشک‌سالی متوسط	۱ - تا ۱/۴۹
خشک‌سالی شدید	۱/۵ - تا ۱/۹۹
خشک‌سالی بسیار شدید	کمتر از ۲-

را نشان می‌دهد، آزمون روند بر روی جز سری‌ها و در صورت عدم معنی‌داری نقطه شکست آزمون روند بر روی کل سری اعمال می‌شود (Takeuchi et al, 2003). در پژوهش حاضر، به منظور بررسی شکست سری‌های زمانی اقلیمی از این روش در سطح معنی‌داری ۵ درصد استفاده شد. همچنین تمام اشکال با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شده است.

#### نتایج

##### نتایج شاخص SPI در ایستگاه کاشان

شاخص SPI، ۳، ۶ و ۱۲ ماهه در شکل (۲)، نشان داده شده است. با توجه به نتایج کم‌ترین میزان شاخص SPI در بازه زمانی ۳ ماهه در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۷ که به ترتیب برابر با ۲/۸۶- و ۲/۸۲- بوده است که نشان‌دهنده خشک‌سالی بسیار شدید است. بیش‌ترین مقادیر شاخص SPI ۳ ماهه در سال ۱۹۸۰ رخ داده است که نشان‌دهنده بیش‌ترین شدت ترسالی است. شاخص SPI ۶ ماهه نشان می‌دهد که در سال‌های ۱۹۷۳، ۲۰۰۰، ۲۰۱۷ شرایط خشک‌سالی بسیار شدید حاکم بوده است و بیش‌ترین مقدار شاخص نیز در سال ۱۹۸۰ با عدد ۲/۷۹ رخ داده است که یک دوره ترسالی بوده است. همچنین شاخص SPI ۱۲ ماهه نشان می‌دهد که از بازه ۵۰ ساله فقط یک دوره خشک‌سالی بسیار شدید در سال ۱۹۹۱ رخ داده است و بعد از آن سال

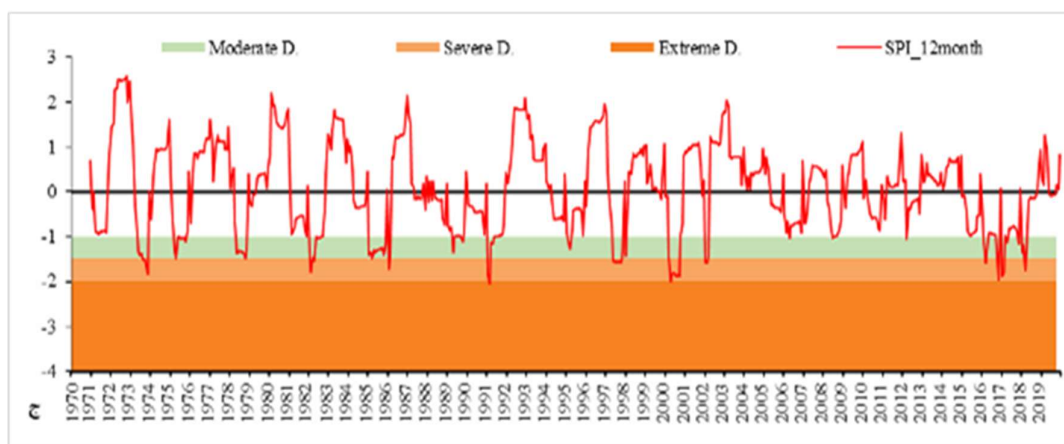
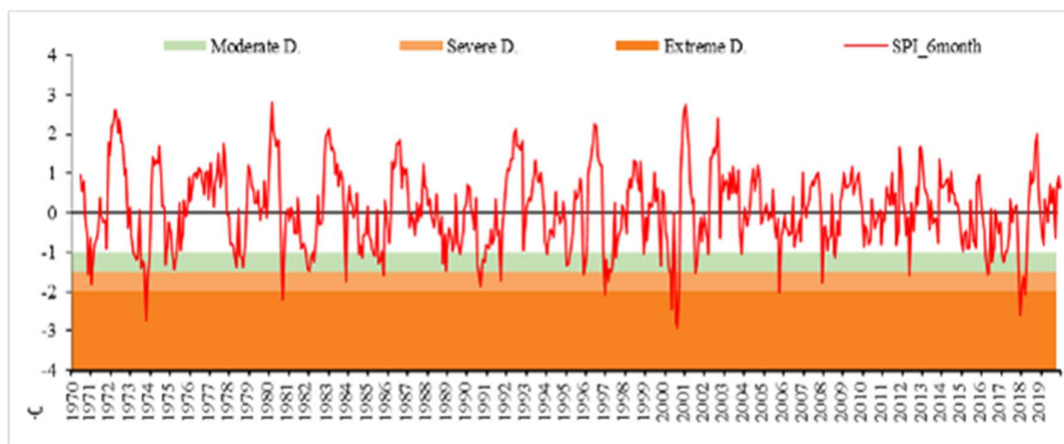
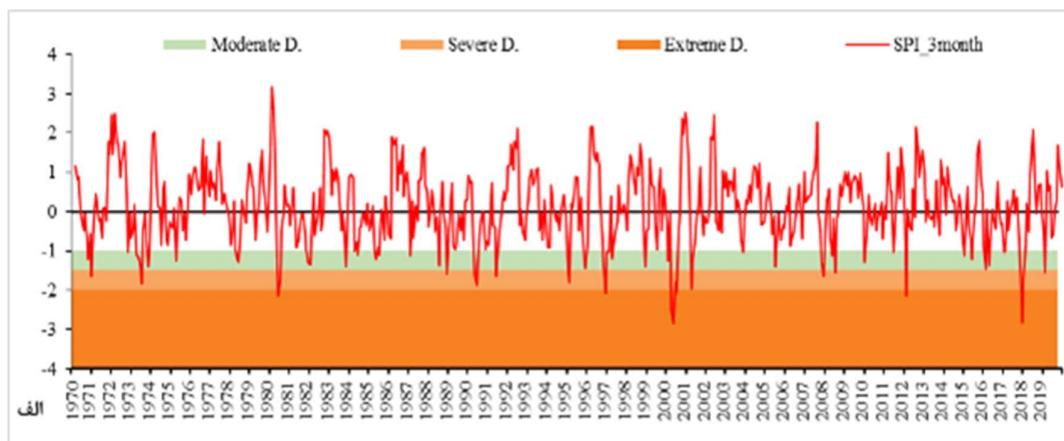
#### آزمون من-کندال

آزمون من-کندال نخستین بار توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) تکامل یافت (Serrano et al, 1999). این روش به‌طور وسیع در مباحث هیدرولوژیکی و هواشناسی کاربرد دارد. آزمون من-کندال از متداول‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ناپارامتریک تحلیل روندی سری‌های زمانی به‌شمار می‌رود. با استفاده از روش من-کندال تغییرات داده‌ها شناسایی و نوع و زمان آن نیز مشخص می‌گردد. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک و رد فرض صفر دال بر وجود روند در سری داده‌ها است (Mavromatis, 2007). در پژوهش حاضر، پارامترهای اقلیمی از جمله بارش و دما با سطح معنی‌داری ۱ و ۵ درصد مورد ارزیابی قرار گرفتند.

##### آزمون پتی (pettiet)

این آزمون در مکانی که در سری زمانی، نقطه تغییر وجود داشته باشد، سری مورد نظر در آن مکان به دو جزء سری تقسیم می‌شود. در صورت معنی‌دار شدن نقطه شکست در سری، نسبت مقادیر میانگین اجزا سری قبل و بعد از نقطه تغییر، برای ارزیابی بزرگی شکست به‌کارگرفته می‌شود. برای سری‌های زمانی که نقطه شکست معنی‌داری

های ۲۰۱۷، ۲۰۱۶، ۲۰۰۰ در طبقه خشک‌سالی شدید قرار دارند.



شکل ۲- مقادیر شاخص SPI ۳ ماهه (الف)، ۶ ماهه (ب) و ۱۲ ماهه (ج) ایستگاه سینوپتیک کاشان در دوره ۱۹۷۰-۲۰۱۹

### نتایج آزمون من-کندال

نتایج بررسی روند بارش با استفاده از آزمون من-

## کندال

من-کندال استفاده شد، که نتایج آن در جدول (۳) ارائه

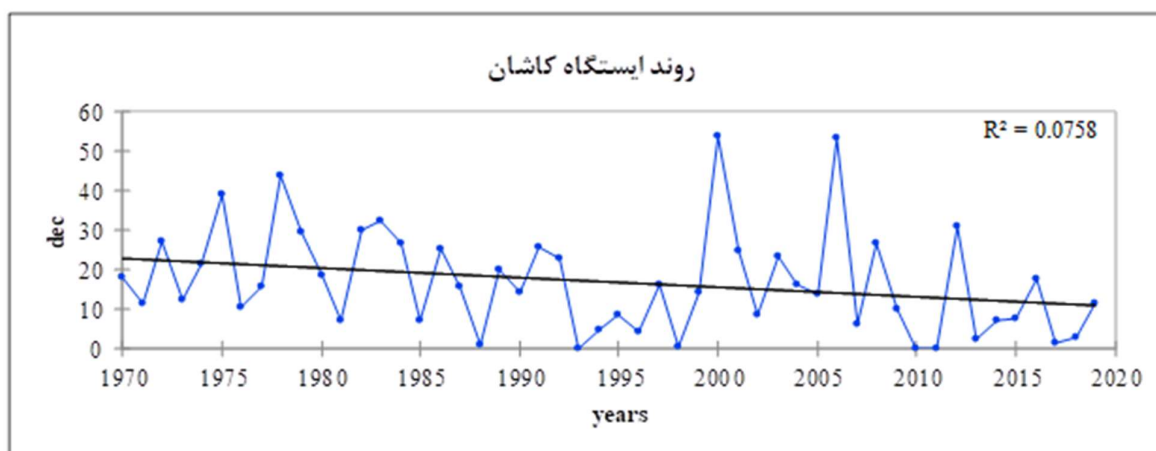
گردیده است. همچنین، شکل (۳)، روند نزولی معنی‌دار بارش را در ماه دسامبر برای ایستگاه کاشان را نشان می‌دهد.

به‌منظور تحلیل روند پارامتر مجموع بارش، از آزمون

جدول ۳- نتایج آزمون من-کندال (آماره Z) برای پارامتر مجموع بارش ماهانه و سالانه

مجموع بارش	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
ایستگاه کاشان	-۰/۷۹	-۱/۱۳	۰/۷۹	۰/۹۲	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۶۰	-۰/۸۲	۱/۴۰	۲/۰۶*	۰/۹۳	-۲/۴۳*	-۱/۱۴

\*مقادیر Z که در سطح اطمینان ۵ درصد داری روند می‌باشند.



شکل ۳- روند بارش در ماه‌های دسامبر و ژانویه در ایستگاه سینوپتیک کاشان

جدول (۴) آمده است. همچنین، شکل (۴)، روند نزولی معنی‌دار میانگین دمای متوسط را در ماه‌های آوریل، اگوست و نوامبر، برای ایستگاه سینوپتیک کاشان، نشان می‌دهد.

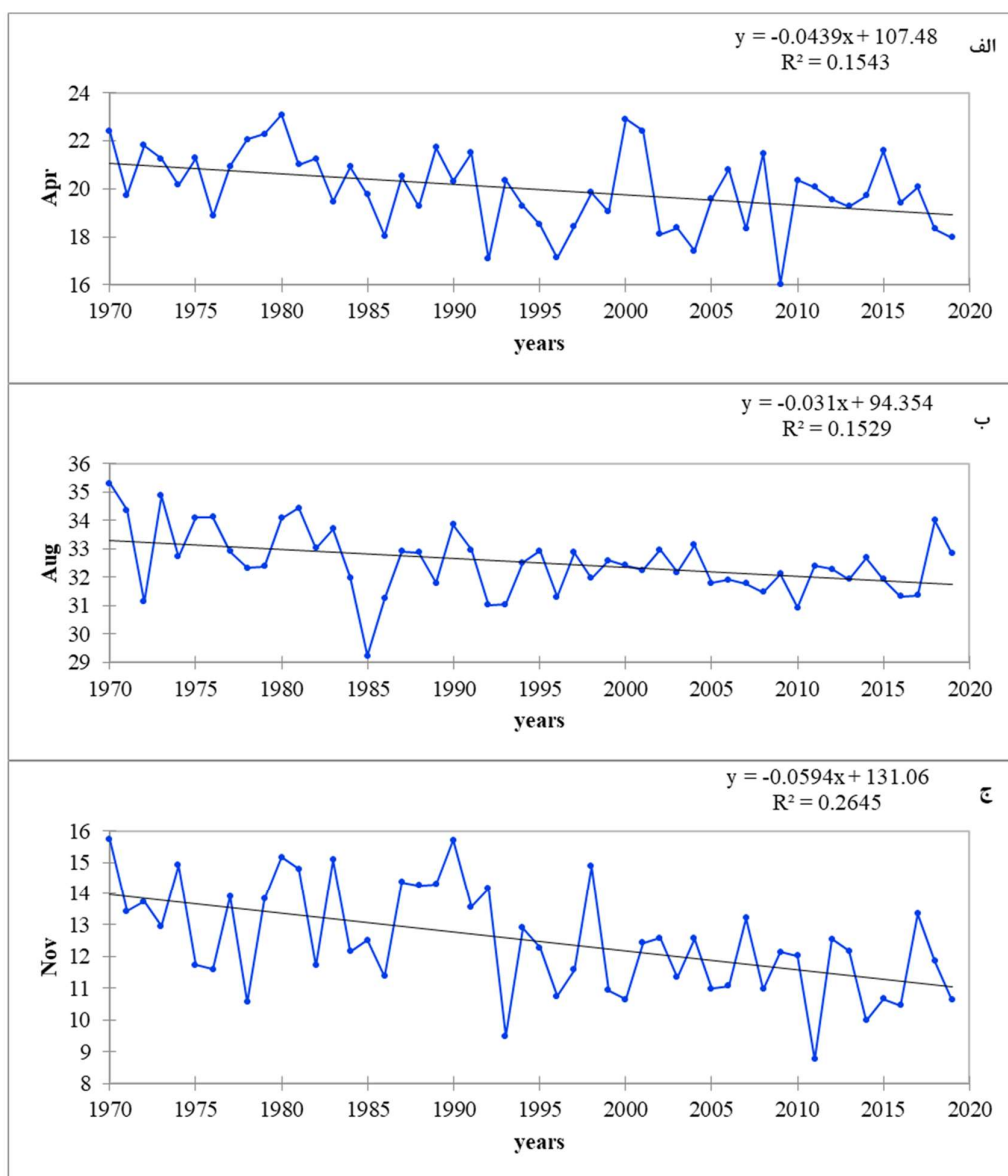
نتایج بررسی روند دما با استفاده از آزمون من-کندال

نتایج آزمون من-کندال برای پارامترهای دمای حداکثر، دمای حداقل، دمای متوسط ایستگاه سینوپتیک کاشان، در

جدول ۴- نتایج آزمون من-کندال (آماره Z) برای پارامتر دما در ایستگاه سینوپتیک کاشان

پارامتر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
دمای حداکثر	۱/۸۷*	۰/۷۰	۱/۵۴	-۱/۰۸	۰/۵۵	-۰/۱۷	-۰/۲۶	۰/۷۰	-۰/۴۷	-۰/۵۸	-۲/۲۲*	۱/۰۲	۱/۲۳
دمای حداقل	۱/۵۵	۱/۹۲*	۱/۳۸	-۰/۴۴	۱/۱۳	۱/۳۴	۱/۱۵	-۰/۲۸	۰/۹۳	۱/۰۵	-۰/۹۲	۰/۳۸	۱/۰۵
دمای متوسط	۰/۶۴	۰/۰۱۶	۰	-۲/۹۲**	-۰/۹۷	-۱/۶۳	-۲/۰۴*	-۲/۹۹**	-۲/۳۷*	-۱/۸۲*	-۳/۶۱**	-۰/۶۰	-۱/۸۵*

\*مقادیر Z که در سطح اطمینان ۵ درصد داری روند می‌باشند.



شکل ۴- روند میانگین دمای متوسط در ایستگاه سینوپتیک کاشان در ماه‌های آپریل، اگوست، نوامبر

به‌اینکه p-value از ضریب اطمینان ۰/۰۵ بزرگتر می‌باشد، بنابراین فرضیه  $H_0$  که به همگن بودن سری‌های زمانی اشاره دارد، تأیید می‌شود و در نتیجه فرضیه  $H_1$  که جهش سری-های زمانی را نشان می‌دهد، رد می‌شود. نتایج آزمون فوق در سری‌های زمانی مجموع بارشی که دارای تغییر ناگهانی و ناهمگنی بودند، هم‌چنین در جدول (۶) نتایج آزمون همگنی پتی برای تحلیل روند متوسط دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای میانگین ارائه شده است.

#### نتایج آزمون پتی

نتایج آزمون همگنی پتی برای تحلیل روند مجموع بارش ماهانه و سالانه و متوسط دمای حداقل، حداکثر و میانگین

نتایج این آزمون برای سری‌های زمانی مجموع بارش در حوزه آبخیز دریاچه نمک در جدول (۵)، ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد در ایستگاه سینوپتیک کاشان و با توجه



جدول ۵- نتایج همگنی سری زمانی مجموع بارش ماهانه و سالانه

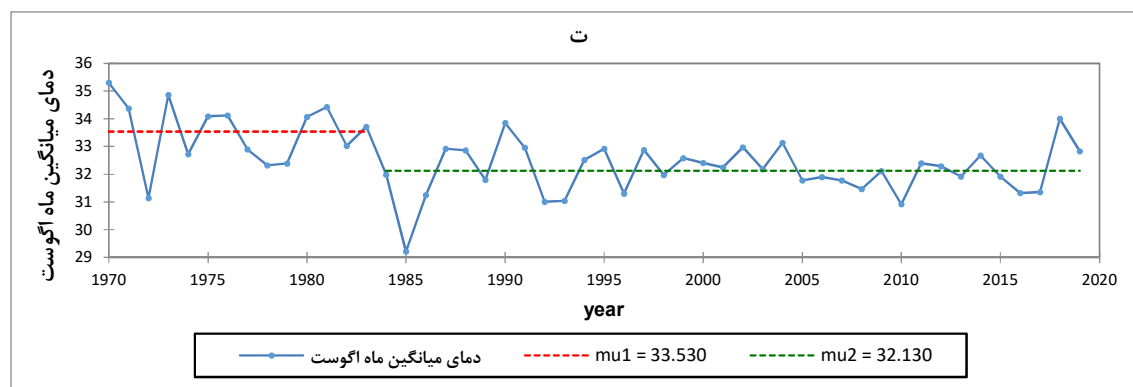
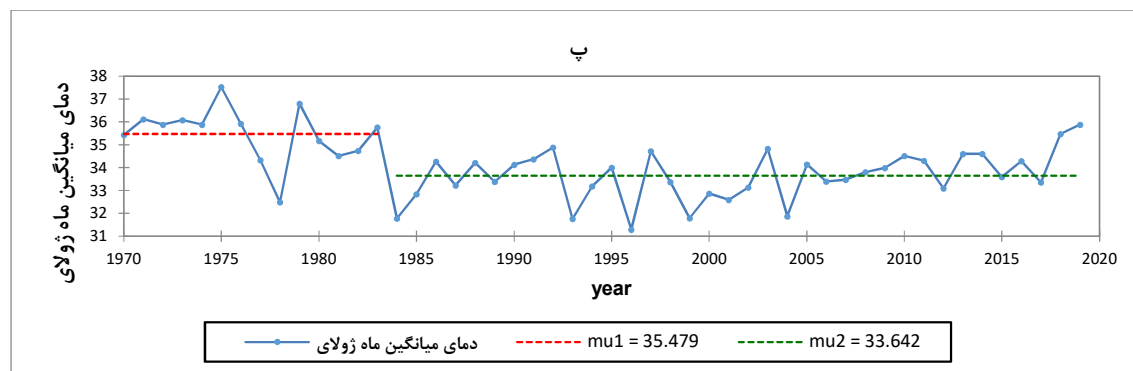
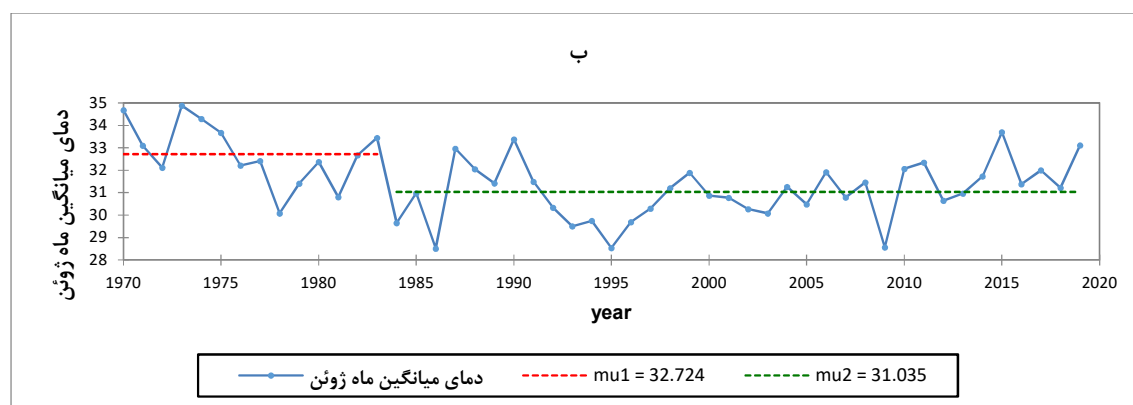
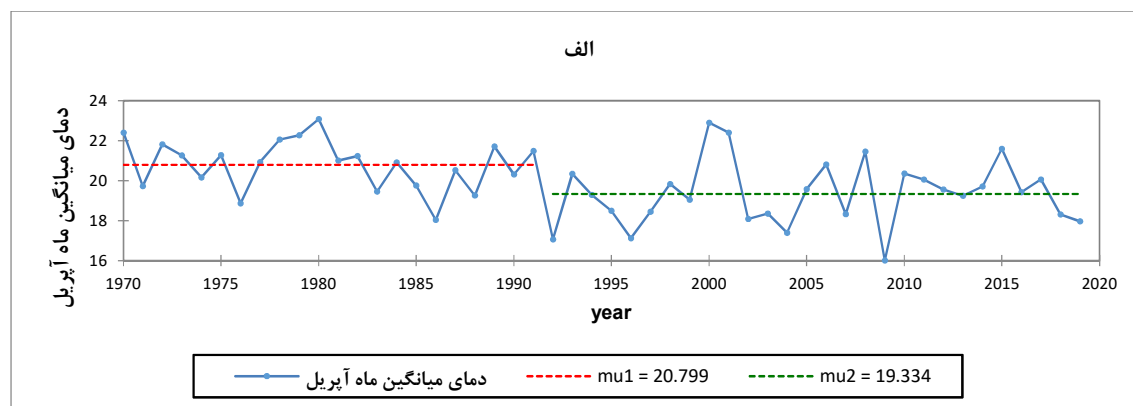
ایستگاه سینوپتیک کاشان		
ماه	P-value	همگنی یا ناهمگنی
ژانویه	۰/۹۲	همگن
فوریه	۰/۳۷	همگن
مارس	۰/۵۹	همگن
آوریل	۰/۲۱	همگن
می	۰/۱۸	همگن
ژوئن	۰/۸۹	همگن
ژولای	۰/۴۰	همگن
آگوست	۰/۸۲	همگن
سپتامبر	۰/۱۸	همگن
اکتبر	۰/۲۶	همگن
نوامبر	۰/۹۹	همگن
دسامبر	۰/۷۵	همگن
سالانه	۰/۶۱	همگن

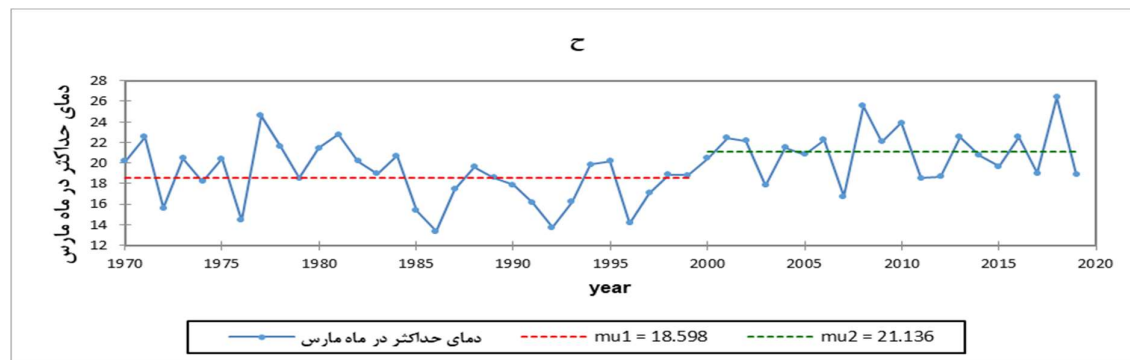
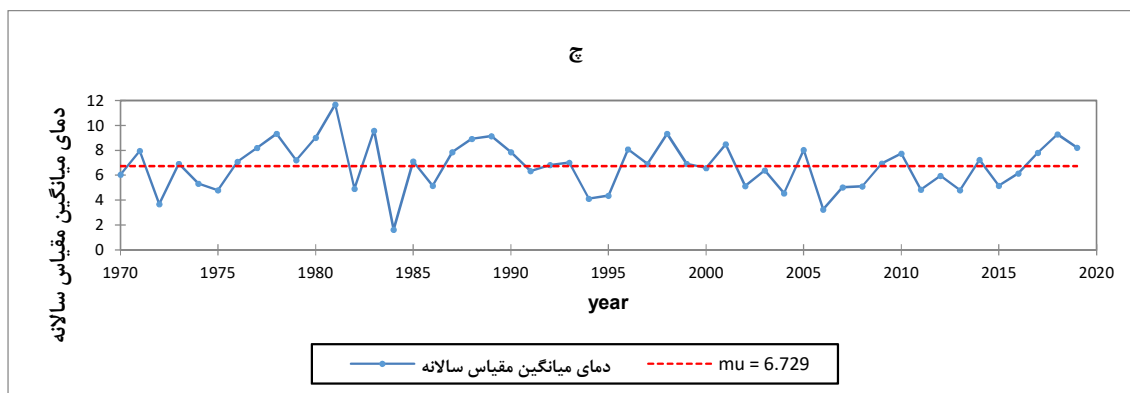
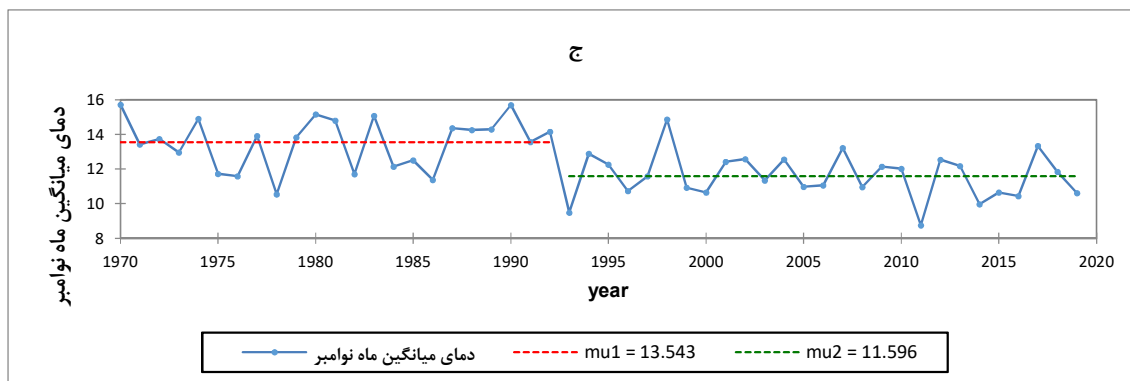
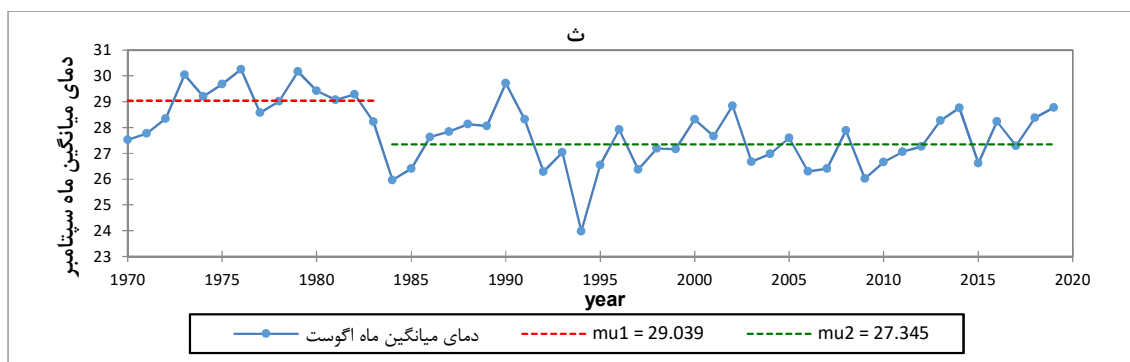
\*مقادیر Z که در سطح اطمینان ۵ درصد داری روند می‌باشند.

جدول ۶- نتایج همگنی سری زمانی متوسط دمای حداقل، دمای حداکثر و دمای میانگین

پارامتر	دمای حداکثر		دمای حداقل		دمای میانگین	
ماه	P-value	همگنی یا ناهمگنی	P-value	همگنی یا ناهمگنی	P-value	همگنی یا ناهمگنی
ژانویه	۰/۳۲	همگن	۰/۳۶	همگن	۰/۵۳	همگن
فوریه	۰/۶۷	همگن	۰/۱۴	همگن	۰/۴۲	همگن
مارس	۰/۰۳۸*	ناهمگن	۰/۰۵۳	همگن	۰/۸۱	همگن
آوریل	۰/۷۲	همگن	۰/۰۷۸	همگن	۰/۰۱*	ناهمگن
می	۰/۸۱	همگن	۰/۱۰	همگن	۰/۱۷	همگن
ژوئن	۰/۴۸	همگن	۰/۰۸۲	همگن	۰/۰۱۲*	ناهمگن
ژولای	۰/۰۵۵	همگن	۰/۱۷	همگن	۰/۰۰۱*	ناهمگن
آگوست	۰/۵۰	همگن	۰/۲۵	همگن	۰/۰۱۰*	ناهمگن
سپتامبر	۰/۰۶۱	همگن	۰/۱۸	همگن	۰*	ناهمگن
اکتبر	۰/۵۱	همگن	۰/۰۶۵	همگن	۰/۰۸۲	همگن
نوامبر	۰/۱۷	همگن	۰/۸۴	همگن	۰*	ناهمگن
دسامبر	۰/۷۷	همگن	۰/۳۵	همگن	۰/۹۸	همگن
سالانه	۰/۳۵	همگن	۰/۱۳	همگن	۰/۰۰۴*	ناهمگن

\*مقادیر Z که در سطح اطمینان ۵ درصد داری روند می‌باشند.





شکل ۵- تغییرات ناگهانی ایجاد شده پارامتر دمای میانگین و حداکثر دما (الف: ماه آپریل، ب: ماه ژوئن، پ: ماه جولای، ت: ماه اگوست، ث: ماه سپتامبر، ج: ماه نوامبر، چ: مقیاس سالانه، ح: ماه مارس)

طبق نتایج جدول (۶)، سری‌های زمانی پارامترهای دمای حداقل و دمای حداکثر نتایج مشابهی را نشان می‌دهد به‌طوری‌که این پارامترها در اغلب ماه‌ها دارای روند همگن می‌باشند. البته این روند برای سری زمانی دمای حداکثر در ماه مارس ناهمگن بوده و در سطح اطمینان ۵ درصد نیز معنی‌دار می‌باشد. آزمون پتی برای پارامتر دمای میانگین نتایج متفاوتی را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که سری‌های زمانی برای این پارامتر در ماه‌های آپریل، ژوئن، ژولای، اگوست، سپتامبر، نوامبر و حتی در مقیاس سالانه روند ناهمگنی داشته و تغییرات ناگهانی رخ داده است.

### بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از شاخص SPI می‌توان اذعان نمود که؛ در ایستگاه سینوپتیک کاشان از سال ۱۹۹۲ تا سه ماهه اول ۱۹۹۴ با ۲۷ ماه دارای بیش‌ترین تداوم دوره ترسالی و سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ دارای بیش‌ترین تداوم خشک‌سالی بود. به‌طورکلی، در ایستگاه سینوپتیک کاشان با افزایش دوره‌های زمانی، تداوم خشک‌سالی افزایش یافته و از شدت آن‌ها در بیش‌تر موارد کاسته شده است هم‌چنین مابین سال‌های ۲۰۱۶ تا اواخر ۲۰۱۸ خشک‌سالی دیده شد. این بخش از نتایج، با نتایج مطالعاتی چون (Mohit 2021) Esfahani, Sebgati et al (2017), Nosrati (2015) و (Bonaccorso et al (2003) مطابقت دارد. آزمون من-کندال

نشان داد ایستگاه سینوپتیک کاشان، فقط در ماه‌های اکتبر و دسامبر، در سطح اطمینان ۵ درصد، دارای روند معنی‌دار بود به‌طوری‌که در ماه اکتبر دارای روند افزایشی و در ماه دسامبر دارای روند کاهشی بود. هم‌چنین بیش‌ترین روند کاهشی معنی‌دار پارامتر مجموع بارش مربوط به ماه دسامبر بود. مقایسه نتایج من-کندال میانگین دمای حداکثر و میانگین دمای حداقل، نشان می‌دهد تغییرات در پارامترهای مورد نظر محدود به چند ماه می‌باشد و از گستردگی کم‌تری برخوردار است، به‌طوری‌که عدم وجود روند در بیش‌تر ماه‌های سال غالب است. در ارتباط با آزمون همگنی پتی برای تحلیل روند مجموع بارش ماهانه و سالانه می‌توان بیان نمود که؛ بیش‌ترین تغییرات ناگهانی در میانه سری‌های زمانی و در سال ۲۰۱۲ اتفاق افتاده است. آزمون همگنی پتی برای تحلیل روند متوسط دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای میانگین برای ماه‌های ژوئن، ژولای، اگوست، سپتامبر در سال ۱۹۸۳، در مقیاس سالانه در سال ۱۹۹۰ و برای ماه‌های آپریل و نوامبر به‌ترتیب در سال ۱۹۹۱ و ۱۹۹۲ رخ داده است که نشان داد اغلب جهش‌ها در اوایل سری زمانی اتفاق افتاده است. این بخش از نتایج تحقیق نیز با نتایج مطالعاتی چون (Bordi et al (2009 و Lana et al (2001 مطابقت دارد. به‌طورکلی می‌توان اذعان نمود شناخت روند و ویژگی‌های خشک‌سالی نقش بسزایی در مدیریت مناطق خشک دارد.

## منابع

- Bonaccorso B., Bordi I., Cancelliere G., Sutera A. 2003. Spatial variability of drought: an analysis of the SPI in Sicily. *Journal of Water Resources Management*, 17: 273-296.
- Bordi I., Fraedrich K., Sutera A. 2009. Observed drought and wetness trends in Europe: an update. *Journal of Hydrology and Earth System Sciences*, 13: pp. 1519 -1530.
- Chisadza B., Gwate O., Ncube F., Mpofu N. 2023. Assessment and characterisation of hydrometeorological droughts in the Upper Mzingwane sub-catchment of Zimbabwe. *Natural Hazards*. 2023 Jan 3. pp. 1-25.
- Heydari S., Bakhtar S. 2016. Investigating solutions to deal with drought in rural areas from the perspective of agricultural Jihad experts, case study: Isfahan province. *Geography and Environmental Studies*, fourth year, autumn 2016, number 15, pp. 19-34 (in Persian).
- Katsanos D., Retalis A., Tymvios F., Michaelides S. 2018. Study of Extreme Wet and Dry Periods in Cyprus Using Climatic Indices. *Atmospheric Research*, Volume 208, pp. 88 - 93.
- Khodagoli M., Sabohi R., Eskandari Z. A. 2015. Analysis of the past trend and future prediction of drought in Isfahan province, *Journal of Agricultural Sciences and Techniques and Natural Resources*, Water and Soil Sciences, year 18, number 67, pp. 379-367 (in Persian).
- Kosari M. R., Exclusive M. R., Malki-nejad H. 2018. Investigation of meteorological and agricultural drought trends in semi-arid, dry and extra-arid regions of the world. *Desert Ecosystem Engineering Journal*. Volume 6, No. 14, pp. 91-105 (in Persian).
- Lana X., Serra C., Burgueno A. 2001. Patterns of monthly rainfall shortage and excess in terms of the standardized precipitation index for Catalonia (NE Spain). *International Journal of Climatology*, 21: pp. 1669 - 1691.
- Mavromatis T. 2007. Drought index evaluation for assessing future wheat production in Greece, *International J. of Climatology*, 27:pp. 911 - 924.
- Mckee T. B., Doesken N. J., Kleist J. 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scale. 8Th Congress on Applied Climatology. United States.
- Mohit Esfahani P., Soltani Kopai S., Modares R. and Pourmanafi S. 2021. Evaluation of MSDI multivariate drought index and meteorological-agricultural drought monitoring in Chaharmahal and Bakhtiari province. *Journal of water and soil sciences*. Year 24, No. 3, pp. 33-47 (in Persian).
- Mohseni Saravi M., Sevem M., Panahi F., Gior A. R., Afsharina M. 2022. Climate changes in deserts. Publications of Kashan-Sakhnoran University (in Persian).
- Nosrati K., Shahbazi R. 2015. Comparison and application of two standardized precipitation indices and standardized evapotranspiration precipitation to evaluate the meteorological drought situation in Tehran province. *Desert management journal*. Volume 2, Number 3, pp. 77-90 (in Persian).
- Nowrozi A., Rostami N., Jahangir M. H. 2019. Prediction of the drought situation during a 20-year period under the climate change approach in Ilam and Dehhran stations. *Ecohydrology*, Volume 5, Number 3, pp. 977-991 (in Persian).
- Parvin nia M., Riahi Farsani M. 2016. Drought survey of Shahrekord plain using standardized precipitation index and gamma distribution. *Applied water science research of Shahid Ashrafi University of Isfahani*. Volume 1, Number 2, pp. 41-50 (in Persian).
- Pettitt A. N. 1979. A nonparametric approach to the point shift problem, *Applied Statistics*, 28: 126-135.
- Rahimi Kh. 2023. Review of adaptive management strategies of socio-ecological systems in the conditions of land use change and drought (study area: Lake Urmia basin). Doctoral dissertation in the field of desertification. Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Kashan University (in Persian).
- Sebgati M., Ahmadi H., Moghadam A. R. 2017. Calculating the duration and intensity of drought by means of modified SPEI index (case study: Tabriz and Urmia cities). *Environmental and Water Engineering Journal*. Volume 2, Number 2, pp. 188-195 (in Persian).
- Serrano A., Mateos V.L., Garcia J.A. 1999. Trend analysis of monthly precipitation over Iberian Penin-sula for the period 1921-1995. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*. 24(1-2), 85-90.
- Takeuchi H., Ishidaira H. 2003. Monitoring Trend Step Changes in Precipitation in Japanese Precipitation. *Journal of hydrology*, 279: pp. 144 - 150.
- Tsakiris G., Pangalou D., Vangelis H. 2007. Regional drought assessment based on the reconnaissance drought index (RDI). *Journal of Water Resources Management*, 21:pp. 821 - 833.
- Vicente-Serrano S.M., Begueria S., LoPez-Moreno J. 2010. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23: pp. 1696-1718.
- Zarepour Jaynani H. 2022. Meteorological drought study using statistical models and artificial

intelligence (case study: Isfahan province).  
Doctoral dissertation in the field of desertification.  
Faculty of Natural Resources and Earth Sciences,  
Kashan University (in Persian).

Zhang R., Virgilio A., Junyu B., Feng Q.,

Jianjun Xu., Jianxiu Wu., Li W., Qianfeng W. 2023.  
The first high spatial resolution multi-scale daily SPI  
and SPEI raster dataset for drought monitoring and  
evaluating over China from 1979 to 2018. Big Earth  
Data. 2023 Jan 5:1-26. pp.1-26.