



Analysis of Iran's Drought Changes with Palmer's Self-Adjustment Index

Seyyed Mahmoud Hosseini Seddigh^{1*}, Masoud Jalali²

1. Ph.D Graduated, Department of climatology, Faculty of Social Sciences, Zanzan University, Zanzan, Iran.
2. Assistant Professor, Department of climatology, Faculty of Social Sciences, Zanzan University, Zanzan, Iran.

*Corresponding Author: Seyedmahmoudhoseiny@gmail.com

Keywords:

Drought, Trend of changes, Palmer's self-regulation index, Iran.

Extended abstract

Introduction:

Drought is one of the phenomena of climate change that endangers and transforms various social, economic and environmental sectors. Drought is both a danger and a disaster; It is dangerous because it happens unpredictably and is part of the natural variability of the climate system, and it is a disaster because it is related to the reduction of the rainfall regime and leads to the reduction of water storage for natural and agricultural ecosystems as well as other human activities. Severe and very severe droughts have occurred in parts of the country that have relatively more favorable rainfall conditions. Since Palmer's index is used in extensive studies and due to the need to investigate and evaluate drought and drought in different climatic regions of Iran, in this research, Palmer's drought severity self-assessment index is evaluated for the entire country.

Materials and Methods:

Drought is one of the extreme climatic phenomena that occurs in most parts of the world, but its manifestation is more common in arid and semi-Arid regions, and it also occurs over a long period of time and intermittently affects human societies through negative effects on water resources and agriculture. This, in turn, leads to economic challenges. One of the methods of investigating the drought situation in IRAN is the use of Palmer's Drought Intensity Self-Assessment index, which was used during the period from 1979 to 2018 and from the spatial resolution data of the Climate Research Unit of the University of East Anglia. The results of the research showed that the cities of Bam and Safiabad, Bojnord, Maneh and Samalqan, Gorgan, Shahroud, Tehran, Qazvin, Arak, Hamedan, Kashan, Bandar Lange, Fasa, Bandar Abbas, and West Khorramabad are experiencing severe to moderate droughts. These droughts covered IRAN by 22.06% in spring and 20.12% in summer. In general, the results indicate that

Received:

18 February 2023

Revised:

24 Decemer 2023

Accepted:

12 January 2024

How to cite this article:

Hosseini seddigh, S.H., & Jalali, M. (2024). Analysis of Iran's Drought Changes with Palmer's Self-Adjustment Index. *Journal of Drought and Climate change Research*, 2(1), 93-106. [10.22077/JDCR.2024.6149.1016](https://doi.org/10.22077/JDCR.2024.6149.1016)



the trend of severe to moderate droughts occurred from low latitudes to 33.75° latitude.

Results and Discussion:

ScPDSI data from the Climatic Research Unit of the University of East Anglia was calculated using input from interpolated fields of monthly precipitation and minimum and maximum air temperature observations available in the high-resolution CRU TS 2.1 and 3.23 datasets. Statistical data used for drought in IRAN with geographical coordinates of 25 to 40 degrees North latitude and 44 to 63 degrees East latitude in a period from January 1979 to January 2018 has a longitude resolution of 0.5*0.5. The method of calculating Palmer's Drought Severity Index is that for each month of the year, the values of four components related to soil moisture, along with their potential values, are needed. There are eight components, including evapotranspiration (ET), potential evapotranspiration (PE), moisture retention (R), potential moisture retention (PR), runoff (RO), potential runoff (PRO), moisture loss (L), and moisture loss potential (PL). The available water capacity closely influences the values of these components. Researchers at the University of Nebraska developed a program to calculate the scPDSI.

Conclusion:

The results showed that the cities of Bam and Safiabad, Bojnord, Maneh and Samalqan, Gorgan, Shahroud, Tehran, Qazvin, Arak, Hamedan, Kashan, Bandar Lange, Fasa, Bandar Abbas, and West Khorram Abad have experienced severe to moderate droughts. These droughts have covered IRAN with 22.06% in spring and 20.12% in summer. In general, the results showed that in the winter season of Iran, according to the self-measurement index of drought severity, 84.08% of the area was in drought conditions, and 15.88% was in drought conditions. According to the self-measurement index of drought severity, 86.47% of the area was in drought conditions, and 13.53% was in drought conditions. In the spring season, 93.53% of the area was in drought condition, and 6.46% was in drought condition. According to the self-measurement index of drought severity, 92.61% of the area was in drought conditions, and 31.7% was in drought conditions in the spring season of Iran. Comparing the trends of the Palmer Drought Severity Index (scPDSI) in Iran, it is obvious that the spring and summer seasons have the most drought compared to the autumn and winter seasons. The trend of Palmer's drought intensity self-assessment index (scPDSI) based on latitude, from low latitudes to 33.75 degrees north, has the highest drought intensity.



ارزیابی تغییرات خشکسالی ایران با شاخص خودتنظیم پالمر

سید محمود حسینی صدیق^{۱*}، مسعود جلالی^۲

۱. دانش آموخته دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۲. استادیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

*نویسنده مسئول: Seyedmahmoudhoseiny@gmail.com

واژه‌های کلیدی:

خشکسالی، روند تغییرات، شاخص خودتنظیم پالمر، ایران.

چکیده

خشکسالی یکی از پدیده‌های حدی آب و هوایی است که در بیشتر نقاط جهان اتفاق می‌افتد ولی تاثیر آن در مناطق خشک و نیمه خشک بیشتر است و همچنین در یک بازه زمانی طولانی و به صورت متناوب جوامع بشری را از طریق اثرات منفی بر روی منابع آب و کشاورزی و به دنبال آن اقتصاد دچار مشکل می‌سازد. یکی از روش‌های بررسی وضعیت خشکسالی کشور ایران استفاده از شاخص‌های خودواسنجی شدت خشکسالی پالمر می‌باشد. در تحقیق حاضر جهت بررسی وضعیت خشکسالی با استفاده از شاخص خود تنظیم پالمر طی دوره زمانی ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۸، از داده‌های تفکیک مکانی ۵/۵*۵/۵ درجه واحد تحقیقات آب و هوایی دانشگاه انگلیس شرقی استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان داد که شهرهای بجنورد، مانه و سملقان، گرگان، شاهرود، تهران، قزوین، اراک، همدان، کاشان، بندرلنگه، فسا، بندرعباس، و غرب خرم‌آباد دچار خشکسالی‌های شدید تا متوسط هستند؛ که این خشکسالی‌ها در فصل بهار با ۲۲/۰۶ درصد و در تابستان با ۲۰/۱۲ درصد ایران را فرا گرفته است. به طور کلی نتایج حاکی از آن است که روند خشکسالی‌های شدید تا متوسط از عرض‌های جغرافیایی پایین تا ۳۳/۷۵° درجه عرض جغرافیایی رخ داده است.

تاریخ دریافت:

۱۴۰۱/۱۱/۲۹

تاریخ ویرایش:

۱۴۰۲/۱۰/۰۳

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۲/۱۰/۲۲

مقدمه

کشور ایران به واسطه موقعیت جغرافیایی ویژه خود محل تلاقی بسیاری از پدیده‌های طبیعی با جنبه‌های اثرگذاری مثبت و منفی بر زندگی ساکنان آن است. از یکسو قرارگیری در جنوب منطقه‌ی معتدله آب و هوایی و در ادامه خط سیر گردش سلول هادلی و پرفشار جنب حاره، دارای آب و هوای خشک و بیابانی و مقادیر کم ریزش‌های جوی است (Hoseceni et al., 2020) و از سوی دیگر این شرایط خشن طبیعی به مدد جایگاه رشته کوه‌های البرز و زاگرس و همچنین دریای خزر در شمال و خلیج فارس و دریای عمان در جنوب رو به تعدیل می‌رود (Masoudian, 2011). به جهت شرایط خاص جغرافیایی و آب و هوایی، همواره در ایران شاهد نقش‌آفرینی پدیده‌های طبیعی از دو منظر پدیده‌های مخرب و همچنین پدیده‌های مفید در سرتاسر این سرزمین هستیم. اما انسان و فعالیت‌های آن با دستکاری‌های سودجویانه خود نظم موجود در شرایط طبیعی را برهم زده است. فعالیت‌هایی در سطوح گسترده که فقط با هدف بهره‌کشی از منابع بدون توجه به نظام اکوسیستم منطقه، موجب تشدید اثرات مخرب پدیده‌هایی نظیر تغییرات آب و هوایی در مقیاس کلان شده است (Wells et al., 2004). یکی از پدیده‌های تغییرات آب و هوایی که بخش‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را دچار مخاطره و دگرگونی کرده خشکسالی است. خشکسالی هم یک مخاطره است و هم یک فاجعه؛ مخاطره است به این دلیل که به طور غیرقابل پیش‌بینی اتفاق می‌افتد و بخشی از تغییرپذیری طبیعی سیستم آب و هوایی است و فاجعه است چون با کاهش رژیم بارش در رابطه است و به کاهش ذخیره‌ی آب برای اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی و همچنین دیگر فعالیت‌های انسانی منجر می‌شود (Paulo et al., 2012). به عقیده بسیاری از متخصصان حوزه‌ی آب و هواشناسی، ایران امروز در مرکز شرایط بحران تنش‌زا از منظر کمبود منابع آب و پوشش گیاهی قرار گرفته است. به همین دلیل شناخت میزان، نوع، زمان، روند، تواتر-تناوب و گستره‌ی بارش و خشکسالی زمینه‌های پژوهشی وسیع و جالبی در آب و هواشناسی خشکسالی‌ها به‌ویژه در حوضه‌های

رودخانه‌ها یا پهنه‌های آب و هوایی خاص ایجاد کرده است. براساس گزارش سازمان ملل، در آینده‌ی نزدیک ۱۸ کشور جهان با کمبود آب مواجه خواهند شد و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵، بیش از دو سوم جمعیت جهان در شرایط کمبود جدی آب قرار گیرند (Shabanali et al., 2020). با توجه به خسارات خشکسالی‌ها در بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی و اقتصاد کشور، شناسایی آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار و نیازمند توجه بیشتری در تصمیم‌گیری‌های سیاسی است. برای پایش خشکسالی تاکنون بیش از ۲۵۰ نمایه معرفی شده است که از آن جمله شاخص‌های فقط مبتنی بر عنصر بارش برای بررسی عمومی خشکسالی مناسب است. هرچند بارندگی نقش ویژه‌ای در تغییرات زمانی خشکسالی ایفا می‌کند، تأثیر درجه حرارت معنی‌دار است و موجب تشدید پدیده‌ی خشکسالی و در نهایت، کاهش شدیدتر منابع آب می‌شود. در حال حاضر، از شاخص شدت خشکسالی خودتنظیم پالمر (SC-PDSI) و شاخص بارندگی استانداردشده (SPEI) در پایش خشکسالی جهانی و منطقه‌ای به طور گسترده استفاده می‌شود و شاخص بارش-تبخیر و تعرق استانداردشده (SPEI) در حال تبدیل شدن به یک شاخص متداول برای ارزیابی خشکسالی است (Wang et al., 2015). نمایه شدت خشکسالی پالمر (PDSI) یکی از شناخته‌شده‌ترین، پیچیده‌ترین و بهترین سیستم‌های هشداردهنده و پیش‌آگاهی خشکسالی بوده و اولین نمایه جامع خشکسالی و یکی از روش‌های بسیار مؤثر در تعیین خشکسالی بلندمدت (چندماهه) است (Palmer, 1968). این نمایه در واقع یک مدل بیان آبی را برای مقدار رطوبت خاک منظور می‌نماید. اولین بار از آن به منظور توضیح علت گسترش سطحی و شدت خشکی در امریکای شمالی در ۱۹۶۰ استفاده شده است (Palmer, 1968). هدف پالمر ارائه شاخصی بود که بتواند خشکسالی را در زمان‌ها و مکان‌های مختلف با هم مقایسه و برآورد کند. این شاخص به جای آنکه صرفاً بر بارش تأکید داشته باشد، بر مدل توازن و تعادل آب اولیه استوار است. اساس و پایه این روش،

1. Standardized Precipitation Index

2. Standardized Precipitation Evapotranspiration Index

این زمینه موفق دانستند (Miki et al., 2005). همچنین بررسی‌هایی در زمینه‌ی پاسخ PDSI به خشکی از نظر هیدرولوژیکی و هواشناسی در یونان انجام شده است و محققان قدرت این نمایه در تشخیص شدت خشکسالی در رخ داده‌های سال‌های دور را مناسب گزارش کردند (Vasiliades et al., 2009). در گزارشی (Azadi et al., 2018) به بررسی واسنجی شاخص خشکسالی پالم در ایران پرداختند و نتایج این گزارش نشان داد که سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ خشک‌ترین سال‌ها و سال‌های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ مرطوب‌ترین سال‌های مورد بررسی بوده است. همچنین در گزارشی (Darand, 2013) به پایش خشکسالی ایران به کمک شاخص شدت خشکسالی پالم و ارتباط آن با الگوهای پیوند از دور جوی-اقیانوسی پرداختند. نتایج نشان داد که شدیدترین خشکسالی ایران مربوط به سال ۲۰۰۰ در پهنه‌ی شمال غرب ایران است و ارتباط پیوند از دور فصل پاییز ارتباط بیشتری با خشکسالی‌های ایران نشان می‌دهد. شاخص‌های متعددی به منظور بررسی خشکسالی در ابعاد گوناگون ارائه شده‌اند که در آن‌ها، عناصر مختلفی برای تعیین خشکسالی استفاده شده است. دو عامل کلیدی در تعیین وقوع و شدت خشکسالی، بارش و تبخیر و تعرق است. مطالعات گذشته نشان داده است که استفاده از شاخص‌های فقط مبتنی بر عنصر بارش برای بررسی عمومی خشکسالی مناسب است (Fowler, 2007). بر اساس تحقیقات وندر و همکاران (Vander et al, 2006; 2013; 2007) با استفاده از شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالم در تابستان‌های اروپا (۲۰۰۶)، آمریکای شمالی (۲۰۰۶)، آلیپ اورپا (۲۰۰۷) و همچنین خشکسالی‌ها و ترسالی‌های هر دو نیمکره شمالی و جنوبی (۲۰۱۳) و پایش خشکسالی جهانی را بررسی نمودند. در پژوهشی (Hosseini et al, 2020) سال‌های تر و خشک را در ایران با استفاده از شاخص GPCC در بازه‌ی زمانی ۲۰۱۹-۱۹۵۹ بررسی نمودند و نشان دادند که روند شدت و گستره‌ی خشکسالی‌ها افزایشی است. همچنین، شدیدترین خشکسالی‌ها در دوره‌های ۱۲ و ۲۴ ماهه از سال ۲۰۰۰ به بعد رخ داده است. الگوی تغییرات فضایی شدت خشکسالی نشان‌دهنده‌ی دو کانون اصلی خشکسالی در جنوب شرق و مرکز ایران است و تعداد

تفاوت بین مقدار بارش مورد نیاز برای تراز نرمال آب و میزان بارش واقعی است. شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالم^۱ (sc-PDSI) با جایگزینی محاسبه شاخص آماری تجربی با مقادیر محاسبه‌شده دینامیکی، به طور خودکار رفتار شاخص را در هر مکان خودواسنجی می‌کند. با محاسبه‌ی عوامل دینامیکی آب و هوایی، تأثیر کلی خودواسنجی شاخص شدت خشکسالی بر اساس مشخصات واقعی یک مکان معین، توسط شاخص در تعریف PDSI نشان داده می‌شود. شاخص خشکسالی scPDSI توسط ولز و همکاران (Wells et al., 2004) معرفی شد که نوعی از نسخه اصلی PDSI (Palmer, 1965) است و با هدف مقایسه نتایج حاصل از رژیم‌های مختلف آب و هوایی همانند PDSI، از سری زمانی بارش و دما همراه با پارامترهای ثابت مربوط به مشخصات خاک/سطح در هر مکان محاسبه می‌شود. از طریق پژوهش‌های مختلف در مناطق مختلف ایالات متحده، scPDSI نشان می‌دهد که از نظر مکانی با PDSI قابل مقایسه است و شرایط مرطوب و خشک شدید را با فرکانس‌هایی که برای شرایط حساس انتظار می‌رود گزارش می‌نماید. دامنه‌ی مقادیر scPDSI نزدیک به دامنه‌ی مقادیر زیر ۴- و بالاتر از ۴ نمایانگر شرایط رخداد فرین (شدید) هستند. حساسیت شاخص PDSI بر اساس آب و هوای محلی است و البته شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی (scPDSI) حساسیت‌های مختلف به کمبود رطوبت را ندارد. به منظور بهبود قابلیت پیوند و مقایسه‌ی پراکندگی مکانی شاخص شدت خشکسالی پالم PDSI، پژوهشگران علوم جو و محققان، scPDSI را پیشنهاد نمودند که می‌تواند به طور خودکار آب و هوای محلی را اصلاح نماید. ویر و همکاران (veber et al., 1998) به محاسبه‌ی نمایه‌های خشکسالی معرفی شده توسط پالم پرداخته و نشان دادند رابطه‌ی خوبی بین مقادیر نمایه و بارندگی تجمعی سالانه در منطقه مورد مطالعه آنان وجود دارد. همچنین نشان دادند که نمایه خشکسالی هواشناسی پالم یک ماه سریع‌تر از نمایه هیدرولوژیکی پالم به تغییرات رطوبتی واکنش نشان می‌دهد. بررسی توان PDSI در نمایش رطوبت خاک در یکی از کشورهای اروپایی پرداخته شد و آن را در

1. Self-calibrating Palmer Drought Severity Index

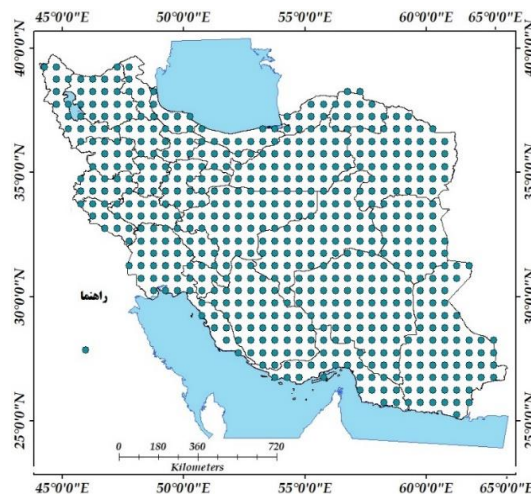
خودواسنجی شدت خشکسالی پالمر برای کل کشور واسنجی و بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در سطح جهان، چندین پایگاه داده وجود دارد که متغیرها و شاخص‌های مختلف آب و هوایی را در دوره‌های گذشته یا آینده برای کل جهان ارائه می‌کنند. در این میان، پایگاه داده جهانی "واحد تحقیقات آب و هوایی" (CRU) دانشگاه انگلیس شرقی انگلستان به آدرس <https://drought.data/cru/uk.ac.uea.cru.data/> داده‌های خشکسالی محاسبه شده و با استفاده از شاخص SC-PDSI با قدرت تفکیک ۰/۵ در ۰/۵ درجه ارائه کرده‌اند (Michel et al, 2005). این داده‌ها هر ساله با استفاده از نسخه‌های جدیدتر داده‌های ورودی CRU TS به روز می‌شوند و در حال حاضر با استفاده از نسخه اولیه CRU TS 4.04 تا پایان سال ۲۰۱۹ موجود است. در این پژوهش، شاخص خشکسالی پالمر برای کل کشور واسنجی و بررسی می‌شود (شکل ۱).

مراکز خشکسالی در ایران نیز با گذشت زمان افزایش یافته است. همچنین در پژوهشی دیگر (Mojarad et al., 2021) به ارزیابی تغییرات خشکسالی در ایران با استفاده از شاخص SPEI و scPDSI پرداختند که نتایج آن‌ها نشان داد که بر اساس محاسبات، در هر دو شاخص بیشترین درصد سال‌ها تحت سیطره‌ی طبقه‌ی نرمال با تمرکز هسته‌های بیشینه نرمال در نیمه‌ی شرقی کشور و کمترین درصد سال‌ها در طبقه‌ی خشکسالی بسیار شدید با تمرکز هسته‌های بیشینه در نیمه‌ی غربی، مرکز و جنوب کشور بوده است. دوره‌ی آغاز خشکسالی با شاخص PDSI-SC سال ۱۹۹۹ و همچنین شاخص SPEI سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ بوده است. خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید در بخش‌هایی از کشور که از وضعیت بارشی نسبتاً مناسب‌تری برخوردار هستند، اتفاق افتاده است. از آنجایی که شاخص پالمر در مطالعات گسترده‌ای کاربرد دارد و با توجه به لزوم بررسی و ارزیابی خشکسالی و ترسالی در مناطق آب و هوایی مختلف ایران، در این پژوهش، شاخص



شکل ۱. پراکنش سلول‌های شاخص شدت خشکسالی پالمر (scPDSI) در سطح استان‌های مورد بررسی

Fig 1. Distribution of Palmer Drought Severity Index (scPDSI) at the investigated provinces

روش محاسبه شاخص شدت خشکسالی پالمر به این صورت است که برای هر ماه از سال جداگانه مقادیر چهار مؤلفه مرتبط با رطوبت خاک همراه با مقادیر بالقوه آن مورد نیاز است. هشت مؤلفه شامل تبخیر و تعرق (ET)، تبخیر و تعرق بالقوه (PE)، نگهداشت رطوبت (R)، نگهداشت رطوبت بالقوه (PR)، رواناب (RO)، رواناب بالقوه (PRO)، اتلاف رطوبت (L)، اتلاف رطوبت بالقوه (PL) است. مقادیر این مؤلفه‌ها ارتباط بسیار نزدیکی با ظرفیت آب در دسترس دارند. scPD-SI با استفاده از برنامه توسعه یافته توسط محققان

رواناب رطوبت (R)، نگهداشت رطوبت بالقوه (PR)، رواناب (RO)، رواناب بالقوه (PRO)، اتلاف رطوبت (L)، اتلاف رطوبت بالقوه (PL) است. مقادیر این مؤلفه‌ها ارتباط بسیار نزدیکی با ظرفیت آب در دسترس دارند. scPD-SI با استفاده از برنامه توسعه یافته توسط محققان

خشکسالی نیوار ایران بر اساس شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی (scPDSI) مورد بررسی قرار می‌گیرد. در جدول (۱) طبقات شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمر ارائه شده است.

دانشگاه نبراسکا محاسبه شده است. اخیراً گزارش شده است که شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی PDSI با حفظ یک رفتار سازگارتر از شاخص شدت و مقایسه با مناطق مختلف آب و هوایی، شاخص شدت خشکسالی پالمر را بهبود می‌بخشد. در این پژوهش

جدول ۱. طبقات شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمر (scPDSI)

Table 1. Palmer Drought Severity Index (scPDSI) classes

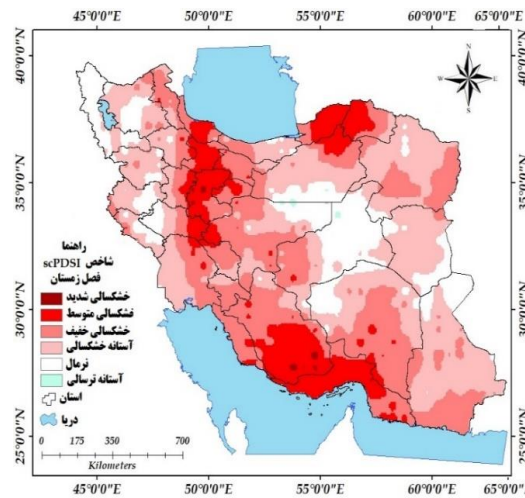
مقادیر شاخص Index values	طبقات شاخص خودواسنجی خشکسالی پالمر Drought severity scPDSI	ردیف Row
> 4	ترسالی بسیار شدید Extremely wet	1
3 : 4	ترسالی شدید Sever wet	2
2 : 3	ترسالی متوسط Moderately wet	3
1 : 2	ترسالی خفیف Mild fear	4
0.5 : 1	آستانه ترسالی Terrible threshold	5
-0.5 : 0.5	نرمال Normal	6
-1 : 0.5	آستانه خشکسالی Threshold drought	7
-2 : -1	خشکسالی خفیف Mild drought	8
-3 : -2	خشکسالی متوسط Moderately drought	9
-4 : -3	خشکسالی شدید Severe drought	10
< -4	خشکسالی بسیار شدید Very severe drought	11

شکل (۳) مشاهده شد که روند شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمر (scPDSI) فصل زمستان بر اساس عرض جغرافیایی از عرض‌های پایین تا عرض ۳۰ درجه شمالی بیش‌ترین شدت خشکسالی را داشته است.

با توجه به شکل (۴) و جدول (۳)، فصل پاییز با ۰/۱۴ درصد مساحت (۲۳۳۶/۰۷ کیلومتر مربع) در خشکسالی‌های شدید، ۱۳/۷۷ درصد مساحت (۲۲۴۱۸۰/۵۶) خشکسالی متوسط، ۴۴/۳۰ درصد مساحت (۷۲۱۰۹۹/۵۴) خشکسالی خفیف قرار داشته است. به طور کلی، فصل پاییز کشور ایران با توجه با شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی، ۸۶/۴۷ درصد مساحت در شرایط خشکسالی و ۱۳/۵۳ درصد در

نتایج و بحث

با توجه به شکل (۲) و جدول (۲)، نتایج این پژوهش نشان داد، خشکسالی کشور ایران در بازه‌ی زمانی ۴۰ سال (۱۹۷۹-۲۰۱۸)، با توجه به شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمر (scPDSI)، فصل زمستان با ۲۰/۰ درصد مساحت (۸۰/۳۴۰۴ کیلومتر مربع) در خشکسالی‌های شدید، ۸۲/۱۳ درصد مساحت (۲۲۵۰۰۹/۵۰) خشکسالی متوسط، ۳۲/۳۱ درصد مساحت (۵۲۵۹۴۲/۹۹) خشکسالی خفیف قرار داشته است. به طور کلی، فصل زمستان کشور ایران با توجه با شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی، ۸۴/۰۸ درصد مساحت در شرایط خشکسالی و ۱۵/۸۸ درصد در شرایط ترسالی واقع شده است. همچنین با توجه به

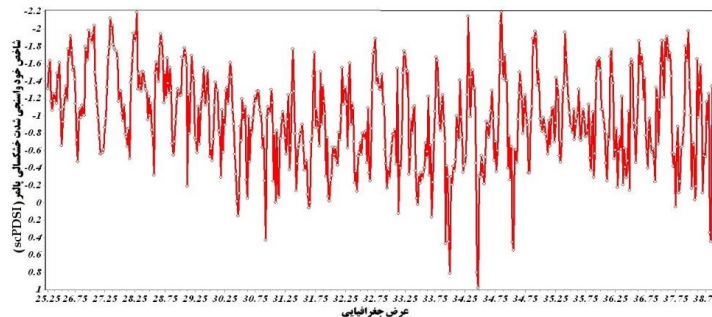


شکل ۲. شاخص خودارسنجی شدت خشکسالی پالم (scPDSI) فصل زمستان
 Fig 2. Palmer Drought Severity Index (scPDSI) in winter season

جدول ۲. درصد مناطق تحت پوشش شاخص خودارسنجی شدت خشکسالی پالم (scPDSI) فصل زمستان

Table 2. Percentage of areas covered by the Palmer Drought Severity Index (scPDSI) in the winter season

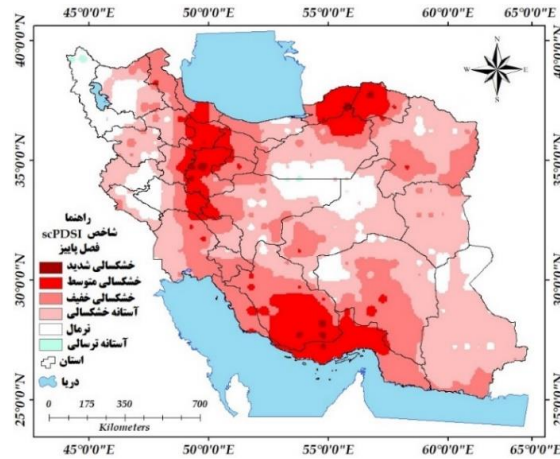
ردیف Row	طبقات شاخص خشکسالی Drought severity	مساحت (کیلومتر مربع) Area(km)	درصد (%) Percent(%)
1	خشکسالی شدید Severe drought	3404.80	0.20
2	خشکسالی متوسط Moderately drought	22500.50	13.82
3	خشکسالی خفیف Mild drought	525942.99	32.31
4	آستانه خشکسالی Threshold drought	614449/86	37.75
5	نرمال Normal	257123	15.79
6	آستانه ترسالی Terrible threshold	1591.73	0.097



شکل ۳. روند شاخص خودارسنجی شدت خشکسالی پالم (scPDSI) فصل زمستان بر اساس عرض جغرافیایی
 Fig 3. Trend of Palmer's Self-Assessment Drought Severity Index (scPDSI) in winter season by latitude

فصل زمستان بر اساس عرض جغرافیایی از عرض‌های پایین تا عرض ۳۰ درجه شمالی بیشترین شدت خشکسالی را داشته است.

شرایط ترسالی واقع شده است. همچنین با توجه به شکل (۵) مشاهده شد که روند شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمر (scPDSI) فصل پاییز همانند

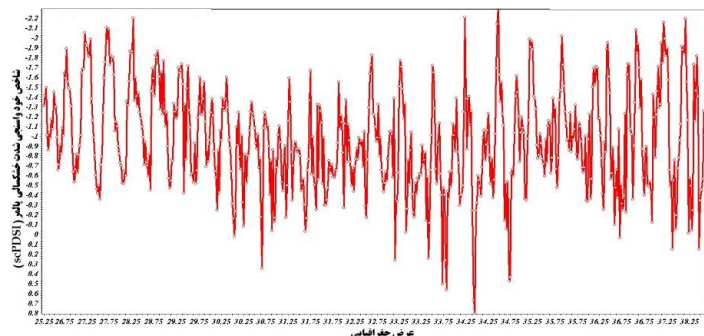


شکل ۴. شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمر (scPDSI) فصل پاییز
 Fig 4. Palmer's Self-Assessment Drought Severity Index (scPDSI) in fall season

جدول ۳. درصد مناطق تحت پوشش شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمر (scPDSI) فصل پاییز

Table 3. Percentage of areas covered by the Palmer Drought Severity Index (scPDSI) in the fall season

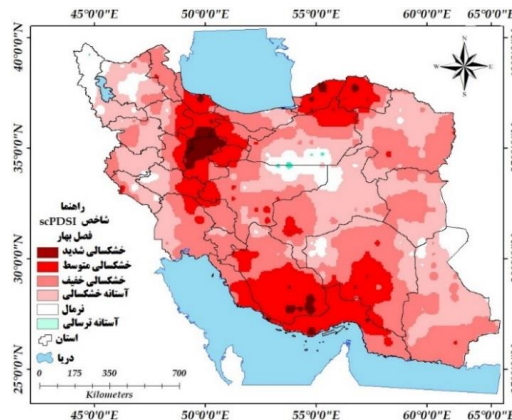
ردیف Row	طبقات شاخص خشکسالی Drought severity	مساحت (کیلومتر مربع) Area(km)	درصد (%) Percent(%)
1	خشکسالی شدید Severe drought	2336.07	0.14
2	خشکسالی متوسط Moderately drought	224180.56	13.77
3	خشکسالی خفیف Mild drought	721099.54	44.30
4	آستانه خشکسالی Threshold drought	455239.13	27.96
5	نرمال Normal	218078.06	13.39
6	آستانه ترسالی Terrible threshold	6764.31	0.41



شکل ۵. روند شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمر (scPDSI) فصل پاییز بر اساس عرض جغرافیایی
 Fig 5. Trend of Palmer's Self-Assessment Drought Severity Index (scPDSI) in autumn by latitude

مساحت در شرایط خشکسالی و ۶/۴۶ درصد در شرایط ترسالی واقع شده است. همچنین با توجه به شکل (۷) مشاهده شد که روند شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمِر (scPDSI) فصل بهار بر اساس عرض جغرافیایی از عرض‌های پایین تا عرض ۳۰ درجه شمالی بیشترین شدت خشکسالی را داشته است.

با توجه به شکل (۶) و جدول (۴)، فصل بهار با ۰۲/۲ درصد مساحت (۳۲۹۱۳/۶۰ کیلومتر مربع) در خشکسالی‌های شدید، ۲۰/۵۸ درصد مساحت (۳۳۵۰۵۱/۰۳) خشکسالی متوسط، ۴۴/۳۰ درصد مساحت (۶۳۲۹۴۴/۰۹) خشکسالی خفیف قرار داشته است. به طور کلی، فصل بهار کشور ایران با توجه به شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی، ۹۳/۵۳ درصد



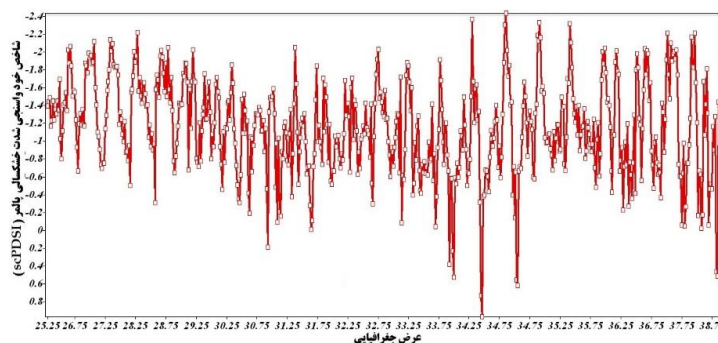
شکل ۶. شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمِر (scPDSI) فصل بهار

Fig 6. Palmer's Self-Assessment Drought Severity Index (scPDSI) in spring

جدول ۴. درصد مناطق تحت پوشش شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمِر (scPDSI) فصل بهار

Table 4. Percentage of areas covered by the Palmer Drought Severity Self-Assessment Index (scPDSI) in the spring season

درصد (%) Percent (%)	مساحت (کیلومترمربع) Area (km)	طبقات شاخص خشکسالی Drought severity	ردیف Row
2.02	32913.60	خشکسالی شدید Severe drought	1
20.58	335051.03	خشکسالی متوسط Moderately drought	2
38.89	632944.09	خشکسالی خفیف Mild drought	3
32.02	521256.83	آستانه خشکسالی Threshold drought	4
6.40	104245.96	نرمال Normal	5
0.06	1072.35	آستانه ترسالی Terrible threshold	6

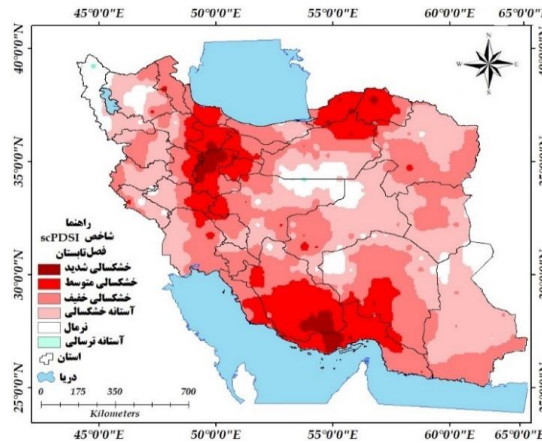


شکل ۷. روند شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمِر (scPDSI) فصل بهار بر اساس عرض جغرافیایی

Fig 7. The trends of the Palmer Drought Severity Index (scPDSI) in the spring by latitude

درصد مساحت در شرایط خشکسالی و ۷/۳۱ درصد در شرایط ترسالی واقع شده است. همچنین با توجه به شکل (۹) مشاهده شد که روند شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمر (scPDSI) فصل تابستان بر اساس عرض جغرافیایی از عرض‌های پایین تا عرض ۳۰ درجه شمالی بیشترین شدت خشکسالی را داشته است.

با توجه به شکل (۸) و جدول (۵)، فصل تابستان با ۲۲/۲ درصد مساحت (۳۶۲۸۵/۱۰ کیلومتر مربع) در خشکسالی‌های شدید، ۱۷/۹۰ درصد مساحت (۲۹۱۴۵۱/۸۱) خشکسالی متوسط، ۳۶/۴۳ درصد مساحت (۵۹۳۲۲۷/۷۰) خشکسالی خفیف قرار داشته است. به طور کلی، فصل تابستان کشور ایران با توجه به شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی، ۹۲/۶۱

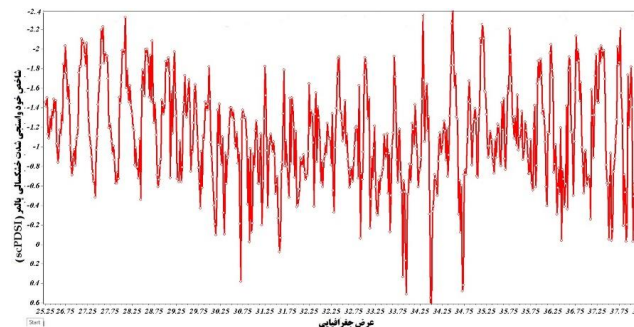


شکل ۸. شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمر (scPDSI) فصل تابستان
 Fig 8. Palmer drought severity index (scPDSI) in summer season

جدول ۵. درصد مناطق تحت پوشش شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمر (scPDSI) فصل تابستان

Table 5. Percentage of areas covered by the Palmer Drought Severity Index (scPDSI) in the summer season

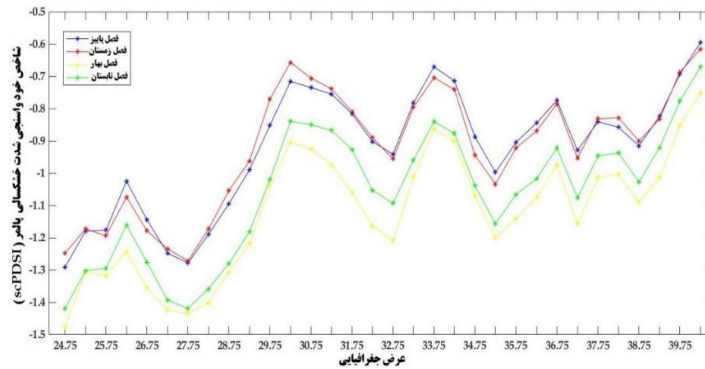
ردیف Row	طبقات شاخص خشکسالی Drought severity	مساحت (کیلومتر مربع) Area (km)	درصد (%) Percent (%)
1	خشکسالی شدید Severe drought	36285.10	2.22
2	خشکسالی متوسط Moderately drought	291451.81	17.90
3	خشکسالی خفیف Mild drought	593227.70	36.43
4	آستانه خشکسالی Threshold drought	587790.39	36.10
5	نرمال Normal	118603.85	7.28
6	آستانه ترسالی Terrible threshold	650.35	0.03



شکل ۹. روند شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمر (scPDSI) فصل تابستان بر اساس عرض جغرافیایی
 Fig 9. Trend of the Palmer Self-Assessment Drought Severity Index (scPDSI) in the summer season by latitude

خودواسنجی شدت خشکسالی پالمیر (scPDSI) بر اساس عرض جغرافیایی از عرض‌های پایین تا عرض ۳۳/۷۵ درجه شمالی بیشترین شدت خشکسالی را داشته است.

با توجه به شکل (۱۰) مشاهده می‌شود که مقایسه روند شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمیر (scPDSI) کشور ایران، در فصل بهار و تابستان بیشترین خشکسالی را نسبت به فصل‌های پاییز و زمستان نشان می‌دهد. به طور کلی روند شاخص



شکل ۱۰. مقایسه روند شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمیر (scPDSI) فصل تابستان، بهار، زمستان و پاییز بر اساس عرض جغرافیایی

Fig 10. Comparison of Palmer Drought Intensity Index (scPDSI) trend in summer, spring, winter and autumn according to latitude

قرار داشته است. فصل بهار با ۹۳/۵۳ درصد مساحت در شرایط خشکسالی و ۶/۴۶ درصد در شرایط ترسالی قرار داشته است. فصل تابستان کشور ایران با توجه با شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی، ۹۲/۶۱ درصد مساحت در شرایط خشکسالی و ۷/۳۱ درصد در شرایط ترسالی قرار داشته است. مقایسه‌ی روند شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمیر (scPDSI) کشور ایران، حاکی از وقوع بیشترین خشکسالی در فصل بهار و تابستان نسبت به فصل‌های پاییز و زمستان است. روند شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی پالمیر (scPDSI) بر اساس عرض جغرافیایی از عرض‌های پایین تا عرض ۳۳/۷۵ درجه شمالی بیشترین شدت خشکسالی را نشان می‌دهد.

منابع

- Azadi, S., Soltani, S., Transborder, M., & Pourmanafi, S. (2017). *Palmer drought index calibration in Iran, Iran Water Research Journal*, 12(2), 19-28. [In Persian].
- Hosseini Seddiq, S.M. (1400). *Hadley Cell Dynamics Climatology*, Sokhon Gostar Publications. [In Persian].
- Darend, Mohammad. (2013). *Monitoring Iran's drought using Palmer's drought severity index and its relationship with atmospheric-oceanic*

نتیجه‌گیری

خشکسالی یکی از مخاطرات طبیعی است، که بیش از هر مخاطره‌ی دیگر انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تقریباً در تمامی مناطق آب و هوایی اتفاق می‌افتد و سالانه بیش از نیمی از کره زمین در معرض خشکسالی قرار دارد. با این حال نمود آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیشتر است. در این پژوهش از شاخص scPDSI و داده‌های با تفکیک مکانی ۰/۲۵*۰/۲۵ درجه جهت بررسی خشکسالی و ترسالی طی دوره‌ی زمانی ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۸ استفاده شده است. نتایج نشان داد شهرهای بجنورد، مانه و سملقان، گرگان، شاهرود، تهران، قزوین، اراک، همدان، کاشان، بندرلنگه، فسا، بندرعباس و غرب خرم‌آباد دچار خشکسالی‌های شدید تا متوسط شده‌اند؛ که این خشکسالی‌ها در فصل بهار با ۲۲/۰۶ درصد و در تابستان با ۲۰/۱۲ درصد ایران را فرا گرفته است. به طور کلی نتایج نشان داد که در فصل زمستان کشور ایران با توجه با شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی، ۸۴/۰۸ درصد مساحت در شرایط خشکسالی و ۱۵/۸۸ درصد در شرایط ترسالی قرار داشته است. فصل پاییز با توجه با شاخص خودواسنجی شدت خشکسالی، ۸۶/۴۷ درصد مساحت در شرایط خشکسالی و ۱۳/۵۳ درصد در شرایط ترسالی

- 1481–1491.
- Van der Schrier, G., Barichivich, J., Briffa, KR., & Jones, PD. (2013). *A scPDSI-based global data set of dry and wet spells for 1901-2009*. *J. Geophys. Res. Atmos.* 118, 4025-4048 ,10.1002/jgrd.50355.
- Van der Schrier, G., Barichivich, J., Harris, I., Jones, PD., & Osborn, TJ. (2015). Monitoring global drought using the self-calibrating Palmer Drought Severity Index [in “State of the Climate in 2014”]. *Bulletin of the American Meteorological Society* 96, S30-S31.
- van der Schrier, G., Briffa, KR., Jones, PD., & Osborn, TJ. (2006a). Summer moisture variability across Europe. *Journal of Climate* 19, 2818-2834,doi:10.1175/JCLI3734.1.
- Van der Schrier, G., Briffa, KR., Osborn, TJ., & Cook, ER. (2006b). Summer moisture availability across North America. *Journal of Geophysical Research* 111, D11102 ,doi:10.1029/2005JD006745.
- Van der Schrier, G., Efthymiadis, D., Briffa, KR., & Jones, PD. (2007). European Alpine moisture variability for 1800-2003. *International Journal of Climatology* 27, 415-427 doi:10.1002/joc.1411.
- Vasiliades, L., & Loukas, A. (2009). Hydrological response to meteorological drought using the Palmer drought indices in Thessaly, Greece. *Desalination*. 237, 3–21.
- Wang, K. Y., Li, Q. F., Yang, Y., Zeng, M., Li, P. C., & Zhang, J. X. (2015). Analysis of Spatio-Temporal Evolution of Droughts in Luanhe River Basin Using Different Drought Indices. *Water Science and Engineering*, 8(4): 282-290.
- Weber, L., & Nkemdirim, L. (1998). Palmer’s drought-indices revisited. *Geogr. Ann.*, 80 A (2). 153–172.
- Wells, N., Goddard, S., & Hayes, MJ. (2004). *A self-calibrating Palmer Drought Severity Index*. *Journal of Climate*, 17, 2335-2351.
- distance patterns, *Geographical Research Quarterly, Chehram issue, winter season*, serial number 115. [In Persian].
- Shabanali Femi, H., Savari, M., Motaghd, M., Mohammadzade Nasrabadi, M., Afshari, M., & Beqaei, Moseeb. (2019). analysis of adaptation strategies of small-scale farmers to drought conditions in Isfahan province, *Amash and Space Planning Quarterly*, 24(1), 47-21. [In Persian].
- Mojarad, F., Khairi, R., Masoumpour, J., & Farhadi, B. (2020). evaluation of drought changes in Iran using SPEI and sc-PDSI indices, *Planning and Space Planning*, 25(1), 143-174.
- Masoudian, A. (2011). Climate of Iran, Sharia Tos Publications. [In Persian].
- Barichivich, J., Osborn, TJ., Harris, I., Van der Schrier, G., & Jones, PD. (2020). Drought [in “State of the Climate in 2019”]. *Bulletin of the American Meteorological Society* 101, S1-S429. doi:10.1175/2020 BAMS State of the Climate.1.
- Hosseini, A., Ghavidel, Y., Khorshiddoust, A. M. & Farajzadeh, M. (2020). Spatio-temporal Analysis of Dry and Wet Periods in Iran by Using Global Precipitation Climatology Center - Drought Index (GPCC –DI), *Theoretical and Applied Climatology*, Published online 24 November 2020, 1-11. [In Persian].
- Mika, J., Horva,‘th Sz., Makra, L., & Dunkel, Z. (2005). The Palmer Drought Severity Index (PDSI) as an indicator of soil moisture. *Physics and Chemistry of the Earth*. 30. 223–230.
- Mitchell, TD., & Jones, PD. (2005). An improved method of constructing database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. *International Journal of Climatology* 25, 693-712, doi:10.1002/joc.1181.
- Palmer, W.C. (1965). Meteorological drought. U.S. Department of Commerce, *Weather Bureau Research Paper* 45, 58.
- Palmer, W.C. (1968). Keeping Track of Crop Moisture Conditions, Nationwide: The New Crop Moisture Index, *Weatherwise*, 21(4), 156–161.
- Paulo, A. A., Rosa1, R. D. & Pereira, L. S. (2012). Climate Trends and behavior of Drought Indices Based on Precipitation and Evapotranspiration in Portugal. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12:

