



Investigating the changes of droughts in Iran with the approach of climate change

Zahra Hejazizadeh ¹ | Bohloul Alijani ¹ | Mohammad Salighe ¹ | Sanaz Nadi ²

1- Professor, Department of Synoptic climatology, University of Kharazmi Tehran
2- PhD. Student of climatology, University of Kharazmi Tehran

Article Info:

Article type:
Research Article

history:
Received:
2023/8/6

Received:
2023/9/9

Accepted:
2023/11/14

Published:
2024/2/4

Keywords:

Drought, Trend, climate change, Subtropical high pressure, Iran

Abstract: In this research, the changes in Iran's drought were studied using the rainfall data of 100 synoptic stations and the Standard Precipitation Index (SPI) for the period from 1990 to 2020. Then, the atmospheric pattern affecting the occurrence of droughts was synoptically analyzed. The results showed that the number of years with drought and its severity in the country increased during the study period. The intensity and spatial extent of drought in the winter season has increased more than in the autumn season. In the 1990s, the extent of drought was greater than drought. With the beginning of the second decade (2000-2010), the intensity and spatial extent of drought and the number of droughts have increased. This trend has continued until 2016, so that the country's most severe droughts have occurred in the last decade. The increase in the extent of drought in the winter season (January and March) is more evident during the last decade. These conditions were caused by climate changes and variations in the behavior of circulation patterns. Also, the most severe droughts in the country occur in the cold period of the year, when the subtropical high pressure (STHP) extends to 30 degrees north latitude. In this case, the conditions of stability prevail due to the absence of conditions for the ascent and passage of rain waves. In general, droughts in the country have increased during the studied period, and the spatial extent of droughts is influenced by the location of the STHP.

Cite this article: Hejazizadeh, Z. Alijani, B. Salighe, M. Nadi, S. Mirzaei, N (2023). Investigating the changes of droughts in Iran with the approach of climate change. *Climat Chenge and Climat Disasters*, 2(4), 1-23.

© The Author(s).

Homepage: cccd.znu.ac.ir

Publisher: University of Zanjan





بررسی تغییرات خشکسالی‌های ایران با رویکرد تغییر اقلیم

زهرا حجازی زاده^۱ | بهلول علیجانی^۱ | محمد سلیقه^۱ | ساناز نادی^۲

۱. استاد گروه اقلیم شناسی سینوپتیک دانشگاه خوارزمی تهران

۲. دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه خوارزمی تهران

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۲/۵/۱۵

بازنگری: ۱۴۰۲/۶/۱۸

پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۳

انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵

واژگان کلیدی:

خشکسالی، روند، تغییر اقلیم، پرفشار جنب حاره‌ای، ایران

چکیده: در این پژوهش تغییرات خشکسالی ایران با استفاده از داده‌های بارش ۱۰۰ ایستگاه سینوپتیک و شاخص بارش استاندارد (SPI) برای بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ مطالعه شد. سپس الگوی جوی موثر بر رخداد خشکسالی‌ها تحلیل هم‌مدیدی شد. نتایج نشان داد که تعداد سال‌های همراه با خشکسالی و شدت آن در کشور طی دوره مورد مطالعه افزایش یافته است. شدت و گستره مکانی خشکسالی در فصل زمستان بیشتر از فصل پاییز افزایش بوده است. در دهه ۹۰ گستره‌ترسالی بیشتر از خشکسالی بوده است. با شروع دهه دوم (۲۰۱۰-۲۰۲۰) شدت و گستره مکانی خشکسالی و تعداد خشکسالی‌ها افزایش یافته است. این روند تا سال ۲۰۱۶ تداوم داشته است بطوریکه شدیدترین خشکسالی‌های کشور طی دهه اخیر به وقوع پیوسته است. افزایش گستره خشکسالی در فصل زمستان (ماه ژانویه و مارس) طی دهه اخیر مشهودتر است. مسلماً این شرایط ناشی از تغییرات آب و هوایی و تغییر در رفتار الگوهای گردشی بوده است. از لحاظ هم‌مدیدی نیز شدیدترین خشکسالی‌های کشور در دوره سرد سال زمانی رخ می‌دهد که پرفشار جنب حاره تا عرض ۳۰ درجه شمالی گسترش یابد. در این صورت شرایط پایداری به دلیل عدم شرایط صعود و عبور امواج بارشی حاکم می‌شود. به طور کلی خشکسالی‌های کشور طی دوره مورد مطالعه افزایش یافته است و گستره مکانی خشکسالی‌ها تحت تاثیر موقعیت مکانی پرفشار جنب حاره ای قرار دارد

استناد: حجازی زاده، زهرا، علیجانی، بهلول، سلیقه، محمد، نادی، ساناز (۱۴۰۲). بررسی تغییرات خشکسالی‌های ایران با رویکرد تغییر اقلیم.

دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی، ۲(۴): ۱-۳

© نویسندگان

Homepage: cccd.znu.ac.ir

ناشر: دانشگاه زنجان.



مقدمه

خشکسالی، سیل و مخاطرات رعد و برق مورد تحلیل قرار می‌گیرد (ویلهاث و همکاران، ۲۰۰۰). در بین عناصر اقلیمی بارش نسبت به سایر عناصر دیگر تغییرات بیشتری از خود نشان می‌دهد، و از پیچیدگی رفتاری چشمگیرتری برخوردار است (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۹). فرین‌های ناشی از رفتار زمانی بارش (خشکسالی و ترسالی) از مخاطرات طبیعی از سطح محلی تا جهانی هستند که به دلیل شرایط جوی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک بیشتر رخ می‌دهد (وانگ و ژانگ، ۲۰۰۸، گائو و همکاران، ۲۰۱۶). خشکسالی از جمله بلاهای طبیعی است که نسبت به سایر پدیده‌ها طبیعی در یک بازه زمانی طولانی اتفاق می‌افتد که به صورت متناوب جوامع بشری را از طرق اثرات منفی بررروی منابع آب و کشاورزی به دنبال آن اقتصاد را دچار مشکل می‌کند (پيله پایه و همکاران، ۱۳۹۹). خشکسالی به دلیل کاهش بارش نسبت به یک دوره بلندمدت مشخص می‌شود و عامل اصلی این مخاطره تغییرات در گردش جو بزرگ مقیاس است (حجازی زاده، ۱۳۷۲؛ حجازی زاده و جوی زاده ۱۳۹۶). پدیده

گرمایش کره زمین واقعیتی است که طی قرن گذشته با آن مواجه بوده‌ایم و سبب تغییرات زیادی در عناصر اقلیمی در کره زمین شده است. گرمایش جهانی به دلیل افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو زمین، از آغاز سده بیستم سبب افزایش ۰/۸ درجه سانتی‌گراد در میانگین دمای هوا شده است (گلشن، ۱۳۹۳). تغییر اقلیم معادل تغییرات معنی‌دار آماری برای متوسط آب و هوا در یک دوره طولانی و نتیجه گرمایش جهانی طی بازه زمانی طولانی مدت است. تغییر اقلیم و گرمایش جهانی از مهمترین مخاطرات دنیای امروز به شمار می‌رود و بر شدت و فراوانی مخاطرات آب و هوایی اثر زیادی بر جای می‌گذارد. یکی از مهمترین اثرات گرمایش جهانی، تغییرات در شدت، زمان و نوسانات زمانی و مکانی بارش است (عساکره و حجسته، ۱۴۰۰). بارش متغیری مهمی در تعیین شرایط آب و هوایی کره زمین، تداوم حیات جانوران و حیوانات، منابع طبیعی، محیط زیست و فعالیت‌های انسانی دارد به همین دلیل به عنوان پارامتری مهم در شناسایی مخاطرات بارشی از جمله

رنجبرسعادت آبادی و همکاران، ۱۳۹۳). این مخاطره در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل رفتار بسیار متغیر بارش بسیار محسوس تر است. با توجه به قرارگیری ایران در کمربند خشک کره زمین و همچنین تغییرپذیری بالای بارش سالانه، بخش وسیعی از کشور با خشکی و کمبود آب و سیل و آب گرفتگی مواجه می باشد. همچنین با توجه به تنش شدید آبی در بخش های گسترده ای از کشور به ویژه در شهرهای پرجمعیت کشور بحث مدیریت منابع آب و شناخت عوامل گردشی موثر بر رخداد خشکسالی ها اهمیت بسیاری دارد. در این راستا مطالعه و تعیین عواملی که منجر به رخداد خشکسالی کشور می شوند از اهمیت بیشتری برخوردار است. ایران از جمله مناطق پرریسک از نظر مخاطرات محیطی، زمین شناسی و مخاطرات انسانی محسوب می شود (نوروزی خطیری و همکاران، ۱۳۹۲). بطوریکه با گسترش جمعیت، به تدریج نیاز به کاهش دادن مخاطرات در ارتباط با کنترل ریسک مخاطرات و دیگر اقدامات مدیریتی در جهت تهیه برنامه ها پیشگیرانه ناشی از خشکسالی لازم است. خشکسالی ها و

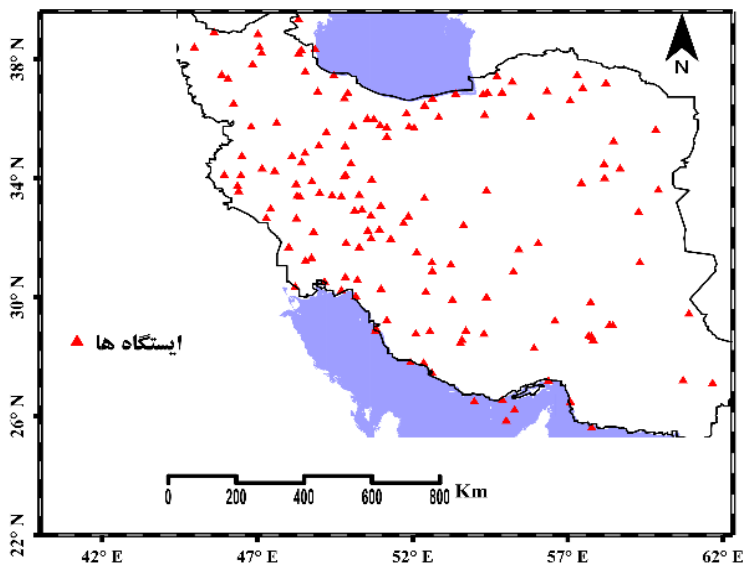
خشکسالی بر اثر تغییر در فراوانی و تاثیر گذاری الگوهای گردشی جو در یک منطقه ایجاد می شوند (فتاحی و بابایی فینی، ۱۳۹۳). الگوهای گردشی نیز خود تحت تاثیر تغییرات بزرگ تر از جمله تغییر اقلیم و نوسانات اقلیمی قرار دارد. از این رو شناسایی رابطه میان رخداد مخاطرات محیطی از جمله خشکسالی و عوامل اصلی موثر بر آن نقش مهمی در پیش بینی روند و شدت مخاطره خشکسالی دارد (نستوس و زرفوس، ۲۰۰۹؛ پاتیل، ۲۰۱۳). این در حالی است که نوسانات شدید بارش در سال های اخیر سبب افزایش وقوع ناهنجاری های بسیاری از جمله سیل و خشکسالی و چالش های ناشی از آن در سطح جهان (فولر و همکاران، ۲۰۲۱)) از جمله ایران شده است (کریمی و حیدری، ۱۴۰۲). شواهد موجود نیز نشان دهنده افزایش خشکسالی های ایران طی دهه های اخیر است (کریمی و حیدری، ۱۴۰۲). خشکسالی و کاهش بارش ایران معلول عوامل فیزیکی و مکانی پرشماری است که بیشتر ریشه در تغییرپذیری آب و هوا و مهم تر از همه تغییرپذیری گردش جو منطقه ای است (فتاحی و بابایی فینی، ۱۳۹۳؛

کشور با رویکردهای کاربردی مطالعه شود. در این راستا پژوهش حاضر با هدف واکاوی دقیق تر خشکسالی های و ناهنجاری های بارش کشور جهت کاهش خسارت های ناشی از آن در آینده روند تغییرات خشکسالی کشور طی ۳۰ سال اخیر مورد تحلیل قرار می دهد. بنابراین هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی روند تغییرات خشکسالی کشور طی دهه های اخیر است.

۱. داده ها و روش ها

۱.۱. منطقه مورد مطالعه

شکل (۱) پراکنش مکانی ایستگاه های مورد مطالعه را نشان می دهد:



شکل ۱: پراکنش فضایی ایستگاه های مورد مطالعه جهت مطالعه خشکسالی کشور

ترسالی ها بر اثر تغییر در فراوانی و تاثیرگذاری الگوهای گردشی جو در یک منطقه ایجاد می شوند. ورچیدو و همکاران، (۲۰۱۳) نشان دادند که تعداد وقوع خشکسالی ها در دوره آبی و در حوضه یونان بیشتر از ۵۶ درصد افزایش خشکسالی داشته اند. کریمی و حیدری (۱۴۰۲) نیز نشان دادند که خشکسالی های کشور در نیم قرن گذشته افزایش یافته است. با وجود مطالعات زیادی که بر روی خشکسالی در سطح کشور انجام شده است، اما تاکنون روند تغییرات خشکسالی و نقش گردش جوی موثر بر رخداد آن به طور همزمان بررسی نشده است. بنابراین لازم است ساز و کار خشکسالی های

۲-۱-۱ داده‌ها

در این پژوهش با هدف تحلیل روند تغییرپذیری خشکسالی ایران از دو دسته داده بهره گرفته شده است. دسته اول شامل داده‌های بارش ۱۰۰ ایستگاه سینوپتیک و بارانسنجی می باشد که از سایت سازمان هواشناسی کل کشور دریافت گردید. دسته دوم شامل داده ارتفاع ژئوپتانسیل می باشد که از پایگاه داده ECMWF¹-ERA5 اخذ شده است.

۳-۱-۱ روش‌ها

در این پژوهش برای شناسایی خشکسالی ایستگاه‌های ایران از شاخص بارش استاندارد (SPI^2) بهره گرفته خواهد شد. شاخص بارش استاندارد به دلیل سادگی در محاسبات، استفاده از داده های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی و هر نوع شرایط آب و هوایی به عنوان مناسب-ترین شاخص شناخته می شود (عباسی نیا و همکاران، ۱۴۰۰؛ کریمی و حیدری، ۱۴۰۲). با هدف شناخت خشکسالی‌های کشور پراکنش مکانی،

شدت و الگوی گردشی حاکم بر آن برای دوره ۳۰ ساله (۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰) مطالعه شد. در این راستا دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ به ۳ دوره ۱۰ ساله یکسان (دهه اول (۲۰۰۰ تا ۱۹۹۰)، دهه دوم (۲۰۱۰ تا ۲۰۰۱) و دهه سوم (۲۰۲۰ تا ۲۰۱۱)) تقسیم شد. سپس ناهنجاری بارش و خشکسالی‌ها برای دوره های مذکور بررسی و مقایسه شد. هدف از این کار بررسی تغییرات گستره خشکسالی و شدت آن طی دوره مورد بود. سپس روند تغییرات گستره خشکسالی طی بازه زمانی مورد مطالعه با استفاده از آزمون‌های آماری تحلیل می‌شود. علاوه بر تحلیل شدت و گستره خشکسالی، طول دوره بارش برای بازه زمانی مورد مطالعه تحلیل شد. سپس روند تغییرات خشکسالی بر روی گستره کشور با استفاده از آزمون ناپارامتریک من کندال محاسبه شد. در نهایت با هدف واکاوی الگوی جوی همزمان با خشکسالی‌ها الگوی گردشی ارتفاع ژئوپتانسیل برای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای نمونه‌های منتخب خشکسالی‌های شدید کشور تحلیل گردید.

2- The Standardized Precipitation Index

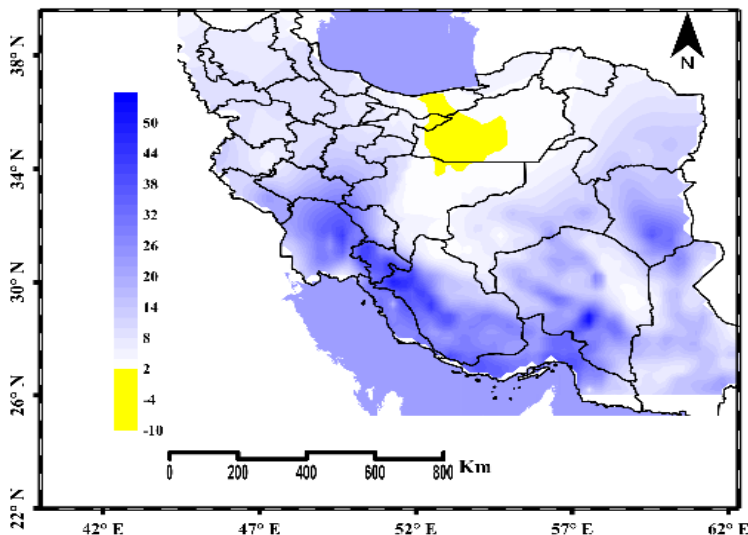
1- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

۲. یافته‌ها و نتایج

برخی از مناطق مذکور بارش تا ۵۰ میلی‌متر افزایش یافته است. مناطق شمال غرب، شمال و شمال شرق نیز ناهنجاری بارش بین ۱۰ تا ۳۰ میلی‌متر را تجربه کرده اند. در حالی که در بخش‌های مرکزی کشور از جمله در استان سمنان، اصفهان و مناطق جنوبی خزر بارش کاهش ۱۰ میلی متری را نشان می‌دهد.

ناهنجاری بارش بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ در شکل ۲ آورده شده است. ملاحظه می‌گردد که طی این دوره بخش گستره‌ای از کشور بارش بیشتر از نرمال را دریافت کرده است. ناهنجاری مثبت بارش در نیمه غربی، جنوب و شرق کشور قابل توجه است بطوریکه در

1990-2000



شکل ۲: ناهنجاری بارش دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ نسبت به دوره بلندمدت (۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰)

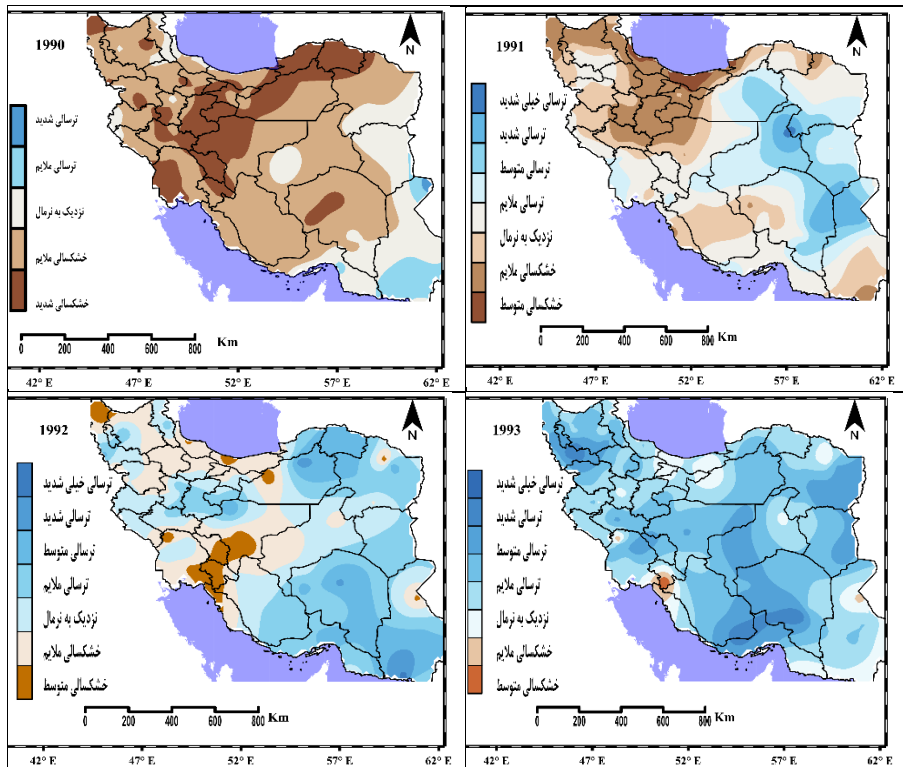
مکانی خشکسالی و ترسالی‌ها بر روی کشور در طول زمان یکسان نیست. گسترده‌ترین خشکسالی‌های کشور طی سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ بوده است که بیش از ۸۰ درصد کشور را تحت تاثیر قرار داده است. در سال

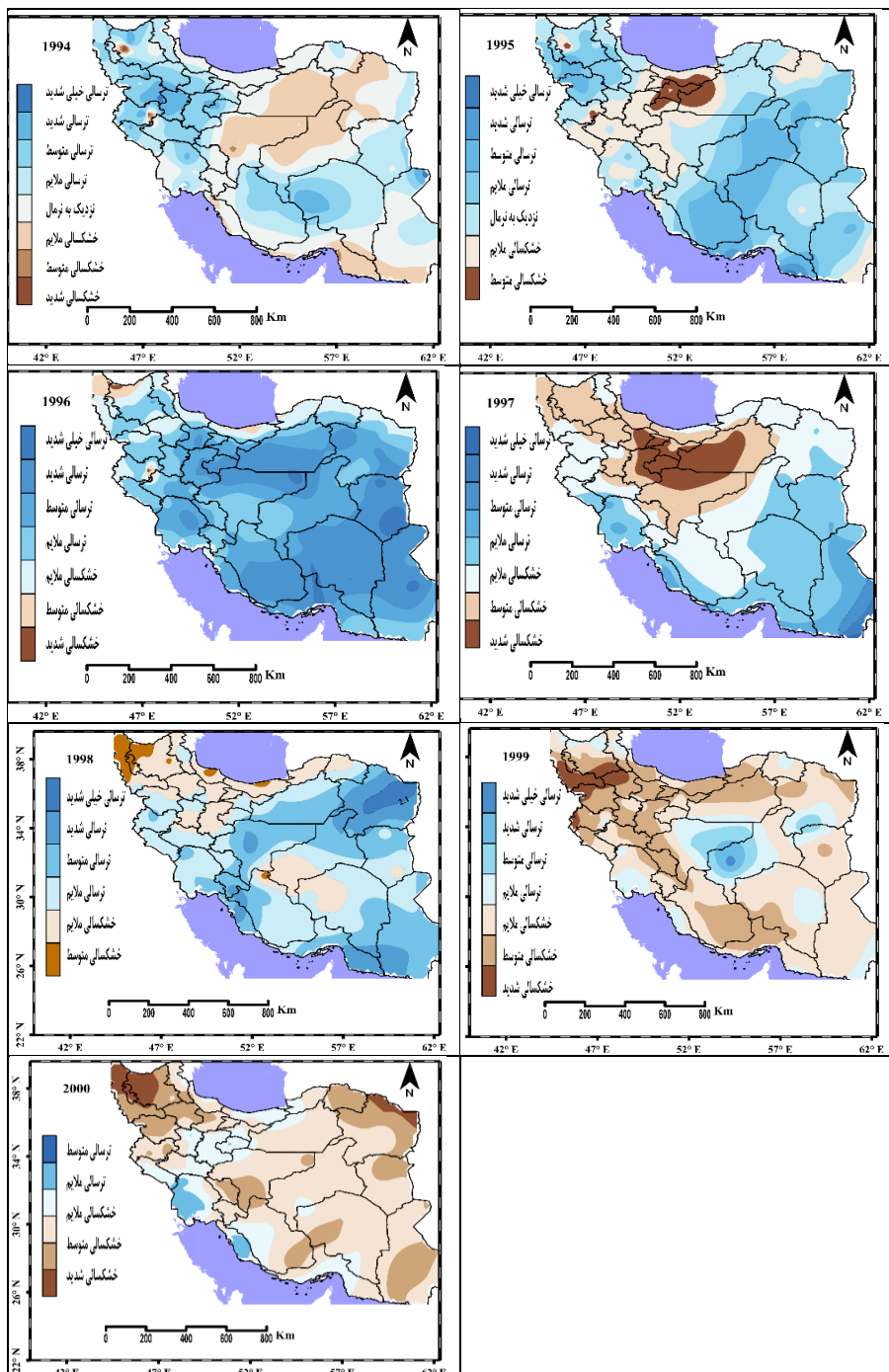
تحلیل خشکسالی و ترسالی‌های کشور برای دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰

پراکنش مکانی خشکسالی و ترسالی بر اساس شاخص SPI برای دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ در شکل ۲ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد گستره

بخش زیادی از نیمه شمالی و مرکزی کشور درگیر خشکسالی بوده است در حالی که مناطق جنوبی و شرقی کشور ترسالی حاکم شده است. همچنین در سال ۱۹۹۹ تنها مناطق مرکزی کشور ترسالی را تجربه کرده اند و در سایر مناطق خشکسالی با شدت مختلف حاکم گشته است. به طور کلی در سال-های ابتدایی و اواخر دهه ۹۰ خشکسالی بیشتر از ترسالی در سطح کشور رخ داده است.

۱۹۹۰ و ۱۹۹۱ بخش زیادی از نیمه شمالی و غربی کشور خشکسالی شدید تا ملایم را تجربه کرده است. از سال ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۶ یک دوره مرطوب در کشور حاکم گشته است و در بیشتر سالها ترسالی شدید رخ داده است. شدت و گستره خشکسالی در سال ۱۹۹۳ و ۱۹۹۶ بسیار قابل توجه است بطوریکه بیش از ۸۵ درصد کشور ترسالی متوسط، شدید و خیلی شدید را تجربه کرده‌اند. از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۰





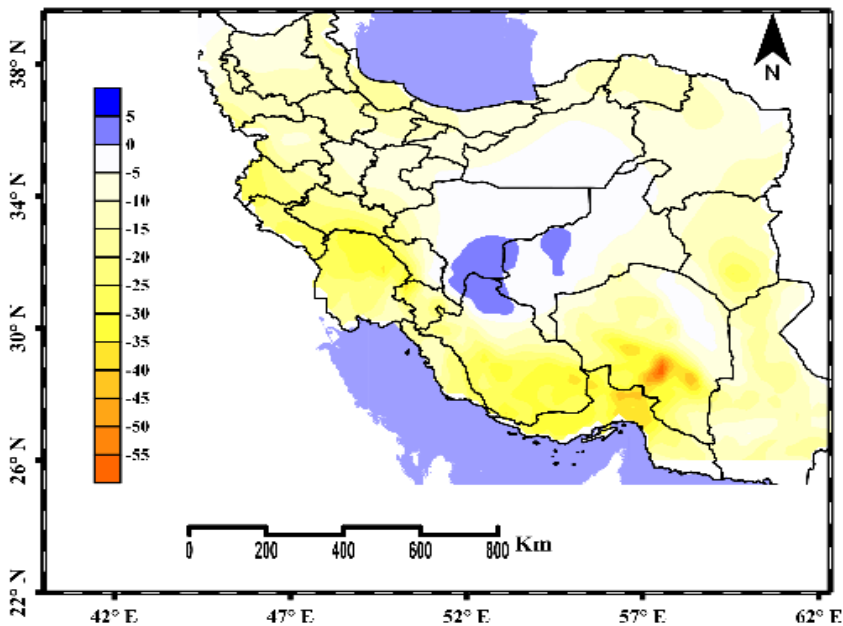
شکل ۳: پراکنش زمانی-مکانی مقادیر شاخص SPI برای دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰

کاهش یافته است. بخش‌های زیادی از مناطق شمالی و شرقی کشور ناهنجاری منفی بارش دیده می‌شود. در مناطق مذکور بارش بین ۲۰ تا ۳۰ میلی‌متر کاهش را نسبت به میانگین خود نشان می‌دهد. در حالی که مناطق مرکزی کشور از جمله اصفهان، یزد، شرق چهارمحال و بختیاری و سمنان ناهنجاری مثبت بارش و به تبع آن ترسالی را تجربه کرده‌اند.

ناهنجاری بارش دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰

ناهنجاری بارش کشور در دهه دوم (۲۰۰۱-۲۰۱۰) برخلاف دهه اول (۱۹۹۰-۲۰۰۰) کاهش بارش در سطح کشور را نشان می‌دهد. در این دوره بر روی بیش از ۷۰ درصد کشور ناهنجاری منفی بارش دیده می‌شود. ناهنجاری شدید (منفی) بر روی نیمه غربی و جنوب کشور قابل ملاحظه است بطوریکه مقدار بارش تا ۵۰ میلی‌متر

2001-2010

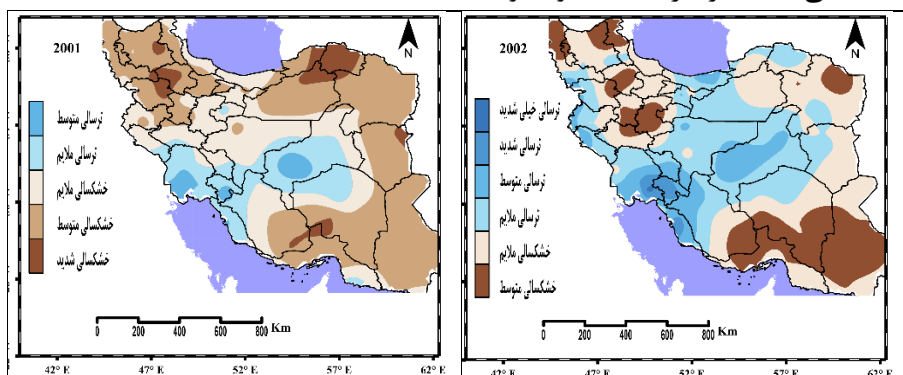


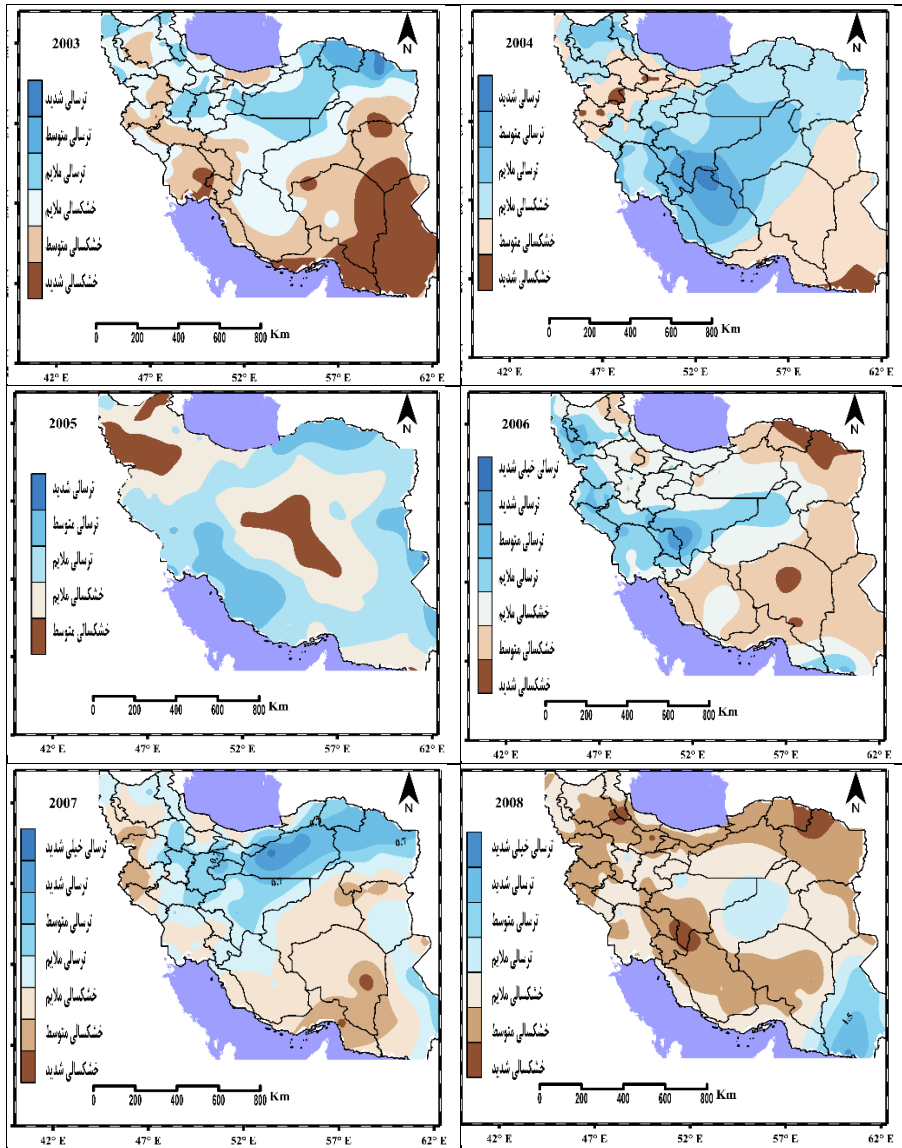
شکل ۴: ناهنجاری بارش دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ نسبت به دوره بلندمدت (۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰)

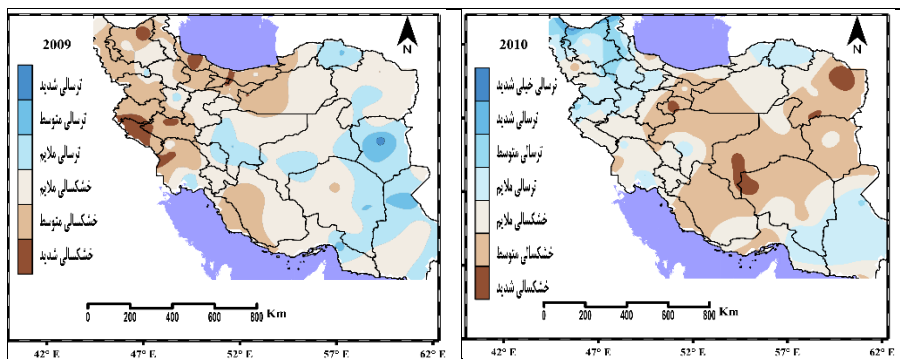
تحلیل خشکسالی و ترسالی های کشور برای دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۱

شرق کشور متمرکز بوده است. در سال ۲۰۰۴ بیش از ۶۵ درصد از کشور ترسالی را تجربه کرده اند در حالی که مناطق غربی و جنوب شرقی کشور خشکسالی ملایم دیده می شود. در سال های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ مناطق غربی کشور شرایط بهتری از لحاظ بارشی داشته اند و ترسالی متوسط تا شدید رخ داده است. از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ گستره مکانی خشکسالی های افزایش یافته است. در این بازه زمانی بیش از ۵۰ درصد کشور خشکسالی با شدت مختلف تجربه کرده است. شدت خشکسالی و گستره مکانی آن در مناطق غربی و مرکزی کشور است در حالی که بخش های از استان خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان ترسالی حاکم بوده است (شکل ۵).

دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ یکی از دوره های خشک ایران از لحاظ ناهنجاری بارش محسوب می شود. در بیشتر سال های این دوره در سطح کشور خشکسالی حاکم بوده و تغییرات شدید بارش بر روی مناطق مختلف دیده می شود. همانطور که ملاحظه می گردد در سال ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ به غیر از مناطق جنوب غرب و مرکزی کشور در سایر مناطق کشور خشکسالی ملایم تا شدید حاکم شده است. در این زمان مناطق واقع در جنوب شرق و شمال غرب کشور خشکسالی شدیدی را تجربه کرده اند. این شرایط در سال ۲۰۰۳ نیز تداوم داشته است بطوری که خشکسالی ها بیشتر در نیمه جنوب و





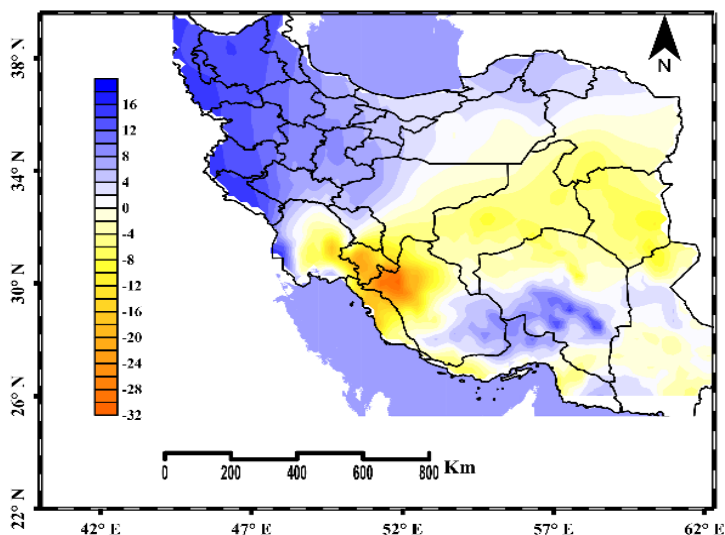


شکل ۵: پراکنش زمانی-مکانی مقادیر شاخص SPI برای دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰

کردستان، آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کرمانشاه دیده می شود. در این دوره زمانی بخش های از مرکز، شرق و جنوب غرب از جمله استان های فارس و خوزستان ناهنجاری منفی بارش را تجربه کرده اند. در مناطق مذکور بارش بین ۵ تا ۳۰ میلی متر کاهش یافته است.

شکل (۶) ناهنجاری بارش دوره زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ نشان می دهد. ناهنجاری بارش بر روی گستره کشور تفاوت قابل ملاحظه ای را نشان می دهد. مناطق شمال غرب، غرب، شمال و جنوب شرق کشور بارش بیشتر از میانگین را داشته اند. ناهنجاری شدید در نیمه غربی ایران از جمله استان های

2011-2020

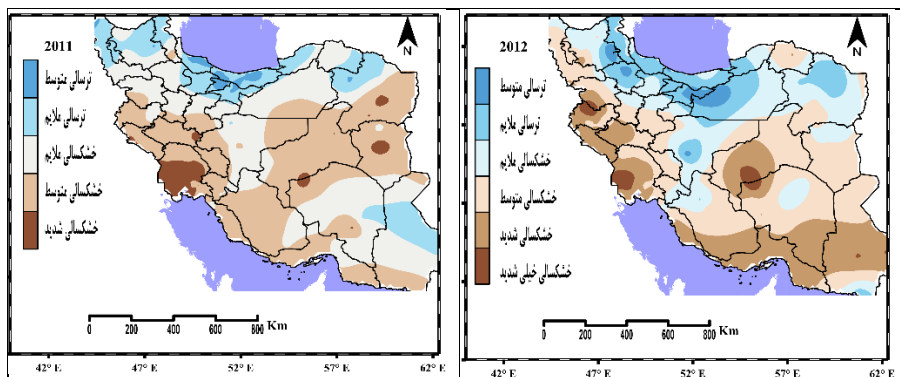


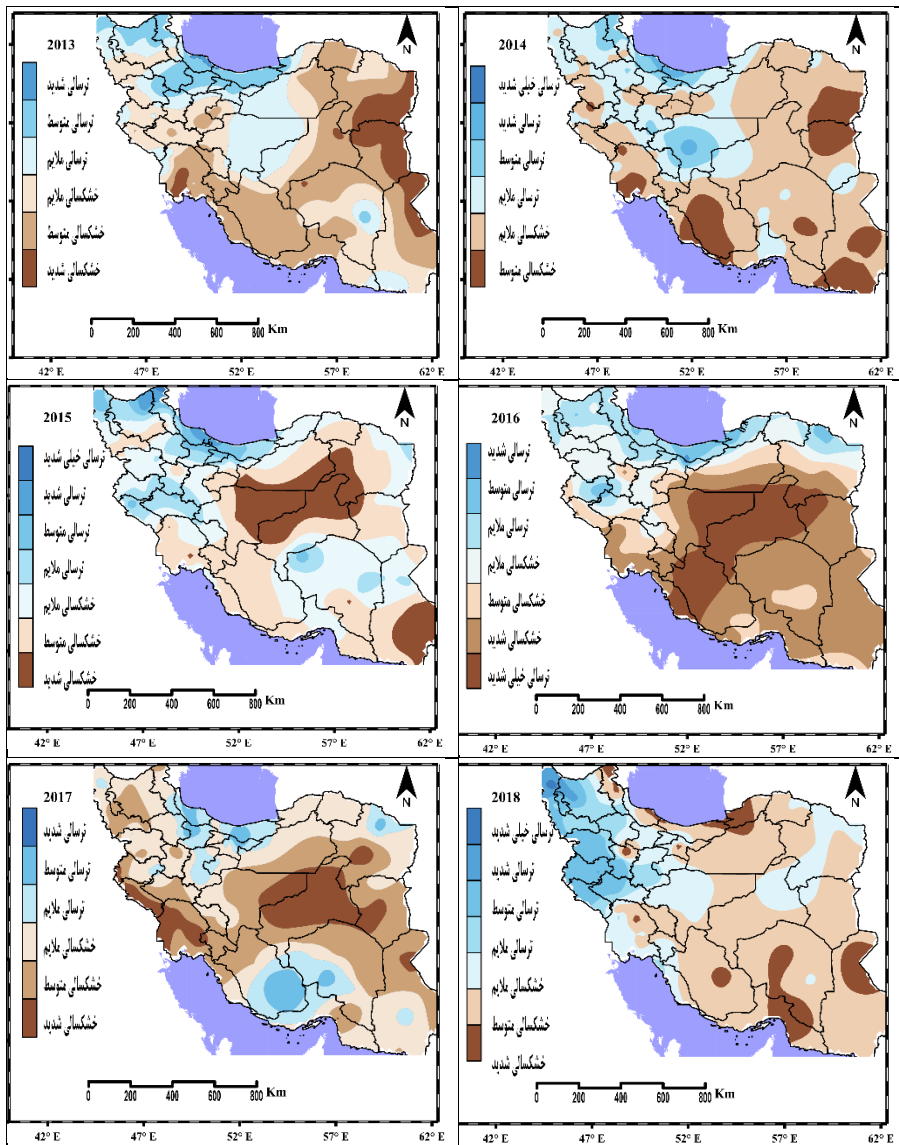
شکل ۶: ناهنجاری بارش دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ نسبت به دوره بلندمدت (۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰)

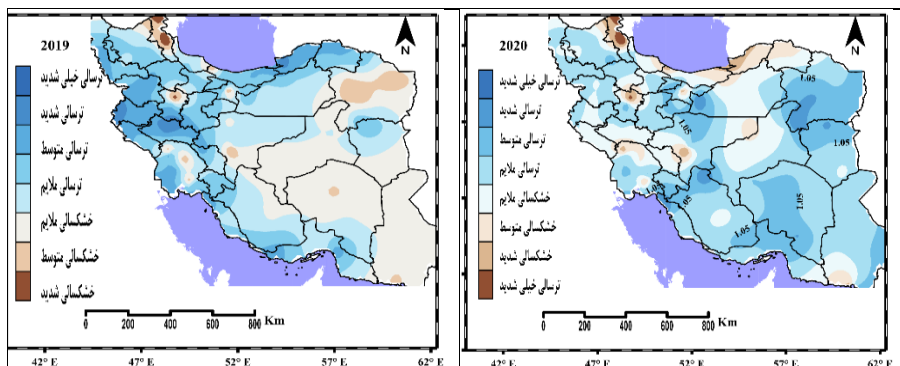
کرده‌اند. در این زمان بیش از ۷۰ درصد کشور خشکسالی را تجربه کرده است. در سال ۲۰۱۵ از گستره مکانی و شدت خشکسالی کاسته شده است در حالی که در سال ۲۰۱۶ به غیر از نوار شمالی کشور در سایر مناطق کشور به صورت مشخص خشکسالی حاکم بوده است. در سال ۲۰۱۶ بیش از ۷۰ درصد کشور درگیر خشکسالی بوده است. در سال ۲۰۱۸ مناطق غربی کشور ترسالی شدید را تجربه کرده‌اند در حالی که در سایر مناطق خشکسالی حاکم بوده است. در سال ۲۰۱۹ برخلاف سال‌های دیگر ترسالی شدید در کشور رخ داده است بطوریکه بیش از ۸۰ درصد کشور با شدت کمتر در سال ۲۰۲۰ نیز دیده می‌شود. در سال ۲۰۱۹ شدت ترسالی در مناطق غربی کشور بوده است.

تحلیل خشکسالی و ترسالی‌های کشور برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۲۰

شکل (۷) پراکنش مکانی ترسالی و خشکسالی کشور بر اساس شاخص SPI برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۲۰ نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌گردد بر اساس شاخص بارش استاندارد از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۸ بخش‌های شمالی کشور ترسالی و در بخش‌های دیگر کشور خشکسالی حاکم بوده است. گستره مناطقی که خشکسالی را تجربه کرده‌اند بیشتر از مناطقی است که ترسالی را تجربه کرده‌اند. شدیدترین خشکسالی در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ در نیمه جنوبی و جنوب غرب کشور بوده است. در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ بخش‌های زیادی از جنوب و شرق کشور خشکسالی متوسط تا شدید را تجربه



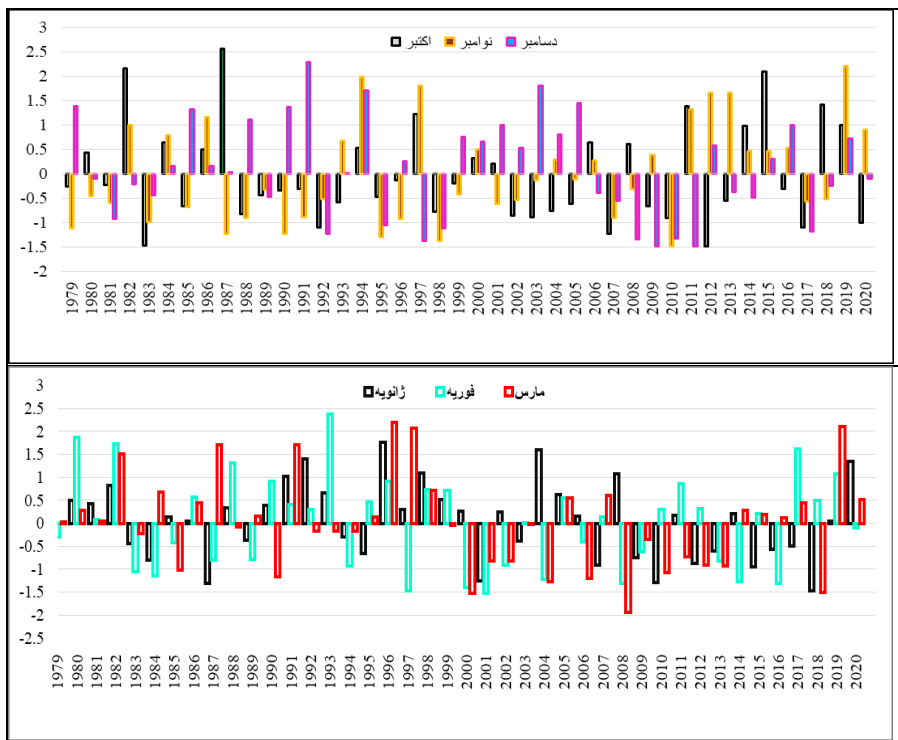




شکل ۷: پراکنش مکانی خشکسالی و ترسالی‌های کشور برای دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰

و افزایش خشکسالی در طول دوره مورد مطالعه دیده می‌شود. در ماه‌های فصل زمستان ترسالی‌های طی بازه ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۶ بوده است در حالی‌که از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۶ کاهش قابل ملاحظه بارش و افزایش خشکسالی با شدت‌های مختلف دیده می‌شود. شدیدترین خشکسالی‌ها طی مارس ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ و ژانویه ۲۰۱۸ بوده است. همچنین در سال‌های انتهایی دوره مورد مطالعه (۲۰۱۹ و ۲۰۲۰) فصل زمستان و پاییز ترسالی حاکم شده است بطوریکه طی نوامبر و مارس ۲۰۱۹ ترسالی خیلی شدید بر روی کشور رخ داده است.

مقادیر محاسبه شده شاخص بارش استاندارد برای ماه‌های فصل پاییز (اکتبر، نوامبر و دسامبر) و زمستان (ژانویه، فوریه و مارس) در شکل (۸) ارائه شده است. در ماه‌های پربارش کشور نوسان شدید بارش در طول بلندمدت دیده می‌شود. در دهه اخیر (۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰) از ماه‌های نوامبر و اکتبر بیشتر سال‌های ترسالی حاکم بوده است. در حالی‌که در ماه دسامبر تعداد سال‌های همراه با خشکسالی بیشتر از سال‌های ترسالی بوده است. شدیدترین خشکسالی‌های پاییزه طی بازه زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱ رخ داده است. در فصل زمستان نیز کاهش بارش

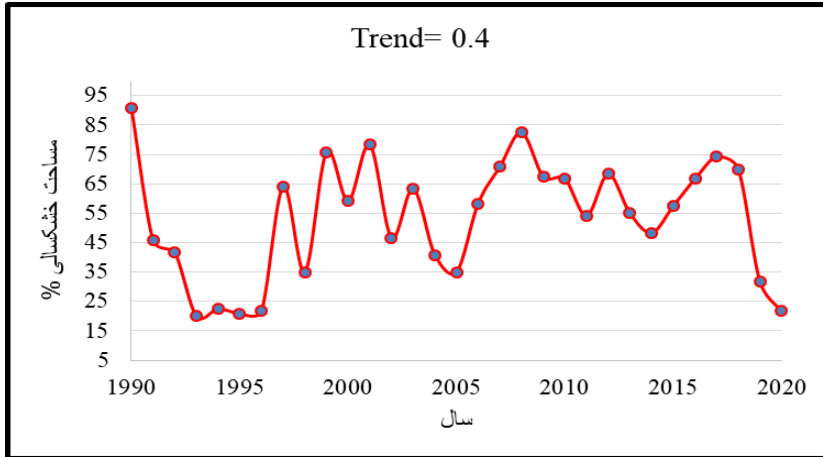


شکل ۸: مقادیر شاخص بارش استاندارد برای ماه های فصل پاییز و زمستان

۱۹۹۷ تا پایان دوره مورد مطالعه واضح است. در این زمان به طور میانگین در ۴۰ درصد کشور خشکسالی حاکم بوده است. گستره مکانی خشکسالی از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ نیز قابل ملاحظه است بطوری که گستره مکانی خشکسالی بیش از ۵۰ درصد است. به طور کلی گستره مکانی خشکسالی کشور افزایش قابل ملاحظه ای را نسبت به بلندمدت نشان می دهد. بر اساس آزمون من

مساحت خشکسالی های کشور طی دوره ۳۰ ساله و روند تغییرات آن بر اساس آزمون ناپارامتریک من کندال در شکل ۹ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می شود در سال ۱۹۹۰ گستره خشکسالی به بیشترین مقدار خود رسیده است. از سال ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۵ گستره خشکسالی کشور به کمترین مقدار خود رسیده است که بیانگر رخداد ترسالی در این زمان است. افزایش مساحت خشکسالی های کشور از سال

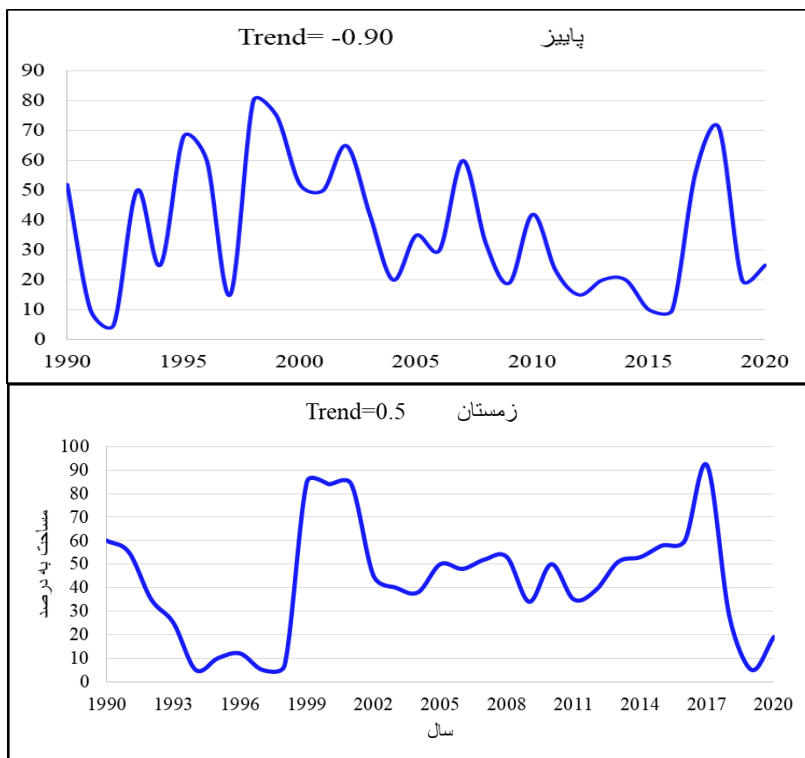
کندال این روند افزایشی به ازای هر سال ۰/۴ درصد بوده است.



شکل ۹: درصد مساحت خشکسالی بر حسب درصد برای دوره سرد سال (زمستان و پاییز)

دوره مورد مطالعه نیز گستره مکانی خشکسالی افزایش یافته است. در فصل زمستان شرایط متفاوت است و روند تغییرات خشکسالی‌ها افزایشی است. به عبارت دیگر گستره خشکسالی‌ها طی فصل زمستان (ماه‌های پربارش) نسبت به فصل پاییز افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. روند گستره مکانی خشکسالی با نرخ ۰/۵ درصد افزایش یافته است و این افزایش در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۶ بسیار قابل توجه است.

شکل (۱۰) روند گستره (مساحت) خشکسالی‌های متوسط تا خیلی شدید کشور برای پاییز و زمستان طی بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهد. در فصل پاییز روند تغییرات مساحت خشکسالی طی دوره مورد مطالعه با نرخ ۰/۹۰- کاهش را نشان می‌دهد. در دهه ۹۰ مساحت خشکسالی‌های پاییزه بین ۲۰ تا ۷۰ درصد در نوسان بوده است، در حالی که از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ گستره مکانی خشکسالی‌های پاییزه کاهش یافته است. در سال‌های انتهایی



شکل ۱۰: مساحت خشکسالی های متوسط تا شدید کشور برای پاییز و زمستان طی بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

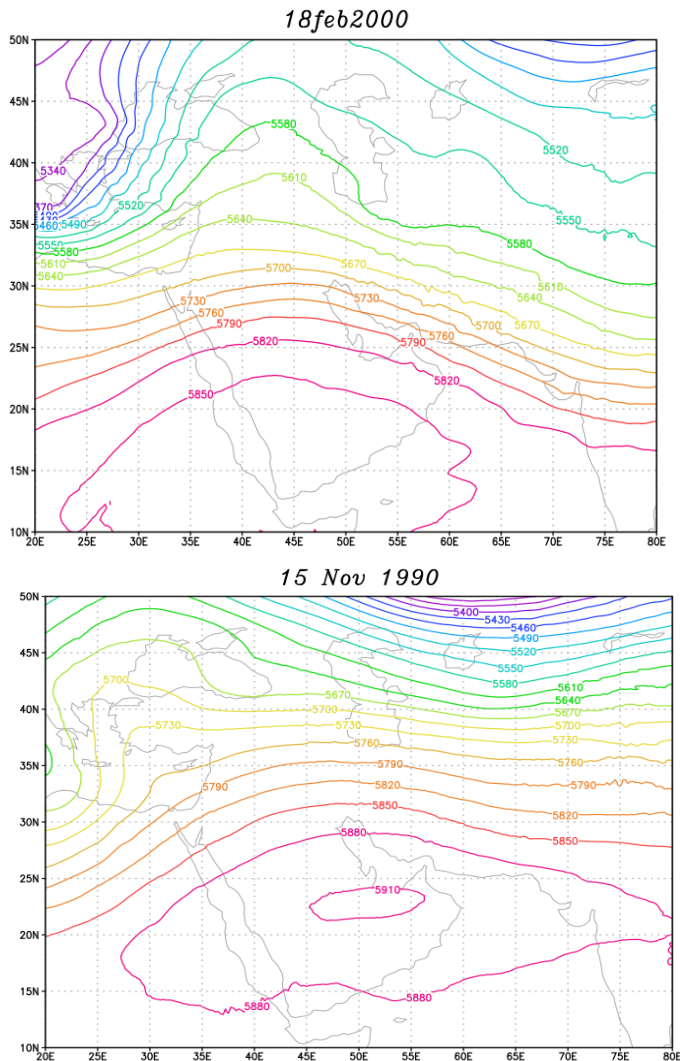
پایداری را رقم زده است. در زمان شدیدترین خشکسالی های کشور هسته مرکزی ارتفاع زیاد با پربنده بسته شده ۵۸۵۰ و ۵۹۱۰ ژئوپتانسیل متر برروی عربستان قرار گرفته است. استقرار هسته مرکزی این سامانه مانع از نفوذ امواج باد غربی و ناوه مدیترانه برروی کشور شده است بطوری که در این زمان ناوه مدیترانه برروی غرب مدیترانه قرار

تحلیل همدیدی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای خشکسالی های شدید

الگوی گردشی غالب خشکسالی های شدید و فراگیر کشور برای ۱۵ نوامبر ۱۹۹۰ و ۱۸ فوریه ۲۰۰۰ در شکل (۱۱) ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می گردد تشدید نصف النهاری جریانات جنوبی به دلیل تقویت و گسترش پرفشار جنب حاره ای شرایط

خشکسالی های کشور تقویت و گسترش
شمال سوی پرفشار جنب حاره ای است
(حجازی زاده و جوی زاده، ۱۳۹۶،
کریمی و همکاران، ۱۴۰۰).

گرفته است. در این زمان به دلیل
پایداری جو و حاکمیت پرفشار جریانات
مداری بر روی کشور تقویت شده است.
بنابراین می توان دریافت که الگوی
جوی غالب در زمان شدیدترین



شکل ۱۱: الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به عنوان الگوی غالب خشکسالی کشور

نتیجه گیری

کشور ترسالی را تجربه کرده است. به طور کلی تعداد سال های همراه با خشکسالی و شدت آن در دهه دوم (۲۰۱۰-۲۰۰۱) و دهه سوم (۲۰۲۰-۲۰۱۱) بیشتر از دهه اول (۲۰۰۰-۱۹۹۰) بیشتر است. در صورت تداوم خشکسالی های کشور در سال های آینده ضرورت برنامه ریزی برای کاهش مصرف آب در بخش های کشاورزی، صنعت و تامین آب برای مصارف حیاتی از اهمیت بسیاری برخوردار است. از لحاظ همدمیدی نیز خشکسالی های کشور تحت تاثیر تغییرات مکانی پرفشار جنب حاره ای قرار دارد بطوری که گسترش شمال سوی سامانه (تا عرض ۳۰ درجه شمالی) مذکور مانع اصلی گسترش امواج بارشی و ناپایداری است. به طور کلی پرفشار جنب حاره ای مهمترین سامانه ای است که بر رخداد خشکسالی های کشور تاثیر می گذارد. در این راستا می طلبد مطالعات بیشتری بر روی نقش الگوهای گردشی بر خشکسالی های شدید کشور با رویکرد تغییر اقلیم انجام گیرد.

بدینوسیله از جناب آقای دکتر حسین عساکره که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند، صمیمانه تشکر می کنیم.

خشکسالی از جمله بلاهای طبیعی است که در سال های اخیر با کاهش میزان آب های سطحی و زیرزمینی، افزایش مهاجرات (در مناطق خشک) و خسارات مالی زیادی در کشور همراه شده است. پژوهش حاضر با هدف شناسایی روند خشکسالی های کشور و ساز و کار حاکم بر آن تغییرات خشکسالی- های را برای یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۲۰-۱۹۹۰) واکاوی کرده است. نتایج نشان داد که خشکسالی از جمله ویژگی های اصلی اقلیم ایران است که در هر سالی بخش های از کشور را تحت تاثیر قرار می دهد. این پدیده در طول دوره مورد مطالعه از لحاظ شدت و گستره مکانی افزایش یافته است. روند تغییرات خشکسالی ها و شدت آن در فصل پاییز و زمستان متفاوت است. در فصل پاییز گستره مکانی خشکسالی ها کاهش یافته اما شدت خشکسالی ها افزایش یافته است. در فصل زمستان گستره مکانی و شدت خشکسالی با روند ۰/۵ درصد به ازای هر سال افزایش یافته است. طی دوره مورد مطالعه بیشتر خشکسالی ها طی بازه ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۰ رخ داده است. در حالی که طی ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۶ و سال های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ بیشتر مناطق

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: این پژوهش هیچ کمک مالی از سازمان های تامین مالی دریافت نکرده است.
تعارض منافع: طبق اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.
برگرفته از پایان نامه/رساله: این مقاله برگرفته از پایان نامه/رساله نبوده است.

منابع

- ۱ (۲): ۷۰-۱۱۴. دگرگونی ها و مخاطرات آب و هوایی.
- ۱- پیل پایه، علیرضا؛ نجفیان قوجه بیگلو، داوود؛ سعدی، توفیق؛ و رحمتی، اکبری (۱۳۹۹) تحلیل وضعیت خشکسالی در سطح ایران با استفاده از محصول بارشی مرکز *ecmwf*. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. سال ۷، شماره ۳: ۲۹-۴۶.
- ۲- حجازی زاده، زهرا؛ جوی زاده، سعید (۱۳۹۶) خشکسالی و شاخص های آن. انتشارات سمت. ۹۷۸-۹۶۴-۵۳۰-۵۵۱.
- ۳- حجازی، زهرا. ۱۳۷۲. بررسی سینوپتیکی نوسانات فشار زیاد جنب حاره، رساله دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۴- رنجبر سعادت آبادی، عباس؛ پناهی، علی و فتاحی، ابراهیم (۱۳۹۳) تاثیر ناهنجاری های ماهانه الگوهای گردشی جو در رخداد دوره های خشک و تر در غرب و شمال غرب ایران. اقلیم شناسی. ۹۱-۱۰۹: (۱۸)۵.
- ۵- علیجانی، بهلول؛ میرزایی، نبی اله و جاهدی، آرمان (۱۳۹۹) واکاوی همیدید بارش های حدی و سیل آسای کشور مطالعه موردی: ۱۶-۳۱ مارس ۲۰۱۹.
- ۶- عساکره، حسین، و خجسته، اتوسا (۱۴۰۰) فراوانی ورود چرخندهای مدیترانه ای به ایران و اثر آن ها بر بارش های فراگیر. مخاطرات محیط طبیعی. ۱۵۹-۱۷۶.
- ۷- فتاحی، ابراهیم و بابایی فینی، ام السلمه (۱۳۹۳) طبقه بندی الگوهای همیدیدی بارش زا و خشکسالی در ایران زمین. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ۲۹ (۱): ۱۱۲.
- ۸- کریمی، مصطفی؛ نوروزی، فهیمه؛ جعفری، مهناز، خوش اخلاق، فرامرز و شمسی پور، علی اکبر (۱۴۰۰) هم زمانی تغییرات مکانی و اچرخند عربستان در تراز ۸۵۰ hPa با بارش- های اکتبر تا مارس در ایران. پژوهش های جغرافیای طبیعی. ۵۳ (۴): ۵۰۹-۵۲۹.
- ۹- گلشن، سحر، رائینی سرجاز، محمود، نوروز ولاشدی، رضا (۱۳۹۳). بررسی و آشکارسازی اثر گرمایش جهانی بر تغییرات روند دمای خاک و برآورد آن- ها با روش همبستگی رگرسیونی. نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک، ۲۲، ۴.

- 10.1016/j.atmosres.2009.03.009.
- Patil, S. R. (2013). Analysis of Spatial Performance of Meteorological Drought Indices. Master of Science Thesis.
 - Supervisor: Steven Quiring. Texas A&M University.
 - Vrochidou, A. E. K., Tsanis, I. K., Grillakis, M. G. and A. G. Koutroulis. 2013. The impact of climate change on hydrometeorological droughts at a basin scale. *Journal of Hydrology*, 476:290-301.
 - WANG, F.; YANG, H.; WANG, Z.; ZHANG, Z. & LI, Z. 2019. Drought evaluation with CMORPH satellite precipitation data in the Yellow River Basin by using Gridded Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Remote Sensing*, 11: 485.
 - Wilhite, D. A., Silvakumar, M. V. K., & Woods, D. A. (2000). Early warning systems for drought preparedness and drought management. In Proc. Expert Group Meeting held in Lisbon, Portugal. Geneva, Switzerland: W. M. O.
 - نوروژی خطیری، خدیجه؛ امیدوار، بابک؛ ملک محمدی، بهرام، و گنجه ای، سجاد (۱۳۹۲) تحلیل ریسک مخاطرات چندگانه شهری در اثر سیل و زلزله (مطالعه موردی: منطقه بیست تهران. جغرافیا و مخاطرات محیطی.
 - Fowler, H. J., Lenderink, G., Prein, A. F., Westra, S., Allan, R. P., Ban, N., ... & Zhang, X. (2021). Anthropogenic intensification of short-duration rainfall extremes. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(2), 107-122.
 - Gao, J., Holden, J. and Kirkby, M. (2016). The impact of land-cover change on flood peaks in peatland basins. *Water Resources Research*, 52(5), 3477-3492. doi.org/10.1002/2015WR017667
 - Nastos, P.T. and Zerefos, C.S. (2009). Spatial and temporal variability of consecutive dry and wet days in Greece. *Atmospheric Research*, 94(4), 616-628. DOI: