Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Spatial correlation of extreme temperatures and vegetation changes in the watersheds of Iran

Javad Momeni Damaneh [1], Seyed Mohammad Tajbakhsh Fakhrabadi [2*], Javad Chezgi [3], Ehsan Tamassoki [4]

1. Former Ph.D. Student, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran, Email: j.momenidamaneh.phd@hormozgan.ac.ir
2. Associate Professor, Department, of Watershed Management, Natural Resources Faculty, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: tajbakhsh.m@birjand.ac.ir
3. Assistant Professor, Department of Watershed Management, Natural Resources Faculty, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: Chezgi@birjand.ac.ir
4. Former Ph.D. Student, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran, Email: Email: ehsantamasoki@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 01 October 2023
Revised: 10 January 2024
Accepted: 14 January 2024
Published online: 3 September 2024

Keywords:
Limit temperatures, vegetation index, standard precipitation index, watersheds

ABSTRACT

Changes in extreme climatic phenomena, such as long periods of hot days or heavy rains, have a much greater impact on human societies and the environment than changes in climatic averages. This study aims to investigate and analyze the risks of temperature threshold data and its relationship with changes in the vegetation index in Iran's six watersheds. In this research, the monthly rainfall data of 80 synoptic stations with at least 30 years of the statistical period from 1988 to 2017 were used, and the value of the standardized precipitation index (SPI) was calculated in eight months until the end of May. It was estimated in three-time intervals of ten years. The findings show that there is a significant spatial correlation between the vegetation cover index and the ground surface temperature values in Iran, which indicates the increasing trend of the vegetation cover index. The reports of Iran's Natural Resources and Watershed Management Organization indicate that in the last 30 years, we have increased the level of agriculture (rainfed and irrigated) in the country, along with the reduction and destruction of natural areas. This increase has neutralized the effect of the decreasing trend of pastures and forests in the spatial average of the vegetation cover index. The achievement of the upcoming research is worthy of consideration in the sense that it shows that the increase in the greenness of the country is a false result and can diminish the trend of natural areas (forests and pastures) in the analysis. Finally, if the land use change continues in the country, and droughts intensify with the decrease in rainfall and the increase in temperature extremes; The country will move towards increasing desert areas and land destruction. To prevent the wastage of water in the country's watersheds, the effect of drought should be reduced by implementing watershed measures and comprehensive management of watersheds.

Citation: Momeni Damaneh, J., Tajbakhsh Fakhrabadi, S. M., Chezgi, J., & Tamassoki, E. (2024). Spatial correlation of extreme temperatures and vegetation changes in the watersheds of Iran. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 12(2), 39-58.

DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

*** Corresponding author**: Seyed Mohammad Tajbakhsh Fakhrabadi
Address: Department of Watershed Management, Natural Resources Faculty, University of Birjand, Iran.
Tel: +989155167617
Email: tajbakhsh.m@birjand.ac.ir

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Spatial correlation of Extreme temperatures and vegetation changes in the watersheds of Iran

Javad Momeni Damaneh [1], Seyed Mohammad Tajbakhsh Fakhrabadi [2*], Javad Chezgi [3], Ehsan Tamassoki [4]

1. Former Ph.D. Student, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran, Email: j.momenidamaneh.phd@hormozgan.ac.ir
2. Associate Professor, Department, of Watershed Management, Natural Resources Faculty, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: tajbakhsh.m@birjand.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Watershed Management, Natural Resources Faculty, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: Chezgi@birjand.ac.ir
4. Former Ph.D. Student, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran, Email: Email: ehsantamasoki@yahoo.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Global temperature has increased by about 0.74°C over the last century. Recent studies have noticed the potential for an increase in heat waves, heavy precipitation, cold winters, summer storms, and drought events due to climate change. On the other hand, climate change is believed to affect most aspects of weather and climate, especially precipitation and extreme temperature events. The socio-economic effects of extreme events, require to give more attention to such studies. Assessment of the temperature extremes changes has been done in many regions of the world in the last century. The socio-economic effects of extreme events in arid and semi-arid regions like Iran due to very vulnerable and fragile ecosystems are more and their sudden changes may be followed by devastating events. Spatial and temporal variability of climate in Iran is one of its inherent characteristics and devastative socio-economic effects of climatic disasters such as floods and droughts have been severe in recent years. Studies such, as the spatial analysis of cold winds in the southwestern of Iran and on the effective temperatures in the country, show the variability and instability of climate. The result of global warming over Iran includes the increased frequency of extreme events, especially cold and heat waves, long-time severe droughts, and torrential rain. Numerous recent studies have investigated Iran's average temperature and precipitation variability. Moreover, has confirmed significant changes in heat waves and cold periods in Tehran. The purpose of this study is to provide a more detailed analysis of the spatial and temporal distribution of the temperature extremes over Iran. To draw an accurate picture of the climate variability, limit temperatures, and Drought index are analyzed for 80 synoptic stations which have shown a good spatial distribution over Iran.

Methodology: The monthly rainfall data with at least 30 years of statistical period from 1988 to 2017 were used. The studied data was obtained from the Meteorological Organization. Since the data of the synoptic stations are transmitted at the international level, they have been statistically monitored preliminarily, and there was no need to reconstruct and fix the statistical defects of the data. The length of the statistical period is a very important factor in statistical studies, so the longer the length of the statistical period and the long-term statistics of a parameter are available, the more accurate and valid the analysis will be. For this reason, in three time steps of ten years, the years with the most temperature events (minimum, maximum, and average) in the area were determined. Next, minimum temperatures (-4 to -2, -7 to -4, and -7), maximum temperatures (35 to 30, 40 to 35, and <40), and average temperatures (less than zero, 35 to zero, and <35) were classified. After examining the rainfall regime in the six watersheds of Iran, it was determined from the date of the beginning of the new year in the period of 8 months (including January, February, March, April, May, October, November, and December) and its importance for evaluating the water year. Considering that it was not possible to obtain evaporation data from the surface of the investigated stations, this is considered a limiting factor for the use of climate data, and for this reason, the SPI was used. Therefore, the value of SPI in eight months until the end of May was extracted from the monthly rainfall data in each year and in three steps of ten years, the years with very severe droughts in the watershed were determined. In this research, the investigation of vegetation changes with NDVI index with a spatial resolution of 30 meters from Landsat satellite images in three 10-year periods (1988 to 2017) was used.

*** Corresponding author**: Seyed Mohammad Tajbakhsh Fakhrabadi
Address: Department of Watershed Management, Natural Resources Faculty, University of Birjand, Iran.
Tel: +989155167617
Email: tajbakhsh.m@birjand.ac.ir

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

Results and Discussion: The findings show that there is a significant spatial correlation between the vegetation index and the temperature of the earth's surface in the country. Also, with the reduction of natural resource areas in the last 30 years, an increasing trend in the vegetation cover index is observed. Therefore, to resolve this contradiction, using the reports of the Natural Resources Organization, which shows the fact that in the last 30 years, the level of agricultural land (rainfed and irrigated) has increased in the country, along with the reduction and destruction of pasture and forest land. The quantitative increase of agricultural lands has been to such an extent that it has neutralized the effect of the decreasing trend of pastures and forests in the spatial average of Normalized difference vegetation index (NDVI).

Conclusion: The approach of this research is that the increase in greenness in the country is a wrong result and it can show the land surface of natural resources (forests and pastures) in the growing analysis. Also, the most important limitation of the current research is the use of the climate parameter of Astana temperature and the lack of access to reliable sources of land use change in the country. Therefore, to prevent water wastage in the country's watersheds, it is suggested to implement watershed management, erosion control, and desertification plans. Biodiversity and sustainable development of vegetation should also be protected. By knowing the increasing trend of temperature fluctuations on the changes of vegetation indices over a long period, it is possible to make the necessary predictions for the optimal management of natural resources and the control of land use, especially during drought.

Ethical Considerations

Data availability statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Authors' contribution: Javad Momeni Damaneh: Conceptualization; Data curation; Investigation; Methodology; Software; Supervision; Validation; Visualization; Roles/Writing - original draft.

Seyed Mohammad Tajbakhsh Fakhrabadi: Conceptualization; Data curation; Methodology; Roles/Writing - original draft. Javad Chezgi: Original draft. Ehsan Tamassoki: Data curation.

Conflicts of interest: The author of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

همبستگی فضایی دماهای فرین و تغییرات پوشش گیاهی در حوزه‌های آبخیز ایران

جواد مومنی دمنه[۱]، سید محمد تاجبخش فخرآبادی*[۲]، جواد چزگی[۳]، احسان تمسکی[۴]

۱. دانش‌آموخته دکتری، گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران، j.momenidamaneh.phd@hormozgan.ac.ir
۲. دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران، tajbakhsh.m@birjand.ac.ir
۳. استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران، Chezgi@birjand.ac.ir
۴. دانش‌آموخته دکتری، گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ایران، ehsantamasoki@yahoo.com

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۹ مهر ۱۴۰۲
بازنگری: ۲۰ دی ۱۴۰۲
پذیرش: ۲۴ دی ۱۴۰۲
انتشار برخط: ۱۳ شهریور ۱۴۰۳

واژه‌های کلیدی:
دمای حدی، شاخص پوشش گیاهی، شاخص استاندارد بارش، حوزه‌های آبخیز

چکیده

تغییرات در پدیده‌های اقلیمی حدی مانند دوره‌های طولانی روزهای داغ و یا بارش‌های سنگین تاثیر بسیار زیادتری از تغییرات در میانگین‌های اقلیمی بر جوامع انسانی و محیط می‌گذارد. هدف این مطالعه بررسی و تحلیل مخاطرات داده‌های حدی دمایی و رابطه آن با تغییرات شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) در حوزه‌های آبخیز شش‌گانه ایران است. در این پژوهش از داده‌های ماهانه بارندگی ۸۰ ایستگاه سینوپتیک با حداقل ۳۰ سال طول دوره آماری از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ استفاده شد و مقدار شاخص بارش استاندارد شده (SPI) در دوره ۸ ماهه تا انتهای خرداد محاسبه شد و در سه فاصله زمانی ۱۰ ساله برآورد شد. نتایج نشان داد که مقایسه بین شاخص پوشش گیاهی با مقادیر دمای سطح زمین در ایران وجود دارد که نشان‌دهنده روند افزایشی شاخص پوشش گیاهی است. در حالی‌که گزارش‌های سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری ایران بیان‌گر آن است که در ۳۰ سال گذشته همزمان با کاهش و تخریب عرصه‌های طبیعی، افزایش سطح زراعت (دیم و آبی) را در کشور داشته‌ایم. این افزایش تاثیر روند کاهشی مراتع و جنگل‌ها را در میانگین فضایی شاخص پوشش گیاهی خنثی کرده است. دستاورد پژوهش پیش‌رو از این لحاظ قابل تامل است که نشان می‌دهد افزایش در میزان سبزینگی کشور نتیجه کاذبی است و می‌تواند روند کاهشی عرصه‌های طبیعی (جنگل و مرتع) را در تحلیل‌ها کم رنگ کند. در نهایت اگر تغییر کاربری در کشور ادامه‌دار باشد، و با کاهش بارش و افزایش فرین‌های دمایی خشک‌سالی‌ها تشدید شود؛ کشور به‌سمت افزایش عرصه‌های بیابانی و تخریب سرزمین پیش خواهد رفت. برای جلوگیری از هدررفتن آب در حوزه‌های آبخیز کشور، با اجرای اقدامات آبخیزداری و آبخوانداری و اعمال مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز اثر خشک‌سالی کاهش داده شود.

استناد: مومنی دمنه، جواد، تاجبخش فخرآبادی، سید محمد، چزگی، جواد، و تمسکی، احسان. (۱۴۰۳). همبستگی فضایی دماهای فرین و تغییرات پوشش گیاهی در حوزه‌های آبخیز ایران. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۲(۲)، ۳۹-۵۸.

DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5

CC BY NC
© نویسندگان

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

* **نویسنده مسئول:** سید محمد تاجبخش فخرآبادی
نشانی: گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
تلفن: ۰۹۱۵۵۱۶۷۶۱۷
پست الکترونیکی: tajbakhsh.m@birjand.ac.ir

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

مقدمه

خشک‌سالی پدیده‌ای است که در هر زمانی از سال رخ می‌دهد. زمانی که خشک‌سالی هم‌زمان با فصل رشد باشد، موجب عدم تعادل محیط زیستی خواهد شد که خود متغیرهای زیستی مانند پوشش گیاهی، دمای سطح زمین، رطوبت خاک و تبخیر و تعرق را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ghulam et al., 2007; Reichstein et al., 2002). خشک‌سالی‌ها به‌طور کلی به چهار دستهٔ هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژیکی و اجتماعی–اقتصادی طبقه‌بندی می‌شوند (Wilhite & Glantz, 1985). محققان روش‌های مختلفی برای ارزیابی و تشخیص شدت خشک‌سالی‌ها ارائه داده‌اند. برخی شاخص‌های مربوط به خشک‌سالی‌های هواشناسی هم‌چون شاخص خشک‌سالی بالم و مولی [1](BMDI)، شاخص بارش استاندارد شده (SPI) و شاخص ناهنجاری بارش (RAI) تنها براساس داده‌های هواشناسی پایه‌گذاری شده‌اند (Bhalme et al., 1981; McKee et al., 1993; Van Rooy et al., 1965). براساس بسیاری از شاخص‌های خشک‌سالی‌های کشاورزی هم‌چون شاخص رطوبت محصول (CMI) و شاخص کمبود رطوبت خاک (SMDI) استفاده از داده‌های رطوبت خاک و تبخیر و تعرق است (Hollinger et al., 1993; Narasimhan & Srinivasan, 2005; Palmer, 1965).

درحالی‌که شاخص‌های خشک‌سالی هیدرولوژیکی هم‌چون شاخص شدت خشک‌سالی پالمر (PDSI) براساس یک مدل تعادل آبی طراحی شده‌اند (Shafer & Dezman, 1982). از ابتدای قرن بیستم، بسیاری از فعالیت‌های انسانی و طبیعی منجر به تغییرات چشم‌گیر در الگوهای هیدرولوژیکی، زیستی و پایداری محیط‌زیستی شده است (Abuelgasima & Ammad, 2019). انحراف زیاد از وضعیت اقلیمی متوسط، رویداد حدی نامیده می‌شود. یکی از شاخه‌های مهم اقلیم‌شناسی همدید، شناسایی حالت‌های حدی ویژگی‌های محیطی و تعیین الگوهای گردشی مسبب آن‌ها است. شناسایی حوادث حدی آب و هوایی در مقیاس مکانی و زمانی، به‌منظور برنامه‌ریزی جهت کاهش آثار سوء و افزایش استراتژی‌های انطباق بسیار حائز اهمیت است (افروشه و همکاران، ۱۳۹۹). تغییرات در رخداد و فراوانی حدی می‌تواند آثار و آسیب‌های شدیدتری را نسبت به تغییرات در متوسط ویژگی‌های اقلیمی داشته باشد (Choi et al., 2008). اکثر اقلیم‌شناسان براین باورند که نوسانات اقلیمی کوتاه‌مدت و بلندمدت حوادثی تصادفی نیستند (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۷).

نمایه‌های حدی اقلیمی توسط سازمان جهانی هواشناسی (WMO) به‌عنوان پدیده‌های اقلیمی و هواشناسی نادر که فراتر (یا فروتر) از یک حد آستانه‌اند، تعریف شده است. کمیته بین‌المللی تغییر اقلیم (IPCC) روند و تغییرات دماهای حدی را به‌عنوان شاخص مهمی برای درک بهتر تغییر اقلیم در گذشته و آینده معرفی کرده است (Kemfert, 2009). تغییرات طبیعی یکی از مشخصه‌های اقلیمی جهانی است که در مقیاس کوتاه مدت و بلند مدت اتفاق می‌افتد. تغییرات در پدیده‌های اقلیمی حدی مانند دوره‌های طولانی روزهای گرم و یا روزهای با بارش‌های سنگین، تاثیر بسیار زیادتری از تغییرات در میانگین‌های اقلیمی بر جوامع انسانی و محیط می‌گذارد (Kouzegaran & Mousavi, 2015). عامل‌های مختلفی می‌توانند سبب برهم خوردن شرایط حاکم بر اجزای مختلف سامانه اقلیم کره زمین شوند. این عامل‌ها به دو بخش عامل‌های داخلی، ناشی از کنش‌های متقابل بین اجزای سامانه اقلیم و عامل‌های خارجی طبیعی ناشی از تابش خورشیدی، فعالیت‌های آتشفشانی و افزایش غیرطبیعی گازهای گلخانه‌ای قابل تقسیم هستند. تنها عاملی که به‌صورت غیرطبیعی بر سیستم اقلیم کره زمین تأثیر می‌گذارد، افزایش گازهای گلخانه‌ای است (واثقی و اسماعیلی، ۱۳۸۷).

دما یکی از عمده‌ترین و اساسی‌ترین عوامل در تعیین نقش و پراکندگی بقیه عناصر اقلیمی و یکی از شاخص‌های اصلی در پهنه‌بندی و طبقه‌بندی اقلیمی به شمار می‌رود. علاوه‌بر آن، دما اثرات انکارناپذیری بر فعالیت‌های انسانی و هم‌چنین فرآیندهای طبیعی هم‌چون چرخه آب به جا می‌گذارد. به این جهت و هم‌چنین اثرهای محیطی و اقتصادی– اجتماعی, دما و تغییرات گاه و بی‌گاه آن از موضوعات مورد توجه محافل علمی و حتی عامه مردم طی چند دهه اخیر بوده و تحقیقات گسترده‌ای در مقیاس جهانی، ناحیه‌ای و محلی انجام گرفته است. دماهای حدی حاصل برهم‌کنش بین گردش عمومی جو و ویژگی‌های محلی مکان (ناهمواری و ارتفاع از تراز دریا) است. مدل‌های گردش عمومی جو پیش‌بینی می‌کنند که تا سال ۲۱۰۰، دمای کره زمین از ۱ تا ۳/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد که این مقدار بیش از تغییرهای دمایی ده هزار سال گذشته خواهد بود. پیامد این امر افزون بر تغییر الگوی بارندگی و دما، افزایش تعداد روزهای گرم، کاهش تعداد روزهای سرد، نوسانات شدید آب و هوایی و افزایش پدیده‌های حدی اقلیمی از نظر شدت و فراوانی پیش‌بینی می‌شود (Kemfert, 2009). خسارت اقتصادی ناشی از این تغییرها توسط پژوهشگران مختلف براساس درصد از تولید ناخالص داخلی جهانی و برای درجات مختلف از گرمایش کره زمین صورت گرفته که نتایج گویای این است که افزایش دمای کره زمین تا ۲ درجه سانتی‌گراد با خسارتی معادل ۱ تا ۷ درصد تولید ناخالص داخلی جهانی، تا ۳ درجه سانتی‌گراد با خسارتی حدود ۱ تا ۱۴ درصد تولید ناخالص داخلی جهانی و در صورتی که این افزایش به ۵ درجه سانتی‌گراد برسد خسارت اقتصادی آن بین ۲/۵ تا ۳۰ درصد تولید ناخالص داخلی جهانی برآورد شده است (خلیلیان و همکاران، ۱۳۹۳).

[1] Bahlme and Mooley Drought Index

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

منطقه خاورمیانه نیز در آینده گرم‌تر و خشک‌تر و هم‌چنین افزایش دما و کاهش بارندگی منجر به خشک‌سالی‌های شدیدی در منطقه خواهد شد. مدل‌های برآورد تغییر اقلیم نشان می‌دهند که بارش موجود در منطقه خاورمیانه به بیش از ۴۰ میلی‌متر در سال کاهش خواهد یافت (IPCC, 2012). یخبندان یکی از پدیده‌های مهم اقلیمی ناشی از تغییرات دما در طول زمان است که به‌صورت‌های مختلف در عرض‌های خاص جغرافیایی برحسب منطقه‌بندی و طبقه‌بندی اقلیمی، مناطق مختلف را تحت تاثیرقرار می‌دهد و سالانه خسارات زیان‌باری را در بخش‌های مختلف به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم وارد می‌سازد. تقریباً هر بخشی از اقتصاد ممکن است تحت تاثیر یخبندان‌های غیر منتظره قرار بگیرد و در بیش‌تر موارد، رخداد یخبندان‌ها اثر منفی دارند (Rosenberg & Myers, 1962). یخبندان عبارت است از دماهای صفر و یا کم‌تر از آن، از نظر هواشناسی کشاورزی نیز وقوع یخبندان، تغییر درجه حرارت‌های پایین است که باعث آسیب به بافت‌های گیاهی می‌شود. براساس زمان وقوع، یخبندان‌هایی که زمان اوج آن‌ها نسبت به تاریخ شاخص کم‌تر یا بیش‌تر باشد، زودرس یا دیررس تلقی می‌شوند. یخبندان‌ها را بر مبنای شدت، تداوم و زمان وقوع نیز می‌توان تقسیم‌بندی کرد؛ منظور از تقسیم بر مبنای شدت، قدرت مؤلفه‌های توزیع انرژی است که معمولاً بر اساس دمای میانگین، حداقل میانگین صفر و زیر صفر و پایین‌ترین دمای حداقل اندازه‌گیری می‌شود (حجازی‌زاده و ناصرزاده، ۱۳۸۶). از جمله تحقیقاتی که در ایران بر روی فرین‌های دمایی انجام شده‌اند، می‌توان به دارند و همکاران (۱۳۹۳)، اسدی و مسعودیان (۱۳۹۳)، صفریان و سبحانی (۱۳۹۷)، Alijani و همکاران (2012)، امیدوار و همکاران (۱۳۹۴)، اسدی (۱۴۰۰)، زینالی و همکاران (۱۳۹۹)، قصابی و همکاران (۱۳۹۹)، تاجیک و اربابی سبزواری (۱۳۹۹)، قویدل و همکاران (۱۳۹۴)، عساکره و شادمان (۱۳۹۵)، بارانی و کرمی (۱۳۹۸)، دارابی و همکاران (۱۳۹۵) و فوتوحی و ملک‌نژاد (۱۳۹۹) اشاره کرد. مطالعات متعددی به بررسی روند تغییرات و یا پیش‌بینی روند و داده‌های حدی اقلیمی پرداخته‌اند. اما مطالعات معدودی در خصوص بررسی رابطه بین شاخص‌های پوشش گیاهی و داده‌های حدی دمایی و شاخص‌های خشک‌سالی انجام شده است. هدف این مطالعه بررسی و تحلیل داده‌های حدی دمایی (دمای حداقل، دمای متوسط، دمای حداکثر) و شاخص خشک‌سالی استاندارد بارش رابطه آن با تغییرات شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) در حوزه‌های آبخیز شش‌گانه ایران است.

مواد و روش تحقیق

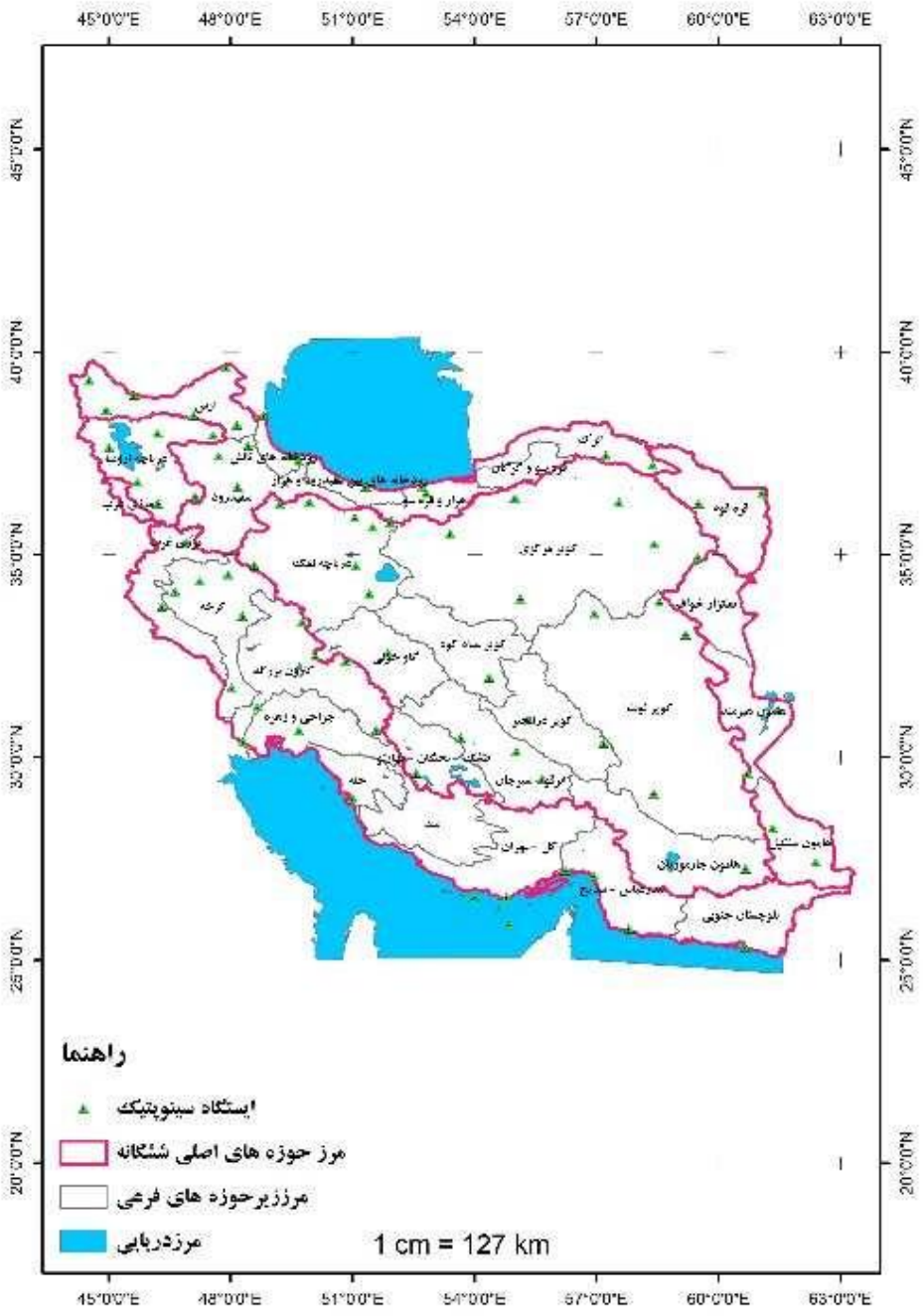
محدوده مورد مطالعه

ایران کشوری وسیع که در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان و در جنوب غربی آسیا (خاورمیانه) واقع در مرز بین دریای خزر و خلیج فارس با موقعیت جغرافیایی ۲۵ تا ۳۹ درجه شمالی از خط استوا و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی از نصف النهار مبدا قرار دارد که مساحتی معادل ۱،۶۴۸،۰۰۰ کیلومترمربع را در برگرفته است. میانگین ارتفاع ایران از سطح دریا حدود ۱۲۵۰ متر و ارتفاع میانگین فلات ایران نزدیک به ۹۰۰ متر است. بارش متوسط سالیانه ایران ۲۵۱ میلی‌متر است که یک سوم بارش سالانه جهانی (۷۳۲ میلی‌متر) و یک سوم بارش متوسط قاره آسیا است. کم‌ترین میزان بارش مربوط به بیابان‌های مرکزی ایران با بارش کم‌تر از ۲۵ میلی‌متر و بیش‌ترین بارش (۱۶۰۰ میلی‌متر) را نواحی خزری در بر می‌گیرد. به‌طورکلی حدود دو سوم از مساحت ایران دارای بارندگی کم‌تر از ۲۵۰ میلی‌متر در سال است، که ۵۰ درصد آن در زمستان رخ می‌دهد (تمسکی و همکاران، ۱۳۹۴). این در حالی است که یک درصد از جمعیت جهان در ایران زندگی می‌کنند. سهم ایران از آب شیرین در حدود ۰/۳۶ درصد است (تاجبخش و مومنی، ۱۴۰۲). میزان تبخیر و تعرق پتانسیل به روش پنمن رایت[1] ۱۹۷۲ میلی‌متر است (ناصری و همکاران، ۱۳۹۹). در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در حوزه‌های آبخیز شش‌گانه اصلی ایران نشان داده شده است. در جدول ۱ نیز مشخصات زیرحوزه‌های آبخیز اصلی همراه با مساحت و ایستگاه‌های تحت پوشش هر یک ارائه شده است.

[1]Penman- Wright

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و پراکنش ایستگاه‌های سینوپتیک و زیرحوزه‌های آبخیز اصلی و فرعی

Figure 1- Geographical location of the studied area and distribution of synoptic stations and main and sub-watersheds

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

جدول ۱- مشخصات حوزه‌های آبخیز مورد بررسی و ایستگاه‌های در برگیرنده

Table 1- Specifications of the studied watersheds and the included stations

ردیف	حوزه‌های آبخیز اصلی شش‌گانه	زیرحوزه‌های آبخیز	مساحت (کیلومتر)	نام ایستگاه سینوپتیک	تعداد ایستگاه سینوپتیک
1	خلیج فارس و دریای عمان	مرزی غرب	40576	ایلام-سنندج	2
2	خلیج فارس و دریای عمان	کرخه	52516	کنگاور-خرم آباد-بستان-اسلام آباد غرب-کرمانشاه	5
3	خلیج فارس و دریای عمان	کارون بزرگ	68013	الیگودرز-اهواز-آبادان-کوهرنگ-شهرکرد-یاسوج	6
4	خلیج فارس و دریای عمان	جراحی و زهره	41228	امیدیه	1
5	خلیج فارس و دریای عمان	حله	21438	بوشهر	1
6	خلیج فارس و دریای عمان	مند	47791	-	-
7	خلیج فارس و دریای عمان	کل – مهران	62922	بندرلنگه-جزیره کیش-جزیره ابوموسی	3
8	خلیج فارس و دریای عمان	بلوچستان جنوبی	48666	چابهار	1
9	خلیج فارس و دریای عمان	بندرعباس - سدیج	44765	بندرعباس-میناب-جاسک	3
10	دریاچه ارومیه	دریاچه ارومیه	53008	سرآب-تبریز-مهاباد-سقز-تکاب-ارومیه-سهند	7
11	دریاچه ارومیه	دریاچه ارومیه	205	-	-
12	دریای مازندران	ارس	40333	ماکو-خوی-جلفا-اهر-اردبیل-پارس آباد	6
13	دریای مازندران	رودخانه‌های تالش	6907	آستارا-بندرانزلی	2
14	دریای مازندران	سفیدرود	60074	رشت-زنجان-میانه-خلخال	4
15	دریای مازندران	رودخانه‌های بین سفیدرود و هراز	10989	نوشهر-رامسر	2
16	دریای مازندران	هراز و قره سو	18812	قراخیل-بابلسر	2
17	دریای مازندران	قره سو و گرگان	13060	-	-
18	دریای مازندران	اترک	26430	بجنورد-قوچان	2
19	فلات مرکزی	دریاچه نمک	93410	آبعلی-تهران مهرآباد-کرج-قزوین-خرم دره-همدان-کاشان-قم	8
20	فلات مرکزی	طشک - بختگان - مها	31578	شیراز	1
21	فلات مرکزی	ابرقو – سیرجان	57225	آباده-شهربابک-سیرجان	3
22	فلات مرکزی	هامون جازموریان	69417	ایرانشهر	1
23	فلات مرکزی	کویر لوت	206242	بم-زاهدان-بیرجند-فردوس-طبس	5
24	فلات مرکزی	کویر مرکزی	226610	تربت حیدریه-کاشمر-سبزوار-شاهرود-خوربیابانک-سمنان	6
25	فلات مرکزی	کویر سیاه کوه	48980	یزد	1
26	فلات مرکزی	کویر درانجیر	50510	انار-کرمان	2
27	فلات مرکزی	گاو خونی	41789	اصفهان	1
28	قره‌قوم	قره‌قوم	44195	سرخس-مشهد	۲
29	مرزی شرق	نمکزار خواف	32991	-	-
30	مرزی شرق	هامون هیرمند	33794	زابل	1
31	مرزی شرق	هامون مشکیل	36661	خاش-سراوان	2

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

روش تحقیق

جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در منطقهٔ مطالعاتی، نخستین گام این پژوهش است. این اطلاعات شامل تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌ها و داده‌های اقلیمی هستند. هم‌چنین جهت پایش تغییرات پوشش گیاهی از سامانه گوگل ارث انجین استفاده شد. برای محاسبهٔ شاخص خشک‌سالی نیز از داده‌های سازمان هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک کشور استفاده شد. در این پژوهش از داده‌های ماهانه بارندگی ۸۰ ایستگاه سینوپتیک با طول دوره آماری حداقل ۳۰ سال از ۱۳۶۵ تا سال ۱۳۹۵ استفاده شد. داده‌های مورد مطالعه از سازمان هواشناسی ایران تهیه شده است. داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک به‌دلیل اینکه درسطح بین‌المللی مخابره می‌شوند به لحاظ آماری به‌صورت مقدماتی پایش شده و نیازی به بازسازی و رفع نقص‌های آماری داده‌ها نبوده است. طول دوره آماری عامل بسیار مهمی در بررسی‌های آماری است، به‌طوری که هر اندازه طول دوره‌ی آماری بیش‌تر و در واقع آمار طولانی مدت از یک متغیر در اختیار باشد، تجزیه و تحلیل انجام شده از دقت و اعتبار بیش‌تری برخوردار خواهد بود (بارانی و کرمی، ۱۳۹۸)، به‌همین دلیل در سه گام زمانی ده ساله، سال‌هایی با بیش‌ترین رخدادهای دمایی (حداقل، حداکثر و متوسط) در حوزه آبخیز مشخص شد. در ادامه دماهای حداقل (۴- تا ۲- ، ۷- تا ۴- و ۷- >)، دماهای حداکثر (۳۵ تا۳۰، ۴۰ تا ۳۵ و ۴۰>) و دماهای متوسط (کم‌تر از صفر، ۳۵ تا صفر و ۳۵>) طبقه‌بندی شد. پس از بررسی رژیم بارش در حوزه‌های آبخیز شش‌گانه ایران مشخص شد و از داده‌های ابتدای سال میلادی در بازه ۸ ماهه (شامل ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، اکتبر ، نوامبر و دسامبر) اهمیت آن برای ارزیابی سال آبی است؛ استفاده شد. با توجه به این‌که دریافت داده‌های تبخیر از سطح ایستگاه‌های مورد بررسی امکان‌پذیر نبود و این یک عامل محدودکننده برای استفاده از داده‌های اقلیمی به‌شمار می‌آید و به‌همین دلیل از شاخص SPI استفاده شد. بنابراین مقدار SPI در بازه ۸ ماهه تا انتهای ماه مه از داده‌های بارندگی ماهانه در هر سال استخراج و در سه گام زمانی ده ساله، سال‌هایی با خشک‌سالی‌های بسیار شدید در حوزه آبخیز مشخص شد (تابخش و مومنی، ۱۴۰۲).

نمایه بارش استاندارد به‌وسیله Mckee و همکاران (1993) به‌منظور تعیین پایش خشک‌سالی ارائه شد. آن‌ها برای نشان دادن نمایه بارش استاندارد شده از یک نظام طبقه‌بندی شده استفاده کردند. به گونه‌ای است که امکان تعیین کمی خشک‌سالی یا SPI طبیعت وقایع غیرعادی رطوبتی را در مقیاس زمانی مشخص روی هر منطقه‌ای از کره زمین که بارش آن ثبت شده است برای یک تحلیل‌گر فراهم می‌کند (خداقلی و همکاران، ۱۳۹۳). از نظر مفهومی SPI نمره سیگمایی یا میزان انحراف استاندارد بالاتر یا پایین‌تر از میانگین را نشان می‌دهد (Saadati et al., 2009).

با توجه به این‌که طبقه‌بندی مک کی و همکارانش برای تعیین و پایش خشک‌سالی در منطقه کلرادو به‌کار گرفته شده است، بنابراین باید متناسب با ویژگی‌های اقلیمی و رژیم بارش برای هر منطقه طبقه‌بندی خاصی انتخاب شود؛ لذا با توجه به موقعیت منطقه که اکثر ایستگاه‌ها در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارد از طبقه‌بندی زیر که تغییرات بارش در محدوده ۱ تا ۱- را با دقت بیش‌تر نشان می‌دهد استفاده و یک طبقه به طبقه‌بندی مک کی اضافه شد (Nahid et al., 2019 : تاجبخش و مومنی، ۱۴۰۲). ازآن‌جایی‌که این مطالعه برای ایستگاه‌های کل کشور انجام شده، از گوگل ارث اینجین[1] به‌عنوان یک پلت فرم متن‌باز استفاده شده است. از مزایای GEE کتابخانه گسترده‌ای از مجموعه داده‌های مکانی است که این امکان را فراهم می‌سازد که به‌طور گسترده‌ای از تصاویر ماهواره‌ای و قدرت محاسباتی آن استفاده شود. در این تحقیق بررسی تغییرات پوشش گیاهی با شاخص NDVI با تفکیک مکانی ۳۰ متر از تصاویر ماهواره‌ای لندست در سه بازه ۱۰ ساله (۱۹۸۸ تا ۲۰۱۷) بهره گرفته شد (شکل۳). دلیل این‌که از متوسط ۱۰ ساله تصاویر استفاده شد؛ توزیع فراوانی مقادیر عددی پیکسل‌ها به‌دلیل شرایط ابری، شرایط متغیر پوشش زمین و یا خطاهای رادیو متریک است. در نهایت می‌توان بیان کرد که رابطه متوسط شاخص پوشش گیاهی و مقادیر فرین که ناشی از خطای تصاویر بوده تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد.

تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش از نرم‌افزارهای ENVI۵,۱، ARC GIS ۱۰,۴,۱ و Google Earth ۷,۱,۲ جهت تصحیحات اولیه و طبقه‌بندی نهایی استفاده شد. در مراحل پیش‌پردازش اقدامات موردنیاز بر روی تصویر مانند زمین مرجع کردن تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ و تصحیحات اتمسفری بر پایه روش کسر عددی پیکسل‌های تیره، انجام شد. پس از تهیه و پردازش اولیه تمام تصاویر در نرم‌افزار ENVI، به محاسبه‌ی شاخص‌های ماهواره‌ای مطابق جدول ۲ اقدام شد. در ادامه برای ارزیابی شاخص‌های ماهواره‌ای خشک‌سالی از شاخص متداول و شناخته‌شده SPI استفاده شد.

[1] Google Earth Engine

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

جدول ۲- شاخص ماهواره‌ای استخراج شده

Table 2- Extracted satellite index

شاخص	رابطه	طول موج (متر)		منبع
NDVI	**(NIR – Red)/(NIR + Red)**	**Red**	**0.63–0.69**	**Mather و Koch, (۲۰۱۱)**

NDVI, Normalized Difference Vegetative Index; EVI, Enhanced Vegetative Index;
Vegetative Index; NDMI, Normalized Difference Moisture Index. G = 2, C1 = 6, C2 = 7.5, L = 1.

در این پژوهش جهت پایش خشک‌سالی پس از رفع نواقص آماری داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک از شاخص SPI با استفاده از نرم‌افزار ZimaSPI تحت نرم‌افزار MATLAB، در دوره‌های ذکر شده استفاده شد. از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) به‌طور گسترده‌ای در امور تحقیقاتی و اجرایی در سراسر جهان جهت پایش خشک‌سالی استفاده می‌شود. این شاخص به علت سهولت محاسبات، استفاده از داده‌های قابل‌دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی دلخواه و قابلیت بسیار زیاد در مقایسه مکانی نتایج، به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص برای تحلیل خشک‌سالی به‌ویژه تحلیل‌های مکانی شناخته می‌شود (Guttman، ۱۹۹۹؛ Lioyd-Hughes و Saunders، ۲۰۰۲؛ Liu و همکاران، ۲۰۱۸؛ Mishra و Singh، ۲۰۱۰؛ Mukherjee و همکاران، ۲۰۱۸؛ تمسکی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Tsakiris و همکاران، ۲۰۰۷؛ Wu و همکاران، ۲۰۰۵). این شاخص به کمک معادله ۱ و با محاسبه می‌شود.

$$SPI= P-\overline{P}/ SD$$ رابطه (۱)

در این رابطه P متوسط بارندگی سالانه در ایستگاه موردنظر، $\overline{P}$ میانگین دراز مدت بارش و SD انحراف معیار درازمدت بارش در آن ایستگاه است (تمسکی و همکاران، ۱۳۹۴).

نتایج و بحث

بررسی تغییرات تعداد رخدادهای دمای حداقل (۲- تا ۴- درجه سانتی‌گراد) در سه دوره زمانی مشخص شد در مجموع یک روند افزایشی را در حوزه‌های آبخیز خلیج فارس و دریای عمان و مرزی شرق نشان می‌دهد و در دریاچه ارومیه، دریای مازندران، فلات مرکزی ایران و قره‌قوم از دهه ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۷ یک روند کاهشی داشته و سپس تا سال ۲۰۱۷ با افزایش تعداد رخداد در این دما مواجه شده است. بررسی تغییرات تعداد رخدادهای دمای حداقل (۴- تا ۷- درجه سانتی‌گراد) در سه دوره زمانی مشخص و در مجموع یک روند کاهشی را در حوزه آبخیز دریای مازندران نشان می‌دهد و در حوزه‌های آبخیز دریاچه ارومیه و خلیج فارس و دریای عمان و مرزی شرق در مجموع یک روند افزایشی و در نهایت در حوزه‌های آبخیز فلات مرکزی ایران و قره‌قوم از دهه ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۷ یک روند کاهشی داشته و سپس تا سال ۲۰۱۷ افزایش تعداد رخداد در این دما به وجود آمده است. بررسی تغییرات تعداد رخدادهای دمای حداقل (بیش از ۷- درجه سانتی‌گراد) که باعث از بین رفتن و خشک شدن گیاهان می‌شوند در مجموع یک روند افزایشی را در حوزه آبخیز مرزی شرق نشان می‌دهد و در نهایت در حوزه‌های آبخیز خلیج فارس و دریای عمان، دریاچه ارومیه، دریای مازندران، فلات مرکزی و قرهقوم از دهه ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۷ یک روند کاهشی داشته و سپس تا سال ۲۰۱۷ با افزایش تعداد رخداد در این دما مواجه بوده است (جدول ۳).

جدول ۳- تعداد رخدادهای دمای حداقل در زیرحوزه‌های آبخیز ایران

Table 3- The number of minimum temperature events in the sub-watersheds of Iran

حوزه‌های آبخیز اصلی شش‌گانه	دماهای حدی (c^o)								
	دهه اول (۱۹۸۸-۱۹۹۷)			دهه دوم (۱۹۹۸-۲۰۰۷)			دهه سوم (۲۰۰۸-۲۰۱۷)		
	۲- تا ۴-	۴- تا ۷-	کم‌تر از ۷-	۲- تا ۴-	۴- تا ۷-	کم‌تر از ۷-	۲- تا ۴-	۴- تا ۷-	کم‌تر از ۷-
خلیج فارس و دریای عمان	1783	1766	2138	1873	1759	1732	1829	1883	1842
دریاچه ارومیه	1347	1551	2567	1430	1700	1959	1300	1585	2098
دریای مازندران	2255	2346	3427	2159	2131	2407	2078	2035	2588
فلات مرکزی	3729	3536	2778	3321	3094	1894	3590	3337	2502
قره‌قوم	265	163	92	185	111	88	224	152	136
مرزی شرق	102	44	4	101	58	14	172	84	16

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

بررسی تغییرات تعداد رخدادهای دمای متوسط (کم‌تر از صفردرجه سانتی‌گراد) در سه دوره زمانی مشخص شد که در مجموع یک روند کاهشی را در همه زیرحوزه‌های آبخیز به‌جز فلات مرکزی ایران و مرزی شرق نشان می‌دهد. در حوزه‌های آبخیز فلات مرکزی ایران و مرزی شرق از دهه ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۷ روند کاهشی بوده و سپس تا سال ۲۰۱۷ تعداد رخداد در این فاصله دما افزایش یافته است. در مجموع در کل کشور روند تغییرات رخداد متوسط دمای کم‌تر از صفر درجه سانتی‌گراد به‌ندرت اتفاق افتاده است. بررسی تغییرات تعداد رخدادهای دمای متوسط (۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد) در سه دوره زمانی روند افزایشی را در حوزه‌های آبخیز دریاچه ارومیه، دریای مازندران، فلات مرکزی ایران و قره‌قوم نشان می‌دهد و در حوزه آبخیز مرزی شرق در مجموع یک روند کاهشی و در نهایت در حوزه آبخیز خلیج فارس و دریای عمان از دهه ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۷ یک روند کاهشی داشته و سپس تا سال ۲۰۱۷ تعداد رخداد در این فاصله دما افزایش پیدا کرده است. بررسی تغییرات تعداد رخدادهای دمای متوسط (بیش از ۳۵) که این دما نشان‌دهنده اقلیم ثابت طی دوره شاخص بوده و تغییرات زیاد در این بازه دمایی برای گیاهان و ایجاد تنش دمایی برای آن‌ها بسیار حائز اهمیت است. در مجموع روند افزایشی را در حوزه‌های آبخیز خلیج فارس و دریای عمان، فلات مرکزی و مرزی شرق نشان می‌دهد و در حوزه آبخیز قره‌قوم از دهه ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۷ روند کاهشی داشته و سپس تا سال ۲۰۱۷ تعداد رخداد در این فاصله دمایی افزایش یافته است. در نهایت حوزه آبخیز دریای مازندران از دهه ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۷ روند افزایشی داشته و سپس تا سال ۲۰۱۷ تعداد رخدادها در این دما کاهش یافته است (جدول ۴).

جدول ۴- تعداد رخدادهای دمای متوسط در زیرحوزه‌های آبخیز ایران

Table 4- The number of average temperature events in the sub-watersheds of Iran

حوزه‌های آبخیز اصلی شش‌گانه	دماهای حدی (c^o)								
	دهه اول (۱۹۸۸-۱۹۹۷)			دهه دوم (۱۹۹۸-۲۰۰۷)			دهه سوم (۲۰۰۸-۲۰۱۷)		
	کم‌تراز صفر	۰ تا ۳۵	بیشتر از ۳۵	کم‌تراز صفر	۰ تا ۳۵	بیشتر از ۳۵	کم‌تراز صفر	۰ تا ۳۵	بیشتر از ۳۵
خلیج فارس و دریای عمان	2896	72767	4648	2418	72466	5440	2204	72514	5617
دریاچه ارومیه	4260	21310	0	3526	22037	0	3316	22247	0
دریای مازندران	5996	59751	0	4705	61011	13	4613	61110	5
فلات مرکزی	4507	95402	2361	3162	96667	2414	3595	95663	2865
قره‌قوم	322	6864	118	250	7015	39	293	6969	42
مرزی شرق	8	10729	217	4	10535	417	25	10365	566

بررسی تغییرات تعداد رخدادهای دمای حداکثر (۳۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد) در سه دوره زمانی مشخص شد که در مجموع یک روند افزایشی را در حوزه‌های آبخیز دریای مازندران، فلات مرکزی و مرزی شرق نشان می‌دهد و در حوزه‌های آبخیز خلیج‌فارس و دریای‌عمان، دریاچه‌ارومیه و قره‌قوم از دهه ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۷ روند افزایشی داشته و سپس تا سال ۲۰۱۷ تعداد رخداد در این دما کاهش یافته است. در مجموع در کل کشور روند تغییرات رخداد حداکثر دما ۳۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد افزایشی بوده است. بررسی تغییرات تعداد رخدادهای دمای حداکثر (۳۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد) در سه دوره زمانی مشخص و در مجموع یک روند افزایشی را در حوزه‌های آبخیز دریاچه ارومیه، دریای مازندران، فلات مرکزی ایران و قره‌قوم نشان می‌دهد و در حوزه آبخیز مرزی شرق از دهه ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۷ روند افزایشی داشته و سپس تا سال ۲۰۱۷ کاهش نامحسوس رخ داده است. در نهایت در حوزه آبخیز خلیج‌فارس و دریای عمان روند افزایشی تعداد رخداد در این فاصله دمایی مشاهده می‌شود. بررسی تغییرات تعداد رخدادهای دمای حداکثر (بیش از ۴۰) که باعث از بین رفتن و خشک شدن گیاهان و ایجاد تنش شدید دمایی برای آن‌ها می‌شوند در مجموع روند افزایشی را در همه کشور شاهد بودیم که این نشان از تاثیر تغییر اقلیم بر روی داده‌های حدی دمایی در فاصله دمای حداکثر است (جدول ۵).

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

جدول ۵- تعداد رخدادهای دمای حداکثر در زیرحوزه‌های آبخیز ایران

Table 5- The number of maximum temperature events in the sub-watersheds of Iran

حوزه‌های آبخیز اصلی شش‌گانه	دماهای حدی (c^o)								
	دهه اول (۱۹۸۸-۱۹۹۷)			دهه دوم (۱۹۹۸-۲۰۰۷)			دهه سوم (۲۰۰۸-۲۰۱۷)		
	۳۰ تا ۳۵	۳۵ تا ۴۰	بیش‌تر از ۴۰	۳۰ تا ۳۵	۳۵ تا ۴۰	بیش‌تر از ۴۰	۳۰ تا ۳۵	۳۵ تا ۴۰	بیش‌تر از ۴۰
خلیج فارس و دریای عمان	14374	11745	6364	14854	13122	7645	14612	13576	8184
دریاچه ارومیه	3152	564	2	4041	854	4	3871	1373	29
دریای مازندران	6769	1261	39	8332	1758	96	8975	2268	168
فلات مرکزی	14986	13851	4357	17222	15015	4875	17269	15446	5521
قره‌قوم	1217	952	135	1303	1123	187	1202	1185	373
مرزی شرق	1501	2433	888	1644	2673	1112	1655	2611	1457

با توجه به جدول ۶ مشخص می‌شود که بیش‌ترین خشک‌سالی در دهه دوم اتفاق افتاده که در دهه سوم نیز این روند هم‌چنان با شدت کم‌تر در حال وقوع بوده و کم‌ترین خشک‌سالی در دهه اول است.

جدول ۶- تعداد رخدادهای شاخص خشک‌سالی در زیرحوزه‌های آبخیز ایران

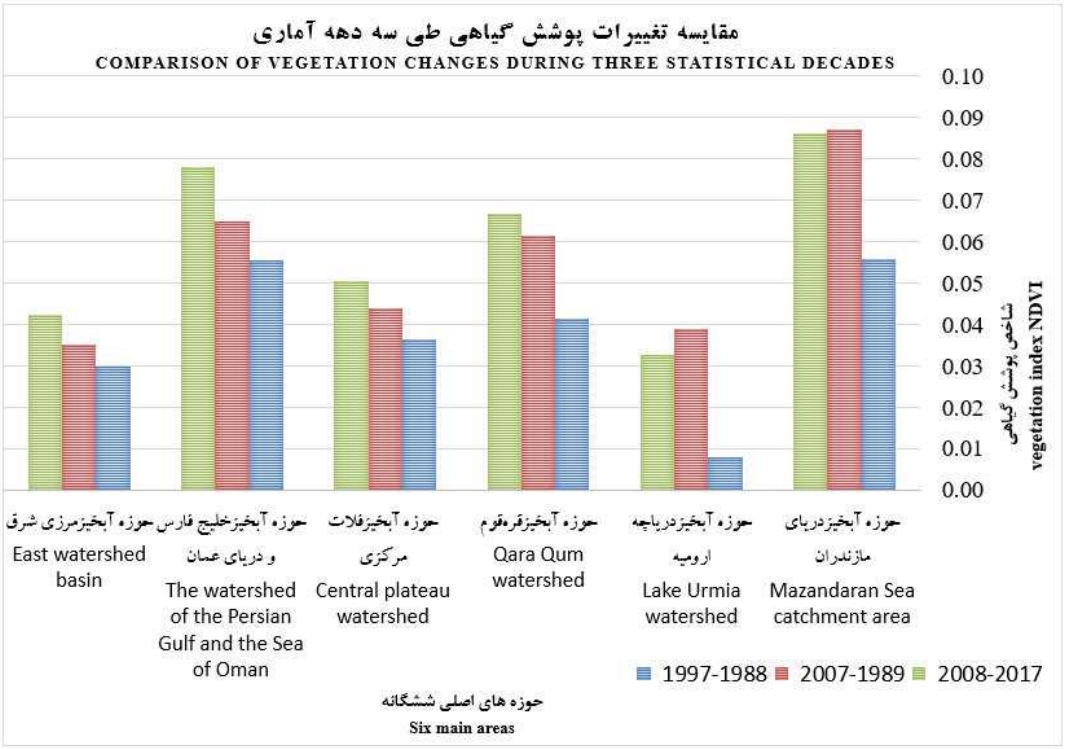
Table 6- The number of drought index events in the sub-watersheds of Iran

حوزه‌های آبخیز اصلی شش‌گانه	1988-1997						
	رطوبت بسیار شدید	رطوبت شدید	رطوبت متوسط	نرمال	خشک‌سالی متوسط	خشک‌سالی شدید	خشک‌سالی خیلی شدید
خلیج فارس و دریای عمان	69	17	16	107	11	3	0
دریاچه ارومیه	17	5	5	33	2	1	0
دریای مازندران	66	7	6	89	11	0	0
فلات مرکزی	17	3	19	171	64	8	0
قره‌قوم	0	0	1	17	2	0	0
مرزی شرق	0	0	0	16	13	1	0
حوزه‌های آبخیز اصلی شش‌گانه	1998-2007						
	رطوبت بسیار شدید	رطوبت شدید	رطوبت متوسط	نرمال	خشک‌سالی متوسط	خشک‌سالی شدید	خشک‌سالی خیلی شدید
خلیج فارس و دریای عمان	77	22	16	90	32	5	0
دریاچه ارومیه	12	2	6	41	0	0	0
دریای مازندران	77	8	18	84	0	0	0
فلات مرکزی	14	4	21	173	59	12	0
قره‌قوم	0	0	1	19	0	0	0
مرزی شرق	0	0	0	9	15	4	0
حوزه‌های آبخیز اصلی شش‌گانه	2008-2017						
	رطوبت بسیار شدید	رطوبت شدید	رطوبت متوسط	نرمال	خشک‌سالی متوسط	خشک‌سالی شدید	خشک‌سالی خیلی شدید
خلیج فارس و دریای عمان	56	15	25	101	26	8	0
دریاچه ارومیه	12	9	9	38	0	0	0
دریای مازندران	72	4	9	99	0	0	0
فلات مرکزی	15	8	6	161	85	11	0
قره‌قوم	0	0	0	19	1	0	0
مرزی شرق	0	0	0	13	13	4	0

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

نتایج متوسط شاخص پوشش گیاهی برای سه دوره زمانی مورد تحقیق طبق شکل ۲ نشان می‌دهد که همه شش حوزه آبخیز اصلی ایران روند افزایش شاخص پوشش گیاهی را داشته و فقط در حوزه آبخیز ارومیه در دوره دوم ۱۹۹۸–۲۰۰۷ افزایش و سپس در دوره سوم ۲۰۰۸–۲۰۱۷ کاهش نامحسوسی را تجربه کرده است. در مجموع می‌توان بیان نمود که شاخص سبزینگی یا NDVI طی دوره آماری ۱۹۸۸–۲۰۱۷ روند افزایشی را داشته است (شکل ۲). باتوجه به جدول‌های ۳ تا ۵ روند افزایشی دما در سه دوره زمانی مشهود بوده و نشان از افزایش دما و کاهش دوره‌های سرد در ایران است. بر این اساس می‌توان بیان نمود که با افزایش دوره گرما، گیاهان دوره زنده‌مانی بیش‌تری را سپری نموده‌اند و این خود باعث افزایش شاخص سبزینگی در سه دوره ۱۰ ساله مورد مطالعه است. در نهایت می‌توان نتیجه‌گیری نمود که بین فرین‌های دمایی رابطه و تاثیر مستقیم با افزایش سبزینگی گیاه وجود دارد.

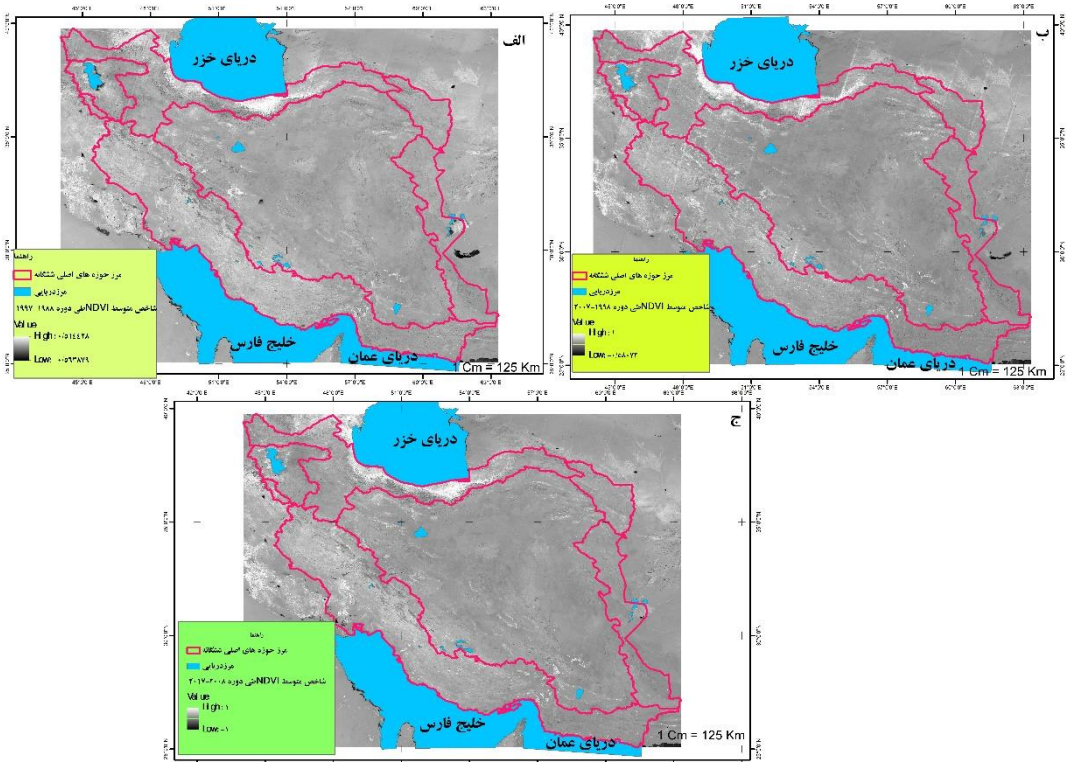


شکل ۲- تغییرات شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) در زیرحوزه‌های آبخیز اصلی در سه دوره زمانی ۱۰ ساله

Figure 2- Changes of NDVI in main sub-watersheds in three 10-year periods

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]



شکل ۳- شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال‌شده (NDVI) در زیرحوزه‌های آبخیز اصلی در سه دوره زمانی ۱۰ ساله

Figure 3- The NDVI in main sub-watersheds in three 10-year periods

بحث

دینامیک زمانی و مکانی پوشش گیاهی در مقیاس‌های زمانی ده ساله انعکاس دهندهٔ تغییر و تحولات متفاوتی در بوم‌سازگان است. گاهی این دینامیک، در پاسخ به تغییرات طبیعی و گاه نیز در پاسخ به تاثیر انسانی و مدیریتی انجام می‌گیرند (تمسکی و همکاران، ۱۳۹۴؛ He et al., 2018). بنابراین مشاهده می‌شود که در مقیاس ۱۰ ساله دینامیک سبزینگی در واقع پاسخ به تغییرات فرین‌های دمایی و میزان تابش را نشان می‌دهند. در حالی‌که نقش تغییر در مقدار بارش به‌طور کلی در مقیاس‌های ۱۰ساله با اطمینان بالایی قابل شناسایی است. چنین نتیجه‌ای در پژوهش Lu و همکاران (2015) نیز مشاهده شده است. به‌طوری که وی نوسانات فصلی شاخص‌های سبزینگی را وابسته به مقدار نوسانات فصلی دما (به‌طور هم‌زمان) و نوسانات دوره‌ای در دینامیک پوشش گیاهی کشور ایران را به تغییرات دما و بارش وابسته هستند. برای این‌که الگوی هم‌زمانی فصلی تغییرات پوشش گیاهی پهنه‌های کشور با دوره رشد محصولات کشاورزی به حداقل ممکن برسد از میانگین ۱۰ ساله کلیه ماه‌ها سال طی دوره آماری استفاده شد. درصورتی‌که این روش اعمال نمی‌شد نتایج ناقصی برای تحلیل‌های بعدی و برنامه‌های اجرایی نادرست ارائه می‌شدکه Lu و همکاران (2015) و قنبری و امرایی (۱۳۹۹) نیز به این موضوع اشاره نموده‌اند. آنان نشان دادند که هم زمان با روند کاهشی در برخی از مناطق دارای پوشش جنگلی، جایگزین شدن زراعت آبی توانسته است نقش کاهش سبزینگی را در مناطق مورد مطالعه جبران نموده و با کاهش عرصه‌های طبیعی (جنگل و مرتع) تغییر محسوسی در شاخص سبزینگی پوشش گیاهی مناطق مورد مطالعه دیده نشود. نکته بارز و قابل توجه این است که با وجود کاهش مناطق جنگلی و افزایش تخریب توسط انسان، میانگین فضایی شاخص در سطح کشور روند افزایشی داشته که این روند متناقض در پژوهش‌های He و همکاران (2018) و Qu و همکاران (2015) مشاهده شده است. برای بررسی و ابهام‌زدایی از این تناقض می‌توان به روند تغییرات زمین‌های کشاورزی در سطح کشور اشاره نمود که نتایج نشان می‌دهد که روند افزایشی داشته که این روند باعث افزایش تغییر کاربری به کشاورزی شده است. این عامل نه تنها اثر کاهش پوشش گیاهی را به‌وسیله شاخص سبزینگی خنثی نموده، بلکه روند معکوسی برای آن ایجاد نموده است. این‌گونه دخالت‌های انسانی که منجر به تغییرات کاربری می‌شود؛ در پژوهش‌های متعددی گزارش شده است. به‌طوری که Qu و همکاران (2015) با بررسی روند شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده پوشش گیاهی در دوره زمانی چهل ساله در چین نشان دادند که افزایش زمین‌های کشاورزی به‌ویژه اراضی زراعی آبی که هم‌زمان با کاهش در مساحت عرصه‌های جنگلی بوده است، باعث شده که اثر کاهش زمین‌های جنگلی با روندیابی

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

میانگین فضایی شاخص پوشش گیاهی کل منطقه خنثی شود؛ اما چنین روند کاذبی می‌تواند برای پژوهشگران و حتی برنامه‌ریزان نیز گمراه‌کننده بوده و نتایج معکوسی به‌دست دهد. از جمله تحقیقاتی که همسو با نتایج پژوهش حاضر است؛ می‌توان به تحقیق ظرافتی و همکاران (۱۴۰۳) که به بررسی الگوهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مولد دماهای فرین بالای ۵۰ درجه منطقه غرب آسیا به این نتیجه رسیدند که دماهای بالای ۵۰ درجه در ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت به وقوع پیوسته و تغییرات سالانه فراوانی دماهای بیشینه فرین دارای روندی صعودی بوده و هم‌چنین بیش‌ترین فراوانی وقوع دمای فرین بالا در دهه‌های اخیر و در سال ۲۰۱۵ و ۲۰۱۰ رخ داده است. هم‌چنین Li (2022) با بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر دمای شدید تابستانی ۴ شهر اصلی چین بر اساس تحلیل پراکندگی و تحلیل روند خطی به این نتیجه رسید که پوشش گیاهی تاثیر مثبتی در کاهش دما داشته است. Guo و همکاران (2022) با بررسی تغییرات فعالیت پوشش گیاهی در شمال شرق آسیا و ارتباط با شاخص‌های اقلیمی فرین دریافتند که رابطه مستقیم و بالایی بین افزایش پوشش گیاهی و بارش‌های فرین است. Aksu (2021) با تجزیه و تحلیل متحرک دماهای فرین در ترکیه نشان داد که روند دماهای فرین افزایشی بوده و یک روند ضروری است. تاجیک و همکاران (۱۴۰۱) با بررسی روند تغییرات دماهای فرین آینده ایران با استفاده از داده‌های CMIP5 نتایج نشان داد که در حالت کلی فرین‌های گرم از روند مثبت و افزایشی و فرین‌های سرد از روند منفی و کاهشی در سطح ایران برخوردارند؛ که همه این تحقیقات همسو با نتایج این پژوهش هستند.

نتیجه‌گیری

با توجه به رابطه پیچیده و چالش‌برانگیز پوشش گیاهی و اقلیم باید رابطه بین آن‌ها را کاوش کرد. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد با مقایسه بین شاخص پوشش گیاهی با مقادیر دمای سطح زمین در کشور مشاهده می‌شود؛ هم‌چنین با کاهش عرصه‌های منابع‌طبیعی طی ۳۰ سال گذشته روند افزایشی شاخص پوشش گیاهی دیده شد که برای ابهام‌زدایی از این تناقض به بررسی گزارش‌های سازمان منابع‌طبیعی رجوع نموده که آن‌ها بیان‌گر این واقعیت است که در ۳۰ سال گذشته هم‌زمان با کاهش و تخریب عرصه‌های طبیعی، افزایش سطح زراعت (دیم و آبی) را درکشور داشته‌ایم. افزایش کمی سطح اراضی زراعی به حدی بوده که تاثیر روند کاهشی مراتع و جنگل‌ها را در مقایسه میانگین شاخص پوشش گیاهی خنثی کرده است. دستاورد نوشتار پیش‌رو از این لحاظ قابل تامل است که نشان می‌دهد افزایش در میزان سبزینگی کشور نتیجه کاذبی بوده و می‌تواند روند کاهشی عرصه‌های طبیعی (جنگل و مرتع) را در تحلیل‌ها کم رنگ کند؛ افزون براین، مهم‌ترین محدودیت پژوهش حاضر استفاده از متغیر اقلیمی دمای حدی و عدم دسترسی به منابع معتبر تغییرات کاربری اراضی در سطح کشور است. در مجموع اگر تغییر کاربری در کشور ادامه‌دار باشد، و با کاهش بارش و افزایش فرین‌های دمایی خشک‌سالی‌ها تشدید شوند؛ کشور به سمت افزایش عرصه‌های بیابانی و تخریب سرزمین پیش خواهد رفت. بنابراین پیشنهاد می‌شود برای جلوگیری از هدررفتن آب در حوزه‌های آبخیز کشور، با اجرای اقدامات آبخیزداری و آبخوانداری و اعمال مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز (بی‌نیاز و تمسکی، ۱۴۰۲) فرسایش خاک مهار شده و اثر خشک‌سالی کاهش داده شود. هم‌چنین از تنوع زیستی و توسعه پایدار پوشش گیاهی حفاظت شود. با آگاهی از روند افزایشی فرین‌های دمایی بر نوسان شاخص‌های پوشش گیاهی در دوره طولانی می‌توان پیش‌بینی لازم را برای مدیریت بهینه منابع‌طبیعی و تغییر کاربری به‌خصوص در مواقع خشک‌سالی اقدام کرد و در ادامه کاهش سطح تخریب مراتع و جنگل‌ها را در کشور مدیریت کرد. یافته‌های این پژوهش مرجعی برای انتخاب روشی علمی و منطقی‌تر برای بررسی رابطهٔ بین پوشش گیاهی، شوری آب و خاک و اقلیم در آینده فراهم می‌کند. پیشنهاد می‌شود سایر متغیرهای اثرگذار از جمله مباحث اجتماعی – اقتصادی، متغیرهای خاکشناسی و کیفیت و کمیت منابع آب سطحی و زیرزمینی که در روند پوشش سطح زمین نقش دارد نیز ارزیابی گیرد.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

مشارکت نویسندگان: جواد مومنی دمنه: مفهوم‌سازی، ایده‌پردازی، گردآوری و سازمان‌دهی داده‌ها، تحقیق، بررسی، روش‌شناسی و روش تحقیق، برنامه‌های کامپیوتری مورد استفاده برای تحلیل داده‌ها و انجام محاسبات، تأیید صحت و دقت نتایج پژوهش، هدایت و نظارت بر روند پژوهش، نوشتن پیش‌نویس اولیه. سیدمحمد تاجبخش فخرآبادی: مفهوم‌سازی، ایده‌پردازی، گردآوری و سازمان‌دهی داده‌ها، هدایت و نظارت بر روند پژوهش، نوشتن پیش‌نویس اولیه و ویرایش نهایی. جواد چزگی: نوشتن پیش‌نویس اولیه. احسان تمسکی: گردآوری و سازمان‌دهی داده‌ها.

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

منابع

۱. اسدی، اشرف. (۱۴۰۰). بررسی همدید رویدادهای حدی گرم ایران در ارتباط با تغییر اقلیم بر پایه الگوهای فرارفت دما. *پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی*، ۲(۶)، ۳۱-۴۶. **doi: 10.30488/ccr.2021.282045.1043**

۲. اسدی، اشرف، و مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۹۳). بررسی پراکنش زمانی- مکانی دماهای فرین گرم در ایران. *پژوهش‌های محیط زیست*، ۵(۹)، ۵۹-۷۲. **https://www.iraneiap.ir/article_12843.html**

۳. اسماعیلی، حسین، روشنی، احمد، شکیبا، علیرضا، و پرک، فاطمه. (۱۳۹۷). روند وردایی فرین‌های اقلیمی براساس شاخص‌های ترکیبی تغییر اقلیم در گستره ایران. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۷(۴)، ۸۹-۱۱۰. **doi: 10.22067/geo.v0i0.67984**

۴. افروشه، رضا، رسولی، علی‌اکبر، مختاری، داود، و جلالی، طاهره. (۱۳۹۹). کاربرد توزیع مقادیر حدی در تحلیل دماهای حدی استان کرمانشاه. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۴(۷۲)، ۶۱-۸۰. **doi: 10.22034/gp.2020.10846**

۵. امیدوار، کمال، ابراهیمی، رضا، داداشی رودباری، عباسعلی، و ملک میرزایی، مریم. (۱۳۹۴). واکاوی زمانی- مکانی فرین‌های سرد ایران تحت تأثیر گرمایش جهانی به‌منظور کاهش مخاطرات. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۲(۴)، ۴۲۳-۴۳۷. **doi: 10.22059/jhsci.2015.58268**

۶. بارانی، نادر، و کرمی، آیت‌اله. (۱۳۹۸). تحلیل روند سالانه پارامترهای اقلیمی دما و بارش در نواحی ده گانه زراعی-اکولوژیکی ایران. *علوم محیطی*، ۱۷(۴)، ۷۵-۹۰. **doi: 10.29252/envs.17.4.75**

۷. بی‌نیاز، مهدی، و تمسکی، احسان. (۱۴۰۲). واکاوی ابعاد جامعیت در مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز ایران. *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۳(۱)، ۳۸-۵۳. **doi: 10.22034/iwm.2023.2001343.1074**

۸. تاجبخش فخرآبادی، سید محمد، و مومنی‌دمنه، جواد. (۱۴۰۲). تحلیل و پهنه‌بندی خشکسالی اقلیمی و تاثیر SOI و NAO بر حوضه‌های شش‌گانه آبخیز ایران. دانش آب و خاک، ۳۳(۱)، ۱۶۱-۱۷۹. **doi: 10.22034/ws.2021.44983.2407**

۹. تاجیک، اعظم، اربابی سبزواری، آزاده، و برنا، رضا. (۱۴۰۱). بررسی روند تغییرات دماهای فرین آینده ایران با استفاده از داده‌های CMIP5. *علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، ۱۶(۵۷)، ۱۳-۲۳. **http://jwmsei.ir/article-1-1009-fa.html**

۱۰. تاجیک، اعظم، و اربابی سبزواری، آزاده. (۱۳۹۹). بررسی تغییرات فضایی دماهای حدی در سطح ایران. *جغرافیای طبیعی*، ۴۹(۱۳)، ۱۰۹-۱۲۴. **https://sanad.iau.ir/Journal/jopg/Article/982691**

۱۱. تمسکی، احسان، خورانی، اسداله، درویشی بلورانی، علی، و نوحه‌گر، احمد. (۱۳۹۴). پایش و پیش‌بینی وقوع طوفان‌های گردوغبار با استفاده از داده‌های دورکاوی، سیستم اطلاعات مکانی و داده‌های زمینی براساس بررسی تغییرات پوشش گیاهی و عناصر اقلیمی (مطالعهٔ موردی: جنوب و جنوب‌شرق ایران)، *سنجش از دور و GIS ایران*، ۷(۴)، ۲۷-۴۴.

۱۲. جمالی زاده، ناهید، ظهوریان، منیژه، لشکری، حسن، شکیبا، علیرضا، و محمدی، زینب. (۱۳۹۸). تحلیل ناهنجاری‌ها و تغییر در ساختار دینامیکی الگوهای همدیدی تابستانه استان خوزستان. *جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)*، ۹(۳۶)، ۸۶۳-۸۷۴. **DOI: 20.1001.1.22286462.1398.9.4.23.3**

۱۳. حجازی‌زاده، زهرا، و ناصرزاده، محمدحسین. (۱۳۸۶). تجزیه و تحلیل یخبندان در استان لرستان. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۶ (۸)، ۳۱-۴۸. **http://jgs.khu.ac.ir/article-534-1-fa.html**

۱۴. خداقلی، مرتضی، صبوحی، راضیه، و اسکندری، ذبیح الله. (۱۳۹۳). تحلیل روند گذشته و پیش‌بینی آینده خشک‌سالی در استان اصفهان، *علوم آب و خاک*، ۱۸ (۶۷)، ۳۶۷-۳۷۹. **http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-2390-fa.html**

۱۵. خلیلیان، صادق، شمشادی، کتایون، مرتضوی، سید ابوالقاسم، و احمدیان، مجید. (۱۳۹۳). بررسی اثرات رفاهی ناشی از تغییراقلیم بر روی محصول گندم در ایران. *اقتصاد و توسعه کشاورزی*، ۲۸(۳)، ۲۹۲-۳۰۰. **doi: 10.22067/jead2.v0i0.35472**

۱۶. دارابی، حسن، جعفری، عباس، و اخوان فرشچی، کیمیا. (۱۳۹۵). تحلیل روند تغییرات اقلیمی استان قم و پیامدهای آن. *مطالعات علوم محیط زیست*، ۱(۲)، ۲۵-۴۰.

۱۷. دارند، محمد، دولتیاری، زهرا، اصلانی اسلمرز، فریبا، و عزیزی، یسری. (۱۳۹۳). بررسی رفتار فرین‌های بارش و دمای کرمانشاه به کمک آزمون‌های آماری، *فضای جغرافیایی*، ۱۴(۴۶)، ۱۹۵-۲۱۵. **http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-1155-fa.html**

۱۸. زینالی، بتول، نوروزپرست، هاجر، و مینائی، سمیرا. (۱۳۹۹). بررسی و تحلیل همدیدی دماهای حداقل فرین شهرستان تبریز. *هواشناسی و علوم جوّ*، ۳(۲)، ۱۶۱-۱۷۵. **doi: 10.22034/jmas.2021.275487.1126**

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

۱۹. سبحانی، بهروز، و صفریان زنگیر، وحید. (۱۳۹۷). بررسی و پیش‌بینی اثرات مخاطره‌ای دمای فرین ماهانه بر روی محصولات باغی و کشاورزی در نوار شمالی ایران (استان‌های گلستان، گیلان و مازندران). *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۵(۴)، ۱۲۵-۱۴۴. **http://jsaeh.khu.ac.ir/article-1-2822-fa.html**

۲۰. سعادتی، سیده سارا، سلطانی، سعید، و اسلامیان، سیدسعید. (۱۳۸۸). بررسی آماری دوره بازگشت وضعیت‌های مختلف خشکسالی (میانگین، شدید، خیلی شدید) در استان اصفهان با بهره‌گیری از شاخص استاندارد بارش. *مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)*، ۶۲(۲)، ۲۵۷-۲۶۹. **https://sid.ir/paper/162708/fa**

۲۱. ظرافتی، هادی، قویدل رحیمی، یوسف، و فرجزاده، منوچهر. (۱۴۰۳). واکاوی الگوهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مولد دماهای فرین بالای ۵۰ درجه منطقه غرب آسیا. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۴(۷۲)، ۴۲۷-۴۴۶. **http://jgs.khu.ac.ir/article-1-4076-fa.html**

۲۲. عساکره، حسین، شادمان، حسن. (۱۳۹۵). واکاوی آماری تغییرات فراوانی و دمای روزهای گرم در ایران زمین. *اطلاعات جغرافیایی «سپهر»*، ۲۵(۱۰۰)، ۱۴۷-۱۵۶. **doi: 10.22131/sepehr.2017.24812**

۲۳. فوتوحی فیروزآبادی، ف.، ملک‌نژاد، ح. (۱۳۹۹). تحلیل و پهنه‌بندی حداکثر بارش ۲۴ ساعته ایران با استفاده از توزیع ویکبی و تکنیک ژئواستاتیک. *مدیریت مناطق خشک*، ۷(۱۴)، ۷۵-۹۲. **doi: 10.22034/jdmal.2020.38477**

۲۴. قصابی، زهرا، ملکی، محمد علی، امیری، آزیتا، پاشائیان، مهدی، یوسفی زاده، رحیم. (۱۳۹۹). شناسایی توزیع زمانی و مکانی نمایه‌های جوی فرین در استان مازندران. *پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۱۳۹۹(۴۱), ۱۱۹-۱۳۱.

۲۵. قنبری مطلق، محدثه، امرایی، بهزاد. (۱۳۹۹). آشکارسازی ارتباط زمانی-مکانی تغییرات پوشش گیاهی در استان مازندران با عناصر اقلیمی. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۰(۲)، ۳۷-۵۵. **doi: 10.22126/ges.2020.5031.2193**

۲۶. قویدل رحیمی، یوسف، رضایی، محمد، و فرجزاده، منوچهر. (۱۳۹۴). کاربرد مدل انحراف نرمال شده دما در شناسایی و تحلیل سینوپتیک مخاطره دماهای فرین بیشینه منطقه جنوب شرق ایران. *آمایش فضا و ژئوماتیک*، ۱۹(۴)، ۱۲۳-۱۴۰. **http://hsmsp.modares.ac.ir/article-21-12270-fa.html**

۲۷. ناصری، سعید، قمرنیا، هوشنگ، خسروی، رضوان، محمدی، یزدان، و سرگردی، فرهنگ. (۱۳۹۹). بررسی دقت روش‌های ترکیبی برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل در اقلیم‌های خشک، نیمه‌خشک، نیمه‌مرطوب و مرطوب (مطالعه موردی ایران). *مدیریت آب و آبیاری*، ۱۰(۳)، ۴۴۳-۴۵۲. **doi: 10.22059/jwim.2021.308145.813**

۲۸. واثقی، الهه، و اسماعیلی، عبدالکریم. (۱۳۸۷). بررسی اثر اقتصادی تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی ایران: روش ریکادین (مطالعه موردی: گندم). *علوم آب و خاک*، ۱۲ (۴۵) ،۶۸۵-۶۹۶. **http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-952-fa.html**

References

1. Abuelgasima, A., & Ammad, R. (2019). Mapping soil salinity in arid and semi-arid regions using Landsat 8 OLI satellite data. *Remote Sensing Applications* 13: 415-425. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.12.010.
2. Afrousheh, R., Rasoli, A., Mokhtari, D., & Jalali, T. (2020). Application of Distribution Extreme Value for Analyzing of Extreme Temperatures in Kermanshah Province. *Geography and Planning*, 24(72), 61-80. doi: 10.22034/gp.2020.10846. [In Persian]
3. Aksu, H. (2021). Nonstationary analysis of the extreme temperatures in Turkey. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 95(101238): 0377-0265. https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2021.101238.
4. Alijani, B., Roshani, A., Parak, F., & Heydari, R. (2012). Trends in extreme daily temperature using climate change indices in Iran. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 1(2), 17-28. doi: 10.22067/geo.v1i2.18617.
5. Asade, A., & Masoudiyan, A. (2015). Spatial and temporal analysis of Iran's extreme warm days trend. *Environmental Researches*, 5(9), 59-72. https://www.iraneiap.ir/article_12843.html [In Persian]
6. Asadi, A. (2021). Synoptic analysis warm extreme temperature events of Iran based on temperature advection. *Climate Change Research*, 2(6), 31-46. doi: 10.30488/ccr.2021.282045.1043. [In Persian]
7. Asakereh, H., & Shadman, H. (2017). Statistical Analysis of the Frequency and Temperature Changes in Hot Days in Iran. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 25(100), 147-156. doi: 10.22131/sepehr.2017.24812. [In Persian]

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

8. Barani, N., & Karami, A. (2019). Annual trend analysis of climate parameters of temperature and precipitation in decuple agroecology regions of Iran. *Environmental Sciences*, 17(4), 75-90. doi: 10.29252/envs.17.4.75. [In Persian]
9. Bhalme, H., Reddy, R., Mooley, D., & Murty, B.V.R. (1981). Solar activity and Indian weather/climate Proc , Indian Acad. *Sci.-Earth Planetary*, 90: 245–262.
10. Biniaz, M., & Tamassoki, E. (2023). Analyzing dimensions of integrity in the Concept of Integrated Watershed Management in Iran. *Integrated Watershed Management*, 3(1), 38-53. doi: 10.22034/iwm.2023.2001343.1074. [In Persian]
11. Choi, J.H., Kim, J.B., Liu, X., & Simunic, D.A. (2008). Audit pricing, legal liability regimes, and Big 4 premiums: Theory and cross-country evidence. *Contemporary Accounting Research*, 25, 55-99. https://doi.org/10.1506/car.25.1.2.
12. Darabi, H., Jafari, A. Akhavan Farashi, K. (2016). Analysis of the trend of climate change in Qom province and its consequnces. *Quarterly Journal of Environmental Scince*, no 1. 15 pp. [In Persian]
13. Darend, M, Dolattiari, Z, Aslani Aslamerz, F, & Azizi, Y. (2014). The investigation of extreme precipitation and temperature behavior in Kermanshah by statistic tests. *Journal of Geographical Space*, (46), 195-215. http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-1155-fa.html. [In Persian]
14. Esmaiili, H., Roshani, A., Shakiba, A., & Parak, F. (2019). Trend analysis of climate compound extreme indices in Iran. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 7(4), 89-110. doi: 10.22067/geo.v0i0.67984. [In Persian]
15. Fotouhi firoozabad, F., & Malekinejad, H. (2020). Analysis and zonation of maximum 24-hour rainfall of Iran using wakeby distribution and geostatistic technique. *Desert Management*, 7(14), 75-92. doi: 10.22034/jdmal.2020.38477. [In Persian]
16. Ghanbari Motlagh, M., & Amraei, B. (2020). Detecting the spatiotemporal relationship of vegetation changes with climatic elements in mazandaran province. *Geography and Environmental Sustainability*, 10(2), 37-55. doi: 10.22126/ges.2020.5031.2193. [In Persian]
17. Ghassabi, Z., Malaki, M. A., Amiri, A., Pashaeian, M., & Yoseefi Zadeh, R. (2020). Identification of temporal and spatial distribution of extreme atmospheric indices in Mazandaran province. *Journal of Climate Research*, (41), 119-131. [In Persian]
18. Ghulam, A., Li, Z.-L., Qin, Q., & Tong, Q. (2007). Exploration of the spectral space based on vegetation index and albedo for surface drought estimation. *Journal of Applied Remote Sensing*, 1, 1-13.
19. Guo, Z,, Wei, L., Cheng, S., & Bin, H. (2022). Trend changes of the vegetation activity in Northeastern East Asia and the connections with extreme climate indices. *Remote Sensing*, 14(13), 3151. https://doi.org/10.3390/rs14133151.
20. Guttman N.B. (1999). Accepting the standardized precipitation index: a calculation algorithm 1. *Journal of the American Water Resources Association*, 35(2), 311-322.
21. He, D., Yi, G., Zhang, T., Miao, J., Li, J., & Bie, X. (2018). Temporal and spatial characteristics of EVI and its response to climatic factors in recent 16 years based on grey relational analysis in Inner Mongolia Autonomous Region, China. *Remote Sensing*, 10(6), 1-17. https://doi.org/10.3390/rs10060961.
22. Hejazizadeh, Z., & Naserzadeh, M.H. (2007). Glacial analysis in Lorestan province. *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 6(8), 31-48. http://jgs.khu.ac.ir/article-۵۳۴-۱-fa.html. [In Persian]
23. Hollinger, S., Isard, S., & Welford, M. (1993). A new soil moisture drought index for predicting crop yields, *Eighth Conference on Applied Climatology*, pp. 187–190.
24. IPCC. (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation, in: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Field, C., V. Barros, T. Stocker, D. Qin, D. Dokken, K. Ebi, M. Mastrandrea, K. Mach, G.-K. Plattner, S. Allen, M. Tignor, and P. Midgley, eds.), p. 582, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
25. Kemfert, C. (2009). Climate protection requirements- the economic impact of climate change. Hand book utility management. *Springer, Berlin, Heidelberg*.
26. Khalilian, P., Shemshadi, K., Mortazavi, S., & Ahmadi, M. (2014). Study of the welfare effects of climate change on wheat crop in Iran. *Journal of Agricultural Economics and Development*. 28(3): 292-300. 300. doi: 10.22067/jead2.v0i0.35472 [In Persian]
27. Khodagholi M, Saboohi R, Eskandari Z. (2014). Analysing drought past trend and forecasting its future in Isfahan Province. *Journal of Water and Soil Science*, 18(67), 367-379. URL: http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-2390-fa.html. [In Persian]
28. Kouzegaran, S., & Mousavi Baygi, M. (2015). Investigation of meteorological extreme events in the North-East of Iran. *Water and Soil*, 29(3), 750-764. doi: 10.22067/jsw.v0i0.40845
29. Li, J. (2022). The impacts of vegetation on summer extreme temperature of 4 major cities in China based on scatter analysis and linear trend analysis. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 25, 94-103. https://doi.org/10.54097/hset.v25i.3423.
30. Lioyd-Hughes, B., & Saunders, M.A. (2002). A drought climatology for Europe. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 22(13), 1571-1592. https://doi.org/10.1002/joc.846.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

31. Liu, D., You, J., Xie, Q., Huang, Y., & Tong, H. (2018). Spatial and temporal characteristics of drought and flood in quanzhou based on standardized precipitation index (SPI) in recent 55 years. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, *6*(08), 25. DOI: 10.4236/gep.2018.68003.
32. Lu, L., Kuenzer, C., Wang, C., Guo, H., & Li, Q. (2015). Evaluation of three MODIS-derived vegetation index time series for dryland vegetation dynamics monitoring. *Remote Sensing*, 7(6), 7597-7614. https://doi.org/10.3390/rs70607597.
33. Mather, P.M., & Koch, M. (2011). Computer processing of remotely-sensed images: an introduction: *John Wiley & Sons*.
34. McKee TB, Doesken NJ and Kleist J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Pp.179-184. *Eighth Conference on Applied Climatology*, January 17-22, Anaheim, California.
35. Mckee, T.B., Doesken, N.J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the Eighth Conferences on Applied Climatology, A*merican Meteorological Society*, Boston, 179-184.
36. Mishra, A.K., & Singh Vijay, P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391(1-2), 202-216. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012.
37. Mukherjee, S., Mishra, A., & Trenberth, K.E. (2018). Climate change and drought: a perspective on drought indices. *Current Climate Change Reports* ،4(2): 145-163. http://dx.doi.org/10.1007/s40641-018-0098-x.
38. Nahid, J., Manizheh, Z. P., Lashkari, H., Shakiba, A., & Mohammadi, Z. (2019). Anomalies analysis and changes in the dynamic structure of summer patterns in Khuzestan Province. *Geography (Regional Planning)*, 9(36), 863-874. DOI: 20.1001.1.22286462.1398.9.4.23.3. [In Persian]
39. Narasimhan, B., & Srinivasan, R. (2005). Development and evaluation of soil moisture deficit index (SMDI) and evapotranspiration deficit index (ETDI) for agricultural drought monitoring, *Agric for Meteorol*, 133: 69–88. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2005.07.012.
40. Nasseri, S., Ghamarnia, H., Khosravi, R., Mohamadi, Y., & Sargordi, F. (2020). Evaluation of the accuracy of different combined methods for estimating the potential evapotranspiration in different climates (case study: Iran). *Water and Irrigation Management*, 10(3), 443-452. doi: 10.22059/jwim.2021.308145.813. [In Persian]
41. Omidvar, K., Ebrahimi, R., Dadashi Roudbari, A., & Malek Mirzayi, M. (2015). Evaluation of extreme cold temperatures spatio-temporal Iran under the effects of global warming to reduce risks. *Environmental Management Hazards*, 2(4), 423-437. doi: 10.22059/jhsci.2015.58268. [In Persian]
42. Palmer, W.C. (1965). Meteorological drought. US Department of Commerce, Weather Bureau Washington, DC, USA.
43. Qavidel Rahimi Youssef, Rezaei Mohammad, Farajzadeh Manouchehr. (2016). The Application of Normalized Temperature Deviation (NTD) for Identification and Synoptic analysis of high extreme temperatures in south-east region of Iran. *MJSP*; 19(4), 123-140. http://hsmsp.modares.ac.ir/article--۲۱ ۱۲۲۷۰-fa.html . [In Persian]
44. Qu, B., Zhu, W., Jia, S.H., & Lv, A. (2015). Spatio-temporal changes in vegetation activity and its driving factors during the growing season in China from 1982 to 2011. Remote Sensing, 7, 13729-13752. https://doi.org/10.3390/rs71013729
45. Reichstein, M., Tenhunen, J.D., Roupsard, O., Ourcival, J.m., Rambal, S., Miglietta, F., Peressotti, A., Pecchiari, M., Tirone, G., & Valentini, R. 2002. Severe drought effects on ecosystem CO_2 and H_2O fluxes at three Mediterranean evergreen sites: revision of current hypotheses. *Global Change Biology*, 8, 999–1017. https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00530.x
46. Rosenberg, N.J., & Myers, R.E. (1962). The nature of growing season frosts in and along the Platte Valley of Nebraska. Monthly Weather Review, 90 (11), 471-476.
47. Saadati, S., Soltani, S., & Eslamian, S. (2009). Statistical analysis of return period of drought conditions in Isfahan province using the Standardized Precipitation Index. *Journal of Range and Watershed Managment*, 62(2), 257-270. [In Persian]
48. Shafer, B., Dezman, L. (1982). Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. *Proceedings of the Western Snow Conference*, pp. 164–175.
49. Sobhani, B., & Safarian Zengir, V. (2019). Investigating and predicting the hazardous effects of monthly Ferrin temperature on horticultural and agricultural products in the north bar of Iran (Golestan, Gilan and Mazandaran provinces). *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 5(4), 125-144. http://jsaeh.khu.ac.ir/article-1-2822-fa.html. [In Persian]
50. Tajbakhsh Fakhrabadi, S., Momeny, J. (2023). Analysis and Zonation of Drought and the Impact of SOI and NAO on the Six Watersheds of Iran. *Water and Soil Science*, 33(1), 161-179. doi: 10.22034/ws.2021.44983.2407. [In Persian]
51. Tajik, A., & Arbabi Sabzevari, A. (2020). Investigation of spatial variations of extreme temperature in Iran. *Physical Geography Quarterly*, 13(49), 109-124. https://sanad.iau.ir/Journal/jopg/Article/982691. [In Persian]

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]

52. Tajik, A., Arbabi Sabzevari, A., & Borna, R. (2022). Investigating the trend of changing future extreme temperature of Iran by using CMIP5 data. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*; 16 (57), 2. http://jwmsei.ir/article-1-1009-fa.html. [In Persian]
53. Tamassoki, E., Khoorani, A., Darvishi Bolorany, A., & Noheghar, A. (2016). Dust storms monitoring and predicting, using remote sensing, geographic information systems and observational data based on NDVI and climate elements A Case Study:(South and South East of Iran). *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, 7(4), 27-44. [In Persian]
54. Tamassoki, E., Soleymani, Z., Bahrami, F., & Abbasgharemani, H. (2014). A survey of drought and variation of vegetation by statistical indexes and remote sensing (Case study: Jahad forest in Bandar Abbas). The IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* (EES).
55. Tsakiris, G., Pangalou, D., & Vangelis, H. (2007). Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water Resources Management*, 21(5), 821-833. https://doi.org/10.1007/s11269-006-9105-4
56. Van Rooy, M. (1965). A rainfall anomaly index independent of time and space. *Notos*, 14, 43–48.
57. Vaseghi, A., & Esmaeili, A. (2008). Investigation of the economic impacts of climate change on Iran agriculture: A Ricardian approach (Case study: Wheat). *Journal of Scince and Technology of Agriculture and Natural Resource*. 12(41), 47-67. http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-952-fa.html [In Persian]
58. Wilhite, D.A., & Glantz, M.H. (1985). Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. Water International, 10(3), 111–120.
59. Wu, H., Hayes, M.J., Wilhite, D.A., & Svoboda, M.D. (2005). The effect of the length of record on the standardized precipitation index calculation. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 25(4), 505-520. https://doi.org/10.1002/joc.1142
60. Zerafati, H., Ghavidel, Y., & Farajzadeh, M. (2024). Reanalysis of 500 hP patterns generating temperatures above 50°C in West Asia. *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 24(72), 23. http://jgs.khu.ac.ir/article-1-4076-fa.html. [In Persian]
61. Zeynali, B., Norouzparast, H., & Minai, S. (2020). Synoptic investigation and analyzing of extreme minimum temperatures in Tabriz. *Journal of Meteorology and Atmospheric Science*, 3(2), 161-175. doi: 10.22034/jmas.2021.275487.1126. [In Persian]

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.10.5]