

Determining the change point of temperature thresholds of heat and cold waves in Iran during 1966-2018

Mohsen Hamidianpour^{1*}, Hamid Nazaripour², Elnaz Khazaie Fizabad³, Mahsa Farzaneh⁴, Sedigheh Firozeh⁵

1. *Corresponding Author*, Associate Professor, Department of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
2. Assistant Professor, Department of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
3. MSc Graduated, Department of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
4. Climatology Ph.D., Iran
5. Education teacher, Farzanegan High School, District 1, Zahedan, Iran

Article Info

ABSTRACT

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 05 January 2023

Revised: 09 April 2023

Accepted: 27 April 2023

Keywords:

Change point, Pettitt, SNHT, Buishand's Range Test, Global warming, Climate Change.

By assessing the trend of air temperature changes, it is possible to explore traces of climatic changes in the area of Iran. Climate change and temperature increase are important human-environmental issues. Based on the change point method, it is possible to identify the onset time of changes in basic variables such as minimum and maximum temperature. Therefore, the present research aims to analyze the change point of temperature thresholds of heat and cold waves in Iran. The temperature threshold means the 95th percentile for maximum temperature values and the 5th percentile for minimum values. For this purpose, the temperature data (minimum and maximum) of 43 synoptic stations in Iran, which have a long statistical period (1966-2018) and suitable distribution, were used. To identify the temperature threshold change time, three change point methods - Pettitt, SNHT, and Buishand's Range Test were used. The results showed that the temperature threshold of heat and cold waves has been increasing over the past few decades. The rising growth rate is equal to 0.019 and 0.052 degrees Celsius per year, respectively. Therefore, in the current study, it was found that the increasing trend of the temperature threshold led to an increase in the frequency of maximum temperatures, and on the other hand, it will lead to an increase in hot days and a decrease in cold nights, in addition to the higher frequency of events, it can be stated that the frequencies will move towards higher values. Based on the results of the spatial-temporal analysis of the thresholds, the increasing trend of the minimum temperature in the northwest, Zagros, and southeast regions of Iran is quite evident. And from the other results of this study, we can emphasize the time of the change point or jump of the temperature threshold of cold and heat waves around 1991. The mentioned year is in line with global studies.

Cite this article: Hamidianpour, M., Nazaripour, H., Khazaie Fizabad, E., Farzane, M., & Firoze, S. (2023). Determining the change point of temperature thresholds of heat and cold waves in Iran during 1966-2018. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 12(37), 133-150. DOI: 10.22111/jneh.2023.44464.1940



© Mohsen Hamidianpour*

DOI: 10.22111/jneh.2023.44464.1940

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

* Corresponding Author Email: mhamidianpour@gep.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۲، شماره ۳۷، مهر ۱۴۰۲

تعیین نقطه تغییر آستانه‌های دمایی امواج گرمایی و سرمایی در ایران زمین طی دوره آماری ۲۰۱۸-۱۹۶۶

محسن حمیدیان پور^{۱*}، حمید نظری پور^۲، الناز خزاعی فیض آباد^۳، مهسا فرزانه^۴، صدیقه فیروزه^۵

۱. دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان (نویسنده مسئول)

۲. استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

۳. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

۴. دکتری تخصصی اقلیم شناسی

۵. دبیر آموزش و پرورش ناحیه یک، دبیرستان فرزائگان، زاهدان

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۵</p> <p>تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۰</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۷</p> <p>واژه‌های کلیدی:</p> <p>نقطه تغییر، روش پتیت، روش آزمون همگنی نرمال استاندارد، روش بویشاند، گرمایش جهانی، تغییر اقلیم.</p>	<p>با بررسی روند تغییرات دمای هوا، می‌توان ردپای تغییرات اقلیمی را در پهنه ایران جستجو کرد. تغییر اقلیم و افزایش دما از مسایل مهم زیست محیطی بشر به حساب می‌آیند. بر اساس روش نقطه تغییر، می‌توان زمان آغاز تغییرات متغیرهای اساسی مانند دمای کمینه و بیشینه را شناسایی نمود. بنابراین هدف از پژوهش حاضر واکاوی نقطه تغییر آستانه‌های دمایی امواج گرمایی و سرمایی در ایران زمین است. منظور از آستانه دمایی مقدار صدک ۹۵ام برای مقادیر بیشینه دمایی و صدک ۵ام برای مقادیر کمینه می‌باشد. بدین منظور از داده‌های روزانه دمای (کمینه و بیشینه) ۴۳ ایستگاه همدید ایران که دارای دوره آماری طولانی (۱۹۶۶-۲۰۱۸) و پراکنش مناسب بوده، استفاده گردید. به منظور شناسایی زمان تغییر آستانه دمایی از سه روش نقطه تغییر پتیت، آزمون همگنی استاندارد و بویشاند بهره گرفته شد. نتایج نشان داد که آستانه‌ی دمایی امواج گرمایی و سرمایی طی چند دهه گذشته روندی افزایشی داشته‌اند. نرخ رشد افزایشی به ترتیب به ازای هر سال برابر با ۰/۰۱۹ و ۰/۰۵۲ درجه سلسیوس به ازای هر سال است. بنابراین در پژوهش پیش‌رو مشخص گردید که روند افزایشی آستانه‌ی دمای منجر به افزایش بسامد بیشتر دماهای بیشینه گردید و از طرفی منجر به افزایش روزهای گرم و کاهش شب‌های سرد خواهد شد، افزون بر بسامد بیشتر رویدادها، می‌توان اظهار نمود بسامدها از دمای بالاتری نیز برخوردار می‌باشند. بر اساس نتایج تحلیل فضایی - زمانی آستانه‌ها روند افزایشی دمای کمینه در نواحی شمال غرب، زاگرس و جنوب شرق ایران کاملاً مشهود است و از دیگر نتایج این مطالعه می‌توان به زمان نقطه تغییر یا جهش آستانه دمایی امواج سرمایی و گرمایی در حدود سال ۱۹۹۱ تاکید نمود. سال مذکور با مطالعات جهانی همراستای دارد.</p>

استناد: نام خانوادگی، نام؛ نام خانوادگی، نام؛ نام خانوادگی، نام (۱۴۰۰). عنوان مقاله. *مخاطرات محیط طبیعی*، ۱۰ (۴)، ۱۵۰-۱۳۳.

DOI: 10.22111/jneh.2023.44464.1940



© محسن حمیدیان پور*، حمید نظری پور، الناز خزاعی فیض آباد، مهسا فرزانه، صدیقه فیروزه.

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

مقدمه

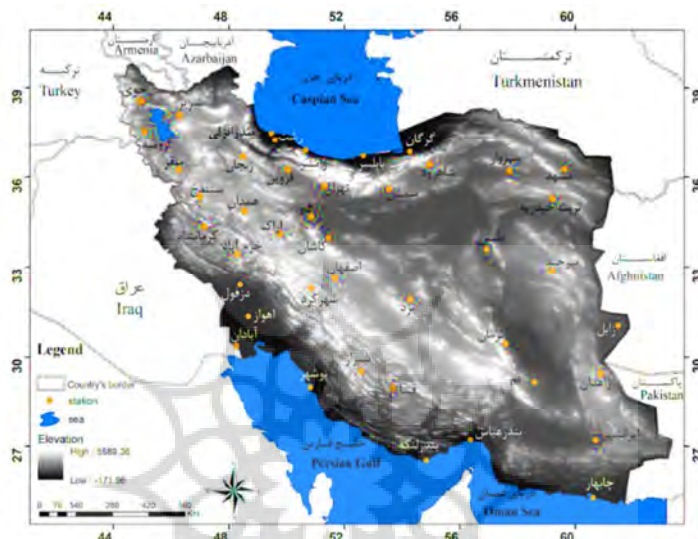
آنچه تغییرات اقلیمی قرن حاضر و به ویژه در نیمه دوم این قرن را از تغییرات گذشته متمایز ساخته است، ماهیت و سرعت آن می‌باشد، به طوری که این تغییرات شتاب بیشتری به خود گرفته و روند آن به گونه‌ای است که میزان آن قابل پیش‌بینی نیست. بسیاری از جوامع علمی نگران روند احتمالی افزایش دمای زمین می‌باشند زیرا اثرات آن بسیار جدی است (هویدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ خوش اخلاق و روستا، ۱۳۸۸؛ پناهی و اسمعیل درجانی، ۱۳۹۹). حالات مختلف عناصر اقلیمی، حاصل کنش‌ها و واکنش‌های بی وقفه و پیوسته اجزای مختلف سامانه اقلیم است که موجب شکل‌گیری تنوع مکانی و تغییرات زمانی رویدادهای اقلیمی (آب‌وهوایی) می‌شود (اخوان کاظمی و همکاران، ۱۳۹۸؛ عساکره، ۱۳۸۶). شناخت این تنوع و تغییر از ضرورت‌های اولیه برای شناسایی محیط و برنامه‌ریزی مبتنی بر این آگاهی است. در واقع امروزه به سبب تغییراتی که انسان در محیط پیرامونی خود ایجاد کرده است و به سبب نیازش به سوخت‌های فسیلی باعث شده است که شرایط اقلیمی (اسلامی، ۱۳۹۳) دستخوش تغییر گردد. این امر منجر به پیامدهای زیادی خواهد شد که مهم‌ترین و بدترین اثر گرمایش جهانی افزایش حالت‌های فرین اقلیمی است (علیجانی، ۱۳۹۰؛ اکبری و صیاد، ۱۴۰۰). گرمایش جهانی باعث احتمال بیشتر در فراوانی و شدت رویدادهای حدی اقلیمی شده که این تغییرات پیامدهای اساسی اجتماعی-زیست محیطی را به دنبال خواهد داشت (رحیم زاده و همکاران، ۱۳۸۰؛ حمیدیان‌پور و خسروی، ۱۳۹۸). یکی از عناصر اقلیمی مهم که شناخت آن از الزامات بنیادی در شناخت اقلیم است، دما و حالت‌های آن است (علیزاده چوبری و نجفی، ۱۳۹۶). دما یکی از بنیادی‌ترین مؤلفه‌های اقلیمی است که نقش بسیار مهمی در پراکنش حیات بر روی زمین دارد (یغمایی و همکاران، ۱۳۸۸؛ معروف‌نژاد و قاسمی، ۱۳۹۶). حالت‌های فرین اقلیمی زمانی رخ می‌دهند که عناصر اقلیمی مقادیر بیش از آستانه نرمال و در دراز مدت خود را نشان دهند. از جمله این پدیده‌ها می‌توان به دماهای بالا (امواج گرمایی)، دماهای پایین (امواج سرمایی)، بارش‌های سنگین (مثل سیل‌ها)، توفان‌ها (مثل سیکلون‌ها)، و غیره اشاره داشت (کوزه‌گران و موسوی بایگی، ۱۳۹۴؛ تقوی، ۱۳۸۹). از طرفی به سبب بسامد کم این پدیده‌های اقلیمی، احتمال رخداد آنها نیز پایین است و از طرف دیگر به سبب عدم آمادگی، جوامع بشری دچار خسارات زیادی خواهند شد (هنری و ریچارد، ۲۰۰۸؛ صفریان زنگیر و همکاران، ۱۳۹۸). بر اساس نتایج مطالعات و پژوهش‌های مرتبط، گرمایش جهانی و تغییرات اقلیم دارای اثرات بالقوه‌ای، بر نوسان دما داشته که سبب افزایش بیشتر رخدادهای حدی می‌شود (فرج زاده، ۱۳۹۲). با توجه به این اهمیت بیشتر مطالعات متمرکز بر میزان افزایش دما و همچنین شناسایی روند دمایی هستند. به طوری که پژوهشگران تلاش دارند روند و یا کاهش دما یا بارش را نشان دهند (بختیاری و همکاران، ۱۴۰۰؛ حیدری و همکاران، ۱۳۹۳؛ جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۹۵). بسیاری از مطالعات تایید کرده‌اند دما دارای روند افزایشی است (نمرودی و همکاران، ۲۰۲۱؛ محمدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ امیررضاییه و همکاران، ۱۳۹۵؛ علیزاده چوبری و نجفی، ۱۳۹۶) این افزایش دما می‌تواند بر بسیاری از معضلات زیست محیطی بیفزاید (میرطاهری و همکاران، ۱۳۹۳؛ اسمعیلی و همکاران، ۱۳۹۴؛ طیبی و ضرابی، ۱۳۹۷). عموماً پژوهشگران به منظور تایید گرمایش جهانی از روش‌های آماری پارامتریک و ناپارامتریک مثل رگرسیون، روش من‌کنندال و غیره استفاده کرده‌اند. یکی دیگر از روش‌های تایید گرمایش جهانی و آگاهی از تغییر اقلیم استفاده از روش‌های نقطه تغییر است (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷؛ بارانی و کرمی، ۱۳۹۸؛ معروف‌نژاد و قاسمی، ۱۳۹۶). استفاده از این روش با کاربرد اقلیمی قبلاً به منظور شناسایی زمان و

آغاز باد سیستان (حمیدیان‌پور و همکاران، ۲۰۲۱ و مفیدی و همکاران، ۱۳۹۲)، تعیین نقطه تغییر دما و بارش (گتھون و همکاران، ۲۰۲۱؛ سهیلا و یوسوپ، ۲۰۱۸)، تعیین نقطه تغییر متغیرهای هواشناسی همچون دما، رطوبت نسبی، تابش و ... (جایس‌وال و همکاران، ۲۰۱۵)، شناسایی بلندمدت تغییرات دما در اثر عوامل مختلف مانند جابجایی ایستگاه و غیره (گالاگر و همکاران، ۲۰۱۳)، تعیین زمان قطعی آغاز و پایان باران‌های موسمی (کوک و باکلی، ۲۰۰۹) و بررسی همگنی متغیر دما (گالت و همکاران، ۱۹۹۱) و ... مورد استفاده قرار گرفته شده‌اند. همانطور که ملاحظه شد یکی مباحث روز و مورد چالش دانشمندان حوزه اقلیم‌شناسی موضوع تغییر اقلیم و تغییرات مولفه‌های اقلیمی از جمله دما است. بیشتر پژوهشگران متمرکز بر روند داده‌های دمایی بوده‌اند که نمونه‌های از آن در بالا ذکر شد. آنچه که به عنوان خلاء علمی می‌توان در آن دریافت، عدم توجه به زمان تغییر آستانه‌های دمایی است. شناسایی نقطه تغییر می‌تواند توجه بیشتر پژوهشگران را به مساله تغییر اقلیم جلب نماید. اسمیت (۲۰۰۹) بلایایی محیطی را در سه دسته طبیعی، انسانی و مفهومی تقسیم می‌کند که تغییر اقلیم در دسته سوم یعنی بلایای مفهومی قرار می‌گیرد از این جهت که هنوز تغییر اقلیم و پیامدهای آن در بطن جامعه، به طوری که با گوشت و پوست خود آن را لمس نمایند راه پیدا نکرده است. با انجام مطالعه حاضر و شناسایی زمان تغییر می‌توان این باور را در جامعه علمی و همچنین عموم مردم نهادینه نمود که تغییر اقلیم واقعی است و در حال رخ دادن است. مطابق با مطالعه جهانی به ویژه مطالعه هیات بین‌الدول تغییر اقلیم^۱، آب و هوای کره زمین در حال تغییر است. این امر منجر به تشدید مخاطرات محیطی به ویژه مخاطرات اقلیم و تغییر در بسامد آنها مانند امواج گرمایی می‌شود. اولین گام در راستای کاهش اثرات تغییر اقلیم، آشکارسازی تغییر اقلیم است. بنابراین ضروری است جهت برنامه‌ریزی دقیق‌تر نسبت به آشکارسازی آستانه دمایی امواج گرمایی و سرمای و تغییرات زمانی آنها اقدام اولیه صورت گیرد. به بیانی دقیق‌تر تشخیص نقطه تغییر و تجزیه و تحلیل روند پارامترهای هواشناسی از جمله دما برای مطالعه توالی و تغییرات/تغییر آب و هوا حیاتی است (گتھون و همکاران، ۲۰۲۱). بنابراین هدف اصلی این مقاله شناسایی زمان نقطه تغییر آستانه دمایی کمینه و بیشینه به منظور شناسایی امواج گرمایی و سرمای است. و برای نیل به این اهداف پرسش‌ها همچون " آیا آستانه دمای کمینه و بیشینه در ایران تغییر نموده است یا خیر؟" و " در صورت پاسخ آری می‌توان کدام زمان را برای آن متصور شد. آیا منطبق با مطالعات جهانی می‌باشد یا خیر؟" را مطرح می‌شوند.

داده‌ها و روش‌ها

کشور ایران با وسعت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومترمربع، مابین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی واقع شده است. سرزمین ایران از نظر هندسی، به صورت یک چهارضلعی نسبتاً منظم و تقریباً شبیه لوزی مایل است. چنانچه مناطق بین عرض‌های جغرافیایی ۳۰ تا ۶۰ درجه شمالی را منطقه معتدله شمالی بدانیم، در این صورت حدود دو سوم وسعت آن در نیمه جنوبی این منطقه و یک سوم بقیه در منطقه گرم سطح زمین قرار دارد. با اتکا به این عامل و با توجه به هم عرض بودن ایران با دریای مدیترانه، اصولاً ایران باید دارای اقلیمی معتدل تا نسبتاً گرم مدیترانه‌ای و یا به عبارتی همان شرایطی باشد که بر سرزمین‌های مجاور این دریا حاکم است. اما مجاورت ایران با

فاصله اندک از مدار رأس السرطان موجب شده است تا نوار بیابانی نیمکره شمالی از قلب این کشور عبور نماید و شرایط نامساعد طبیعی را بر وسعت زیادی از این سرزمین حکمفرما سازد (علایی طالقانی، ۱۳۸۸). علاوه بر اینها می‌توان بیابان‌های سرد آسیای مرکزی و وجود پرفشارهای دینامیک و حرارتی موثر بر اقلیم ایران را نیز افزود.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی کشور ایران. منبع: نگارنده، ۱۴۰۰

برای دستیابی به اهداف پژوهش، مقادیر مربوط به دمای کمینه و بیشینه روزانه ۴۳ ایستگاه هواشناسی ایران از پایگاه اطلاعات و آمار سازمان هواشناسی، برای دوره آماری ۵۳ ساله یعنی از سال ۲۰۱۸-۱۹۶۶ دریافت گردید. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در نقشه شماره ۱ و مشخصات آن در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. در انتخاب ایستگاه‌ها همواره دو موضوع مد نظر بوده است: نخست اینکه ایستگاه‌ها دارای طول دوره آماری بیش از ۵۰ سال باشند و دوم اینکه در تمام گستره ایران دارای پراکنش و توزیع مناسب هستند که در برگزیده تمام اقلیم ایران باشند. پس از دریافت داده‌ها، مورد ارزیابی کمی و کیفی قرار گرفتند. در صورتی که ایستگاه‌ها از خلاء آماری برخوردار بودند بر اساس روابطی که بین ایستگاه (رحیمی و همکاران؛ ۱۳۹۶) برقرار بود با توجه به نزدیکی و همچنین ارتفاع آنها تکمیل شدند. پس از آن با استفاده از ماکرونویسی در محیط اکسل اقدام به محاسبه آستانه دمای امواج گرمایی و سرمایی بر اساس صدک ۹۵ برای محاسبه آستانه‌ی دمای بیشینه و صدک ۵ برای محاسبه آستانه دمای کمینه شد (قانقرمه و همکاران، ۱۳۹۷). آستانه‌ها بر اساس روابط زیر محاسبه گردیدند (روحبخش و همکاران، ۱۳۹۷):

$$\text{Percentile} = N * P \quad (1)$$

در رابطه ۱، N برابر تعداد داده‌ها، P برابر با دهک اول و سوم مورد نظر است، که در این پژوهش N برابر صدک‌های ۵ (آستانه دمای کمینه) و ۹۵ (آستانه دمای بیشینه) می‌باشد. این امر به منظور تشکیل سری زمانی آستانه دمایی

امواج گرمایی و سرمایی انجام شد. بر اساس سری زمانی حاصل شده در مرحله قبل نسبت به تغییرات زمانی و فضایی هر دو متغیر با استفاده از روش ناپارامتریک من‌کندال و شیب سن اقدام شد. به طور کلی مطالعه پیش رو با هدف شناسایی نقطه تغییر افزایش آستانه دمایی کمینه و بیشینه، در این بخش نخست این فرض را مورد آزمون قرار می‌دهد که آیا دمایی کمینه و بیشینه دارای روند افزایش است یا خیر؟ ($H_1 = \mu_1 < \mu_2$).

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های استفاده شده پژوهش

ردیف	نام	اقلیم	بارش سالانه (م م)	دما	ردیف	نام	اقلیم	بارش سالانه (م م)	دما
۱	اراک	نیمه خشک	۳۵۰/۳	۱۳/۶	۲۳	زابل	خشک	۶۱/۵	۲۲/۶
۲	ارومیه	نیمه خشک	۳۶۱/۴	۱۱/۲	۲۴	زاهدان	خشک	۹۶/۲	۱۸,۵
۳	اصفهان	خشک	۱۲۱/۱	۱۶/۱	۲۵	زنجان	خشک	۹۶/۲	۱۸/۶
۴	ب انزلی	نیمه مرطوب	۱۸۷۴/۳	۱۶	۲۶	سبزوار	خشک	۱۸۷/۵	۱۷/۵
۵	اهواز	خشک	۲۰۵/۳	۲۶/۲	۲۷	سقز	مدیترانه ای	۵۲۱/۸	۱۲/۳
۶	ایرانشهر	خشک	۱۱۷/۶	۲۷/۶	۲۸	سمنان	خشک	۱۴۰	۱۰/۱۷
۷	آبادان	خشک	۱۵۲/۹	۲۵/۳	۲۹	سنندج	مدیترانه ای	۴۸۴/۱	۱۴/۲
۸	بابلسر	مرطوب	۸۷۹/۵	۱۶/۵	۳۰	شاهرود	خشک	۱۵۶/۵	۱۴/۵
۹	بم	خشک	۶۴/۱	۲۳	۳۱	شهرکرد	نیمه خشک	۳۲/۹	۱۲/۶
۱۰	ب عباس	خشک	۱۸۵/۵	۲۷/۳	۳۲	شیراز	نیمه خشک	۳۴۴/۲	۱۷/۸
۱۱	ب لنگه	خشک	۱۵۱/۴	۲۷/۶	۳۳	طیس	خشک	۸۷	۲۲/۴
۱۲	بوشهر	خشک	۲۶۱/۲	۲۴/۵	۳۴	فسا	خشک	۲۹۰	۲۶
۱۳	بیرجند	خشک	۱۷۶	۱۶/۵	۳۵	قزوین	نیمه خشک	۳۱۶/۷	۱۴/۳
۱۴	تبریز	نیمه خشک	۳۰۱	۱۱/۹	۳۶	قم	خشک	۱۵۰	۲۶
۱۵	تربت ح	نیمه خشک	۲۷۲/۸	۱۷/۸	۳۷	کاشان	خشک	۱۳۸/۴	۱۹/۷
۱۶	تهران	خشک	۲۳۰/۲	۱۷/۱	۳۸	کرمان	خشک	۱۵۸/۹	۱۶/۹
۱۷	چابهار	خشک	۴۰۰	۲۶	۳۹	کرمانشاه	نیمه خشک	۴۵۶/۸	۱۴/۴
۱۸	خرم آباد	خشک	۵۲۰/۲	۱۷/۳	۴۰	گرگان	مدیترانه ای	۶۱۲/۱	۱۷/۸
۱۹	خوی	نیمه خشک	۳۰۸/۷	۱۲/۵	۴۱	مشهد	نیمه خشک	۲۵۹/۳	۱۳/۸
۲۰	دزفول	نیمه خشک	۳۴۴/۲	۱۷/۸	۴۲	همدان	نیمه خشک	۳۹۱/۵	۲۴/۳
۲۱	رامسر	نیمه مرطوب	۱۲۲۱/۹	۱۵/۹	۴۳	یزد	خشک	۶۲/۷	۱۶/۲
۲۲	رشت	نیمه مرطوب	۱۳۵۵/۶	۱۵/۶					

بررسی روند تغییرات (آزمون من-کندال و تخمینگر شیب سن):

آزمون من-کندال یک آزمون ناپارامتریک است، به منظور آشکار کردن هر گونه روند یا جهش ناگهانی در رفتار یک سری زمانی در یک سری زمانی با طول n ($i=1,2,\dots,n$)، داده‌ها با رتبه‌هایشان، به ترتیب روند افزایشی، جایگزین خواهند شد. ترسیم نمودارهای مربوط هرگاه روند معنی‌داری در داده‌ها وجود داشته باشد، خطوط منحنی U و U همدیگر را قطع می‌کنند. اگر خطوط مذکور در داخل محدوده بحرانی ($\pm 1/96$) همدیگر را قطع کنند نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی و در صورتی که خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع کنند؛ بیانگر وجود روند در سری‌های زمانی است (عطایی و فنایی، ۱۳۹۱؛ فتحی و همکاران، ۱۳۹۴؛ اسمعیلی و همکاران، ۱۳۹۹). به منظور تخمین

شیب تغییرات از روش شیب سن (۱۹۸۶) استفاده شد که یکی از روش‌های ساده و ناپارامتریک برای شناسایی روند خطی در یک سری زمانی می‌باشد. روش شیب سن جهت تخمین شیب خط روند (Q_I)، خست می‌بایست شیب بین هر جفت داده‌ی مشاهداتی (N) را در طول زمان با استفاده از معادله زیر محاسبه نماید.

$$Q_I = \text{median}\left(\frac{X_j - X_k}{j - k}\right) \quad \text{for } j=1, \dots, N \quad (2)$$

که Q شیب خط بین نقاط X_I و X_K به ترتیب مقادیر مشاهداتی در زمانهای j و k هستند ($j > k$). میانه تخمین‌های شامل تخمین گر شیب سن است. مقادیر محاسبه شده مثبت نشان از روند افزایشی و مقادیر منفی نمایشگر روند کاهشی است (جعفرپور و همکاران، ۱۳۹۵؛ محمدی، ۱۳۹۸).

یکی از اهداف اصلی مطالعه پیش‌رو تعیین زمان آغاز آستانه دمایی امواج گرمایی و سرمایگی بر اساس آستانه‌های ذکر شده در بخش قبل با استفاده از داده‌های روزانه دمای کمینه و بیشینه می‌باشد. بدین منظور از سه روش رایج استفاده شد. معنی‌داری زمان‌های تغییر منتج شده از هر سه روش در سطح معنی‌داری ۹۵ ($\alpha = 0.05$) مورد ارزیابی قرار گرفت. درک بهتر از زمان تغییر نیازمند دسته‌بندی سال‌های حاصل داشت. بدین منظور از روش دسته‌بندی فراوانی‌های مطلق (طبقه‌بندی استروچس) استفاده شد. به منظور آشنایی بیشتر در ادامه توضیحی مختصر درباره روش‌های نقطه تغییر ارائه خواهد شد.

روش تعیین نقطه تغییر:

در این مطالعه جهت شناسایی زمان تغییر روند دمایی آستانه دمایی امواج گرمایی و سرمایگی از سه روش رایج شناسایی نقطه تغییر استفاده شد. روش‌های یاد شده از دو مزیت اصلی برخوردارند: نخست آن که تعیین دقیق کمیت‌های مذکور بدون استفاده از هیچ گونه آستانه انتخابی (که معمولاً سلیقه‌ای است) امکان‌پذیر است. دوم آن که، روش‌های نقطه تغییر، تنها با بهره‌گیری از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی قابل انجام می‌باشد لذا برای انجام مطالعه از داده‌های روزانه دما در ۴۳ ایستگاه در پهنه ایران زمین برای دوره ی ۱۹۶۶-۲۰۱۸ استفاده شده است. در این مطالعه از سه روش نقطه تغییر شامل آزمون پتیت، بوشاند و آزمون همگنی نرمال استاندارد استفاده شد (مفیدی و همکاران، ۱۳۹۲).

آزمون پتیت^۱:

آزمون پتیت روشی ناپارامتریک است که نیاز به برازش دادن هیچ توزیعی بر روی سری داده‌ها ندارد و به منظور تعیین نقطه تغییر سری زمانی استفاده می‌گردد (پتیت، ۱۹۷۹). آماره مورد استفاده در این آزمون عبارت است از:

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T D_{ij} \quad (3)$$

که i و j عبارتند از مقادیر سری زمانی متوالی (x_1, x_2, \dots, x_t) و $(X_{t+1}, X_{t+2}, \dots, X_T)$ ، t و T شماره ترتیبی داده‌های سری زمانی تا نقطه تغییر و بعد از آن (زانگ و همکاران، ۲۰۰۹) پس از محاسبه آماره پتیت برای فرض‌های متعدد جایگزین می‌گردد. به طوری که برای آزمون‌های دو طرفه آماره عبارت است از:

$$K_i = \max_{1 \leq t < T} |U_{t,T}| \quad (۴)$$

آزمون پتیت به دلیل حساسیت آن به نقطه شکست در وسط هر سری زمانی، متداول‌ترین آزمون مورد استفاده برای تشخیص نقطه تغییر است (وینینگارد و همکاران، ۲۰۰۳).

آزمون همگنی نرمال استاندارد:

آزمون همگنی نرمال استاندارد (SNHT^۱) توسط الکساندرسون در سال‌های (۱۹۸۴) و (۱۹۸۶) به منظور تعیین نقطه تغییر در سری زمانی داده‌های بارندگی توسعه پیدا کرد. این آماره به شکل زیر محاسبه می‌گردد (استپانک^۲ و همکاران، ۲۰۰۹ و وزولی^۳ و همکاران، ۲۰۱۲):

$$T_D = \max_{1 \leq t < T} [V \bar{Z}_1^2 + (n-v) \bar{Z}_2^2] \quad (۵)$$

که برای محاسبه Z_1 و Z_2 به شکل زیر تعریف می‌گردند:

$$\bar{Z}_1 = \frac{1}{v} \sum_{t=1}^v X_t \quad (۶)$$

$$\bar{Z}_2 = \frac{1}{n-v} \sum_{t=v+1}^T X_t \quad (۷)$$

آزمون دامنه‌ی بوشاند^۴ (B):

این آزمون توسط بوشاند (۱۹۸۲) به منظور شناسایی نقطه تغییر یک سری زمانی که تابعی از هیچ توزیع آماری نیست توسعه یافت. آماره به شرح زیر تعریف می‌گردد:

$$S_K^{**} = S_K^* / \hat{\sigma} \quad (۸)$$

$$S_0^* = 0, S_K^* = \sum_{i=1}^K (X_t - \hat{\mu}), K = 1, 2, \dots, T \quad (۹)$$

$$Q = \max_{1 \leq K < T} |S_K^*| \quad (۱۰)$$

که X_i مقادیر سری زمانی، $\hat{\mu}$ میانگین حسابی مقادیر سری زمانی و $\hat{\sigma}$ انحراف معیار سری زمانی و k نقطه تغییر است. شایان ذکر است که در هر سه روش بالا فرض‌های آزمون عبارتند از:

فرض صفر: متغیر X_i در زمان T از توزیع میانگین و واریانس برابر ۰ و ۱ پیروی می‌کند.

فرض مقابل: بین زمان ۱ و n متغیرها از یک توزیع $N(\mu_1, 1)$ پیروی می‌کنند و بین $n+1$ و T متغیرهای از توزیع $N(\mu_2, 1)$ پیروی می‌کنند. در صورت رد شدن فرض صفر، با تایید اینکه در سری زمانی نقطه تغییر وجود دارد فرض مقابل پذیرفته می‌شود. در این تحقیق معنی‌داری فرض مقابل (وجود نقطه تغییر) در هر یک از روش‌ها با استفاده از روش مونت کارلو در سطح ۰.۹۵٪ مورد آزمون و سنجش قرار گرفته است.

1 - Standard Normal Homogeneity Test

2 - Stepanek

3 - Vezzoli

4 - Buishand's Range Test

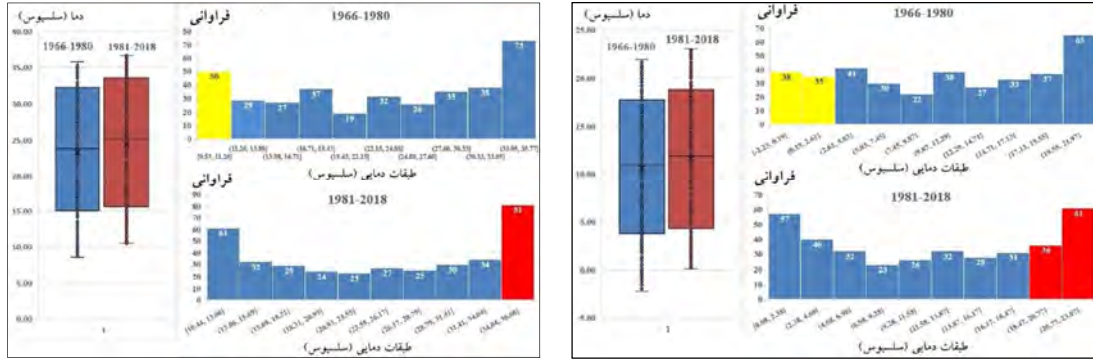
نتایج و بحث

بررسی روند تغییرات سالانه و پنج ساله^۱ آستانه‌های کمینه و بیشینه

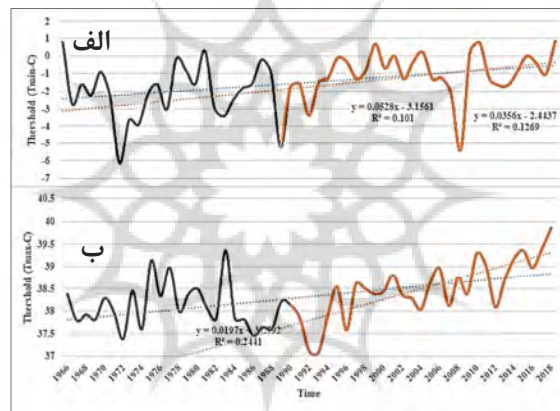
بر اساس مراحل بیان شده در روش پژوهش، نخست اقدام به واکاوی تغییرات متوسط روزانه دمای کمینه و بیشینه شد. با توجه به تعداد زیاد نمودارها به ازای هر ایستگاه، به منظور تبیین موضوع و رعایت ایجاز تلاش شده است کلیتی از وضعیت روند این دو متغیر حاصل از کل ایستگاه‌های مورد استفاده ارائه شود. این موضوع به دو صورت بررسی ۱۰ ساله (شکل شماره ۲) و بررسی سری زمانی سالانه (شکل شماره ۳) آورده شده است. بر اساس دو نمودار موجود در شکل شماره ۲ و ۳ مشاهده می‌گردد تمامی مشخصات آماری دمای کمینه و بیشینه تغییر کرده است. این موضوع در نمودارهای جعبه‌ای به خوبی قابل تشخیص است وجود این افزایش را به خوبی می‌توان در طبقات دمایی مشاهده نمود (شکل شماره ۲ - سمت راست شکل‌های بالا و پایین). شکل‌های سمت راست (بالا و پایین) در دو دوره زمانی ۱۹۸۰-۱۹۶۶ و ۱۹۸۱-۲۰۱۸ تقسیم و سپس تمامی داده‌های روزانه به ۱۰ طبقه فراوانی تقسیم شدند. همانطور که ملاحظه می‌گردد در هر دو سری زمانی دمای کمینه و بیشینه در دوره اول طبقات در دامنه‌ی پایین دما مشاهده می‌گردد که در دوره دوم تکرار نشده است. این بدین معنی است که تغییر و جهش دما رخ داده است. به عنوان نمونه طی دوره دوم (داده‌های کمینه) کمترین دمای رخ داده حدود ۰/۰۸ درجه سلسیوس است. این در حالی است که همین مقدار در دوره اولیه حدود ۲/۵۵- می‌باشد (شکل شماره ۲- سمت راست). متوسط دمای کمینه برای هر دو دوره به ترتیب برابر با ۱۰/۶۹ و ۱۱/۶۹ می‌باشد. یعنی در یک دوره ۵۰ ساله تقریباً متوسط دمای کمینه حدود ۱ درجه سلسیوس افزایش داشته است (شکل ۳) این شرایط درباره متوسط دمای بیشینه نیز صادق است. البته شدت افزایشی دمای بیشینه در دوره‌ی مشابه، بیشتر از دمای کمینه است. متوسط دمای بیشینه در دوره اول حدود ۲۳/۲۴ سلسیوس بوده به طوری که در دوره دوم به ۲۴/۳۷ درجه سلسیوس می‌رسد. یعنی در همان دوره برابر حدود ۱/۱۳ درجه سلسیوس افزایش دما رخ داده است (شکل ۳).

شکل (۳- الف) روند متوسط آستانه دمای کمینه و شکل (۳- ب) روند متوسط آستانه دما بیشینه را برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه نمایش می‌دهد. بر اساس این شکل‌ها، دمای کمینه و بیشینه هر دو دارای روند افزایش هستند. به طوری که در دوره نخستین دما تقریباً تا دهه‌ی ۱۹۹۰ دارای نوسان است. اما از این دهه به بعد نوسان وجود دارد اما رفتار سری زمانی به گونه‌ای است که مقادیر پایین در سال‌های گذشته مجدد تکرار نشده است. این شرایط در دمای کمینه فقط در سال ۲۰۰۸ شکسته شده است. به طور معمول دمای کمینه در شب و دمای بیشینه در روز ثبت می‌شود. با این افزایش می‌توان نتیجه گرفت که در سال‌های اخیر ایستگاه‌های مورد استفاده، دمای روزانه و شبانه بالاتری را ثبت کرده‌اند (حلبیان، ۱۳۹۶). پژوهش سبزی پرور و همکاران (۱۳۹۰) تاییدی است بر این موضوع که دماهای کمینه و بیشینه، رفتارهای متفاوتی از خود نشان داده‌اند و دمای کمینه در بسیاری از نقاط به طور آشکار نرخ افزایشی داشته است. گرچه دمای بیشینه هم در خیلی از نقاط نرخ افزایشی نشان می‌دهد ولی به علت نرخ کمتر آن در مقایسه با دمای کمینه، موجب کاهش دامنه شبانه روزی دما شده است.

^۱ - Pentad

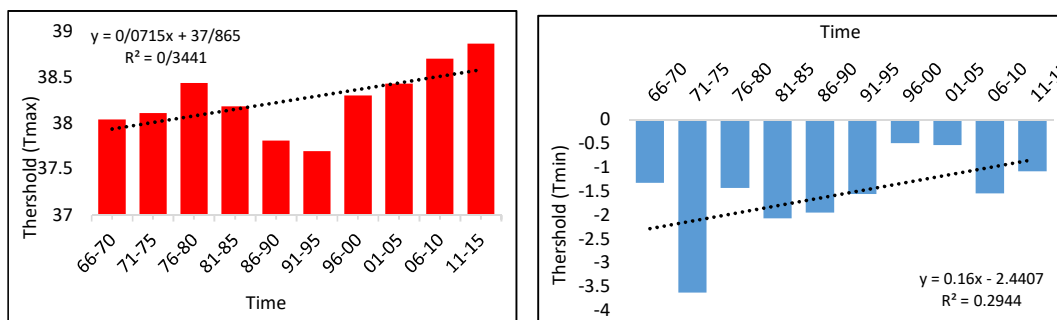


شکل ۲: هیستوگرام مقایسه ای و نمودار جعبه ای روند تغییرات آستانه متوسط دمای کمینه (راست) و بیشینه (چپ) در سرتاسر کشور



شکل ۳: الف: آهنگ تغییرات سالانه آستانه دمای حداقل (بالا) و ب: بیشینه (پایین) (میانگین برای تمامی ایستگاه‌های کشور)

به صورت پنج ساله متوسط آستانه‌ی دمای برای سرتاسر کشور محاسبه شد (شکل ۴). به طوری که بتوان بررسی نمود کدام دوره افزایش دمای بیشتری را تجربه کرده است. نتایج نشان می‌دهد مقادیر دمای آستانه‌ی بیشینه تقریباً از نیمه دوم دهه‌ی هشتاد مرتب در حال افزایش است و روند افزایشی کاملاً مشخصی در نمودار مشاهده می‌گردد. این تغییرات افزایشی از سال ۲۰۰۰ شدت گرفته به طوری که در سال ۲۰۱۶ به بیش از ۳۹ درجه سلسیوس می‌رسد. مقدار بالای ضریب r که نزدیک به ۰/۶ است نیز نشانگر این روند افزایشی در دماهای بیشینه طی این دوره است. تغییرات افزایشی در میانگین ۵ ساله دماهای کمینه کشور نیز مشاهده می‌گردد. مطابق نمودار از سال ۱۹۸۶ خط روند شیب قابل ملاحظه‌ای به سمت دماهای بالا و صفر پیدا کرده و طی سال‌های اخیر دمای کمینه به شدت افزایش یافته است. روند افزایشی دمای حداقل باعث کاهش برودت هوا و تعدیل آن می‌گردد و مقدار ضریب r برابر ۰/۶۴ می‌باشد.

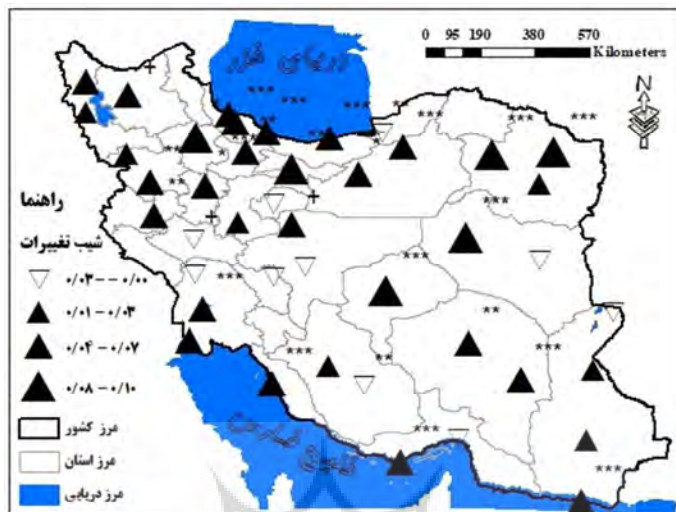


شکل ۴: میانگین روند پنج ساله آستانه دمای کمینه (راست) و میانگین روند پنج ساله آستانه دمای بیشینه (چپ)

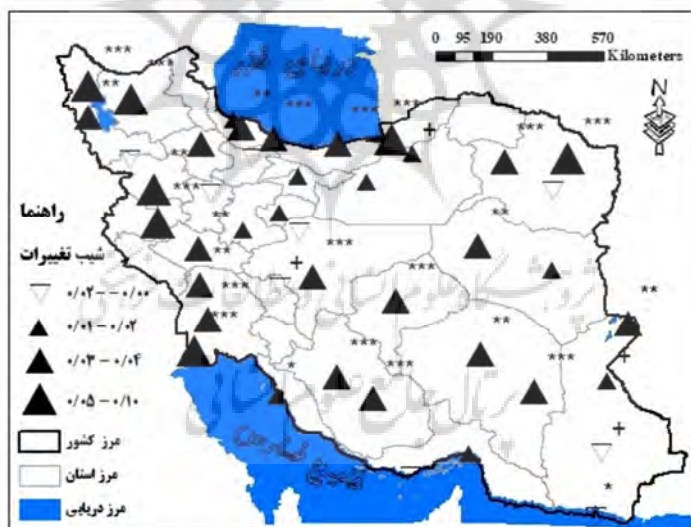
بررسی تغییرات زمانی و مکانی آستانه‌ها:

تغییرات آستانه دمای بیشینه:

بررسی مکانی آستانه‌های دمای امواج سرمای (کمینه دمایی) در شکل (۶) نشان می‌دهد که تغییرات روند افزایشی دمای بیشینه به جز در نواحی ارتفاعات مرکزی زاگرس در تمام ایران دیده می‌شود، و بیشترین تغییرات افزایشی بودن در نیمه شمالی پهنه ایران و همچنین بیابان لوت دیده می‌شود. در تمامی ایستگاه‌ها در سطح اطمینان ۰/۹۹ درصد این تغییرات معنی‌دار می‌باشد. آستانه دمایی کمینه در ایستگاه‌های نظیر یزد و طبس شیب افزایشی بیشتری را با سطح معنی‌داری بسیار بالا تجربه کرده‌اند. نمودی و همکاران (۲۰۲۰) نیز بیشترین افزایش دمای کمینه و بیشینه را در ایستگاه یزد معرفی کرده‌اند. در شمال شرق و همچنین نواحی شمال غرب کشور، با توجه به عرض جغرافیایی بالا و وجود ارتفاعات، مقادیر دما کاهش می‌یابد؛ به بیانی دیگر کمینه دما مقادیر پایین‌تری را تجربه می‌کنند اما بر اساس مقادیر شیب تغییرات روش سن، آستانه دمایی امواج سرمای (کمینه دمایی) در تمامی ایستگاه‌های نیمه شمالی ایران از روند افزایشی برخوردار هستند. در این میان بیشترین افزایش مربوط به ایستگاه‌های همچون مشهد، سبزوار، تهران و زنجان است. این افزایش دما در مناطق کوهستانی موجب ذوب برف و تبدیل آن به باران می‌شود (لشکری و همکاران، ۱۳۹۳؛ محمدی و همکاران، ۱۴۰۱). درباره تغییرات آستانه دمایی امواج گرمایی (بیشینه دمایی)، ایستگاه‌های دارای روند منفی به طور پراکنده در پهنه کشور ایران مشاهده می‌شوند. این ایستگاه‌های شامل ایستگاه چابهار، بندرلنگه، ایرانشهر، شهرکرد، همدان، سقز، کاشان و تربت حیدریه می‌باشد. البته لازم به یادآوری است که ایستگاه تربت حیدریه و شهرکرد هیچ یک از ایستگاه‌های مذکور روند منفی آنها معنی‌داری نمی‌باشد. به طوری که تغییرات با روند افزایشی در نواحی کوهپایه‌ای زاگرس (یا به بیانی نواحی غربی کشور)، شمال غرب، نیمه جنوبی کشور (شامل استان‌های کرمان، فارس و ...) و سواحل دریای خزر مشاهده می‌شود و بیشترین روند افزایشی متعلق به نواحی شمال غرب و غرب کشور است (شکل ۷).



شکل ۶: شیب تغییرات آستانه دمایی امواج سرمایی (***) معنی داری در سطح معنی داری ۰/۹۹۹، °° روند در سطح معنی داری ۹۹ درصد، ° روند در سطح معنی داری ۹۵ درصد، + روند در سطح معنی داری ۹۰ درصد، بدون علامت وجود روند در سطح معنی داری کمتر از ۹۰ درصد).



شکل ۷: شیب تغییرات آستانه دمایی امواج گرمایی (***) معنی داری در سطح معنی داری ۰/۹۹۹، °° روند در سطح معنی داری ۹۹ درصد، ° روند در سطح معنی داری ۹۰ درصد، + روند در سطح معنی داری ۹۰ درصد، بدون علامت وجود روند در سطح معنی داری بیشتر از ۹۰ درصد).

نقطه تغییر دمایی آستانه کمینه و بیشینه

همان‌طور که در روش مطالعه بیان شد هدف اصلی این مطالعه شناسایی نقطه تغییر دمایی کمینه و بیشینه است. از سه روش آزمون پتیت، بویشاند و آزمون همگنی نرمال استاندارد بدین منظور استفاده شد. ایستگاه‌هایی نزدیک دریاها نقطه تغییر در آنها زودتر دیده می‌شود به طوری که می‌توان گفت تغییر دما در ایستگاه‌های ساحلی نسبت به

مناطق واقع در خشکی زودتر آغاز شده است همچنین نقطه تغییر مناطق جنوبی و شمالی با یکدیگر متفاوت می‌باشند. بر اساس جدول ۲ می‌توان زمان تغییر آستانه دمایی در ایران را حدود سال ۱۹۹۱ دانست. زیرا نزدیک به ۷۰ درصد ایستگاه‌ها در بازه ۱۹۹۰-۲۰۰۰ قرار دارند. در برخی نواحی ایران از جمله نواحی جنوبی و مرکزی ایران، مقدار افزایش دما از نواحی شمالی بیشتر بوده است. با بررسی روند تغییرات دمای هوا می‌توان ردپای تغییرات اقلیمی در پهنه ایران را جستجو کرد. همچنین نتایج این پژوهش بیانگر تغییرات شدید مکانی و زمانی کمینه دما در بین ایستگاه‌های شمال غرب و نواحی کوهستانی کشور است. به طور کلی کمینه دما در سطح کشور در طول دوره آماری روند افزایشی را طی کرده است. نقطه تغییر دما کمینه را از سال ۱۹۹۲ می‌توان ردیابی کرد.

جدول ۲: سطح معنی داری و نقطه تغییر (سال) دمای بیشینه و کمینه به تفکیک ۴۳ ایستگاه (منبع: نگارنده)

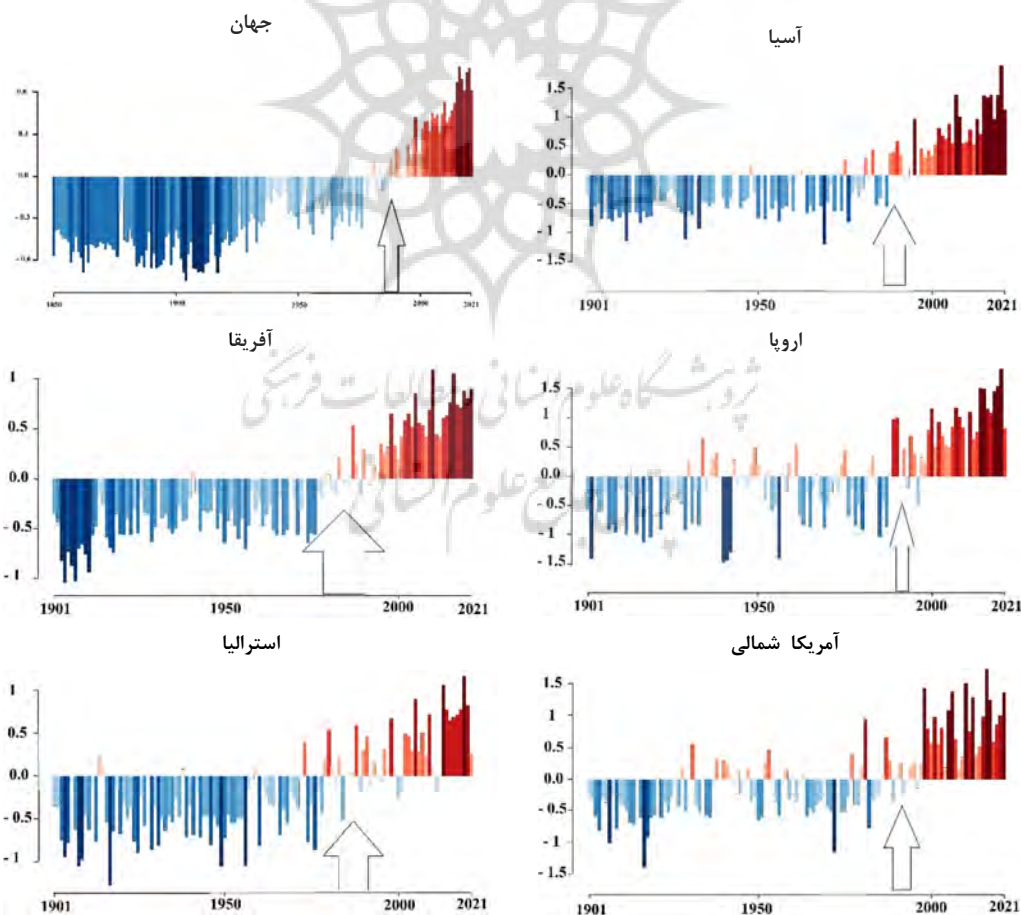
نام	B	SNHT	Pettitt	B	SNHT	Pettitt	B	SNHT	Pettitt	B	SNHT	Pettitt
	نقطه تغییر (دمای کمینه)			نقطه تغییر (دمای بیشینه)			نقطه تغییر (دمای بیشینه)			نقطه تغییر (دمای کمینه)		
	(p-value)			(p-value)			(p-value)			(p-value)		
اراک	۰٫۱۹۴۹	۰٫۳۴۳	۰٫۹۴۸	۰٫۲۳۳۴	۰٫۵۰۱۸	۰٫۵۷۳	-	-	-	-	-	-
ارومیه	< ۰٫۰۰۱۳	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۱۴	۰٫۰۶۷	۰٫۲۰۷۴	۰٫۱۵۳	۱۹۹۷	۲۰۱۳	۱۹۹۷	-	-	-
اصفهان	< ۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۴۶۶	۰٫۴۰۹۲	۰٫۹۵۰	۱۹۹۳	۱۹۹۶	۱۹۹۳	-	-	-
انزلی	۰٫۰۱۶۷	۰٫۰۰۰۸	۰٫۰۵۴۲	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰	۲۰۰۹	۲۰۰۹	-	۱۹۹۴	۱۹۹۴	۱۹۹۴
اهواز	۰٫۱۹۴۹	۰٫۳۴۳	۰٫۹۴۸	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰	-	-	-	۱۹۹۲	۱۹۹۲	۱۹۹۲
ایرانشهر	۰٫۰۰۱۳	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۱۴	۰٫۰۲۰	۰٫۰۳۰۱	۰٫۱۲۷	۱۹۹۷	۲۰۱۳	۱۹۹۷	۱۹۷۷	۱۹۷۵	-
آبادان	< ۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۱۱۷۳	۰٫۰۰۰	۱۹۹۳	۱۹۹۶	۱۹۹۳	۱۹۹۳	۱۹۹۳	۱۹۹۳
بابلسر	۰٫۰۱۶۷	۰٫۰۰۰۸	۰٫۰۵۴۲	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰۲	۰٫۰۰۰	۲۰۰۹	۲۰۰۹	-	۱۹۹۴	۱۹۹۴	۱۹۹۴
بم	< ۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۱۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۶	۱۹۹۷	۱۹۹۷	۱۹۹۷	۱۹۹۲	۱۹۷۷	۱۹۹۲
ب عباس	< ۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۶	۰٫۴۲۷	۰٫۲۸۵	۰٫۹۶۹	۱۹۸۱	۱۹۸۱	۱۹۸۱	-	-	-
ب لنگه	۰٫۱۰۴۴	۰٫۰۳۷	۰٫۱۹۱۴	۰٫۰۰۰	۰٫۱۸۶۴	۰٫۰۰۰	-	۲۰۱۳	-	۱۹۸۹	۲۰۱۷	۱۹۹۳
بوشهر	۰٫۰۰۰۳۷	۰٫۰۰۰۴	۰٫۰۰۵۲	۰٫۰۰۰	۰٫۳۸۶۴	۰٫۰۰۰	۱۹۸۰	۱۹۷۸	۱۹۷۸	۱۹۹۴	۱۹۹۴	۱۹۹۴
بیرجند	۰٫۷۰۵۸	۰٫۶۳۴۱	۰٫۸۴۵۲	۰٫۱۷۶	۰٫۰۰۰۸	۰٫۵۹۶	-	-	-	-	-	-
تبریز	۰٫۰۰۰۷	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۲	۰٫۰۶۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۱۰۳	۱۹۹۴	۲۰۱۳	۱۹۹۴	-	-	-
تربت ح	< ۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۳۰۳	۰٫۰۰۰۱	۰٫۱۲۳	۱۹۸۵	۱۹۸۴	۱۹۸۵	-	-	-
تهران	۰٫۰۱۷۹۴	۰٫۰۵۷۹	۰٫۰۴۳	۰٫۰۰۰	۰٫۱۷۷۳	۰٫۰۰۰	۱۹۹۳	-	۱۹۹۳	۱۹۹۳	۱۹۹۳	۱۹۹۳
چابهار	< ۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۱۴۲۲	۰٫۰۰۰	۱۹۸۳	۱۹۸۳	۱۹۹۳	۱۹۸۴	۱۹۸۴	۱۹۹۲
خرم آباد	۰٫۰۰۲۲	۰٫۰۰۰۷	۰٫۰۰۴۶	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰	۲۰۰۲	۲۰۰۷	۲۰۰۲	۱۹۷۹	۱۹۷۹	۱۹۷۹
خوی	< ۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۸	۰٫۳۴۰	۰٫۰۴۶۵	۰٫۲۵۵	۱۹۹۹	۲۰۱۳	۱۹۹۹	-	-	-
دزفول	۰٫۳۱۷	۰٫۰۲۸۹	۰٫۰۴۴	۰٫۵۱۵	۰٫۴۸۵	۰٫۰۹۱	۱۹۷۹	۱۹۷۹	۱۹۸۲	-	-	-
رامسر	< ۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۹۶۴	۰٫۰۰۰	۱۹۹۷	۱۹۹۷	۱۹۹۷	۱۹۹۴	۱۹۹۴	۱۹۹۴
رشت	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۲	۰٫۰۰۰	۰٫۰۴۲۹	۰٫۰۰۰	۱۹۹۷	۱۹۹۷	۱۹۹۷	۱۹۷۷	۱۹۷۷	۱۹۹۳
زابل	۰٫۰۰۰۶	۰٫۰۰۰۷	۰٫۰۰۰۶	۰٫۳۵۲	۰٫۰۴۷۸	۰٫۶۳۴	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	-	-	-
زاهدان	۰٫۴۱۲۲	۰٫۶۴۴۵	۰٫۴۷۴	۰٫۰۵۲	۰٫۶۸۵۶	۰٫۰۲۶۹	-	-	-	-	-	-
زنجان	۰٫۰۱۲	۰٫۰۰۰۱	۰٫۱۱۵۸	۰٫۰۱۲	۰٫۱۹۶۳	۰٫۰۳۶	۲۰۰۹	۲۰۱۳	-	۱۹۹۲	۱۹۹۲	۱۹۹۳
سبزوار	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۱۴	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۲	۰٫۰۴۸	۰٫۰۰۰	۱۹۹۳	۱۹۹۳	۱۹۹۳	۱۹۸۴	۱۹۷۷	۱۹۸۶
سقز	۰٫۰۴۲۸	۰٫۰۰۰۱	۰٫۲۲۲۸	۰٫۶۵۲	۰٫۰۰۰۹	۰٫۵۵۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	-	-	-	-
سمنان	۰٫۰۰۵۶	۰٫۰۰۰۸۶	۰٫۰۰۵۶	۰٫۰۵۵	۰٫۰۶۵۴	۰٫۰۲	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	-	-	۱۹۹۴
سنندج	۰٫۰۰۰۴	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۸	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۴۸	۰٫۰۰۰	۲۰۰۴	۲۰۰۴	۲۰۰۴	۱۹۹۲	۱۹۹۲	۱۹۹۲
شاهرود	۰٫۳۵۱۸	۰٫۲۹۹۹	۰٫۳۶۶۸	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۹	۰٫۰۰۰	-	-	-	۱۹۸۵	۱۹۸۵	۱۹۹۴
شهرکرد	< ۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۴۹	۰٫۰۶۵	۰٫۰۵۸	۱۹۸۳	۱۹۸۳	۱۹۸۳	۲۰۰۴	-	-

۰,۰۰۳۶	۰,۰۰۱۴	۰,۰۰۴۶	۰,۰۴۶	۰,۰۰۴	۰,۰۹۴	۱۹۹۶	۱۹۷۶	۱۹۸۷	۱۹۷۵	۱۹۷۳	-	شیراز
۰,۰۰۱۹	۰,۰۰۷۳	۰,۰۰۲۶	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰	۱۹۹۳	۱۹۹۳	۱۹۹۳	۱۹۷۸	۱۹۷۷	۱۹۷۹	طیلس
< ۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۶	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰	۱۹۷۶	۱۹۷۶	۱۹۷۶	۱۹۸۴	۱۹۸۴	۱۹۷۴	فسا
۰,۲۴۸۲	۰,۰۱۶۱	۰,۶۷۴۸	۰,۰۰۷	۰,۰۳۱	۰,۰۰۷	-	۲۰۱۳	-	۱۹۹۳	۱۹۹۳	۱۹۹۳	قزوین
۰,۰۴۴۷	۰,۰۱۲۹	۰,۰۷۱۶	۰,۵۳۹	۰,۲۰۴	۰,۷۴۸	۲۰۰۸	۲۰۱۲	-	-	-	-	قم
< ۰,۰۰۲۱	۰,۰۰۰۶	۰,۰۰۹۸	۰,۳۶۹	۰,۲۴۶	۰,۲۰۱	۱۹۸۳	۱۹۸۳	۱۹۸۳	-	-	-	کاشان
< ۰,۰۰۱۱	۰,۰۰۱۷	۰,۰۰۲۶	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۹	۱۹۸۷	۱۹۸۷	۱۹۹۳	۱۹۸۹	۱۹۷۶	۱۹۷۶	کرمان
< ۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۸	۰,۱۰۶	۰,۰۰۵	۱۹۹۴	۱۹۹۴	۱۹۹۳	۱۹۹۲	-	۱۹۹۵	کرمانشاه
< ۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۱	۰,۰۶۶	۰,۶۸۷	۰,۰۳۲	۱۹۹۹	۲۰۰۵	۱۹۹۹	-	-	۲۰۰۵	گرگان
< ۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰	۱۹۹۴	۱۹۹۴	۱۹۹۴	۱۹۸۶	۱۹۸۵	۱۹۸۶	مشهد
۰,۸۱۳۸	۰,۹۵۵۴	۰,۲۳۰۸	۰,۰۲۳	۰,۰۸۴	۰,۳۴۶	-	-	-	۱۹۹۲	-	۱۹۹۳	همدان
< ۰,۰۰۰۲	۰,۰۰۰۵	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰	۱۹۹۳	۱۹۹۳	۱۹۹۳	۱۹۹۷	۱۹۹۴	۱۹۹۴	یزد

برای درک موضوع جدول‌های ۲ بر اساس فراوانی مطلق آن دسته‌بندی شد. نتایج گویای این است که روش‌های فوق به خوبی قادر به نمایش نقطه تغییر آستانه دمایی امواج گرمایی و سرمایی هستند. البته روش‌ها در نمایش دمایی کمینه نسبت به نمایش زمان تغییر دمایی بیشینه بسیار همخوان‌تر هستند. چرا که در جدول آستانه کمینه همه روش‌ها تقریباً دوره ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۵ را دوره تغییر و شروع روند افزایش می‌دانند در حالی که در داده‌های آستانه دمایی بیشینه دو روش این دوره را مشخص کردند. ولی روش SNHT دوره ۲۰۱۱-۲۰۱۵ را مشخص کرده است. البته می‌توان این بحث و نتیجه را نیز استخراج کرد که نقطه تغییر مربوط به دوره دوم داده‌ها است و قطعاً آستانه دمایی کمینه و بیشینه دچار تغییر شده است. که به خوبی با روش‌های فوق قابل استخراج بود. در این خصوص می‌توان به نتایج مطالعات پژوهشگران اقصی نقاط جهان مراجعه نمود و تقریباً این دوره را به عنوان نقطه تغییر در نظر گرفته‌اند. به عنوان نمونه سهیلا و یوسوب (۲۰۱۸)، سال‌های ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۸ را به عنوان زمان تغییر برای دما محاسبه کرده‌اند. یا جیس‌وال و همکاران، (۲۰۱۵) نقطه تغییر برای بیشتر پارامترهای هواشناسی را تقریباً بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ در نظر گرفتند البته بیشتر تغییرات سال ۱۹۹۵ رخ داده است. در ادامه نتایج خروجی ضریب تغییرات دمایی محاسبه شده برای اقصی نقاط جهان توسط سازمان ناسا نمایش داده می‌شود و تاییدی بر نتایج این مطالعه است (شکل ۸). همانطور که ملاحظه می‌گردد تقریباً در اوایل دهه‌ی ۱۹۹۰ ضریب تغییرات دما به صورت مثبت و افزایش است. این زمان درست برابر با زمان تغییر دمایی ایران نیز می‌باشد و می‌تواند مبنای پایه‌ای برای مقایسه دوره‌ای باشد. در واقع مطالعاتی که قصد دارند تغییرات دما یا هر متغیر هواشناسی را مطالعه کنند می‌بایست نخست از یک دوره طولانی برخوردار باشند و دوم اینکه دوره نرمال قبل از دهه‌ی ۱۹۹۰ را نیز می‌باید در برداشته باشد. در غیر اینصورت نتایج بسیار گمراه کننده خواهد بود.

جدول ۳: دسته بندی فراوانی سال های زمان تغییر دمایی آستانه امواج گرمایی و سرمایگی طی دوره آماری

کمینه						بیشینه						سال
pettitt روش		SNHT روش		روش بویشاید		pettitt روش		SNHT روش		روش بویشاید		
درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۹۶۱-۱۹۶۵
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۹۶۶-۱۹۷۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۳۳	۱	۴/۶۵	۲	۲/۳۳	۱	۱۹۷۱-۱۹۷۵
۴/۶۵	۲	۹/۳	۴	۹/۳	۴	۶/۹۸	۳	۱۱/۶۳	۵	۹/۳	۴	۱۹۷۶-۱۹۸۰
۱۱/۶۳	۵	۱۱/۶۳	۵	۱۱/۶۳	۵	۰	۰	۶/۹۸	۳	۹/۳	۴	۱۹۸۱-۱۹۸۵
۲/۳۳	۱	۲/۳۳	۱	۲/۳۳	۱	۴/۶۵	۲	۰	۰	۶/۹۸	۳	۱۹۸۶-۱۹۹۰
۲۵/۵۸	۱۱	۱۱/۶۳	۵	۲۰/۹۳	۹	۴۴/۱۹	۱۹	۲۵/۵۸	۱۱	۳۰/۲۳	۱۳	۱۹۹۱-۱۹۹۵
۲۰/۹۳	۹	۱۶/۲۸	۷	۲۰/۹۳	۹	۰	۰	۰	۰	۲/۳۳	۱	۱۹۹۶-۲۰۰۰
۴/۶۵	۲	۴/۶۵	۲	۴/۶۵	۲	۲/۳۳	۱	۰	۰	۲/۳۳	۱	۲۰۰۱-۲۰۰۵
۰	۰	۶/۹۸	۳	۹/۳	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰۰۶-۲۰۱۰
۰	۰	۲۰/۹۳	۹	۲/۳۳	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰۱۱-۲۰۱۵
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۳۳	۱	۰	۰	۲۰۱۶-۲۰۲۰



شکل ۸: تغییرات متوسط دما بر پایه دوره آماری ۱۹۷۱-۲۰۰۰. (منبع: NASA, 2023)

نتیجه گیری

واکاوی تغییرات رفتار و بسامد رخداد نمایه‌های فرین سنجه‌های جوی جهت آگاهی از تغییر اقلیم در یک منطقه بسیار مهم و ضروری است؛ زیرا یکی از نشانه‌های رخداد تغییر اقلیم تغییر در بسامد رخداد این گونه رخدادهای فرین است. از آنجا که تجزیه و تحلیل تغییرات اقلیمی نیازمند بررسی جزئیات و ویژگی‌های این تغییرات است و همچنین انسان و محیط زیست به بیشینه‌ها و کمینه‌ها بیش از تغییرات شرایط میانگین واکنش نشان می‌دهند، بنابراین مشخص نمودن تغییرپذیری مقادیر بیشینه و کمینه و روند آن‌ها مهم‌تر از شرایط متوسط اقلیمی است. در این راستا داده‌های بیشینه و کمینه روزانه ۴۲ ایستگاه هواشناسی دریافت شد. در نخستین مرحله آستانه دمایی امواج گرمایی و سرمایی محاسبه شد. نتایج پژوهش نشان داد که آستانه دمایی ایران زمین در هر دو متغیر مورد مطالعه تغییر داشته است. این امر می‌تواند منجر به تغییر فراوانی رخداد رویدادهای فرین همچون امواج گرمایی و ... شود. به طوری که می‌توان به نتایج نمرودی و همکاران (۲۰۲۱) اشاره داشت آنها اشاره به افزایش معنی‌دار رویداد امواج گرمایی و کاهش امواج سرمایی داشته‌اند. مطالعه پیش‌رو تغییرات آستانه‌های دمایی را در دوره‌های مختلف مانند دوره‌های پنج‌ساله نیز مورد مطالعه قرار داده است. نتایج این بخش نیز نشان داد که در سال‌های اخیر از بیشترین مقدار آستانه‌ی متوسط دمایی بیشینه و کمینه برخوردار است. این امر درباره سال‌های اولیه نیز عکس آن صادق است. نتیجه غایی این مطالعه شناسایی نقطه تغییر آستانه‌های دمایی مذکور برای تعیین امواج گرمایی و سرمایی می‌باشد. که نتایج گویای آغاز تغییر در حدود سال ۱۹۹۱ است. با توجه به مقایسه صورت گرفته با دیگر مطالعه، سال مد نظر با مطالعات دیگر در اقصی نقاط جهان برابری می‌کند. افزایش آستانه دمایی امواج گرمایی و سرمایی و تعیین نقطه تغییر بیانگر افزایش متوسط دمایی ایران و بیانی واضح‌تر قاره‌ای شدن رژیم دمایی ایران می‌باشد. این بدین معناست که ایران زمین رو به گرم‌تر شدن در حال پیش رفتن است. آستانه دمای بیشینه به منظور تعیین امواج گرمایی در طول بیش از نیم قرن حدود ۲/۷ درجه سلسیوس و آستانه دمایی امواج سرمایی نزدیک به ۱ درجه سلسیوس افزایش داشته است. در مقایسه با میانگین‌های جهانی، دمای ایران زمین با سرعت بیشتری در حال گرم شدن است. البته این تغییرات در جای جای ایران زمین متفاوت است.

منابع

- اخوان کاظمی، مسعود؛ سادات حسینی، طیبه؛ بهرامی پور، فرشته (۱۳۹۸). واکاوی تاثیر تغییرات آب و هوایی بر امنیت بین المللی. فصلنامه علمی مطالعات روابط بین الملل، ۱۲(۴۶)، ۹-۳۹.
- اسلامی، پگاه (۱۳۹۳). تاثیر سوخت های فسیلی بر تغییر اقلیم، کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، تبریز.
- اسمعیلی، سحر ، بهرامی، جمیل، کمالی، بهاره (۱۳۹۹). استفاده از آزمون من - کندال به منظور تعیین شکست در روند داده های بارندگی و رواناب، هشتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، مشهد.
- اسمعیلی، فضل اله؛ نیکبختی، آمنه؛ خداداد، مهدی (۱۳۹۴). اثرات گرمایش جهانی بر محیط زیست، اولین همایش علمی پژوهشی افق های نوین در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی، معماری و شهرسازی ایران، تهران.
- اکبری، مهری، صیاد، وحیده (۱۴۰۰). تحلیل مطالعات تغییر اقلیم در ایران. پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۵۳(۱)، ۷۴-۳۷.

- امیررضاییه، علیرضا؛ پرهت، جهانگیر؛ احمدی، فرشاد (۱۳۹۵). بررسی روند تغییرات بارش و دمای شمال غرب کشور در نیم قرن اخیر. نشریه مجله آبیاری و زهکشی ایران. بهمن - اسفند، ۱۰(۶)، ۷۹۷-۸۰۹.
- بارانی، نادر؛ کرمی، آیت اله (۱۳۹۸). تحلیل روند سالانه پارامترهای اقلیمی دما و بارش در نواحی ده گانه زراعی - اکولوژیکی ایران. فصلنامه علوم محیطی، ۱۷(۴)، ۷۵-۹۰.
- بختیاری، ساجده؛ میر احمدی، مژده؛ گلستانی کرمانی، سودابه؛ بختیاری، بهرام (۱۴۰۰). شناسایی روند تغییرات دمای هوا و خاک با استفاده از آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری درسه ایستگاه همدیدی جنوب شرق کشور. نیوار، ۴۵(۱۱۲-۱۱۳)، ۱۶-۲۷.
- بنی هاشمی ترشیزی سیده مریم؛ اسلامیان سید سعید؛ نظری، بیژن (۱۴۰۰). پیش‌بینی تغییرات نقطه‌ای مقادیر نسبی دما و بارش در اثر تغییر اقلیم در دوره‌های زمانی آینده نزدیک و آینده دور و بررسی خشکسالی با استفاده از شاخص‌های SPI و SPEI در دشت قزوین، ایران. مجله علوم آب و خاک، ۲۵(۲)، ۲۵-۴۴.
- پناهی حسین؛ اسمعیل درجانی، نجمه (۱۳۹۹). بررسی اثر گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی بر رشد اقتصادی (مطالعه موردی: استان های ایران طی دوره ۱۳۹۰-۱۳۸۰). نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲(۱)، ۸۸-۷۹.
- تقوی، فرحناز، (۱۳۸۹). ارتباط بین تغییر اقلیم و رویدادهای حدی. مجله فیزیک زمین و فضا، ۱۶(۲)، ۴۳-۳۳.
- جعفرپور، شهرام؛ کانونی، امین؛ مکلف سریند، ابراهیم (۱۳۹۵). بررسی روند تغییرات بارش و دما در ایستگاه سینوپتیک اردبیل با استفاده از آزمون من-کندال و تخمینگر شیب سن، ششمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، سنندج.
- جلالی، محمد؛ افشاری، مریم؛ مزینان، زینب (۱۳۹۹). تأثیر ابعاد زیست محیطی تغییرات اقلیمی بر امنیت ملی. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲(۹)، ۱۷۹-۱۹۰.
- جهانبخش اصل، سعید؛ خورشید دوست، علی محمد؛ عالی نژاد، محمدحسین؛ پوراصغر، فرناز (۱۳۹۵). تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش با در نظر گرفتن عدم قطعیت مدل‌ها و سناریوهای اقلیمی (مطالعه ی موردی: حوضه ی شهرچای ارومیه). هیدروژئومورفولوژی، ۳(۷)، ۱۰۷-۱۲۲.
- حلیان، امیرحسین؛ سلطانیان، محمود؛ شهبازی، جواد پور (۱۳۹۶). ارزیابی تغییر دمای بیشینه و کمینه فصلی ایران. آمایش جغرافیایی فضا سال هفتم بهار. شماره ۲۳، صفحات ۱-۱۰.
- حمیدیان پور، محسن؛ خسروی، محمود، (۱۳۹۸). ردپای گرمایش جهانی در بارش های بهار ۱۳۹۸ غرب ایران، ششمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران.
- حیدری، حسن؛ مرادی، هوشنگ اصغری، صیاد؛ محمدنژاد، وحید (۱۳۹۳). بررسی روند تغییرات زمانی دما و بارش در منطقه ایلام با استفاده از روش ناپارامتری من-کندال، اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار، تهران
- خوش اخلاق، فرامرز؛ روستا، ایمان (۱۳۸۸). بررسی افزایش درجه حرارت کره زمین و پیامدهای آن بر ایران و جهان، نخستین همایش بین المللی تحولات جدید ایران و جهان، قزوین.
- رحیم‌زاده، فاطمه؛ خوشکام، محبوبه (۱۳۸۲). تغییرات سری های رطوبت در ایستگاه های سینوپتیک کشور، سومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، اصفهان.
- رحیم‌زاده، فاطمه؛ عسگری، احمد؛ فتاحی، ابراهیم؛ محمدیان، نوشین؛ تقی پور، افسانه (۱۳۸۰). روند نمایه های حدی اقلیمی دما در ایران طی دوره (۱۹۵-۲۰۰۳) فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۳، صص ۱۱۹-۱۴۳.
- رحیمی، جابر؛ خلیلی، علی؛ بذرافشان، جواد (۱۳۹۶). ارزیابی روش‌های مختلف و پیشنهاد یک روش جدید برای بازسازی خلاءهای آماری داده‌های دمای کمینه روزانه در ایستگاه‌های ارتفاعی ایران. نشریه تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۸(۲)، ۲۳۹-۲۳۱.
- روحبخش سیگارودی، حسین علی؛ کریمپور، مصطفی؛ قائمی، هوشنگ؛ مرادی، محمد؛ آزادی، مجید (۱۳۹۷). بررسی بی‌هنجاری‌های میانگین دمای کمینه و بیشینه ایران در دوره گرم سال به‌منظور شناسایی دوره گرم و سرد. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۷(۳)، ۱۶۱-۱۸۷.
- سبزی پرور، علی اکبر؛ میرگلوی بیات، راضیه؛ قیامی شمامی، فرشته (۱۳۹۰). ارزیابی روند احتمالی تغییرات اختلاف دمای شبانه‌روزی در برخی اقلیم های خشک کشور طی پنج دهه گذشته. نشریه پژوهش فیزیک ایران. بهار، دوره ۱۱، شماره ۱، صص ۲۷-۳۷.

صفریان زنگیر، وحید؛ زینالی، بتول؛ جعفرزاده علی آباد، لیلا (۱۳۹۸). ارزیابی شرایط همدیدی وقوع بارش‌های منجر به سیلاب در شهرستان خلخال، با رویکرد محیطی به گردشی در دوره زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵. پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، ۱۰(۱۹)، ۸۹-۱۰۴.

طیعی، سبحان؛ ضرابی، مهناز (۱۳۹۷). دیپلماسی محیط‌زیست و تغییرات اقلیمی؛ راهبردی سازنده و رهیافتی کاهنده. انسان و محیط زیست، ۱۶(۴)، ۱۵۹-۱۷۰.

عزیزی، قاسم؛ روشنی، محمود (۱۳۸۷). مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی

عساکره، حسین (۱۳۸۶). تغییرات زمانی-مکانی بارش ایران زمین طی دهه‌های اخیر. نشریه جغرافیا و توسعه، ۵(۱۰)، ۱۶۴-۱۴۵.

عطایی، هوشمند، فنایی، راضیه (۱۳۹۱). بررسی تغییر اقلیم استان مرکزی به روش من-کندال. نیوار، ۳۶(۷۷-۷۶)، ۳۷-۴۸.

علایی طالقانی، محمود، (۱۳۸۸). ژئومورفولوژی ایران، چاپ پنجم، تهران، نشر قومس.

علیجانی، بهلول (۱۳۸۹). آب و هوای ایران، چاپ دهم، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.

علیزاده چوبری، امید؛ نجفی، محمد سعید (۱۳۹۶). روند تغییرات دمای هوا و بارش در مناطق مختلف ایران. فیزیک زمین و فضا، ۴۳(۳)، ۵۶۹-۵۸۴.

علیجانی، بهلول (۱۳۹۰). تحلیل فضایی دماها و بارش‌های بحرانی روزانه در ایران. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۷، شماره ۲۰، صص ۹-۳۰.

فتحی، مائده؛ جوانمرد، سهیلا؛ ریوندی، امیر؛ باستانفرد، بهاره (۱۳۹۴). استفاده از آزمون آماری من کندال در تعیین روند سری‌های زمانی بارش سالانه در شمال ایران، پنجمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران

فرج زاده، منوچهر (۱۳۹۲). مخاطرات اقلیمی ایران انتشارات سمت، صص ۲۸۶-۲۸۳.

قانقرمه، عبدالعظیم؛ روشن، غلامرضا؛ شاهکویی، اسماعیل (۱۳۹۷). بازنگری در تعیین دمای پایه آسایش حرارتی مناطق اقلیمی متفاوت ایران به منظور محاسبه شاخص درجه-روز مورد نیاز سرمایشی و گرمایشی. سپهر، دوره ۲۷، شماره ۱۰۵، صص: ۱۲۷-۱۴۳

کوزه‌گران، سعیده؛ موسوی بایگی، محمد، (۱۳۹۴). بررسی روند رویدادهای حدی اقلیمی در شمال شرق ایران، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). مرداد و شهریور. ۲۹(۳)، ۷۶۴-۷۵۰.

لشکری، حسن؛ نقی زاده، حبیبه؛ مرادی، محمد؛ نجفی، محمد سعید (۱۳۹۳). تحلیل همدید دمای پایه بارش برف در شمال غرب ایران. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱۳۹۳(۱۹)، ۱۱-۲۲.

محمدی، پروا؛ ابراهیمی، کیومرث؛ بذرافشان، جواد (۱۴۰۱). ارزیابی تأثیر افزایش دما بر ذوب برف و رواناب رودخانه در ماه‌های گرم سال و تحلیل متغیرهای اقلیمی در حوضه تهر. تحقیقات آب و خاک ایران. doi: 10.22059/ijswr.2022.339312.669213

محمدی، حسین؛ مقبل معصومه؛ رنجبر فیروز (۱۳۸۹). مطالعه تغییرات بارش و دمای ایران با استفاده از مدل MAGICC SCENGEN. نشریه جغرافیا، ۸(۲۵): ۱۴۲-۱۲۵.

محمدی، نبی (۱۳۹۸). بررسی روند تغییرات میزان تابش در ایستگاه‌های تابش سنج ایران با استفاده از آزمون من کندال و تخمین‌گر شیب سن، همایش بین‌المللی تغییر اقلیم، پیامدها، سازگاری و تعدیل، تهران.

مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۰). آب و هوای ایران، چاپ اول، مشهد، انتشارات شریعه توس.

معروف‌نژاد، عباس؛ قاسمی، شهلا (۱۳۹۶). روند تغییرات دما با استفاده از روش من-کندال (مطالعه موردی چهار شهرستان استان چهارمحال و بختیاری). آمایش محیط، ۱۰(۳۷)، ۱۴۹-۱۶۶.

مفیدی، عباس؛ حمیدیان پور، محسن؛ سلیقه، محمد؛ علیجانی، بهلول (۱۳۹۲). تعیین زمان آغاز، خاتمه و طول مدت وزش باد سیستان با بهره‌گیری از روش‌های تخمین نقطه تغییر جغرافیا و مخاطرات محیطی. دوره ۲، شماره ۴، صص ۸۶-۶۵.

میرطاهری، فرشته‌السادات؛ سمایی، زهرا؛ کسمایی، زهرا؛ ملک سیاه چشم، زهرا (۱۳۹۳). اثیرات افزایش دما بر کره زمین، هفتمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران

- هویدی، حسن، مهدلوئی، سعید، علیا، عقیل (۱۳۸۹). گرمایش جهانی اقلیم و علل و اثرات آن بر محیط زیست، چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران
- یغمایی، لیلیا؛ خداقلی، مرتضی؛ سلطانی کوپایی سعید؛ صبوحی راضیه (۱۳۸۸). تاثیر عوامل اقلیمی مختلف بر گسترش تیپ های جنگلی استان چهار محال و بختیاری با استفاده از روش های آماری چند متغیره. نشریه مجله جنگل ایران. ۱(۳):۲۵۱-۲۳۹.
- Alexandersson, H., (1984). A Homogeneity Test Based on Ratios and Applied to Precipitation Series. Report 79, Department of Meteorology, Uppsala, 55p.
- Alexandersson, H., (1986). A homogeneity test was applied to precipitation data. *Journal of Climatology*, 6 (6), 661-675, DOI: 10.1002/joc.3370060607.
- Buishand T.A., (1982). Some methods for testing the homogeneity of rainfall records, *Journal of Hydrology*, 58, 11-27.
- Cook, B., Buckley, B. M., (2009). Objective determination of monsoon season onset, withdrawal, and length, *Journal of Geophysical Research*, 114. D23109, doi:10.1029/2009JD012795.
- Gallagher, C., Lund, R., Robbins, M., (2013). Change-point Detection in Climate Time Series with Long-Term Trends, *Journal of Climate*, 26(14), 4994-5006. Retrieved Aug 30, 2022, from <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/26/14/jcli-d-12-00704.1.xml>
- Getahun, Y.S., Li, M.H., and Pun, I.F., (2021). Trend and change-point detection analyses of rainfall and temperature over the Awash River basin of Ethiopia, *Heliyon*, 7(9):e08024. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08024>.
- Gullet, D. W., Vincent, L., Malone, L., (1991). Homogeneity testing of monthly temperature series: Application of multi-phase regression models with mathematical changepoint. *Canadian Climate Centre Rep. 91-10 Atmospheric Environment Service, Downsview, ON, Canada*, 47pp.
- Hamidianpour, M., Amir Jahanshahi, S.A., Kaskaoutis, D.G., Rashki, A., Nastos, P.G., (2021). Climatology of the Sistan Levar wind: Atmospheric dynamics driving its onset, duration, and withdrawal, *Atmospheric Research*. 260, 105711. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105711>.
- Henry F. Diaz. and Richard J. Murnane. (2008). *Climate Extreme and Society*, Cambridge University Press. Pp: 1-34.
- Jaiswal, R.K., Lohani, A.K., Tiwari, H.L., (2015). Statistical Analysis for Change Detection and Trend Assessment in Climatological Parameters, *Environ. Process*, 2, 729-749 (2015). <https://doi.org/10.1007/s40710-015-0105-3>
- Namroodi, M., Hamidianpour, M. and Poodineh, M. (2021). Spatio-temporal analysis of changes in heat and cold waves across Iran over the statistical period 1966-2018. *Arab J Geosci* 14, 857. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07161-9>
- Pettitt, A. N., (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics* 28 (2), 126-135.
- Sen, P. (1968), "Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau", *Journal of American Statistical Association*, (63), pp.1379-1389.
- Smith, K., (2009). *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster* (5th ed). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203884805>.
- Stepanek, P., Zahradnek, P., Skalac, P., (2009). Data quality control and homogenization of air temperature and precipitation series in the area of the Czech Republic in the period of 1961-2007. *Int J Global Energy*. doi:10.1504/IJGGI.2009.030657.
- Suhaila, J., Yusop, Z. (2018). Trend analysis and change point detection of annual and seasonal temperature series in Peninsular Malaysia. *Meteorol Atmos Phys*, 130, 565-581 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00703-017-0537-6>.
- Vezzoli R, Pecora S, Zenoni E, Tonneli F (2012) Inhomogeneity, change points, trends in observations: an application to Po river discharge extremes. *Centre Euro-Mediterraneo Sui Combiamenti Climatici (CMCC) Research Paper RP0138:1-15*
- Winingaard, J. B., Kleink Tank, A. M. G., Konnen, GP., (2003). Homogeneity of 20th Century European Daily Temperature and Precipitation Series. *Int J Climatol* 23:679-692.
- Zhang, W., Yan, Y., Zheng, J., Li, L., Dong, X., and Cai, H., (2009). Temporal and spatial variability of annual extreme water level in the Pearl River Delta region, China. *Global and Planetary Change*, 69, 35-47.

References

References (in Persian)

- Akbary, M., & sayad, V. (2021). Analysis of climate change studies in Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 53(1), 37-74. doi: 10.22059/jphgr.2021.301111.1007528. [In Persian]
- Akhavan Kazemi, M., Sadat Hoseini, T., & Bahramipoor, F. (2019). Analysis of the Impact of Climate Change on International Security. *Research Letter of International Relations*, 12(46), 9-39. doi: DOR:20.1001.1.24234974.1398.12.46.1.4. [In Persian]
- Alijani, B., (2011), Spatial analysis of critical temperatures and daily rainfall in Iran, *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 17(20), 9-30. [In Persian]
- Alizadeh-Choobari, O., & Najafi, M. S. (2017). Trends and changes in air temperature and precipitation over different regions of Iran. *Journal of the Earth and Space Physics*, 43(3), 569-584. doi: 10.22059/jesphys.2017.60300. [In Persian]
- Amirrezaeieh, A. R., Porhemmat, J., & Ahmadi, F. (2017). Investigation of Precipitation and Temperature Trend Across the North West of Iran in Recent Half of the Century. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 10(6), 797-809. [In Persian]
- Asakereh, H. (2007). Spatio – Temporal Changes of Iran Inland Precipitation during Recent Decades. *Geography and Development*, 5(10), 145-164. doi: 10.22111/gdij.2007.3669. [In Persian]
- Ataee, H., and Fanaee, R. (2012). Studying the Climate Change of Markazi Province by Mann-Kendall Method. *Nivar*, 36(77-76), 37-48. [In Persian]
- Azizi, Gh. And Roshani, M. (2008). Using Mann-Kendall Test to Recognize Climate Change in Caspian Sea Southern Coasts. *Physical Geography Research Quarterly*, 64(2), 13-28. [In Persian]
- bakhtiari, S., mirahmadi, M., golestani kermani, S., & bakhtiari, B. (2021). Identify The Monthly and Annual Trend of Air and Soil Temperature Changes Using Parametric and Non-parametric Statistical Methods at Three Synoptic Stations in Southeast Iran. *Nivar*, 45(112-113), 16-27. doi: 10.30467/nivar.2020.239636.1165. [In Persian]
- Banihashemi S, Eslamian S S, Nazari B. Prediction of Local Alterations in the Relative Amounts of Temperature and Precipitation Caused by Climate Change in Near and Far Future, and Drought Investigation Using SPI and SPEI Indices in Qazvin Plain, Iran. *JWSS 2021*; 25 (2):25-44. URL: <http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-3910-fa.html>. [In Persian]
- Barani, N., and 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]
- Eslami, P., (2014)., the effect of fossil fuels on climate change, international conference on sustainable development, solutions and challenges focusing on agriculture, natural resources, environment, and tourism, Tabriz. [In Persian]
- Esmaili, F., Nikbakhti, A., Khodadad, M., (2015). Effects of global warming on the environment, the first scientific research conference of New Horizons in the sciences of geography and planning, architecture and urban planning of Iran, Tehran. [In Persian]
- Esmaili, S., Bahrami, J., Kamali, B., (2020). Using the Mann-Kendall test to determine the failure in rainfall and runoff data, 8th National Conference on Water Resources Management of Iran, Mashhad. [In Persian]
- Farajzadeh, M., (2013). Iran's Climate Risks, SAMT press, 286-283. [In Persian]
- Fathi, M., Javanmard, S., Rivandi, A., Bastanfard, B., (2015). The use of Kendall's statistical test in determining the trend of annual precipitation time series in northern Iran, the fifth regional conference on climate change, Tehran. [In Persian]
- ghanghermeh, A., Roshan, G., & shahkooei, S. (2018). The review of determining the thermal comfort base temperature in different climatic regions to calculate the required Degree-Day index for cooling and heating. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 27(105), 127-143. doi: 10.22131/sepehr.2018.31481. [In Persian]
- Ghasami, S. (2017). Analysis of changes using the method of Mann-Kendall (Case Study of Four Townships of Chaharmahal and Bakhtiari Province). , 10(37), 149-166. [In Persian]
- Hakkamabadi, M., Mansouri, M., Yal Jahan Tighi, R., (2016). Climate changes, global warming, and climate hazards, a case study: dust and dust in the west and southwest of Iran, northwest of Iran, the second international congress of geosciences and urban development, Tabriz. [In Persian]
- Halabian, A. H. (2017). Evaluation of the seasonal maximum and minimum temperature change of Iran. *Geographical Planning of Space*, 7(23), 1-10. [In Persian]
- Hamidianpour, M., Khosravi, M., (2019). Traces of Global Warming in Spring Rains of 2019 West of Iran, Sixth Regional Conference on Climate Change, Tehran. [In Persian]
- Hidari, h., Moradi, H., Asghari, S., Mohammadnejad, V. (2015). Investigating the temporal changes of temperature and precipitation in the Ilam region using the non-parametric Mann-Kendall method The First National Conference on Geography, Tourism, Natural Resources, and Sustainable Development. 2015-02-19. Tehran [In Persian]
- Hoveidi, H., Mahdaloui, S., Elia, A., (2010), Global warming of the climate and its causes and effects on the environment, the fourth specialized conference and exhibition of environmental engineering, Tehran. [In Persian]
- Jafarpour, S., Kanuni, A., Maklef Sarband, I., (2016). Investigating the trend of precipitation and temperature changes in Ardabil synoptic station using Mann-Kendall test and age slope estimator, 6th National Conference on Water Resources Management of Iran, Sanandaj. [In Persian]

- Jahanbakhsh Asl, S., Khorshiddoust, A., Alinejad, M., Pourasghr, F. (2016). Impact of Climate Change on Precipitation and Temperature by Taking the Uncertainty of Models and Climate Scenarios (Case Study: Shahrchay Basin in Uremia). *Hydrogeomorphology*, 3(7), 107-122. [In Persian]
- Jalali, M., Afshari, M., & Mazinanian, Z. (2020). Environmental Impact of Climate Change on National Security. *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(9), 179-190. doi: 10.22034/jest.2021.31956.4005. [In Persian]
- Khosh Akhlaq, F., Roosta, I., (2009). Investigation of global temperature increase and its consequences on Iran and the world, the first international conference on new developments in Iran and the world, Qazvin. [In Persian]
- 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. [In Persian]
- Lashkari, H., Naghizadeh, H., Moradi, M., & Najafi, M. S. (2014). The synoptic-dynamic analysis of the base temperature for snowfall in the down level of atmosphere in Northwest Iran (1995-2008). *Journal of Climate Research*, 1393(19), 11-22. [In Persian]
- Maerofnejad, A. and ghasami, Sh. (2017). Analysis of changes Using the method of Mann-Kendall (Case Study of Four Townships of Chaharmahal and Bakhtiari Province). , 10(37), 149-166. [In Persian]
- Masoudian, S. A., (2011). *Iran's Climates*, First Edition, Mashhad, Tos Sharia Publications. [In Persian]
- Mirtahari, F. A., Samai, Z., Kasmai, Z., Malek Siah Chesh, Z., (2014). Effects of temperature increase on the planet, 7th National Conference and Specialized Exhibition of Environmental Engineering, Tehran. [In Persian]
- Mofidi, A., HamidianPour, M., Saligheh, M., & Alijani, B. (2014). Determination of the Onset, Withdrawal, and Duration of Sistan wind using a Change Point Approach. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 2(4), 65-86. doi: 10.22067/geo.v0i0.25026. [In Persian]
- Mohammadi, H., Maqbul, M., Ranjbar, F., (2010). Studying the changes of precipitation and temperature in Iran using MAGICC SCENGEN model, *Journal of Geography*, 8(25), 125-142. [In Persian]
- Mohammadi, N., (2019). Investigating the trend of radiation changes in Iran's radiometer stations using the Mann-Kendall test and age slope estimator, International Conference on Climate Change, Consequences, Adaptation and Adjustment, Tehran. [In Persian]
- Mohammadi, P., Ebrahimi, K., & Bazrafshan, J. (2022). Impact evaluation of temperature increase on snowmelt and river runoff in hot months of the year in tandem with analysis of climate variables in Tamar basin, Iran. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, doi: 10.22059/ijswr.2022.339312.669213. [In Persian]
- Panahi, H., & Esmaeel Darjani, N. (2020). Effects of Global Warming and Climate Changes on Economic Growth (Case Study: Iran provinces during 2002-2012). *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(1), 79-88. doi: 10.22034/jest.2020.22073.3114. [In Persian]
- Rahimi, J., Khalili, A., & Bazrafshan, J. (2017). Evaluation of Different Missing Data Reconstruction Methods for Daily Minimum Temperature in Elevated Stations of Iran: Comparison with New Proposed Approach. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 48(2), 231-239. doi: 10.22059/ijswr.2017.62576. [In Persian]
- Rahimzadeh, F., Asgari, A., Fatahi, I., Mohammadian, N., Taghipour, A., (2001), the trend of extremes indices for temperature over Iran in (1995-2003), *Geographical Research*, No 93, 119-144.
- Rahimzadeh, F., Khushkam, M., (2003). Changes in humidity series in synoptic stations of the country, the third regional climate change conference, Isfahan. [In Persian]
- Roohbakhsh Sigaroodi, H., Karampoor, M., Ghaemi, H., Moradi, M., & Azadi, M. (2018). Investigating Minimum and Maximum Temperature Anomalies during Warm Seasons to Reveal Warm and Cool Spell over Iran. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 7(3), 161-187. doi: 10.22067/geo.v0i0.73549. [In Persian]
- Sabziparvar, A., Mirgaloybayat, R., & Ghyami Shamami, F. (2019). Evaluation of the possible changes in diurnal temperature range (DTR) trend in some arid climates of Iran over the last five decades. *Iranian Journal of Physics Research*, 11(1), 27-37. [In Persian]
- Safarian zengir, V., Zenali, B., & Jafarzadeh Aliabad, L. (2019). Assessment of synoptic conditions of occurrence of flood-induced rainfall in Khalkhal city with a perimeter environmental approach during the period 2016- 1987. *Journal of Urban Ecology Researches*, 10(19), 89-104. doi: 10.30473/grup.2019.5635. [In Persian]
- Smaeili, N. and Ataie, H. (2016). Investigating the trend of climatic changes of precipitation and temperature by the Kendall method in Urmia station. First National Conference on Crisis Management, Safety, Health, Environment, and Sustainable Development. 2016-05-19. Tehran. [In Persian]
- Taghavi, F. (2010). The linkage between Climate Change and Extreme Events in Iran. *Journal of the Earth and Space Physics*, 36(2), 33-43. [In Persian]
- Tayebi, S., and Zarabi, M. (2018). Environmental Diplomacy and Climate Change; Constructive strategic approach to the reducer. *Human & Environment*, 16(4), 159-170. [In Persian]
- Yaghmai, L., Khodaghohi, M., Soltani Kopaei, S., Sabouhi, R., (2009). Effect of climatic factors on the distribution of forest types using multivariate statistical methods. *Iranian Journal of Forest*, 1(3), 239-251. [In Persian]

References (in English)

- Alexandersson, H., (1984). A Homogeneity Test Based on Ratios and Applied to Precipitation Series. Report 79, Department of Meteorology, Uppsala, 55p.
- Alexandersson, H., (1986). A homogeneity test was applied to precipitation data. *Journal of Climatology*, 6 (6), 661-675, DOI: 10.1002/joc.3370060607.

- Buishand T.A., (1982). Some methods for testing the homogeneity of rainfall records, *Journal of Hydrology*, 58, 11-27.
- Cook, B., Buckley, B. M., (2009). Objective determination of monsoon season onset, withdrawal, and length, *Journal of Geophysical Research*, 114. D23109, doi:10.1029/2009JD012795.
- Gallagher, C., Lund, R., Robbins, M., (2013). Change-point Detection in Climate Time Series with Long-Term Trends, *Journal of Climate*, 26(14), 4994-5006. Retrieved Aug 30, 2022, from <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/26/14/jcli-d-12-00704.1.xml>
- Getahun, Y.S., Li, M.H., and Pun, I.F., (2021). Trend and change-point detection analyses of rainfall and temperature over the Awash River basin of Ethiopia, *Heliyon*, 7(9):e08024. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08024>.
- Gullet, D. W., Vincent, L., Malone, L., (1991). Homogeneity testing of monthly temperature series: Application of multi-phase regression models with mathematical changepoint. Canadian Climate Centre Rep. 91-10 Atmospheric Environment Service, Downsview, ON, Canada, 47pp.
- Hamidianpour, M., Amir Jahanshahi, S.A., Kaskaoutis, D.G., Rashki, A., Nastos, P.G., (2021). Climatology of the Sistan Levar wind: Atmospheric dynamics driving its onset, duration, and withdrawal, *Atmospheric Research*. 260, 105711. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105711>.
- Henry F.Diaz. and Richard J.Murnane. (2008). *Climate Extreme and Society*, Cambridge University Press. Pp: 1-34.
- Jaiswal, R.K., Lohani, A.K., Tiwari, H.L., (2015). Statistical Analysis for Change Detection and Trend Assessment in Climatological Parameters, *Environ. Process*, 2, 729–749 (2015). <https://doi.org/10.1007/s40710-015-0105-3>
- Namroodi, M., Hamidianpour, M. and Poodineh, M. (2021). Spatio-temporal analysis of changes in heat and cold waves across Iran over the statistical period 1966–2018. *Arab J Geosci* 14, 857. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07161-9>
- Pettitt, A. N., (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics* 28 (2), 126–135.
- Sen, P. (1968), “Estimates of the regression coefficient based on Kendall’s tau”, *Journal of American Statistical Association*, (63), pp.1379–1389.
- Smith, K., (2009). *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster* (5th ed). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203884805>.
- Stepanek, P., Zahradnek, P., Skalak, P., (2009). Data quality control and homogenization of air temperature and precipitation series in the area of the Czech Republic in the period of 1961-2007. *Int J Global Energy*. doi:10.1504/IJGGI.2009.030657.
- Suhaila, J., Yusop, Z. (2018). Trend analysis and change point detection of annual and seasonal temperature series in Peninsular Malaysia. *Meteorol Atmos Phys*, 130, 565–581 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00703-017-0537-6>.
- Vezzoli R, Pecora S, Zenoni E, Tonneli F (2012) Inhomogeneity, change points, trends in observations: an application to Po river discharge extremes. *Centre Euro-Mediterraneo Sui Cambiamenti Climatici (CMCC) Research Paper RP0138*:1–15
- Winingaard, J. B., Kleink Tank, A. M. G., Konnen, GP., (2003). Homogeneity of 20th Century European Daily Temperature and Precipitation Series. *Int J Climatol* 23:679–692.
- Zhang, W., Yan, Y., Zheng, J., Li, L., Dong, X., and Cai, H., (2009). Temporal and spatial variability of annual extreme water level in the Pearl River Delta region, China. *Global and Planetary Change*, 69, 35–47.