



Research Paper

Assessment of Spatial and Temporal Variability of Extreme Temperature by ETCCDI Indices (North and West of Iran)

Mojtaba Nassaji Zavareh^{1*} and Bagher Ghermezcheshmeh²

¹Assist. Professor, Institute of Agricultural Education & Extension, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

²Assist. Professor, Soil Conservation and Watershed Management Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Paper Information

Received: January 01, 2022

Revised: February 23, 2022

Accepted: February 23, 2022

Keywords:

Climate Change

Daily Temperature

Extreme Temperature Indices

Trend

*Corresponding author:

m.nassaji@iate.ac.ir



Abstract

Extreme climatic events are associated with climate changes. Understanding the diversifications in these events is important in planning to reduce their effects. In this research, using daily temperature data of 8 synoptic stations in the north and west of the country, 18 extreme temperature indices as defined by the Expert Team on Climate Change Detection Indices (ETCCDI) were evaluated. The results showed that the temperature intensity indices at night had a higher trend than the temperature intensity indices during the day. The frequency of the hot night index and hot day index in most of the studied stations had a significant increasing trend. Moreover, the cool night frequency index had a negative and significant trend in the north and west of the country and showed a higher trend in the north of the country than in the west. The cool day frequency index was negative for both study areas. Cold extreme indices including the number of cold days, number of frost days, and cold spell duration index were obtained in both regions of the country with a negative trend. While warm indices showed the number of hot days, warm nights, and warm spell duration index with a positive and significant trend.

© Authors, Published by **Environment and Water Engineering** journal. This is an open-access paper distributed under the CC BY (license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Introduction

One of the consequences of climate change is variation in extreme temperatures, which have significant effects on agricultural products. Different indicators are defined for extreme climatic events. One of the most commonly used indicators in most research is defined by the Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI). The group presented 27 temperature and precipitation indices as part of joint projects between the Commission for Climatology (CCL) and Climate Variability and

Predictability (CLIVAR) and the World Climate Research Program (WCRP) to facilitate international cooperation in addition to national studies. In this research, to evaluate indicators, while considering the homogeneity of the stations, different indicators of extreme temperature were analyzed. The purpose of this study was to analyze the trend of changes in extreme temperature indices in the north and west of Iran to inform the planners of natural resources and agriculture in the relevant policies.



Material and Methods

In this study, the minimum and maximum daily data of synoptic stations in the north and west of the country that had a common and long-term period were used. Names, geographical coordinates, and locations of the selected stations are shown in Fig. 1. Indices of extreme temperature and precipitation values have been defined by different researchers for different

purposes. In this study, the indicators defined by ETCCDI were used according to Table 1. Canadian Meteorological RclimDex software was designed in such a way that enables us to calculate the recommended indices of the CCL / CLIVAR expert group. To use this software, you need to install and run the R programming language. RclimDex software.

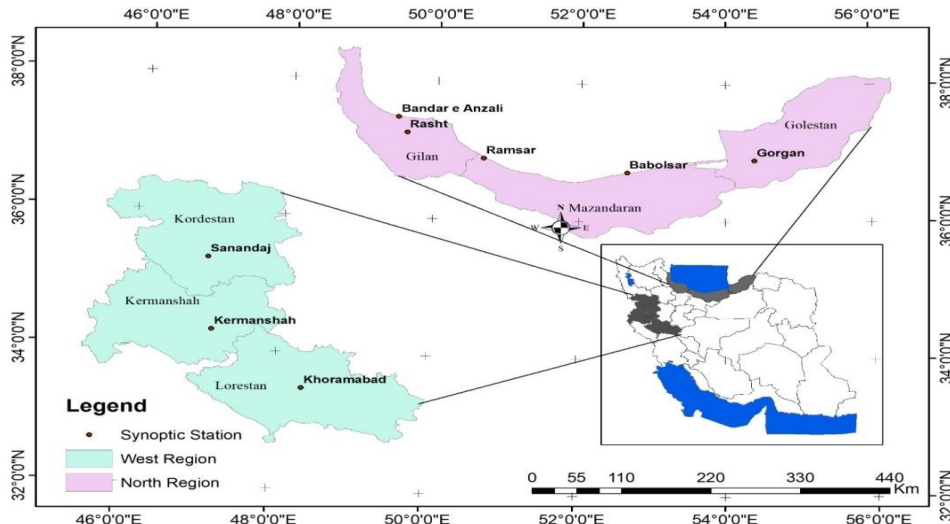


Fig. 1 Location of the studied stations

Table 1 Extreme temperature indices recommended by ETCCDI

| Index | Descriptive Name | Definition | Unites |
|-------|---------------------------|---|--------|
| SU25 | Hot Days | annual count when TX>25°c | days |
| FD | Frost Days | annual count when TN<0°c | days |
| ID | Cold Days | annual count when TX<0°c | days |
| TR20 | Warm Nights | annual count when TN>20°c | days |
| GSL | Growing Season Length | annual count between first span of at least 6 days with TG>5°c after winter and first span after summer of 6 days with TG<5°c | days |
| TXx | Hottest Day | monthly highest TX | °C |
| TNx | Hottest Night | monthly highest TN | °C |
| TXn | Coollest Day | monthly lowest TX | °C |
| TNn | Coollest Night | monthly lowest TN | °C |
| TN10p | Cool Night Frequency | percentage of days when TN<10th percentile of 1961-1990 | % |
| TX10p | Cool Day Frequency | percentage of days when TX<10th percentile of 1961-1990 | % |
| TN90p | Hot Night Frequency | percentage of days when TN>90th percentile of 1961-1990 | % |
| TX90p | Hot Day Frequency | percentage of days when TX>90th percentile of 1961-1990 | % |
| WSDI | Warm Spell Duration Index | annual count of days with at least 6 consecutive days when TX>90 th percentile of 1961-1990 | days |
| CSDI | Cold Spell Duration Index | annual count of days with at least 6 consecutive days when TN<10 th percentile of 1961-1990 | days |
| DTR | Diurnal Temperature Range | monthly mean difference between TX and TN | °C |

Results

Table 2 shows the results of the trend of changes in extreme temperature values for selected stations in the north and west of the country in

the 1960-2012 period. Among the studied stations, Khorramabad and Gorgan stations have different trend values.

Table 2 Trends of extreme temperature for North and West regions of the country (index units/10 years)

| Index | North Region | | | | | West Region | | | Unit |
|--------|---------------|-------|--------|----------|--------|-------------|------------|----------|------|
| | Bandar Anzali | Rasht | Ramsar | Babolsar | Gorgan | Kermanshah | Khoramabad | Sanandaj | |
| TXmean | -0.14 | 0.04 | 0.1 | 0.21 | 0.09 | 0.41 | -0.17 | 0.4 | ° C |
| TNmean | 0.43 | 0.46 | 0.37 | 0.45 | 0.01 | 0.55 | -0.42 | 0.15 | ° C |
| FD | -1.4 | -2.87 | -1.37 | -1.24 | 1.9 | -2.65 | 8.4 | -1.17 | days |
| SU25 | -0.54 | 2.6 | 4.67 | 5.6 | 2.91 | 4.48 | -0.54 | 4.16 | days |
| ID | -0.02 | -0.02 | 0 | -0.01 | -0.06 | -0.63 | -0.02 | -1 | days |
| TR20 | 10.9 | 12.31 | 10.82 | 10.38 | 4.2 | 2.39 | -1.89 | 1.75 | days |
| GSL | 1.86 | 2.3 | 2.56 | 1.81 | 0.43 | 5 | -2.4 | 5 | days |
| TXx | -1.1 | 0.2 | 0.47 | 0.13 | -0.02 | 0.11 | -0.32 | 0.12 | ° C |
| TXn | 0.19 | -0.16 | 0.11 | 0.29 | 0.53 | 0.59 | -0.15 | 0.51 | ° C |
| TNx | 0.64 | 0.56 | 0.56 | 0.42 | 0.1 | 0.51 | -0.11 | 0.27 | ° C |
| TNn | 0.47 | 0.75 | 0.54 | 0.62 | -0.02 | 0.44 | -0.42 | 0.53 | ° C |
| TX10P | 0.45 | -0.05 | -0.56 | -0.78 | -0.1 | -1.45 | 0.15 | 0.4 | % |
| TX90P | -0.55 | 0.97 | 2 | 2.21 | 0.2 | 3.37 | -1.54 | 3 | % |
| TN10P | -1.8 | -2.45 | -1.44 | -1.86 | 0.36 | -1.73 | 1.57 | -0.75 | % |
| TN90P | 5.19 | 3.34 | 4.98 | 5.15 | 1.23 | 3.58 | -0.92 | 1.9 | % |
| WSDI | -0.14 | 2.7 | 5.27 | 5.1 | 0.91 | 7.44 | -1.53 | 6.3 | % |
| CSDI | -0.83 | -1.51 | -0.16 | -0.07 | -0.22 | -0.93 | 1 | -1 | % |
| DTR | -0.58 | -0.42 | -0.26 | -0.24 | 0.1 | -0.93 | 0.25 | 0.24 | ° C |

Bold values show significance at the 5% level

A comparison of temperature intensity indices during the day (TXn, TXx) and night (TNn, TNx) showed that the temperature intensity at night in the climatic region of the north and west of Iran had an increasing and significant trend. The hot nights' frequency (TN90p) and hot days frequency (TX90p) in most of the studied stations had a significant increasing trend. The value of the warm night index trend was higher in the north than in the west. The cold night frequency (TN10p) had a negative and significant trend in the north and west of the country and showed a higher trend in the north of Iran than in the west. The Cold Day frequency (TX10p) was negative for both study areas. extreme cold indicators including the number of cold days (ID), number of frost days (FD), and Cold spell duration index (CSDI) in both regions of the country had a negative trend. While warm indices of the number of hot days (SU), warm nights (TR20), and Warm spell duration index (WSDI) had a positive and significant trend. The number of hot days in the two studied areas was almost similar and the number of warm nights in the northern part of the country increased sharply and had the highest value among all the studied indicators. Non-homogeneity of data can lead to inaccurate results from the analysis of indicators.

Conclusions

According to the finding of this study, it can be concluded that: spatial changes in temperature extremes are in the north and west of the country. The results showed that the frequency of hot days, warm nights, and extreme high-temperature events have increased, while the frequency of cold days, cold nights and extreme low-temperature events has decreased. Among all the studied temperature indices, in the northern region of the country, the Index of warm nights had the highest trend, while the highest trend in the western region was related to the warm spell duration index. Due to the changes in extreme temperature and its effects on various human activities such as agriculture, environment, water resources, and energy management, it is necessary to adapt the policies of the relevant sectors to the new conditions.

Data Availability

The data can be sent on request by the corresponding author via email.

Conflicts of Interest

The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this paper.



ISSN: 2476-3683

محیط‌زیست و مهندسی آب

Homepage: www.jewe.ir

مقاله پژوهشی

بررسی تغییرات زمانی - مکانی مقادیر حدی دما بر اساس شاخص‌های ETCCDI (ناحیه شمال و غرب ایران)

مجتبی نساچی زواره^{۱*} و باقر قرمزچشمه^۲

^۱استادیار، موسسه آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
^۲استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: [۱۴۰۰/۱۰/۱۱]

تاریخ بازنگری: [۱۴۰۰/۱۲/۰۴]

تاریخ پذیرش: [۱۴۰۰/۱۲/۰۵]

واژه‌های کلیدی:

تغییر اقلیم

دمای روزانه

روند

شاخص‌های حدی دما

*نویسنده مسئول:

m.nassaji@iate.ac.ir

وقایع حدی اقلیمی با تغییرات اقلیمی ارتباط دارد. شناخت تغییرات این وقایع در برنامه‌ریزی برای کاهش اثرات آن مهم و ضروری است. در این تحقیق با استفاده از داده‌های دمای روزانه ۸ ایستگاه سینوپتیک در ناحیه شمال و غرب کشور، ۱۸ شاخص حدی دمایی تعریف شده توسط ETCCDI مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد شاخص شدت دما در شب (TNn, TNx) نسبت به شاخص شدت دما در روز (TXn, TXx) دارای روند بیش‌تری است. فراوانی شاخص شب‌های گرم (TN90p) و روزهای گرم (TX90p) در غالب ایستگاه‌های مورد مطالعه از روند افزایشی معنی‌داری برخوردار بودند. همچنین شاخص شب‌های سرد (TN10p) در ناحیه شمال و غرب کشور روند منفی و معنی‌داری داشت و در شمال کشور روند بیش‌تر را نسبت به غرب نشان داد. شاخص روزهای سرد (TX10p) برای هر دو ناحیه مورد مطالعه منفی بود. شاخص‌های حدی سرد شامل تعداد روزهای یخی (ID)، تعداد روزهای یخبندان (FD) و طول مدت سرما (CSDI) در هر دو ناحیه کشور روند منفی را نشان دادند. در حالی‌که شاخص‌های گرم تعداد روزهای تابستانی (SU)، شب‌های حاره‌ای (TR20) و طول مدت گرما (WSDI) دارای روند مثبت و معنی‌داری بودند.

۱- مقدمه

۲۵/۰ در دهه می‌باشد (IPCC 2013). تغییرات دما به دلیل اثرات روی سلامت انسان و تنوع زیستی حائز اهمیت است. همچنین این تغییرات می‌تواند اثرات منفی روی بخش‌های مختلف اقتصادی نظیر کشاورزی و تقاضای انرژی داشته باشد (García-Cueto et al. 2014). یکی از پیامدهای تغییر

براساس گزارش پنجم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم تحت عنوان "گزارش‌های ارزیابی تغییرات اقلیم" روند افزایش میانگین دمای سطح زمین در دوره زمانی ۱۹۵۰-۱۹۰۱، °C ۰/۱۱ در هر دهه است. در حالی‌که این روند برای دوره‌های زمانی ۱۹۵۱-۲۰۱۲ و ۲۰۱۲-۱۹۷۹ به ترتیب ۰/۱۸ و °C



آسیا-اقیانوسیه برای دوره ۲۰۰۷-۱۹۵۵ مورد بررسی قرار دادند. به طور متوسط در این منطقه، فراوانی سالانه شب‌های (روزهای) سرد به مقدار $6/4$ day در دهه ($3/3$ day در دهه) کاهش داشته است. در حالی که فراوانی شب‌های (روزهای) گرم $5/4$ day در دهه ($3/9$ day در دهه) افزایش داشته است. مطالعات انجام شده برای نمایه‌های حدی دما و بارش برای میانگین منطقه‌ای و نقاط ایستگاهی در جنوب آمریکا برای دوره ۱۹۵۰-۲۰۱۰ و ۲۰۰۹-۱۹۶۹ نشان داده است که گرم شدن و سرد شدن در سراسر آمریکای جنوبی از نیمه دوم قرن بیستم افزایش یافته است (Skansi et al. 2013).

Stephenson et al. (2014) روند شاخص‌های حدی دما و بارش را برای منطقه کارائیب در دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۶۱ و ۱۹۸۶-۲۰۱۰ بررسی نمودند. شاخص‌های دمای کمینه روند گرمایی شدیدتری نسبت به شاخص‌های دمای بیشینه نشان دادند. فراوانی روزهای گرم، شب‌های گرم و دماهای بالای حدی افزایشی بود در حالی که روزهای سرد، شب‌های سرد و دماهای حد پائین روند کم‌تری داشتند. (2014) et al. Whan تغییرپذیری مقادیر حدی دما را برای اقیانوس آرام غربی را با استفاده از ۴۶ ایستگاه مورد بررسی قرار داد. نتایج حاکی از روند معنی‌دار افزایشی در متوسط دمای سالانه در ۵۰ yr گذشته (۲۰۱۱-۱۹۶۱) بین ۰/۰۵ تا ۰/۳۴ در دهه بود. روند گرمایش همگن و معنی‌داری برای مقادیر حدی گرم و سرد دمای بیشینه و کمینه در دوره زمانی ۲۰۱۱-۱۹۶۱ مشاهده شد. (2021) Wang et al. تغییرات زمانی ۱۵ شاخص حدی دما و ۱۱ شاخص حدی بارش را براساس مشاهدات روزانه ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۶ را برای ۷۹۴ ایستگاه هواشناسی در چین بررسی نمود. روند شاخص دمای متوسط به طور منطقه‌ای با گرمایش جهانی دما منطبق بود. تغییرات ناگهانی در روند شاخص‌های مربوط به گرما از ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ رخ داد و برای شاخص‌های سرما یک سال زودتر به وقوع پیوسته بود. تعداد روزهای گرم، شب‌های گرم، روزهای تابستان و شب‌های حاره‌ای افزایش معنی‌داری نشان داد. در مقابل تعداد روزهای سرد، شب‌های سرد، روزهای یخی و روزهای یخبندان کاهش معنی‌داری داشت. در ایران نیز مطالعات منطقه‌ای و ملی بر روی مقادیر حدی دما و بارش صورت گرفته است که به برخی از آن‌ها اشاره خواهد شد.

اقلیم تغییرات مقادیر حدی دما است که اثرات مهمی را بر روی محصولات زراعی و باغی می‌گذارد. شاخص‌های مختلفی برای مقادیر حدی تعریف شده است. یکی از متداول‌ترین شاخص‌های مورد استفاده در اکثر پژوهش‌ها، شاخص‌های تعریف شده توسط گروه کارشناسی درزمینه آشکارسازی و پایش تغییر اقلیم و نمایه‌های آن (ETCCDI)^۱ است. این گروه در غالب پروژه‌های مشترک بین کمیسیون اقلیم‌شناسی (CCL)^۲ تغییرپذیری و پیش‌بینی‌پذیری اقلیم (CLIVAR)^۳ و برنامه تحقیقات اقلیم جهانی (WCRP)^۴، ۲۷ شاخص دما و بارش را ارائه نمودند تا بدین وسیله علاوه بر مطالعات ملی، همکاری‌های بین‌المللی آسان‌تر شود.

مطالعات جدید منطقه‌ای و جهانی مقادیر حدی دما نشان داد که دمای کمینه روزانه افزایش قوی‌تری از دمای بیشینه روزانه دارد و یک سازگاری و نتیجه تقریباً مشابه از این مطالعات در نقاط مختلف دنیا مانند آمریکا (Degaetano 1996)، کانادا (Bonsal et al. 2001)، استرالیا و زلاندنو (Zhai et al. 1999) و چین (Pulmmer et al. 1999) دیده شد. این پژوهشگران در مطالعات خود اغلب به وجود روند کاهشی در تعداد روزهای با دماهای حدی پایین پی بردند. اولین مطالعه برای تحلیل جهانی دما و بارش توسط Frich et al. (2002) انجام شد. نتایج نشان داد که تغییرات معنی‌داری در شاخص‌های حدی اقلیمی نظیر کاهش روزهای یخبندان، افزایش شب‌های گرم و وقوع بارش‌های سیل‌آسا در ۵۰ yr گذشته اتفاق افتاده است. (2006) Tebaldi et al. برای اولین بار از رویکرد چندمدلی برای ارزیابی پتانسیل تغییرات آینده در وقایع حدی اقلیمی استفاده نمود و نشان دادند که قرن بیست یکم، جهانی با دماهای شدیدتر و مطابق با اقلیم گرم را به ارمغان می‌آورد. در یکی از پژوهش‌های انجام شده در رابطه با روند تعداد روزهای یخبندان در دوره ۱۹۸۰-۱۹۱۰ در ایالات متحده آمریکا، مشخص شد که در تعداد روزهای با دمای کمینه کم‌تر از 0°C کاهش معناداری وجود دارد (Easterling 2003).

Choi et al. (2009) الگوی تغییرات مکانی و زمانی وقایع حدی بارش و دما را برای ۱۴۳ ایستگاه در کشورهای شبکه

¹Expert Team on Climate Change Detection and Indices

²Commission for Climatology

³Climate Variability and Predictability

⁴World Climate Research Programme

نیاز به ارزیابی دقیق داشت. همچنین در منابع کم‌تر به همگنی ایستگاه‌ها پرداخته شده است. در این پژوهش برای ارزیابی شاخص‌های فوق، ضمن در نظر گرفتن همگنی ایستگاه‌ها، شاخص‌ها مختلف دمای حدی تحلیل شدند. هدف از این پژوهش آنالیز روند تغییرات شاخص‌های حدی دما در ناحیه شمال و غرب ایران به‌منظور آگاهی برنامه‌ریزان بخش منابع طبیعی و کشاورزی در سیاست‌گذاری‌های مربوطه بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش از داده‌های روزانه کمینه و بیشینه ایستگاه‌های همدیدی شمال و غرب کشور که دارای دوره زمانی مشترک و طولانی‌مدت بودند استفاده شد. نام، مختصات جغرافیایی و طول دوره آماری ایستگاه-های منتخب در جدول (۱) ارائه شده است. همچنین موقعیت مکانی این ایستگاه‌ها در شکل (۱) آورده شده است. داده‌های این ایستگاه‌ها از نظر نوع اندازه‌گیری، نسبت به سایر شبکه ایستگاهی کشور از کیفیت نسبتاً مناسبی برخوردار بوده و دوره‌ها بلندمدت بیش از ۵۰ سال را نیز پوشش داده‌اند. اما از نظر تغییر شرایط محیطی باید به این امر اشاره شود که شاهد تغییر شرایط محیطی بوده‌اند.

در کنار تعیین شبکه ایستگاه‌های همدیدی سعی شد به فراداده ایستگاه‌ها نیز توجه شود (Rahimzadeh and Nassaji Zavareh 2014). دوره زمانی داده‌ها با توجه به پایه زمانی مشترک آماری ایستگاه‌های سینوپتیک تعیین شد. با توجه به هدف این پژوهش پایه زمانی مشترک طولانی‌مدت سری‌های زمانی روزانه از اول ژانویه ۱۹۶۰ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۱۲ مورد استفاده قرار گرفت.

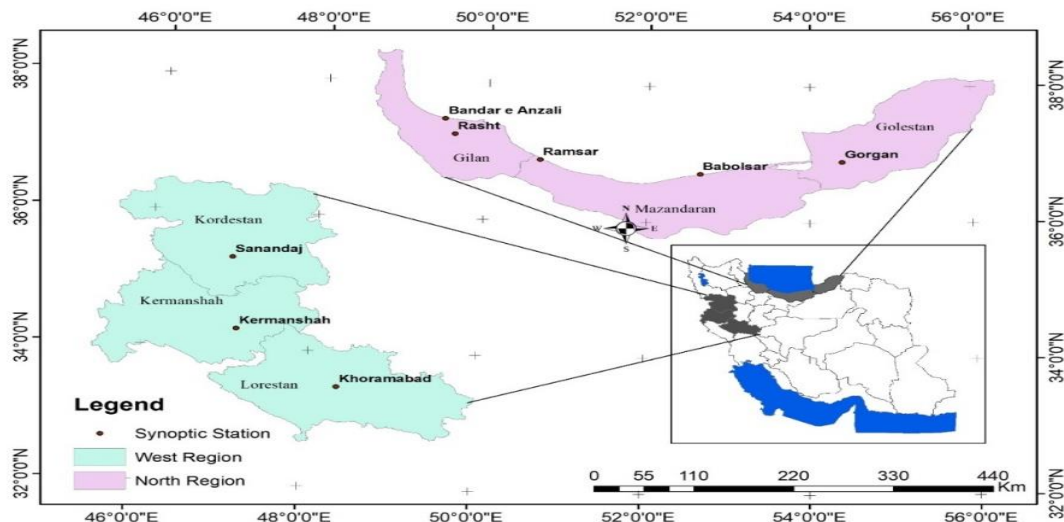
Rahimzadeh et al. (2009) تغییرپذیری بارش و دمای کشور را مورد بررسی قرار دادند. شاخص‌های تعداد روزهای یخبندان، روزهای یخی، روزهای سرد، شب‌های سرد و دامنه تغییرات دما در اکثر مناطق کشور روند منفی داشتند. همچنین تعداد روزهای تابستانی، روزهای گرم، و شب‌های حاره‌ای در غالب مناطق کشور روند مثبتی را نشان دادند. et Varshavian al. (2011) روند تغییرات مقادیر حدی دما را در تعدادی از مناطق اقلیمی کشور بررسی نمودند. داده‌های روزانه دما در دوره زمانی (۱۹۶۱-۲۰۰۴) برای هشت ایستگاه سینوپتیک کشور مورد مطالعه قرار گرفت. شاخص‌های مقادیر حدی دما شامل دمای صدک‌های پایین (۱، ۵ و ۱۰)، صدک‌های بالا (۹۰، ۹۵ و ۹۹)، تعداد روزهای کم‌تر از صدک‌های پایین و تعداد روزهای بیش‌تر از صدک‌های بالا انتخاب گردید. به‌طور کلی اغلب ایستگاه‌ها روند معنی‌دار افزایشی در مقادیر حدی به‌خصوص دمای حداقل از خود نشان داد. (Salimifard et al. 2017) تعداد ۱۵ شاخص حدی دما را برای نه ایستگاه سینوپتیک در استان خراسان رضوی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میانگین سالانه دمای حداکثر و حداقل روزانه افزایشی بوده که شیب دمای حداکثر نسبت به دمای حداقل بیش‌تر بود. شاخص-های حدی گرم دارای روند افزایشی و شاخص‌های حدی سرد دارای روند کاهشی بود.

با توجه به تغییرات اقلیمی و اثرات آن بر روی شاخص‌های مختلف دمایی و اثرات این شاخص‌ها بر روی بخش‌های مختلف به‌خصوص منابع طبیعی و کشاورزی لازم است تا به‌طور مستمر تغییرات این شاخص‌ها بررسی گردیده و راهکارهای مناسبی برای کاهش اثرات مدنظر قرار گیرد. شاخص‌های ذکر شده در کشورهای توسعه‌یافته مورد بررسی قرار گرفته و در ایران و به‌خصوص در شمال و غرب کشور

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده

Table 1 Specifications of stations used

| Region | Station name | Latitude (°N) | Longitude (°W) | Elevation (m) | Period Start | End |
|--------|---------------|---------------|----------------|---------------|--------------|------|
| North | Bandar Anazli | 37-28 | 49-28 | -26 | 1951 | 2012 |
| | Rasht | 37-12 | 49-39 | 37 | 1956 | 2012 |
| | Ramsar | 36-54 | 50-40 | -20 | 1955 | 2012 |
| | Babolsar | 36-43 | 52-39 | -21 | 1951 | 2012 |
| | Gorgan | 36-51 | 54-16 | 13 | 1952 | 2012 |
| West | Kermanshah | 34-19 | 47-07 | 1322 | 1951 | 2012 |
| | Khoramabad | 33-29 | 48-22 | 1125 | 1951 | 2012 |
| | Sanandaj | 35-20 | 47-00 | 1373 | 1959 | 2012 |



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

Fig. 1 Location of the studied stations

پوشش می‌دهد. نظر به اهمیت دوره آماری دوره استاندارد ۱۹۶۱-۱۹۹۰ و این‌که هنوز تعدادی از فعالیت‌ها و بررسی‌ها مبتنی بر استفاده از داده‌های این دوره هستند (IPCC 2007)، اولاً ایستگاه‌های همدیدی منتخب که دوره آماری آن‌ها دوره نرمال استاندارد را پوشش می‌دهد، مورد توجه قرار گرفته‌اند و ثانیاً مقایسه میانگین پارامترها نسبت به این دوره محاسبه گردیده است.

۲-۴- مقادیر حدی

اگر با یک دید آماری تغییر در توزیع عناصر اقلیمی بررسی شود، ملاحظه می‌شود که تغییر در میانگین و واریانس هر یک از این عناصر سبب تغییرات زیادی در فراوانی و احتمالات مقادیر حدی آن‌ها خواهد شد. شاخص‌های مقادیر حدی دما و بارش توسط محققین مختلف برای اهداف متفاوتی تعریف شده است. در این پژوهش از شاخص‌های تعریف شده توسط ETCCDI مطابق جدول (۲) استفاده گردید. نرم‌افزار RclimDex هواشناسی کانادا در محیط به‌گونه‌ای طراحی شد که امکان محاسبه نمایه‌های توصیه‌شده گروه کارشناسی CCL/CLIVAR را داشته باشد. برای استفاده از این نرم‌افزار نیاز به نصب و راه‌اندازی زبان برنامه‌نویسی R می‌باشد. نرم‌افزار RclimDex از طریق آدرس اینترنتی <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI> قابل دسترسی می‌باشد.

۲-۲- کنترل کیفیت و بازسازی داده‌های مفقودشده

به دلیل اینکه سری‌های زمانی طولانی‌مدت اقلیمی از مسیر برداشت در ایستگاه‌های همدید تا دریافت آن توسط پژوهشگران تحت تأثیر فرآیندهای مختلف قرار می‌گیرد، در ابتدا لازم است داده‌ها کنترل کیفیت شوند. برای اطمینان کامل از صحت آمار ضمن رسم نمودار سالانه و فصلی ایستگاه‌های مجاور در یک دستگاه محور مختصات صحت داده‌ها کنترل اولیه شد. همچنین مقادیر داده‌های پرت نیز بررسی شدند. مقادیر پرت مقادیری هستند که از یک مقدار آستانه برای هر سری زمانی بزرگ‌تر هستند (Hann 2002) که توسط رابطه (۱) تعریف و سپس داده‌های گم‌شده و ناصحیح بازسازی شد.

$$P_{out} = q_{0.75} + 3IQR \quad (1)$$

که، P_{out} مقدار داده پرت، $q_{0.75}$ چارک سوم و IQR دامنه میان چارک است. پس از آزمون داده‌های پرت با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه داده‌های مفقودشده بازسازی شد.

۲-۳- دوره‌های استاندارد نرمال

دوره‌های استاندارد نرمال، دوره‌های ۳۰ یازده هستند که با یک سری مشخصات توسط سازمان هواشناسی جهانی تعریف و در بررسی‌های اقلیمی مورد استفاده می‌گیرد. در این پژوهش، دوره استاندارد ۱۹۹۰-۱۹۶۱، از ۱ ژانویه ۱۹۶۱ تا ۳۱ دسامبر ۱۹۹۰ را

جدول ۲- شاخص‌های دمای حدی توصیه‌شده توسط ETCCDI

Table 2 Extreme temperature indices recommended by ETCCDI

| Index | Descriptive Name | Definition | Unites |
|-------|---------------------------|--|--------|
| SU25 | Hot days | annual count when TX>25°C | days |
| FD | Frost days | annual count when TN<0°C | days |
| ID | Cold days | annual count when TX<0°C | days |
| TR20 | Warm nights | annual count when TN>20°C | days |
| GSL | Growing season length | annual count between first span of least 6 days with TG>5°C after winter and first span after summer of 6 days with TG<5°C | days |
| TXx | Hottest day | monthly highest TX | °C |
| TNx | Hottest night | monthly highest TN | °C |
| TXn | Coolest day | monthly lowest TX | °C |
| TNn | Coolest night | monthly lowest TN | °C |
| TN10p | Cool night frequency | percentage of days when TN<10th percentile of 1961-1990 | % |
| TX10p | Cool day frequency | percentage of days when TX<10th percentile of 1961-1990 | % |
| TN90p | Hot night frequency | percentage of days when TN>90th percentile of 1961-1990 | % |
| TX90p | Hot day frequency | percentage of days when TX>90th percentile of 1961-1990 | % |
| WSDI | Warm spell duration index | annual count of days with at least 6 consecutive days when TX> 90 th percentile of 1961-1990 | days |
| CSDI | Cold spell duration index | annual count of days with at least 6 consecutive days when TN< 10th percentile of 1961-1990 | days |
| DTR | Diurnal temperature range | monthly mean difference between TX and TN | °C |

۳- یافته‌ها و بحث

جدول (۳) نتایج تغییرات روند مقادیر حدی دما را برای ایستگاه‌های منتخب شمال و غرب کشور در دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۶۰ را نشان می‌دهد. در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه ایستگاه خرم‌آباد و گرگان دارای مقادیر روند متفاوتی در بین ایستگاه‌ها است. دلیل این تفاوت ناهمگنی ناشی از جابجایی ایستگاه می‌باشد. نتایج پژوهش‌های Rahimzadeh and Nassaji (2014) نشان می‌دهد اثرات این ناهمگنی بر روی سری‌های دمای کمینه بیش‌تر از دمای بیشینه و همچنین اثرات جابجایی ایستگاه بر روی سری‌های زمانی دمای در ایستگاه خرم‌آباد بیش‌تر از ایستگاه گرگان بوده است. اگرچه میانگین منطقه‌ای بخشی از ناهمگنی موجود در داده‌ها را تعدیل می‌کند (Peterson et al. 1998). اما اگر تعداد ایستگاه‌ها کم بوده و ناهمگنی زیاد باشد بهتر است برای تعیین

میانگین ناحیه‌ای روند، ایستگاه‌های دارای داده‌های ناهمگن حذف شود.

۳-۱- شاخص‌های متوسط دما

شکل (۲) متوسط روند تغییرات دمای متوسط بیشینه و کمینه در ناحیه شمال و غرب کشور را مشخص می‌نماید. متوسط سالانه دمای بیشینه روزانه (TXmean) افزایش دمای روزانه را در دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۶۰ نشان می‌دهد. متوسط ناحیه‌ای دمای بیشینه روزانه در ناحیه غرب بیش‌تر از ناحیه شمال است. متوسط ناحیه‌ای دمای حداقل روزانه (TNmean) در ناحیه شمال و غرب کشور روند افزایشی و معنی‌دار دارد. روند دمای حداقل روزانه در هر دو ناحیه شمال و غرب کشور بیش‌تر از دمای حداکثر می‌باشد. نتایج سایر پژوهش‌ها نیز نشان می‌دهد که روند دمای کمینه بیش‌تر از بیشینه است (Fatehi and Shahoei 2021; Stephenson et al. 2014). روند دمای بیشینه و کمینه ایستگاه خرم‌آباد متفاوت از ایستگاه‌های دیگر بوده و منفی به‌دست آمد. مطابق نتایج پژوهش Rahimzadeh and Nassaji Zavareh 2014 این روند منفی مربوط به عوامل جوی نبوده و به دلیل تغییر مکانی ایستگاه و ناهمگنی داده‌ها

است. همچنین روند افزایش دمای حداقل در غالب ایستگاهها بیش تر از دمای حداکثر می باشد.

جدول ۳- روند شاخص های حدی دما در ناحیه شمال و غرب کشور (واحد شاخص/دهه)

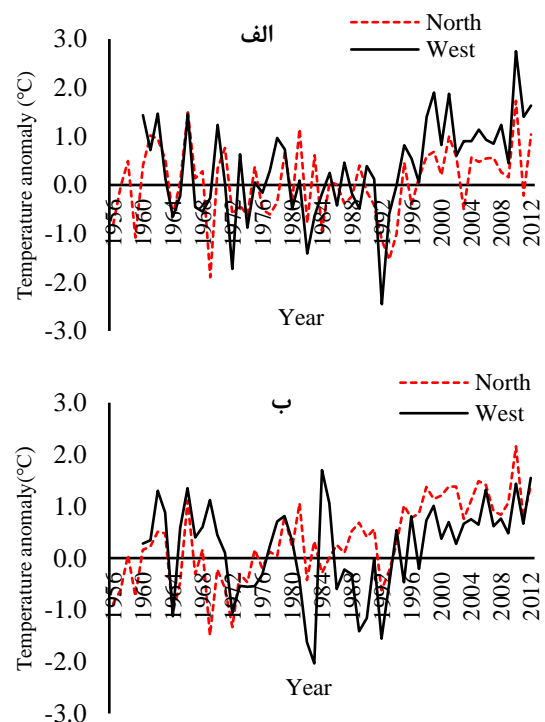
Table 3 Trends of extreme temperature for North and West regions of the country (index units/10 years)

| Index | North Region | | | | | West Region | | | Unit |
|--------|---------------|-------|--------|----------|--------|-------------|------------|----------|------|
| | Bandar Anzali | Rasht | Ramsar | Babolsar | Gorgan | Kermanshah | Khoramabad | Sanandaj | |
| TXmean | -0.14 | 0.04 | 0.1 | 0.21 | 0.09 | 0.41 | -0.17 | 0.4 | ° C |
| TNmean | 0.43 | 0.46 | 0.37 | 0.45 | 0.01 | 0.55 | -0.42 | 0.15 | ° C |
| FD | -1.4 | -2.87 | -1.37 | -1.24 | 1.9 | -2.65 | 8.4 | -1.17 | days |
| SU25 | -0.54 | 2.6 | 4.67 | 5.6 | 2.91 | 4.48 | -0.54 | 4.16 | days |
| ID | -0.02 | -0.02 | 0 | -0.01 | -0.06 | -0.63 | -0.02 | -1 | days |
| TR20 | 10.9 | 12.31 | 10.82 | 10.38 | 4.2 | 2.39 | -1.89 | 1.75 | days |
| GSL | 1.86 | 2.3 | 2.56 | 1.81 | 0.43 | 5 | -2.4 | 5 | days |
| TXx | -.11 | 0.2 | 0.47 | 0.13 | -0.02 | 0.11 | -0.32 | 0.12 | ° C |
| TXn | 0.19 | -0.16 | 0.11 | 0.29 | 0.53 | 0.59 | -0.15 | 0.51 | ° C |
| TNx | 0.64 | 0.56 | 0.56 | 0.42 | 0.1 | 0.51 | -0.11 | 0.27 | ° C |
| TNn | 0.47 | 0.75 | 0.54 | 0.62 | -0.02 | 0.44 | -0.42 | 0.53 | ° C |
| TX10P | 0.45 | -0.05 | -0.56 | -0.78 | -0.1 | -1.45 | 0.15 | 0.4 | % |
| TX90P | -0.55 | 0.97 | 2 | 2.21 | 0.2 | 3.37 | -1.54 | 3 | % |
| TN10P | -1.8 | -2.45 | -1.44 | -1.86 | 0.36 | -1.73 | 1.57 | -0.75 | % |
| TN90P | 5.19 | 3.34 | 4.98 | 5.15 | 1.23 | 3.58 | -0.92 | 1.9 | % |
| WSDI | -0.14 | 2.7 | 5.27 | 5.1 | 0.91 | 7.44 | -1.53 | 6.3 | % |
| CSDI | -0.83 | -1.51 | -0.16 | -0.07 | -0.22 | -0.93 | 1 | -1 | % |
| DTR | -0.58 | -0.42 | -0.26 | -0.24 | 0.1 | -0.93 | 0.25 | 0.24 | ° C |

اعداد مشخص شده با خط ضخیم روند معنی داری در سطح ۵٪ می باشد.

۲-۲-۳- شاخص های شدت دما

مطابق شکل (۳) تغییرات شاخص های شدت دما در ایستگاه های منتخب شمال و غرب کشور مشاهده می گردد. مقدار متوسط روند برای شاخص های TXx, TXn, TNn, TNx در دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۶۰ به ترتیب در ناحیه شمال ۰/۴۶، ۰/۴۷، ۰/۲ و ۰/۱۳ و غرب کشور ۰/۲۲، ۰/۱۸، ۰/۳ و ۰ می باشد. به طور کلی نتایج نشان می دهد مقادیر حدی مربوط به دمای حداقل دارای تغییرات بیش تری نسبت به دمای بیشینه می باشند. روند سردترین و گرم ترین شبها (TNn, TNx) در اغلب ایستگاه های منتخب افزایشی به دست آمد. این افزایش در ناحیه شمال کشور معنی دار بود. روند شاخص گرم ترین و سردترین روزها (TXn, TXx) در اغلب ایستگاه های منتخب افزایشی و غیر معنی دار حاصل شد. این دو شاخص روند بیش تری را در ناحیه غرب نسبت به شمال کشور را نشان داد. شاخص TXn در هر دو ناحیه شمال و غرب کشور روند بیش تری را نسبت به شاخص TXx نشان داد. مقایسه شاخص های شدت دما در شب و روز حاکی از روند بیش تر و معنی دار شاخص های شب نسبت به روز می باشد. این نتیجه با نتایج پژوهش های (New et al. 2006; Yin and Sun 2018) مشابه است.

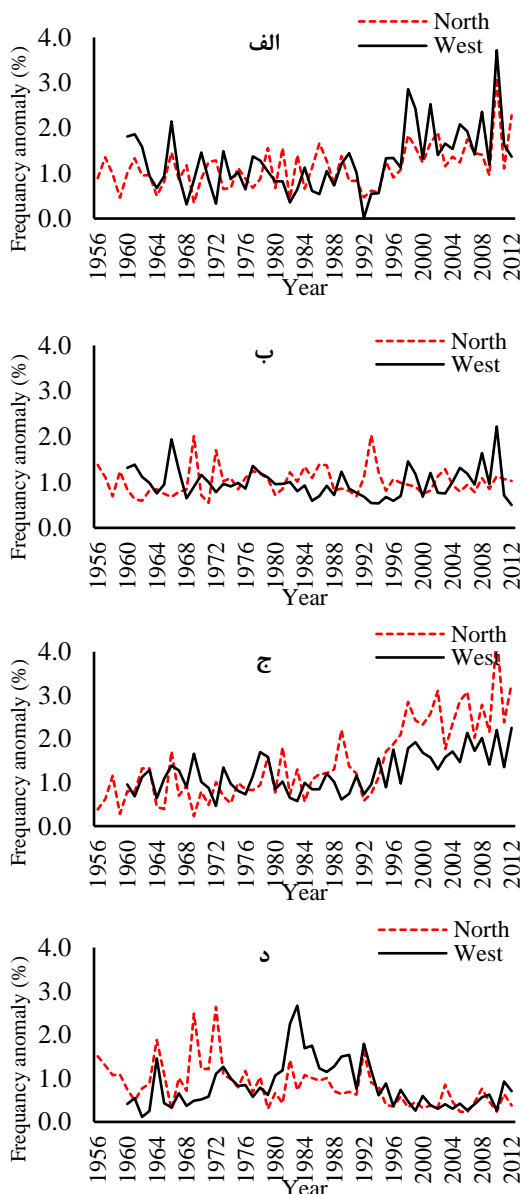


شکل ۲- روند تغییرات متوسط ناحیه ای دمای متوسط سالانه

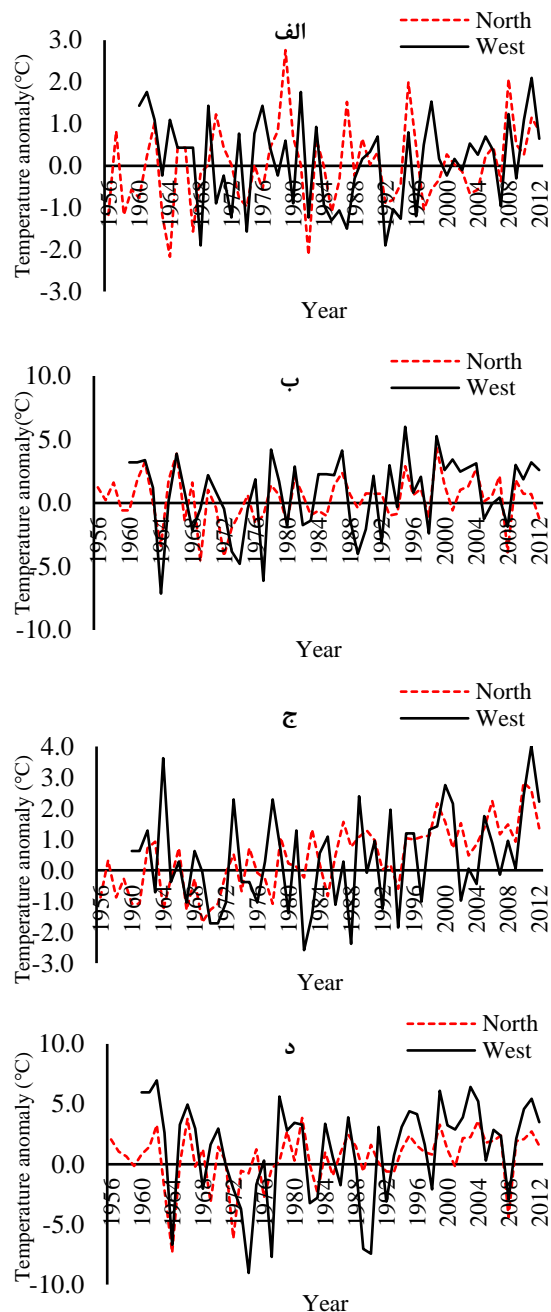
در ناحیه شمال و غرب: الف- بیشینه و ب- کمینه

Fig. 2 Change trend of annual temperature regional averaged over North and West of Iran: a) maximum and b) minimum

زمانی ۱۹۶۰-۲۰۱۲ بود. در تمامی ایستگاهها به جز بندر انزلی و رشت فراوانی شبها و روزهای گرم دارای روند مثبت و معنی داری بود. روند شاخص شبهای گرم در ناحیه شمال بیش تر از غرب به دست آمد. در حالی که شاخص روزهای گرم در غرب روند بزرگ تری را نشان داد. شاخص شبهای سرد در ناحیه شمال و غرب کشور دارای روند منفی و معنی دار و مقدار آن در شمال بیش تر از غرب مشاهده شد. شاخص روزهای سرد در هر دو ناحیه دارای روند منفی بود.



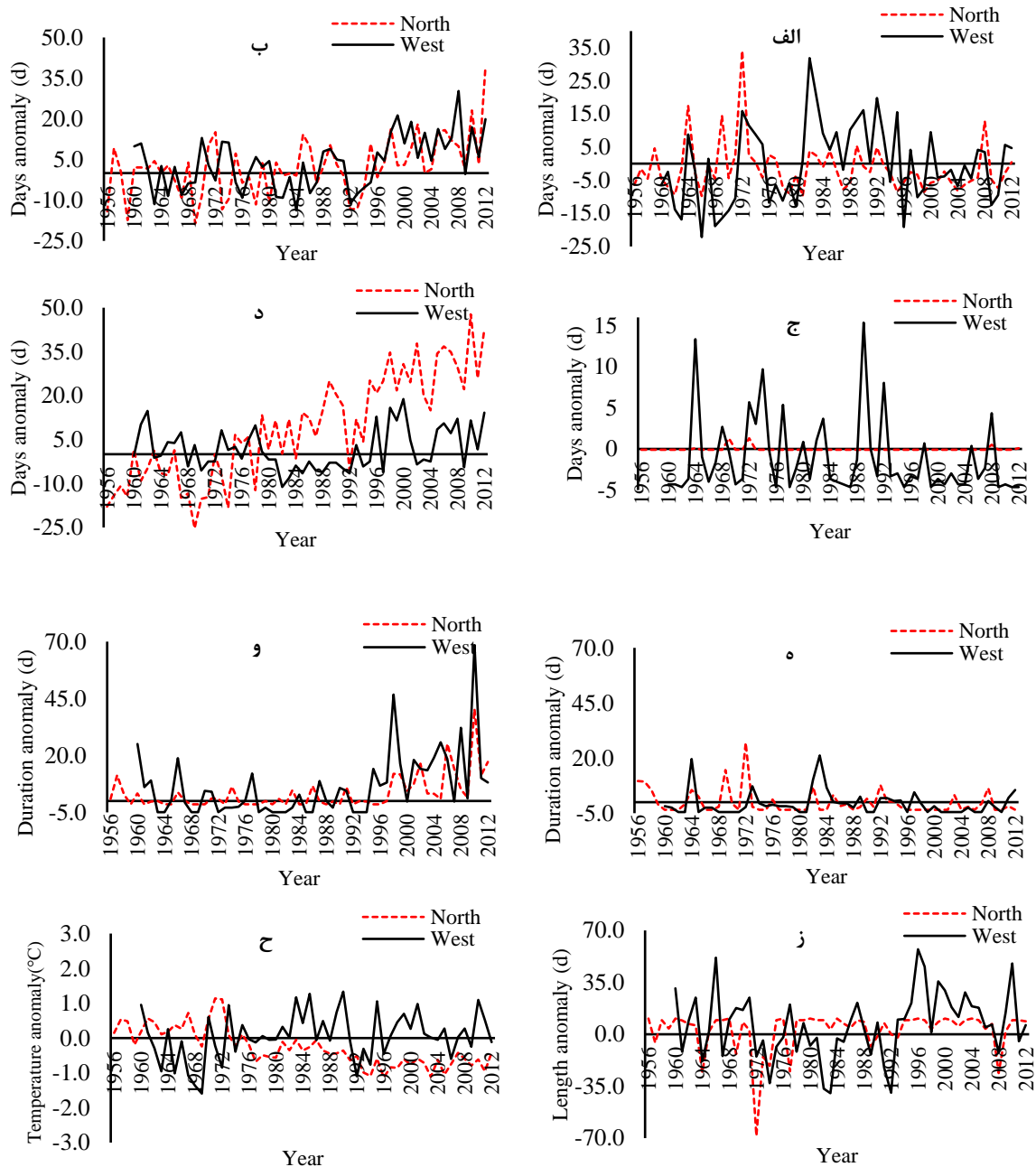
شکل ۴- روند تغییرات متوسط ناحیه‌ای شاخص‌های فراوانی مقادیر حدی در ناحیه غرب و شمال ایران: الف- گرم‌ترین روزها، ب- سردترین روزها، ج- گرم‌ترین شبها، و د- سردترین شبها
Fig. 4 trend of extreme temperature frequency indices regional averaged over North and West of Iran: a) TX_{10P}, b) TX_{90P}, c) TX_{90P}, and d) TX_{10P}



شکل ۳- روند تغییرات متوسط ناحیه‌ای شاخص‌های شدت مقادیر حدی در ناحیه غرب و شمال ایران: الف- گرم‌ترین روزها، ب- سردترین روزها، ج- گرم‌ترین شبها، و د- سردترین شبها
Fig. 3 Change trend of extreme temperature intensity indices regional averaged over North and West of Iran: a) TX_x, b) TX_x, c) TX_x, and d) TX_x

۳-۳- شاخص‌های فراوانی مقادیر حدی دما

شکل (۴) متوسط فراوانی مقادیر حدی روزها و شبهای سرد و گرم را در نواحی شمال و غرب کشور را نشان می‌دهد. متوسط روند شاخص‌های TX_{10P}, TN_{10P}, TX_{90P}, TN_{90P} به ترتیب برای ناحیه شمال و غرب کشور ۳/۹۸، ۰/۹۷، ۰/۲ و -۱/۴۴ و ۱/۵۲، ۱/۶۱، ۰/۳ و -۰/۳ در دوره



شکل ۵- روند تغییرات متوسط ناحیه‌ای شاخص‌های فراوانی مقادیر مطلق دمای حدی در ناحیه غرب و شمال ایران: الف- روزهای یخبندان، ب- روزهای تابستانی، ج- روزهای یخی، د- شب‌های حار، ه- طول مدت سرما، و- طول مدت گرما، ز- طول فصل رشد، و ح- دامنه تغییرات دما

Fig. 5 Change trend of extreme temperature absolute indices regional averaged over North and West of Iran: a) FD, b) SU25, c) ID, d) TR20, e) CSDI, f) WSDI, g) GSL, and h) DTR

شمال کشور بدون روند و نزدیک به صفر شد. دلیل این موضوع احتمال وقوع کم دمای بیشینه کم‌تر از 0°C در این ناحیه اقلیمی کشور است. درحالی‌که همین شاخص برای ناحیه غرب کشور دارای روند $0.53/-$ روز در هر دهه می‌باشد. شاخص روزهای یخبندان در هر دو ناحیه شمال و غرب کشور تقریباً مشابه و دارای روند منفی و معنی‌دار می‌باشد. روند شاخص‌های گرم شامل تعداد روزهای تابستانی

۳-۴- شاخص‌های مقادیر مطلق دمای حدی

در شکل (۵) روند شاخص‌های مطلق دما مشخص گردیده است. روند شاخص‌های سرد شامل تعداد روزهای یخبندان (FD) و تعداد روزهای یخی (ID) کاهش یافته است. شاخص روزهای یخبندان برای اغلب ایستگاه‌ها دارای روند منفی و معنی‌دار بود. درحالی‌که روند شاخص تعداد روزهای یخی معنی‌دار نبود. شاخص روزهای یخی برای ناحیه

برای شمال و غرب کشور به ترتیب ۱/۱۲ و ۲/۵ day در دهه بود (شکل ۵).

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش ۱۸ شاخص دما برای هشت ایستگاه در ناحیه غرب و شمال ایران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به شرح زیر می باشد:

۱- شدت دما در شب در ناحیه اقلیمی شمال و غرب ایران روند افزایشی و معنی دار داشت. در حالی که این روند برای شدت دما در روز افزایشی غیر معنی داری را نشان داد.

۲- فراوانی شاخص شبهای گرم و روزهای گرم در غالب ایستگاههای مورد مطالعه از روند افزایشی معنی داری برخوردار بود. مقدار روند شاخص شبهای گرم در ناحیه شمال نسبت به غرب افزایشی تر حاصل شد. این در حالی است که شاخص روزهای گرم در ناحیه غرب روند بیشتری را نشان داد. شاخص شبهای سرد در ناحیه شمال و غرب کشور روند منفی و معنی داری داشت و در شمال ایران روند بیشتری را نسبت به غرب نشان داد. شاخص روزهای سرد برای هر دو ناحیه مورد مطالعه منفی بود.

۳- شاخصهای حدی سرد شامل تعداد روزهای یخی، تعداد روزهای یخبندان و طول مدت سرما در هر دو ناحیه کشور دارای روند منفی بودند. در حالی که شاخصهای گرم تعداد روزهای تابستانی، شبهای حاره‌ای و طول مدت گرما روند مثبت و معنی داری داشت. شاخص تعداد روزهای تابستانی در دو ناحیه مورد مطالعه تقریباً مشابه و شاخص تعداد شبهای حاره‌ای در ناحیه شمال کشور به شدت افزایشی و بیشترین مقدار را در بین تمامی شاخصهای مورد مطالعه را به خود اختصاص داد.

۴- ناهمگنی داده‌ها می‌تواند باعث نتایج نادرستی از تحلیل شاخص‌ها را به همراه داشته باشد. اگرچه متوسط ناحیه‌ای ایستگاه‌ها اثرات داده‌های ناهمگن را کاهش می‌دهد اما در صورت ناهمگنی زیاد داده‌ها و تعداد ایستگاه‌های کم، متوسط ناحیه‌ای دچار خطا می‌گردد.

با توجه به تغییرات شاخصهای حدی دما و اثرات آن در فعالیت‌های مختلف بشر نظیر کشاورزی، محیط‌زیست، مدیریت منابع آب و انرژی لازم است سیاست‌گذاری‌های بخش‌های مربوطه با شرایط جدید منطبق شود.

(SU25) و تعداد شبهای حاره‌ای (TR20) در غالب ایستگاه‌ها مثبت و معنی دار به دست آمد. روند ناحیه‌ای تعداد روزهای تابستانی برای ناحیه شمال و غرب کشور به ترتیب ۳ و ۴ day در هر دهه حاصل شد. در حالی که متوسط ناحیه‌ای روند تعداد شبهای حاره‌ای در شمال و غرب کشور به ترتیب ۹/۷ (بین ۴/۲ تا ۱۲/۳) و ۰/۷۵ day در هر دهه محاسبه گردید. نتایج پژوهش‌ها در نقاط مختلف دنیا نشان می‌دهد که شاخصهای سرد (FD, ID) دارای روند کاهشی و شاخصهای گرم (SU25, TR20) دارای روند افزایشی بوده است (Yin and Choei et al. 2009; Donat et al. 2013; Sun 2018).

در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه به جز بندر انزلی و خرم‌آباد شاخصهای طول مدت گرما (WSDI) روند مثبت و معنی داری را نشان داد. روند متوسط ناحیه‌ای این شاخص به ترتیب، ۶/۱ و ۲/۸ day در دهه برای ناحیه غرب و شمال محاسبه شد. شاخص طول مدت سرما (CSDI) در هر دو منطقه مورد تحقیق بدون روند ولی با مقدار منفی و مقدار متوسط ناحیه‌ای آن در شمال و غرب کشور ۰/۵۶- و ۰/۴۶- در هر دهه به دست آمد. در غالب ایستگاه‌ها دامنه تغییرات دما (DTR) روند معنی داری و کاهشی و متوسط ناحیه‌ای این شاخص در شمال و غرب کشور به ترتیب ۰/۲۸- و ۰/۱۵- در دهه محاسبه شد. در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه به جز بندر انزلی و خرم‌آباد شاخصهای طول مدت گرما (WSDI) روند مثبت و معنی داری را نشان داد. روند متوسط ناحیه‌ای این شاخص به ترتیب، ۶/۱ و ۲/۸ day در دهه برای ناحیه غرب و شمال محاسبه شد. شاخص طول مدت سرما (CSDI) در هر دو منطقه مورد تحقیق بدون روند ولی با مقدار منفی و مقدار متوسط ناحیه‌ای آن در شمال و غرب کشور ۰/۵۶- و ۰/۴۶- در هر دهه به دست آمد. در غالب ایستگاه‌ها دامنه تغییرات دما (DTR) روند معنی داری و کاهشی و متوسط ناحیه‌ای این شاخص در شمال و غرب کشور به ترتیب ۰/۲۸- و ۰/۱۵- در دهه محاسبه شد.

بنابراین روند دامنه تغییرات دما در ناحیه شمالی کشور نسبت به ناحیه غربی نزدیک به دو برابر می‌باشد. شاخص طول فصل رشد (GSL) وابسته به دما بوده و بیش‌تر برای عرض‌های جغرافیایی متوسط و بالا اهمیت دارد. این شاخص در اکثر ایستگاه‌ها از روند مثبت و معنی داری برخوردار بود که مقدار متوسط آن

دسترسی به داده‌ها

داده‌ها حسب درخواست، از طرف نویسنده مسئول از طریق ایمیل قابل ارسال می‌باشد.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که، هیچ‌گونه تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

References

- Bonsal, B. R., Zhang, X., Vincent, L. A. and Hogg, W. D. (2001). Characteristics of daily and extreme temperature over Canada. *J. Climate*, 14(9), 1959-1976. DOI: [10.1175/1520-0442\(2001\)014<1959:CODAET>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<1959:CODAET>2.0.CO;2).
- Choi, G., Collins, D., Ren, G., Trewin, B., Baldi, M., Fukuda, Y., Afzaal, M., Pianmana, T., Gomboluudev, P., Huong, P. T. T., Lias, N., Kwon, W. T., Boo, K., Cha, Y. and Zhou, Y. (2009). Changes in means and extreme events of temperature and precipitation in the Asia-Pacific Network region, 1955-2007. *Int. J. Climatol.*, 29(13), 1906-1925. DOI: [10.1002/joc.1979](https://doi.org/10.1002/joc.1979).
- Degaetano, A. T. (1996). Recent trends in maximum and minimum temperature threshold exceedences in Northern United States. *J. climate*, 9(7), 1646-1657. DOI: [10.1175/1520-0442\(1996\)009<1646:RTIMAM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1996)009<1646:RTIMAM>2.0.CO;2).
- Donat, M. G., Alexander, L. V., Yang, H., Durre I., Vose, R. and Caesar, J. (2013). Global land-based datasets for monitoring climatic extremes. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 94, 997-1006. DOI: [10.1175/BAMS-D-12-00109.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00109.1).
- Easterling, D. R. (2003). Recent changes in frost days and the frost-free season in the United States. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 83(9), 1327-1332. DOI: [10.1175/1520-0477-83.9.1327](https://doi.org/10.1175/1520-0477-83.9.1327).
- Fatehi, Z. and Shahoei, S. V. (2021). Predicting the impact of climate change on temperature in Sanandaj City. *J. Environ. Water Eng.*, 7(1), 170 - 182. DOI: [10.22034/JEWE.2020.239070.1386](https://doi.org/10.22034/JEWE.2020.239070.1386). [in Persian].
- Frich, P., Alexander, L. V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A. M. G. and Peterson, T. (2002). Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climat. Res.*, 19, 193-212. DOI: [10.3354/cr019193](https://doi.org/10.3354/cr019193).
- García-Cueto, O. R., Cavazos, M. T., De Grau, P. and Santillán-Soto, N. (2014). Analysis and modeling of extreme temperatures in several cities in northwestern Mexico under climate change conditions. *Theor. Appl. Climatol.*, 116 (1-2), 211-225. DOI: [10.1007/s00704-013-0933-x](https://doi.org/10.1007/s00704-013-0933-x).
- Hann Charles, T. (2002). *Statistical Methods in Hydrology*. Iowa State Press, A Blackwell Publishing Company.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, A Contribution of Working Groups. I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, Solomon and the Core Writing Team (eds). Cambridge University press, Cambridge United Kingdom and New York, USA.
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group, I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge and New York, NY: Cambridge University Press, 1535 pp.
- New, M., Hewitson, H., Stephenson, D. B., Tsiga, A., Kruger, A., Manhique, A., Gomez, B., Coelho, C. A. S., Masisi, D. N., Kululanga, E., Mbambalala, E., Adesina, F., Saleh, H., Kanyanga, J., Adosi, J., Bulane, L., Fortunata, L., Mdoka, M. L. and Lajoie, R. (2006). Evidence of trends in daily climate extremes over southern and west Africa. *J. Geo. Res.*, 111(D1), 1-11. DOI: [10.1029/2005JD006289](https://doi.org/10.1029/2005JD006289).
- Peterson, T., Easterling, D., Karl, T., Groisman, P., Plummer, N., Nicholls, N., Torok, S., Auer, I., Boehm, R., Gullet, D., Vincent, L., Heino, R., Tuomenvirta, H., Mestre, O., Szentimrey, T., Salinger, J., Førland, E., Hanssen-Bauer, I., Alexandersson, H., Jones, P. and Parker, D. (1998). Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review. *Int. J. Climatol.*, 18(13), 1493-1517. DOI: [10.1002/\(SICI\)1097-1097\(199812\)18:13<1493::JCLI1097>3.0.CO;2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-1097(199812)18:13<1493::JCLI1097>3.0.CO;2).

- 0088(19981115)18:13<1493::AID-JOC329>3.0.CO;2-T.
- Plummer, N., Salinger, M. J., Nicholls, N., Suppiah, R., Hennessy, K. J., Leighton, R. M., Trewin, B. C., Page, C. M. and Lough, J. M. (1999). Changes in climate extremes over the Australian region and New Zealand during the twentieth century. *Clim. Change*, 42(1), 183-202. DOI: [10.1023/A:1005472418209](https://doi.org/10.1023/A:1005472418209).
- Rahimzadeh, F. and Nassaji Zavareh, M. (2014). Effects of adjustment for non-climatic discontinuities on determination of temperature trends and variability over Iran. *Int. J. Climatol.*, 34(6), 2079-2096. DOI: [10.1002/joc.3823](https://doi.org/10.1002/joc.3823).
- Rahimzadeh, F., Asgari, A. and Fattahi, E. (2009). Variability of extreme temperature and precipitation in Iran during recent decades. *Int. J. Climatol.*, 29(3), 329-343. DOI: [10.1002/joc.1739](https://doi.org/10.1002/joc.1739).
- Salimi Fard, M., Sanaei Nejad, Salimi Fard, M., Sanaei Nejad, H., Jabari Noghabi, M. and Sabet Dizavandi, L. (2017). Detecting the effect of climate change on extreme temperature events in Khorasan Razavi province Case study: 1990-2015. *J. Clim. Res.*, 8(31-32), 111-124 [in Persian].
- Skansi, M. D. L. M., Brunet, M., Sigró, J., Aguilar, E. Groening, J. A. A., Bentancur, O. J., Geier, Y. R. C., Amaya, R. L. C., Jácome, H., Ramos, A. M., Rojas, C. O., Pasten, A. M., Mitro, S. S., Jiménez, C. V., Martínez, R., Alexander, L. V. and Jones, P. D. (2013). Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America. *Glob. Planet. Change*, 100, 295-307. DOI: [10.1016/j.gloplacha.2012.11.004](https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.11.004).
- Stephenson, S. T., Vincent, L. A., Allen, T., Van Meerbeek, C. J., McLean, N., Peterson, T. C., Taylor, M. A. Aaron-Morrison, A. P., Auguste, T., Bernard, D., Boekhoudt, J. R. I., Blenman, R. C., Braithwaite, G. C., Brown, G., Butler, M., Cumberbatch, C. J. M., Etienne-Leblanc, S., Lake, D. E., Martin, D. E., McDonald, J. L., Zaruela, M. O., Porter, A. O., Ramire, M. S., Tamar, G. A., Roberts, B. A., Mitro, S. S., Shaw, A., Spence, J. M., Winter A. and Trotman, A. R. (2014). Changes in extreme temperature and precipitation in the Caribbean region, 1961–2010. *Int. J. Climatol.*, 34(9), 2957–2971. DOI: [10.1002/joc.3889](https://doi.org/10.1002/joc.3889).
- Tebaldi, C., Hayhoe, K., Arblaster, J. M. and Meehl, G. A. (2006). Going to the extremes: an intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events. *Climatic Change*. 79(3-4). 185–211. DOI: [10.1007/s10584-006-9051-4](https://doi.org/10.1007/s10584-006-9051-4).
- Varshavian, Kh., Ghahreman, N. and Hajjam, S. (2011). Trend analysis of minimum, maximum, and mean daily temperature extremes in several climatic regions of Iran. *J. Earth Space Phys.*, 37 (1), 169-179 [in Persian].
- Wang, X., Li, Y., Wang, M., Li, Y., Gong, X., Chen, Y., Chen, Y. and Cao, W. (2021). Changes in daily extreme temperature and precipitation events in mainland China from 1960 to 2016 under global warming. *Int. J. Climatol.*, 41(2), 1465-1483. DOI: [10.1002/joc.6865](https://doi.org/10.1002/joc.6865).
- Whan, K., Alexander, L. V., Imielska, A., McGree, S., Jones, D., Ene, E., Finaulahi, S., Inape, K., Jacklick, L., Kumar, R., Laurent, V., Malala, H., Malsale, P., Pulehetoa-Mitiepo, R., Ngemaes, M., Peltier, A., Porteous, A., Seuseu, S., Skilling, E., Tahani, L., Toorua, U. and Vaiimenet, M. (2014). Trends and variability of temperature extremes in the tropical Western Pacific. *Int. J. Climatol.*, 34(8), 2585–2603. DOI: [10.1002/joc.3861](https://doi.org/10.1002/joc.3861).
- Yin, H. and Sun, Y. (2018). Characteristics of extreme temperature and precipitation in China in 2017 based on ETCCDI indices. *Advances in Climate Change Research*, 9 (4), 218-226. DOI: [10.1016/j.accre.2019.01.001](https://doi.org/10.1016/j.accre.2019.01.001)
- Zhai, P., Sun, A., Ren, F., Liu, X., Gao, B. and Zhang, Q. (1999). Changes of climate extremes in China. *Clim. Change*, 42(1), 203-218. DOI: [10.1023/A:1005428602279](https://doi.org/10.1023/A:1005428602279).

How to cite this paper:

Nassaji Zavareh, M. and Ghermezcheshmeh, B. (2023). Assessment of spatial and temporal variability of extreme temperature by ETCCDI indices (North and West of Iran). *Environ. Water Eng.*, 9(1), 95–108. DOI: [10.22034/jewe.2022.322509.1706](https://doi.org/10.22034/jewe.2022.322509.1706)