مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی
Management of Natural Ecosystems
دوره ۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ۶۰-۴۸
Volume 4, Issue 1, Spring 2024, 48-60
http://emj.ardakan.ac.ir/article_725281.html

# تحلیل روند تغییرات شاخص‌های حدی دما و آشکارسازی تغییر اقلیم

# (مطالعه موردی: شهرستان نجف آباد، استان اصفهان)

عباس نصیران[۱]، اسماعیل اسدی[۲]، حجت‌اله خدری غریب‌وند*[۳]، صالح کهیانی[۴]

## چکیده

در دهه‌های اخیر، تشدید حدی‌های دما منجر به تلفات و خسارات در حوزه اجتماعی-اقتصادی و زیست‌محیطی شده است. در این راستا، تحلیل روند تغییرات شاخص‌های حدی دما می‌تواند سیاستگذاران، تصمیم‌گیران و مدیران اجرایی را برای برنامه‌ریزی مقابله با چالش تغییر اقلیم و مواجهه با تغییرات حدی یاری رساند. هدف این مطالعه آشکارسازی وقوع تغییراقلیم با استفاده از تحلیل روند تغییرات شاخص‌های حدی دما در شهرستان نجف‌آباد می‌باشد. به‌این منظور، داده‌های روزانه دما از آمار و اطلاعات هواشناسی ثبت‌شده در ایستگاه سینوپتیک شهرستان نجف‌آباد از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۲ از سایت سازمان هواشناسی استخراج شدند. روندکلی تغییرات ۱۸ شاخص حدی دما بررسی و تحلیل شدند. کلیه تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم افزار RClimdex و MAKESENs انجام شد. نتایج نشان داد کلیه شاخص‌های دمایی گرم شیب مثبت داشتند. از میان شاخص‌های دمایی سرد، تعداد روزهای یخی، تعداد روزهای سرد و تعداد شب‌های سرد، تعداد روزهای یخبندان و تداوم دوره سرد، شیب منفی و روند کاهشی داشتند. شاخص‌های کمینه دمای بیشینه روزانه و کمینه دمای کمینه روزانه شیب مثبت و روند افزایشی داشتند. باتوجه به این نتایج، می‌توان نتیجه‌گیری کرد پدیده تغییراقلیم در این منطقه رخ داده است. این مطالعه پیشنهاد می‌کند تحلیل داده‌های دما در سایر مناطق نیز مورد بررسی قرار گیرد. علاوه‌بر این، ترکیب و مقایسه نتایج داده‌های هواشناسی طولانی مدت با ادراک جوامع محلی آسیب‌پذیر و متاثر از تغییراقلیم، ضمن درک بهتری از وقوع تغییراقلیم، می‌تواند به‌عنوان الگویی برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی بهتر مورد توجه قرار گیرد.

## واژگان کلیدی:

تغییراقلیم، شاخص‌های حدی، دما، تحلیل روند، آشکارسازی، شهرستان نجف آباد.

شاپا: ۲۸۲۱-۰۰۸۲
DOI: 10.22034/emj.2025.725281

مقاله پژوهشی

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی مرتع، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
abbasnasiran1355@gmail.com
۲. دانشیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
asadi-es@sku.ac.ir
۳. استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
h.khedri@sku.ac.ir
*نویسنده مسئول
۴. استادیار، گروه مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
skahyani@sku.ac.ir

**شناسه مقاله:** ۲۵۰۲-۱۰۹۳
**شماره صفحه پیاپی:** ۷۰۲-۷۱۴

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۳/۱۲/۰۱
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۳/۱۰
**انتشار آنلاین:** ۱۴۰۴/۰۳/۲۱
**زمان پذیرش:** ۱۰۲ روز

**استناددهی:**
نصیران، ع.، اسدی، ا.، خدری غریب‌وند، ح.، و کیهانی، ص. (۱۴۰۳). تحلیل روند تغییرات شاخص‌های حدی دما و آشکارسازی تغییر اقلیم (مطالعه موردی: شهرستان نجف آباد، استان اصفهان). مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، ۴(۱)، ۶۰-۴۸.

## ۱- مقدمه

تغییراقلیم به‌عنوان بزرگترین چالش زیست‌محیطی قرن بیست و یکم به رسمیت شناخته شده است و در آینده نیز در سراسر جهان به‌عنوان یک چالش مطرح خواهد بود (Mekonen and Berlie, 2021). تغییر اقلیم را معادل تغییرات معنی‌دار آماری برای متوسط وضع آب و هوا طی یک دوره طولانی مدت تعبیر کرده‌اند (سالاری و همکاران، ۱۳۹۴). تغییر در مقادیر میانگین‌های پارامترهای اقلیمی از پیامدهای مهم تغییراقلیم قلمداد شده است که با نوسانات اقلیمی تفاوت دارد (IPCC, 2014). نوسانات اقلیمی دوره‌ای است و انحرافات پارامترهای اقلیمی از میانگین را بیان می‌کنند و در دوره‌های زمانی مختلف می‌توانند متفاوت باشند؛ ولی تغییراقلیم نوسان کلی و گسترده در آب وهوای یک منطقه است (حجارپور و همکاران، ۱۳۹۳؛ اکبری و صیاد، ۱۴۰۰). تغییراقلیم، به دلیل تأثیر افزایش دما بر محیط زیست و جامعه موضوع بحث‌های گسترده‌ای بوده است (Sun et al., 2018). در سال‌های اخیر گرم شدن اقلیم تشدید شده است که نمود آن افزایش دما در مقیاس منطقه‌ای و جهانی می‌باشد. در واقع، روندگرم شدن دمای کره زمین بخشی از تغییراقلیم قلمداد می‌شود (حجارپور و همکاران، ۱۳۹۳؛ اکبری و صیاد، ۱۴۰۰). به‌طوریکه سناریوی گرمایش جهانی یکی از سناریوهای مطرح اقلیمی در سطوح ملی، منطقه‌ای و جهانی مورد توجه قرارگرفته است (دالایی و همکاران، ۱۳۹۵).

اینکه فراوانی و شدت رویدادهای غیرعادی اقلیمی چگونه تحت تأثیر تغییر گرمایش جهانی قرار می‌گیرند و اینکه گرمایش جهانی تاچه حد منجر به تغییرات غیرعادی اقلیمی بلایای طبیعی و مخاطرات محیطی همچون سیل، خشکسالی، طوفان، برف سنگین و غیره شود موضوع مطالعات زیادی بوده اند (Kim et al., 2011). تغییرات غیرعادی اقلیمی به‌صورت نادر ظهور پیدا می‌کنند، این رخدادهای نادر به معنای آماری رخدادهای حدی نامیده می‌شوند، رخدادهای حدی در تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری می‌توانند مهم‌تر از مقادیر میانگین اقلیمی قلمداد شوند (Avotniece et al., 2010). امروزه علاقه فزاینده‌ای به رخدادهای حدی اقلیمی وجود دارد. این رخدادها در مطالعات تحت عنوان شاخص‌های حدی اقلیمی مورد بررسی قرار می‌گیرند. شاخص‌های حدی اقلیمی معمولاً برای مطالعه تغییرات طولانی مدت در رخدادهای حدی اقلیمی استفاده می‌شوند (Yu et al., 2020). در واقع، تغییراقلیم را می‌توان با تغییرات در شاخص‌های اصلی سیستم اقلیمی همچون بارش، رواناب رودخانه‌ها، یخ و پوشش برف مشخص کرد. با این حال، تغییرات اقلیمی نه تنها با تغییرات در مقادیر میانگین، بلکه با تغییرات در تغییرپذیری شاخص‌های حدی اقلیمی مشخص می‌شوند (Avotniece et al., 2010).

اولین گام در بررسی اثرات تغییراقلیم تحلیل تأثیر این پدیده بر عناصر و پارامترهای اقلیمی همچون دما و بارش است. شواهد قوی مبنی بر اینکه رویدادهای حدی اقلیمی و آب وهوایی به‌ویژه حدهای بارندگی و دمایی از نظر شدت و فراوانی در دهه‌های اخیر تغییرات قابل توجهی داشته‌اند، وجود دارد (Ummenhofer and Meehl, 2017). مطالعات اخیر نشان داده است حدهای دما سریع‌تر از میانگین دما افزایش می‌یابند و تشدید حدهای دما در دهه‌های اخیر منجر به تلفات و خسارات بیشتر و جدی‌تر اجتماعی–اقتصادی شده است (Sun et al., 2018). در مقایسه با دانش موجود در زمینه تغییرات بلندمدت شاخص‌های میانگین اقلیم، اطلاعات بسیار کمتری در خصوص تغییرات حدی وجود دارد (Avotniece et al., 2010). مطالعات در زمینه رخدادهای شاخص‌های حدی اقلیمی که در ۲۰ سال گذشته انجام شده است، اخیراً در سراسر جهان فعال‌تر شده و توسعه یافته است (Kim et al., 2011). در واقع، یک رویکرد مطلوب برای تعیین کمیت تغییرات اقلیم، استفاده از شاخص‌هاست که می‌توانند به سهولت توسط افراد متخصص درک شوند و توسط سیاست‌گذاران مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

استفاده از شاخص‌ها این قابلیت را دارند که نه تنها دما، بلکه برخی از مکانیسم‌ها یا پیامدهای روند دما را نشان دهند و امکان تحلیل نه تنها وضعیت جهانی، بلکه تغییرات منطقه‌ای نیز فراهم می‌شود. با بررسی روند سری زمانی پارامترهای اقلیمی از جمله دما می‌توان پدیده تغییراقلیم را شناسایی کرد. تحلیل سری‌های زمانی مربوط به دما منجر به شناسایی و تشخیص روند مثبت یا منفی تغییرات اقلیم و در نهایت آشکارسازی تغییراقلیم می‌شود (سلیمی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۶). آشکارسازی آماری تغییراقلیم فرآیندی است که تغییرات معنی‌داری که نتوان آن‌ها را به تغییرات طبیعی مرتبط دانست را نمایان می‌کند (صیدی و گندمگار، ۱۳۹۴). در این مطالعه، باتوجه به اهمیت تشخیص، آشکارسازی و مقابله و مواجهه با تغییراقلیم در مناطق مختلف، شاخص‌های حدی اقلیمی پیشنهادشده کمیته بین دول تغییرات اقلیم[1] برای بررسی تحلیل روند تغییرات شاخص‌های حدی اقلیمی دما جهت آشکارسازی وقوع تغییر اقلیم در شهرستان نجف آباد در استان اصفهان استفاده شده است.

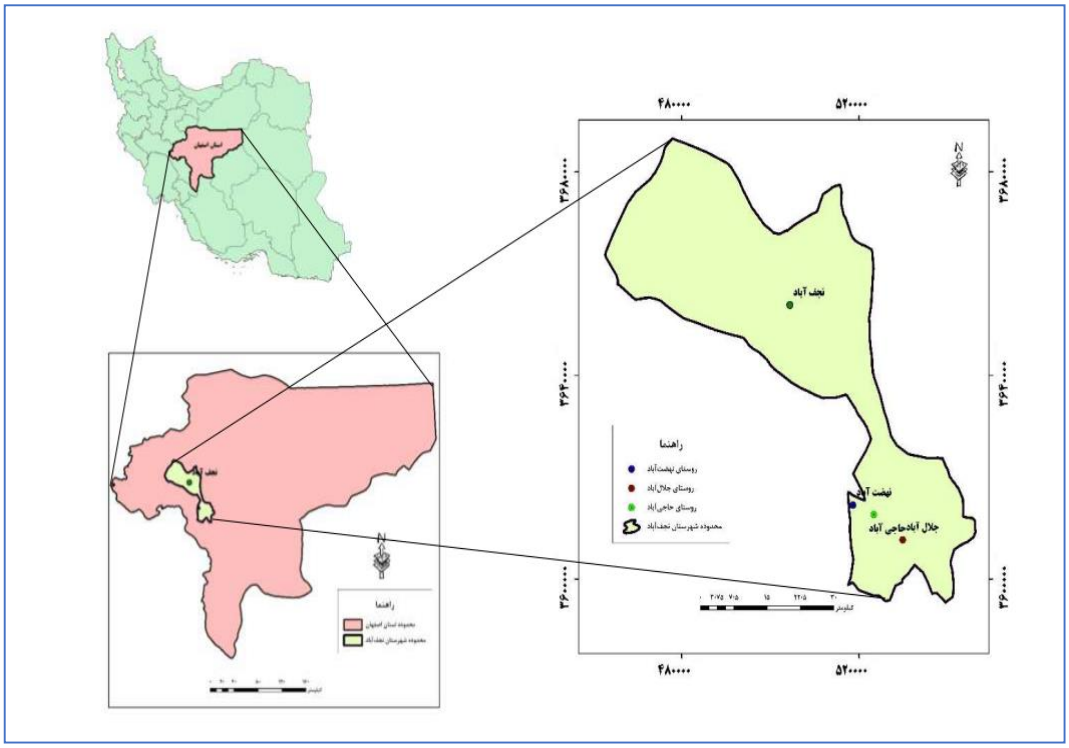
## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان نجف‌آباد از ارتفاعات دالان‌کوه با ارتفاعی بالغ بر ۳۴۵۰ متر واقع در جنوب غربی و ۲۵/۱ کیلومتری جنوب شرقی دامنه شروع می‌شود و در جهت شرقی به طول ۸۱ کیلومتر تا حدود ۵/۲۱ کیلومتری غرب شهر اصفهان ادامه دارد. با مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی و مساحت ۸۶۲/۷۷۹ کیلومترمربع در غرب استان واقع‌شده است. ارتفاع از سطح دریا ۱۶۵۵ متر است که ۸۲ متر

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

از سطح اصفهان بالاتر و حدود ۶۳۵ متر از سطح کوهستانی فریدن پایین‌تر است. نجف‌آباد، در دشتی با آب و هوای معتدل و نسبتاً خشک قرار گرفته‌است. میانگین بارش سالیانه در آن ۱۲۰ میلی‌متر می‌باشد که بیشتر در فصل‌های سرد رخ می‌دهد. دارای حداکثر مطلق درجه حرارت ۳۸ درجه و حداقل مطلق ۹/۵ درجه و متوسط درجه حرارت در سال برابر ۱۵/۸ درجه می‌باشد. این شهرستان از شمال به زیر حوضه علویجه و دهق، از جنوب به زیر حوضه لنجانات، از شرق به فلاورجان، اصفهان و خمینی‌شهر و از غرب به زیر حوضه فریدن و داران محدود می‌شود (شکل ۱).




**شکل (۱): محدوده منطقه مورد مطالعه به همراه موقعیت شهرستان نجف آباد در استان اصفهان و کشور**

## ۲-۲- روش‌شناسی تحقیق

به‌منظور انجام این پژوهش، اطلاعات آب و هوایی ایستگاه هواشناسی مورد استفاده قرارگرفت. مبنای انتخاب ایستگاه‌های هواشناسی طول دوره آماری منطقه یعنی ایستگاه دارای دوره آماری طولانی‌تر بود. در این راستا، ایستگاه سینوپتیک بخش مرکزی شهرستان نجف‌آباد با ارتفاع ۱۶۳۶ متر از سطح دریا به دلیل کیفیت بالای داده‌ها و تنوع عناصر اندازه‌گیری شده انتخاب شد. در این مطالعه، آمار و اطلاعات هواشناسی ثبت شده در طی بازه زمانی ۲۰ ساله ۲۰۰۳-۲۰۲۲ مورد استفاده قرارگرفت. در این راستا، داده‌های روزانه دما در سایت سازمان هواشناسی در این دوره زمانی مبنای تحلیل روند تغییرات شاخص‌های حدی دما قرارگرفتند. پس از جمع‌آوری اطلاعات هواشناسی، کلیه داده‌ها در یک پایگاه اطلاعاتی در نرم‌افزار MAKESENs ثبت و روند دما در ماه‌های مشابه استخراج گردید. جهت اطمینان از صحت داده‌ها از آزمون همگنی داده‌ها استفاده گردید. در تجزیه‌وتحلیل داده‌های آماری داده‌های حدی اقلیمی روش ناپارامتری نسبت به روش‌های پارامتری کاربرد وسیع‌تر و چشم‌گیرتری دارد. در این مطالعه، از روش من‌کندال به‌عنوان یک آزمون ناپارامتری در بررسی داده‌ها استفاده شد. از نقاط قوت این روش مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند و اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی است که در برخی از سری‌های زمانی مشهود می‌باشند. در این روش ابتدا آماره و به دنبال آن واریانس آماره استخراج می‌گردد، درصورتی‌که آماره مثبت باشد، سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن، روند نزولی در نظر گرفته می‌شود. چنانچه سری زمانی دما، سیر صعودی و سری زمانی بارش، سیر نزولی داشته باشد، معنادار بودن روندها را مشخص می‌کند.

فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) بر وجود روند در سری داده‌ها متکی است. در این مطالعه، از آزمون رگرسیون خطی تک مغیره برای بررسی روند سری داده‌ها نیز استفاده شد که کمیت‌های هواشناسی به‌عنوان متغیر مستقل و سال به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. ضریب متغیر مستقل احتمال معنی‌داری[1] و سطح معنی‌داری متناظر با آن و همچنین ضریب تعیین[2] به‌وسیله نرم افزارهای آماری به‌دست می‌آید. در این روش نیز مقادیر معنی‌داری و سطح معنی‌داری متناظر برای شرط صفر

1. P-Value
2. R-squared

عدم وجود روند در مقابل شرط یک وجود روند درنظر گرفته شده‌اند. در این مطالعه ۱۸ شاخص دما مورد بررسی قرار گرفتند که کلیه تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم افزار RClimdex و MAKESENs و رسم نمودارها در محیط Excel 2019 انجام شد. نرم‌افزار MAKESENs به‌صورت یک فایل ماکرواکسل می‌باشد. در این فایل سال‌های مورد نظر در ستون‌ها و در بالای هر ستون شروع و پایان دوره آماری وارد می‌شوند. در نهایت، در شیت آنالیز روند[1]نتایج محاسبات قابل مشاهده است. نرم افزار RClimDEX توسط کمیسیون فنی مشترک هواشناسی دریایی و اقیانوس‌شناسی[2] کارگروه کمیسیون اقلیم‌شناسی[3] تغییرپذیری و پیش‌بینی اقلیم[4] سازمان جهانی هواشناسی[5]و تیم کارشناس تشخیص و شاخص‌های تغییر اقلیم[6]تهیه و در محیط نرم‌افزار R اجرا شده است.

**جدول (۱): شاخص‌های حدی دما توصیه شده توسط کارگروه CCL/CLIVAR**

| نمایه (Index) | معرفی نمایه | واحد (Units) |
|---|---|---|
| Su25 | تعداد روزهای تابستانی (تعداد روزهای با دمای بیشینه بیشتر از ۲۵ درجه سلسیوس در سال) | روز |
| TR20 | تعداد شب‌های حاره‌ای (تعداد روزهای با دمای کمینه بیشتر از ۲۰ درجه سلسیوس در سال) | روز |
| TXx | بیشینه ماهانه دمای حداکثر روزانه | °C |
| TNx | بیشینه ماهانه دمای حداقل روزانه | °C |
| TX90p | روزهای گرم، درصد روزهایی که دمای حداکثر بیشتر از صدک نودم باشد. | روز |
| TN90p | شب‌های گرم، درصد روزهایی که دمای حداقل بیشتر از صدک نودم باشد. | روز |
| WSDI | نمایه طول مدت گرما، تعداد روزهایی که حداقل شش روز متوالی دمای حداکثر آنها بیشتر از صدک نودم باشد. | روز |
| FD | تعداد روزهای یخبندان (تعداد روزهای با دمای کمینه کمتر از صفر درجه سلسیوس در سال) | روز |
| ID | تعداد روزهای یخی (تعداد روزهای با دمای بیشینه کمتر از صفر درجه سلسیوس در سال) | روز |
| TXn | کمینه ماهانه دمای حداکثر روزانه | °C |
| TNn | کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه | °C |
| TX10p | روزهای سرد، درصد روزهایی که دمای حداکثر کمتر از صدک دهم باشد. | روز |
| TN10p | شب‌های سرد، درصد روزهایی که دمای حداقل کمتر از صدک دهم باشد. | روز |
| CSDI | نمایه طول مدت سرما، تعداد روزهایی که حداقل شش روز متوالی دمای حداقل کمتر از صدک دهم باشد. | روز |
| TMAXmean | میانگین ماهانه دمای بیشینه (یا سالانه) | °C |
| TMINmean | میانگین ماهانه دمای کمینه (یا سالانه) | °C |
| DTR | دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما | °C |
| GSL | طول فصل رویش | روز |

منبع: کوزه‌گران و موسوی بایگی، ۱۳۹۴

## ۳- یافته‌های تحقیق

### ۳-۱- تحلیل روند تغییرات شاخص‌های حدی اقلیمی ( شاخص‌های حدی دما)

در این مطالعه ۱۸ شاخص حدی اقلیمی دما که توسط کارگروه CCL/CLIVAR شناسایی شده‌اند با استفاده از نرم‌افزار RClimdex مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج در سه گروه شاخص‌های حدی دما، شاخص‌های حدی دمایی گرم و شاخص‌های حدی دمایی سرد دسته‌بندی شدند. نتایج برای شاخص‌های مقادیر حدی دما در جدول (۲) و شکل‌های (۲) تا (۱۹) ارائه شده است که شامل چهار شاخص حدی دما، هفت شاخص حدی دمایی گرم، هفت شاخص حدی دمایی سرد هستند. برای هریک از شاخص‌ها مقادیر شیب خط[7]و احتمال معنی‌داری برای ایستگاه نجف آباد محاسبه و ارائه شد. برای تحلیل نتایج، مقادیر سطح‌های معنی‌داری ۱ و ۵ درصد در نظرگرفته شد.

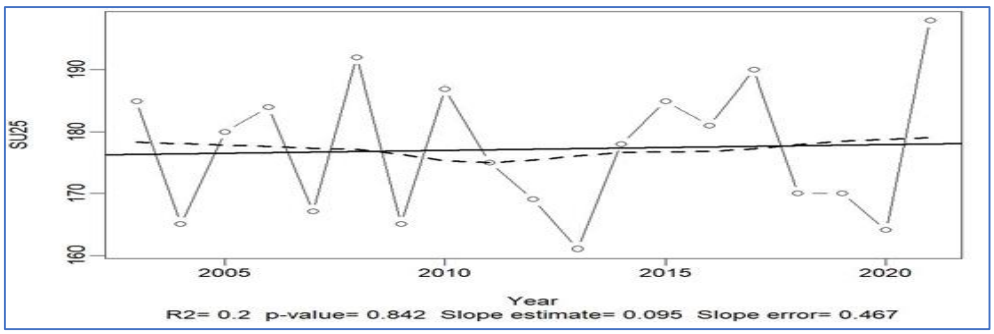
1. Trend Statistics
2. Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology (JCOMM)
3. Commission for Climatology (CCL)
4. Climate Variability and Predictability (CLIVAR)
5. World Meteorological Organization (WMO)
6. The Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI)
7. Slope

### ۳-۲- شاخص‌های دمایی گرم

روند شاخص‌های حدی دمایی گرم شامل تعداد روزهای تابستانی[1] تعداد شب‌های حاره‌ای[2] بیشینه دمای بیشینه روزانه[3] بیشینه دمای کمینه روزانه[4] روزهای گرم[5] و شب‌های گرم[6] و شاخص تداوم دوره گرم[7] در منطقه مورد مطالعه در شکل‌های (۲) تا (۸) نشان داده شده است که نمایگر شیب مثبت در همه موارد است. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول (۱)، شاخص تعداد روزهای تابستانی برای منطقه مورد مطالعه شیب مثبت دارد ولی روند افزایشی معنی‌دار نیست. شاخص تعداد شب‌های حاره‌ای برای منطقه مورد بررسی شیب مثبت دارد و در سطح ۱ درصد روند افزایشی معنی‌دار است که نشان‌دهنده سطح اطمینان بالا در پذیرش فرض صفر مبنی بر وجود روند (افزایشی) است. شاخص بیشینه دمای بیشینه روزانه شیب افزایشی دارد ولی تا سطح معنی‌داری ۱۰ درصد روند معنی‌داری مشاهده نشد. شاخص بیشینه دمای کمینه روزانه شیب مثبت دارد ولی روند افزایشی آن معنی‌دار نیست. شاخص‌های روزهای گرم و شب‌های گرم شیب مثبت دارند. روند افزایشی برای شاخص روزهای گرم معنی‌دار نیست ولی در خصوص شاخص شب‌های گرم آزمون پذیرش فرض صفر وجود روند (افزایشی) در سطح ۱ درصد، معنی‌دار است. مقدار سطح معنی‌داری پایین حاکی از سطح اطمینان بالا در پذیرش وجود روند افزایشی است. شاخص تداوم دوره گرم شیب مثبت دارد ولی روند افزایشی آن معنی‌دار نیست.

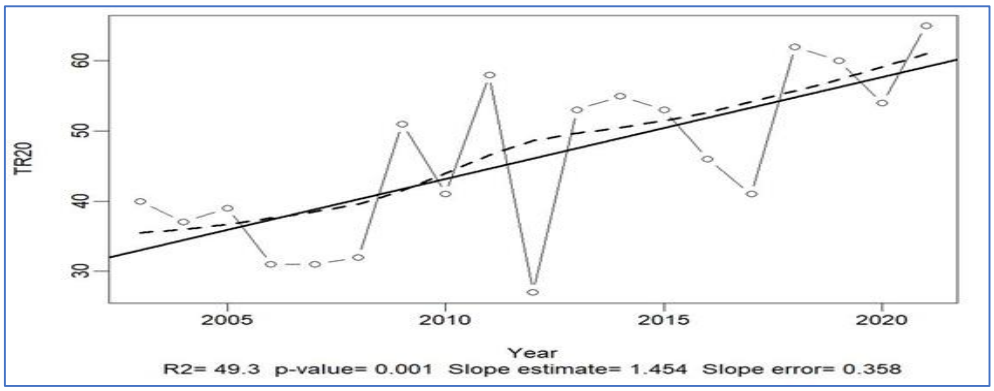
**جدول (۲): مقادیر شیب و P-Value برای شاخص‌های حدی دمای در منطقه موردمطالعه، محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به ۲۰۲۲**

| | شاخص | Slope | P-Value |
|---|---|---|---|
| شاخص‌های دمایی گرم | Su25 | ۰/۰۹۵ | ۰/۸۴۲ |
| | TR20 | ۱/۴۵۴ | ۰/۰۰۱ |
| | TXx | ۰/۰۳۰ | ۰/۲۶۷ |
| | TNx | ۰/۰۷۹ | ۰/۰۸۹ |
| | TX90p | ۰/۴۳۲ | ۰/۰۵۸ |
| | TN90p | ۰/۶۶۵ | ۰/۰۰۰ |
| | WSDI | ۰/۵۱۱ | ۰/۱۸۷ |
| شاخص‌های دمایی سرد | FD | −۰/۷۷۷ | ۰/۰۳۷ |
| | ID | −۰/۰۲۸ | ۰/۶۵۲ |
| | TXn | ۰/۱۲۵ | ۰/۱۸۲ |
| | TNn | ۰/۰۴۶ | ۰/۶۲۵ |
| | TX10p | −۰/۳۳۸ | ۰/۰۱۲ |
| | TN10p | −۰/۷۰۸ | ۰/۰۰۰ |
| | CSDI | −۰/۳۴۷ | ۰/۲۰۰ |
| شاخص‌های دمایی | TMAXmean | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۳۴ |
| | TMINmean | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۰۰ |
| | DTR | −۰/۰۳۰ | ۰/۱۲۷ |
| | GSL | ۰/۷۰۲ | ۰/۴۲۲ |

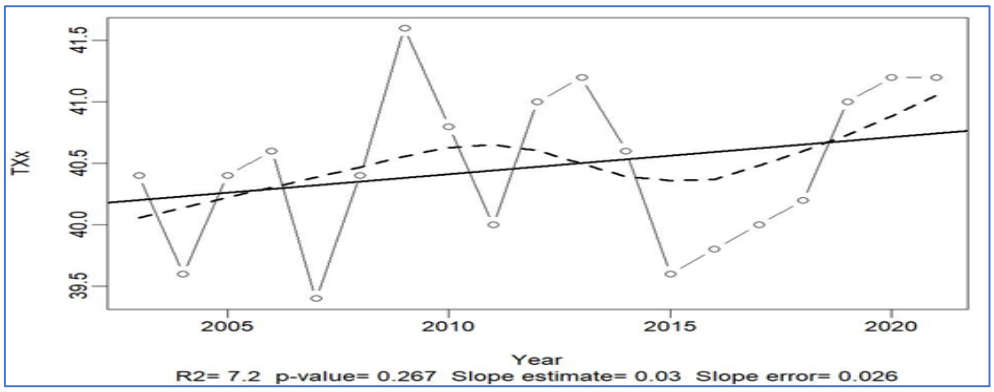



**شکل (۲): نمودار شاخص تعداد روزهای تابستانی (SU25) در منطقه (محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به۲۰۲۲)**

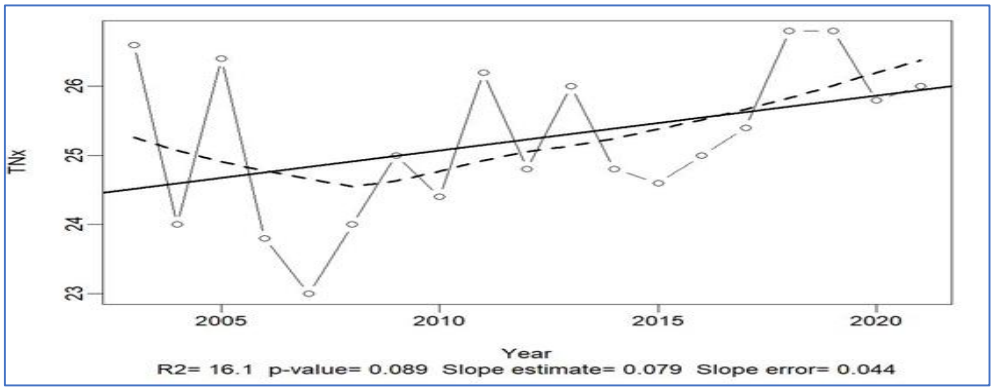
1. Sumer days (Su25)
2. Tropical nights (TR20)
3. Maximum of Daily Maximum Temperature (TXx)
4. Maximum of Daily Minimum Temperature (TNx)
5. Warm Days (TX90)
6. Warm Nights (TN90p)
7. Warm Spells Duration Index (WSDI)



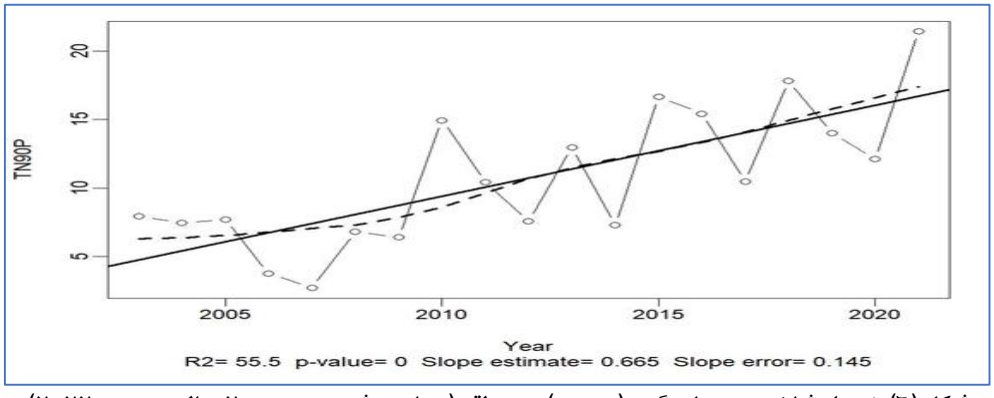

**شکل (۳): نمودار شاخص تعداد شب‌های حاره‌ای (TR20) در منطقه (محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به ۲۰۲۲)**



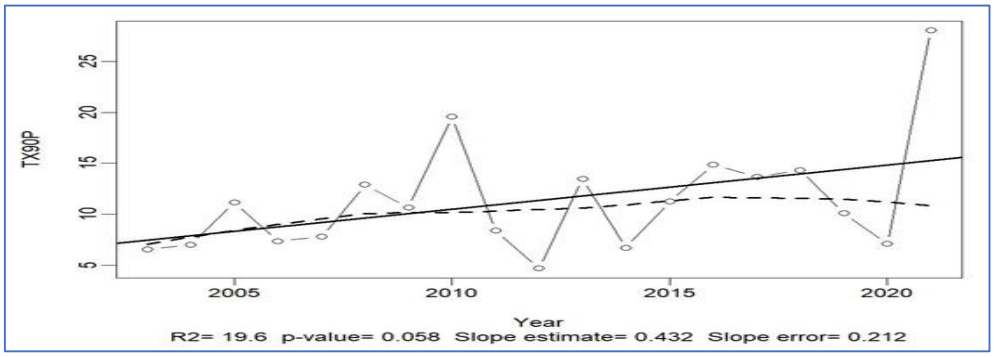

**شکل (٤): نمودار شاخص بیشینه دمای بیشینه روزانه (TXx) در منطقه (محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به ۲۰۲۲)**



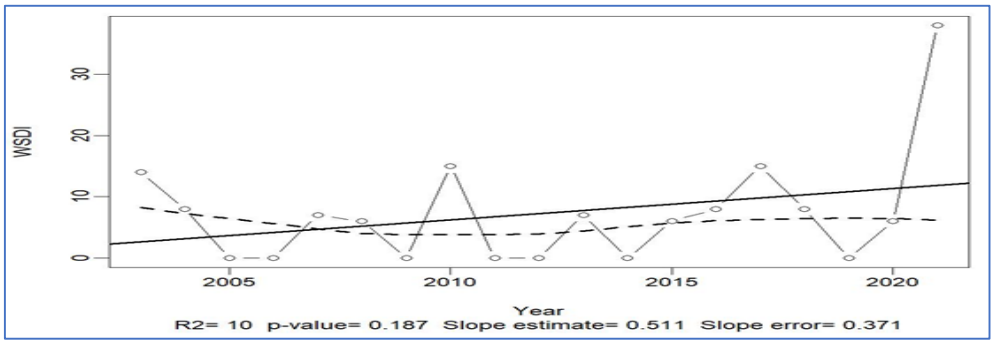

**شکل (٥): نمودار شاخص بیشینه دمای کمینه روزانه (TNx) در منطقه (محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به۲۰۲۲)**




**شکل (٦): نمودار شاخص روزهای گرم (TX90p) در منطقه (محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به۲۰۲۲)**



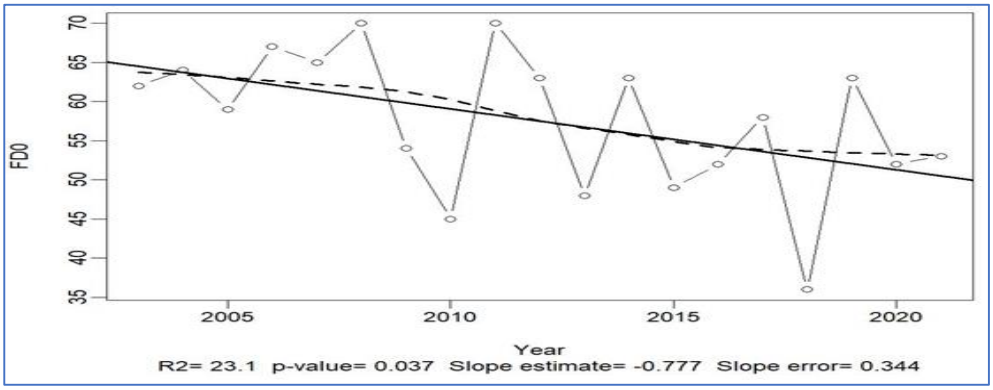

**شکل (۷): نمودار شاخص شب‌های گرم (TN90p) در منطقه (محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به۲۰۲۲)**




**شکل (۸): نمودار شاخص تداوم دوره گرم (WSDI) در منطقه (محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به ۲۰۲۲)**

### ۳-۳- شاخص دمایی سرد

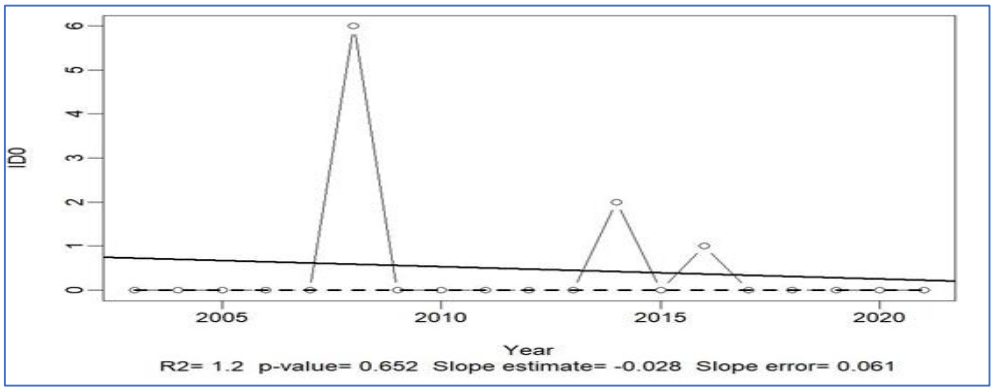
روند شاخص‌های دمایی سرد از جمله تعداد روزهای یخبندان[1] تعداد روزهای یخی،[2] کمینه دمای بیشینه روزانه،[3] کمینه دمای کمینه روزانه،[4] روزهای سرد،[5] شب‌های سرد[6] و شاخص تداوم دوره سرد[7] در اشکال (۹) تا (۱۵) ارائه شده است. شاخص تعداد روزهای یخبندان دارای شیب منفی و در سطح ۵ درصد روند معنی‌دار دارد. شاخص تعداد روزهای یخی شیب منفی دارد ولی آزمون روند تا سطح ۵ درصد معنی‌داری نیست. شاخص‌های کمینه دمای بیشینه روزانه و کمینه دمای کمینه روزانه شیب مثبت دارند ولی روند افزایشی آن‌ها تا سطح معنی‌داری ۵ درصد معنی‌دار نیست. شاخص‌های روزهای سرد و شب‌های سرد شیب منفی دارند و آزمون پذیرش فرض صفر روند (افزایشی) در سطح ۱ درصد، معنی‌دار است.



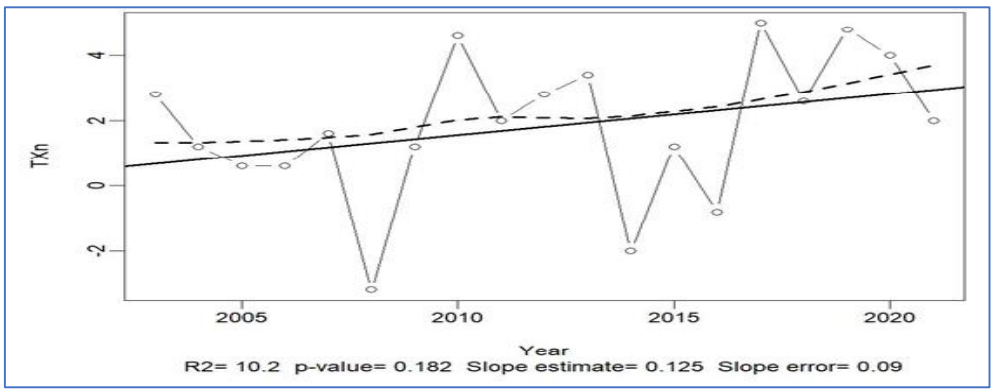

**شکل(۹): نمودار شاخص تعداد روزهای یخبندان (FD0) در منطقه (محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به۲۰۲۲)**

1. Frost Days (FD)
2. Ice Days (ID)
3. Minimum of Daily Maximum Temperature (TXn)
4. Minimum of Daily Minimum Temperature (TNn)
5. Cold days (TX10p)
6. Cold Nights (TN10p)
7. Cold Spell Duration Index (CSDI)

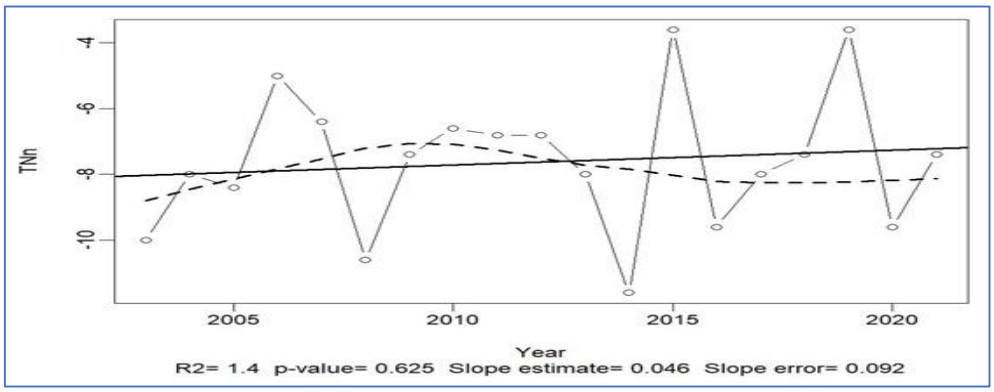
مقادیر کم P-value، نشان‌دهنده سطح اطمینان بالا برای وجود روند کاهشی برای این شاخص‌ها است. شاخص تداوم دوره سرد شیب منفی دارد، ولی تا سطح ۵ درصد، روند معنی‌دار نیست. روندها در تمام موارد به‌جز شاخص‌های کمینه دمای بیشینه روزانه و کمینه دمای کمینه روزانه کاهشی است و برای شاخص‌های تعداد روزهای یخبندان، روزهای سرد و شب‌های سرد معنی‌دار است که این نتایج برای شاخص‌های دمایی سرد، بیانگر وجود روند گرمایشی در منطقه است.



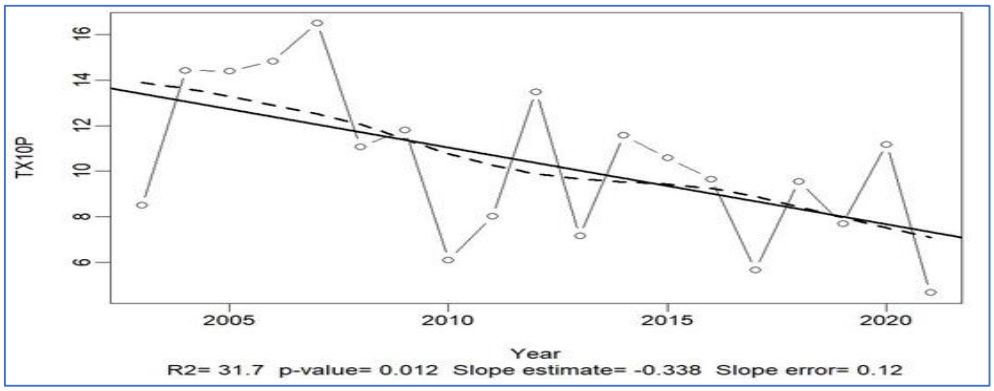

**شکل(۱۰): نمودار شاخص تعداد روزهای یخی (ID0) در منطقه (محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به ۲۰۲۲)**



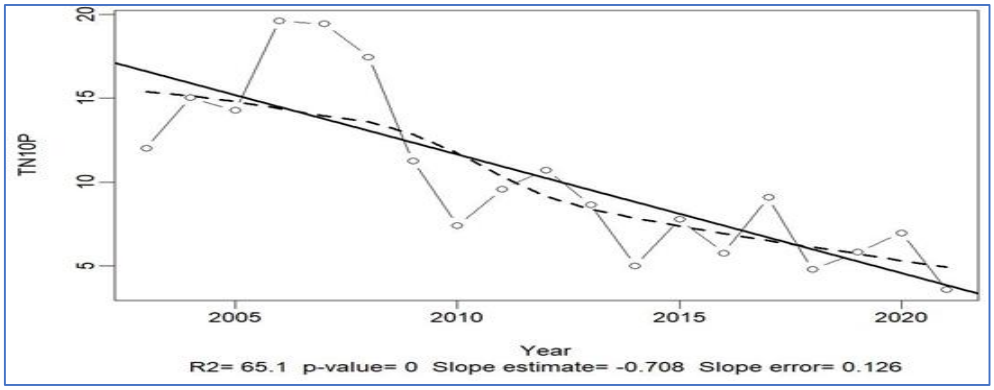

**شکل (۱۱): نمودار شاخص کمینه دمای بیشینه روزانه (TXn) در منطقه (محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به ۲۰۲۲)**



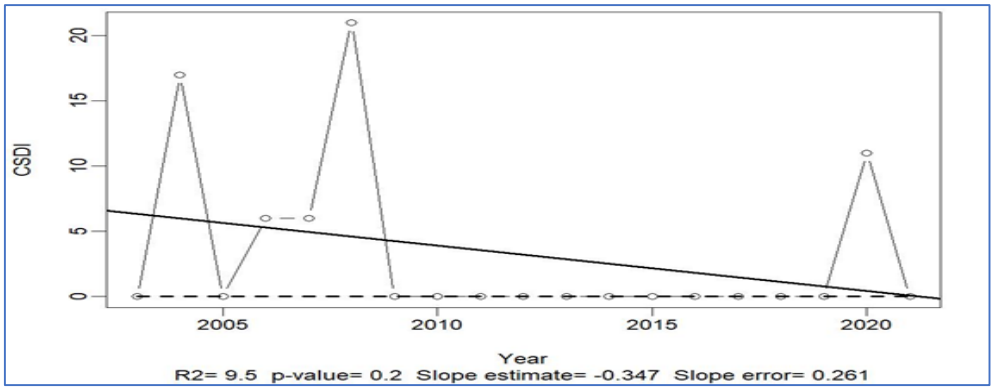

**شکل (۱۲): نمودار شاخص کمینه دمای کمینه روزانه (TNn) در منطقه (محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به ۲۰۲۲)**




**شکل (١٣): نمودار شاخص روزهای سرد (TX10p) در منطقه (محاسبه شده در دوره ٢٠ ساله منتهی به ٢٠٢٢)**




**شکل (١٤): نمودار شاخص شب‌های سرد (TN10p) در منطقه (محاسبه شده در دوره ٢٠ ساله منتهی به ٢٠٢٢)**

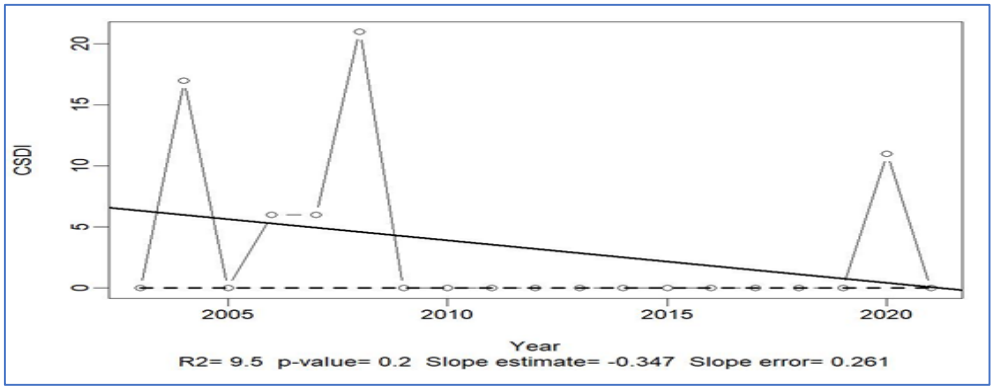



**شکل (١٥): نمودار شاخص تداوم دوره سرد (CSDI) در منطقه (محاسبه شده در دوره ٢٠ ساله منتهی به ٢٠٢٢)**

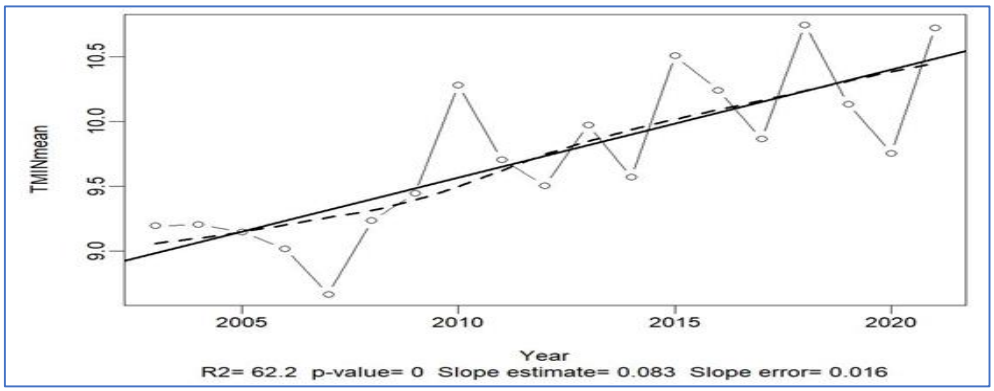
### ٣-٤- شاخص‌های دمایی

روند شاخص‌های دمایی شامل میانگین دمای بیشینه روزانه[1] میانگین دمای کمینه روزانه[2] دامنه دمای روزانه[3] و طول فصل رویش[4] در اشکال (١۶) تا (١٩) ارائه شده است. شاخص میانگین دمای بیشینه دارای شیب مثبت و روند افزایشی در سطح ۵ درصد معنی‌داراست. شاخص میانگین دمای کمینه دارای شیب مثبت و روند افزایشی در سطح یک درصد معنی‌داری است. مقادیر کوچک P Value در این دو شاخص، نشان‌دهنده غالبیت روند افزایشی در میانگین دماهای بیشینه و کمینه در منطقه است. نتایج معنی‌دار این دو شاخص با مقادیر روند افزایشی در آزمون رگرسیون هم‌خوانی دارند. شاخص دامنه دمای روزانه شیب منفی دارد ولی آزمون روند تا سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست. شاخص طول فصل رویش شیب مثبت دارد ولی روند افزایشی آن معنی‌دار نیست.

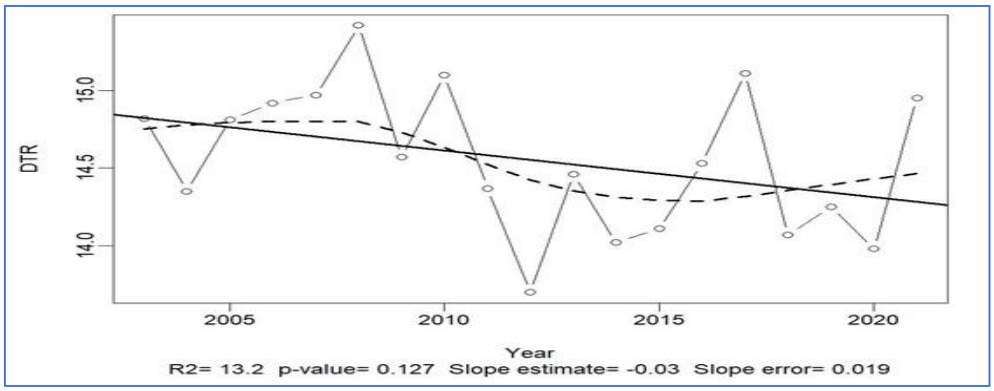
1. Mean of Daily Maximum Temperature (TMAXmean)
2. Mean of Daily Minimum Temperature (TMINmean)
3. Diurnal Temperature Range (DTR)
4. Growing Season Length (GSL)



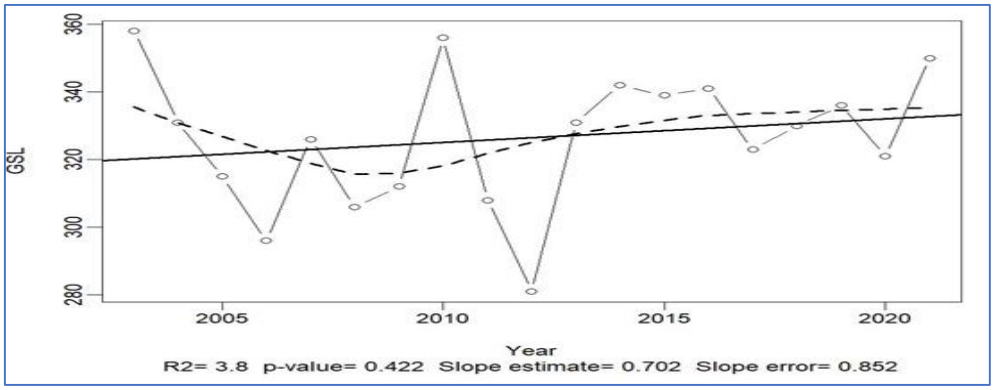

**شکل (۱۶): نمودار شاخص میانگین دمای بیشینه (TMAXmean) در منطقه (محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به ۲۰۲۲)**




**شکل (۱۷): نمودار شاخص میانگین دمای کمینه (TMINmean) در منطقه (محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به ۲۰۲۲)**




**شکل (۱۸): نمودار شاخص دامنه دمای روزانه (DTR) در منطقه (محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به ۲۰۲۲)**




**شکل (۱۹): نمودار شاخص طول فصل رویش (GSL) در منطقه (محاسبه شده در دوره ۲۰ ساله منتهی به ۲۰۲۲)**

با توجه به نتایج، در کلیه موارد به‌جز شاخص دامنه دمای روزانه شیب مثبت است و شاخص‌های میانگین دمای بیشینه و میانگین دمای کمینه روندهای افزایشی معنی‌دارند. در شاخص‌های دمایی گرم تمام موارد شیب مثبت دارد و مقادیر P-Value نشان‌دهنده معنی‌داری آزمون روند در شاخص‌های تعداد شب‌های حاره‌ای و شب‌های گرم است. در شاخص‌های دمایی سرد، شاخص‌های تعداد روزهای یخبندان، روزهای سرد و شب‌های سرد سطح معنی‌داری مناسب برای پذیرش روند هستند. روند کاهشی در درصد روزها و شب‌های سرد را نیز نشان می‌دهند. شاخص‌های میانگین دماهای بیشینه و کمینه روند افزایشی دارند. با مقادیر قابل قبول سطوح معنی‌داری جهت پذیرش فرض صفر مبنی بر وجود روند افزایشی هستند؛ بنابراین نتایج آزمون شاخص‌های دمایی با آزمون‌های من-کندال و رگرسیون تطابق دارد و نتیجه حاکی از وجود غالبیت روند گرمایشی است.

## ٤- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه دما و بارش از عناصر اساسی اقلیم می‌باشند تغییرات ناگهانی کوتاه‌مدت و درازمدت آن‌ها می‌تواند ساختار آب و هوای هر محل را دگرگون سازد. پیش‌بینی دما و بارش‌های حدی به‌عنوان مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی با توجه به تغییرات اقلیمی، گرمایش جهانی و خشک‌سالی‌ها قطعاً فرصت بیشتری را برای برنامه‌ریزی و ارائه تمهیدات لازم در اختیار برنامه‌ریزان قرار می‌دهد. بستر رخداد وقایع آب و هوایی حدی، شرایط دمایی و بارش‌های حدی است؛ در این راستا، بررسی داده‌های اقلیمی حدی امری ضروری است. از آنجایی که وقایع حدی آب و هوایی و اقلیمی می‌توانند اثرات عمده‌ای بر جامعه، اقتصاد و محیط‌زیست به دنبال داشته باشند دلایل وقوع آنها به دلیل تحت تاثیر قراردادن و آسیب‌پذیری معیشت و زندگی انسان‌ها و افزایش هزینه‌های مرتبط با آن‌ها در چند سال گذشته به‌شدت موردتوجه قرارگرفته است (Rahimi et al., 2018). در این میان، تحلیل روند شاخص‌های حدی دما در تخمین روند گرمایش جهانی اهمیت زیادی دارد. افزایش دما نقش مهمی در افزایش شدت خشکی که منجر به وقوع بیشتر رخداد حدی خشک‌سالی می‌شود، دارد؛ همچنین می‌تواند بیابان‌زایی، کاهش منابع آب و کاهش تولیدات کشاورزی به دلیل خرابی و نابودی محصولات را به دنبال داشته باشد (Muhire and Ahmed. 2016؛ Fernández-Long et al., 2013).

نتایج بررسی شاخص‌های حدی دما در تحقیق حاضر نشان داد در کلیه موارد، روند شاخص‌های دمایی گرم افزایشی و دمایی سرد کاهشی می‌باشند که حکایت از افزایش فرآیند گرمایشی در منطقه دارد. با توجه به قرار گرفتن شهرستان نجف‌آباد در منطقه گرم و خشک این نتایج قابل‌انتظار است. هرچند، افزایش دمای جهانی و گرمای هوای زمین تأثیر زیادی بر نتایج حاصله داشته است. مطالعات متعددی در زمینه شاخص‌های اقلیمی دما صورت گرفته است. نتایج این تحقیق با یافته‌های سلیمی‌فرد و همکاران (١٣٩٦) در تحقیقی که در زمینه اثر تغییر اقلیم بر شاخص‌های حدی دما در خراسان جنوبی انجام دادند نشان داد دمای این استان افزایش‌یافت و روند شاخص‌های حدی را نمایانگر وقوع پدیده تغییر اقلیم دانستند، همخوانی دارد. علاوه براین، نتایج این مطالعه که دلالت بر روند افزایش دما دارد با مطالعه عرفانیان و همکاران (١٣٩٣) و Deng et al. (٢٠١٤)، که شاخص‌های اقلیمی دما را در نقاط مختلف بررسی کردند همخوانی دارد. با این وجود، Rahimi et al. (٢٠١٨) در مطالعه‌ای اظهار داشتند که روند تمام شاخص‌ها دما و بارش در ایران معنی‌دار نبودند و روند مثبت و روند منفی نشان دادند که با نتایج این تحقیق همخوانی ندارد.

براساس نتایج این مطالعه می‌توان اظهار داشت با توجه به روند شاخص‌های حدی دما وقوع پدیده تغییر اقلیم در این منطقه رخ داده است. مطالعات صورت گرفته در زمینه تغییر اقلیم در ایران بیشتر بر مقوله تأثیر این پدیده بر منابع آب و کشت گیاهان زراعی متمرکز بوده است در صورتی که تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم این پدیده بر سایر جنبه‌های طبیعی و انسانی اجتناب‌ناپذیر است. با توجه به اینکه تغییر اقلیم با کاهش و یا نابودی پوشش گیاهی مراتع همراه است و سرمایه‌های طبیعی معیشت بهره‌برداران را به نابودی سوق می‌دهد ضرورت دارد مطالعات آینده تاثیر تغییر پوشش‌گیاهی و آسیب‌پذیری معیشت بهره‌برداران مرتعی متاثر از تغییرات اقلیم را مورد توجه قرار دهند. علاوه براین، از آنجایی که تغییر اقلیم تأثیر عمیقی بر حیات در کره زمین و به‌طور خاص زندگی انسان می‌گذارد بدون شناخت شرایط اقلیمی و نوسانات آن برنامه‌های خرد و کلان مرتبط با انسان به نتیجه مطلوب نخواهد رسید. در این راستا، ضروری است در برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین یه خصوص بخش منابع طبیعی و با تاکید بر بخش مرتع، توجه ویژه‌ای بر تغییرات اقلیم بر عناصر حیاتی از جمله انسان، گیاهان و جانوران و حیات وحش صورت گیرد. این مطالعه پیشنهاد می‌کند با شناسایی عوامل موثر بر تغییر اقلیم ضمن سازگاری با شرایط موجود، می توان برنامه‌ریزان، سیاست‌گذاران، تصمیم‌گیران و مدیران اجرایی را برای مقابله با چالش تغییراقلیم و مواجهه با تغییرات حدی حمایت کرد. ضمن اینکه، توجه به این نکته ضروری است که ترکیب نتایج داده‌های هواشناسی طولانی مدت این پژوهش با ادراک جوامع محلی آسیب‌پذیر و متاثر از تغییراقلیم، می‌تواند به‌عنوان الگویی برای مدیران دراستای تصمیم‌گیری خردمندانه و برنامه‌ریزی مناسب‌تر مورد توجه قرارگیرد.

## سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از همکاری سازمان هواشناسی کشور که با در اختیار قراردادن داده‌های مربوطه ضمن پیشرفت کار پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای نصیران، منجر به استخراج این مقاله گردید صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنند.

## منابع


اکبری، م.، و صیاد، و. (۱۴۰۰). تحلیل مطالعات تغییر اقلیم در ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، (۱)۳۵، ۷۴-۳۷.

دالایی، ح.، فرجزاده‌اصل، م.، گندمکار، ا.، و نامی، م. ح. (۱۳۹۵). تحلیل شاخص‌های حدی بارشی در دورهٔ ۲۰۱۰ -۱۹۸۴ با رویکرد نظامی. راهبرد دفاعی، (۵۴)۱۴، ۱۷۷-۱۵۵.

عرفانیان، م.، انصاری، ح.، علیزاده، ا.، و بنایان اول، م. (۱۳۹۳). بررسی تغییرات شاخص‌های حدی هواشناسی در استان خراسان رضوی. آبیاری و زهکشی ایران. (۴)۸ ، ۸۲۵-۸۱۷.

حجارپور، ا.، یوسفی، م.، و کامکار، ب. (۱۳۹۳) آزمون دقت شبیه‌سازهای WeatherMan, LARS-WG و CLIMGEN در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی سه اقلیم مختلف (گرگان، گنبد و مشهد). جغرافیا و توسعه، ۳۵، ۲۱۶-۲۰۱.

صیدی، ع. ن.، و گندمکار، ا. (۱۳۹۴). بررسی عدم قطعیت روش‌های آشکارسازی تغییرات اقلیم در متغیرهای دما (مطالعه موردی حوضه کرخه). جغرافیا (برنامه‌یزی منطقه‌ای)، (۲)۶، ۲۱-۷.

سالاری، ع.، گندمکار، ا.، و عطایی، ه. (۱۳۹۴). روند تغییرات دما در چابهار. جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، (۱)۶، ۱۷-۷.

سلیمی‌فرد، م.، ثنائی‌نژاد، س. ح.، جباری نوقابی، م.، و ثابت دیزاوندی، ل. (۱۳۹۶) . شناسایی اثر تغییر اقلیم بر پدیده‌های حدی دما در استان خراسان رضوی، مطالعه موردی: ۱۹۹۰-۲۰۱۵. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، (۲۹)۸، ۱۲۴-۱۱۱.

Avotniece, Z. (2010). Trends in the frequency of extreme climate events in Latvia Zanita Avotniece, Valery Rodinov, Lita Lizuma, Agrita Briede, Māris Kļaviņš. Baltica, 23(2), 135-148.

Deng, H., Chen, Y., Shi, X., Li, W., Wang, H., Zhang, S., and Fang, G. (2014). Dynamics of temperature and precipitation extremes and their spatial variation in the arid region of northwest China. Atmospheric Research, 138, 346-355.

Fernández Long, M. E., Muller, G. V., Beltrán Przekurat, A., and Scarpati, O. E. (2013). Long-term and recent changes in temperature-based agroclimatic indices in Argentina.IPCC, Climate Change (2014). Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K., and Meyer, L.A., (eds.)]. 2014, IPCC, Geneva, Switzerland; 151 pp.

Kim, B. S., Yoon, Y. H., and Lee, H. D. (2011). Analysis of changes in extreme weather events using extreme indices. Environmental Engineering Research, 16(3), 175-183.

Mekonen, A. A., and Berlie, A. B. (2021). Rural households' livelihood vulnerability to climate variability and extremes: a livelihood zone-based approach in the Northeastern Highlands of Ethiopia. Ecological Processes, 10(1), 1-23.

Muhire, I., and Ahmed, F. (2016). Spatiotemporal trends in mean temperatures and aridity index over Rwanda. Theoretical and Applied Climatology, 123(1-2), 399-414.

Rahimi, J.; Malekian, A. and Khalili, A. (2019). Climate change impacts in Iran: assessing our current knowledge. Theoretical and Applied Climatology, 135(1): 545-564.

Sun, P., Zhang, Q., Yao, R., Singh, V. P., and Song, C. (2018). Spatiotemporal Patterns of Extreme Temperature across the Huai River Basin, China, during 1961–2014, and Regional Responses to Global Changes. Sustainability, 10(4), 1236.

Ummenhofer, C. C., and Meehl, G. A. (2017). Extreme weather and climate events with ecological relevance: a review. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 372(1723), 20160135.

Yu, X., Ren, G., Zhang, P., Hu, J., Liu, N., Li, J., and Zhang, C. (2020). Extreme temperature change of the last 110 years in Changchun, Northeast China. Advances in Atmospheric Sciences, 37(4), 347-358.

*Management of Natural Ecosystems*
Volume 4, Issue 1, Spring 2024, 48-60
http://emj.ardakan.ac.ir/article_725281.html

# Trend Analysis of changes in temperature extremes indices and detection of the climate change occurrence (Case study: Najafabad County, Isfahan province)

Abbas Nasiran[1], Esmail Asadi[2], Hojatallah Khedrigharibvand[3*], Saleh Kahyani[4]

CC BY

Research Article

1 M.Sc. in Range Science and Engineering, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

abbasnasiran1355@gmail.com

2. Associate Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

asadi-es@sku.ac.ir

3. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

h.khedri@sku.ac.ir

*Corresponding author

4. Assistant Professor, Department of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

skahyani@sku.ac.ir

**Article Code:** 2502-1093
**Countinus Pagination:** 702-714

**Received:** 19 February 2025
**Accepted**: 31 May 2025
**Online:** 11 June 2025
**Review speed:** 102 days

**Citation:**
Nasiran, A., Asadi, A., Khedri gharibvand, H., and Kahyani, S. (2024). Trend Analysis of changes in temperature extremes indices and detection of the climate change occurrence (Case study: Najafabad County, Isfahan province). Management of Natural Ecosystems, 4(1), 48-60.

## Abstract

In recent decades, the intensification of temperature extremes has led to losses and damages in socio-economic and environmental sectors. In this regard, analyzing the trend of temperature extreme indices can assist policymakers, decision-makers, and executives in planning to address the challenges of climate change and adaptive responses under extreme conditions. The aim of this study is to analyze climate change by analyzing the trends of temperature extreme indices in Najafabad County. For this purpose, Daily temperature data from recorded meteorological observations at the Najafabad County synoptic station from 2003 to 2022 were obtained from the Meteorological Organization's database. The overall trend of 18 temperature extreme indices were examined and analyzed. All data analyses were conductedusing RClimdex and MAKESENS software. The results showed that the all warm temperature indices had a positive slope. Among the cold temperature indices, the number of ice days (ID), cold days (TX10p), cold nights (TN10p), frost days (FD), and the duration of cold spells (CSDI) showed negative slopes and decreasing trends. The minimum of the daily maximum temperature (TXn) and the minimum of the daily minimum temperature (TNn) indices exhibited positive slope and an increasing trend. Based on these results, it can be concluded that climate change has occurred in this region. This study recommends that analyses of temperature data in other regions also be investigated. In addition, combining and comparing the results of long-term meteorological data with the perceptions of vulnerable and affected local communities regarding climate change can provide a better understanding of its occurrence of climate change and serve as a model for improved decision-making and planning.

## Key Words:

Climate Change, Extreme indices, Temperature, Trend analysis, Detection, Najafabad County.

ISSN: 2821-0182
DOI: 10.22034/emj.2025.725281