

Analysis Of Diurnal Temperature Range (DTR) Change in West Azerbaijan Province

Tohidi Sardasht, A.¹  | Jahanbakhsh Asl, S.²  | Khorshid Doost, A.M.²  | Darand, M.³ 

1. PhD student in Meteorology, University of Tabriz, Iran.
2. Professor, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Iran.
3. Professor, University of Kurdistan, Faculty of Natural Resources, Department of Hydrology and Meteorology, Iran.

Corresponding Author E-mail: azadtohidi@gmail.com

(Received: 03 Dec 2024, Revised: 11 Dec 2024, Accepted: 22 Dec 2024, Published online: 09 Dec 2025)

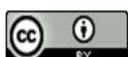
Abstract

In the past few decades, minimum and maximum temperatures have shown different behaviors. The difference between these two variables, known as the diurnal temperature range (DTR), is one way to detect climate change in a region. Therefore, in this study, the DTR trend in West Azerbaijan province was examined in order to show the spatial and temporal of these changes in the statistical period (1992-2021) on annual and seasonal scales. For this purpose, the Mann-Kendall test was used to examine the trend, and the Sen's Slope Estimator was used to examine the intensity of the changes. The results of the spatial distribution of DTR changes in the studied period showed that the range of diurnal temperature changes in West Azerbaijan province is between 8 to 14.3 °C. The trend of seasonal changes also indicates an increase in the diurnal temperature range in most regions of the province except for the Piranshahr and Khoy stations, especially in the summer and autumn seasons. According to the results, the highest rate of trend and changes in terms of time was observed in the summer season and the lowest in the autumn season. In terms of temporal, the highest intensity of changes is related to the southeastern and central regions of the province, and the lowest intensity of changes is related to the southwestern and northwestern regions of the province. The detection of DTR changes on an annual basis also showed that changes have become significant in all regions of the province except for Mako. These significant changes also have an increasing trend in other regions except for the Piranshahr and Khoy stations, which are decreasing. The annual change intensity rate is also between -0.01- 0.031 °C per year in the study period.

Keywords: West Azerbaijan, Sen Slope, Trend, Diurnal Temperature Range, Mann Kendall

Cite this article: tohidi sardasht, A. , jahanbakhsh sal, S. , Khorshiddoust, A. M. and darand, M. (2025). Analysis Of Diurnal Temperature Range (DTR) Change in West Azerbaijan Province. Journal of the Nivar, 49(128-129), 133-144. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2024.492022.1315>

E-mail: (2) s_jahan@tabrizu.ac.ir | khorshiddoust@tabrizu.ac.ir (3) m.darand@uok.ac.ir



آشکارسازی روند تغییرات دامنه شبانه روزی دما (DTR) در استان آذربایجان غربی

آزاد توحیدی سردشت^۱ | سعید جهان بخش اصل^۲ | علی محمد خورشید دوست^۲ | محمد دارند^۳

۱. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه تبریز، ایران.
۲. استاد، دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، ایران.
۳. استاد، دانشگاه کردستان، دانشکده منابع طبیعی، گروه آب و هواشناسی، ایران.

رایانامه نویسنده مسئول: azadtohidi@gmail.com

(دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۳، بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۲۱، پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۲، انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۱/۲۰)

چکیده

در طی چند دهه گذشته دماهای کمینه و بیشینه، رفتارهای متفاوتی از خود نشان داده‌اند. اختلاف بین این دو متغیر تحت عنوان دامنه شبانه روزی دما (DTR) یکی از راه‌های آشکارسازی تغییرات اقلیمی در یک منطقه است. لذا در این پژوهش روند DTR در استان آذربایجان غربی به منظور نشان دادن پهنه‌های مکانی و آهنگ زمانی این تغییرات در دوره آماری (۲۰۲۱-۱۹۹۲) در مقیاس‌های سالانه و فصلی مورد آزمون قرار گرفت. برای این منظور از آزمون من کندال جهت بررسی روند و از تخمین گر شیب سن جهت بررسی شدت تغییرات استفاده شد. نتایج حاصل از پراکنش فضایی تغییرات DTR در دوره مورد مطالعه نشان داد که دامنه تغییرات شبانه روزی دما در استان آذربایجان غربی بین ۸ تا ۱۴/۳ درجه سلسیوس است. روند تغییرات فصلی نیز نشان‌دهنده افزایش اختلاف شبانه‌روزی دما در بیشتر مناطق استان به جز ایستگاه‌های پیرانشهر و خوی به ویژه در فصل‌های تابستان و پاییز است. بر اساس نتایج بیشترین نرخ روند و تغییرات از نظر زمانی در فصل تابستان و کمترین در فصل پاییز مشاهده شد. از نظر مکانی نیز بیشترین شدت تغییرات مربوط به نواحی جنوب شرقی و مرکزی استان و کمترین شدت تغییرات مربوط به نواحی جنوب غربی و شمال غربی استان است. آشکارسازی تغییرات DTR بصورت سالانه نیز نشان داد که تغییرات در تمام مناطق استان به جز ماکو معنی دار شده است این تغییرات معنی دار نیز به جز ایستگاه‌های پیرانشهر و خوی که کاهش یافته است در سایر مناطق دارای روند افزایشی است. نرخ شدت تغییرات سالانه نیز بر اساس تخمین گر شیب سن بین ۰/۰۱- تا ۰/۳۱ درجه سلسیوس در سال در دوره مورد مطالعه است.

کلیدواژه‌ها: آذربایجان غربی، شیب سن، روند، دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما، من کندال

۱. مقدمه

خود اختصاص داده است (مسعودیان ۱۳۸۳). عنصر دما ارتباط تنگاتنگی با سایر عناصر اقلیمی دارد و تغییرات آن باعث یک سلسله واکنش‌های زنجیرای زیست محیطی دامنه دار می‌شود (زابل عباسی و همکاران ۱۳۸۶). تغییر معنی دار

از آنجا که دما از عناصر اساسی شکل‌گیری اقلیم است تغییرات آن می‌تواند ساختار آب و هوایی هر منطقه‌ای را دگرگون سازد، لذا بررسی روند دما در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی بخش بزرگی از تحقیقات اقلیم‌شناسی را به

¹ Diurnal Temperature Range (DTR)

استناد: توحیدی سردشت، آزاد؛ جهان‌بخش اصل، سعید؛ خورشید دوست، علی محمد؛ و دارند، محمد. (۱۴۰۴). آشکارسازی روند تغییرات دامنه شبانه‌روزی دما (DTR) در

استان آذربایجان غربی. مجله نیوار، ۴۹ (۱۲۹-۱۲۸)، ۱۴۴-۱۳۳. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2024.492022.1315>

رایانامه: (۲) s_jahan@tabrizu.ac.ir | khoshiddoust@tabrizu.ac.ir (۳) m.darand@uok.ac.ir

ناشر: سازمان هواشناسی کشور.



DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2024.492022.1315>

افزایش یافته است. زهرائی و همکاران (۲۰۲۰) به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر DTR در جنوب شرق ایران پرداختند. نتایج نشان داد که تغییرات اقلیمی در تابستان و پاییز باعث کاهش DTR در جنوب شرقی ایران می‌شود. هلالی و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی روند تغییرات سرما و یخبندان در ایران پرداختند. نتایج دهنده عقب‌نشینی سرما و یخبندان به سمت اوایل بهار به دلیل گرم شدن کره زمین است. سان کالپ و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی روند تغییرات DTR در شهرهای مختلف هندوستان پرداختند. نتایج نشان داد که در طول ۶۹ سال مورد بررسی DTR روند نامنظمی در منطقه تحقیقاتی داشته است. هوانگ و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی روند جهانی DTR طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۱ پرداختند. نتایج افزایش قابل توجه DTR با نرخ ۰/۰۹ درجه سلسیوس در هر دهه را نشان داد. شمس و موسوی (۱۳۹۵) به ارزیابی تغییرات دامنه شبانه روزی دما در مقیاس‌های سالانه، فصلی و ماهانه در شهر مشهد پرداختند. نتایج نشان داد که روند تغییرات شبانه روزی دمای مشهد طی ۶۰ سال اخیر کاهشی بوده است. گودرزی و همکاران (۱۳۹۷) به پیش‌نگری تغییرات دما در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه پرداختند. نتایج نشان داد دمای کمینه و بیشینه در دوره آینده به ترتیب، ۰/۳ و ۱/۴ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد. احمدی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی تغییرات دامنه شبانه روزی دما در ایران پرداختند. بر اساس نتایج در شمال غرب کشور، دامنه اختلاف شبانه روزی دما بین ۱۱ تا ۱۳ درجه سلسیوس است. حسینی و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی نوسانات منطقه‌ای دما و بارش در جنوب غرب آسیا با استفاده از آزمون‌های آماری پرداختند. نتایج نشان داد که به‌طور کلی در منطقه مورد مطالعه دما دارای روند افزایشی و بارش دارای روند کاهشی است. اژدرنیا و اسدی (۱۴۰۰) به بررسی پراکنش زمانی و مکانی اختلاف دمای شبانه روزی در استان فارس با استفاده از آزمون من کندال و تخمین گر شیب خط سن پرداختند. بر اساس نتایج بیشترین نرخ روند و تغییرات از نظر زمانی در فصل تابستان و کمترین در فصل پاییز مشاهده شد. محمودی (۱۴۰۱) با استفاده از آزمون من کندال و

در متوسط داده‌های هواشناسی در طی یک دوره زمانی معین نیز تغییر اقلیم نامیده می‌شود (قیامی و همکاران ۱۳۹۰). اختلاف دمای شبانه روزی (DTR) یکی از پارامترهای مهم دمایی در ارزیابی تغییر اقلیم در یک منطقه می‌باشد که از اختلاف دمای حداکثر و حداقل شبانه روز محاسبه می‌شود (سبزی پرور و همکاران ۱۳۹۰) و یک پارامتر مناسب برای به دست آوردن اثر متقابل تابش خورشیدی طول موج بلند و طول موج کوتاه است، زیرا حداقل دمای شبانه‌روزی رابطه نزدیکی با شار تابش طول موج بلند و حداکثر دما رابطه نزدیکی با شار تابش طول موج کوتاه دارد (ماکووسکی و همکاران ۲۰۰۸). از طرفی کاهش دامنه شبانه روزی دما یکی از دلایل کاهش دامنه آسایش حرارتی ساکنان زمین بخصوص ساکنین مناطق گرمسیری که در پی آسایش دمای شبانه هستند، می‌باشد. با کاهش دامنه شبانه روزی دما در واقع آسایش شبانه انسان نیز به خطر خواهد افتاد و این کاهش به منزله هر چه نزدیکتر شدن دمای شب به دمای روز و از بین رفتن آسایش شبانه برای انسان خواهد شد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۸).

با توجه به اثرات انکارناپذیر تغییر اقلیم بر مولفه‌های دمایی، بررسی روند تغییرات DTR بخاطر اثر مستقیم بر محصولات کشاورزی و همچنین سلامت جسمی و روحی انسان ضروری است. در این راستا جیان شنگ و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی تغییرات تابش بر روی دامنه دمای شبانه‌روزی پرداختند و به برآورد تغییرات دامنه شبانه‌روزی اقدام کردند. دلریو و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تغییرات دمایی در اسپانیا با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و من کندال پرداختند. نتایج نشان داد روند سالیانه دما به میزان ۰/۱ تا ۰/۲ درجه سلسیوس در هر دهه افزایش یافته است. لیو و همکاران (۲۰۱۷) به پیش‌نگری تغییرات دما در استان یونان در چین پرداختند. نتایج نشان داد که در اکثر دوره‌های آینده افزایش قابل توجه دما در شمال غربی و جنوب شرقی منطقه وجود دارد. دیمیری و همکاران (۲۰۱۸) به ارزیابی تغییرات کمینه و بیشینه دما در هیمالیا پرداختند. بر اساس نتایج، کمینه و بیشینه دما به ترتیب، ۰/۵۴ و ۰/۲۳ درجه سلسیوس در هر دهه

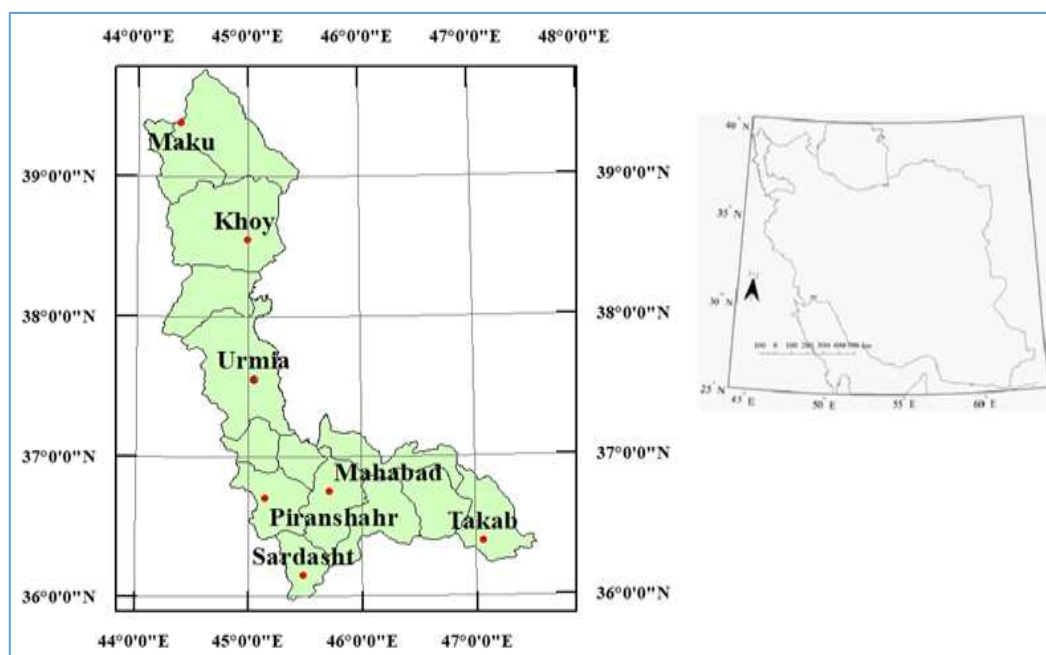
۲. مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه پژوهش، استان آذربایجان غربی در شمال غرب کشور است که که ۲/۶۵ درصد از کل مساحت کشور را تشکیل می‌دهد. این استان توپوگرافی متنوعی دارد به طوری که مناطق پست و دشتی حدود ۲۱ درصد و ارتفاعات نزدیک به ۶۳ درصد از مساحت آن را تشکیل می‌دهند (حسین پور و همکاران، ۲۰۲۴). این استان با میانگین بارندگی سالانه برابر ۳۶۱/۱ میلی‌متر دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم دارد به طوری که متوسط دمای دی ماه برابر با ۱/۷- درجه سلسیوس و متوسط دمای مرداد ماه به ۲۴/۸ درجه سلسیوس می‌رسد (نظرنژاد و همکاران، ۱۳۹۷). در این پژوهش از داده‌های ۷ ایستگاه هواشناسی با دوره آماری ۳۰ ساله (۲۰۲۱-۱۹۹۲) استفاده شد. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی در شکل (۱) و همچنین مشخصات جغرافیایی آن‌ها در جدول (۱) ارائه شده است.

تخمین‌گر شیب خط سن به واکاوی تغییرات دامنه شبانه‌روزی و فصلی دما در مناطق شهری و روستایی ایران پرداخت. نتایج نشان‌دهنده کاهش اختلاف شبانه‌روزی دما در بیشتر مناطق ایران به ویژه در فصل‌های پاییز و زمستان است. درخشنده و همکاران (۱۴۰۲) به آشکارسازی روند بارش با استفاده از آزمون ناپارامتریک من کندال پرداختند. نتایج نشان‌دهنده روند کاهشی بارش در مناطق غرب و شمال‌غرب کشور می‌باشد. شیرواند و همکاران (۱۴۰۳) به آشکارسازی تغییرات آب و هوایی در ایران پرداختند. نتایج نشان داد طی دوره‌های مختلف، طبقات آب‌وهوایی ایران به ویژه طبقات گرم و خشک و سرد خشک دچار تغییرات قابل توجهی شده‌اند.

بررسی و شناخت روند تغییرات دامنه شبانه‌روزی دما راهی در جهت آگاهی از وضعیت اقلیمی گذشته و آینده یک منطقه و گامی در جهت کمک به تصمیم‌گیری برنامه‌ریزان، مدیران و محققان کشور است. لذا با توجه به اهمیت موضوع، هدف این پژوهش آشکارسازی روند تغییرات دامنه شبانه‌روزی دما (DTR) و شناسایی پهنه‌های دارای روند افزایشی یا کاهشی بصورت فصلی و سالانه در استان آذربایجان غربی به عنوان یکی از قطب‌های تولیدات زراعی و باغی در شمال غرب کشور است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی

جدول ۱: مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)
۱	ماکو	۴۴/۲۳	۳۹/۲۲	۱۴۱۱/۲
۲	خوی	۴۴/۵۹	۳۸/۳۳	۱۱۰۳/۴
۳	ارومیه	۴۵/۳	۳۷/۳۹	۱۳۲۸
۴	پیرانشهر	۴۵/۸	۳۶/۴۱	۱۴۴۳/۵
۵	مهاباد	۴۵/۴۲	۳۶/۴۵	۱۳۵۱/۸
۶	سردشت	۴۵/۱۷	۳۶/۵	۱۵۵۶/۸
۷	تکاب	۴۷/۵	۳۶/۲۳	۱۸۱۷/۲

روش پژوهش

این پژوهش از نظر ماهیت، کتابخانه‌ای و آماری است و از نظر نوع تحقیق، یک تحقیق کاربردی محسوب می‌شود. در این پژوهش از دیدگاه آماری به بررسی تغییرات شبانه‌روزی دما در استان آذربایجان غربی پرداخته شد. زیر بنای پژوهش، استفاده از آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی با دوره آماری بلندمدت به صورت روزانه است. آمار دماهای کمینه و بیشینه برای دوره آماری ۳۰ ساله از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۱ از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. در ادامه پس از محاسبه دامنه شبانه روزی دما (DTR) که بیانگر اختلاف مقادیر دماهای بیشینه و کمینه می‌باشد، روند تغییرات بلندمدت DTR بصورت فصلی و سالانه با استفاده از آزمون ناپارامتری من کندال و شدت تغییرات نیز با استفاده از تخمین گر شیب سن در سطح های معنی داری ۵ و ۱ درصد تعیین می‌گردد.

آزمون ناپارامتری من-کندال

آزمون ناپارامتری من-کندال که توسط من در سال ۱۹۴۵ ارائه و سپس توسط کندال در سال ۱۹۷۵ تکمیل گردید، بر پایه مرتبه داده‌ها در یک سری زمانی استوار است. این آزمون برای بررسی تصادفی بودن داده‌ها (عدم وجود روند) در مقابل وجود روند در سری‌های زمانی هیدرولوژیکی و هواشناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد (ژانگ و همکاران ۲۰۰۰). مزیت این آزمون نسبت به سایر آزمون‌های تعیین روند، استفاده از

مرتبه داده‌ها در سری زمانی بدون در نظر داشتن مقدار متغیرها می‌باشد که به دلیل وجود چنین خاصیتی، می‌توان از این آزمون برای داده‌های دارای چولگی نیز استفاده کرد و نیازی نیست که داده‌ها در قالب توزیع خاصی در آیند. فرض مورد بررسی در این آزمون به صورت زیر می‌باشد:

H_0 : داده‌ها به صورت تصادفی توزیع شده‌اند (روند ندارند).

H_1 : داده‌ها دارای روند هستند.

در این آزمون، اگر x_1, x_2, \dots, x_n مشاهدات مورد نظر باشند، آنگاه داریم:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

که در آن x_j مقدار داده ج‌ام و sgn تابع علامت می‌باشد که به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

در واقع در این آزمون هر داده با تمامی داده‌های پس از خود مقایسه می‌شود. در این مرحله می‌توان بجای استفاده از مقادیر اصلی داده‌ها، از مرتبه داده‌ها در مجموعه مورد نظر (سری زمانی) استفاده کرده و مرتبه‌ها را به همین روش مقایسه نمود.

۵ درصد و اگر $|Z| > 2.56$ در سطح معنی‌داری ۱ درصد فرض صفر (عدم وجود روند) رد می‌شود (کندال، ۱۹۷۵).

تخمین گر شیب سن^۱

تخمین شیب‌خط روند ابتدا توسط تیل (۱۹۵۰) ارائه شد. سپس توسط سن (۱۹۶۸) برای تشخیص روند در یک سری زمانی بسط و گسترش داده شد. این روش یک روش ناپارامتری است که با استفاده از تحلیل تفاوت بین مشاهده‌ای یک سری زمانی، یک شیب میانه را برای سری زمانی داده‌ها از رابطه (۶) محاسبه می‌کند. در روش سن برای هر دو جفت داده متوالی یک شیب محاسبه می‌شود. شیب‌های محاسبه‌شده تشکیل یک سری زمانی می‌دهند که میانه آن‌ها شیب‌خط روند را نشان می‌دهد. در آزمون من-کندال شیب‌خط روند سری داده‌ها با روش تخمین گر سن از رابطه ناپارامتری زیر محاسبه می‌گردد (سن، ۱۹۶۸):

$$\beta = \text{Median} \left[\frac{X_j - X_i}{j - i} \right] (\forall j > i) \quad (6)$$

که در آن β برآوردگر شیب‌خط روند، X_i و X_j به ترتیب مقادیر مشاهداتی i ام و j ام می‌باشند و j یک واحد زمانی بعد از i می‌باشد. مقادیر مثبت و منفی β نشان‌دهنده روند افزایشی و کاهشی در سری داده‌ها است.

۳. نتایج و یافته‌ها

توزیع مکانی تغییرات دامنه شبانه روزی دما در دوره مورد مطالعه (۲۰۲۱-۱۹۹۲) نشان می‌دهد که دامنه تغییرات شبانه روزی دما در استان آذربایجان غربی بین ۸ تا ۱۴/۳ درجه سلسیوس در نوسان است. بیشترین و کمترین تغییرات شبانه روزی دما به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های تکاب و سردشت در جنوب شرق و جنوب غرب استان است (جدول ۲).

به این دلیل، این آزمون یک آزمون بر پایه مرتبه داده‌ها می‌باشد. با فرض اینکه داده‌ها مستقل بوده و توزیع یکنواخت دارند، میانگین و واریانس S از روابط زیر به دست می‌آید:

(۳)

$$E(S) = 0$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (4)$$

در رابطه بالا: n : تعداد داده‌ها، m : تعداد گره‌ها و t : تعداد داده در هر گره می‌باشد. منظور از گره این است که اگر از یک مقدار داده، بیشتر از یکی وجود داشته باشد، این مقادیر مساوی، تشکیل یک گره را می‌دهند و تعداد این مقادیر مساوی در گره m ام برابر t می‌باشد. آماره این آزمون (Z) دارای توزیع نرمال بوده و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

این آزمون، یک آزمون دوطرفه است. بنابراین در صورتی که $|Z| \leq Z_{\alpha/2}$ باشد، در سطح اطمینان α فرض صفر پذیرفته می‌شود و در غیر این صورت، فرض صفر رد خواهد شد. در حالت رد فرض صفر (وجود روند)، در صورتی که $S > 0$ باشد، سری زمانی دارای روند مثبت (صعودی) و در صورتی که $S < 0$ باشد، سری زمانی دارای روند منفی (نزولی) خواهد بود. اگر $|Z| > 1.64$ در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد، اگر $|Z| > 1.96$ در سطح معنی‌داری

¹ - Sen's Slope Estimator

جدول ۲- مقادیر DTR در دوره آماری (۲۰۲۱-۱۹۹۲) در ایستگاه‌های هواشناسی مطالعاتی

ردیف	ایستگاه	DTR
۱	ارومیه	۱۳/۱
۲	مهاباد	۱۲/۷
۳	ماکو	۱۰/۴
۴	پیرانشهر	۱۱/۵
۵	سردشت	۸
۶	تکاب	۱۴/۳
۷	خوی	۱۳/۲

ارومیه، سردشت و تکاب است. کمترین و بیشترین شیب تغییرات در فصل تابستان به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های مهاباد و پیرانشهر با شیب سن برابر با ۰/۰۰۹ و ۰/۰۵۵- است (جدول ۳).

بررسی تغییرات DTR در فصل پاییز نشان می‌دهد که همچون فصل تابستان تغییرات در ایستگاه‌های پیرانشهر و خوی، کاهشی و معنی‌دار در سطح ۵ درصد است و در سایر ایستگاه‌ها تغییرات بر اساس آزمون من کندال افزایشی است ولی این تغییرات افزایشی فقط در ایستگاه ارومیه با آمار من کندال، ۲/۳ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است و در سایر ایستگاه از نوع نوسانات کوتاه مدت آب و هوایی در منطقه است. کمترین و بیشترین شیب سن در این فصل به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ماکو (۰/۰۰۷) و پیرانشهر (۰/۰۳۷-) است (جدول ۳).

نتایج حاصل از آزمون من کندال و تخمین گر شیب سن در فصل زمستان نیز نشان داد که مقادیر آن به جز ایستگاه پیرانشهر که منفی و کاهشی است و با آماره من کندال برابر با ۲/۴- در سطح ۵ درصد نیز معنی شده است در سایر ایستگاه‌ها این تغییرات افزایشی است. آماره افزایشی من کندال نیز در ایستگاه‌های ارومیه و سردشت به ترتیب با آماره ۳/۳ و ۲/۹ در سطح ۱ درصد معنی‌داری شده است و در سایر ایستگاه‌ها مقادیر افزایشی آماره من کندال معنی‌داری نبوده و تغییرات

نتایج حاصل از آزمون من کندال و تخمین گر شیب سن بر روی داده‌های DTR بصورت فصلی در ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه نشان داد که مقادیر آن در فصل بهار به غیر از ایستگاه پیرانشهر در سایر ایستگاه‌ها افزایشی است. آماره افزایشی من کندال نیز در ایستگاه ارومیه، مهاباد و تکاب به ترتیب با آماره ۴/۵، ۲/۶ و ۲/۹ در سطح ۱ درصد معنی‌داری شده است و حاکی از روند افزایش دامنه شبانه روزی دما در ایستگاه‌های مذکور است و در سایر ایستگاه‌ها مقادیر کاهشی و افزایشی آماره من کندال معنی‌داری نبوده و تغییرات مذکور از نوع نوسانات کوتاه‌مدت آب و هوایی در منطقه است. بیشترین و کمترین شیب تغییرات نیز در این فصل بر اساس تخمین گر شیب سن نیز مربوط به ایستگاه‌های تکاب و ماکو است (جدول ۳). بررسی تغییرات در فصل تابستان نشان می‌دهد که آماره من کندال در ایستگاه‌های پیرانشهر و خوی منفی و کاهشی است و در هر دو ایستگاه نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. اما تغییرات DTR در سایر ایستگاه‌ها افزایشی است و این تغییرات افزایشی در ایستگاه ارومیه با آماره من کندال برابر با ۳/۸ و ایستگاه سردشت با آماره ۲/۷ در سطح ۱ درصد و در ایستگاه تکاب با آماره من کندال برابر با ۲/۲ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است. نتایج در فصل تابستان بیانگر روند کاهشی دامنه شبانه روزی دما در ایستگاه‌های پیرانشهر و خوی و روند افزایشی در ایستگاه‌های

مذکور از نوع نوسانات کوتاه مدت آب و هوایی در منطقه است. نتایج حاصل از شیب سن نیز حاکی از تغییر کاهشی DTR در ایستگاه پیرانشهر و افزایش در سایر ایستگاه‌ها است. بیشترین تغییرات شیب سن نیز با ۰/۰۳۳ مربوط به ایستگاه سردشت و سپس ایستگاه پیرانشهر با ۰/۰۳۲- است (جدول ۳). بررسی تغییرات DTR از نظر ایستگاهی نیز نشان می‌دهد که به جز ایستگاه پیرانشهر که در همه فصول و ایستگاه خوی

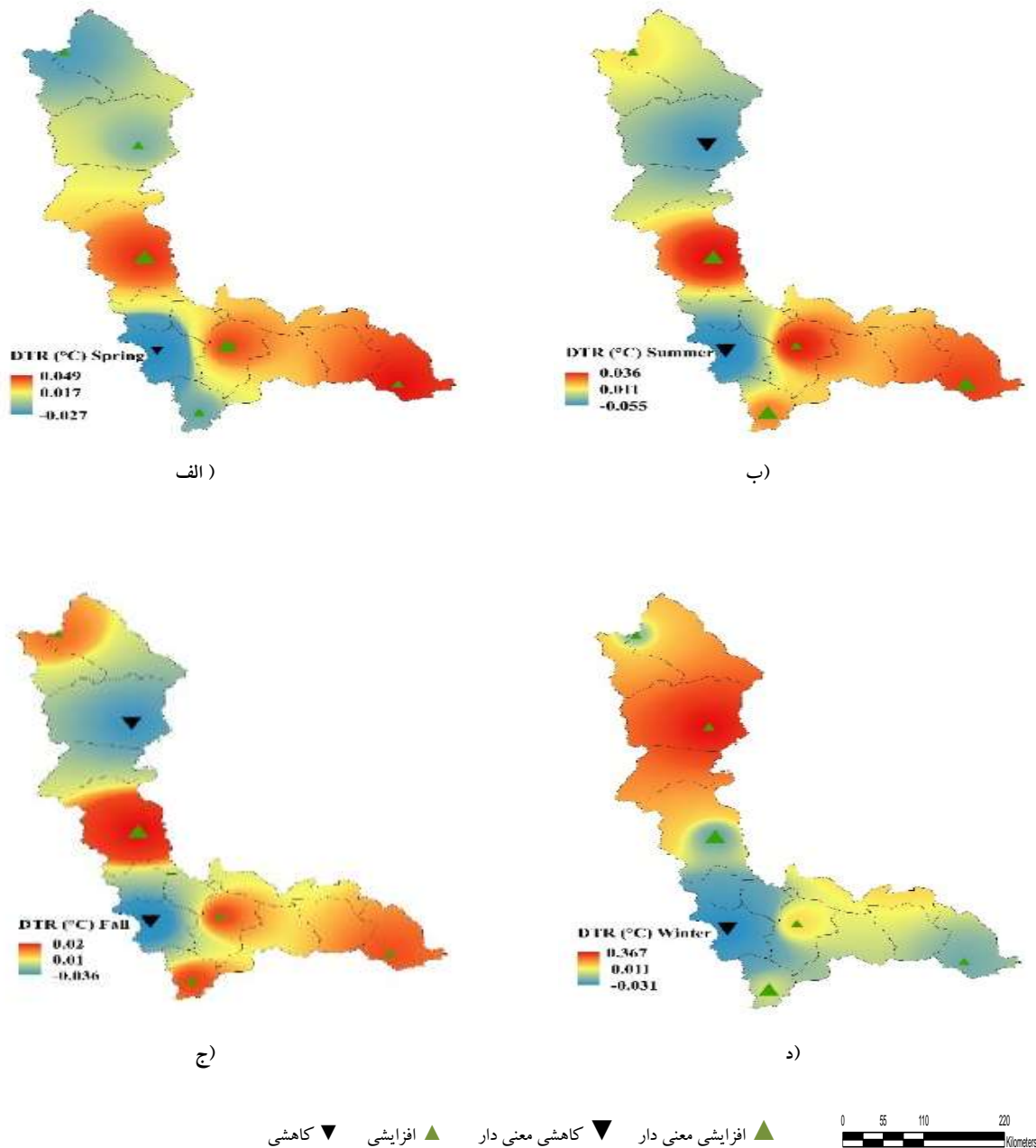
که در فصول تابستان و پاییز کاهشی شده در سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه تغییرات در همه فصول سال افزایشی بوده که این تغییرات نیز در برخی فصول معنی‌دار شده است ولی در ایستگاه ارومیه این تغییرات افزایشی در همه فصول سال معنی‌دار شده است و تغییرات از نوع روند در منطقه است (جدول ۳).

جدول ۳- روند تغییرات DTR بصورت فصلی در ایستگاه‌های هواشناسی مطالعاتی

ایستگاه	بهار		تابستان		پاییز		زمستان	
	من کندال	شیب سن	من کندال	شیب سن	من کندال	شیب سن	من کندال	شیب سن
ارومیه	۴/۵	۰/۰۴۶	۳/۸	۰/۰۳۷	۲/۳	۰/۰۲۱	۳/۳	۰/۰۲۶
مهاباد	۲/۶	۰/۰۴۳	۱/۹	۰/۰۰۹	۰/۷	۰/۰۰۹	۱/۷	۰/۰۲۹
ماکو	۰/۵	۰/۰۰۵	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۶	۰/۰۰۷	۰/۲	۰/۰۰۳
پیرانشهر	- ۱/۸	- ۰/۰۲۷	- ۳/۴	- ۰/۰۵۵	- ۲/۲	- ۰/۰۳۷	- ۲/۴	- ۰/۰۳۲
سردشت	۰/۶	۰/۰۰۶	۲/۷	۰/۰۲۲	۱/۰	۰/۰۱۰	۲/۹	۰/۰۳۳
تکاب	۲/۹	۰/۰۴۹	۲/۲	۰/۰۲۹	۰/۳	۰/۰۰۹	۰/۹	۰/۰۱۷
خوی	۱	۰/۰۰۷	- ۲/۹	- ۰/۰۲۴	- ۲/۳	- ۰/۰۲۴	۰/۹	۰/۰۰۷

توزیع فضایی DTR بر اساس تخمین‌گر شیب سن در فصول مختلف سال در شکل (۲) آورده شده است بر اساس نتایج بیشترین اختلاف شبانه روزی دما در فصول بهار و تابستان مربوط به نواحی جنوب شرقی و مرکزی استان و کمترین شدت تغییرات مربوط به نواحی شمال غربی و جنوب غربی است شدت تغییرات بر اساس تخمین‌گر شیب سن در فصول مذکور بین ۰/۰۵۵- تا ۰/۰۴۹ است (شکل ۲ الف و ب).

شدت تغییرات در فصل پاییز بین ۰/۰۳۷- تا ۰/۰۲۱ است که بیشترین شدت آن مربوط به نواحی مرکزی و کمترین شدت مربوط به نواحی شمالی و جنوب غربی استان است (شکل ۲ د). شدت تغییرات DTR در فصل زمستان بین ۰/۰۳۲- تا ۰/۰۳۳ است که بیشترین شدت آن مربوط به نیمه شمالی و کمترین شدت تغییرات مربوط به نواحی جنوب غربی و سپس جنوب شرقی استان است (شکل ۲ ج).



شکل ۲. توزیع فضایی شدت تغییرات DTR بر اساس تخمین گر شیب سن در فصول مختلف سال در منطقه مورد مطالعه

اساس تخمین گر شیب سن در ایستگاه‌های پیرانشهر و خوی به ترتیب برابر با $-۰/۰۴$ و $-۰/۰۱$ درجه سلسیوس در سال است. تغییرات افزایشی نیز در ایستگاه‌های ارومیه و مهاباد با آماره من کندال برابر با $۴/۲$ و ۳ در سطح ۱ درصد و در ایستگاه سردشت با آماره من کندال، $۲/۳$ و ایستگاه تکاب با آماره $۱/۹$ در سطح ۵ درصد معنی دار شده است و این تغییرات

نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات شبانه روزی دما بصورت سالانه در دوره مورد مطالعه (۱۹۹۲-۲۰۲۱) نشان داد که تغییرات در ایستگاه‌های پیرانشهر و خوی کاهش و در سایر ایستگاه‌ها افزایشی است. این تغییرات کاهش در هر دو ایستگاه مذکور در سطح ۵ درصد معنی دار شده و تغییرات از نوع روند در منطقه مورد مطالعه است. شدت تغییرات نیز بر

افزایشی فقط در ایستگاه ماکو معنی دار نشده است و تغییرات مذکور در این ایستگاه از نوع نوسانات کوتاه مدت آب و هوایی در منطقه می باشد. بیشترین و کمترین شدت تغییرات

افزایشی نیز به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ارومیه و ماکو با شیب سن برابر با ۰/۰۳۱ و ۰/۰۰۸ درجه سلسیوس در سال در دوره مورد مطالعه است (جدول ۴).

جدول ۴- روند و شدت تغییرات DTR بصورت سالانه در ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

ردیف	ایستگاه	آماره من کندال	سطح معنی داری	شیب سن
۱	ارومیه	۴/۲	۰/۰۰	۰/۰۳۱
۲	مهاباد	۳	۰/۰۰	۰/۰۲۷
۳	ماکو	۱	۰/۳۱	۰/۰۰۸
۴	پیرانشهر	- ۳/۵	۰/۰۰	- ۰/۰۴۰
۵	سردشت	۲/۳	۰/۰۲	۰/۰۲۴
۶	تکاب	۱/۹	۰/۰۵	۰/۰۲۵
۷	خوی	- ۲/۱	۰/۰۴	- ۰/۰۱۰

۴. بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر، به منظور آشکارسازی روند تغییرات دامنه شبانه روزی دما (DTR) در استان آذربایجان غربی به عنوان مولفه اثرگذار بر کشاورزی، محیط زیست، آسایش انسانی و... با استفاده از آزمون من کندال و تخمین گر شیب سن صورت گرفت. بدین منظور از داده‌های کمینه و بیشینه دما، ۷ ایستگاه همدیدی با پراکنش مناسب در سطح استان در دوره آماری (۲۰۲۱-۱۹۹۲) استفاده شد. پراکنش فضایی DTR در دوره مورد مطالعه نشان داد که دامنه تغییرات شبانه روزی دما در استان آذربایجان غربی بین ۸ تا ۱۴/۳ درجه سلسیوس در نوسان است که بیشترین و کمترین آن به ترتیب مربوط به نواحی جنوب شرقی و جنوب غربی استان است. نتایج حاصل با مطالعات احمدی و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی تغییرات دامنه شبانه روزی دما در ایران مطابقت دارد. آشکارسازی تغییرات به صورت فصلی نیز نشان داد که در فصل بهار به غیر از ایستگاه پیرانشهر در سایر ایستگاه‌ها تغییرات DTR افزایشی است و این تغییرات افزایشی نیز در ایستگاه ارومیه، مهاباد و تکاب در سطح ۱ درصد معنی داری شده است و حاکی از روند افزایش دامنه شبانه روزی دما در ایستگاه‌های مذکور است و در سایر ایستگاه‌ها تغییرات کاهش و افزایشی از نوع نوسانات کوتاه مدت آب و هوایی در منطقه است. نتایج در

فصل تابستان بیانگر روند کاهشی دامنه شبانه روزی دما در ایستگاه‌های پیرانشهر و خوی و روند افزایشی در ایستگاه‌های ارومیه، سردشت و تکاب است. در فصل پاییز نیز تغییرات در ایستگاه‌های پیرانشهر و خوی دارای روند کاهشی و در ایستگاه ارومیه دارای روند افزایشی است و در سایر ایستگاه‌ها تغییرات افزایشی از نوع نوسانات کوتاه مدت آب و هوایی در منطقه است. در فصل زمستان نیز همچنان تغییرات در ایستگاه پیرانشهر دارای روند کاهشی است و در سایر ایستگاه‌ها تغییرات افزایشی است و این افزایش نیز فقط در ایستگاه‌های ارومیه و سردشت دارای روند معنی دار است. بررسی تغییرات DTR از نظر ایستگاهی نیز نشان می‌دهد که به جز ایستگاه پیرانشهر که در همه فصول و ایستگاه خوی که در فصول تابستان و پاییز کاهشی شده در سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه تغییرات در همه فصول سال افزایشی بوده و این افزایش نیز فقط در ایستگاه ارومیه در همه فصول سال معنی دار شده است. توزیع فضایی شدت تغییرات DTR بر اساس تخمین گر شیب سن نیز نشان داد بیشترین اختلاف شبانه روزی دما در فصول بهار و تابستان مربوط به نواحی جنوب شرقی و مرکزی استان و کمترین شدت تغییرات مربوط به نواحی شمال غربی و جنوب غربی است. بیشترین شدت تغییرات در فصل پاییز مربوط به نواحی مرکزی و کمترین

۲. اژدرنیا، حکیمه، اسدی، اشرف. ۱۴۰۰. بررسی پراکنش زمانی - مکانی اختلاف دمای شبانه روزی در استان فارس، جغرافیای طبیعی، ۱۴ (۵۳): ۷۵-۹۵.
۳. حسینی، سید اسعد، مجیدی، لیلیا، بالی، عارف، شیراوند، هنگامه. (۱۳۹۹). بررسی نوسانات منطقه‌ای دما و بارش در جنوب غرب آسیا، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱۱ (۴۲): ۱۵۵-۱۶۷.
۴. حسینی، سید محمد، حسینی، سید اسعد، کربلایی، علیرضا. ۱۳۹۸. ارزیابی شاخص‌های زیست اقلیمی سندج. مطالعات علوم محیط زیست، انتشارات مرکز فناوری‌های پایش آلودگی هوا و آب و سامانه‌های انرژی، دوره ۴، ش ۲، صص ۱۳۱۶-۱۳۰۷.
۵. درخشنده، علی، خورانی، اسداله، رضازاده، مریم. (۱۴۰۲). روندیابی بارش در ایران بر اساس داده‌های MERRA2، فیزیک زمین و فضا، ۴۹ (۳): ۶۸۳-۶۶۹.
۶. زابل عباسی، فاطمه، مرتضی، اثری سعد آباد، و شراره، ملبوسی، ۱۳۸۶، تحلیل مقدماتی سری‌های زمانی دمای هوای شهر مشهد. کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم بر مدیریت منابع آب، صص ۱۶-۱.
۷. سبزی پرور، علی اکبر، میر گلوی بیات، راضیه، قیامی شمایی، فرشته (۱۳۹۰)، ارزیابی روند احتمالی تغییرات اختلاف دمای شبانه روزی در برخی اقلیم‌های خشک کشور طی پنج دهه گذشته، مجله پژوهش فیزیک ایران، جلد ۱۱، ش ۱، صص ۲۷-۳۷.
۸. شمس، شیده، موسوی بایگی، سید محمد. ۱۳۹۵. بررسی نقطه‌ی شکست و روند تغییرات دامنه شبانه روزی دمای هوای شهر مشهد، نشریه آب و خاک، ش ۵، صص ۱۶۸۵-۱۶۷۳.
۹. شیراوند، هنگامه، طحان، زرین، حسینی، سید اسعد. (۱۴۰۳). آشکارسازی تغییرات مناطق آب‌وهوایی ایران طی دوره ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۵، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۳ (۱): ۲۹۲-۲۶۵.
۱۰. قیامی، فرشته، معروفی، صفر، سبزی پور علی اکبر، زارع آبیانه، حمید، حیدری، مجید، (۱۳۹۰)، آشکارسازی

شدت مربوط به نواحی شمالی و جنوب غربی استان است در فصل زمستان نیز بیشترین شدت تغییرات مربوط به نیمه شمالی و کمترین میزان مربوط به نواحی جنوب غربی و سپس جنوب شرقی استان است. نتایج حاصل از این بخش با مطالعات زهرائی و همکاران (۲۰۲۰) در جنوب شرق کشور، شمس و موسوی (۱۳۹۵) در مشهد، اژدرنیا و اسدی (۱۴۰۰) در استان فارس و محمودی (۱۴۰۱) در مناطق شهری و روستایی ایران مطابقت دارد.

روند کلی تغییرات DTR به صورت سالانه در استان آذربایجان غربی نشان داد که تغییرات در تمام ایستگاه‌ها به جز ایستگاه ماکو معنی‌دار شده است این تغییرات معنی‌دار نیز به جز ایستگاه‌های پیرانشهر و خوی که کاهش است در سایر ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی است. نتایج حاصل با مطالعات گودرزی و همکاران (۱۳۹۴) در حوضه دریاچه ارومیه مطابقت دارد. بنابراین می‌توان بیان کرد با توجه به گرمایش جهانی و افزایش دماهای کمینه و بیشینه میزان DTR نیز در غالب منطقه مورد مطالعه افزایش خواهد یافت. روند کاهش اختلاف دمای شبانه روز نیز در برخی مناطق حاکی از افزایش بیشتر دمای کمینه در برابر دمای بیشینه است که این امر می‌تواند بر بخش کشاورزی به ویژه تغییر زمان فصل کشت گیاه اثرات قابل توجهی را داشته باشد. لذا در یک مدیریت صحیح کشاورزی بایستی به چنین نکاتی توجه نموده و بررسی‌ها و پیش‌بینی‌های لازم را انجام داد. با توجه به این که آگاهی از میزان تغییرات و روند مثبت و منفی در برنامه‌ریزی‌های زیست محیطی، آسایش انسانی و توسعه یک مکان اهمیت دارد، نتایج این تحقیق در آشکار کردن تغییرات اقلیمی این مناطق در آینده، قابل توجه است.

منابع

۱. احمدی، محمود، ثابتی فیجانی، صبا، داداشی رودباری، عباسعلی. ۱۳۹۸. پایش و پیش‌نگری دامنه تغییرات شبانه روزی دما DTR در ایران، ششمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران.

- chilling in Iran. *Meteorol Atmos Phys* 133, 1203-1221
19. Hoseinpour, M., Mousavi, M. N. & Jafarpour Ghalehtemouri, K. 2024. Enhancing urban and regional development for border security in Iran: A futures study of West Azerbaijan province. *Town and Regional Planning*, no. 84: 15-28.
 20. Huang, X., Dunn, R. J. H., Li, L. Z. X., McVicar, T. R., Azorin-Molina, C., Zeng, Z. (2023). Increasing global terrestrial diurnal temperature range for 1980-2021. *Geophysical Research Letters*, 50, e2023GL103503.
 21. Jiansheng Ye, Fengmin Li, Guojun Sun, Anhong Guo, (2010) Solar dimming and its impact on estimating solar radiation from diurnal temperature range in china, 1961-2007, *Theor appl Climatol*, 101: 137-142.
 22. Kendall, M.G. 1975. Rank Correlation Measures, Charles Griffin, London, 272p.
 23. Liu, J., Chen, S., Li, L., Li J. 2017. Statistical Downscaling and Projection of Future Air Temperature Changes in Yunnan Province, China, *Advances in Meteorology*. (2017): 1-11.
 24. Makowski, M Wild, and A Ohmura, (2008) *Atoms, Chem Phs*8, 6483.
 25. Mann, H.B. 1945. Non-parametric tests against trend, *Econometrica* 13, *MathSci Net*, 3: 245-259
 26. Sankalp, S., Sahoo, B.B. & Sahoo, S.N. 2023. Uncertainty and sensitivity analysis of deep learning models for diurnal temperature range (DTR) forecasting over five Indian cities. *Environ Monit Assess* 195, 29.
 27. Sen, P.K. 1968. Estimates of the regression coefficients based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63:1379-1389.
 28. Zahraei, A., Poodineh, M. R., Hosseini, S.A. 2020. Evaluating the impacts of climate change on the Diurnal Temperature Range (DTR) in southeastern of Iran using the outputs of AOGCMs. *Model. Earth Syst. Environ*. 6: 943-952.
 29. Zhang, X., Vincent, L.A., Hogg, W.D., Niitsoo, A. 2000. Temperature and rainfall trends in Canada during the 20th century. *Atmosphere- Ocean*, 38: 395-429.
- تغییر اقلیم در غرب ایران با توجه به تغییرات دما، مهندسی آبیاری و آب، سال دوم، شماره ۶، صص ۱۰-۲۵.
۱۱. گودرزی، مسعود، صلاحی، برومند، حسینی، سید اسعد. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر تغییرات رواناب سطحی (مطالعه موردی: حوضه آبریز دریاچه ارومیه)، *اکو هیدرولوژی*، ۲ (۲): ۱۷۵-۱۸۹.
 ۱۲. گودرزی، مسعود، صلاحی، برومند، حسینی، سید اسعد. ۱۳۹۷. چشم انداز آتی تغییرات دما و بارش با استفاده از مدل ریزگردانی آماری (مطالعه موردی: حوضه آبخیز دریاچه ارومیه). فصلنامه فضای جغرافیایی، انتشارات دانشگاه آزاد اهر، سال ۱۸، ش ۶۴، صص ۶۰-۴۱.
 ۱۳. محمودی، اسراء. ۱۴۰۱. واکاوی تغییرات دامنه شبانه‌روزی و فصلی دما در مناطق شهری و روستایی ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه کردستان.
 ۱۴. مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۳) بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، جغرافیا و توسعه، شماره ۲ پیاپی (۳)، صص ۱۰۶.
 ۱۵. نظرنژاد، حبیب، شاه حسین، تارا، اسدزاده، فرخ. (۱۳۹۷). تغییرات مکانی و زمانی فرساینده‌گی باران در استان آذربایجان غربی. جغرافیا و پایداری محیط، ۸ (۲۷): ۸۹-۹۹.
16. Del Rio, S., L. Herrero, C. Pinto-Gomes and A. Penas. 2011. Spatial analysis of mean temperature trends in Spain over the period 1961-2006. *Glob. Planet. Change*, 78(1-2):65-75.
 17. Dimri, A.P., Kumar, D., Choudhary, A., Maharana, P. 2018. Future changes over the Himalayas: Maximum and minimum temperature, *Global and Planetary Change*, 162:212-234.
 18. Helali, J., Momenzadeh, H., Oskouei, E.A. Lotfi, M., Hosseini, S. A. 2021. Trend and ENSO-based analysis of last spring frost and