

بررسی روند تغییرات دما با در نظر گرفتن ضریب هارست (مطالعه موردی: استان آذربایجان غربی)

فرشاد احمدی^{۱*} - محمد ناظری تهرودی^۲ - رسول میرعباسی نجف آبادی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۲۴

چکیده

افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال‌های گذشته با افزایش دما همراه بوده است. تغییرات دما از جمله عوامل مهم و تاثیرگذار در اقلیم هر منطقه بوده و به عنوان یکی از پارامترهای مهم مطالعات اقلیم‌شناسی همواره مطرح می‌باشد. در این مطالعه، روند درجه حرارت هوای استان آذربایجان- غربی در دو مقیاس ماهانه و سالانه با استفاده از ویرایش چهارم آزمون ناپارامتری من- کندال (MK4) مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های مورد استفاده دمای متوسط ۲۴ ایستگاه تیخیرسنجی، در دوره آماری ۱۳۹۲-۱۳۶۰ می‌باشند. به منظور تخمین شیب خط روند، از روش تخمین گر شیب سن استفاده شد. نتایج نشان داد که در مقیاس سالانه، ۷۱ درصد از ایستگاه‌های مورد بررسی (۱۷ ایستگاه از ۲۴ ایستگاه منتخب)، روند افزایشی معنی‌دار را در سطح اطمینان ۱۰ درصد تجربه کرده‌اند و فقط ۷ ایستگاه (۲۹ درصد از ایستگاه‌های منتخب) افزایش معنی‌دار در سری‌های درجه حرارت هوا نداشتند. بیشترین نرخ افزایش دما در مقیاس سالانه مربوط به ایستگاه چهریق با شیب $0.12 (^{\circ}\text{C}/\text{Year})$ بود. در مقیاس ماهانه، تعداد ماه‌ها با روند افزایشی شش برابر تعداد ماه‌ها با روند کاهشی بود. در این بین ماه‌های بهمن و اسفند بیشترین تعداد ایستگاه با روند افزایشی را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین با توجه به مقدار شیب سن محاسبه شده، استان آذربایجان غربی در هر سال به طور متوسط 0.05 درجه سانتی‌گراد ($1/65$ درجه سانتی‌گراد در طول دوره آماری مورد مطالعه) افزایش را در دمای سالانه تجربه کرده است.

واژه‌های کلیدی: آزمون من- کندال، سطح اطمینان، شیب سن، ماندگاری

مقدمه

مورد استفاده در تغییرات اقلیمی هم در مقیاس جهانی و هم مقیاس منطقه‌ای است. بر اساس گزارش‌های علمی، متوسط دمای هوای سطح زمین طی قرن بیستم در حدود 0.6 درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است و انتظار می‌رود که مقدار تبخیر نیز روندی صعودی داشته باشد. در این صورت اتمسفر قادر خواهد بود تا مقادیر بیشتری از بخار آب را جابه‌جا کند. پدیده گرمایش جهانی، می‌تواند مولفه‌های چرخه هیدرولوژیکی را تغییر داده و منابع آب جهانی را در زمان و مکان دوباره توزیع کند. این امر ممکن است موجب تشدید بیابان‌زایی در کشورهای خشک و نیمه‌خشک مثل ایران گردد (۳). لذا بررسی روند دما در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی بخش بزرگی از تحقیقات اقلیم‌شناسی و مهندسی منابع آب را به خود اختصاص داده است.

پرز و همکاران (۲۰) اطلاعات دما را در بسیاری از نقاط جهان برای دوره ۱۹۵۸ تا ۱۹۸۸ تحلیل کرده و برای نیم‌کره شمالی و آتلانتیک (در نوار $50-30$ درجه شمالی) و روند منفی را بر روی

یکی از مباحث بسیار مهم و جالب توجه که ذهن بسیاری از کاوشگران و محققان را به خود جلب نموده است، بحث تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین می‌باشد. تغییر اقلیم را معادل تغییرات معنی‌دار آماری برای متوسط وضع آب و هوا طی یک دوره طولانی تعبیر کرده‌اند (۲۲). گرم شدن جهانی ممکن است باعث تغییرات مهمی در فرآیندهای مختلف شده و میانگین و واریانس مقادیر متغیرهایی نظیر رطوبت نسبی، بارش، تشعشع خورشیدی و غیره را می‌تواند بطور معنی‌داری تغییر دهد. درجه حرارت یکی از مهمترین شاخص‌های

۱ و ۲- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

*- نویسنده مسئول: (Email: Farshad.paper@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jsw.v31i2.56035

آن است که در ماه‌ها و فصل‌های گرم سال روند افزایشی معنی‌دار در کل کشور وجود دارد و به طور کلی در مقیاس سالانه تقریباً پنجاه درصد ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی بودند. گوجیک و تراجکویچ (۹) روند تغییرات دمای فصلی و سالانه سیبری را با استفاده از آزمون من-کندال مورد مطالعه قرار دادند. نتایج به دست آمده بیانگر آن است که درجه حرارت فصلی و سالانه از روند صعودی معنی‌دار برخوردار است. موندال و همکاران (۱۹) روند تغییرات ۱۰۷ ساله دما را با استفاده از آزمون من-کندال در کشور هند مورد بررسی قرار داده و گزارش نمودند که در منطق مختلف هند دما روندی رو به افزایش داشته و بیشترین مقدار افزایش دما در فصل زمستان به وقوع پیوسته است. کالویرو (۶) روند تغییرات دما را در کشور نیوزیلند با استفاده از آزمون من-کندال بررسی کرده و بیان داشتند که در فصل‌های پاییز و زمستان دماهای حداقل و حداکثر روند افزایشی داشته و میزان افزایش در دماهای بیشینه بیشتر از دماهای کمینه بوده است.

برای بررسی وجود روند در سری‌های هیدرولوژیکی اغلب از روش‌های ناپارامتری استفاده می‌شود. آزمون‌های ناپارامتری^۴ برای سری داده‌هایی که توزیع آماری آنها نرمال نیست یا دارای داده‌های بریده شده باشند، مناسب‌تر هستند (۱۸). شرط استفاده از این آزمون-ها، عدم وجود ضریب خودهمبستگی معنی‌دار در سری‌زمانی داده‌ها می‌باشد (۱۲). در صورتی که در داده‌های مورد بررسی ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار وجود نداشته باشد می‌توان از ویرایش اول آزمون من-کندال (MK) استفاده نمود. بسیاری از محققان نظیر عبدالعزیز و برن (۱) و عبقری و همکاران (۲) به بررسی اثر ضرایب خودهمبستگی در تعیین روند متغیرهای هیدرولوژیکی پرداخته و با حذف اثر خودهمبستگی معنی‌دار مرتبه اول، آزمون من-کندال را اصلاح نموده و به اصطلاح آن را ویرایش دوم آزمون MK یا MK2 نامیدند. حامد و رائو (۱۱) اثر کلیه ضرایب خودهمبستگی را مورد ارزیابی قرار داده و با حذف اثر تمامی ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار، حالت کلی-تری از آزمون MK2 را با نام آزمون من-کندال اصلاح شده^۵ (MMK) ارائه نمودند. چنانچه سری هیدرولوژیکی مورد بررسی از حافظه بلند مدت برخوردار باشد، در این صورت استفاده از ویرایش-های قبلی آزمون من-کندال می‌تواند به صورت غیرواقعی مقدار روند را بزرگ و یا کوچک نشان دهد (۲۷). همچنین کوپوتسیانیس و مونتری (۱۵) نشان دادند که اثر پدیده هاراست^۶ می‌تواند نتایج حاصل از آزمون من-کندال را با عدم اطمینان همراه سازد. از این رو کومار و همکاران (۱۶) آزمون MK را با توجه به حافظه بلند مدت و اثر پدیده هاراست اصلاح نموده و ویرایش چهارم آزمون من-کندال را تحت

ایسلند، گرینلند و سواحل شرقی کانادا شامل خلیج هودسون به دست آوردند. باکس (۵) با تحلیل ۳۴ ایستگاه ساحلی و سه ایستگاه در یخچال‌های واقع در گرینلند، روند سرد شدن را در دوره ۱۹۵۵ تا ۱۹۸۴ نتیجه گرفت. ریو و همکاران (۲۱) با استفاده از داده‌های سالانه، فصلی و ماهانه ۴۷۳ ایستگاه هواشناسی در دوره آماری ۴۶ ساله روند درجه حرارت را با استفاده از آزمون من-کندال در کشور اسپانیا مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که بیش از ۶۰ درصد اسپانیا در فصول بهار و تابستان دارای روند مثبت بوده و درجه حرارت سالانه در تمام ایستگاه‌ها حدود ۰/۱ الی ۰/۲ درجه سانتی گراد افزایش داشته است. فیسچر و همکاران (۸) در مطالعه‌ای به بررسی روند تغییرات دما و بارش حوضه رودخانه ژوجیانگ^۱ در جنوب چین پرداخته و بیان داشتند که در مقیاس سالانه دما و بارش به ترتیب روند افزایشی و کاهش را تجربه کرده‌اند. ورجسی و تودیسکو (۲۴) با بررسی تغییرات دما در ایتالیا مرکزی، روند معنی‌داری افزایشی را در دماهای حداقل و حداکثر گزارش نمودند. یانگ و همکاران (۲۶) براساس درجه حرارت و بارش میانگین ماهانه ۵۳ ساله در حوضه رودخانه ژانگپیان^۲ چین و پنج ایستگاه هواشناسی اطراف آن با استفاده از آزمون من-کندال روند این عوامل را مورد بررسی قرار داده و روند کاهش معنی‌دار در بارندگی سالانه و روند صعودی دما را در فصول تابستان و بهار گزارش نمودند. طبری و حسین‌زاده (۲۳) روند درجه حرارت ماکزیمم و مینیمم دمای سالانه، فصلی و ماهانه را در ۱۹ ایستگاه سینوپتیک واقع در مناطق خشک و نیمه خشک ایران در دوره آماری ۳۰ ساله با استفاده از آزمون من-کندال مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که درجه حرارت ماکزیمم و مینیمم سالانه به ترتیب ۰/۰۹ و ۰/۴۴ درجه سلسیوس در هر دهه افزایش داشته است. مارتینز و همکاران (۱۷) تغییرات روند متوسط درجه حرارت ایالت فلوریدای آمریکا را در دو دوره زمانی ۲۰۰۹-۱۸۹۵ و ۲۰۰۹-۱۹۷۰ با استفاده از آزمون من-کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن است که در هر دو دوره مورد مطالعه دما روند صعودی را در این ایالت تجربه کرده است. وانگ و همکاران (۲۵) روند تغییرات سالانه دما و بارش را در طی پنجاه سال برای منطقه لوئیس پلاتیو^۳ در چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میانگین سالانه درجه حرارت منطقه مورد مطالعه ۱/۱۹°C در پنجاه سال گذشته افزایش و میزان بارندگی (mm/50year) ۲۹/۱۱ کاهش یافته است. کوثری و همکاران (۱۳) تغییرات درجه حرارت بیشینه را در ۳۲ ایستگاه سینوپتیک کشور در دوره ۲۰۰۵-۱۹۶۰ با استفاده از آزمون من-کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از

4 - Non parametric

5 - Modified Mann-Kendall Test

6 - Long-Term Persistence

7 - Hurst phenomenon

1 - Zhujiang

2 - Zhangweinan

3 - Loess Plateau

کرد. در ضمن روش‌های ناپارامتری جهت بررسی روند نسبت به روش‌های پارامتری حساسیت کمتری به مقادیر حدی دارند. همچنین آزمون ناپارامتری را می‌توان برای سری‌زمانی داده‌ها، بدون در نظر گرفتن خطی یا غیرخطی بودن روند به کار برد (۳). به طور کلی آزمون من-کندال دارای چهار ویرایش می‌باشد که توسط دین پژوه و همکاران (۷) شرح داده شده است. در این مطالعه از ویرایش چهارم این آزمون استفاده شد که در ادامه شرح داده می‌شود.

آزمون MK1 (من کندال مرسوم)

برای انجام آزمون MK1 ابتدا آماره S به شرح زیر بدست می‌آید:

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

که در آن x_j مقدار داده j ام، n طول سری داده‌ها و $\text{sgn}(\theta)$ تابع علامت است که بصورت زیر تعیین می‌شود:

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

به ازای $n \geq 8$ آماره S دارای توزیع نرمال بوده و میانگین و واریانس آن بشرح زیر است:

$$E(S) = 0 \quad (3)$$

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

که در آن t_i تعداد داده‌های یکسان در دسته i ام می‌باشند. آماره آزمون MK یا Z بشرح زیر محاسبه می‌شود:

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

در مطالعه حاضر فرض صفر (عدم وجود روند) به شرط $-Z_{1-\alpha/2} \leq Z \leq Z_{1-\alpha/2}$ پذیرفته می‌شد و در غیر اینصورت این فرض رد و فرض مخالف (وجود روند در سطح معنی داری α) پذیرفته می‌شد.

عنوان MK4 معرفی نمودند. با توجه به پیشینه پژوهش مشاهده می‌شود که تاکنون روند تغییرات دمای استان آذربایجان غربی با در نظر گرفتن حافظه بلند مدت سری مورد نظر و پدیده هارست مورد بررسی واقع نشده است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی جامع روند تغییرات دمای استان آذربایجان غربی با استفاده از ویرایش چهارم آزمون من-کندال یا MK4 می‌باشد.

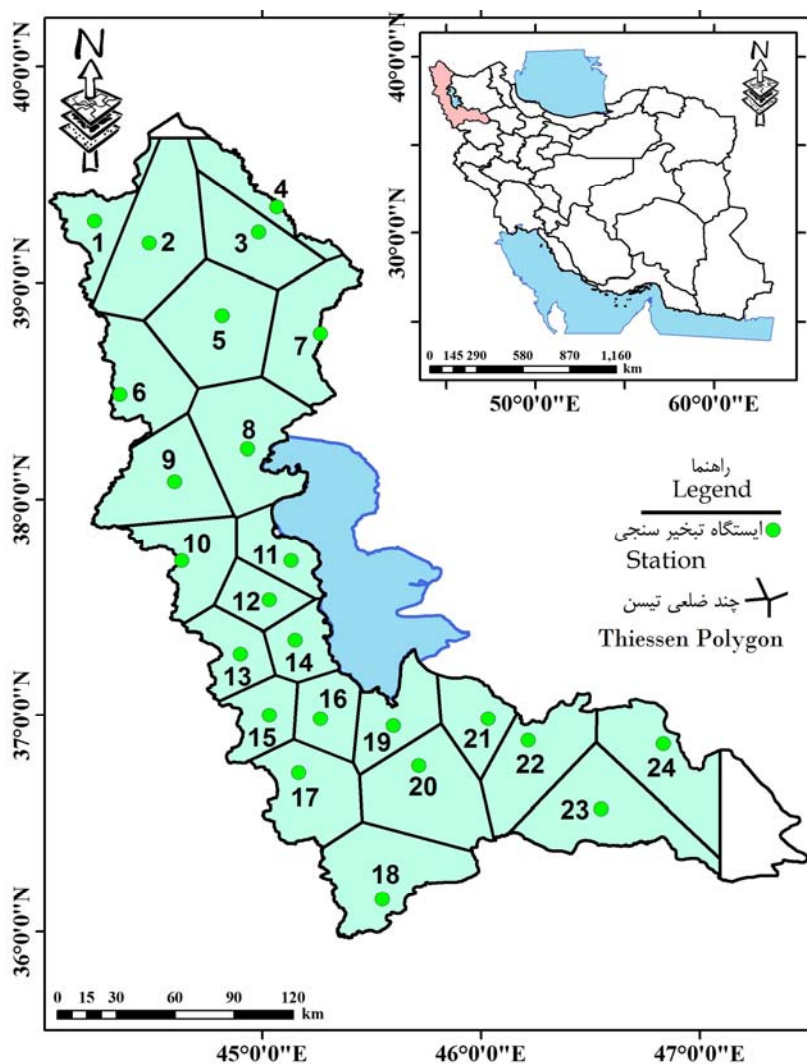
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان آذربایجان غربی با احتساب دریاچه ارومیه حدود ۴۳۶۶۰ کیلومتر مربع مساحت دارد. این استان که در شمال غرب ایران است، ۲/۶۵ درصد از مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد و بین ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۶ دقیقه عرض شمالی (از خط استوا) و ۴۴ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی (از نصف النهار گرینویچ) قرار گرفته است. براساس ساختار طبیعی استان، اکوسیستم‌های ویژه‌ای از ترکیب گیاهان در سطوح مختلف پوشش گیاهی در اشکوره‌های مختلف توپوگرافیک به وجود آمده است که اهم آنها به شکل جنگل‌ها و مراتع خودنمایی می‌کنند. در فصل زمستان ارتفاعات و نواحی بالاتر از ۳۰۰۰ متر در زیر قشر ضخیمی از برف فرو می‌رود و قله‌ها، این برف‌ها را تا سال بعد محفوظ نگه می‌دارد. همچنین در دامنه‌های بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متری که از بادهای تند شمال محفوظ مانده است، به مقدار کافی باران می‌بارد. در این مطالعه به منظور بررسی روند تغییرات دمای استان آذربایجان غربی از داده‌های طولانی مدت دمای حاصل از ایستگاه‌های تبخیرسنجی در دوره آماری ۱۳۹۲-۱۳۶۰ در دو مقیاس زمانی ماهانه و سالانه استفاده گردید. از مجموع ۴۲ ایستگاه تبخیرسنجی، در نهایت ۲۴ ایستگاه با دارا بودن آمار مناسب برای انجام این مطالعه انتخاب شدند. موقعیت مکانی ایستگاه‌های منتخب در شکل ۱ ارائه شده است. همچنین فهرست ایستگاه‌های منتخب و مشخصات آنها نیز در جدول ۱ ارائه شده است.

روش‌های مورد استفاده

هدف از آزمون روند این است که وجود و یا عدم وجود سیر صعودی یا نزولی در سری داده‌ها مشخص گردد. با توجه به اینکه در روش‌های پارامتری^۱ فرضیاتی نظیر نرمال بودن، ایستایی و مستقل بودن متغیرها وجود داشته و این فرضیات اغلب برای متغیرهای هیدرولوژیکی اعتبار ندارد، از روش ناپارامتری من-کندال که کاربرد بیشتری در مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی دارد، می‌توان استفاده



شکل ۱- موقعیت مکانی ایستگاه‌های منتخب.
Figure 1- The location of the selected station.

در رابطه فوق x'_i سری جدید، x_i سری اولیه، β شیب خط روند و i ضریب خودهمبستگی می‌باشد.
ب) متغیر استاندارد نرمال برای هر مشاهده با استفاده از رتبه (R) سری داده‌های مربوط به x'_i با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Z_i = \phi^{-1}\left(\frac{R_i}{n+1}\right) \quad (7)$$

که در آن R_i رتبه سری داده‌های جدید، n تعداد داده‌های سری زمانی موردنظر و $\phi^{-1}(\cdot)$ وارون تابع توزیع نرمال استاندارد با میانگین صفر و انحراف معیار یک می‌باشد.

ج) ماتریس همبستگی برای یک ضریب هارست معین، H ،

آزمون MK4 (من-کنندال با لحاظ کردن اثر ضریب هارست) این روش نیز توسط کومار و همکاران (۱۶) شرح داده شده است. در این روش اثر دوام (ماندگاری) بلند مدت روی روند با لحاظ کردن ضریب هارست در نظر گرفته می‌شود و شامل مراحل زیر می‌باشد (۱۰):

۱- محاسبه ضریب هارست (H)

الف) در محاسبه ضریب هارست، H ، ابتدا سری‌های زمانی داده‌های جدید x'_i با استفاده از رابطه (۶) بدست می‌آید.

$$x'_i = x_i - (\beta \times i) \quad (8)$$

بصورت زیر تعریف می شود:

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های منتخب در دوره آماری ۱۳۹۲-۱۳۶۰.
Table 1- Characteristics of selected stations in the period of 1981-2013.

کد Code	ایستگاه Stations	ارتفاع (متر) Elv. (m)	طول جغرافیایی Long.	عرض جغرافیایی Latt.	کد Code	ایستگاه Stations	ارتفاع (متر) Elv. (m)	طول جغرافیایی Long.	عرض جغرافیایی Lat.
1	حالحال Halhal	2050.00	44.23	39.28	13	هاشم‌آباد Hashem Abad	1570.00	44.90	37.28
2	بارون Baron	1740.00	44.48	39.18	14	قاسملو Qasemlu	1380.00	45.15	37.35
3	بهلول آباد Bahlol Abad	900.00	44.98	39.23	15	پی قلعه Pey Ghale	1500.00	45.03	37.00
4	پلدشت Poldasht	810.00	45.07	39.35	16	پیه جیک Pie Jack	1375.00	45.27	36.98
5	قرول Ghrol	1290.00	44.82	38.85	17	درابکا Derebka	1430.00	45.17	36.73
6	رازی Razi	1980.00	44.35	38.48	18	بریسو Beriso	1000.00	45.55	36.15
7	مظفرآباد Mozafar Abad	970.00	45.27	38.77	19	مهماندار Mehmandar	1350.00	45.60	36.95
8	یالغوزآغاج Yalghozagaj	1300.00	44.93	38.23	20	پل سرخ Pole Sorkh	1350.00	45.72	36.77
9	چهریق علیا Chehriq	1600.00	44.60	38.08	21	تازه کند Taze Kand	1290.00	46.03	36.98
10	سرو Sero	1640.00	44.63	37.72	22	نوروزلو Norozlu	1330.00	46.22	36.88
11	آباجالو Abajalo	1290.00	45.13	37.72	23	شهید کاظمی Shahid kazemi	1437.00	46.55	36.57
12	کمپ ارومیه Urmia Camp	1381.00	45.03	37.53	24	باداملو Badamlu	2120.00	46.83	36.87

Z_i می باشند. معادله (۱۰) را می توان بطور عددی برای مقادیر مختلف H حل نموده و مقداری از H که تابع $\log L(H)$ را بیشینه می کند، بدست آورد. در این مطالعه، مقدار $\log L(H)$ برای مقادیر H از ۰/۵۰ تا ۰/۹۸ با گام افزایشی ۰/۰۱ محاسبه شد و H نظیر بیشترین مقدار $\log L(H)$ بدست آمد.

۲- سطح معنی داری H با استفاده از میانگین (μ_H) و انحراف معیار (σ_H) تعیین شد (تا معلوم شود که آیا مقدار H بدست آمده در مرحله اول بطور معنی داری با مقدار ۰/۵ تفاوت دارد یا خیر)، زمانیکه $H = 0.5$ (توزیع نرمال) باشد میانگین و انحراف معیار ضریب هارست از روابط زیر بدست می آیند (۱۶):

$$\mu_H = 0.5 - 2.87n^{-0.9067} \quad (11)$$

$$\sigma_H = 0.77654n^{-0.5} - 0.0062 \quad (12)$$

که در رابطه فوق n تعداد داده‌ها می‌باشد.

$$C_n(H) = [\rho_{|j-i|}], \quad \text{for } i = 1:n, \quad j = 1:n \quad (8)$$

که در آن

$$\rho_l = \frac{1}{2} \left(|l+1|^{2H} - 2|l|^{2H} + |l-1|^{2H} \right) \text{ for } l > 1 \quad (9)$$

که در آن ρ_l تابع خودهمبستگی با تأخیر l برای H معین بوده و مستقل از مقیاس سری زمانی می باشد (۱۴).

د) مقدار H با بیشینه کردن تابع لگاریتم درستنمایی H که به شرح زیر تعریف می شود، بدست می آید (۱۰).

$$\log L(H) = -\frac{1}{2} \log |C_n(H)| - \frac{Z^T [C_n(H)]^{-1} Z}{2\gamma_0} \quad (10)$$

که در آن $|C_n(H)|^{-1}$ و $|C_n(H)|$ به ترتیب دترمینان و وارون ماتریس همبستگی $[C_n(H)]$ ، Z^T ترانهاده بردار مربوط به سری Z_i است که از رابطه (۷) بدست می‌آید و γ_0 واریانس سری

می باشد. مقادیر مثبت (منفی) β نشان دهنده روند افزایشی (کاهشی) در سری داده‌هاست (۳). در این مطالعه برای تمام روش های مورد مطالعه برنامه‌ای در زبان Matlab نوشته و اجرا گردید.

نتایج و بحث

مقادیر آماره Z حاصل از آزمون MK4 به منظور تحلیل روند تغییرات دمای استان آذربایجان غربی در دو مقیاس زمانی ماهانه و سالانه محاسبه و نتایج حاصل در جداول ۲ و ۳ ارائه گردیده است. در صورتی که آماره Z محاسباتی مثبت باشد، روند دما افزایشی و در غیر این صورت کاهشی خواهد بود. لازم به ذکر است که در این جداول ارقام پررنگ نشان دهنده معنی‌داری روند بوده و سطح اطمینان مورد بررسی نیز ۱۰ درصد می‌باشد. همچنین واحد شیب سن ارائه شده در این جداول °C/yr می‌باشد. در ادامه وضعیت روند تغییرات دمای استان آذربایجان غربی با استفاده از ویرایش چهارم آزمون من-کندال به تفکیک هر ایستگاه ارائه می‌شود.

ایستگاه حالحال: با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۲ برای ایستگاه حالحال، می‌توان نتیجه گرفت که این ایستگاه در ماه‌های مهر، آبان، بهمن، اسفند و شهریور روند افزایشی معنی‌دار داشته است. در سایر ماه‌ها نیز روند تغییرات دما افزایشی غیرمعنی‌دار بوده است. بیشترین مقدار افزایش دما نیز براساس شیب سن ارائه شده متعلق به ماه‌های بهمن و اسفند و برابر با ۰/۱۵ درجه سانتی‌گراد در هر سال می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روند تغییرات ایستگاه مورد مطالعه افزایشی معنی‌دار به دست آمد.

ایستگاه بارون: نتایج آزمون MK4 ارائه شده در جدول ۲ برای ایستگاه بارون نشان می‌دهد که این ایستگاه در مقیاس ماهانه و در ماه‌های مهر، آبان، بهمن، اسفند و شهریور روند افزایشی معنی‌دار در دما را تجربه کرده و در سایر ماه‌ها نیز روند تغییرات دما افزایشی غیر معنی‌دار می‌باشد. در این بین فقط در ماه اردیبهشت روند کاهشی غیرمعنی‌دار در دمای ایستگاه مورد بررسی رخ داده است. با توجه به اینکه در مقیاس ماهانه روند افزایشی دما مشهود است از این رو مقیاس سالانه نیز روند افزایشی معنی‌دار در دما را نشان داده و در دوره آماری مورد مطالعه (۱۳۹۲-۱۳۶۰ برابر با ۳۳ سال) با توجه به مقدار شیب سن، افزایشی برابر با ۱/۶۴ درجه سانتی‌گراد را تجربه کرده است.

ایستگاه بهلول آباد: براساس نتایج حاصل از آزمون MK4 ارائه شده در جدول ۲، چنین استنباط می‌شود که در ایستگاه بهلول آباد روند تغییرات دما در شش ماه از سال (مهر، آبان، بهمن، اسفند، اردیبهشت و خرداد) افزایشی معنی‌دار بوده و در سایر ماه‌ها (به جز دی ماه) نیز دما روند افزایشی غیرمعنی‌دار داشته است. با توجه به مقدار شیب سن محاسبه شده، بیشترین مقدار افزایش در دمای ماهانه

در این مطالعه سطح معنی‌داری ۱۰ درصد برای تعیین H معنی‌دار استفاده گردید. برای این کار آماره Z_{cal} بشرح زیر محاسبه شد:

$$Z_{cal} = \frac{H - \mu_H}{\sigma_H} \quad (13)$$

چنانچه $Z_{cal} > 1/65$ شود، H در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد، معنی‌دار فرض می‌شود، در غیر اینصورت H غیر معنی‌دار در نظر گرفته می‌شود.

۳- محاسبه واریانس: اگر H معنی‌دار باشد، واریانس S برای H معین از رابطه زیر محاسبه می‌شود (۱۱):

$$V(S)^{H'} = \sum_{i < j} \sum_{k < l} \frac{2}{\pi} \sin^{-1} \left(\frac{\rho_l |j-l| - \rho_l |i-l| - \rho_l |j-k| + \rho_l |i-k|}{\sqrt{(2-2\rho_l |i-j|)(2-2\rho_l |k-l|)}} \right) \quad (14)$$

که در آن مقدار ρ_l از معادله (۸) به ازای یک ضریب H معین محاسبه می‌گردد. چون H از سری داده‌های معین برآورد می‌شود، مقدار بدست آمده برای $V(S)^{H'}$ یک برآورد اریب دار می‌باشد. برای بدست آوردن یک برآورد نارریب از کمیت $V(S)^{H'}$ ، مقدار بدست آمده از رابطه (۱۴) در یک ضریب تصحیح B به شرح زیر ضرب می‌شود (حامد، ۲۰۰۸):

$$V(S)^H = V(S)^{H'} \times B \quad (15)$$

که در آن B تابعی از مقادیر H و n است که به صورت زیر تعریف شده است (۱۱ و ۱۶):

$$B = a_0 + a_1 H + a_2 H^2 + a_3 H^3 + a_4 H^4 \quad (16)$$

که در آن

$$a_0 = \frac{1.0024n - 2.5681}{n + 18.6693} \quad (17)$$

$$a_1 = \frac{-2.2510n + 157.2075}{n + 9.2245} \quad (18)$$

$$a_2 = \frac{15.340n - 188.6140}{n + 5.8917} \quad (19)$$

$$a_3 = \frac{-31.4258n + 549.8599}{n - 1.1040} \quad (20)$$

$$a_4 = \frac{20.7988n - 419.0402}{n - 1.9248} \quad (21)$$

معنی‌داری آماره Z آزمون مان کندال با استفاده از $V(S)^H$ بجای $V(S)$ در معادله (۴) مورد آزمون قرار می‌گیرد.

۳-۲- شیب خط روند با روش تخمین‌گر Sen

در آزمون MK شیب خط روند، β ، با روش تخمین‌گر Sen از رابطه ناپارامتری زیر بدست می‌آید:

$$\beta = \text{Median} \left(\frac{x_j - x_l}{j - l} \right) \quad \forall l < j \quad (22)$$

که در آن β برآوردگر شیب خط روند و x_l مقدار مشاهده ام

معنی‌داری نداشته است. سری سالانه دما نیز در ایستگاه مورد مطالعه از مقیاس ماهانه تاثیر پذیرفته و روند افزایشی معنی‌دار را تجربه کرده است. با توجه به مقدار شیب سن به دست آمده در ۳۳ سال گذشته دمای سالانه این ایستگاه ۱/۹۸ درجه سانتی‌گراد افزایش را نشان می‌دهد.

ایستگاه چهریق: نتایج بررسی روند تغییرات دمای ایستگاه چهریق علیا با استفاده از آزمون MK4 در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به این جدول می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که این ایستگاه در ماه‌های مهر، بهمن، اسفند، تیر، مرداد و شهریور افزایش معنی‌دار در دما را داشته است. همچنین در سایر ماه‌ها نیز تغییرات دما افزایشی غیرمعنی‌دار به دست آمد. در مقیاس ماهانه بیشترین مقدار افزایش دما براساس شیب سن محاسبه شده، مربوط به ماه اسفند (۰/۱۰) درجه سانتی‌گراد در هر سال) می‌باشد. سری سالانه دمای ایستگاه چهریق علیا نیز روند افزایشی معنی‌دار در دما را به مانند مقیاس ماهانه تجربه کرده است.

ایستگاه سرو: با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۲ مشاهده می‌شود که ایستگاه سرو نیز تغییرات شدید در دمای ماهانه را تجربه کرده و در ۱۰ ماه از سال (مهر، آبان، بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور) دما در ایستگاه به صورت معنی‌دار رشد داشته است. بیشترین میزان افزایش دما نیز با توجه به شیب سن محاسبه شده در ماه بهمن به وقوع پیوسته و در هر سال به مقدار ۰/۲۰ درجه سانتی‌گراد به دمای آن افزوده شده است. تغییرات سالانه دما در ایستگاه سرو نیز افزایشی معنی‌دار به دست آمد.

ایستگاه آبالو: نتایج به دست آمده از آزمون MK4 نشان می‌دهد که ایستگاه آبالو در ماه‌های مهر، بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور افزایش معنی‌دار در دما را تجربه کرده و در ماه‌های آذر و دی رشد منفی غیرمعنی‌دار داشته است. براساس شیب سن به دست آمده، بالاترین میزان افزایش در دمای ماهانه این ایستگاه در ماه اسفند (معادل با ۰/۱۳) درجه سانتی-گراد در هر سال) به وقوع پیوسته است. مقیاس سالانه نیز رشد مثبت معنی‌دار داشته و در ۳۳ سال گذشته به میزان ۱/۶۴ درجه سانتی‌گراد به دمای آن افزوده شده است.

ایستگاه کمپ ارومیه: با استناد به نتایج آزمون MK4 ارائه شده در جدول ۲ برای ایستگاه کمپ ارومیه می‌توان بیان داشت که این ایستگاه در ماه‌های مهر، بهمن، اسفند، اردیبهشت، خرداد، تیر و شهریور با رشد معنی‌دار دما مواجه بوده و در سایر ماه‌ها (به جز ماه‌های آذر و اردیبهشت) نیز روند تغییرات دما افزایشی غیرمعنی‌دار است. ایستگاه کمپ ارومیه در مقیاس سالانه روند روبه رشد معنی‌دار در دما را داراست.

ایستگاه هاشم آباد: این ایستگاه با توجه به جدول ۳ تلفیقی

مربوط به ماه اسفند (برابر با ۰/۱۶) درجه سانتی‌گراد در هر سال) می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روند تغییرات دمای ایستگاه مورد مطالعه افزایشی معنی‌دار به دست آمد.

ایستگاه پلدشت: با توجه به مقادیر آماره Z ارائه شده در جدول ۲، مشاهده می‌شود که ایستگاه پلدشت نیز شرایطی مشابه با ایستگاه بهلول آباد داشته و در شش ماه از سال (مهر، آبان، اسفند، تیر، مرداد و شهریور) روند تغییرات دمای ایستگاه مورد نظر افزایشی معنی‌دار می‌باشد. همچنین در سایر ماه‌ها نیز (به جز دی ماه) روند تغییرات دما افزایشی است. سری سالانه نیز از مقیاس ماهانه تاثیر پذیرفته و روند افزایشی در دما را نشان می‌دهد. همچنین براساس شیب سن، ایستگاه پلدشت در هر سال افزایشی معادل با ۰/۰۶ درجه سانتی‌گراد را تجربه کرده است.

ایستگاه قرول علیا: نتایج حاصل از آزمون من-کندال برای ایستگاه قرول علیا، در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود که ایستگاه مورد مطالعه در ماه‌های بهمن و اسفند روند افزایشی معنی‌دار و در ماه مرداد روند کاهشی معنی‌دار را در دما تجربه کرده است. همچنین در ماه‌های مهر، آبان، دی، فروردین، اردیبهشت و خرداد تغییرات دما افزایشی غیرمعنی‌دار و در ماه‌های آذر، تیر و شهریور کاهشی غیرمعنی‌دار می‌باشد. براساس آماره Z ارائه شده در جدول ۲ تغییرات دمای سالانه ایستگاه قرول علیا افزایشی اما، غیرمعنی‌دار می‌باشد.

ایستگاه رازی: با توجه به مقادیر آماره Z ارائه شده در جدول ۲، مشاهده می‌شود که این ایستگاه در ماه‌های بهمن، اسفند، خرداد، مرداد و شهریور روند افزایشی معنی‌دار در دما را تجربه کرده و در سایر ماه‌ها (به جز فروردین و اردیبهشت) نیز تغییرات موجود افزایشی غیرمعنی‌دار می‌باشد. براساس مقدار شیب سن ارائه شده ایستگاه رازی بیشترین افزایش را در ماه‌های بهمن و اسفند (برابر با ۲/۶۴) درجه سانتی‌گراد در ۳۳ سال گذشته) داشته است. همچنین در مقیاس سالانه نیز تغییرات دما این ایستگاه صعودی و معنی‌دار می‌باشد.

ایستگاه مظفرآباد: با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۲ می‌توان چنین استنباط کرد که تغییرات دمای ایستگاه مظفرآباد چندان زیاد نبوده و فقط در دو ماه از سال (اسفند و مرداد) مقدار دما به صورت معنی‌دار افزایش یافته است. در سایر ماه‌ها تلفیقی از روند افزایشی و کاهشی مشاهده شده و در مقیاس سالانه نیز تغییرات دما افزایشی غیرمعنی‌دار می‌باشد.

ایستگاه یالقوزآغاج: براساس نتایج حاصل از آزمون MK4 ارائه شده در جدول ۲ مشاهده می‌شود که تغییرات دمای این ایستگاه در مقیاس ماهانه بسیار شدید بوده و در نه ماه از سال (مهر، بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور) روند دما افزایش معنی‌دار می‌باشد. فقط در سه ماه آبان، آذر و دی دما تغییرات

ایستگاه بریسو: نتایج آزمون MK4 ارائه شده در جدول ۳ برای ایستگاه بریسو نشان می‌دهد که این ایستگاه در مقیاس ماهانه و در ماه‌های مهر، بهمن و اسفند روند افزایشی معنی‌دار در دما را تجربه کرده و در سایر ماه‌ها نیز روند تغییرات دما تلفیقی از افزایش و کاهش بوده است. با توجه به اینکه در مقیاس ماهانه تغییرات دما چندان شدید نبوده از این رو سری سالانه دما نیز دست‌خوش تغییرات معنی‌دار نگردیده است.

ایستگاه مهماندار: براساس نتایج حاصل از آزمون MK4 ارائه شده در جدول ۳ مشاهده می‌شود که تغییرات دمای این ایستگاه در مقیاس ماهانه قابل توجه بوده و در هفت ماه از سال (مهر، بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت، مرداد و شهریور) روند دما افزایش معنی‌دار می‌باشد. در سایر ماه‌ها نیز دما تغییرات معنی‌داری نداشته است. سری سالانه دما در ایستگاه مورد مطالعه از مقیاس ماهانه تاثیر پذیرفته و روند افزایشی معنی‌دار را تجربه کرده است. با توجه به مقدار شیب سن به دست آمده در ۳۳ سال گذشته دمای سالانه این ایستگاه ۲/۳۱ درجه سانتی‌گراد افزایش را نشان می‌دهد.

ایستگاه پل سرخ: با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۳ می‌توان چنین استنباط کرد که تغییرات دمای ایستگاه پل سرخ چندان زیاد نبوده و فقط در سه ماه از سال (بهمن، اسفند و مرداد) مقدار دما به صورت معنی‌دار افزایش یافته است. در سایر ماه‌ها تلفیقی از روند افزایشی و کاهش مشاهده شده و در مقیاس سالانه نیز تغییرات دما افزایشی غیرمعنی‌دار به دست آمد.

ایستگاه تازه کند: با توجه به مقادیر آماره Z ارائه شده در جدول ۳، مشاهده می‌شود که ایستگاه تازه کند در ماه‌های مهر، بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت، مرداد و شهریور روند افزایشی در دما داشت است. همچنین در سایر ماه‌ها نیز (به جز دی ماه) روند تغییرات دما افزایشی غیرمعنی‌دار است. سری سالانه نیز از مقیاس ماهانه تاثیر پذیرفته و روند افزایشی در دما را نشان می‌دهد. همچنین براساس شیب سن ارائه شده، ایستگاه تازه کند در هر سال افزایشی معادل با ۰/۰۵ درجه سانتی‌گراد را تجربه کرده است.

ایستگاه نوروزلو: با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۳ می‌توان چنین استنباط کرد که تغییرات دمای ایستگاه نوروزلو زیاد نبوده و فقط در دو ماه از سال (اسفند و شهریور) مقدار دما به صورت معنی‌دار افزایش یافته است. در سایر ماه‌ها تلفیقی از روند افزایشی و کاهش مشاهده شده و در مقیاس سالانه نیز تغییرات دما افزایشی غیرمعنی‌دار می‌باشد.

ایستگاه شهید کاظمی: براساس نتایج حاصل از آزمون MK4 ارائه شده در جدول ۳، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در ایستگاه شهید کاظمی روند تغییرات دما در ماه‌های (مهر، بهمن، اسفند، خرداد و شهریور) افزایشی معنی‌دار بوده و در سایر ماه‌ها تلفیقی از روند

از روند افزایشی و کاهشی را در دوره آماری مورد مطالعه تجربه کرده است. ایستگاه هاشم آباد در ماه آبان روند کاهشی و در ماه‌های بهمن و تیر روند افزایشی معنی‌دار در دما داشته است. بیشترین و کمترین مقدار رشد دما با توجه به شیب سن محاسبه شده به ترتیب در ماه‌های بهمن (برابر با ۲/۶۴ درجه سانتی‌گراد در ۳۳ سال گذشته) و آبان (۱/۶۵- درجه سانتی‌گراد در ۳۳ سال گذشته) رخ داده است. با توجه به اینکه در اکثر ماه‌های سال روند افزایشی غالب بود، از این رو سری سالانه ایستگاه هاشم آباد نیز رشدی معنی‌دار داشته است.

ایستگاه قاسملو: براساس نتایج حاصل از آزمون MK4 (جدول ۳)، متغیر دما در ایستگاه قاسملو در تمامی ماه‌های سال روند صعودی داشته است. افزایش دما در ماه‌های بهمن، اسفند، خرداد، تیر، مرداد و شهریور معنی‌دار بوده و در سایر ماه‌ها تغییر موجود غیرمعنی‌دار می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روند تغییرات دما افزایشی و معنی‌دار به دست آمده و با توجه به شیب سن ارائه شده دمای این ایستگاه در ۳۳ سال گذشته رشدی برابر با ۱/۶۵ درجه سانتی‌گراد را تجربه کرده است.

ایستگاه پی قلعه: با توجه به نتایج آزمون MK4 ارائه شده در جدول ۳ برای ایستگاه پی قلعه می‌توان بیان داشت که این ایستگاه در ماه‌های بهمن، اسفند، تیر و شهریور با رشد معنی‌دار دما مواجه بوده و در سایر ماه‌ها تلفیقی از روند افزایشی و کاهشی غیرمعنی‌دار داشته است. روند تغییرات دما در مقیاس سالانه ایستگاه پی قلعه افزایشی غیرمعنی‌دار به دست آمد.

ایستگاه پیه‌جک: نتایج حاصل از آزمون MK4 حاکی از آن است که ایستگاه پیه‌جک در ماه‌های بهمن، اسفند، اردیبهشت، خرداد، مرداد و شهریور افزایش معنی‌دار در دما را تجربه کرده و در ماه‌های آبان، آذر و دی رشد منفی غیرمعنی‌دار داشته است. براساس شیب سن محاسبه شده بالاترین میزان افزایش در دمای ماهانه این ایستگاه در ماه بهمن (معادل با ۰/۱۳ درجه سانتی‌گراد در هر سال) به وقوع پیوسته است. مقیاس سالانه ایستگاه پیه‌جک نیز رشد مثبت معنی‌دار داشته و در ۳۳ سال گذشته به میزان ۱/۰۰ درجه سانتی‌گراد به دمای آن افزوده شده است.

ایستگاه درابکا: براساس نتایج حاصل از آزمون MK4 ارائه شده در جدول ۳، چنین استنباط می‌شود که در ایستگاه درابکا روند تغییرات دما در هفت ماه از سال (مهر، آبان، بهمن، اسفند، فروردین، مرداد و شهریور) افزایشی معنی‌دار بوده و در سایر ماه‌ها (به جز دی ماه) نیز دما روند افزایشی غیرمعنی‌دار داشته است. با توجه به مقدار شیب سن ارائه شده، بیشترین مقدار افزایش در دمای ماهانه مربوط به ماه اسفند (برابر با ۰/۱۵ درجه سانتی‌گراد در هر سال) می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روند تغییرات دمای ایستگاه مورد مطالعه افزایشی معنی‌دار به دست آمد.

۰/۱۵ درجه سانتی گراد در هر سال) می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روند تغییرات دمای ایستگاه مورد مطالعه افزایشی معنی‌دار به دست آمد.

افزایشی و کاهش‌ی غیرمعنی‌دار در دمای ایستگاه مورد مطالعه به وقوع پیوسته است. با توجه به مقدار شیب سن ارائه شده، بیشترین مقدار افزایش در دمای ماهانه مربوط به ماه‌های بهمن و اسفند (برابر با

جدول ۲- نتایج آزمون MK4 برای سری‌های ماهانه و سالانه دمای ایستگاه‌های حالحال، بارون، بهلول آباد، پلدشت، قرول، رازی، مظفرآباد، یالقوزآغاج، چهریق، سرو، آباجالو، کمپ ارومیه.

Table 2. MK4 test results for monthly and annual temperature series in Halhal, Baron, Bahlol Abad, Poldasht, Ghrol, Razi, Mozafar Abad, Yalghoz Agaj, Chehriq, Sero, Abajalo and Camp Urmia stations.

ایستگاه Station	آماره Para	Meh	Aba	Aza	Dey	Bah	Esf	Far	Ord	Kho	Tir	Mor	Sha	Annual
حالحال Halhal	Z	2.41	2.05	1.13	0.19	2.92	2.71	1.13	0.67	0.81	0.30	0.64	2.19	2.76
بارون Baron	Slope	0.06	0.07	0.09	0.02	0.15	0.15	0.04	0.01	0.02	0.00	0.01	0.05	0.05
بهلول آباد Bahlol Abad	Z	2.65	1.69	0.62	0.31	2.25	2.00	0.26	-0.12	1.07	0.65	1.46	2.61	2.23
پلدشت Poldasht	Slope	0.07	0.05	0.04	0.02	0.15	0.12	0.01	0.00	0.02	0.02	0.05	0.06	0.05
قرول Ghrol	Z	2.33	2.30	0.14	0.00	1.69	3.46	1.35	1.75	1.80	0.31	1.43	1.21	2.67
رازی Razi	Slope	0.10	0.06	0.01	0.00	0.11	0.16	0.04	0.05	0.04	0.01	0.04	0.03	0.06
مظفرآباد Mozafar	Z	1.92	2.44	0.17	-0.37	1.27	2.93	0.90	0.26	1.15	1.68	3.42	3.13	2.40
یالقوزآغاج Yalghoz	Slope	0.08	0.05	0.01	-0.03	0.08	0.12	0.03	0.01	0.04	0.04	0.09	0.07	0.05
چهریق Chehriq	Z	0.90	1.01	-0.43	0.20	1.95	1.74	1.50	0.99	1.46	-0.50	-1.92	-1.23	0.42
سرو Sero	Slope	0.02	0.04	-0.02	0.01	0.08	0.06	0.04	0.03	0.03	-0.01	-0.04	-0.03	0.08
آباجالو Abajalo	Z	1.61	0.93	0.50	0.00	1.74	2.00	-0.14	0.00	1.92	1.38	2.36	3.08	2.15
کمپ ارومیه Camp Urmia	Slope	0.05	0.03	0.02	0.00	0.08	0.08	-0.01	0.00	0.04	0.04	0.06	0.06	0.04
	Z	0.84	0.03	-0.65	-0.98	0.87	2.67	0.71	-0.43	0.51	-0.31	1.86	1.61	0.75
	Slope	0.04	0.00	-0.03	-0.07	0.03	0.13	0.02	-0.01	0.01	-0.01	0.03	0.03	0.02
	Z	2.36	1.47	0.16	0.81	2.53	3.69	2.14	2.19	2.03	2.31	2.23	2.78	3.77
	Slope	0.05	0.05	0.01	0.03	0.13	0.15	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06
	Z	2.23	0.98	0.50	0.08	1.88	2.22	1.32	0.05	1.07	1.69	2.75	2.21	2.65
	Slope	0.06	0.03	0.03	0.01	0.10	0.10	0.05	0.00	0.02	0.04	0.06	0.05	0.04
	Z	2.44	2.01	0.71	-0.03	2.50	3.08	2.25	2.17	3.54	3.48	3.41	2.51	2.99
	Slope	0.12	0.11	0.06	-0.01	0.20	0.19	0.10	0.10	0.10	0.12	0.14	0.11	0.12
	Z	1.67	1.26	-0.40	-0.15	1.91	3.69	1.75	1.91	2.82	1.70	2.89	2.53	3.92
	Slope	0.07	0.03	-0.02	-0.01	0.10	0.13	0.05	0.05	0.07	0.06	0.08	0.06	0.05
	Z	2.84	0.88	-0.50	0.87	3.36	3.69	-0.16	2.48	1.81	1.94	1.37	2.10	2.03
	Slope	0.09	0.03	-0.02	0.04	0.17	0.16	-0.01	0.05	0.05	0.06	0.04	0.05	0.04

قسمت فوقانی و تحتانی به ترتیب حداکثر و حداقل مقدار Z موجود در بین ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار افزایش دما در ماه‌های بهمن، اسفند، مرداد و شهریور رخ داده است. همچنین شکل ۲ نشان می‌دهد که روند تغییرات دما، فقط در ماه‌های آذر و دی کاهشی بوده اما در ماه‌های مهر و آبان (دو ماه از سه ماه فصل پاییز) و نیز در ماه‌های بهمن و اسفند (دو ماه از سه ماه فصل زمستان) روند افزایشی در دما وجود دارد. به عبارت دیگر، در شش ماه دوم سال که هوا روبه سردی می‌رود، در چهار ماه روند افزایشی دما رخ داده است. بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که روند کلی در شش ماه دوم سال افزایشی است. در مطالعات مختلفی نظیر کوثری و همکاران (۲۰۱۳)، موندال و همکاران (۲۰۱۵) و کالویرو و همکاران (۲۰۱۶) افزایش دما در ماه-

ایستگاه باداملو: با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۳ می‌توان چنین استنباط کرد که تغییرات دمای ایستگاه باداملو چندان زیاد نبوده و فقط در دو ماه از سال (اسفند و مرداد) مقدار دما به صورت معنی‌دار افزایش یافته است. در سایر ماه‌ها تلفیقی از روند افزایشی و کاهش‌ی مشاهده شده و در مقیاس سالانه نیز تغییرات دما افزایشی غیرمعنی‌دار به دست آمد.

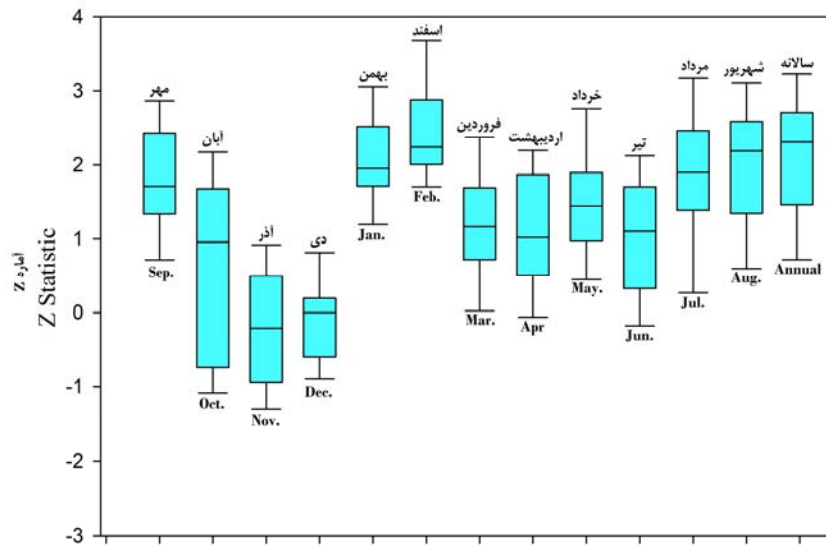
شکل ۲ نمودار جعبه و خط را برای آماره Z ماهانه و سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. در این شکل خط رسم شده در داخل مستطیل‌ها نشان دهنده میانه Z ایستگاه‌ها می‌باشد. عرض مستطیل‌ها در قسمت فوقانی صدک ۷۵ و در قسمت تحتانی صدک ۲۵ را نشان می‌دهد. همچنین قسمت‌های انتهایی خطوط قائم در

های سرد سال گزارش شده است که با نتایج مطالعه حاضر کاملاً مطابقت دارد.

جدول ۳- نتایج آزمون MK4 برای سری‌های ماهانه و سالانه دمای ایستگاه‌های هاشم آباد، قاسملو، پیه جک، درابکا، بریسو، مهماندار، پل سرخ، تازه کند، نوروزلو، شهید کاظمی، باداملو.

Table 3. MK4 test results for monthly and annual temperature series in Hashem Abad, Ghasemlo, Piye Jak, Derabka, Beriso, Mehmandar, Pole Sorkh, Taze Kand, Norozlu, Shahid Kazemi and Badamlu Stations.

ایستگاه Station	آماره .Para	Meh	Aba	Aza	Dey	Bah	Esf	Far	Ord	Kho	Tir	Mor	Sha	Annual
هاشم آباد	Z	1.12	-1.85	-1.24	-0.73	3.19	1.61	0.19	0.71	0.81	1.80	1.57	1.24	1.69
Hashem	Slope	0.02	-0.05	-0.08	-0.05	0.17	0.08	0.01	0.03	0.02	0.03	0.05	0.03	0.02
قاسملو	Z	1.59	1.60	0.19	0.12	1.70	2.44	1.23	1.26	2.28	1.71	2.47	2.64	2.87
Qasemlu	Slope	0.07	0.05	0.01	0.01	0.10	0.14	0.04	0.03	0.05	0.04	0.06	0.06	0.05
پی قلعه	Z	0.59	-0.82	-0.96	-0.85	2.73	1.91	1.01	1.44	1.52	1.73	1.29	2.19	1.55
Pey Ghale	Slope	0.01	-0.03	-0.06	-0.05	0.14	0.08	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	0.02
پیه جیک	Z	0.55	-0.51	-1.36	-0.64	2.26	1.67	0.73	2.20	2.70	1.60	1.94	2.37	2.01
Pie Jack	Slope	0.02	-0.01	-0.06	-0.05	0.13	0.05	0.02	0.07	0.05	0.03	0.04	0.05	0.03
درابکا	Z	3.51	1.72	0.68	-0.22	2.36	2.09	1.75	1.38	0.94	0.71	2.21	3.35	2.04
Derebka	Slope	0.10	0.05	0.03	-0.01	0.13	0.15	0.05	0.03	0.04	0.01	0.08	0.07	0.06
بریسو	Z	1.75	0.42	-0.62	0.28	1.74	2.67	1.07	0.85	0.39	0.29	-0.09	0.31	1.45
Beriso	Slope	0.06	0.01	-0.02	0.01	0.09	0.11	0.05	0.05	0.03	0.01	0.00	0.01	0.04
مهماندار	Z	2.78	1.29	1.12	0.82	2.62	2.02	2.57	1.66	1.39	0.82	2.93	2.01	2.53
Mehmandar	Slope	0.10	0.05	0.05	0.04	0.14	0.17	0.08	0.07	0.05	0.03	0.07	0.08	0.07
پل سرخ	Z	1.47	-1.12	-0.87	-0.95	1.78	2.21	1.20	0.79	1.60	0.41	1.89	0.88	1.53
Pole Sorkh	Slope	0.04	-0.03	-0.03	-0.07	0.09	0.13	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.01	0.02
تازه کند	Z	2.89	0.43	-0.02	0.17	1.95	2.25	2.50	2.06	1.43	1.60	2.44	2.10	3.02
Taze Kand	Slope	0.09	0.01	0.00	0.01	0.13	0.14	0.07	0.06	0.06	0.04	0.05	0.06	0.05
نوروزلو	Z	1.43	-0.98	-1.13	-0.50	1.12	2.20	0.71	1.04	0.29	0.47	1.01	2.24	1.30
Norozlu	Slope	0.03	-0.03	-0.05	-0.04	0.07	0.09	0.03	0.04	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02
شهید کاظمی	Z	1.66	-0.82	-1.40	0.09	2.18	2.46	1.26	0.71	1.82	-0.05	1.61	1.74	2.37
Shahid Kazemi	Slope	0.05	-0.02	-0.04	0.01	0.15	0.15	0.04	0.02	0.04	0.00	0.03	0.03	0.04
باداملو	Z	1.30	-1.05	-1.15	-0.77	1.47	2.23	1.12	0.45	1.36	0.38	1.91	1.01	1.50
Badamlu	Slope	0.04	-0.03	-0.05	-0.03	0.04	0.13	0.03	0.01	0.03	0.02	0.04	0.02	0.02



شکل ۲- نمودار جعبه ای آماره Z برای سری‌های ماهانه و سالانه دما در دوره آماری ۱۳۶۰-۱۳۹۲.

Fig 2. Box plots of statistics Z for monthly and annual temperature time series in Iran during 1981-2013.

در مناطق مرکزی و جنوبی دما روندی روبه رشد داشته است. با توجه به اینکه ماه مرداد یکی از ماه‌های مهم از نظر کشاورزی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد، از این رو افزایش دما می‌تواند موجب تغییر در نیاز آبی گیاهان گشته و در نتیجه با فشار بر آب‌های زیرزمینی همراه گردد.

در مقیاس سالانه نیز به روشنی می‌توان دریافت که روند تغییرات دما در ۱۲ ماه از سال در ایستگاه‌های مورد مطالعه افزایشی است. این افزایش در مناطق مرکزی، قسمت‌هایی از شمال و جنوب شرقی بسیار شدیدتر می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

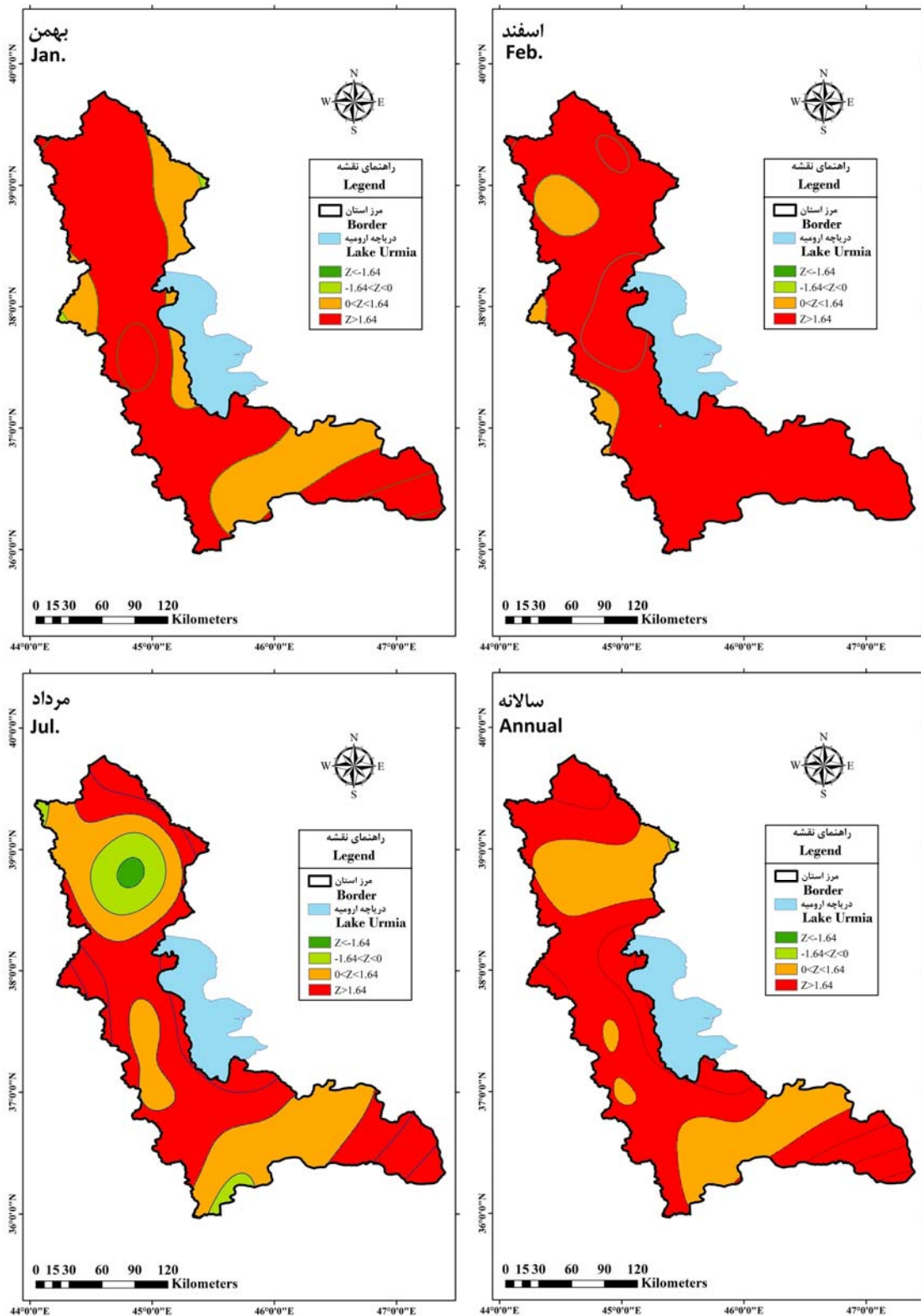
در این مطالعه روند تغییرات دراز مدت ۳۳ ساله متوسط دمای استان آذربایجان غربی در دوره آماری ۱۳۹۲-۱۳۶۰ در مقیاس‌های زمانی ماهانه و سالانه با استفاده از ویرایش چهارم آزمون ناپارامتری من-کندال (MK4) بررسی شد و شیب تغییرات دما با استفاده از روش تخمین گر شیب سن به دست آمد. در مقیاس سالانه از ۲۴ ایستگاه مورد مطالعه ۱۷ ایستگاه روند افزایشی معنی‌دار در دما را نشان دادند. در این بین هفت ایستگاه روند افزایشی غیرمعنی‌دار داشته و هیچ ایستگاهی روند کاهشی معنی‌دار و غیرمعنی‌دار در دما تجربه نکرده است. بررسی روند دمای سری ماهانه منطقه مورد مطالعه نشان داد که تعداد ماه‌ها با روند افزایشی بیشتر از تعداد ماه‌ها با روند کاهشی است. بیشترین تغییرات در ماه‌ها و فصل‌های سرد سال (زمانی که اکثر بارش‌ها دریافت می‌گردد) رخ داده است. بیشترین تعداد ایستگاه با روند افزایشی معنی‌دار دما، در ماه‌های بهمن، اسفند، مرداد و شهریور مشاهده شده و بعد از آن به ترتیب ماه‌های خرداد، مهر، آبان، تیر، اردیبهشت، فروردین، آذر و دی بیشترین تعداد ایستگاه با روند افزایشی را دارا هستند. دو ایستگاه سرو و آجاجو بیشترین تعداد ماه با روند افزایشی معنی‌دار در دما را تجربه کرده‌اند. ایستگاه سرو در ۱۰ ماه از سال (مهر، آبان، بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور) روند افزایشی معنی‌دار در دما داشته است. بیشترین میزان افزایش دما نیز با توجه به شیب سن محاسبه شده در ماه بهمن به وقوع پیوسته و در هر سال به مقدار ۰/۲۰ درجه سانتی-گراد به دمای ماه بهمن افزوده شده است. نتایج به دست آمده از آزمون MK4 نشان می‌دهد که ایستگاه آجاجو نیز در ماه‌های مهر، بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور افزایش معنی‌دار در دما را تجربه کرده است. بالاترین میزان افزایش در دمای ماهانه ایستگاه آجاجو در ماه اسفند (معادل با ۰/۱۳ درجه سانتی‌گراد در هر سال) به وقوع پیوسته است.

افزایش دما در ماه‌های سرد سال می‌تواند اثرات مخربی را در تعادل آبی استان آذربایجان غربی داشته باشد. در مطالعات خلیلی و همکاران (۱۲) و میرعباسی و دین‌پژوه (۱۸) وجود روند کاهشی در بارندگی‌های منطقه مورد مطالعه گزارش شده است. افزایش درجه حرارت می‌تواند ظرفیت جو برای پذیرش و نگهداری رطوبت را افزایش داده و موجب می‌شود که هوا به اندازه کافی برای فراهم شدن شرایط بارش سرد نشود. به عبارت دیگر، وجود روند افزایشی دما باعث ذخیره بیشتر رطوبت در جو شده و مانع گرد هم آمدن شرایط موردنیاز برای بارش می‌گردد (۱۲).

به نظر می‌رسد تجمع گازهای گلخانه‌ای، تغییر کاربری اراضی و پدیده گرمایش جهانی از جمله عواملی هستند که سبب گرم شدن هوا می‌گردد. تغییرات دما می‌تواند ساختار آب و هوایی را دگرگون کرده و با افزایش ظرفیت جو برای پذیرش بخار آب، رطوبت نسبی را کاهش دهد. علیجانی و همکاران (۴) نیز نشان دادند که ۲۸ ایستگاه (از ۴۴ ایستگاه مورد بررسی) در گستره ایران زمین و در مناطق غرب، شمال غرب، جنوب غرب، شمال شرق و مرکز ایران تغییرات افزایشی دماهای حداکثر در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد. ۳۳ ایستگاه نیز روند افزایشی در حداقل دما را نشان دادند که این امر می‌تواند افزایش متوسط درجه حرارت را به خوبی توجیه نماید. این افزایش دما متغیرهای دیگری نظیر بارش، تبخیر، رطوبت نسبی و جریان‌ات رودخانه‌ها را نیز تحت تاثیر قرار خواهد داد. میرعباسی و دین‌پژوه (۱۸) یکی از دلایل کاهش بارندگی‌های منطقه شمال غرب ایران را افزایش دما عنوان کردند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

شکل ۳ تغییرات مکانی آماره Z حاصل از آزمون MK4 را در ماه‌های بهمن، اسفند، مرداد و مقیاس سالانه نشان می‌دهد. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که در ماه بهمن تقریباً در کل منطقه مورد مطالعه افزایش معنی‌دار در دما رخ داده است و فقط مساحت کوچکی از استان با افزایش غیرمعنی‌دار دما مواجه بوده است. در ماه اسفند نیز وضعیت مشابه با ماه بهمن بوده و فقط در قسمت‌های کوچکی در شمال و غرب منطقه مورد مطالعه روند افزایشی غیرمعنی‌دار در دما را تجربه کرده است. این امر افزایش شدید دما در فصل سرد زمستان را ثابت کرده و می‌تواند بارش‌های زمستانه منطقه را از طریق اعمال تغییر در نوع بارندگی تحت تاثیر قرار دهد. با توجه به اینکه در فصل زمستان ریزش برف و ذخیره‌سازی آن در ارتفاعات منبع اصلی تغذیه رودخانه‌های حوضه آبریز مهمی چون دریاچه ارومیه می‌باشد از این رو افزایش دما می‌تواند موجبات کاهش تغذیه جریان‌های سطحی را به همراه داشته و باعث تشدید روند خشکی دریاچه ارومیه نیز گردد.

در ماه مرداد، تغییرات دمایی در قسمت شمالی استان ملایم بوده و حتی در برخی از مناطق آن نیز روند کاهشی اتفاق افتاده است. اما



شکل ۳- تغییرات مکانی آماره Z .
 Fig 3. Spatial changes of Z statistics.

سیاس گذاری

این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی مصوب باشگاه پژوهش‌گران جوان و نخبگان (واحد دانشگاه آزاد ارومیه)، با کد طرح ۹۴۰۳۶ و با عنوان "بررسی تغییرات دما و بارش در دهه‌های آتی تحت تاثیر تغییرات اقلیمی در استان آذربایجان غربی" می‌باشد. از این رو نویسندگان مقاله از باشگاه پژوهش‌گران جوان و نخبگان واحد دانشگاه آزاد ارومیه به خاطر تأمین هزینه‌های مالی کمال تشکر را دارند.

با کمی دقت در نتایج حاصل از مطالعه حاضر می‌توان دریافت که روند تغییرات دما در استان آذربایجان غربی افزایشی بوده و این امر می‌تواند از نظر اجتماعی و اقتصادی مشکلات فراوانی را ایجاد نماید چراکه اقتصاد اکثر مردم در این استان وابسته به کشاورزی بوده و افزایش دما می‌تواند موجبات خشکسالی و کاهش عملکرد گیاهان را به همراه داشته باشد. علاوه بر این خشکی دریاچه ارومیه و کاهش ورودی‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نیز می‌تواند با افزایش دمای استان همسو گشته و در نتیجه مشکلات زیست محیطی فراوانی را موجب گردد.

منابع

1. Abdul Aziz O.I., and Burn D.H. 2006. Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River Basin. *Journal of Hydrology*, 319:282-294.
2. Abghari H., Tabari H., Hosseinzadeh T. 2013. River flow trends in the west of Iran during the past 40 years: impact of precipitation variability. *Global and Planetary Change*, 101:52-60.
3. Ahmadi F., and Radmanesh F. 2014. Trend Analysis of Monthly and Annual Mean Temperature of the Northern Half of Iran Over the Last 50 Years. *Journal of Water and Soil*, 28(4): 855-865. (In Persian with English abstract)
4. Alijani B., Mahmoodi P., Saligeh M., and Righi E. 2011. Investigation of changes in the minimum and maximum annual air temperature in Iran. *Geographical Research*, 26(3): 101-122. (In Persian with English abstract)
5. Box J.E. 2002. Survey of Greenland instrumental temperature records: 1873-2001. *International Journal of Climatology*, 22(15): 1829-1847.
6. Caloiero T. 2016. Trend of monthly temperature and daily extreme temperature during 1951-2012 in New Zealand. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-17.
7. Dinpashoh Y., Jhahharia D., Fakheri-Fard A., Singh VP. and Kahya E. 2011. Trends in reference crop evapotranspiration over Iran. *Journal of Hydrology*, 399: 422-433.
8. Fischer T., Gemmer M., Lüliu L., and Buda S. 2011. Temperature and precipitation trends and dryness/wetness pattern in the Zhujiang River Basin, South China, 1961-2007. *Quaternary International*, 244(2): 138-148.
9. Gocic M. and Trajkovic S. 2013. Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*, 100:172-182.
10. Hamed K.H. 2008. Trend detection in hydrologic data: the Mann-Kendall trend test under the scaling hypothesis. *Journal of Hydrology*, 349:350-363.
11. Hamed K.H. and Rao A.R. 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204: 182-196.
12. Khalili K., Tahoudi M.N., Mirabbasi R., Ahmadi F. 2015. Investigation of spatial and temporal variability of precipitation in Iran over the last half century. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 1-17.
13. Kousari M.R., Ahani H. and Hendi-Zadeh R. 2013. Temporal and spatial trend detection of maximum air temperature in Iran during 1960-2005. *Global and Planetary Change*, 111:97-110.
14. Koutsoyiannis D. 2003. Climate change, the Hurst phenomenon, and hydrological statistics. *Hydrological Sciences Journal*, 48:3-24.
15. Koutsoyiannis D., and Montanari A. 2007. Statistical analysis of hydroclimatic time series: uncertainty and insights. *Water Resources Research*, 43:1-9.
16. Kumar S., Merwade V., Kam J. and Thurner K. 2009. Streamflow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. *Journal of Hydrology*, 374: 171-183.
17. Martinez C., Maleski J. and Miller F. 2012. Trends in precipitation and temperature in Florida, USA. *Journal of Hydrology*, 453: 259-281.
18. Mirabbasi Najafabadi R., and Dinpashoh Y. 2012. Trend analysis of precipitation of NW of Iran over the past half of the century. *Irrigation Sciences and Engineering (Scientific Journal of Agriculture)*. 35: 4. 60-73. (In Persian with English abstract)

19. Mondal A., Khare D., and Kundu S. 2015. Spatial and temporal analysis of rainfall and temperature trend of India. *Theoretical and Applied Climatology*, 122(1-2), 143-158.
20. Perez J.F., Gimeno L., Ribera P., Gallego D., Garia R., and Hernandez E. 2000. Influence of the North Atlantic oscillation on winter equivalent temperature. In: *Proceedings of the AGU Chapman Conference of "The North Atlantic Oscillation"*, University of Vigo (Orense campus), Orense, Galicia, Spain.
21. Rio S.D., Herrero L., Pinto-Gomes C. and Peras A. 2011. Spatial analysis of mean temperature trends in Spain over the period 1961-2006. *Global and Planetary change*, 78: 65-75.
22. Salari A., and Gandomkar A. 2012. Forecasting temperature changes in Bandar Abbas and Qeshm island using with test Mann-kendall. *Journal of Territory*, 9(3):79-94. (In Persian with English abstract)
23. Tabari H., and Hosseinzadeh T. 2011. Analysis trends in temperature data in arid and semi-arid regions of Iran. *Atmospheric Research*, 79:1-10.
24. Vergni L., and Todisco F. 2011. Spatio-temporal variability of precipitation, temperature and agricultural drought indices in Central Italy. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(3): 301-313.
25. Wang Q., Fan X., Qin Z. and Wang M. 2012. Change trends of temperature and precipitation in the Loess Plateau Region of China, 1961–2010. *Global and Planetary Change*, 93:138-147.
26. Yang X.L., Xu L.R., Li C.h., Hu J. and Xia X.H. 2012. Trends in temperature and precipitation in the Zhangweinan River basin during last 53 years. *Procedia Environmental Sciences*, 13: 1966-1774.
27. Zamani R., Mirabbasi R., Abdollahi S., and Jhajharia D. 2016. Streamflow trend analysis by considering autocorrelation structure, long-term persistence, and Hurst coefficient in a semi-arid region of Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-13.

Temperature Trend Analysis by Considering the Hurst Coefficient (Case Study: West Azarbayjan Province)

F. Ahmadi^{1*} - M. Nazeru Tahroudi² - R. Mirabbasi Najaf Abadi³

Received: 11-06-2016

Accepted: 15-10-2016

Introduction: Climate change in the current century is an important environmental challenge facing the world. Increase in atmospheric concentration of greenhouse gases such as CO₂ as a result of human activities has caused a change in a number of hydroclimatic parameters. Climate change and global warming are the most important issues that have attracted many attentions in recent years. Climatic changes have interpreted as significant changes in average weather over a long period (Salari and ghandomkar, 2012). Global warming may cause drastic fluctuations in various processes and also it can significantly affect mean and variance of relative humidity, precipitation, solar radiation and etc. Global warming phenomena can change the components of the hydrological cycle and re-distribute the world's water resources in time and space. This may exacerbate desertification in arid and semi-arid countries such as Iran (Ahmadi and Radmanesh, 2014). Therefore, a large part of hydroclimatic researches has focused on temperature trend analysis at different spatial and temporal scales.

Materials and Methods: In the present study, the long-term temperature data from 24 climatological stations uniformly distributed over the West Azarbayjan province during 1981-2013 were used for investigating the temperature trends. The aim of trend test is to specify whether an increasing or decreasing trend exists in time series. Since parametric tests have some assumptions such as normality, stability, and independence of variables which may not be valid for most hydrologic series, the nonparametric methods are more preferred in meteorological and hydrological studies. In addition, the nonparametric trend analysis methods are less sensitive to extreme values compared to parametric trend tests. Nonparametric tests can also be applied regardless of linearity or nonlinearity of time series trend (Khalili et al. 2015). One of the most well-known nonparametric tests is the Mann-Kendall test (Mann 1945; Kendall 1975). Existence of more than one significant autocorrelation among data is long-term persistence (LTP). The presence of LTP in time series results in the underestimation of serial correlation and overestimation of the significance of the Mann-Kendall test (Koutsoyiannis 2003). In addition, Koutsoyiannis and Montanari (2007) pointed out that the Hurst phenomenon (Hurst 1951) is one of the most major sources of uncertainty in hydrometeorological trend analysis. Hamed (2008) studied the impact of LTP and Hurst phenomenon on the Mann-Kendall test, and Kumar et al. (2009) named it as the MK4. Since the MK3 test (Mann-Kendall method after the removal of the effect of all significant auto-correlation coefficients) is a generalized version of the MK2 (Mann-Kendall method after removing the effect of significant lag-1 auto-correlation), the MK3 and MK4 tests were used in this study and explained briefly in the following sections according to Kumar et al. (2009) and Dinpashoh et al. (2014). In the current study, the MK4 test was employed.

Results and Discussion: In this study, the mean monthly and annual air temperature trends were investigated using non-parametric Mann-Kendall test by considering the Hurst coefficient (MK4) for West Azarbayjan province. The Sen's slope estimator was also used for estimation of the slope of the trend line. Results indicate that 71% of selected stations (17 stations out of 24 considered stations) experienced a significant positive trend and only 7 stations (%29 of studied stations) did not show a significant upward trend in annual temperature time series. The highest increasing temperature rate (0.12 °C/Year) in annual timescale was found in Chehriq station. On monthly time scale, the numbers of months with increasing trends were 6 times greater than those with negative trends. Most of the stations had significant positive trends in mean temperature in February and March. Moreover, according to calculated Sen's slope, the mean air temperature of West Azarbayjan province increased by 0.05 °C/Year (1.65 °C during the study period).

Conclusion: The results show that the temperature of West Azarbayjan province substantially increased. The

1, 2 - Young researchers and Elite Club, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran

3- Assistant Professor, Water Engineering Department, Shahre Kord University, Shahre Kord, Iran

(* - Corresponded Author Email: Farshad.paper@yahoo.com)

temperature increment can cause more drought occurrence and crop yield loss. As most of people's income in this province depends on agricultural activities, temperature rise seems to have led to many social and economic problems in our studied area. Further, drying up of Urmia Lake and decreasing water input to the Urmia Lake basin can intensify the environmental problems.

Keywords: Mann-Kendall test, Confidence level, Sen's slope, Persistence, Hurst coefficient