

اثرات گرمایش جهانی بر اقلیم شهرهای واقع در حوضه دریاچه ارومیه

بهروز ساری صراف^۱، طاهره جلالی عنصرودی^{۲*}، فاطمه سرافروزه^۳

۱. استاد گروه آب و هواشناسی، دانشگاه تبریز

۲. دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تبریز

۳. دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۲۹

The Effects of Global Warming on the Climate of Cities Located in the Urmia Lake Basin

Behrooz Sarie Sarraf¹, *Tahereh Jalali Ansaroodi², Fatemeh Sarafrouzeh³

1. Professor of Climatology, University of Tabriz

2. *Ph.D Student in Climatology, University of Tabriz

3. Ph.D Student in Climatology, University of Tabriz

Received: (29/03/2014) Accepted: (20/11/4014)

Abstract

Global Warming is now one of the most important environmental issues. In the present study, in order to reveal the effect of global warming on the climate of cities located in the Urmia Lake basin, the changes in 14 climatic variables were evaluated through Mann-Kendall test and least of squares error test in three time scales: annual scale, wet season scale and dry season scale. The results indicated that according to the tests done the minimum, maximum and average temperatures increased in both annual and seasonal time scales. The average temperature of the area increased by 0.06 degree Celsius annually and the maximum rate of increase was about 0.13 degree Celsius per year in Maraghe. The temperature of very hot days (with a maximum of 30 degree Celsius or more) increased and the temperature of very cold days (with a minimum of -4 degree Celsius or less) decreased. Total rainfall and the amount of heavy precipitation decreased. The average rainfall in the region declined by about 4 mm a year. The wind speed parameter showed negative, positive and stable trends in the area under study, but the relative humidity was negative in most stations. In general, the results of Mann-Kendall and Least-squares error methods were consistent. Overall, the trend of climatic elements was in line with the latest findings of the intergovernmental panel on climate change.

Keywords

Universal warming, Trend analysis Mann-Kendall, Least of squares error, Cities of Urmia Lake basin.

چکیده

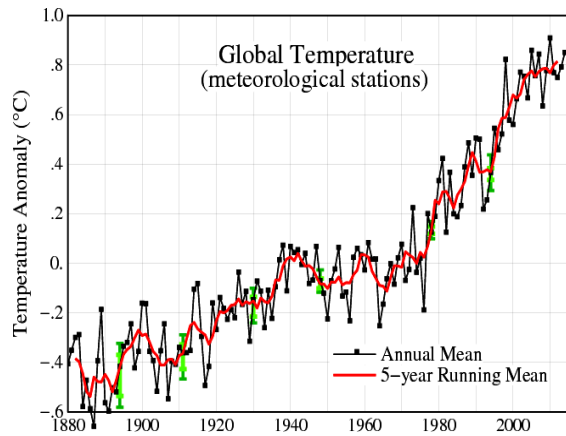
در حال حاضر، گرمایش یکی از مهمترین مسایل زیست‌محیطی به شمار می‌رود. در تحقیق حاضر، به منظور آشکار شدن اثر گرمایش بر اقلیم شهرهای واقع در حوضه دریاچه ارومیه، تغییرات ۱۴ متغیر اقلیمی در سه مقیاس زمانی سالانه، فصل‌تر و فصل خشک با استفاده از دو روش من‌کندال و حداقل مربعات خطا بررسی گردید. نتایج نشان داد که بر اساس هر دو آزمون مذکور، در منطقه، دمای حداقل، حداکثر و متوسط هم در مقیاس سالانه و هم در مقیاس فصلی روند افزایشی را تجربه کرده است. دمای متوسط منطقه به میزان ۰/۰۶ درجه سانتی‌گراد در سال افزایش داشته و بیشترین میزان افزایش در مراغه حدود ۰/۱۳ درجه سانتی‌گراد در سال می‌باشد. روزهای خیلی گرم (با دمای حداکثر ۳۰ درجه سانتی‌گراد یا بیشتر) افزایش و روزهای خیلی سرد (با دمای حداقل ۴ درجه سانتی‌گراد یا کمتر) کاهش داشته‌اند. مجموع بارش و همچنین مقدار بارش‌های سنگین کاهش پیدا کرده است. به طور متوسط در کل منطقه میزان بارندگی حدود ۴ میلیمتر در سال کاهش داشته است. در عنصر سرعت باد هر سه روند منفی، مثبت و ایستا در منطقه مشاهده شد، ولی روند رطوبت نسبی در اکثر ایستگاه‌ها منفی است. در مجموع نتایج دو روش من-کندال و حداقل مربعات خطا با یکدیگر مطابقت زیادی دارد. به طور کلی، روند عناصر اقلیمی، همسو با آخرین یافته‌های هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی

گرمایش جهانی، تحلیل روند من-کندال، حداقل مربعات خطا، شهرهای حوضه دریاچه ارومیه.

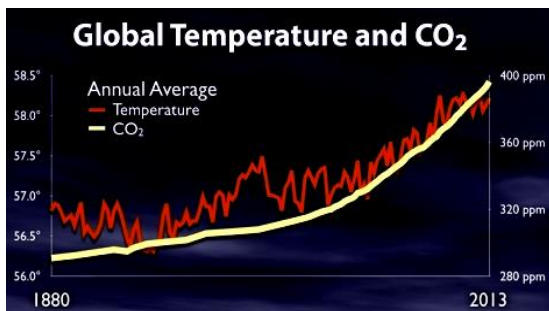
مقدمه

غلظت دی‌اکسیدکربن جو به عنوان مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای را از سال ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۳ نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، افزایش دمای جهانی هماهنگ با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن جو می‌باشد.



شکل ۱. ناهنجاری متوسط دمای جهانی از سال ۱۸۸۰ تاکنون نسبت به دوره پایه ۱۹۵۱-۱۸۸۰

مأخذ: (<http://data.giss.nasa.gov>)



شکل ۲. مقادیر متوسط دمای جهانی (فازنهایت) و

غلظت CO₂ جو (پی.پی.ام)

مأخذ: (<http://www.climatecentral.org>)

به استناد ماده ۴/۸ کنوانسیون تغییر آب و هوا، ایران جزء کشورهای آسیب‌پذیر ناشی از تغییرات اقلیمی است. زیرا به دلیل قرارگیری در کمربند بیابانی جهان، دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک است و نوسان‌های شدید سالانه، فصلی و ماهانه از ویژگی‌های اصلی رژیم‌های بارندگی در ایران محسوب می‌شود. همچنین ایران از نظر پوشش جنگلی فقیر بوده و از طرفی در معرض تهدیدات بلایای طبیعی مانند سیل، خشک‌سالی، بیابان‌زایی و طغیان آفات در بخش کشاورزی است (Banihasemi, 2009: 11). لذا ریسک تأثیر پدیده دگرگونی اقلیمی می‌تواند در این فضای شکننده بسیار بیش‌تر اثرات خود را نشان دهد. با توجه به اهمیتی که گرمایش و تغییر اقلیم بر ساختار محیطی کره زمین و موجودات زنده دارد، تلاش جهت شناخت هر چه بیش‌تر چگونگی رخدادهای تغییر اقلیم امری ضروری است. از این رو، در تحقیق

تغییر اقلیم عبارت است از تغییرات رفتار آب و هوایی یک منطقه نسبت به رفتاری که در طول یک افق زمانی بلند مدت از اطلاعات مشاهده یا ثبت شده در آن منطقه مورد انتظار است. به بیان دیگر، تغییر اقلیم، معادل تغییرات معنی‌دار آماری برای متوسط وضع آب و هوا در یک دوره طولانی (چند دهه و بیش‌تر) است (Modaresi et al., 2010: 476).

از جمله پیامدهای تغییر اقلیم شهرها می‌تواند شیوع بیماری‌های خطرناک، تشدید پدیده‌های خسارت‌زایی نظیر ریزگردها، بروز دگرگونی‌های اقتصادی و اجتماعی عمیق، مهاجرت‌های اجباری و پیامدهای سیاسی و فرهنگی مترتب با آن و دگرگونی الگوی تولید و مصرف جامعه باشد. پدیده گرمایش و تغییرات آب و هوایی، اثرات عمیق و شدیدی بر بسیاری از عوامل اساسی و مؤثر بر زندگی روزمره انسان از جمله آب، غذا، انرژی، هوا و محیط زیست دارد که این مورد خود اثر مستقیم بر عوامل مخاطره‌زای سلامت دارد. گرمایش و تغییر اقلیم باعث کاهش کیفیت آب آشامیدنی و کمبود آن شده و در نهایت منجر به افزایش بیماری‌های ناشی از آب و غذا و سوء تغذیه می‌شود. به علاوه قرار گرفتن در معرض هوای شدیداً گرم یا شدیداً سرد تأثیر مستقیم بر سلامت انسان داشته و یا با افزایش احتمال خطر بیماری و مرگ همراه است. هر چند بسیاری از خطرات مرتبط با گرما با بهبود خدمات بهداشتی - درمانی و تأسیساتی قابل کنترل هستند، اما هزینه‌های بهبود شرایط محیطی و افزایش سطح خدمات بهداشتی و آسایش حرارتی و نیز جبران اثرات خشک‌سالی‌ها و کنترل سیلاب‌های شدید در شهرها، مستلزم صرف هزینه‌های زیادی از طرف بخش‌های خصوصی و دولتی در این زمینه‌هاست. علاوه بر این، وقوع خشکسالی‌های شدید و پیاپی ناشی از تغییر اقلیم، سبب مهاجرت روستاییان به شهرها، حاشیه‌نشینی، روی آوردن به سمت شغل‌های کاذب و افزایش ناهنجاری‌های اجتماعی می‌شود.

بنا به گزارش هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، تغییر اقلیم در نقاط مختلف جهان نتیجه‌ای از دخالت انسان در اکوسیستم‌ها، تغییر کاربری اراضی و نیز نقش انسان در افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای اتمسفر به ویژه دی‌اکسیدکربن می‌باشد (IPCC, 2007). این امر منجر به تغییر بیابان انرژی زمین می‌شود. با توجه به روند افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای پیش‌بینی می‌شود که تغییر اقلیم در آینده نیز تداوم داشته باشد (Sussman and Freed, 2008: 1).

در شکل ۱، ناهنجاری متوسط دمای جهانی نسبت به میانگین دمای دوره ۱۸۸۰-۱۹۵۱ مشاهده می‌شود که نشانگر افزایش دمای جهانی در نیم سده اخیر نسبت به دوره پایه می‌باشد. شکل ۲، به طور همزمان تغییرات مقادیر متوسط دمای جهانی و مقادیر

دریاچه مونگولیا به روش رگرسیون خطی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که روزهای داغ و شبه‌های گرم در منطقه مذکور در حال افزایش و روزها و شبه‌های سرد در حال کاهش می‌باشند. بارندگی نیز به تدریج در حال افزایش است (Nandintsetseg et al., 2007: 341).

حمید و همکاران (۲۰۱۴)، روند دما را در حوضه سوتلوج^۶ هند مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که گرمایش طی فصول زمستان و بهار قطعی‌تر از تابستان و پاییز بوده است (Hamid et al., 2014: 222).

احمد و همکاران (۲۰۱۵)، در بررسی روند بارش ماهانه، فصلی و سالانه حوضه اسوات^۷ در پاکستان به روش‌های من‌کندال و اسپیرمن، روندهای معنی‌دار افزایشی را تشخیص دادند (Ahmad et al., 2015: 15).

رحیم‌زاده و عسگری (۲۰۰۴)، به منظور بررسی تفاوت نرخ افزایش دمای حداقل و حداکثر و کاهش دامنه شبانه‌روزی دما در کشور از طریق روش حداقل مربعات، از داده‌های دمای ۳۳ ایستگاه سینوپتیک در دوره ۱۹۹۷-۱۹۵۱ استفاده نموده و در اکثر ایستگاهها روند افزایشی را مشاهده کردند (Rahimzadeh and Asgari, 2004: 155).

شیرغلامی و قهرمان (۲۰۰۵)، روند تغییرات درازمدت دمای متوسط سالانه ایران را در ۳۴ ایستگاه سینوپتیک ایران به روش کمترین مربعات خطا و من-کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در ۵۹٪ ایستگاه‌ها دما دارای روند مثبت و در ۴۱٪ ایستگاه‌ها دارای روند منفی می‌باشد (Shirgolami and Gahraman, 2005: 24).

میرموسوی (۲۰۰۵)، روند مربوط به داده‌های دما و بارش سالانه ۸ ایستگاه واقع در شمال غرب ایران را با استفاده از آزمون رتبه‌ای اسپیرمن در دوره آماری ۴۴ ساله به منظور مطالعه نوسانات این عناصر تجزیه و تحلیل نمود. نتایج نشان داد که دو ایستگاه میانه و تبریز دارای روند معنی‌دار افزایش دما و چهار ایستگاه تبریز، اردبیل، ارومیه و خوی دارای روند کاهش معنی‌دار در بارندگی می‌باشند (Mirmusavi, 2005: 1).

رحیم‌زاده و همکاران (۲۰۰۶)، به منظور بررسی تغییرات سرعت باد از داده‌های ۸ ایستگاه سینوپتیک در سطح کشور طی دوره آماری ۲۰۰۰-۱۹۵۱ استفاده نمودند (Rahimzadeh et al., 2006: 7).

حاضر سعی بر آن است که طی یک بررسی جامع، نوسانات کلیه عناصری که می‌توانند نمایه‌ای از تغییر اقلیم باشند، توسط یک آزمون پارامتری و یک آزمون ناپارامتری در شهرهای واقع در حوضه دریاچه ارومیه نشان داده شود، تا معلوم گردد که گرمایش جهانی چه تأثیری بر اقلیم شهرهای مذکور داشته است.

پیشینه تحقیق

در زمینه گرمایش و تغییر اقلیم و تحلیل روند عناصر اقلیمی در ایران و جهان مطالعات زیادی صورت گرفته است.

کارل^۱ و همکاران (۱۹۹۹)، تغییرات شرایط حدی اقلیم را با استفاده از شاخص‌ها و نمایه‌های حدی دما و بارندگی، در طی قرن گذشته در بیش‌تر نقاط جهان برآورد نموده و اعلام کردند که تعداد روزهای بسیار سرد روند کاهشی و تعداد روزهای داغ روند افزایشی داشته است (Karl et al., 1999: 3).

سیرانو^۲ و همکاران (۱۹۹۹)، روند بارش ماهانه و سالانه شبه جزیره ایبری را از طریق آزمون من-کندال، در دوره ۱۹۲۱ تا ۱۹۹۵ تجزیه و تحلیل نمودند. نتیجه تحقیق هیچ روند معنی‌داری برای بارش سالانه نشان نداد. در مقیاس ماهانه نیز فقط در ماه مارس روند معنی‌دار کاهشی مشاهده گردید (Serrano et al., 1999: 85).

کارین و وایرز^۳ (۲۰۰۰)، تغییرات دما، بارش و سرعت باد را در دوره ۲۱۰۰-۱۹۰۰ با استفاده از شبیه‌سازی مدل‌های اقلیمی در سطح زمین بررسی نمودند. در این پژوهش، توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته بر سری داده‌های حداکثر سالانه در سه طی دوره ۱۹۷۵-۱۹۹۵، ۲۰۴۰-۶۰ و ۲۰۸۰-۲۱۰۰ برآزش داده شده و دوره‌های بازگشت مختلف برآورد شده است. طبق نتیجه این تحقیق تغییر دماهای حداکثر و حداقل تحت شرایط مختلف متفاوت بوده، بارش‌های حدی تقریباً در تمام نقاط افزایش می‌یابد و سرعت باد حداکثر در مناطق برون حاره به مقدار کمی تغییر پیدا می‌کند (Kharin and Zwiers, 2000: 3760).

داسیلوا^۴ (۲۰۰۴)، تغییرپذیری هشت عنصر اقلیمی را با روش من-کندال در سه مقیاس زمانی سالانه، فصل خشک و فصل تر در شمال غرب کشور برزیل مورد بررسی قرار داده و نشان داد که دما روند افزایشی و رطوبت نسبی و بارندگی روند کاهشی معنی‌دار داشته‌اند (Da Silva, 2004: 575).

ناندینتسیتیگ^۵ و همکاران (۲۰۰۷)، روند هشت نمایه بارندگی‌های فرین و شش نمایه دماهای فرین را در اطراف

- 1 . Karl
- 2 . Serrano
- 3 . Kharin & Zwiers
- 4 . Da Silva
- 5 . Nandintsetseg

6 . Sutluj

7 . Swat

عنصر اقلیمی پرداخته شده است. از این رو با توجه به اهمیت مسأله تغییر و دگرگونی اقلیمی و اثرات آن بر روی انسان و اکوسیستم‌های طبیعی و نیز با توجه به اینکه در منطقه حوضه دریاچه ارومیه مطالعه دقیق و جامعی در ارتباط با تغییر عناصر اقلیمی انجام نگرفته است و در تحقیقات انجام یافته عمدتاً به متغیرهای اقلیمی ثانوی (به غیر از دما و بارندگی) بسیار کم توجه شده است، لذا در این تحقیق سعی بر آن است که نوسان‌پذیری و تغییرات احتمالی به وجود آمده در کلیه عناصر نمایه تغییر اقلیم با استفاده از آزمون‌های آماری ناپارامتریک به صورت جامع مورد تجزیه و تحلیل و ارزیابی قرار گیرد. چرا که تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که نتایج تغییرات روند متغیرهای مختلف اقلیمی به نوعی وابستگی زمانی و مکانی با یکدیگر نشان می‌دهند (Bannayan et al., 2010: 119). بدین منظور روند تغییرات ۱۴ متغیر اقلیمی در مقیاس زمانی فصلی و سالانه در منطقه مذکور مورد بررسی قرار می‌گیرد تا وجود یا عدم وجود تغییرات معنی‌دار در روند این متغیرها و نیز میزان تغییرات به وجود آمده مشخص گردد.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر، شهرهای واقع در حوضه دریاچه ارومیه است. برای بررسی تغییر عناصر اقلیمی در این شهرها، از داده‌های ۷ ایستگاه سینوپتیک استفاده گردید. در جدول ۱، نام و مشخصات ایستگاه‌ها و طول دوره آماری داده‌های مورد استفاده ارائه شده است. از بقیه ایستگاه‌ها به دلیل کوتاه بودن طول دوره آماری صرف نظر شد.

در مرحله بعدی، داده‌ها تحت کنترل کیفی قرار گرفتند. جهت آزمون همگنی داده‌ها از روش ران تست و جهت بازسازی داده‌های ناقص از روش شبکه‌های عصبی تحت نرم‌افزار مطلب استفاده گردید. روش به کار رفته، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه^۱ می‌باشد که نوعی از توپولوژی پیشرو^۲ است. در اینجا از ۷۰٪ داده‌ها جهت آموزش شبکه، ۱۵٪ جهت صحت‌سنجی و ۱۵٪ جهت آزمون مدل‌ها استفاده شد. ساختار عادی یک شبکه عصبی مصنوعی، معمولاً از لایه ورودی، لایه‌های میانی (مخفی) و لایه خروجی تشکیل شده است (Nasri et al., 2010: 19).

در تحقیقات علمی، جهت آشکارسازی دگرگونی اقلیمی از دیدگاه آماری از آزمون‌های روند بر روی عناصر مختلف جوی استفاده می‌شود. آزمون‌های روند با هر دو دسته آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری امکان‌پذیر است. در تحقیق حاضر، از روش

خورشیددوست و قویدل (۲۰۰۶)، اثرات دو برابر شدن دی اکسیدکربن جو را با استفاده از مدل GFDL، بر روی دما و بارش تبریز مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل مبین افزایش دمای تبریز در کلیه مقاطع ماهانه و فصلی و کاهش بارش در فصل زمستان (ماه مارس) و افزایش آن در فصل بهار (ماه‌های آوریل و می) هستند (Ghavidel, 2006: 1 & Khoureshiddoust).

صلاحی و همکاران (۲۰۰۸)، با استفاده از مدل گردش عمومی مؤسسه مطالعات فضایی گودارد GISS در ارتباط با اثرات دو برابر شدن دی اکسید کربن جو بر اقلیم تبریز به نتایج مشابهی دست یافتند. این محققین دو روش من- کندال و حداقل مربعات را به کار بردند. نتایج آزمون‌های تعیین روند نشان داد که روند کاهشی سرعت باد در سطح ۵ درصد در برخی از ایستگاه‌ها معنی‌دار می‌باشد (Salahi et al., 2008: 55).

زاهدی و همکاران (۲۰۰۷)، با تحلیل تغییرات زمانی - مکانی دمای منطقه شمال غرب ایران از طریق دو روش رگرسیون خطی و من- کندال مشخص نمودند که اکثر مناطق شمال غرب کشور با روند افزایشی دما مواجه است (Zahedi et al., 2007: 183).

رحیم‌زاده و همکاران (۲۰۰۹)، اثرات گرمایش را بر روند نمایه‌های حدی دما طی دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۱ در ۲۳ ایستگاه سینوپتیک کشور برآورد نمودند. نتایج نشان داد که روند نمایه‌های حدی سرد کاهشی و روند نمایه‌های حدی گرم افزایشی بوده است (Rahimzadeh et al., 2009: 119).

رحیم‌زاده و همکاران (۲۰۱۱) روند و جهش نمایه‌های حدی دما و بارش را در استان هرمزگان ارزیابی نمودند. نتایج کلی حاصل از این تحقیق، تشدید گرمایش و کاهش بارش به همراه افزایش نوسانات شدید بارش و مقادیر حدی دما در استان هرمزگان را نشان داد (Rahimzadeh et al., 2011: 97).

قویدل رحیمی (۲۰۱۲)، با استفاده از روش‌های رگرسیون و من- کندال، دماهای فرین پایین تهران را مورد تحلیل و پیش‌بینی قرار داد و نتیجه گرفت که دماهای فرین حداقل تهران از سال ۱۹۷۰ دچار تحول شده و روند رو به تغییر افزایشی را طی می‌کند (Gavidel Rahimi, 2012: 141).

قویدل رحیمی (۲۰۱۲)، نوسانات سری زمانی ۶۰ ساله دماهای فرین بالای تهران را تحلیل نمود و نتیجه گرفت که دمای ۳ دهه ۵۰، ۸۰ و ۹۰ پایتتیر از متوسط بلندمدت ۶۰ ساله و در عوض دمای ۳ دهه ۶۰، ۷۰ و دهه آخر قرن ۲۱ بالاتر از حد متوسط بلندمدت قرار داشته‌اند. روند تغییرات دماهای فرین حداکثر مثبت بوده که به معنای افزایش شدت گرمای تابستان می‌باشد (Gavidel Rahimi, 2012b: 109).

در اکثر مطالعات انجام شده به بررسی تغییرات زمانی دو یا سه

در رابطه فوق، پارامتر α تعیین‌کننده سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و $Z_{\alpha/2}$ آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون از $\alpha/2$ استفاده شده است. در تحقیق حاضر، سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدین ترتیب که اگر Z به دست آمده از مقدار ۱/۹۶ بیشتر باشد، روند در سطح ۹۵٪ و اگر Z به دست آمده از مقدار ۲/۳۳ بیشتر باشد، روند در سطح ۹۹٪ معنی‌دار خواهد بود. در صورتی که آماره Z مثبت باشد، روند داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی خواهد بود (Hajam et al., 2008: 160).

شیب خط روند (β) عناصر اقلیمی با استفاده از تخمین گر شیب Sen، به شرح زیر برآورد گردید:

$$\beta = \text{median}\left[\frac{X_i - X_j}{j - i}\right] \quad (2)$$

در روش حداقل مربعات خط، ابتدا عرض از مبدأ و شیب خط رگرسیون به وسیله حداقل نمودن خطا بین دو متغیر مستقل و وابسته محاسبه گردیده و سپس آماره t از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$t = \frac{b}{S_b} \quad (3)$$

در رابطه فوق، b عرض از مبدأ خط برازش داده شده و S_b انحراف معیار داده‌هاست:

$$S_b^2 = \frac{s^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (4)$$

در رابطه فوق، X_i و \bar{X} به ترتیب سری داده‌های نمونه و میانگین سری داده‌ها، n تعداد مشاهدات است و S^2 از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{(n-2)} \quad (5)$$

در رابطه فوق، Y_i و \bar{Y} به ترتیب مقادیر واقعی و برآورد شده می‌باشد. اگر قدر مطلق آماره t با دو درجه آزادی از مقدار t جدول t -student بزرگ‌تر باشد، در این صورت شیب خط اختلاف معنی‌داری با صفر خواهد داشت که به معنی وجود روند در سری زمانی می‌باشد (Eivazi, et al., 2010: 158).

یافته‌ها

تغییرات ۱۴ عنصر اقلیمی در ۷ ایستگاه سینوپتیک حوضه دریاچه ارومیه در سه مقیاس زمانی سالانه، فصل‌تر و فصل خشک با

من - کندال به عنوان یکی از آزمون‌های ناپارامتری و از روش حداقل مربعات خطا به عنوان یکی از آزمون‌های پارامتری به منظور بررسی روند در سری داده‌ها استفاده شد. روش‌های مذکور، به طور گسترده‌ای در تحلیل روند به کار گرفته شده‌اند. لازم به ذکر است که برای استفاده از آزمون‌های پارامتریک پیش‌فرض‌هایی لازم است که از آن جمله نرمال بودن توزیع جامعه آماری است. زیرا در حالتی که توزیع جامعه نرمال نباشد، میانگین و انحراف معیار، نمایی واقعی از داده‌ها را نشان نمی‌دهد. بررسی‌ها بیانگر نرمال بودن داده‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر می‌باشد. در صورتی که برای استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک چنین پیش‌فرضی مطرح نیست.

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	دوره آماری
ارومیه	۴۵° ۰۵'	۳۷° ۳۲'	۱۹۶۹-۲۰۰۹
تبریز	۴۶° ۱۷'	۳۸° ۰۵'	۱۹۶۹-۲۰۰۹
مراغه	۴۶° ۱۶'	۳۷° ۲۴'	۱۹۸۳-۲۰۰۹
سراب	۴۷° ۳۲'	۳۷° ۵۶'	۱۹۸۶-۲۰۰۹
مهاباد	۴۵° ۴۳'	۳۶° ۴۶'	۱۹۸۵-۲۰۰۹
سقز	۴۶° ۱۶'	۳۶° ۱۵'	۱۹۶۹-۲۰۰۹
تکاب	۴۷° ۰۷'	۳۶° ۴۶'	۱۹۸۵-۲۰۰۹

روش من - کندال ابتدا توسط مان^{۱۰} در سال ۱۹۴۵، ارائه و سپس توسط کندال^{۱۱} در سال ۱۹۷۵ بسط و توسعه یافت (Serrano et al., 1999: 87). از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی‌ای که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است (Turgay and Ercan, 2006: 4). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک دال بر وجود روند در سری داده‌ها است. در روش من - کندال ابتدا اختلاف بین تک‌تک مشاهدات با همدیگر محاسبه شده و با اعمال تابع علامت، پارامتر S استخراج گردید (Hamed, 2008: 33). در گام بعدی واریانس سری زمانی محاسبه شد و در نهایت آماره من - کندال (Z) حاصل شد. در یک آزمون دو دامنه جهت روندیابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه ۱، برقرار باشد:

$$|X| \leq Z_{\alpha/2} \quad (1)$$

10. Mann

11. Kendall

استفاده از آزمون ناپارامتریک من- کندال و آزمون پارامتریک حداقل مربعات خطا محاسبه گردیده و نتایج آن در جدول‌های ۲ تا ۷، نشان داده شده است.

مقیاس سالانه

بررسی سالانه ۱۴ عنصر اقلیمی نشان می‌دهد که بر اساس هر دو آزمون، تمام ایستگاهها روند افزایشی در دمای حداقل، حداکثر و متوسط را تجربه نموده‌اند. ارقام Z و t به دست آمده برای عناصر مذکور در تمام ایستگاهها به جز سقز، بیش از مقدار بحرانی می‌باشد (جدول‌های ۲ و ۳).

بدین معنی که به جز سقز در دیگر مناطق، روند افزایشی دما از نظر آماری معنی‌دار است. سطح معنی‌داری این سه عنصر به استثنای ایستگاه سراب در بقیه ایستگاهها ۹۹٪ می‌باشد. مطابق نتایج حاصل از هر دو روش، در ایستگاه سراب دمای حداقل، حداکثر و متوسط سالانه در سطح اطمینان ۹۵٪ روند افزایشی داشته‌اند. شکل‌های ۳ و ۴، مقادیر شیب خط روند مؤلفه‌های مرتبط با دما را در مقیاس سالانه در ایستگاههای مورد مطالعه با هر دو روش به کار رفته نشان می‌دهند.

جدول ۲. مقادیر آماره من - کندال (Z) و شیب خط روند (β) برای عناصر اقلیمی در مقیاس سالانه

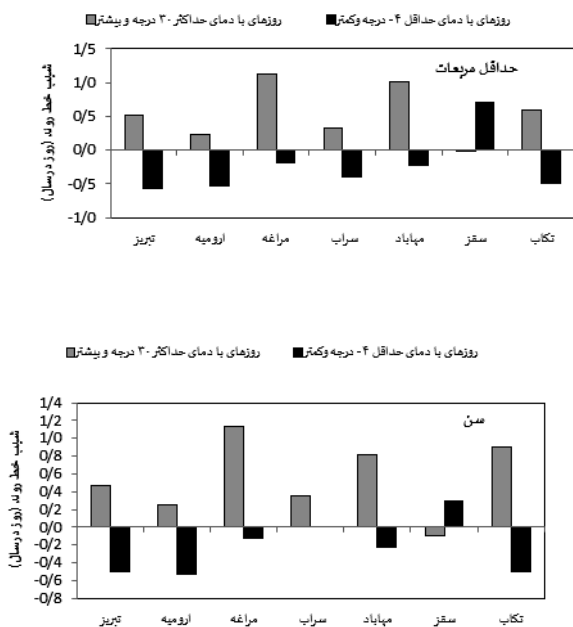
عناصر اقلیمی	تبریز		ارومیه		مراغه		سراب		مهاباد		سقز		تکاب	
	β	Z	β	Z	β	Z	β	Z	β	Z	β	Z	β	Z
دمای حداقل (°C)	۰/۰۴	۴/۱**	۰/۰۳	۳/۲**	۰/۰۵	۳/۴**	۰/۰۴	۲/۱*	۰/۰۶	۳**	۰	۰/۲۵	۰/۰۶	۲/۵**
دمای حداکثر (°C)	۰/۰۶	۴/۳**	۰/۰۵	۳/۷**	۰/۰۹	۴/۲**	۰/۰۵	۲/۱*	۰/۰۶	۲/۸**	۰	۰/۸۴	۰/۰۶	۲/۸**
دمای متوسط (°C)	۰/۰۸	۳/۲**	۰/۰۴	۳/۶**	۰/۱۳	۴/۷**	۰/۰۵	۲*	۰/۰۶	۳/۲**	۰	۰/۳۳	۰/۰۶	۳/۴**
حداقل رطوبت	-۰/۰۹	-۲/۶**	-۰/۱۵	-۴/۱**	-۰/۱۸	-۲/۵**	-۰/۱۳	-۱/۲	-۰/۲	-۲/۴**	-۰/۲	-۲/۳*	-۰/۲	-۴**
حداکثر رطوبت	۰	-۰/۲	-۰/۰۹	۰	۰	-۰/۲	۱/۷	۰	-۰/۱۶	-۰/۸	۰/۱	۰/۹۴	-۰/۱۶	-۱/۱۵
متوسط رطوبت	-۰/۰۵	-۱/۷*	-۰/۰۸	-۲/۴**	-۰/۱۲	-۲/۲*	-۰/۰۳	-۰/۵	-۰/۱۱	-۱/۴	۰	۰/۳۹	-۰/۱۱	-۲/۸**
بارش (mm)	-۲/۴	-۲/۷**	-۲/۲۳	-۱/۸	-۷/۱	-۳**	-۰/۳	-۷/۱	-۰/۲	-۲/۵	-۴/۹	-۱/۴	-۰/۲	-۲/۴**
سرعت باد (نات)	۰/۰۳	۲/۱*	۰/۰۳	۱/۲	۰/۱	۱/۶	-۰/۰۱	-۰/۷	۰	۰/۷	۰/۲	۴/۱**	-۰/۰۱	-۳/۷**
روزهای بارندگی	۰	۰	-۰/۴	-۱/۹	-۰/۲	-۰/۷	-۰/۲	-۱/۴	-۰/۱	-۰/۸	-۰/۲	-۰/۸۷	-۰/۱	-۲/۶**
بارش ≤ 10 یلیمتر	-۰/۰۶	-۱/۶	-۰/۱۱	-۲/۲*	-۰/۲۹	-۲/۸**	۰	-۰/۷	-۰/۱	-۰/۹	-۰/۲	-۱/۵	-۰/۱	-۲/۲*
بارش ≤ 5 میلیمتر	-۰/۱۷	-۲/۷**	-۰/۲	-۲/۳*	-۰/۵۳	-۳/۱**	۰	۰/۲	-۰/۲	-۱/۲	-۰/۴	-۳/۳**	-۰/۲	-۲/۲*
دمای حداکثر ≤ 30	۰/۴۷	۳/۳**	۰/۳	۱/۴	۱/۱۴	۴**	۱/۴	۱/۴	۰/۸۲	۲/۱*	-۰/۱	-۰/۵	۰/۸۲	۲/۹**
دمای حداقل ≥ 4	-۰/۰۵	-۲/۱*	-۰/۵	-۱/۸	-۰/۱۲	-۰/۳	۰/۴	-۰/۱۲	-۰/۲۳	-۰/۸	۰/۳	۰/۶۹	-۰/۲۳	-۱/۳
تفاضل دما	۰/۰۱	۱/۸	۰/۰۱	۱/۱	-۰/۰۲	-۰/۸	۰/۸	-۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۴	۰/۱	۲/۴**	۰	۰/۵

علامت * معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹٪ و علامت * معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵٪ را نشان می‌دهد. واحد b بر حسب واحد عنصر اقلیمی در سال می‌باشد.

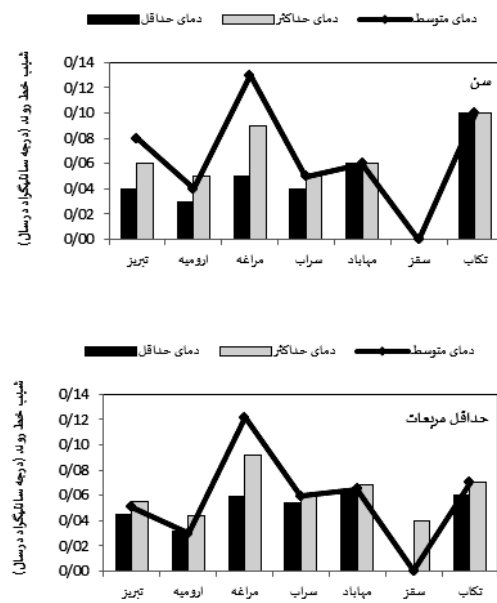
جدول ۳. مقادیر آماره حداقل مربعات خطا (t) و شیب خط روند (b) برای عناصر اقلیمی در مقیاس سالانه

عناصر اقلیمی		تبریز		ارومیه		مراغه		سراب		مهاباد		سقز		تکاب	
		b	t	b	t	b	t	b	t	b	t	b	t	b	t
دمای حداقل (°C)		۰/۰۵	۴/۹**	۰/۰۳	۲/۸**	۰/۰۶	۴/۱**	۰/۰۵	۲/۴*	۰/۰۶	۳/۷**	۰/۰۶	۱/۱	۰/۰۶	۲/۶*
دمای حداکثر (°C)		۰/۰۶	۵/۲**	۰/۰۴	۳/۷**	۰/۰۹	۴/۹**	۰/۰۶	۲/۳*	۰/۰۷	۳/۰**	۰/۰۷	۱/۰	۰/۰۷	۲/۵*
دمای متوسط (°C)		۰/۰۵	۵/۳**	۰/۰۳	۳/۵**	۰/۰۱۲	۶/۵**	۰/۰۶	۲/۸*	۰/۰۶	۳/۴**	۰/۰۶	-۰/۱۳	۰/۰۷	۲/۷*
حداقل رطوبت		-۰/۱	-۲/۶*	-۰/۱۵	-۴/۷**	-۰/۲	-۳/۴**	-۰/۰۷	-۰/۶	-۰/۲۴	-۲/۸*	-۰/۲	-۲/۱*	-۰/۰۷	-۴/۳**
حداکثر رطوبت		-۰/۲	-۲/۶*	-۰/۰۴	-۱/۰	-۰/۰۸	-۱/۲	۰/۲۲	۲/۱*	-۰/۱۶	-۱/۶	۰/۸۵	۰/۱۲	۰/۱۲	-۱/۱
متوسط رطوبت		-۰/۱	-۱/۶	-۰/۱	-۲/۹**	-۰/۱۳	-۲/۴*	۱/۴	۰/۱۷	-۰/۱۶	-۱/۸	۰/۴۲	۰/۱۲	۰/۱۷	-۲/۴*
بارش (mm)		-۲/۵	-۳/۱**	-۲/۵	-۱/۹	-۳/۵**	-۶/۶	۰/۰۵	۰/۰۷	-۳/۳	-۱/۲	-۱/۳	-۶/۱	۰/۰۷	-۲/۳*
سرعت باد (نات)		۰/۰۳	۲/۵*	۰/۰۹	۲/۲*	۰/۱۲	۴/۷**	-۰/۰۸	-۰/۸	۰/۰۱	۰/۸	۰/۱۹	۶/۷**	-۰/۰۲	-۴**
روزهای بارندگی		-۰/۱۶	-۰/۷	-۰/۴	-۲/۳*	-۰/۳	-۰/۸	-۰/۹۳	-۲/۳*	-۰/۴	-۱/۱	-۰/۵	-۰/۲	-۰/۹۳	-۲/۷*
بارش ≤ 10 میلی‌متر		-۰/۰۷	-۱/۷	-۰/۱۲	-۲/۲*	-۰/۳	-۳/۶**	-۰/۰۶	-۰/۸	-۰/۱۱	-۱/۰	-۱/۳	-۰/۲	-۰/۰۶	-۲/۵*
بارش ≤ 5 میلی‌متر		-۰/۱۶	-۲/۷**	-۰/۲	-۲/۴*	-۰/۵۳	-۴/۴**	۰/۰۸	۰/۶	-۰/۲۶	-۱/۸	-۱/۹	-۰/۴	۰/۰۸	-۲/۳*
دمای حداکثر ≤ 30		۰/۵۱	۳/۶**	۰/۲۴	۱/۲	۱/۱	۴/۵**	۰/۳۳	۱/۰	۱	۲/۳*	-۰/۰۳	۱	۰/۳۳	۲/۱*
دمای، حداقل ≥ -4		-۰/۵۷	-۲/۵*	-۰/۵۳	-۰/۵	-۰/۲	-۰/۵	-۰/۴	-۱/۰	-۰/۲۳	-۰/۷	۱/۳	۰/۷	-۰/۴	-۱/۴

علامت ** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹٪ و علامت * معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵٪ را نشان می‌دهد. واحد b بر حسب واحد عنصر اقلیمی در سال می‌باشد.

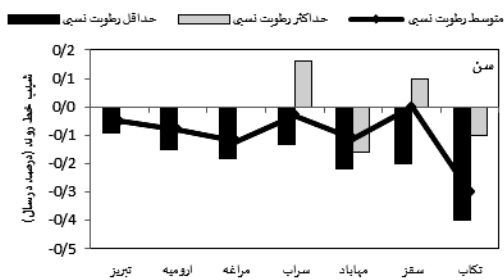
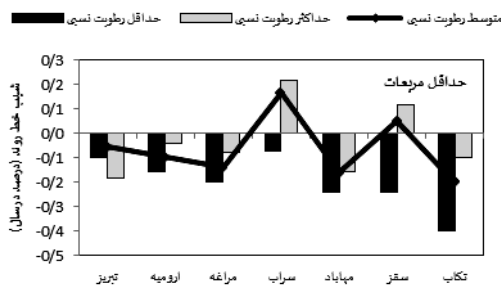


شکل ۴. مقادیر شیب خط روند مقادیر حدی دما در مقیاس سالانه



شکل ۳. مقادیر سالانه شیب خط روند دمای متوسط، حداقل و حداکثر

رطوبت نسبی حداکثر و متوسط متعلق به سراب می‌باشد.



شکل ۵. مقادیر شیب خط روند رطوبت نسبی حداقل، حداکثر و متوسط در مقیاس سالانه

عنصر بارندگی را می‌توان در زمره تغییرپذیرترین عناصر جوی به حساب آورد. نتایج حاصل از محاسبات نشان می‌دهد که بارش سالانه در منطقه روند نزولی داشته است. به استثنای سراب که با روش حداقل مربعات روند مثبت ضعیف غیر معنی‌داری نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل از هر دو روش، روند نزولی بارندگی در تبریز، مراغه و تکاب معنی‌دار می‌باشد. میزان کاهش بارندگی در تکاب بیش از سایر ایستگاه‌ها بوده است. در مجموع در کل منطقه، بارش سالانه به میزان ۴ میلیمتر در سال کاهش نشان می‌دهد.

در ارتباط با وقایع حدی بارندگی یعنی تعداد روزهای بارندگی، تعداد روزهای بارش مساوی یا بیش‌تر از ۵ و مساوی یا بیش‌تر از ۱۰ میلیمتر، روندها منفی می‌باشند. در روش من-کندال، روند کاهش تعداد روزهای بارندگی در تکاب معنی‌دار است. براساس روش حداقل مربعات علاوه بر تکاب، ارومیه و سراب نیز روند منفی معنی‌داری را تجربه نموده‌اند. در نمایه تعداد روزهایی که بارندگی مساوی و یا بیش‌تر از ۵ میلیمتر است، در کل منطقه به غیر از سراب و مهاباد و در نمایه تعداد روزهایی که بارندگی مساوی و یا بیش‌تر از ۱۰ میلیمتر است، مطابق با هر دو آزمون، در ارومیه، مراغه و تکاب روند نزولی معنی‌دار تجربه شده است. بالاترین نرخ کاهش در بارش‌های ۱۰ میلیمتر یا بیش‌تر متعلق به مراغه به میزان ۰/۳ روز در هر سال می‌باشد.

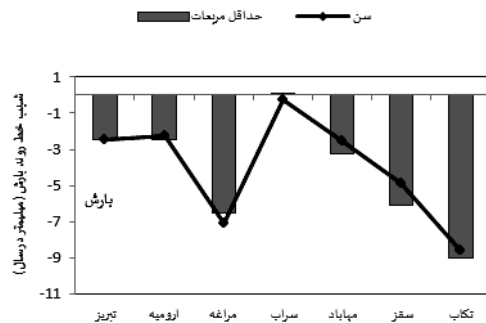
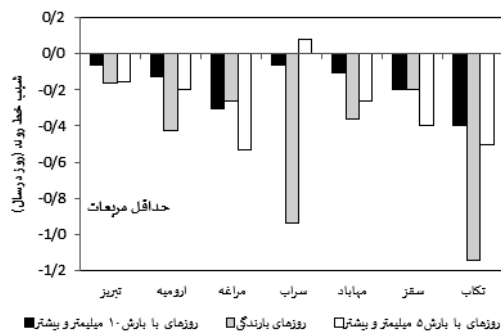
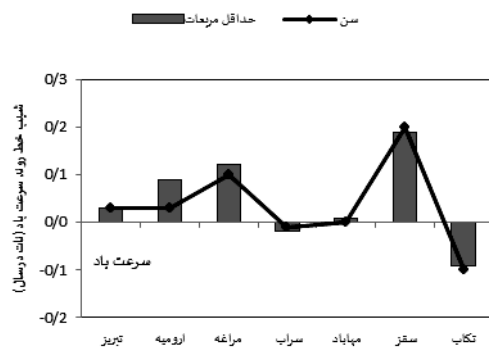
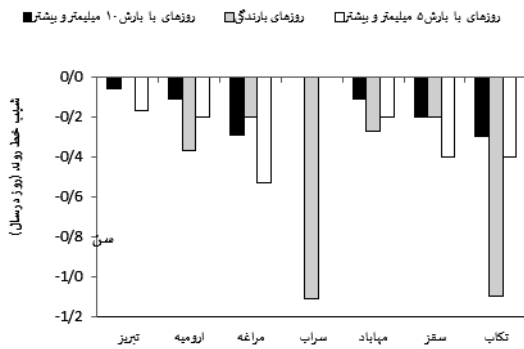
مطابق این شکل‌ها نرخ افزایشی دمای حداکثر در منطقه بیش از نرخ افزایشی دمای حداقل می‌باشد. همچنین بالاترین نرخ افزایشی دما در منطقه متعلق به ایستگاه مراغه می‌باشد. در ایستگاه مذکور شیب خط روند دمای متوسط در روش Sen و حداقل مربعات به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۱۲ درجه سانتی‌گراد در سال به دست آمده است. بررسی مقادیر شیب خط روند دما در منطقه نشان می‌دهد که مطابق هر دو روش، کمترین مقدار گرمایش در سقز به وقوع پیوسته است. در هیچ یک از ایستگاه‌ها روند منفی در دما مشاهده نمی‌شود. به طور میانگین در کل منطقه، دمای متوسط به میزان ۰/۰۶ درجه سانتی‌گراد در سال افزایش یافته که حاکی از تأثیر گرمایش جهانی در منطقه می‌باشد.

در هر دو روش به کار رفته در ارتباط با مقادیر حدی دما، تعداد روزهایی که دمای حداکثر بیش از ۳۰ درجه است، تمام ایستگاه‌ها به استثنای سقز، روند افزایشی نشان می‌دهد. روند افزایشی عنصر مذکور در سه ایستگاه تبریز، مراغه و مهاباد معنی‌دار است (شکل ۴). بیش‌ترین نرخ افزایشی متعلق به ایستگاه مراغه به میزان ۱/۱۴ روز در هر سال می‌باشد. تعداد روزهایی که دمای حداقل کمتر از ۴- درجه سانتی‌گراد است، به غیر از سقز و سراب، در سایر مناطق روند کاهش نشان می‌دهد که بر اساس روش من-کندال در ایستگاه تبریز و بر اساس روش حداقل مربعات خطا در دو ایستگاه تبریز و ارومیه معنی‌دار است. تفاضل دمای حداقل و حداکثر به استثنای مراغه در سایر ایستگاه‌ها افزایشی است که در روش من-کندال، ایستگاه سقز در سطح ۹۹٪ و در روش حداقل مربعات، ایستگاه تبریز در سطح ۹۵٪ دارای روند افزایشی می‌باشند.

بررسی رطوبت نسبی حداقل در مقیاس سالانه در منطقه با هر دو روش پارامتریک و ناپارامتریک روند نزولی را نشان می‌دهد. روند نزولی در رطوبت نسبی حداقل به استثنای سراب در بقیه ایستگاه‌ها بر اساس هر دو آزمون، معنی‌دار می‌باشد. روند رطوبت نسبی حداکثر در سراب و سقز مثبت و در سایر ایستگاه‌ها منفی می‌باشد. بر اساس روش من-کندال هیچ‌یک از این روندها معنی‌دار نمی‌باشند، اما بر اساس روش حداقل مربعات خطا ایستگاه تبریز روند منفی معنی‌دار و ایستگاه سراب روند مثبت معنی‌داری را تجربه نموده است. در ارتباط با عنصر رطوبت نسبی متوسط به غیر از سراب و سقز، سایر مناطق با هر دو آزمون، روند منفی نشان می‌دهند که در سه ایستگاه تبریز، ارومیه و مراغه معنی‌دار می‌باشد. شکل ۵، مقادیر شیب خط روند رطوبت نسبی حداقل، حداکثر و متوسط را نشان می‌دهد. بالاترین میزان شیب خط روند معنی‌دار در رطوبت نسبی حداقل متعلق به تکاب و در

سراب و مهاباد، معنی‌دار می‌باشد که بالاترین نرخ افزایشی به میزان ۰/۲ نات در هر سال متعلق به ایستگاه سقز می‌باشد. نمودارهای مربوط به میزان شیب خط روند عنصر باد و مؤلفه‌های مرتبط با بارندگی در شکل‌های ۶ و ۷، نشان داده شده است.

بر اساس هر دو آزمون، عنصر سرعت باد به جز سراب و تکاب در مابقی ایستگاه‌ها دارای روند مثبت است. در روش من-کندال روندهای ایستگاه تبریز، سقز و تکاب معنی‌دار می‌باشد. در حالی که در روش حداقل مربعات روند مربوط به تمام ایستگاه‌ها به جز



شکل ۷. مقادیر شیب خط روند مقادیر حدی در مقیاس سالانه

شکل ۶. مقادیر شیب خط روند عناصر مرتبط با بارش و باد در مقیاس سالانه

خط روند دمای حداقل، حداکثر و متوسط بالاترین نرخ گرمایشی در ایستگاه مراغه مشاهده می‌شود. در منطقه مورد مطالعه، در طی فصل تر، روند روزهای با حداکثر دمای بیش‌تر یا مساوی ۳۰ درجه سانتی‌گراد مثبت است که مطابق با هر دو آزمون در ایستگاه مراغه معنی‌دار می‌باشد و روند روزهای با حداقل دمای کمتر یا مساوی ۴- درجه سانتی‌گراد منفی است که طبق آزمون من-کندال در تبریز و طبق آزمون حداقل مربعات خطا در تبریز و ارومیه معنی‌دار می‌باشد. دامنه دما یعنی تفاضل درجه حرارت حداقل و حداکثر در کل ایستگاه‌ها مثبت است که بر اساس روش حداقل مربعات در تبریز، ارومیه و سقز و بر اساس روش من-کندال در تبریز و سقز معنی‌دار است. مطابق نتایج آزمون‌های به کار رفته، روند رطوبت نسبی حداقل طی فصل تر در منطقه منفی است و در تمام ایستگاه‌ها به

فصل تر جدول‌های ۴ و ۵، مقادیر آماره من-کندال (Z) و نیز آماره حداقل مربعات خطا (t) به همراه مقادیر شیب خط روند (β) را برای عناصر اقلیمی در فصل تر نشان می‌دهد. مطابق با نتایج حاصل از محاسبات در فصل تر (ماه‌های دسامبر تا مه) دمای حداقل، حداکثر و متوسط در منطقه روند مثبت داشته‌اند. بر اساس آزمون من-کندال، عنصر دمای حداقل در ارومیه، سراب و تکاب، دمای حداکثر در تمام ایستگاه‌ها به غیر از سراب و سقز و دمای متوسط در ایستگاه‌های تبریز، ارومیه، مراغه و تکاب روند صعودی معنی‌داری داشته است. بر اساس آزمون حداقل مربعات خطا از نظر دمای حداکثر و متوسط روند تمام ایستگاه‌ها به استثنای سقز و از نظر دمای حداقل روند سه ایستگاه تبریز، ارومیه، مراغه و تکاب معنی‌دار می‌باشد. با توجه به ارقام شیب

نپارامتریک کاهش نشان می‌دهد. به استثنای این که در ایستگاه سراب با روش حداقل مربعات روند افزایشی ضعیف غیرمعنی‌داری مشاهده می‌شود. روند کاهشی در میزان بارش فصل تر در ایستگاه‌های تبریز، ارومیه، مراغه و تکاب معنی‌دار می‌باشد. بیش‌ترین میزان کاهش بارندگی در ایستگاه تکاب تجربه شده است. تعداد روزهای همراه با بارندگی در منطقه کاهش داشته است که روند کاهشی در ایستگاه‌های ارومیه، تکاب و سراب معنی‌دار بوده است.

استثنای سراب و سقز معنی‌دار می‌باشد. روند رطوبت نسبی حداکثر هم در بیش‌تر ایستگاه‌ها منفی است، اما فقط در سقز با آزمون من-کندال روند افزایشی معنی‌دار نشان می‌دهد. در ارتباط با رطوبت نسبی متوسط همه ایستگاه‌ها به غیر از سراب و سقز روند منفی دارند که در مناطق تبریز، ارومیه، مهاباد و تکاب معنی‌دار می‌باشد. در هر سه عنصر مذکور بالاترین نرخ کاهش متعلق به ایستگاه‌های تکاب و مهاباد است. بارندگی فصل تر بر اساس هر دو آزمون پارامتریک و

جدول ۴. مقادیر آماره من - کندال (Z) و شیب خط روند (β) برای عناصر اقلیمی در فصل تر

عناصر اقلیمی	تبریز		ارومیه		مراغه		سراب		مهاباد		سقز		تکاب	
	β	Z	β	Z	β	Z	β	Z	β	Z	β	Z	β	Z
دمای حداقل (°C)	۰/۰۵	۱/۹	۰/۰۳	۲/۲ [°]	۰/۰۵	۱/۷	۰/۰۷	۲ [°]	۰/۰۶	۱/۶	۰	-۰/۲	۰/۰۶	۲/۸ [°]
دمای حداکثر (°C)	۰/۰۶	۲/۸ [°]	۰/۰۷	۳/۱ [°]	۰/۱۳	۳/۷ [°]	۰/۰۹	۱/۹	۰/۱۰	۲/۵ [°]	۰/۱	۱/۵	۰/۱۰	۲/۵ [°]
دمای متوسط (°C)	۰/۰۶	۴/۴ [°]	۰/۰۵	۲/۶ [°]	۰/۱۱	۳/۵ [°]	۰/۰۷	۱/۸	۰/۰۷	۱/۹	۰	۰/۴	۰/۰۷	۲/۷ [°]
حداقل رطوبت	-۰/۱۸	-۳/۶ [°]	-۰/۲۶	-۴/۵ [°]	-۰/۲۲	-۲/۱ [°]	-۰/۱	-۰/۶	-۰/۲۷	-۲/۸ [°]	-۰/۲	-۱/۹	-۰/۱	-۴/۳ [°]
حداکثر رطوبت	-۰/۰۷	-۰/۴۶	-۰/۰۵	-۱/۴	۰/۰۳	۰/۳	۰/۱۸	۱/۹	-۰/۱۳	-۱/۸	۰/۲	۲/۲ [°]	-۰/۱۴	-۱/۱
متوسط رطوبت	-۰/۱۱	-۲/۵ [°]	-۰/۱۴	-۳/۶ [°]	-۰/۰۸	-۰/۹	۰/۰۷	۰/۷	-۰/۲۱	-۲/۲ [°]	۰/۱	۰/۶	-۰/۲۲	-۲/۴ [°]
بارش (mm)	-۰/۰۳	-۲/۸ [°]	-۰/۳۷	-۲/۳ [°]	-۰/۷۹	-۲/۹ [°]	-۰/۰۴	-۰/۱	-۰/۴۳	-۱/۱	-۴/۳	-۱/۵	-۰/۰۳	-۲/۳ [°]
سرعت باد (نات)	۰/۰۴	۲/۵ [°]	۰/۰۳	۱/۵	۰/۰۸	۱/۴	-۰/۰۱	-۰/۱	۰/۰۲	۱	۰/۲	۴/۶ [°]	-۰/۰۹	-۴ [°]
روزهای بارندگی	-۰/۰۳	-۰/۶	-۰/۰۷	-۲/۲ [°]	-۰/۰۲	-۰/۲	-۰/۱۳	-۱/۹	-۰/۰۳	-۰/۷	-۰/۲	-۰/۸	-۰/۰۷	-۱/۹۷ [°]
بارش ≥ 10 یلیمتر	-۰/۰۱	-۱/۶	-۰/۰۲	-۲/۷ [°]	-۰/۰۴	-۳/۲ [°]	۰	۰	-۰/۰۷	۰	-۰/۱	-۰/۹	-۰/۲	-۲/۳ [°]
بارش ≤ 5 میلیمتر	-۰/۰۲	-۱/۷	-۰/۰۳	-۳ [°]	-۰/۰۷	-۲/۳ [°]	۰/۰۱	۰/۵	-۰/۰۴	-۱/۲	-۰/۳	-۱/۹	-۰/۲	-۱/۳
دمای حداکثر ≥ 30	۰	۰/۹	۰	۰/۸	۰/۰۰۱	۲/۲ [°]	۰	۰/۱	۰	۱/۶	۰	-۰/۲	۰	۰/۳
دمای حداقل ≥ 4	-۰/۰۸	-۲/۳ [°]	-۰/۰۸	-۱/۹	-۰/۰۴	-۰/۴	-۰/۰۶	-۰/۰۴	-۰/۰۵	-۰/۹	۰	۰	-۰/۶	-۱/۵
تفاضل دما	۰/۰۲	۲/۳ [°]	۰/۰۲	۱/۹	۰/۰۲	۱/۳	۰/۰۷	۰/۷	۰/۰۴	۱/۷	۰/۱	۲/۶ [°]	۰	۰/۱۸

علامت ** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹٪ و علامت * معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵٪ را نشان می‌دهد. واحد b بر حسب واحد عنصر اقلیمی در سال می‌باشد.

جدول ۵. مقادیر آماره حداقل مربعات خطا (t) و شیب خط روند (b) برای عناصر اقلیمی در فصل تر

عناصر اقلیمی		تبریز		ارومیه		مراغه		سراب		مهاباد		سقز		تکاب	
		b	t	b	t	b	t	b	t	b	t	b	t	b	t
دمای حداقل (°C)		۰/۰۵	۳/۰**	۰/۰۴	۲/۴*	۰/۰۵	۲/۳*	۰/۰۷	۱/۷	۰/۰۵	۱/۹	۰/۰۳	-۰/۴	۲/۴*	۰/۱
دمای حداکثر (°C)		۰/۰۷	۴/۲**	۰/۰۶	۳/۵**	۰/۱۲	۴/۱**	۰/۰۹	۲/۰*	۰/۰۹	۲/۷*	۰/۰۸	۱/۳	۲/۰۳*	۰/۱
دمای متوسط (°C)		۰/۰۶	۳/۸**	۰/۰۵	۳/۱**	۰/۱۲	۴/۹**	۰/۰۷	۲/۱*	۰/۰۷	۲/۵*	۰/۰۲	۰/۴۱	۲/۳*	۰/۱
حداقل رطوبت		-۰/۱۸	-۴/۱**	-۰/۲۵	-۵/۸**	-۰/۲۲	-۲/۵*	-۰/۱	-۰/۷	-۰/۳	-۳/۸**	-۰/۲	-۱/۶	-۴/۳**	-۰/۶
حداکثر رطوبت		-۰/۱۸	-۱/۷	-۰/۰۴	-۱/۵	-۰/۰۸	-۰/۰۳	۰/۲۲	۱/۹	-۰/۱۶	-۱/۶	۰/۲۴	۲/۶	-۰/۷۳	-۰/۱
متوسط رطوبت		-۰/۱۳	-۳/۲**	-۰/۱۵	-۴/۱**	-۰/۱۱	-۱/۳	۰/۱۲	۰/۸	-۰/۲۱	-۲/۶*	۰/۱۴	۱/۱	-۱/۲۴	-۰/۲
بارش (mm)		-۰/۳	-۲/۵*	-۰/۴	-۲/۶*	-۰/۸۵	-۳/۲**	۰/۲	۰/۵	-۱/۳	-۱/۳	-۰/۰۵	-۱/۱۵	-۲/۳*	-۶
سرعت باد (نات)		۰/۰۴	۳/۴**	۰/۱	۲/۴*	۰/۱۲	۴/۴**	۰	-۰/۲	۰/۲	۱/۳	۰/۲	۸**	-۳/۶**	-۰/۱
روزهای بارندگی		-۰/۰۵	-۲/۸**	-۰/۰۷	-۲/۸**	-۰/۰۴	-۰/۹	-۰/۱۴	-۲/۴*	-۰/۰۷	-۱/۲	-۰/۰۵	-۰/۵	-۱/۷	-۰/۷
بارش ≤ 10 لیومتر		۰	-۲/۵*	-۰/۰۲	-۴/۲**	-۰/۰۴	-۴/۲**	۰	-۰/۱	۰	-۰/۶	-۰/۰۵	-۰/۴	-۲/۲*	-۰/۲
بارش ≤ 5 میلی‌متر		-۰/۰۲	-۲/۳*	-۰/۰۳	-۳/۲**	-۰/۰۷	-۳/۶**	۰	۰/۳	-۰/۰۵	-۲/۱*	-۰/۳	-۱/۷	-۱/۸	-۰/۳
دمای ≤ 30		۰	۱/۸	۰	۱/۳	۰/۰۱	۲/۶*	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۱/۴	-۰/۰۲	-۰/۵	۰/۶۳	۰
دمای حداقل ≥ 4		-۰/۰۹	-۲/۴*	-۰/۰۸	-۲/۳*	-۰/۰۴	-۰/۷	-۰/۰۷	-۱/۳	-۰/۰۴	-۰/۰۸	۰/۴۷	۰/۸۹	-۱/۳	-۰/۶
تفاضل دما		۰/۰۳	۳/۵**	۰/۰۲	۲/۵*	۰/۰۲	۱/۳	۱/۰	۰/۰۳	۱/۸	۰/۰۴	۲/۵**	۰/۱	-۰/۲	۰

علامت ** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹٪ و علامت * معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵٪ را نشان می‌دهد. واحد b بر حسب واحد عنصر اقلیمی در سال می‌باشد.

دو آزمون، روند افزایشی دما در اکثر ایستگاه‌ها معنی‌دار می‌باشد. تعداد روزهایی که دمای حداکثر 30 درجه یا بیش‌تر است، در طی فصل خشک در منطقه افزایش یافته که با روش من-کندال در مراغه، مهاباد و تکاب معنی‌دار می‌باشد. بر اساس روش حداقل مربعات علاوه بر این ایستگاه‌ها در تبریز نیز روند معنی‌دار می‌باشد.

شیب خط روند تعداد روزهایی که دمای حداقل 4 - درجه سانتی‌گراد یا پایین‌تر است، بر اساس هر دو آزمون صفر می‌باشد. بدین معنی که تعداد روزهای مذکور در منطقه تغییری پیدا نکرده است. تفاضل دمای حداقل و حداکثر در سراب، سقز و تکاب روند مثبت و در سایر ایستگاه‌ها روند منفی نشان می‌دهد که فقط در سقز معنی‌دار می‌باشد. به عبارت دیگر، اختلاف دمای کمینه و بیشینه در سقز به طور معنی‌داری افزایش یافته است.

عناصر رطوبت نسبی متوسط، حداقل و حداکثر، در طی فصل خشک در منطقه کاهش پیدا کرده‌اند. مطابق با آزمون حداقل مربعات، ایستگاه مراغه در عناصر رطوبت نسبی حداقل، حداکثر و متوسط و ایستگاه سقز در عنصر رطوبت نسبی حداقل، روند منفی معنی‌داری را تجربه نموده‌اند. مطابق آزمون من-کندال ایستگاه‌های ارومیه، مراغه، سراب و تکاب روند نزولی معنی‌داری

در نمایه بارش‌های 10 میلی‌متر و بیش‌تر، ایستگاه‌های ارومیه، مراغه و تکاب در هر دو آزمون روند کاهشی معنی‌داری نشان می‌دهند. در بارش‌های 5 میلی‌متر و بیش‌تر به جز سراب بقیه ایستگاه‌ها روند منفی تجربه کرده‌اند که بر اساس روش من-کندال در ارومیه، مراغه و تکاب بر اساس روش حداقل مربعات خطا در تبریز، ارومیه، مراغه و مهاباد معنی‌دار می‌باشد.

بر اساس نتایج به دست آمده از هر دو آزمون پارامتریک و ناپارامتریک، روند سرعت باد در فصل تر در ایستگاه سراب و تکاب منفی و در سایر ایستگاه‌ها مثبت است. مطابق با نتایج آزمون من-کندال در تبریز، سقز و تکاب معنی‌دار است، در حالی که مطابق با نتایج حاصل از آزمون حداقل مربعات خطا به غیر از سراب و مهاباد در بقیه مناطق معنی‌دار می‌باشد که نرخ افزایش آن در ایستگاه سقز بیش‌تر از بقیه ایستگاه‌هاست.

فصل خشک

مطابق با جدول‌های ۶ و ۷، در فصل خشک (ژوئن تا نوامبر)، همانند مقیاس سالانه و فصل تر روند دمای حداقل، حداکثر و متوسط در منطقه مورد مطالعه صعودی است. فقط در سقز روند منفی دیده می‌شود که از نظر آماری معنی‌دار نیست. مطابق با هر

در رطوبت نسبی تجربه نموده‌اند.

نشان می‌دهند که بر اساس هر دو آزمون کاهش بارش‌های ۵ میلیمتر و بیش‌تر در تکاب معنی‌دار می‌باشد. همچنین مطابق با نتایج آزمون من-کندال، روند نزولی تعداد روزهای با بارش ۱۰ میلیمتر یا بیش‌تر در سقز و تکاب معنی‌دار می‌باشند. در ارتباط با سرعت باد، روندهای مثبت، منفی و ایستا در منطقه دیده می‌شود. روندهای سه ایستگاه مراغه، سقز و تکاب معنی‌دار می‌باشد که در مراغه و سقز افزایشی و در تکاب کاهشی می‌باشد. بیش‌ترین میزان افزایش سرعت باد در سقز اتفاق افتاده که با روش Sen و حداقل مربعات خطا به ترتیب ۰/۲ و ۰/۱۷ نات در هر سال می‌باشد.

علیرغم این‌که بر اساس هر دو آزمون میزان بارندگی در کل ایستگاه‌های منطقه در فصل خشک روند کاهشی نشان می‌دهد، اما تنها روند ایستگاه تکاب معنی‌دار بوده است. شیب خط روند برای عنصر تعداد روزهای بارندگی در اکثر ایستگاه‌ها صفر است و تغییر معنی‌داری نشان نمی‌دهد. بر اساس نتایج حاصل از هر دو آزمون، بارش‌های حدی در منطقه مورد مطالعه کاهش داشته است.

تعداد روزهای با بارش ۱۰ میلیمتر یا بیش‌تر و تعداد روزهای با بارش ۵ میلیمتر یا بیش‌تر روند نزولی را در منطقه مورد مطالعه

جدول ۶. مقادیر آماره من - کندال (Z) و شیب خط روند (β) برای عناصر اقلیمی در فصل خشک

عناصر اقلیمی	تبریز		ارومیه		مراغه		سراب		مهاباد		سقز		تکاب	
	β	Z	β	Z	β	Z	β	Z	β	Z	β	Z	β	Z
دمای حداقل ($^{\circ}\text{C}$)	۴/۸**	۰/۰۴	۲/۴**	۰/۰۲	۳/۷**	۰/۰۶	۱/۸	۰/۰۵	۳**	۰/۰۷	-۱/۵	۰	۱/۲	۰
دمای حداکثر ($^{\circ}\text{C}$)	۴/۵**	۰/۰۴	۲/۲*	۰/۰۳	۳/۱**	۰/۰۷	۱/۱	۰/۰۳	۱/۷	۰/۰۵	۰/۶۶	۰	۲/۲*	۰/۱
دمای متوسط ($^{\circ}\text{C}$)	۴/۲**	۰/۰۴	۲/۵**	۰/۰۲	۳/۶**	۰/۱۱	۲/۵**	۰/۰۴	۲/۶**	۰/۰۶	۰	۰	۲/۲*	۰/۱
حداقل رطوبت	-۱/۵	-۰/۰۱	-۲/۳**	-۰/۰۶	-۲/۲*	-۰/۱۵	-۲/۲*	-۰/۲۴	-۰/۵	-۰/۰۵	-۱/۸۷	-۰/۳	-۲/۹**	-۰/۲
حداکثر رطوبت	-۰/۱۲	-۰/۰۱	-۰/۱	-۰/۰۱	-۱/۸	-۰/۱۵	۱/۴	۰/۱۷	-۱/۲	-۰/۲۱	-۰/۲	-۰/۱	-۲/۱*	-۰/۳
متوسط رطوبت	-۰/۳	-۰/۰۱	-۰/۴	-۰/۰۱	-۲/۳*	-۰/۱۵	۰/۸	۰/۱۲	-۰/۷	-۰/۰۷	-۰/۰۳	-۰/۱	-۱/۷	-۰/۱
بارش (mm)	-۱/۲	-۰/۰۹	-۰/۴	-۰/۰۳	-۱/۶	-۰/۲۸	-۰/۶	-۰/۰۷	-۰/۴	-۰/۱۱	-۱/۷	-۱/۴	-۱/۹۹*	-۲/۲
سرعت باد (نات)	۱/۵	۰/۰۳	۱	۰/۰۲	۲/۵**	۰/۱۲	-۱/۴	-۰/۰۳	-۰/۱	-۰/۰۳	۳/۶**	۰/۲	-۳/۳**	-۰/۱
روزهای بارندگی	۱/۲	۰/۰۲	-۰/۱	۰	۰	۰	-۰/۹	-۰/۰۳	۰/۲	۰	-۰/۷۱	-۰/۱	-۱/۹۴	-۰/۴
بارش ≤ 10 میلیمتر	-۰/۷	۰	-۰/۸	۰	-۱/۱	-۰/۰۱	-۰/۹	۰	-۰/۸	-۰/۰۱	-۲/۲*	-۰/۱	-۲*	-۰/۱
بارش ≤ 5 میلیمتر	-۰/۸	۰	-۰/۳	۰	-۱/۵	-۰/۰۲	۰/۸	۰/۰۱	۰/۲	۰	-۱/۲	-۰/۱	-۲/۶**	-۰/۲
دمای حداکثر ≤ 30	۰/۵	۰/۰۷	۱/۴	۰/۰۴	۴/۲**	۰/۱۸	۱/۴	۰/۰۶	۲/۱*	۰/۱۴	-۰/۴۲	۰	۲/۹**	۰/۹
دمای حداقل ≥ 4	۰/۱۵	۰	۰/۴	۰	۰/۰۶	۰	۰/۲	۰	۰/۳	۰	۱/۵	۰	۰/۴	۰
تفاضل دما	-۰/۴	-۰/۰۱	-۰/۱	۰	-۱/۵	-۰/۰۵	۱/۶	۰/۰۴	-۱/۹	-۰/۰۳	۲/۳*	۰/۱	۱/۱۲	۰

علامت ** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹٪ و علامت * معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵٪ را نشان می‌دهد. واحد β بر حسب واحد عنصر اقلیمی در سال می‌باشد.

جدول ۷. مقادیر آماره حداقل مربعات خطا (t) و شیب خط روند (b) برای عناصر اقلیمی در فصل خشک

عناصر اقلیمی		تبریز		ارومیه		مراغه		سراب		مهاباد		سقز		تکاب		
		b	t	b	t	b	t	B	t	b	t	b	t	b	t	
دمای حداقل (°C)		۰/۰۴	۳/۹**	۰/۰۲	۲/۵*	۰/۰۷	۴/۸**	۰/۰۷	۲/۲*	۰/۰۴	۴/۱**	۰/۰۷	۱/۹	-۰/۰۸	۱/۵	۰/۰۲
دمای حداکثر (°C)		۰/۰۴	۳/۹**	۰/۰۲	۲/۳*	۰/۰۷	۳/۵**	۰/۰۷	۱/۴	۰/۰۴	۲/۱*	۰/۰۵	۰/۱۴	۰	۱/۸۴	۰/۰۴
دمای متوسط (°C)		۰/۰۴	۴/۹**	۰/۰۲	۲/۶*	۰/۰۷	۵/۲**	۰/۱۲	۲/۲*	۰/۰۴	۳/۱**	۰/۰۶	-۱/۱	-۰/۰۳	۱/۹۲	۰/۰۳
حداقل رطوبت		-۰/۰۵	-۰/۰۲	-۱/۶	-۰/۰۶	-۰/۱۸	-۳/۱**	-۰/۱۸	-۰/۱۳	-۰/۰۴	-۱/۵	-۰/۱۶	-۲/۰*	-۰/۰۲	-۱/۸	-۰/۲
حداکثر رطوبت		۰/۰۳	۰/۰۲	-۰/۰۴	-۰/۰۲	-۰/۱۷	-۲/۳*	-۰/۱۷	۲/۰	۰/۲۲	-۱/۶	-۰/۲۱	-۰/۰۱	-۰/۰۶	-۲/۰۵	-۰/۳
متوسط رطوبت		-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۹	-۰/۰۴	-۰/۱۷	-۲/۸**	-۰/۱۷	۱/۷	۰/۲	-۱/۱	-۰/۱۲	-۰/۳۵	-۰/۰۶	-۱/۲۱	-۰/۲
بارش (mm)		-۱/۱	-۰/۰۹	۰/۱	۰/۰۲	-۱/۴	-۰/۲۵	-۰/۲۵	-۰/۲	-۰/۰۳	-۰/۰۲	-۰/۰۴	-۰/۰۷۹	-۲/۲۶	-۱/۵	-۲/۹
سرعت باد (نات)		۱/۳	۰/۰۲	۱/۹۸	۰/۰۸	۴/۷**	۰/۱۳	۰/۱۳	-۱/۳	-۰/۰۳	-۰/۰۱	۰	۵/۵**	۰/۱۷	-۳/۴۴**	-۰/۱
روزهای بارندگی		۱/۱	۰/۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	-۰/۰۵	-۰/۰۲	۰/۲	۰	-۰/۲	-۰/۰۴	-۱/۸	-۰/۴
بارش ≤ 10 میلی‌متر		-۱/۰	۰	-۰/۵	۰	-۱/۱	-۰/۰۱	-۱/۳	-۰/۰۱	-۱/۰	-۰/۰۱	-۱/۹۴	-۰/۱۶	-۰/۱۶	-۱/۸۶	-۰/۱
بارش ≤ 5 میلی‌متر		-۰/۶	۰	۰/۱	۰/۰۱	-۱/۷	-۰/۰۲	۰/۹	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲	۰	-۱/۱	-۰/۱۴	-۲/۳*	-۰/۲
دمای داکتر ≤ 30		۳/۵**	۰/۰۸	۱/۲	۰/۰۴	۴/۳**	۰/۱۸	۱/۰	۱/۰	۰/۰۵	۳/۲**	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۱	۲/۱*	۰/۷
دمای حداقل ≥ 4		-۰/۳	۰	-۰/۳	۰	۱/۹۸	۰/۰۱	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۴	۰	۱/۴	۰/۲	-۰/۱۵	۰
تفاضل دما		-۰/۹	-۰/۰۱	۰	۰	-۱/۸	-۰/۰۴	۱/۱	۱/۱	۰/۰۲	-۱/۷	-۰/۰۲	۲/۷**	۰/۰۸	۰/۹۳	۰/۰۲

علامت ** معنی داری در سطح اطمینان ۹۹٪ و علامت * معنی داری در سطح اطمینان ۹۵٪ را نشان می‌دهد. واحد b بر حسب واحد عنصر اقلیمی در سال می‌باشد.

در این مسئله نادیده گرفت. تغییر میزان بارندگی عمدتاً به دلیل تغییر دما می‌باشد. به عقیده دانشمندان افزایش دما می‌تواند منجر به تغییرات شدیدی در چرخه آب شود. بدین معنی که افزایش دما موجب افزایش تبخیر از سطح آب و خاک و افزایش تعرق از گیاهان شده و در نتیجه بارندگی افزایش پیدا می‌کند.

با این حال در منطقه مورد مطالعه علیرغم افزایش دما، میزان بارندگی کاهش نشان می‌دهد. این امر به این دلیل است که تغییرات پیش‌بینی شده در چرخه آب در مناطق مختلف زمین متفاوت می‌باشد. به این ترتیب که دانشمندان معتقدند که در مناطق عرض‌های میانه نظیر ایران میزان تبخیر بیش از میزان بارندگی خواهد بود که علت آن می‌تواند مهاجرت تبخیر به عرض‌های بالاتر باشد. بنابراین در این مناطق کاهش بارندگی محتمل است.

بحث و نتیجه‌گیری

طی دهه‌های گذشته، تغییر اقلیم و گرمایش از پدیده‌های مهم و جالب توجه مجامع علمی و حتی عوام بوده است. لذا ردیابی تغییر عناصر جوی و اقلیمی مورد توجه محققان مختلف قرار گرفته است. به منظور آشکار شدن اثر تغییر اقلیم و گرمایش بر آب و

هم‌چنین نتایج تحقیق قویدل‌رحیمی (۲۰۱۲، ۲۰۱۲) در بررسی دماهای فرین پایین و دماهای فرین بالای شهر تهران و تحقیق رحیم‌زاده و همکاران (۲۰۱۱) در ارزیابی نمایه‌های حدی دما و بارش در استان هرمزگان همسو با نتایج تحقیق حاضر بوده است. نتایج به دست آمده در ارتباط با بارش نشان داد که بارندگی در منطقه حوضه دریاچه ارومیه روند نزولی داشته و کاهش میزان بارندگی در فصل تر شدیدتر از فصل خشک می‌باشد. همچنین بارش‌های حدی در منطقه کاهش داشته است. میرموسوی (۲۰۰۵) نیز روند کاهشی در بارش منطقه شمال‌غرب ایران را تأیید کرده است. علاوه بر این روند در منطقه مورد مطالعه، رطوبت نسبی در اکثر موارد نزولی است، اما عنصر سرعت باد روند افزایشی داشته است.

افزایش دما همراه با کاهش بارندگی و رطوبت نسبی می‌تواند اثرات سوئی در زندگی روزمره مردم منطقه از طریق اثرگذاری بر بخش‌های کشاورزی، منابع آب، صنعت، محیط زیست و نظایر آن داشته باشد. یکی از اثرات مهم این پدیده، خطر خشک شدن دریاچه ارومیه است. هرچند عوامل انسانی می‌تواند در وضعیت دریاچه ارومیه دخیل باشد، با این حال نمی‌توان تأثیر گرمایش را

حداکثر بیش‌تر از دمای حداقل می‌باشد. نتایج این بخش از تحقیق همسو با یافته‌های سایر پژوهشگران نظیر رحیم‌زاده و عسگری (۲۰۰۴)، زاهدی و همکاران (۲۰۰۷)، خورشیددوست و قویدل (۲۰۰۶) و صلاحی و همکاران (۲۰۰۸) می‌باشد.

علاوه بر این در منطقه مورد مطالعه، افزایش دمای حداکثر در فصل تر شدیدتر از فصل خشک است. وضعیت دامنه دما در فصل تر و خشک متفاوت است. به طوری که در فصل خشک دامنه دما منفی و غیرمعنی‌دار است، اما در فصل تر مثبت بوده و در برخی از ایستگاه‌ها معنی‌دار می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه وقایع حدی گرم روند افزایشی و وقایع حدی سرد روند کاهشی را نشان می‌دهد. رحیم‌زاده و همکاران (۲۰۰۹) نیز در بررسی روند نمایه‌های حدی ۲۳ ایستگاه سینوپتیک کشور به نتایج مشابهی دست یافتند.

هوای شهرهای واقع در حوضه دریاچه ارومیه، روند تغییرات سری زمانی ۱۴ متغیر اقلیمی در سه مقیاس زمانی سالانه، فصل تر و فصل خشک با استفاده از دو روش من-کندال و حداقل مربعات خطا بررسی گردید.

مطابق با تحقیق حاضر، نتایج هر دو روش به کار رفته، تقریباً با هم همسان بوده و همدیگر را تأیید نمود.

جهت روندهای (منفی یا مثبت) مربوط به عناصر اقلیمی مورد بررسی در هر دو روش یکسان می‌باشد. ولی دلیلی بر برتری یک روش نسبت به روش دیگر وجود ندارد. با توجه به اینکه دو روش مذکور نتایج هم را تأیید کردند، می‌توان نسبت به نتایج به دست آمده اطمینان زیادی حاصل نمود. بر این اساس می‌توان گفت منطقه مورد مطالعه با روند افزایش دما و کاهش نزولات جوی روبه‌رو می‌باشد.

نتایج هر دو روش به کار رفته در تحقیق نشان داد که دما در منطقه مورد مطالعه در حال افزایش است و نرخ افزایشی دمای

REFERENCES

- Ahmad, I. Tang, D. Wang, T. Wang, M. Wagan, B. (2015), "Precipitation trends over time using Mann-Kendall and Spearman's rho tests in Swat River Basin, Pakistan", *Advances in Meteorology*, 15 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/431860>
- Banihasemi, A.R. (2009), "Review of the climate change convention and the meetings of the Rio to Copenhagen", *Climate Change and Agriculture, Office of Environment and Sustainable Development of Agriculture*, Agricultural Education publication, 32
- Bannayan, M. Mohamadian, A. Alizadeh, A. (2010), "On climate variability in North-East of Iran", *Journal of Water and Soil* 24 (1): 118-131.
- Da Silva, V.P.R. (2004), "On climate variability in Northeast of Brazil", *Journal of Arid Environments* 58: 575-596.
- Eivazi, M. Mosaedi, A. Meftah Halaghi, M. Hesam, M. (2010), "Investigation of precipitation trend on the north region of Golestan Province", *Journal of Water and Soil Conservation* 17 (2): 155-168.
- Fowler, A. M.; Hennessy, K. T. (1995), "Potential Impacts of Global Warming on the Frequency and Magnitude of Heavy Precipitation", *Natural Hazards* 11: 283-303.
- Gavidel Rahimi, Y. (2012a), "The temporal analysis and forecasting models of low extreme temperatures for Tehran", *Geographic Space* 12 (37): 141-157.
- Gavidel Rahimi, Y. (2012b), "A statistical investigation on analysis of oscillation trend and forecasting of high extreme temperatures time series in Tehran", *Geography and Planning* 16 (39): 109-127.
- Hajam, S. Khoush Khou, Y. Shams Aldin Vandi, R. (2008), "Annual and seasonal precipitation trend analysis of some selective meteorological stations in central region of Iran using non-parametric methods", *Geographical Research* 40 (64): 157-168.

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. Hamid, A.T., Sharif, M., Archer, D. (2014), Analysis of temperature trends in Sutluj River Basin, India, *Journal of Earth Science & Climatic Change* 5:222, doi:10.4172/2157-7617.1000222
12. IPCC. (2007), "*Summary for Policymakers, In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis*" (ed. by S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor & H. L. Miller). Cambridge University Press, UK.
13. Karl, T.R. Nicholls, N. Ghazi, A. (1999), "*CLIVAR/GCOS/WMO: workshop on indices and indicators for climate extremes*", *Climate Change* 42: 3-7.
14. Kharin, V.V. Zwiers, F.W. (2000), "Changes in the extremes in an ensemble of transient climate simulations with a coupled atmosphere-ocean GCM", *Journal of Climate* 13: 3760-3788.
15. Khourshiddoust, A.M. Ghavidel Rahimi, Y. (2006), "The simulation of atmospheric carbon dioxide doubling impacts on climatic changes in Tabriz using geophysical fluid dynamics laboratory (GFDL) general circulation model" *Journal of environmental studies*: 32 (39):1-10.
16. Mirmusavi, SH. (2005), "*The study of oscillations of temperature and precipitation in the North-West of Iran in order to assessment of the changes of climate elements trend*", PhD thesis, Physical Geography, University of Tabriz.
17. Modaresi, F. Araghinejad, Sh. Ebrahimi, K. Kholghi, M. (2010), "Regional assessment of climate change using statistical tests: case study of Gorganroud-Gharehsou Basin", *Journal of Water and Soil*. 24 (3): 476-489.
18. Morrissey, M. L. Graham, N. E. (1996), "Recent Trends in Rain Gage Measurements from the Tropical Pacific: Evidence for an Enhanced Hydrologic Cycle" *Bulletin of the American Meteorological Society* 77: 1207-1219.
19. Nandintsetseg, B. Greene, J.S. Goulden, C.E. (2007), "Trends in extreme daily precipitation and temperature near Lake Hovsgol, Mongolia", *International Journal of Climatology* 27: 341-347.
20. Nasri, M. Modarres, R. Dastorani, MT. (2010), "Artificial neural network validation for rainfall-runoff relationship of Zayandehrud Dam Basin", *Watershed Management Researches Journal*, 88: 17-26.
21. Rahimzadeh, F. Asgari, A. (2004), "A look at the difference between increase rates of minimum and maximum temperature and the decrease rates of diurnal temperature range in Iran", *Quarterly Geographical Research* 2 (73): 155-171.
22. Rahimzadeh, F. Asgari, A. Fattahi, E. Mohammadian, N. Taghipour, A. (2009), "Trends of climate extremes indices for temperature over Iran in 1951-2003", *Geographical Research* 2 (93): 119-144.
23. Rahimzadeh, F. Hedayat Dezfouli, A. Pourasgariyan, A. (2011), "Assessments of the process and mutation of limit indices of temperature and precipitation in Hormozgan Province", *Geography and Development* 9 (21): 97-116.
24. Rahimzadeh, F. Mohammadian, N. Akbarinejad, SJ. (2006) "*Investigation of the changes in wind speed at a height of 10 meters above ground level in a number of large cities in the period 1951-2000*", *Nivar* 62 & 63: 7-20.
25. Salahi, B. Valizadeh kamran, KH. Ghavidel Rahimi, Y. (2008), The simulation of Tabriz temperature and precipitation in atmospheric carbon dioxide doubling condition using Goddard Institute of Space Studies General Circulation Model (GIS GCM), *Geographical Research Quarterly* 39 (62): 55-66.
26. Serrano, S. Mateos, V.L. Garcia, J.A. (1999), "Trend Analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921-1995", *Phys. Chem. Earth (B)*, 24 (1-2): 85-90.
27. Shirgolami, H. Gahraman, B. (2005), "Study of time trend changes in annual mean temperature of Iran", *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 9 (1): 24-39.

28. Sussman Frances, G. Randall Freed, J. (2008), "Adapting to climate change: a business approach" prepared for the pew center on global climate change, 40.
29. Turgay, P. Erkan, K. (2006), "Trend Analysis in Turkish Precipitation Data" *Hydrological Processes Published Online in Wiley Inter Science*.
30. Zahedi, M. Sari Saraf, B. Jameei, J. (2007), "The analysis of spatio-temporal variations of temperature in the North-West of Iran", *Geography and development* 5 (10): 183-197.