

شناسایی الگوهای غیر فضایی تغییرات سه ساعته دما، دمای شبانه و دمای روزانه ایستگاه سینوپتیک تبریز در مقیاس فصلی و سالانه

هاشم رستم زاده^۱
مجید رضایی بنفشه^۲
اکبر حسین نژاد^۳

چکیده

در این پژوهش به منظور تعیین روند و شدت تغییرات دما، آماره سینوپ‌های سه ساعته در طول روز و شب در مقیاس فصلی و سالانه برای ایستگاه سینوپتیک تبریز (با ۱۹۵۷۶۸ برداشت داده) طی دوره آماری (۱۹۵۱-۲۰۱۷) استخراج و مورد بررسی قرار گرفت. سری‌های زمانی دما برای هر کدام از سینوپ‌ها در مقیاس فصلی و سالانه تهیه گردید. سپس جهت تهیه سری‌های زمانی دمای شبانه و روزانه داده‌های سه ساعته دما (سینوپ‌ها) به دو گروه دمای شبانه (شامل میانگین دمای سینوپ‌های ۰۰:۰۰، ۰۳:۰۰، ۱۸:۰۰ و ۲۱:۰۰) و دمای روزانه (شامل میانگین دمای سینوپ‌های ۰۶:۰۰، ۰۹:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۵:۰۰) تبدیل شدند. جهت شناسایی روند و معنی داری روند تغییرات از روش تحلیل ناپارامتریک من-کندال و نیز برای تعیین شیب خط روند هر کدام از این واحدهای زمانی از آزمون تخمینگر شیب سن استفاده شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در بین تمامی سینوپ‌های مورد بررسی سینوپ ۰۳:۰۰ (ساعت ۰۶:۳۰ به وقت محلی) دارای تغییرات شدید تری نسبت به سایر سینوپ‌ها است که در فصل تابستان دارای افزایش ۰/۶۶ درجه سانتیگرادی دما در هر دهه می‌باشد. بیشترین تغییرات سالانه نیز مربوط سینوپ ۰۰:۰۰ (افزایش ۰/۴۷ درجه سانتیگراد در هر دهه) است. بررسی تغییرات فصلی دمای شبانه و روزانه نیز نشان دهنده آن است که بیشترین تغییرات دمای شبانه مربوط به فصل تابستان (افزایش ۰/۶۲ درجه سانتی‌گراد در هر دهه) و بیشترین تغییرات دمای روزانه نیز مربوط به فصل بهار و تابستان (افزایش ۰/۳ درجه سانتی‌گراد در هر دهه) است.

واژگان کلیدی: روند تغییرات دمای سه ساعته، دمای شبانه و روزانه، آزمون من-کندال و سن استیمیتور، تبریز.

مقدمه

گرم شدن سیاره زمین به دلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای اکنون غیر قابل انکار است؛ و در طول قرن گذشته، غلظت CO₂ اتمسفر به طور معنی داری افزایش یافته و موجب افزایش دمای جهانی به میزان ۰/۷۴ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دوران ماقبل صنعتی شده است (UNFCCC, 2007). گزارش ارزیابی پنجم (AR5) هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم^۴ (IPCC) نشان می‌دهد که رابطه‌ای مثبت بین مقدار CO₂ و افزایش درجه حرارت جهانی وجود دارد (Stocker et al, 2013). میانگین دمای کره زمین حدود ۰/۱۸ ± ۰/۷۴ درجه سانتی‌گراد طی قرن بیستم افزایش یافته است و میزان افزایش دمای قرن بیست و یکم ۱/۸ تا ۴ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است (Brohan, 2006). اما نکته قابل توجه این است که حساسیت مناطق مختلف در برابر تغییر اقلیم به یک اندازه نیست، به طوری که مناطق کوهستانی و مرتفع نسبت به مناطق دیگر در مقابل تغییر اقلیم حساس ترند (Beniston et al, 2004). دما به عنوان معیار

^۱ استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)

Email: hroostamzadeh@gmail.com - Tel: 09148020143

^۲ استاد گروه آب و هواشناسی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی دانشگاه تبریز

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

عمومی برای پایداری تغییر اقلیم جهانی معرفی شده است (Hansen, 2006). بر همین اساس این پارامتر به عنوان یکی از عناصر اقلیمی، شاخص مناسبی برای ردیابی تغییر اقلیم است. دمای شبانه روزی ایران نسبت به پنجاه سال گذشته یک درجه سانتیگراد گرم تر شده است. این در حالی است که افزایش دمای جهانی حدود ۰/۵ درجه سانتیگراد در هر صد سال برآورد شده است (مسعودیان، ۱۳۹۰: ۹۵). آزمون‌های آماری یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای تحلیل روند در سری‌های زمانی است و روش‌های آماری متعددی برای تحلیل روند سری‌های اقلیمی ارائه شده که این روش‌ها در دو دسته پارامتری و ناپارامتری تقسیم بندی شده اند (Bihrat and Mehmetcik, 2003). روش‌های ناپارامتری از کاربرد کم و بیش گسترده تر و چشمگیرتری نسبت به روش‌های پارامتری برخوردارند. دو آزمون من-کندال و سن استیمیتور از متداولترین روش‌های ناپارامتری برای تحلیل روند داده‌های دما به شمار می‌روند. در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در سطح جهان و ایران در زمینه بررسی تغییرات دما با استفاده روش‌های آماری صورت گرفته است که در اکثر این تحقیقات، برای تحلیل روند سری‌های زمانی دما از آزمون‌های ناپارامتری استفاده شده است. به عنوان نمونه می‌توان به تحقیقات: تورکز^۱ و همکاران (۱۹۹۶) در بررسی روند میانگین دمای سالانه ترکیه، تورتی^۲ و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی روند دمای ایتالیا، فان^۳ و همکاران (۲۰۱۱)، در مطالعه روند مکانی و زمانی دما در جنوب غرب چین، مارتینز^۴ و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی تغییرات روند متوسط دمای ایالت فلوریدای آمریکا، آدیسو^۵ و همکاران (۲۰۱۵)، در تجزیه و تحلیل روند سری‌های زمانی دما و بارش اتیوپی، کالوئرو^۶ (۲۰۱۷) در بررسی روند دمای ماهانه و دمای روزانه نیوزلند، بصیر^۷ و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه روند میانگین دما و بارش سالانه در شهرهای ابوظبی و العین امارات و همچنین تحقیقات جهانبخش اصل و همکاران (۱۳۹۳) در تحلیل روند و تخمین دوره‌های بازگشت دما و بارش‌های حدی تبریز، دین پژوه و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی حداقل، حداکثر و میانگین دمای تبریز، ساری صراف و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه دمای حداقل، حداکثر و متوسط درحوضه دریاچه ارومیه، جهانبخش و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی میانگین حداقل دمای شمال غرب ایران، محمدزاده زنگلانی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی روند دمایی سالانه، فصلی و ماهانه شهر سیرجان، کاشکی و کردی (۱۳۹۷) در بررسی روند دما و بارش در استان کردستان با رویکرد تغییر اقلیم و کریمی و همکاران (۱۳۹۷) در تحلیل روند تغییرات و پیش بینی پارامترهای حدی دمای ناحیه جنوبی دریای خزر اشاره کرد.

با بررسی کلی پیشینه تحقیق مشخص می‌گردد که مطالعات قبلی اغلب با روش‌های آماری یکسان انجام گرفته و نتایج اکثر این تحقیقات نشان دهنده وجود روند افزایشی دما در نقاط مختلف مورد بررسی می‌باشد. نکته حائز اهمیت در این پژوهش استفاده از آماره‌های سه ساعته دما می‌باشد که تغییرات را به صورت دقیق تری می‌تواند ارائه دهد به طوری که تغییرات سینوپ به سینوپ دما در طول شبانه روز و در مقیاس فصلی و سالانه قابل ردیابی می‌باشد که این مورد نوآوری تحقیق حاضر بوده و سبب تمایز آن با پژوهش‌های پیشین می‌باشد.

داده و روش‌ها

ایستگاه هواشناسی سینوپتیک تبریز در فرودگاه بین المللی تبریز و در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۰۵ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۳۶۱ متری از سطح دریا قرار دارد. با توجه به مرتفع و کوهستانی بودن منطقه، تبریز از زمستان‌های طولانی و سرد و تابستان‌های کوتاه و معتدل برخوردار است (کسمایی ۱۳۸۴). ماه ژانویه با میانگین دمای ۱/۷- درجه

1 - Turkes

2 - Toreti

3 - Fan

4 - Martinez

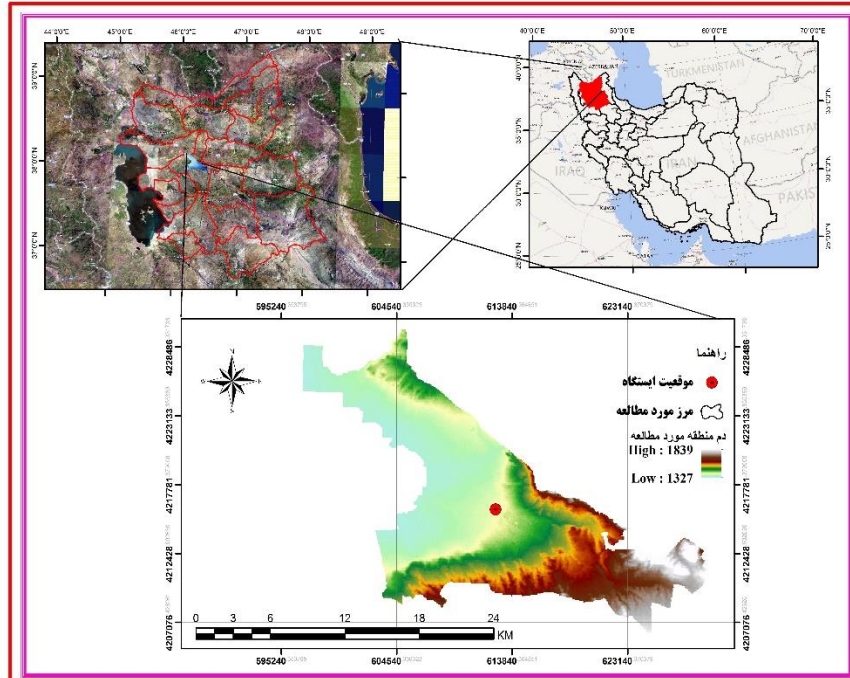
5 - Addisu

6 - Caloiero

7 - Basarir



سانتیگراد سرد ترین ماه سال و ماه ژوئیه با میانگین دمای ۲۶ درجه سانتیگراد گرم ترین ماه سال و میانگین دمای سالانه ۱۲/۶ درجه سانتیگراد است (بر اساس محاسبات نگارندگان). شکل (۱) موقعیت ایستگاه مورد مطالعه را در ایران نشان می دهد.



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی ایستگاه هواشناسی تبریز

در این تحقیق داده‌های دمای سه ساعته (سینوپ‌های هشتگانه) ایستگاه سینوپتیک تبریز برای دوره آماری ۶۷ ساله (۱۹۵۱-۲۰۱۷) تهیه شد. با استفاده از کدنویسی در نرم افزار Matlab سری‌های زمانی فصلی و سالانه دما برای هرکدام از سینوپ‌ها تهیه گردید. سپس به منظور تهیه سری‌های زمانی فصلی و سالانه برای دمای شبانه و روزانه داده‌ها به دو گروه دمای شبانه (شامل میانگین دمای سینوپ‌های ۰۰:۰۰، ۰۳:۰۰، ۰۶:۰۰ و ۰۹:۰۰) و دمای روزانه (شامل میانگین دمای سینوپ‌های ۱۲:۰۰ و ۱۵:۰۰) تبدیل شدند (جدول ۱).

جدول (۱). زمان برداشت داده‌های مربوط به هرکدام از سینوپ‌ها به وقت گرینویچ و محلی

سینوپ‌های شبانه و روزانه		سینوپ‌ها وقت محلی در فصل پاییز و زمستان	سینوپ‌ها وقت محلی در فصل بهار و تابستان	سینوپ‌ها به وقت گرینویچ
روز	شب			
---	*	۰۴:۳۰	۰۳:۳۰	۰۰:۰۰
---	*	۰۷:۳۰	۰۶:۳۰	۰۳:۰۰
*	---	۱۰:۳۰	۰۹:۳۰	۰۶:۰۰
*	---	۱۳:۳۰	۱۲:۳۰	۰۹:۰۰
*	---	۱۶:۳۰	۱۵:۳۰	۱۲:۰۰
*	---	۱۹:۳۰	۱۸:۳۰	۱۵:۰۰
---	*	۲۲:۳۰	۲۱:۳۰	۱۸:۰۰
---	*	۰۱:۳۰	۰۰:۳۰	۲۱:۰۰

تحلیل روند ناپارامتریک من-کندال:

به منظور تحلیل روند دمای ایستگاه سینوپتیک تبریز از آزمون ناپارامتریک من-کندال استفاده شد. روش من-کندال ابتدا توسط من^۱ (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال^۲ (۱۹۷۰) بسط و توسعه یافت (Serrano et al, 1999). فرض صفر آزمون من-کندال بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. در این روش ابتدا اختلاف بین هر یک از مشاهدات با تمام مشاهدات پس از آن محاسبه شده و پارامتر S مطابق رابطه زیر به دست می‌آید:

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

که n تعداد مشاهدات سری، و xj و xk به ترتیب داده‌های زام و k ام سری می‌باشند. تابع علامت sgn نیز به صورت زیر قابل محاسبه است:

(۲)

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = +1 \quad \text{for } (x_j - x_k) > 0$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = 0 \quad \text{for } (x_j - x_k) = 0$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = -1 \quad \text{for } (x_j - x_k) < 0$$

در مرحله بعد محاسبه واریانس S توسط رابطه زیر محاسبه شد:

(۳)

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad \text{for } n > 10$$

که n و m معرف تعداد دنباله‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. t نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان در یک دنباله (تعداد گره‌ها) می‌باشد.

در نهایت آماره Z به کمک یکی از روابط زیر استخراج می‌شود:

(۴)

$$z = \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad \text{for } S > 0$$

$$z = 0 \quad \text{for } S = 0$$

$$z = \frac{S + 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad \text{for } S < 0$$

^۱- Mann

^۲- Kendall



با فرض دو دامنه آزمون روند، فرضیه صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که شرط زیر برقرار باشد:

$$|Z| < Z_{\alpha/2} \quad (5)$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، $\alpha/2$ استفاده شده است. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود (من، ۱۹۴۵؛ کندال، ۱۹۷۰). در بررسی حاضر این آزمون برای سطوح اعتماد ۹۰٪، ۹۵٪، ۹۹٪ و ۹۹/۹٪ به کار گرفته شده است.

تخمین گر شیب سن

سن^۱ (۱۹۶۸) با توسعه و بسط یک سری مطالعات آماری که تایل^۲ (۱۹۵۰) به انجام رسانده بود یک روش ناپارامتری را جهت تحلیل سری‌های زمانی ارائه نمود. این روش نیز همانند روش من-کندال از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بهره گرفته می‌شود. اساس این روش بر محاسبه یک شیب میانه برای سری زمانی و قضاوت نمودن در مورد معنی‌داری شیب بدست آمده در سطوح اعتماد مختلف استوار است. مراحل کلی این آزمون به شرح زیر است (Juraj et al, 2009):

الف - محاسبه شیب بین هر جفت داده‌ی مشاهده‌ای با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$Q = \frac{X_t - X_s}{t - s} \quad (6)$$

که در آن X_t و X_s به ترتیب داده‌های مشاهداتی در زمان‌های t و s که t یک واحد زمانی بعد از زمان s است. با اعمال رابطه (۷) برای هر جفت داده مشاهده‌ای، یک سری زمانی از شیب‌های محاسبه شده حاصل می‌شود که از محاسبه میانه این سری زمانی شیب خط روند (Q_{med}) بدست می‌آید. مقدار مثبت Q_{med} حاکی از روند صعودی و مقدار منفی دال بر نزولی بودن روند می‌باشد.

ب- محاسبه پارامتر C_a در سطوح اعتماد مورد آزمون به کمک رابطه زیر:

$$C_a = Z_{1-\alpha/2} * \sqrt{\text{var}(s)} \quad (7)$$

در این رابطه، Z آماره توزیع نرمال استاندارد می‌باشد و در یک آزمون دو دامنه بسته به سطوح اعتماد مورد آزمون می‌تواند مقادیر مختلفی را به خود بگیرد. این آماره برای سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ به ترتیب برابر با ۱/۹۶ و ۲/۵۸ در نظر گرفته می‌شود.

ج- حدود اعتماد بالا و پایین (M_1 و M_2) از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$(8)$$

$$M_1 = (N' - C_a) / 2$$

$$M_2 = (N' + C_a) / 2$$

در مرحله آخر، حدود اطمینان (اعتماد) مورد آزمون قرار گرفت. به این ترتیب که از بین شیب‌های محاسبه شده توسط رابطه (۹) M_1 امین و $(1+M_2)$ امین شیب‌ها استخراج می‌گردند. در صورتی که عدد صفر در دامنه بین دو شیب مذکور قرار بگیرد فرض صفر پذیرفته شده و بر سری زمانی آزمون نمی‌توان هیچ گونه روندی را در سطح اعتماد بکار گرفته شده نسبت داد. در غیر این صورت فرض صفر رد شده و می‌توان پذیرفت که سری زمانی دارای روند معنی‌داری در سطح اعتماد مورد آزمون می‌باشد (Cannarozzo et al, 2006).

^۱- Sen

^۲- Theil

تجزیه و تحلیل داده‌ها

بررسی ویژگی‌های آماری توصیفی

با استفاده از نرم افزار اکسل برخی ویژگی‌های آماری داده‌های ۶۷ ساله دمای ایستگاه سینوپتیک تبریز شامل داده‌های مربوط به دمای سه ساعته (سینوپ ها)، دمای روزانه و شبانه محاسبه شده که مقادیر آن در جداول شماره (۲) و (۳) ارائه شده است.

جدول (۲) ویژگی‌های آماری توصیفی دمای سینوپ‌های هشتگانه ایستگاه تبریز در مقیاس فصلی و سالانه

سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	سینوپ‌ها
۰۰:۰۰	۸/۸	-۲/۷	۱۰/۳	۲۰	میانگین
	۱/۴	۲	۱/۴	۲/۱	انحراف معیار
	۱۶/۳	-۷۲/۹	۱۴	۲۱/۵	ضریب تغییرات
	۱/۲	-۰/۴	۰/۹	۱/۵	ضریب چولگی
۰۳:۰۰	۸/۳	-۳/۰	۹/۵	۱۹/۶	میانگین
	۲/۳	۲/۳	۲/۴	۳/۱	انحراف معیار
	۲۷/۶	-۷۴/۸	۲۵/۳	۱۵/۹	ضریب تغییرات
	۲/۸	۰/۳	۲/۸	۲/۷	ضریب چولگی
۰۶:۰۰	۱۲/۱	-۱/۴	۱۳/۸	۲۴/۵	میانگین
	۱/۸	۲/۳	۱/۸	۲/۴	انحراف معیار
	۱۵/۱	-۱۷۳/۸	۱۳/۳	۹/۸	ضریب تغییرات
	۲	۰	۱/۷	۲/۵	ضریب چولگی
۰۹:۰۰	۱۵/۷	۲/۱	۱۷/۸	۲۸/۵	میانگین
	۱/۱	۲/۳	۱/۳	۱/۲	انحراف معیار
	۶/۷	۱۰۸/۸	۷/۲	۴/۳	ضریب تغییرات
	۰	-۰/۳	۰/۱	۰/۲	ضریب چولگی
۱۲:۰۰	۱۷	۳/۲	۱۹/۱	۳۰/۳	میانگین
	۱/۵	۲/۵	۲	۱/۶	انحراف معیار
	۹	۷۹/۸	۱۰/۳	۵/۳	ضریب تغییرات
	-۱/۳	-۰/۴	-۱/۷	-۱/۴	ضریب چولگی
۱۵:۰۰	۱۴/۹	۰/۶	۱۶/۳	۲۸/۷	میانگین
	۱/۵	۲/۳	۱/۸	۱/۸	انحراف معیار
	۹/۹	۳۷۰/۶	۶/۲	۶/۲	ضریب تغییرات
	-۱/۳	-۰/۴	-۱/۷	-۱/۷	ضریب چولگی
۱۸:۰۰	۱۱/۴	-۱/۲	۱۲/۶	۳۳/۶	میانگین
	۱/۲	۲/۱	۱/۴	۱/۴	انحراف معیار
	۱۰/۲	-۱۶۸/۵	۱۱/۳	۵/۹	ضریب تغییرات
	-۰/۳	-۰/۵	-۰/۶	-۰/۳	ضریب چولگی
۲۱:۰۰	۹/۷	-۲/۲	۱۱	۲۱/۴	میانگین
	۱	۲	۱/۳	۱/۳	انحراف معیار
	۱۰/۶	-۹۱/۲	۱۱/۶	۵/۹	ضریب تغییرات
	-۰/۱	-۰/۵	-۰/۶	-۰/۶	ضریب چولگی



جدول (۳) ویژگی‌های آماری توصیفی دمای روزانه و شبانه ایستگاه سینوپتیک تبریز در مقیاس فصلی و سالانه

سینوپ ها		بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
روزانه	میانگین	۱۳/۹	۲۸	۱۶/۸	۱/۱	۱۴/۹
	انحراف معیار	۱/۴	۱/۱	۱/۲	۲/۲	۱
	ضریب تغییرات	۱۰/۳	۳/۸	۷/۳	۱۹۵/۷	۶/۹
	ضریب چولگی	۰/۲	۰/۲	۰	-۰/۳	۰
شبانه	میانگین	۸/۵	۲۱/۲	۱۰/۹	-۲/۳	۹/۵
	انحراف معیار	۱/۳	۱/۶	۱/۲	۲	۱/۲
	ضریب تغییرات	۱۵/۵	۷/۶	۱۱/۱	-۸۶/۲	۱۲/۱
	ضریب چولگی	۰/۴	۰/۳	-۰/۱	-۰/۵	۰/۲

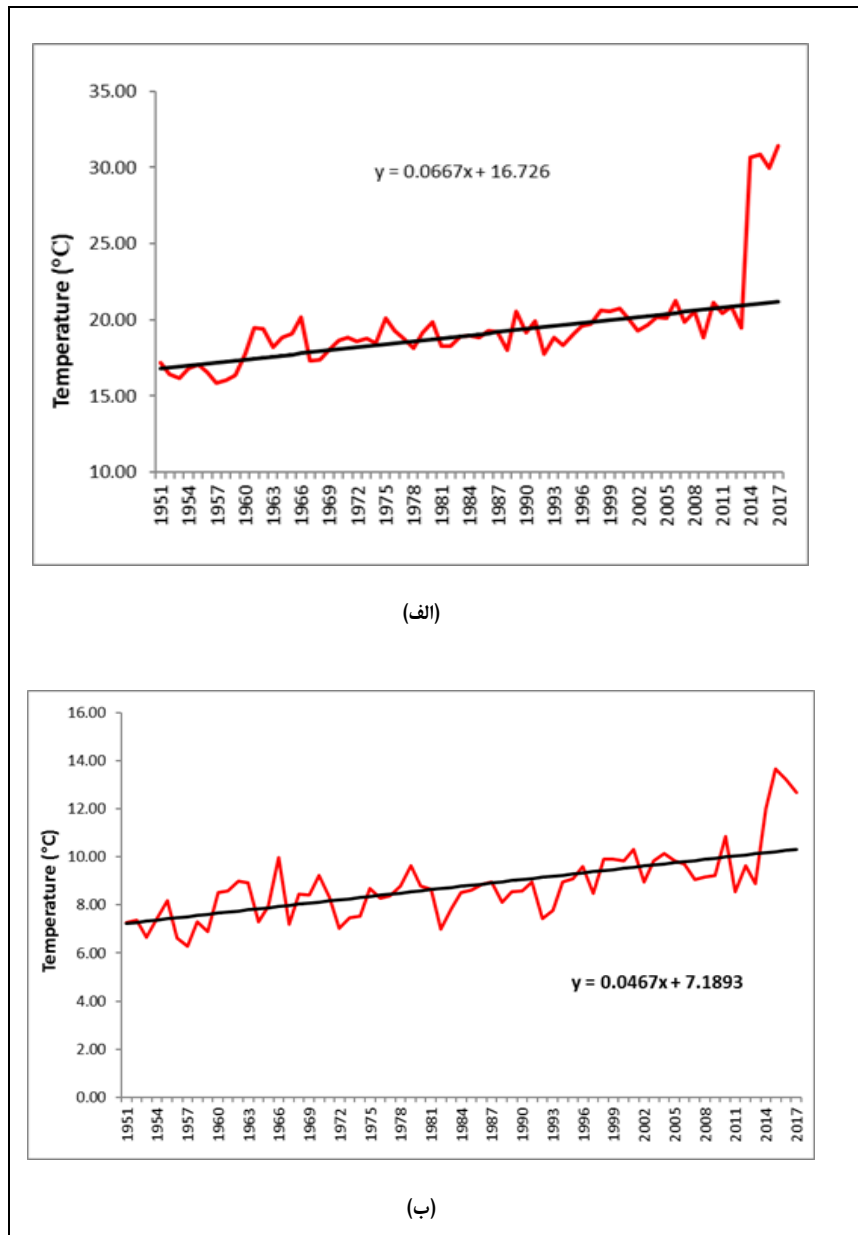
بررسی روند تغییرات دمای سه ساعته (سینوپ ها)

نتایج بررسی روند تغییرات فصلی دما در سینوپ ۰۰:۰۰ حاکی از آن است که بیشترین میزان تغییرات مربوط به فصل تابستان بوده و آماره من-کندال و شیب سن به ترتیب ۶/۷۰ و ۰/۰۶۳ می‌باشد که نشانه افزایش ۰/۶۳ درجه سانتیگراد در هر دهه است. در سینوپ ۰۳:۰۰ بیشترین تغییرات مربوط به فصل تابستان بوده که آماره من-کندال و شیب سن به ترتیب ۵/۹۶ و ۰/۰۶۷ می‌باشد و نشان از افزایش ۰/۶۷ درجه سانتیگرادی دما در هر دهه است. نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات سینوپ ۰۶:۰۰ نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات در فصل تابستان رخ داده و آماره من-کندال و شیب سن به ترتیب ۶/۵۹ و ۰/۰۵۵ و نشان دهنده ۰/۵۵ درجه سانتیگراد افزایش دما در هر دهه است. در سینوپ ۰۹:۰۰ بیشترین میزان تغییرات مربوط به فصل تابستان است و آماره من-کندال (۴/۹۷) و شیب سن (۰/۰۳۸) بدست آمد که نشان از افزایش ۰/۳۸ درجه سانتیگرادی دما در هر دهه دارد. در سینوپ ۱۲:۰۰ بیشترین میزان تغییرات مربوط به فصل بهار و آماره من-کندال و شیب سن به ترتیب ۲/۲۸ و ۰/۰۲۵ بود که افزایش ۰/۲۵ درجه سانتیگرادی دما در هر دهه را نشان می‌دهد. در سینوپ ۱۵:۰۰ بیشترین تغییرات مربوط به فصل بهار که آماره من-کندال و شیب سن به ترتیب ۲/۱۵ و ۰/۰۲۵ بوده و نشان دهنده افزایش ۰/۲۵ درجه سانتیگرادی دما در هر دهه است. روند تغییرات سینوپ ۱۸:۰۰ نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات مربوط به فصل تابستان بوده و آماره من-کندال و شیب سن به ترتیب ۴/۲۰ و ۰/۰۴۲ می‌باشند و دما در هر دهه ۰/۴۲ درجه سانتیگراد افزایش داشته است. در سینوپ ۲۱:۰۰ نیز بیشترین تغییرات مربوط به فصل تابستان و آماره من-کندال و شیب سن به ترتیب ۵/۰۷ و ۰/۰۴۲ بوده و نشان دهنده افزایش ۰/۴۲ درجه سانتیگرادی دما در هر دهه می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات فصلی دمای سینوپ‌های هشتگانه ایستگاه سینوپتیک تبریز در جدول (۴) و نمودار مربوط به روند تغییرات فصل تابستان سینوپ ۰۳:۰۰ که دارای شدید ترین تغییرات است در شکل (۲) آورده شده است.

بررسی روند تغییرات سالانه دما در سینوپ‌های هشتگانه ایستگاه سینوپتیک تبریز نشان داد که این تغییرات در تمامی سینوپ‌ها دارای روند افزایشی معنی دار می‌باشد. بیشترین میزان تغییرات مربوط به سینوپ‌های ۰۰:۰۰ و ۰۳:۰۰ است که در این دو سینوپ دما به مقدار ۰/۴۷ و ۰/۴۶ درجه سانتیگراد در هر دهه افزایش یافته است. نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات سالانه دما در سینوپ‌های هشتگانه ایستگاه سینوپتیک تبریز در جدول (۴) و نمودار مربوط به روند تغییرات سالانه سینوپ ۰۰:۰۰ که دارای بیشترین تغییرات سالانه دما در بین سینوپ‌ها می‌باشد در شکل (۲) آورده شده است.

جدول (۴). روند تغییرات فصلی و سالانه دما در سینوپ‌های هشتگانه ایستگاه سینوپتیک تبریزی دوره آماری ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۷ (Z: آماره من-کندال، Q: تخمینگر شیب سن استیمیتور، Sig: معنی داری روند تغییرات: + در سطح اطمینان ۹۰٪، * : ۹۵٪، ** : ۹۹٪ و *** : ۹۹/۹٪، Δt: میزان تغییرات دما در هر دهه بر حسب درجه سانتیگراد)

سینوپ‌ها		بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
۰۰:۰۰	Z	۵/۸۴	۶/۷۰	۵/۹۰	۲/۲۱	۶/۵۶
	Sig	***	***	***	*	***
	Q	-/۰۴۵	-/۰۶۳	-/۰۴۵	-/۰۲۷	-/۰۴۷
	Δt	۰/۴۵	-/۰۶۳	۰/۴۵	۰/۲۷	-/۰۴۷
۰۳:۰۰	Z	۱/۸۵	۵/۹۶	۷/۲۲	۶/۰۶	۲/۷۵
	Sig	+	***	***	***	**
	Q	-/۰۴۶	-/۰۶۷	-/۰۴۳	-/۰۳۴	-/۰۴۶
	Δt	۰/۴۶	-/۰۶۷	۰/۴۳	۰/۳۴	-/۰۴۶
۰۶:۰۰	Z	۵/۴۵	۶/۵۹	۵/۵۵	۲/۴۵	۶/۱۵
	Sig	***	***	***	*	***
	Q	-/۰۴۹	-/۰۵۵	-/۰۴۷	-/۰۳۶	-/۰۴۶
	Δt	۰/۴۹	-/۰۵۵	۰/۴۷	۰/۳۶	-/۰۴۶
۰۹:۰۰	Z	۳/۹۹	۴/۹۷	۰/۹۷	۱/۰۹	۳/۸۲
	Sig	***	***			***
	Q	-/۰۳۷	-/۰۳۸	-/۰۰۹	-/۰۱۴	-/۰۲۵
	Δt	۰/۳۷	-/۰۳۸	۰/۰۹	۰/۱۴	-/۰۲۵
۱۲:۰۰	Z	۲/۲۸	۲/۰۶	-/۰۴۵	۰/۶۵	۲/۱۲
	Sig	*	*			*
	Q	-/۰۲۵	-/۰۱۹	-/۰۰۴	-/۰۱۰	-/۰۱۸
	Δt	-/۰۲۵	-/۰۱۹	۰/۰۴	۰/۱۰	-/۰۱۸
۱۵:۰۰	Z	۲/۱۵	۲/۳۴	۱/۱۶	۰/۶۶	۲/۴۶
	Sig	*	*			*
	Q	-/۰۲۵	-/۰۲۲	-/۰۱۱	-/۰۱۰	-/۰۲۱
	Δt	-/۰۲۵	-/۰۲۲	۰/۱۱	۰/۱۰	-/۰۲۱
۱۸:۰۰	Z	۳/۶۵	۴/۲۰	۳/۲۹	۱/۱۰	۴/۱۶
	Sig	***	***	**		***
	Q	-/۰۳۱	-/۰۴۲	-/۰۳۲	-/۰۱۳	-/۰۳۳
	Δt	۰/۳۱	-/۰۴۲	۰/۳۱	۰/۱۳	-/۰۳۳
۲۱:۰۰	Z	۳/۹۷	۵/۰۷	۳/۲۰	۱/۳۵	۴/۴۴
	Sig	***	***	**		***
	Q	-/۰۳۲	-/۰۴۲	-/۰۲۸	-/۰۱۵	-/۰۳۰
	Δt	۰/۳۲	-/۰۴۲	۰/۲۸	۰/۱۵	-/۰۳۰



شکل (۲). نمودارهای مربوط به روند تغییرات دمای فصل تابستان در سینوپ ۳:۰۰ (الف) و روند تغییرات دمای سالانه سینوپ ۰۰:۰۰ (ب) ایستگاه تبریز طی دوره آماری (۱۹۵۱-۲۰۱۷)

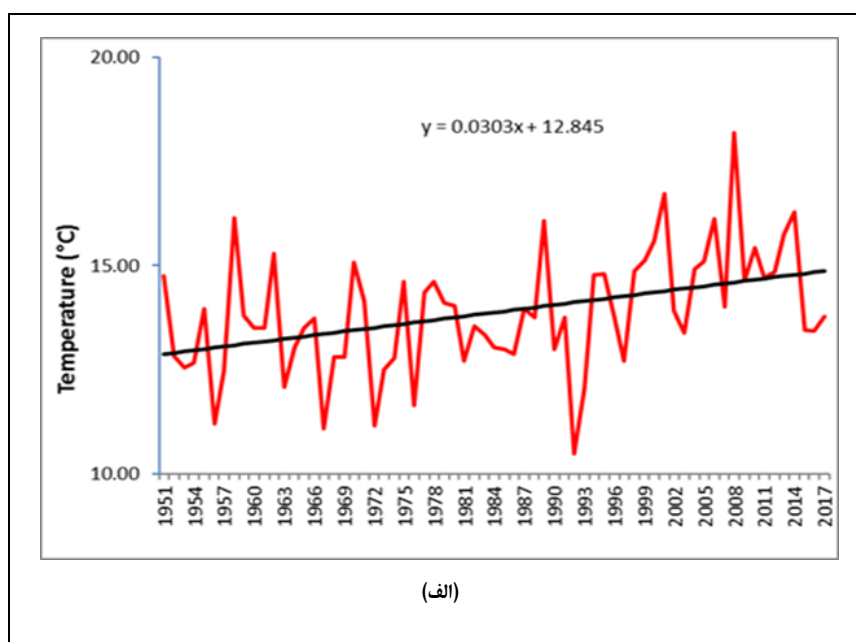
بررسی روند تغییرات دمای روزانه و شبانه بر اساس آماره سینوپ‌های سه ساعته

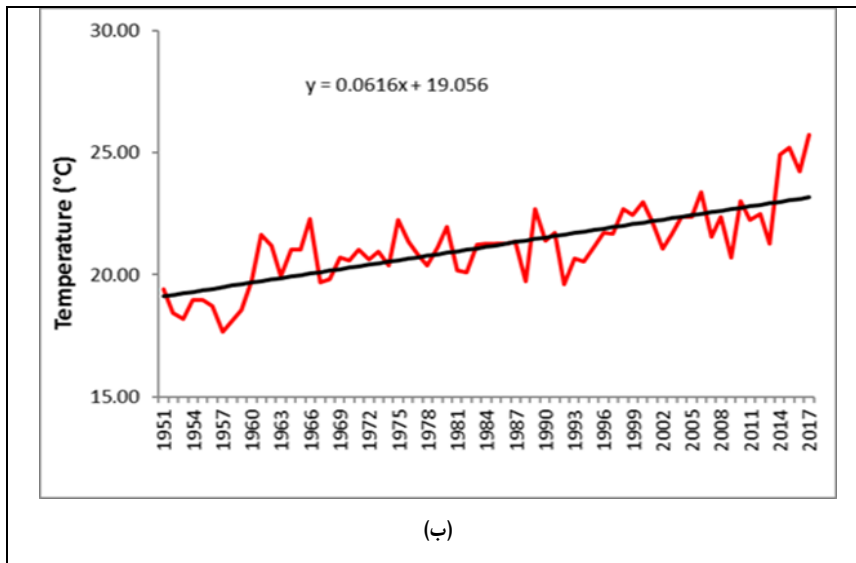
بررسی روند تغییرات فصلی دمای روزانه در ایستگاه سینوپتیک تبریز نشان داد که این تغییرات در تمامی فصول دارای روند افزایشی است. بیشترین میزان تغییرات مربوط به فصل بهار با آماره من-کندال و شیب سن به ترتیب $3/51$ و $0/30$ بوده و نشان دهنده افزایش $0/30$ درجه سانتیگرادی دما در هر دهه است (جدول ۵، شکل ۳). بررسی روند تغییرات فصلی دمای شبانه نیز نشان داد که تمامی فصول دارای روند افزایشی است و بیشترین میزان تغییرات مربوط به فصل تابستان بود که آماره من-کندال و شیب سن به ترتیب برابر با $6/89$ و $0/62$ می‌باشد که حاکی از افزایش $0/61$ درجه سانتیگراد دما در هر ده سال است (جدول ۵، شکل ۳).

بررسی روند تغییرات سالانه دمای روزانه و شبانه در ایستگاه سینوپتیک تبریز نشان دهنده آن است که این تغییرات دارای روند افزایشی معنی دار می‌باشد. میانگین سالانه دمای روزانه و شبانه به ترتیب ۰/۲۴ و ۰/۴۵ درجه سانتیگراد در هر دهه افزایش پیدا کرده است (جدول ۵، شکل ۴).

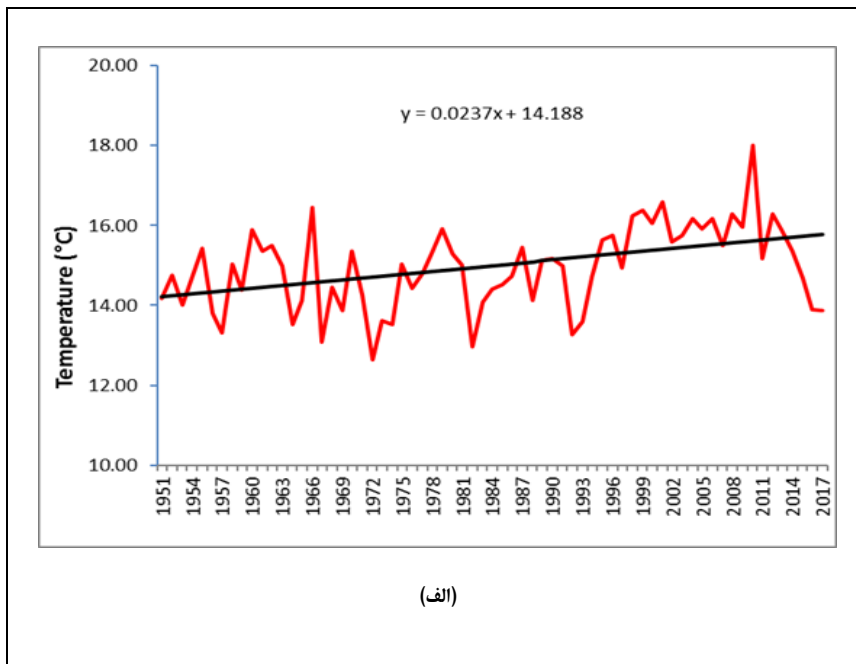
جدول (۵). روند تغییرات فصلی و سالانه دمای روزانه و شبانه ایستگاه سینوپتیک تبریز طی دوره آماری ۱۹۵۱-۲۰۱۷ (Z: آماره من-کندال، Q: تخمینگر شیب سن استیمیتور، Sig: معنی داری روند تغییرات: + در سطح اطمینان ۹۰٪، *، ۹۵٪، **، ۹۹٪ و ***: ۹۹/۹٪، Δt: میزان تغییرات دما در هر دهه بر حسب درجه سانتیگراد)

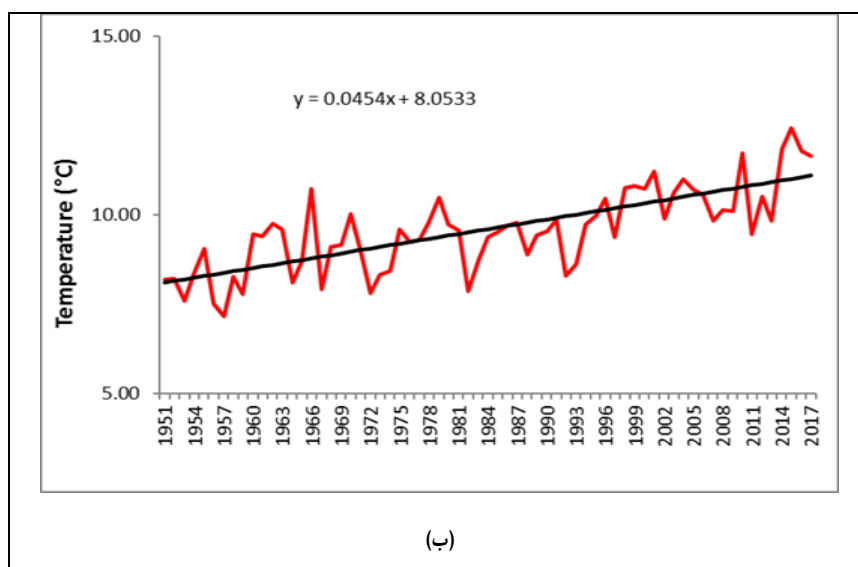
فصل ها		بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
دمای روزانه	Z	۳/۵۱	۴/۳۸	۱/۶۲	۱/۲۴	۳/۵۰
	Sig	***	***			***
	Q	-۰/۳۰	-۰/۳۰	-۰/۱۳	-۰/۱۶	-۰/۲۴
	Δt	-۰/۳۰	-۰/۳۰	-۰/۱۳	-۰/۱۶	-۰/۲۴
دمای شبانه	Z	۵/۹۴	۶/۸۹	۵/۸۶	۲/۰۳	۶/۷۰
	Sig	***	***	***	*	***
	Q	-۰/۴۷	-۰/۶۲	-۰/۴۲	-۰/۲۵	-۰/۴۵
	Δt	-۰/۴۷	-۰/۶۲	-۰/۴۲	-۰/۲۵	-۰/۴۵





شکل ۳- نمودارهای مربوط به روند تغییرات فصل بهار دمای روزانه (الف) و فصل تابستان دمای شبانه (ب) ایستگاه سینوپتیک تبریز طی دوره آماری (۱۹۵۱-۲۰۱۷) بر اساس آماره سینوپهای سه ساعته





شکل ۴- نمودارهای مربوط به روند تغییرات سالانه دمای روزانه (الف) دمای شبانه (ب) ایستگاه سینوپتیک تبریز طی دوره آماری (۱۹۵۱-۲۰۱۷) بر اساس آماره سینوپ‌های سه ساعته

بحث و نتیجه گیری

دما از مهم ترین عناصر اصلی و اساسی در پهنه بندی و طبقه بندی اقلیمی بوده و در پراکنش دیگر عناصر اقلیمی نیز نقش موثری دارد و بر این اساس نوسانات و تغییر پذیری دما بسیار حایز اهمیت است (علیچانی، ۱۳۹۰). در دهه‌های اخیر، نتایج کاربردی تحلیل دما باعث شده تا مطالعه ی افت و خیزهای آن در درازمدت (روند تغییرات) به ویژه در عرصه ی جهانی مورد توجه جدی قرار گیرد. از این رو در این تحقیق نوسانات دمای سه ساعته (سینوپ ها)، دمای شبانه و دمای روزانه ایستگاه سینوپتیک تبریز طی دوره آماری ۱۹۵۱-۲۰۱۷ و در مقیاس زمانی فصلی و سالانه مورد مطالعه قرار گرفت.

به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر این مسئله است که دمای ایستگاه سینوپتیک تبریز در فصول مختلف سال و میانگین سالانه آن در تمامی سینوپ‌ها دارای روند افزایشی است که این روند افزایشی در اکثر موارد معنی دار است. بر اساس نتایج بیشترین میزان افزایش دما در بین فصول سال مربوط به فصل تابستان در سینوپ ۰۳:۰۰ (ساعت ۰۶:۳۰ به وقت محلی) می‌باشد که دما حدود ۰/۶۶ درجه سانتیگراد در هر ده سال (۴/۴ درجه سانتیگراد طی ۶۷ سال) افزایش را نشان می‌دهد. همچنین در مقیاس سالانه نیز بیشترین تغییرات مربوط به سینوپ ۰۰:۰۰ (ساعت ۰۳:۳۰ به وقت محلی) بوده که دما افزایشی ۰/۴۷ درجه سانتیگرادی به ازای هر دهه (۳/۱) درجه سانتیگراد طی ۶۷ سال) را تجربه کرده است. بررسی روند تغییرات فصلی و سالانه دمای روزانه نشان دهنده وجود روند افزایشی معنی دار در فصل بهار و تابستان و میانگین سالانه دمای روزانه است و روند افزایشی موجود در فصل پاییز و زمستان غیر معنی دار هستند. بررسی تغییرات دمای شبانه نیز نشان می‌دهد که در تمامی فصول سال و میانگین سالانه دمای شبانه روند افزایشی معنی دار وجود دارد. بیشترین تغییرات دمای شبانه مربوط به فصل تابستان بوده که نشان از افزایش ۰/۶۲ درجه سانتی گراد دما در هر دهه (۴/۱) درجه سانتیگراد در ۶۷ سال) می‌باشد و بیشترین تغییرات دمای روزانه نیز مربوط به فصل بهار و تابستان است که دما در این دو فصل حدود ۰/۳ درجه سانتیگراد در هر دهه (۲ درجه سانتیگراد در ۶۷ سال) افزایش پیدا کرده است. براساس این نتایج می‌توان گفت که افزایش دما در سینوپ‌های شبانه بیشتر از سینوپ‌های روزانه می‌باشد. گزارش‌های پژوهشگران نیز نشان می‌دهد که عموماً روند دمای شبانه و روزانه با هم تفاوت داشته و در غالب موارد آهنگ افزایش دمای شبانه بزرگتر از آهنگ افزایش دمای روزانه بوده است (Niedzwiedz et al, 1996). همچنین افزایش دما در فصول گرم سال (تابستان و بهار) شدید تر از فصول سرد سال (زمستان و پاییز) می‌باشد.



یافته‌های این تحقیق تا اندازه زیادی با یافته‌های دیگر تحقیقات در منطقه مورد مطالعه مطابقت دارد. به عنوان مثال دین پژوه و همکاران (۱۳۹۴) با تحلیل روند پارامترهای هواشناسی در تبریز به نتایج مشابهی دست یافتند که نشان دهنده وجود روند افزایشی دمای حداقل، حداکثر و میانگین در تبریز بود. نتایج حاصل از تحقیق ساری صراف و همکاران (۱۳۹۴) نیز نشان می‌دهد که در حوضه دریاچه ارومیه دمای حداقل، حداکثر و متوسط در مقیاس سالانه و فصلی روند افزایشی تجربه کرده است. جهانبخش اصل و همکاران (۱۳۹۶) نیز با بررسی روند تغییرات میانگین حداقل دمای ماهانه دوره سرد سال در شمال غرب ایران به این نتیجه رسیدند که میانگین حداقل دما در اغلب مناطق شمال غرب رو به افزایش است. بنابراین نتایج حاصل از این تحقیق و تحقیقات پیشین حاکی از افزایش دما در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. نکته حائز اهمیت در رابطه با این پژوهش و تفاوت آن با مطالعات قبلی در نوع استفاده و به کارگیری داده‌های دما می‌باشد. به طوری که با بهره‌گیری از داده‌های ساعتی روزانه (سینوپ ها) به بررسی تغییرات دما پرداخته شد در حالی که در تحقیقات دیگر از میانگین دما و یا پارامترهای حداقل و حداکثر دما استفاده شده است بنابراین نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند اطلاعات دقیق تری از روند تغییرات دمایی ایستگاه سینوپتیک تبریز ارائه دهد.

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت نشانه‌های تغییر اقلیم در شهر تبریز و به ویژه از نظر دما، قابل مشاهده است. با در نظر گرفتن نقش دما در افزایش تبخیر و تعرق و همچنین میزان مصرف انرژی شهری، باید در ده سال آینده به دنبال راهکارهایی برای مدیریت بهتر منابع آب و انرژی به ویژه انرژی سرمایشی در فصل گرم سال بود.

منابع

- جهانبخش اصل، سعید، علی محمدخورشیددوست، یعقوب دین پژوه، فاطمه سرافروزه (۱۳۹۳)، تحلیل روند و تخمین دوره‌های بازگشت دما و بارش‌های حدی در تبریز، *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال ۱۸، شماره ۵۰، صص ۱۰۷-۱۳۳.
- جهانبخش اصل، سعید، غلام حسن محمدی، شهناز راشدی، عاطفه حسینی صدر (۱۳۹۶)، بررسی روند تغییرات میانگین حداقل دمای ماهانه دوره سرد سال در شمال غرب ایران، *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال ۲۲، شماره ۶۲، صص ۷۹-۹۶.
- دین پژوه، یعقوب، فائقه نیازی، حامد مفید (۱۳۹۴)، تحلیل روند تغییرات پارامترهای هواشناسی در تبریز، *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال ۱۹، شماره ۵۱، صص ۱۴۵-۱۶۹.
- ساری صراف، بهروز، طاهره جلالی عنصرودی، فاطمه سرافروزه (۱۳۹۴)، اثرات گرمایش جهانی بر اقلیم شهرهای واقع در حوضه دریاچه ارومیه، *دوفصلنامه علمی - پژوهشی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری*، سال ۶، شماره ۱۲، صص ۳۳-۴۸.
- علیجانی، بهلول، پیمان معادی، محمد سلیقه، اله بخش ریگی چاهی (۱۳۹۰)، بررسی تغییرات کمبینه و بیشینه‌های سالانه دما در ایران، *فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی*، سال ۲۶، شماره ۳، صص ۱۰۱-۱۲۲.
- کاشکی، عبدالرضا و آرزیتا کردی (۱۳۹۷)، واکاوی روند دما و بارش در استان کردستان با رویکرد تغییر اقلیم، *دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران*، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- کریمی، مصطفی، فاطمه ستوده، سمیه رفعتی (۱۳۹۷)، تحلیل روند تغییرات و پیش‌بینی پارامترهای حدی دمای ناحیه جنوبی دریای خزر، *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، سال ۱۸، شماره ۴۸، صص ۹۳-۷۹.
- کسمایی، مرتضی (۱۳۸۴)، پهنه بندی و راهنمای طراحی اقلیمی استان آذربایجان شرقی (اقلیم سرد)، *وزارت مسکن و شهرسازی*، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (گزارش تحقیقاتی).
- محمدزاده زنگلانی، تقی، علی حسینی پور و حسین صادقی (۱۳۹۶)، بررسی روند دمایی سالانه، فصلی و ماهانه شهر سیرجان با رویکرد مطالعات تغییر اقلیم، *چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست*، تهران، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.
- مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۰). *آب و هوای ایران*، انتشارات شریعه توس مشهد، چاپ اول.
- Addisu, S., Selassie, Y. G., Fissaha, G., & Gedif, B. (2015). Time series trend analysis of temperature and rainfall in lake Tana Sub-basin, Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 4(1), 25.
- Basarir, A., Arman, H., Hussein, S., Murad, A., Aldahan, A., & Al-Abri, M. A. (2017, March). Trend Detection in Annual Temperature and Precipitation Using Mann-Kendall Test—A Case Study to Assess Climate Change in Abu Dhabi, United Arab Emirates. In *International Sustainable Buildings Symposium* (pp. 3-12).
- Beniston, M, Stephenson, DB. 2004, Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions. *Global and Planetary Change*, 44, 1-9.
- Bihrat o., Mehmetcik B., 2003, The Power of Statistication Tests for Trend Detection. *Turkish J.Eng. Env. Sci.* Volume 27, pp 247- 251
- Brohan, P, Kennedy, JJ, Harris, I, Tett, SFB, Jones, PD., 2006, Uncertainty estimates in regional and global observed temperature change: A new data set from 1850. *Journal of Geophysical Research- Atmospheres*, 111: D12106, DOI: 10.1029/2005JD006548.
- Caloiero, T. (2017). Trend of monthly temperature and daily extreme temperature during 1951-2012 in New Zealand. *Theoretical and Applied Climatology*, 129(1-2), 111-127.

- Cannarozzo, M., Noto, L. V., Viola, F., (2006), Spatial Distribution of Rainfall Trends in Sicily, J. of Physics and Chemistry of the Earth, No. 31, 1201-1211.
- Fan, ZX, Brauning, A., Thomas, A., Li., J.B., Cao, K.F., 2011. Spatial and temporal temperature trends on the Yunnan Plateau (Southwest China) during 1961–2004. International Journal of Climatology, DOI: 10.1002/joc. 2214.
- Hansen, J., Sato, M. Ruedy, R. Lo, K. Lea, D. and Elizade, M., (2006): Global Temperature Change, Science, 39.
- Juraj M., Cunderlik, Taha B. M. J. Ouarada(2009), Trends in The Timing and Magnitude of Floods in Canada, J. of Hydrology, No. 375, 471-480.
- Kendall, M. G. (1948). Rank correlation methods .
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. Econometrica: Journal of the Econometric Society, 245-259.
- Martinez C., Maleski J. and Miller F. 2012. Trends in precipitation and temperature in Florida, USA. Journal of Hydrology. 453: 259-281.
- Niedzwiedz T, Ustrnul Z, Szalai S, Weber RO 1996. "Trends of maximum and minimum daily temperatures in central and southeastern Europe." Int J Climatol, No 16, pp 765–782.
- Sen, P.K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of American Statistical Association. 63: 1379–1389.
- Serrano, A., Mateos, V.L., and Garcia, J.A., (1999): Trend Analysis of Monthly Precipitation over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995. Phys. Chem EARTH (B), VOL.24, NO.1-2:85-90.
- Stocker T F, Qin D and Plattner G K et al. 2013 Climate change 2013: The physical science basis; Intergovernmental panel on climate change, working group I contribution to the IPCC fifth assessment report (AR5).
- Theil H., 1950. A rank invariant method of linear and polynomial regression analysis, part 3. Netherlands Akademie van Wetenschappen, Proceedings. 53. pp. 1397–1412.
- Toreti, A., Desiato, F., Theor. Appl. 2008. ClimatolJy, NO 91., pp 51- 17.
- Turkes. M., (1996). Observed Change Temperature in Turkey, International Journal of Climatology, 16; 463 – 477.
- UNFCCC, 2007. Climate Change: Impacts, Vulnerabilities and Adaptation in Developing Countries. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Bonn, Germany.