

بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران

وحید ورشویان^۱، علی خلیلی^۲، نوذر قهرمان^۳ و سهراب حجاج^۴

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران

^۲ استاد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران

^۳ استادیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران

^۴ دانشیار، گروه هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

(دریافت: ۸۷/۲/۳۰، پذیرش نهایی: ۸۸/۱۲/۱۸)

چکیده

مطالعات صورت گرفته در زمینه تغییر اقلیم در جهان حاکی از این واقعیت است که تغییر هر چند کم در دما موجب تغییر در وقوع پدیده‌های حدی نظیر خشکسالی، بارش‌های سنگین و توفان می‌شود. به دلیل مطلق نبودن مقادیر حدی، ممکن است مقداری که برای یک محل حدی است در محلی دیگر نرمال تلقی شود. بررسی وقایع حدی به دلیل محدودیت آمار درازمدت پارامترهای هواشناسی، مشکل است. در این تحقیق، داده‌های تاریخی روزانه مربوط به دمای حداقل، حداکثر و میانگین در یک دوره ۴۴ ساله (۲۰۰۴-۱۹۶۱) از هشت ایستگاه سینوپتیک بوشهر، تبریز، تهران مهرآباد، زاهدان، شیراز، کرمان، کرمانشاه و مشهد به‌منظور استخراج مقادیر حدی دما شامل صدک‌های پایین (۱، ۵، ۱۰، ۵۰)، صدک‌های بالا (۹۰، ۹۵، ۹۹)، تعداد روزهای کمتر از صدک‌های پایین و تعداد روزهای بیشتر از صدک‌های بالا مورد استفاده قرار گرفت. این ایستگاه‌ها نماینده برخی از اقلیم‌های متفاوت براساس طبقه‌بندی کوپن بودند (به ترتیب بیابانی، استپی و معتدل مرطوب). در ابتدا نرمال بودن هر یک از سری‌های زمانی حاصل از صدک‌ها به کمک آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. تحلیل روند برای همه سری‌های زمانی به کمک آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری (رگرسیون خطی حداقل مربعات، پیرسون، p ی اسپیرمن و آزمون معنی‌داری T کندال) صورت پذیرفت. کرمان (نماینده اقلیم بیابانی) در مورد دمای حداقل در تمامی صدک‌ها به جز صدک ۹۵، روند افزایشی معنی‌داری نشان داد. در مورد تعداد روزهای کمتر از صدک‌های پایین و بیشتر از صدک‌های بالا، تمامی صدک‌های بالا دارای روند افزایشی معنی‌دار بود. در مورد دمای حداکثر روزانه، به‌جز صدک یکم و تعداد روزهای بیشتر از صدک ۹۰، در سایر سری‌های زمانی، روند افزایشی بود. نتایج در مورد دمای میانگین، مشابه دمای حداقل بود. مشهد (نماینده اقلیم معتدل مرطوب) روند افزایشی معنی‌دار در تمامی صدک‌ها و تعداد روزهای کمتر از صدک ۱۰ و بیشتر از صدک‌های ۹۰ و ۹۹ نشان داد. دمای حداکثر تنها در صدک‌های بالا دارای روند افزایشی معنی‌دار بود. همه سری‌های زمانی تعداد روزهای کمتر از صدک‌های پایین و بیشتر از صدک‌های بالا به‌جز صدک یکم و صدک ۹۵ نیز از روند افزایشی معنی‌دار تبعیت کردند. در مورد دمای میانگین نیز، نتایج مشابه دمای کمینه بود. به‌طور کلی اغلب ایستگاه‌ها روند معنی‌دار افزایشی در مقادیر حدی دما به‌خصوص دمای حداقل از خود نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: ایران، تغییر اقلیم، دماهای حدی

Trend analysis of minimum, maximum, and mean daily temperature extremes in several climatic regions of Iran

Varshavian, V.¹, Khalili, A.², Ghahreman, N.³ and Hajjam, S.⁴

¹ Former MSc student of Agrometeorology, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran

² Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran

³ Assistant Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran

⁴ Associate Professor, Islamic Azad University, Research and Science Branch, Tehran, Iran

(Received: 19 May 2008, Accepted: 9 March 2010)

Abstract

An increase, even moderate, in global temperature is expected to result in a change in frequency of extreme weather events like drought, heavy rainfall and

storms. The study of extreme events is difficult due to the fact that it is difficult to find long-term homogeneous data series. Also the delimitation of extreme events is not univocal since a parameter value that would be defined as an extreme event in one place, might still be considered a normal event in another. In this study, maximum, minimum and mean daily air temperature (Tmax, Tmin, and Tmean) data over a 44 years period (1961-2004) of four synoptic stations of Iran namely; Kerman, Kermanshah, Mashhad, and Shiraz were collected. These stations represent different climates of Iran based on Koppen climatic classification. Required data were obtained from the Islamic Republic of Iran Meteorological Organization (IRIMO). Data were used to calculate extreme temperature values including the magnitudes of the lower (1st, 5th, 10th) and upper (90th, 95th, 99th) percentile threshold values for each year and number of days below the lower threshold values and above the upper threshold values. All time series were checked for normality with the Kolmogorov-Smirnov test. Time trends for all variables were analyzed using parametric and nonparametric techniques (Least squares linear regression, Pearson, Spearman and Kendall's τ -significance test). Kerman (Desert climate) showed significant positive trend in all minimum temperature percentile threshold values except the 95th percentile and a number of upper percentiles (90th and 95th). In maximum temperature, except 1st percentile and the number of days above 90th percentile, other percentiles and the number of days were significant. Results for mean temperature trend were similar to minimum temperature. Mashhad (Temperate humid climate) showed a significant positive trend in all minimum temperature percentile threshold values and the number of days below the 10th, upper 90th and 99th percentile threshold values. Maximum temperature showed a significant positive trend just in upper thresholds and all number of days except the number of days below the 1st and upper 95th percentile threshold values. In mean temperature, results were also similar to the minimum temperature.

Key words: Climate change, Iran, Temperature extremes

۱ مقدمه

می‌گرفت. این نتایج نظرات اسمیت و همکاران (۱۹۹۸) را که مناطق واقع در عرض‌های میانی، همچون نیمه‌ غربی امریکا، جنوب اروپا و آسیا، گرم‌تر و خشک‌تر و عرض‌های پایین‌تر گرم‌تر و مرطوب‌تر شده‌اند، تایید می‌کرد. مونزن و همکاران (۲۰۰۲)، نیز شاخص‌های متعددی را از ۱۲۲ سال آمار، برای دو دوره ۳۰ ساله در ایتالیا مورد مقایسه قرار دادند. در ایران نیز تحقیقاتی در این زمینه صورت گرفته است. کتیرایی و همکاران (۱۳۸۶)، در تحقیق خود سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش در ایران را بررسی کردند. آنها تغییرات بلندمدت بارش سالانه، تعداد روزهای بارانی

تحقیقات صورت گرفته در زمینه تغییر اقلیم در جهان، حاکی از این واقعیت است که تغییر هرچند کم در دما موجب تغییر در وقوع پدیده‌های حدی نظیر خشکسالی، بارش‌های سنگین و توفان می‌شود (بالینگ و آیدسو، ۲۰۰۲). در سال‌های اخیر، تغییرات دما در نقاط گوناگون دنیا گزارش شده است. هینو و همکاران (۱۹۹۹) با بررسی ۱۹ ایستگاه هواشناسی در اروپای شمالی و مرکزی، دریافتند که دمای حداقل تقریباً در همه ایستگاه‌های مورد بررسی و دمای متوسط و حداکثر در شمال و مرکز اروپا افزایش یافته است. این افزایش کانادا (بوتسما، ۱۹۹۴)، استرالیا و نیوزلند (پلومر و همکاران، ۱۹۹۹) را نیز دربر

ایستگاه سینوپتیک بررسی کرد. نتایج بررسی وی روشن ساخت که برای کل دوره آماری (۱۹۶۸-۱۹۹۸) در ۵۹ درصد ایستگاه‌ها روند مثبت و در ۴۹ درصد ایستگاه‌ها روند منفی وجود دارد. با استفاده از داده‌های جدیدتر مربوط به دوره ۱۹۹۸-۲۰۰۲، همه ایستگاه‌ها متوسط دمای سالانه بیشتر از نرمال درازمدت نشان دادند. هدف از این پژوهش، بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دما به منظور آشکارسازی رخداد احتمالی تغییر اقلیم در ایران است. در این تحقیق، مجموعه‌ای از داده‌های هواشناسی مربوط به دما، شامل دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه استفاده شده است.

۲ مواد و روش‌ها

در کشور ما ۱۶ ایستگاه سینوپتیک دارای ۵۵ سال (۱۹۵۱-۲۰۰۵) آمار معتبر وجود دارد. از این تعداد، آمار ۷ ایستگاه سینوپتیک تبریز، تهران مهرآباد، زاهدان، شیراز، کرمانشاه، کرمان و مشهد از لحاظ کیفیت داده‌ها، طول دوره آماری و پراکنش جغرافیایی مناسب، مورد تایید نهاد معتبر سامانه جهانی پایش اقلیم (GCOS) قرار گرفته است. در بررسی حاضر به دلیل اینکه آمار روزانه صرفاً در دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۴ در دسترس بود، لذا از این آمار که از اعتبار و توالی اطلاعات لازم برخوردار بود در محاسبه مقادیر حدی استفاده شد. داده‌های روزانه این دوره ۴۴ ساله مربوط به هفت ایستگاه فوق به همراه ایستگاه بوشهر از سازمان هواشناسی کشور تهیه و اقلیم آنها براساس شاخص کوپن تعیین شد. در بین این ایستگاه‌ها، مشهد، تبریز، شیراز و کرمانشاه براساس طبقه‌بندی کوپن جزء اقلیم معتدل مرطوب (C)، تهران مهرآباد و زاهدان جزء اقلیم استپی (BS) و کرمان در اقلیم بیابانی (BW) قرار داشتند. از آنجاکه برای اقلیم بیابانی یک نمونه (کرمان) در اختیار بود؛ با بررسی ایستگاه‌های باقی‌مانده، ایستگاه بوشهر با توجه به طول دوره آماری، تکمیل بودن داده‌ها و قرار

سالانه و فصلی و شدت بارش روزانه را به کمک آمار بارش روزانه دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱ در ۳۸ ایستگاه مورد تحقیق قرار دادند. در این تحقیق، اغلب ایستگاه‌های واقع در منطقه غرب و شمال غرب دارای روند بارش سالانه کاهشی و بیشتر ایستگاه‌های واقع در نواحی جنوبی و مرکزی ایران دارای روند افزایشی بودند. روند بارش فصل زمستان شبیه به روند بارش سالانه و روند بارش فصل بهار در اغلب ایستگاه‌ها کاهشی و در فصل پاییز افزایشی مشاهده شد. طباطبایی و حسینی (۱۳۸۲)، براساس پارامترهای بارش ماهانه و متوسط دمای ماهانه، به بررسی تغییر اقلیم در شهر سمنان پرداختند. آنها در این تحقیق به این نتیجه رسیدند که بارش در فصل زمستان تا حدودی افزایش می‌یابد (حدود ۵٪) و در تابستان تبخیر بیشتر می‌شود و اقلیم خشک و گرم‌تر ایجاد می‌شود. شهابفر و همکاران (۱۳۸۲)، تغییرات زمانی روزهای یخبندان را در مشهد مورد بررسی قرار دادند. آنها با استفاده از داده‌های ماهانه روند دمای میانگین، حداقل مطلق و تعداد روزهای یخبندان را بررسی قرار دادند و روند افزایشی کلی در دما و کاهش در تعداد روزهای یخبندان را مشاهده کردند. ساری صراف و همکاران (۱۳۸۲)، در ارزیابی تغییر اقلیم ایستگاه‌های منتخب حوضه شهری تبریز، رژیم دماهای متوسط و مطلق حداکثر و حداقل و همچنین دمای متوسط روزانه را مورد بررسی قرار دادند. آذرانفر و همکاران (۱۳۸۵)، اثرات تغییر اقلیم را بر بارش و دما در حوضه آبریز زاینده رود با استفاده از خروجی مدل گردش کلی جو CGCM2 بررسی کردند. در این تحقیق تغییرات بارش و دما در این حوضه با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی به روش آماری مورد بررسی قرار گرفت. در نتیجه افزایش دما بین ۲ تا ۵ درجه سلسیوس در دوره‌های آینده (۲۰۲۵-۲۰۲۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱) و افزایش بارش در ماه‌های دسامبر و ژانویه انتظار رفته است. قهرمان (۲۰۰۶)، روند زمانی دمای متوسط سالانه در ایران را با استفاده از داده‌های ۳۴

داشتن در اقلیم بیابانی (براساس طبقه‌بندی کوپن) انتخاب شد.

روند سری‌های زمانی حاصل از پارامترهای روزانه هواشناسی به صورت سالانه مورد بررسی قرار گرفت. پس از کسب اطمینان از همگنی داده‌ها، محاسبات به منظور محاسبه مقادیر حدی دما و بررسی وجود یا فقدان روند در سری زمانی داده‌ها صورت گرفت. مقادیر حدی دما به صورت صدک‌های یکم و پنجم و دهم به منزله حدود پایین داده‌های روزانه و صدک‌های ۹۰ و ۹۵ و ۹۹ درحکم حدود بالا برای هریک از پارامترهای مربوط به هر سال و برای هر ایستگاه محاسبه شد. همچنین تعداد روزهای با مقادیر کمتر از حدود پایین و بیشتر از حدود بالا برای هر سال تعیین شد و با تشخیص نوع توزیع هر سری از داده‌ها، وجود روند در آنها آزمون گردید. در واقع برای هر پارامتر (به عنوان مثال دمای حداقل) ۱۲ سری زمانی (۶ سری مربوط به صدک‌های پایین و بالا و ۶ سری

مربوط به تعداد روزهای کمتر و بیشتر از هر صدک) محاسبه و تشکیل شد و در صورت کسب موفقیت در آزمون همگنی، مورد تحلیل روند قرار گرفت. همه سری‌های زمانی از لحاظ نرمال بودن با آزمون کولموگوروف - اسمیرنوف آزمون شد. راز روش رگرسیون خطی حداقل مربعات به منظور نشان دادن روند افزایشی یا کاهششی در این سری‌ها استفاده شد. برای سری‌های زمانی با توزیع نرمال ($P < 0.05$)، آزمون معنی‌دار بودن روند از لحاظ آماری به کمک روش پی‌یرسون به انجام رسید. در مورد سایر سری‌های زمانی که از توزیع نرمال پیروی نمی‌کردند؛ آزمون ناپارامتری معنی‌دار بودن تاو کندال (سوفیا و هنسی، ۱۹۹۸) و آزمون رو اسپیرمن مورد استفاده قرار گرفت (بخش ۲-۱). در ادامه با رسم نمودارهای مربوط به هریک از سری‌های زمانی، نتایج حاصل از هریک از آزمون‌ها بررسی شد.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های همدیدی مورد استفاده.

۱-۲ اندازه‌های همبستگی

۱-۱-۲ ضریب همبستگی پی‌یرسون

ضریب همبستگی نمونه ای r زمانی به کار می رود که صفات X , Y به طور هم‌زمان دارای توزیع نرمال (توزیع نرمال دو گانه) باشند و یا اینکه حداقل یکی از دو صفت Y , X دارای توزیع نرمال باشند. در صورتی که مشاهدات از نوع رتبه ای نباشند، از رتبه‌بندی آنها برای محاسبه ضریب همبستگی بین رتبه‌های X , Y استفاده می‌شود و علت اطلاق همبستگی رتبه‌ای به همین دلیل است. این نوع همبستگی تنها شامل همبستگی خطی نمی‌شود، بلکه معیاری برای سنجش میزان تغییرات هم‌جهت یا متضاد است و آن را با علامت r_s نمایش می‌دهند. این مقدار همبستگی مثل r در فاصله -1 تا $+1$ تغییر پیدا می‌کند. متداول‌ترین اندازه همبستگی، ضریب همبستگی گشتاور حاصل ضرب پی‌یرسون است، که آن را با r نشان می‌دهند و با رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{[\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2]^{0.5}} \quad (1)$$

که در آن X و Y میانگین‌های نمونه‌ای هستند.

۲-۱-۲ آزمون ناپارامتری رو اسپیرمن

در مواردی که داده‌ها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند، ضریب همبستگی دیگری از سوی اسپیرمن (۱۹۰۴) پیشنهاد شده است که وابسته به شرایط پیش گفته نیست. این نوع از ضریب همبستگی برای انواع مشاهدات رتبه‌ای قابل استفاده است. p ی اسپیرمن چنین به دست می‌آید که به‌جای مشاهده‌ها، رتبه‌های آنها را قرار دهیم و بعد r پی‌یرسون را روی رتبه‌ها محاسبه کنیم.

$$r = \frac{\{ \sum [R(X_i) - (n+1)/2] [R(Y_i) - \rho(n+1)/2] \}}{[n(n^2-1)/12]} \quad (2)$$

که R رتبه مربوط به هر داده است.

۳-۱-۲ آزمون ناپارامتری تاو کندال

داده‌ها ممکن است عبارت از یک نمونه دو متغیره تصادفی به حجم n ، به صورت (X_i, Y_i) ، $i=1, 2, \dots, n$ باشند. دو مشاهده، مثلاً $(2/2)$ و $(1/3)$ و $(1/6)$ و $(2/7)$ را هماهنگ می‌نامیم، اگر هر دو عضو یک مشاهده از هر دو عضو متناظر مشاهده دیگر بزرگ‌تر باشند. فرض کنید N_c معرف تعداد زوج‌های هماهنگ مشاهده‌ها باشند که از بین $\begin{bmatrix} n \\ 2 \end{bmatrix}$ زوج ممکن انتخاب شده‌اند. زوج مشاهداتی شبیه $(2/2)$ و $(1/3)$ و $(1/1)$ و $(1/6)$ را ناهماهنگ می‌گوییم، اگر دو عضو یک مشاهده در جهاتی متفاوت (یکی مثبت و یکی منفی) از عضوهای متناظر مشاهده دیگر تغییر کنند. فرض کنید N_d تعداد کل زوج‌های ناهماهنگ مشاهدات باشد. زوج‌های حاوی هم‌رتبه‌ها نه هماهنگ‌اند و نه ناهماهنگ. اندازه همبستگی که کندال (۱۹۳۸) پیشنهاد کرده است، عبارت است از

$$\tau = (N_c - N_d) / [n(n-1)/2] \quad (3)$$

اگر همه زوج‌ها هماهنگ باشند، τ کندال برابر ۱ است. اگر همه زوج‌ها ناهماهنگ باشند مقدار τ برابر -1 است. در حکم یک اندازه همبستگی، τ کندال در شرایطی که در ابتدای بخش بیان شد، صدق می‌کند. اگر مشاهدات X_i, Y_i را بر حسب مقادیر صعودی X در ستونی بنویسیم، محاسبه τ آسان‌تر می‌شود. در این صورت کافی است مقدار Y را با مقادیری که پایین‌تر از آن قرار دارند، مقایسه کرد و تعداد زوج‌های هماهنگ و ناهماهنگ به آسانی معین می‌شوند. همچنین، هر یک از زوج‌های مشاهدات فقط یک‌بار مورد مقایسه قرار می‌گیرند (کنور، دی، ۱۳۷۹).

۳ نتایج و بحث

۱-۳ کرمان

سری‌های زمانی حاصل از دمای حداقل به‌طور عمده روند مشخص معنی‌دار افزایشی در همه صدک‌ها، به‌جز صدک

صدک‌های پایین و بیشتر از صدک‌های بالا تنها در تعداد روزهای بیشتر از صدک ۹۰ افزایش معنی‌دار مشاهده شد. سری‌های زمانی حاصل از دمای حداکثر روزانه نیز، روند افزایشی معنی‌دار را در صدک‌های بالا و تعداد روزها با دمای کمتر از صدک دهم و بیشتر از صدک‌های ۹۰ و ۹۵ آشکار کردند. سری‌های زمانی حاصل از دمای میانگین در ایستگاه بوشهر، روند افزایشی معنی‌دار را در صدک‌های بالا (۹۰، ۹۵ و ۹۹) نشان داد.

۳-۳ تهران مهرآباد

همه سری‌های زمانی حاصل از دمای حداقل روزانه، روند افزایشی معنی‌دار را در همه صدک‌ها در این ایستگاه از نشان دادند. بررسی سری زمانی تعداد روزهای کمتر از صدک‌های پایین و بیشتر از صدک‌های بالا، نشان از روند معنی‌دار افزایشی در صدک‌های ۱۰، ۹۰ و ۹۵ داشت. سری‌های زمانی حاصل از دمای حداکثر مربوط به ایستگاه تهران، در هیچ‌یک از صدک‌ها روند معنی‌دار نشان نداد. در مورد تعداد روزها نیز فقط روزهای کمتر از صدک‌های یکم و دهم و بیشتر از صدک‌های ۹۰ و ۹۵ روند افزایشی معنی‌دار مشاهده شد.

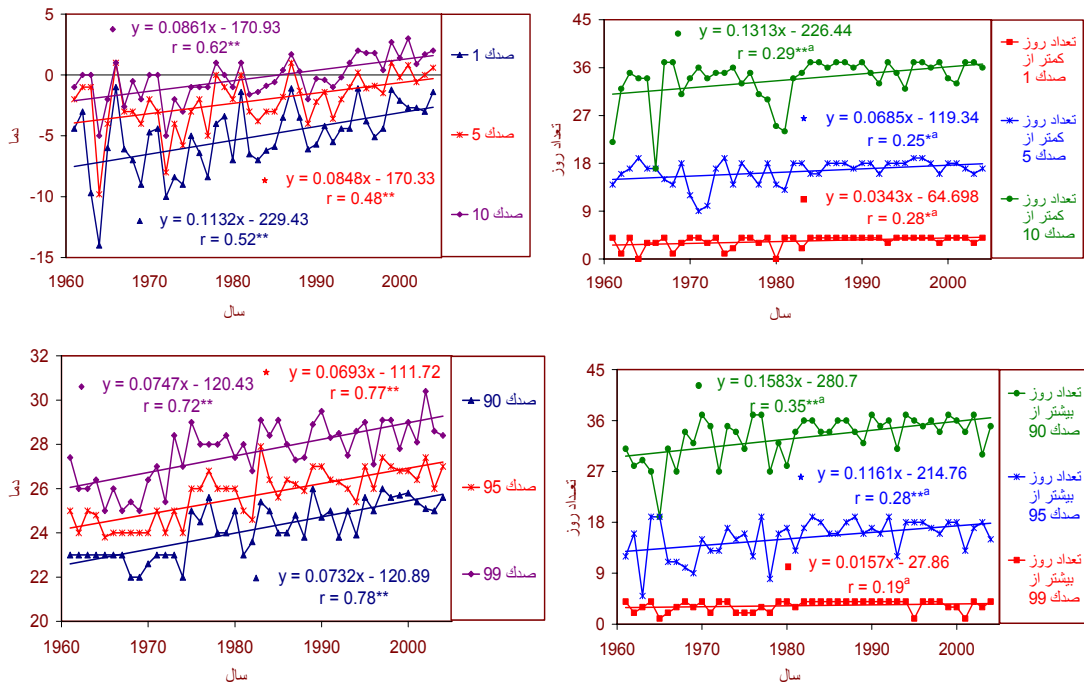
۹۵ از خود نشان دادند. در مورد تعداد روزهای کمتر از صدک‌های پایین و بیشتر از صدک‌های بالا، همه صدک‌های بالا دارای روند معنی‌دار افزایشی بودند. سری‌های زمانی حاصل از دمای حداکثر در ایستگاه کرمان، روند معنی‌دار افزایشی را در همه صدک‌ها، به جز صدک یکم آشکار کردند. همچنین همگی سری‌های تعداد روزهای کمتر از صدک‌های پایین و بیشتر از صدک‌های بالا، به جز روزهای بیشتر از صدک نودم نشان دادند. بررسی سری‌های زمانی حاصل از دمای میانگین روزانه در این ایستگاه، روند معنی‌دار افزایشی را در صدک‌های پایین و بالا (یکم، پنجم، دهم، ۹۰ و ۹۹) و تعداد روزهای کمتر از صدک دهم و بیشتر از صدک ۹۹ آشکار کرد. جدول شماره ۱ به‌طور نمونه متوسط مقادیر حدی دما برای دمای حداقل و حداکثر ایستگاه کرمان را در دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۴ نشان می‌دهد.

۲-۳ بوشهر

سری‌های زمانی حاصل از دمای حداقل روزانه، روند افزایشی معنی‌داری را در همه صدک‌ها به جز صدک ۹۵ از خود نشان دادند. اما در مورد تعداد روزهای کمتر از

جدول ۱. متوسط دو شاخص حدی دما برای دمای حداقل و حداکثر ایستگاه کرمان در دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۴.

صدک	دمای حداقل		دمای حداکثر	
	آستانه	تعداد روز در سال با دمای	آستانه	تعداد روز در سال با دمای (درجه)
				حداکثر کمتر / بیشتر از آستانه
یکم	-۱۰/۴	۳/۳	۴/۹	۳/۵
پنجم	-۷/۰	۱۷/۱	۹/۹	۱۷/۱
دهم	-۴/۷	۳۴/۵	۱۲/۶	۳۴/۷
نودم	۱۷/۰	۳۳/۸	۳۵/۸	۳۲/۰
نود و پنجم	۱۹/۱	۱۶/۰	۳۷/۰	۱۴/۸
نود و نهم	۲۱/۶	۳/۳	۳۸/۶	۲/۷



شکل ۲. نمودار صدک ها و تعداد روزهای کمتر / بیشتر از صدک های دمای حداقل روزانه در ایستگاه تهران مهرآباد.

کمتر از صدک های پایین و بیشتر از صدک های بالا، جز صدک یکم، همه صدک ها روند افزایشی معنی دار داشتند. همچنین سری های زمانی حاصل از میانگین روزانه، روند افزایشی معنی دار را در همه صدک های پایین و بالا و تعداد روزهای کمتر از صدک دهم و بیشتر از صدک ۹۰ و ۹۵ نشان دادند.

۳-۵ شیراز

سری های زمانی حاصل از دمای حداقل روزانه، روند افزایشی معنی دار در همه صدک ها داشتند. اما در مورد تعداد روزهای کمتر از صدک های پایین و بیشتر از صدک های بالا، در همه تعداد روزها، به جز در تعداد روزهای کمتر از صدک یکم و بیشتر از صدک ۹۰، افزایش معنی دار بود. سری های زمانی حاصل از دمای حداکثر روزانه در این ایستگاه روند افزایشی معنی دار را در همه صدک ها جز صدک پنجم و دهم و تعداد همه روزها، به جز روزهای کمتر از صدک پنجم نشان

اما سری های زمانی حاصل از دمای میانگین روند معنی دار افزایشی را در همه صدک ها آشکار کرد. در مورد تعداد روزها نیز این روند، جز در مورد روزهای کمتر از صدک یکم و بیشتر از صدک ۹۰ به صورت افزایشی معنی دار بود. شکل ۲ به طور نمونه، روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل روزانه در ایستگاه تهران مهرآباد را نشان می دهد.

۳-۴ زاهدان

در این ایستگاه سری های زمانی حاصل از دمای حداقل روزانه، به طور عمده روند افزایشی معنی دار در همه صدک ها نشان دادند. در مورد تعداد روزهای کمتر از صدک های پایین و بیشتر از صدک های بالا همه صدک ها جز، صدک ۹۵ و ۹۹ از روند افزایشی معنی دار تبعیت می کردند. سری های زمانی حاصل از دمای حداکثر روزانه در ایستگاه زاهدان، روند معنی داری را در هیچ یک از صدک ها مشخص نکردند. در سری زمانی تعداد روزهای

دادند. همچنین بررسی سری‌های زمانی حاصل از دمای میانگین در ایستگاه شیراز نشان از وجود روند افزایشی معنی‌دار در همهٔ صدک‌ها و تعداد روزهای کمتر از صدک یکم و بیشتر از صدک ۹۵ داشت. شکل ۳ به‌طور نمونه روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداکثر روزانه در ایستگاه شیراز را نشان می‌دهد.

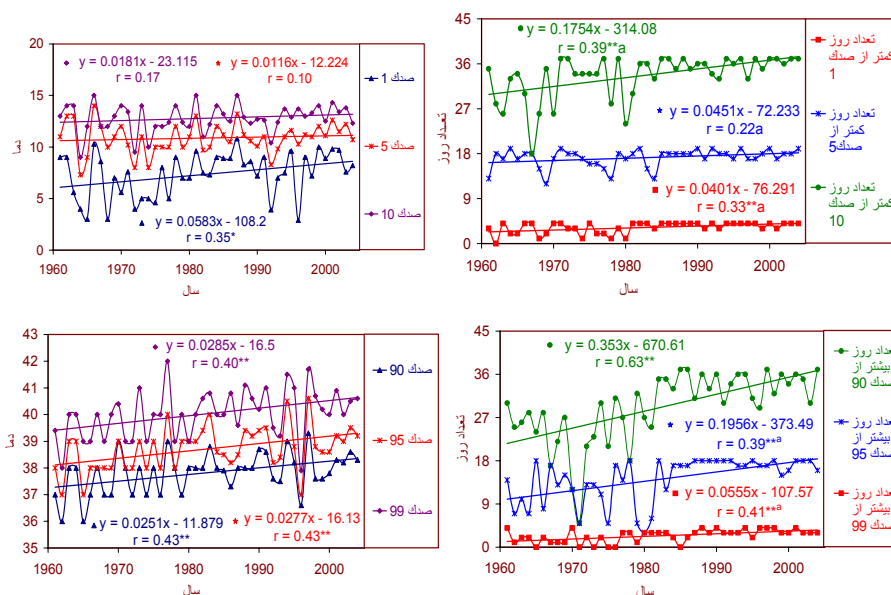
۳-۶ تبریز

سری‌های زمانی حاصل از دمای حداقل روزانه، در تبریز روند افزایشی معنی‌دار را در همهٔ صدک‌ها، به‌جز صدک دهم نشان دادند. در سری حاصل از تعداد روزهای کمتر از صدک‌های پایین و بیشتر از صدک‌های یکم و تعداد روزهای بیشتر از صدک ۹۹، افزایش معنی‌دار مشاهده شد. در این ایستگاه سری‌های زمانی حاصل از دمای حداکثر روزانه، روند افزایشی معنی‌دار را در صدک‌های یکم و پنجم و تعداد روزهای بیشتر از صدک ۹۵ آشکار کردند. بررسی سری‌های زمانی حاصل از دمای میانگین، همچنین روند افزایشی معنی‌دار را در صدک ۹۰ و تعداد روزهای بیشتر از صدک ۹۰ و ۹۵ بیان

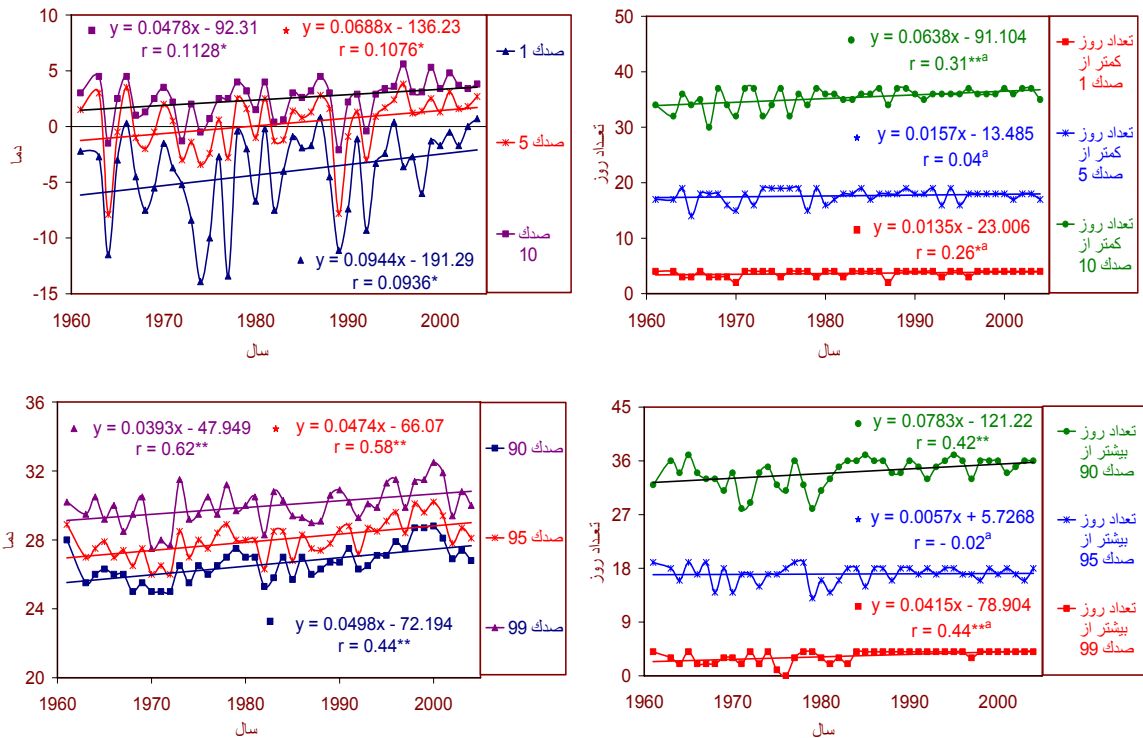
داشت.

۳-۷ کرمانشاه

سری‌های زمانی حاصل از دمای حداقل روزانه، به‌طور عمده روند افزایشی معنی‌دار را در صدک‌های دهم، ۹۰، ۹۵ و ۹۹ نشان دادند. اما در مورد سری‌های ناشی از تعداد روزهای کمتر از صدک‌های پایین و بیشتر از صدک‌های بالا، فقط در تعداد روزهای کمتر از صدک‌های یکم و دهم و تعداد روزهای بیشتر از صدک ۹۰، افزایش معنی‌دار بود. روند افزایشی معنی‌دار در سری‌های زمانی حاصل از دمای حداکثر روزانهٔ ایستگاه کرمانشاه، در همهٔ صدک‌ها، به‌جز صدک‌های دهم و ۹۹ و در همهٔ تعداد روزها، به‌جز سری زمانی، تعداد روزهای کمتر از صدک پنجم مشاهده شد. به‌علاوه سری‌های زمانی حاصل از دمای میانگین نیز روند افزایشی معنی‌دار را در همهٔ صدک‌های پایین و بالا و تعداد روزهای کمتر از صدک دهم و بیشتر از صدک ۹۰ و ۹۹ نشان دادند. شکل ۴ به‌طور نمونه روند تغییرات مقادیر حدی دمای میانگین روزانه در ایستگاه کرمانشاه را نشان می‌دهد.



شکل ۳. نمودار صدک‌ها و تعداد روزهای کمتر/بیشتر از صدک‌های دمای حداکثر روزانه در ایستگاه شیراز.



شکل ۴. نمودار صدک‌ها و تعداد روزهای کمتر/بیشتر از صدک‌های دمای میانگین روزانه در ایستگاه کرمانشاه.

۳-۸ مشهد

سری‌های زمانی ناشی از مقادیر حدی دمای حداقل و حداکثر ایستگاه مشهد در دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۴ را نشان می‌دهد.

در مجموع، همسو با روند گرمایش جهانی کره زمین، روند معنی‌دار افزایشی در سری‌های زمانی ناشی از دمای حداقل روزانه، در همه ایستگاه‌ها، مشاهده شد. این روند در سری‌های زمانی ناشی از دمای حداکثر در هر سه صدک بالایی و روزهای کمتر از صدک دهم و بیش از صدک‌های ۹۰ و ۹۹ دارای روند معنی‌داری بودند.

در مورد سری‌های حاصل از دمای میانگین روزانه، روند معنی‌دار افزایشی در همه صدک‌های پایین و بالا و تعداد روزهای کمتر از صدک دهم و بیشتر از صدک‌های ۹۰ و ۹۹ مشاهده شد. البته ضریب همبستگی دو کمیت اخیر و بزرگی روند نسبت به دمای حداقل به مراتب کمتر بود.

در ایستگاه مشهد، سری‌های زمانی حاصل از دمای حداقل روزانه، از روند مشخص افزایشی معنی‌دار در همه صدک‌ها تبعیت می‌کردند. اما در مورد تعداد روزهای کمتر از صدک‌های پایین و بیشتر از صدک‌های بالا، فقط در تعداد روزهای کمتر از صدک دهم و بیشتر از صدک‌های ۹۰ و ۹۹، افزایش معنی‌دار بود. سری‌های زمانی حاصل از دمای حداکثر روند افزایشی معنی‌دار را در صدک‌های ۹۰، ۹۵ و ۹۹ و تعداد روزهای کمتر از صدک‌های پنجم و دهم و تعداد روزهای بیشتر از صدک‌های ۹۰ و ۹۹ نشان دادند. همچنین سری‌های زمانی حاصل از دمای میانگین روزانه در مشهد نشان از وجود روند افزایشی معنی‌دار در همه صدک‌های پایین و بالا و تعداد روزهای کمتر از صدک دهم و بیشتر از صدک‌های ۹۰ و ۹۹ داشت. جدول ۱ به‌طور نمونه نتایج حاصل از تحلیل روند

جدول ۱. روند دو شاخص حدی دما برای دمای حداقل و حداکثر ایستگاه مشهد در دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۴.

صدک	دمای حداقل				دمای حداکثر			
	آستانه		تعداد روز در سال با دمای		آستانه		تعداد روز در سال با دمای	
	شیب	Γ	شیب	Γ	شیب	Γ	شیب	Γ
یکم	۰/۲۱	۰/۶۰**	۰/۰۲	۰/۲۵ ^{a*}	۰/۰۳	۰/۱۸	۰/۰۲	۰/۲۸ ^{a*}
پنجم	۰/۱۴	۰/۵۴**	۰/۰۳	۰/۱۰ ^a	۰/۰۴	۰/۲۲	۰/۰۶	۰/۴۵**
دهم	۰/۱۰	۰/۵۷**	۰/۱۱	۰/۳۳ ^{a**}	۰/۰۴	۰/۲۳	۰/۱۰	۰/۴۳ ^{a**}
نودم	۰/۰۸	۰/۶۸**	۰/۱۸	۰/۵۴**	۰/۰۳	۰/۴۱**	۰/۲۱	۰/۶۵**
نود و پنجم	۰/۰۸	۰/۶۷**	۰/۰۷	۰/۲۴ ^{a*}	۰/۰۳	۰/۴۲**	۰/۰۸	۰/۲۳ ^{a*}
نود و نهم	۰/۰۷	۰/۶۳**	۰/۰۳	۰/۳۳ ^{a**}	۰/۰۳	۰/۴۳**	۰/۰۴	۰/۴۱ ^{a**}

* : همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی دار است (دو دامنه).

 Γ : ضریب همبستگی** : همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی دار است (دو دامنه). Γ : a از روش کندال محاسبه شده است.

منابع

شهابفر، ع.، محمدنیا قرائی، س. و جاودانی خلیفه، ن.، ۱۳۸۲، بررسی تغییرات زمانی روزهای یخبندان در مشهد. مجموعه مقالات سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. ۷۴-۸۱.

طباطبایی، ع. و حسینی، م.، ۱۳۸۲، بررسی تغییر اقلیم در شهر سمنان براساس پارامترهای بارش ماهیانه و متوسط دمای ماهیانه. مجموعه مقالات سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. ۹۱-۹۸.

کتیرایی، پ. ایران نژاد، پ. و حجام، س.، ۱۳۸۶، سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش در ایران طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱. مجله فیزیک زمین و فضا، (۱) ۳۳، ۸۳-۶۷.

کتیرایی، پ.، ایران نژاد، پ.، حجام، س. و یوسفی، ن.، ۱۳۸۴، بررسی تغییرات بلند مدت بارش کل و روزهای بارانی در غرب و شمال غرب ایران. دوازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران. سازمان زمین شناسی کشور.

کنور، دی.، ۱۳۷۹، آمار ناپارامتری. ترجمه سید مقتدا

آذرانفر، آ.، ابریشم‌چی، ا. و تجریشی، م.، ۱۳۸۵، ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر بارش و دما در حوضه آبریز زاینده‌رود با استفاده از خروجی مدل‌های چرخش عمومی. مجموعه مقالات دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.

بختیاری، ب.، ۱۳۸۲، نگرشی تحلیلی بر تغییر اقلیم بارندگی و دمای شهر کرمان. مجموعه مقالات سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. ۱۸۳-۱۸۹.

خلیلی، ع.، ۱۳۷۹، گزارش طرح جامع آب کشور، گزارش سنتز، فصل هواشناسی، بررسی اثر محتمل تغییر اقلیم بر منابع آب کشور، وزارت نیرو.

ساری صراف، ب.، ریحانی، ر. و فاتحی، ر.، ۱۳۸۲، ارزیابی توپوکلیمایی (تغییر اقلیم) ایستگاه‌های منتخب حوضه شهری تبریز. مجموعه مقالات سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. ۲۲۱-۲۲۵.

هاشمی پرست. نشر دانشگاهی.

وجدانی، پ.، گرامی، ع.، ۱۳۷۷، احتمالات و آمار

کاربردی. نشر آموزش کشاورزی.

Bootsma, A., 1994, Long-term (100 years) climate trends for agriculture at selected locations in Canada. *Climatic Change*, **26**, 65–88.

Balling, Jr., R. C., Idso, S. B., 1990, Effects of greenhouse warming on maximum summer temperatures. *Agric. For. Meteorol.*, **53**, 143–147.

Ghahraman, B., 2006, Time trend in the mean annual temperature of Iran. *Turk. J. Agric. For.*, **30**, 439–448.

Heino, R., Brázdil, R., Forland, E., Tuomenvirta, H., Alexandersson, H., Beniston, M., Pfister, C., Rebetez, M., Rosenhagen, G., Rösner, S. and Wibig, J., 1999, Progress in the study of climatic extremes in northern and central Europe. *Climatic Change*, **42**, 151–181.

Moonen, A. C., Ercoli, L., Mariotti, M. and Masoni, A., 2000, Climate change in Italy indicated by agrometeorological indices over 122 years. *Agric. For. Meteorol.*, **111**, 13–27.

Plummer, N., Salinger, M. J., Nicholls, N., Suppiah, R., Hennessy, K. J., Leighton, R. M., Trewin, B., Page, C. M. and Lough, J. M., 1999, Changes in climate extremes over the Australian region and New Zealand during the twentieth century. *Climatic Change*, **42**, 183–202.

Suppiah, R. and Hennessy, K., 1998, Trends in total rainfall, heavy rain events and number of dry days in Australia, 1910–1990. *Int. J. Climatol.*, **10**, 1141–1164.