

تحلیل روند تغییرات پارامترهای هواشناسی در تبریز

یعقوب دین‌پژوه^۱

فائقه نیازی^۲

حامد مفید^۳

چکیده

هدف این مطالعه بررسی روند تغییرات برخی از پارامترهای هواشناسی (میانگین سرعت باد، حداقل، حداکثر و میانگین دما، اختلاف دمای حداقل و حداکثر هوا، تبخیر از تشت، میانگین رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، مقدار بارش، تعداد روزهای همراه با بارش بیش از ۱، ۵ و ۱۰ میلی‌متر، تعداد روزهای همراه با گرد و غبار، تعداد روزهای برفی، تعداد روزهای با دید کمتر از ۲ کیلومتر و درجه روز بر مبنای دمای ۱۸ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد) در ایستگاه تبریز در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۷۰ در سه مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه با استفاده از روش ناپارامتریک مان-کنندال (MK) می‌باشد. تحلیل روند با دو روش MK مرسوم (برای سری‌های با ضرایب خود همبستگی غیرمعنی‌دار) و MK اصلاح شده (برای سایر سری‌ها) در سه سطح معنی‌داری ۱٪، ۵٪ و ۱۰٪ انجام شد. شیب خط روند با روش سن به‌دست آمد. نتایج نشان داد که در مقیاس سالانه پارامترهای تبخیر از تشت، حداقل، حداکثر و میانگین دما و درجه روز بر مبنای ۲۱ درجه سانتی‌گراد دارای روند افزایشی معنی‌دار در سطح ۵٪ بوده ولی بارش، تعداد روزهای همراه با بارش بیش از ۱ و ۵ میلی‌متر و درجه روز بر مبنای ۱۸ درجه سانتی‌گراد دارای روند کاهشی معنی‌دار (در سطح ۵٪) بودند. بقیه متغیرها در مقیاس سالانه روند معنی‌دار نشان ندادند. شیب خط روند بارش سالانه ۲/۲۸- میلی‌متر در سال و شیب نظیر برای هر سه عنصر میانگین، حداقل و حداکثر دما معادل ۰/۰۶ درجه سانتی‌گراد در سال بود. روند مشاهده شده در پارامترهای مورد بررسی بیانگر تغییرات اقلیمی روی داده در تبریز می‌باشد.

واژگان کلیدی: مان-کنندال، تبریز، پارامترهای هواشناسی، تخمین گر Sen، روند.

۱- گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
Email:dinpashoh@yahoo.com

۲- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
Email:fae_niazi@yahoo.com

۳- دانش‌آموخته مهندسی عمران آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز.

مقدمه

توزیع زمانی و مکانی پارامترهای هواشناسی به نحو چشمگیری در نقاط مختلف کره زمین تغییر می‌کند. شناخت تغییرات پارامترهای هواشناسی جهت برنامه‌ریزی‌های کاربردی برای توسعه کشاورزی، مدیریت پایدار منابع آب و اقتصاد هر منطقه ضروری است. بنابه تعریف، روند به افزایش یا کاهش مداوم و یکنواخت متغیر مورد بررسی نسبت به مقدار میانگین اطلاق می‌شود. در اقلیم‌شناسی، روند به‌عنوان تغییرات دراز مدت عناصر اقلیمی، یعنی نوسان در شرایط متوسط اقلیمی، اطلاق می‌شود (Matti et al, 2009: 10). به‌طور کلی به‌منظور بررسی وجود یا عدم وجود روند و تحلیل سری‌های زمانی و تغییر اقلیم دو روش آماری پارامتریک و ناپارامتریک وجود دارد که روش‌های ناپارامتریک کاربرد نسبتاً وسیع‌تری در مطالعات هیدرومتئورولوژیکی دارند (Xu et al, 2003: 258). روش‌های پارامتریک عمدتاً بر اساس یک رابطه رگرسیونی بین سری داده‌ها با زمان استوار است، اما برای سری‌هایی که توزیع آماری خاصی بر آن‌ها قابل برآزش نیست و از طرفی چولگی معنی‌داری دارند استفاده از روش‌های ناپارامتریک مناسب‌تر می‌باشد. چون اغلب سری‌های هیدرومتئورولوژیکی و هواشناسی در نواحی خشک و نیمه‌خشک دارای چولگی است، بنابراین نمی‌توان براحتی از روش‌های پارامتریک برای این‌گونه سری‌ها استفاده کرد. تاکنون آزمون‌های آماری ناپارامتریک بسیاری برای تعیین روند در سری داده‌ها بسط داده شده‌اند. به نظر می‌رسد از بین آزمون‌های ناپارامتریک آزمون مان-کندال بهترین گزینه باشد (Xu et al, 2003: 258). این روش برای سری‌های زمانی که توزیع آماری آن‌ها نرمال نیست مناسب است و به مقادیر پرت که در برخی از سری‌های زمانی قابل مشاهده است حساسیت ندارد. این آزمون توسط سازمان جهانی هواشناسی برای تشخیص روند در سری زمانی داده‌های محیطی توصیه شده است. محققان متعددی در مناطق مختلف جهان از آزمون آماری ناپارامتریک مان-کندال (Mann, 1945: 245-259 و Kendall, 1975) برای ارزیابی معنی‌دار بودن وجود روند در سری‌های زمانی هیدرومتئورولوژیکی و متئورولوژیکی از قبیل کیفیت آب، دبی جریان رودخانه‌ها، دمای هوا، تبخیر از تشتک، تبخیر و تعرق و بارش

استفاده کرده‌اند (Yu et al, 1993 و Kendall, 1975 و Khaliq et al, 2009 و میرعباسی و دین‌پژوه، ۱۳۸۹: ۶۳۵-۶۲۵).

یو^۴ و هاشینو^۵ (۲۰۰۳: ۲۷-۱۵) نشان دادند که میانگین دمای هوای سالانه در ۴۶ ایستگاه انتخاب شده در ژاپن در طی دوره ۱۹۰۰ تا ۱۹۹۶ از ۰/۵۱ تا ۲/۷۷ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. لو^۶ و همکاران (۲۰۰۸: ۲۳۸۶-۲۳۷۷) روند بارش حوضه رودخانه بیجیانگ چین را در طی سال‌های ۱۹۵۹ تا ۲۰۰۳ در دو مقیاس زمانی فصلی و سالانه با استفاده از روش مان-کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که روند کاهشی در بارش‌های موسمی و فصل بهار و روند افزایشی در بارش‌های زمستان و پاییز وجود دارد. از نظر توزیع مکانی نیز قسمت‌های پایین دست (جنوب) حوضه رودخانه بیجیانگ دارای روند کاهشی و قسمت‌های بالادست (شمال) دارای روند افزایشی است. کالویرو^۷ و همکاران (۲۰۰۹: ۵۶-۴۴) روند بارش فصلی و سالانه را در کالابریا (جنوب ایتالیا) با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک (مان-کندال) و پارامتریک (تحلیل رگرسیون خطی) بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد که بارش‌های پاییزه، زمستانه و سالانه در جنوب ایتالیا روند کاهشی و بارش تابستان روند افزایشی دارد. زو^۸ و همکاران (۲۰۱۰: ۲۶۷-۲۵۶) در مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه با استفاده از آزمون مان-کندال روند دمای هوا، بارندگی و دبی رودخانه را در حوضه رودخانه تاریم در چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که در مقیاس سالانه دما در ۲۰ ایستگاه (از ۲۵ ایستگاه مورد مطالعه) و بارندگی در ۳ ایستگاه افزایش معنی‌داری داشته است. دبی سالانه نیز ترکیبی از روندهای افزایشی و کاهشی در نقاط مختلف نشان داده است.

مسعودیان (۲۰۰۴: ۱۰۶-۸۹) نشان داد که روند دمای میانگین ایران در نیم قرن گذشته صعودی است. این افزایش دما برای میانگین دمای هوا در حدود ۲/۲ و برای

4- Yue

5- Hashino

6- Luo

7- Caloiero

8- Xu

حداکثر دمای هوا ۱/۴ و برای حداقل دمای هوا حدود ۳ درجه سانتی‌گراد در قرن می‌باشد. رضیئی و همکاران (۲۰۰۵) برای باران سالانه بسیاری از ایستگاه‌های خشک و نیمه‌خشک ایران روند نزولی گزارش کرده‌اند. مدرس و همکاران (۲۰۰۷: ۳۵۵-۳۴۴) روند بارش ماهانه، سالانه و تعداد روزهای بارانی را در ۲۰ ایستگاه در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران بررسی کرده و نتیجه گرفتند بارش سالانه در ایستگاه زاهدان روند کاهشی معنی‌دار ولی در ایستگاه سبزوار روند افزایشی معنی‌دار را نشان می‌دهد. تعداد روزهای بارانی نیز در کاشان روند کاهشی معنی‌دار و در تربت حیدریه روند افزایشی معنی‌دار از خود نشان داد. کتیرایی و همکاران (۱۳۸۶: ۸۳-۶۷) تغییرات بلند مدت بارش سالانه، تعداد روزهای بارانی در سال و شدت بارش روزانه را با استفاده از آزمون مان-کندال و روش حداقل مربعات مورد بررسی قرار دادند. نتیجه آن‌ها نشان داد که بارش‌های سالانه اغلب ایستگاه‌های واقع در منطقه غرب و شمال‌غرب ایران دارای روند کاهشی و ایستگاه‌های واقع در نواحی جنوبی و مرکزی ایران دارای روند افزایشی است. افزون بر این، روند بارندگی فصل بهار کاهشی و فصل تابستان و پاییز افزایشی گزارش شده است. عزیزی و روشنی (۱۳۸۷: ۲۸-۱۳) روند تغییرات میانگین، حداقل و حداکثر دمای هوا، بارش، رطوبت و ابرناکی در سواحل جنوبی دریای خزر را با استفاده از روش گرافیکی مان-کندال برای ۵ ایستگاه ساحلی در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه بررسی کرده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که به جز عنصر بارندگی سایر عناصر ترکیبی از روندهای مثبت و منفی داشته‌اند. از دیگر بررسی‌های انجام شده می‌توان به تحقیقات خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۳: ۳۳-۲۵)، منتظری (۱۳۸۶: ۱۴۴-۱۲۵)، حجام و همکاران (۱۳۸۷: ۱۶۸-۱۵۷) و منتظری و غیور (۱۳۸۸: ۹۲-۷۱) اشاره کرد.

هدف این مطالعه بررسی روند تغییرات برخی از پارامترهای هواشناسی در ایستگاه سینوپتیک تبریز در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه با استفاده از روش ناپارامتریک مان-کندال می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ایستگاه مورد مطالعه ایستگاه تبریز است که در شمال غرب ایران در عرض جغرافیایی $38^{\circ} 5'$

شمالی و طول جغرافیایی 46° $7'$ شرقی و ارتفاع 1361 از سطح دریا قرار دارد. داده‌های میانگین سرعت باد، حداقل، حداکثر و میانگین دمای هوا، اختلاف حداقل و حداکثر دما، تبخیر از تشت، میانگین رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، مقدار بارش، تعداد روزهای بارش با بارش بیش از 1 ، 5 و 10 میلی‌متر، تعداد روزهای همراه با گرد و غبار، تعداد روزهای برفی، تعداد روزهای با دید کمتر از 2 کیلومتر، گرمایش درجه روز بر مبنای 18 و 21 درجه سانتیگراد در ایستگاه سینوپتیک تبریز در دوره آماری $1970-2005$ در سه مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه جهت آزمون روند با آزمون ناپارامتریک مان کندال مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا داده‌های مفقود با استفاده از نرم‌افزار SPSS به روش میانبایی خطی^۹ بازسازی شدند. به منظور بررسی مشخصات آماری داده‌ها نمودارهای جعبه‌ای^{۱۰} Box Plot متغیرهای مورد بررسی در دوره آماری $1970-2005$ ترسیم گردید. در این نمودارها خط افقی واقع در داخل درون مستطیل‌ها، میانه (صدک 50) و قسمت پایین (بالای) مستطیل صدک 25 (75) را نشان می‌دهد. همچنین قسمت تحتانی (فوقانی) خطوط قائم، مقادیر مینیمم (ماکزیمم) مشاهدات را نشان می‌دهد. ارتفاع مستطیل نشان‌دهنده واریانس داده‌های واقع مابین دو صدک 25 و 75 می‌باشد. جهت بررسی روند، ابتدا مقدار ضریب خود همبستگی مرتبه k ام در مقیاس‌های مختلف ماهانه، سالانه و فصلی برای سری‌های زمانی بارش از رابطه زیر (Kumar et al, 2009:176) محاسبه شد.

$$r_k = \frac{\frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} (X_i - \bar{X})(X_{i+k} - \bar{X})}{\frac{1}{n} \sum_{i=2}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad k = 1, 2, \dots, \frac{n}{4} \quad (1)$$

که در آن:

X_i ، داده شماره i ام، r_k ، ضریب خود همبستگی مرتبه k ام، \bar{X} ، میانگین سری زمانی و n تعداد داده‌ها می‌باشد. رقم به‌دست آمده برای هر سری در خصوص r_k از نظر معنی‌داری در سطح 10% مورد آزمون قرار گرفت. برای این کار از شرط زیر استفاده شد:

9- Linear Interpolation

10- Box Plot

$$\frac{-1 - 1.645\sqrt{n-2}}{n-2} \leq r_i \leq \frac{-1 + 1.645\sqrt{n-2}}{n-2} \quad (2)$$

اگر r_i محاسبه شده در شرط فوق صدق کند داده‌ها در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد مستقل از هم و در غیر این صورت فرض تصادفی بودن داده‌ها رد شد. برای این کار نمودار تابع خود همبستگی (ACF) هر سری رسم گردید.

آزمون Mann-Kendall مرسوم

این روش، فرم کلاسیک آزمون مان-کندال است و در بسیاری از مطالعات مربوط به روند پارامترهای اقلیمی مورد استفاده قرار گرفته است. در این مورد می‌توان به تحقیقات دین‌پژوه و همکاران (۲۰۱۱: ۴۲۲-۴۳۳) در تعیین روند تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع در ایران و میرعباسی و دین‌پژوه (۱۳۸۹: ۶۲۵-۶۳۵) در تعیین روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های شمال غرب ایران، اشاره کرد. اگر n طول سری زمانی فرض شود، ابتدا آماره S به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i) \quad (3)$$

در رابطه فوق $\text{sgn}(\theta)$ تابع علامت بوده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{Sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{for } \theta > 0 \\ 0 & \text{for } \theta = 0 \\ -1 & \text{for } \theta < 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$E(s) = 0 \quad (5)$$

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (6)$$

در نهایت آماره آزمون مان-کندال، Z ، با توجه به مقدار S به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$Z \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{V(S)}} \text{ for } S > 0 \\ 0 \text{ for } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{V(S)}} \text{ for } S < 0 \end{cases} \quad (7)$$

سری‌هایی که در آن همه ضرایب خود همبستگی تا تأخیر $\frac{n}{4}$ در سطح ۱۰٪ غیرمعنی‌دار بود، با روش فوق و در غیر این صورت با روش مان-کندال اصلاح شده به شرح زیر مورد آزمون قرار گرفتند

آزمون Mann-Kendall اصلاح شده

آزمون اصلاح شده مان-کندال توسط خالد و راتو (۱۹۹۸: ۱۸۹) ارائه شده است. در این روش اثر همه ضرایب خود همبستگی معنی‌دار از سری داده‌ها حذف می‌شود و برای سری‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که ضرایب خود همبستگی آن‌ها در یک یا چند مورد معنی‌دار باشند. در این روش ابتدا واریانس اصلاح شده یا $V(S)^*$ ، برای محاسبه آماره مان-کندال محاسبه می‌شود:

$$V(S)^* = V(S) \frac{n}{n^*} \quad (8)$$

$$\frac{n}{n^*} = 1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n-1} (n-i)(n-i-1)(n-i-2)r_i \quad (9)$$

r_i ضرایب خود همبستگی با تأخیر τ بوده و $V(S)$ از رابطه (۶) تخمین زده شد. برای محاسبه آماره Z مان-کندال اصلاح شده در رابطه (۷) با $V(S)^*$ جایگزین گردید. مقدار آماره Z به دست آمده از رابطه فوق با Z استاندارد نرمال در سطح معنی‌داری α مقایسه گردید. چنانچه مقدار $|Z|$ بیش‌تر از $۱/۶۴۵$ (۱/۹۶) و $۲/۳۳$ باشد روند در سطح اعتماد ۹۰ (۹۵) و ۹۹ درصد معنی‌دار تلقی می‌شود.

تخمین گر شیب Sen:

برای هر یک از سری‌های مورد بررسی شیب خط روند با روش تخمین گر شیب Sen، β ، به شرح زیر برآورد شد:

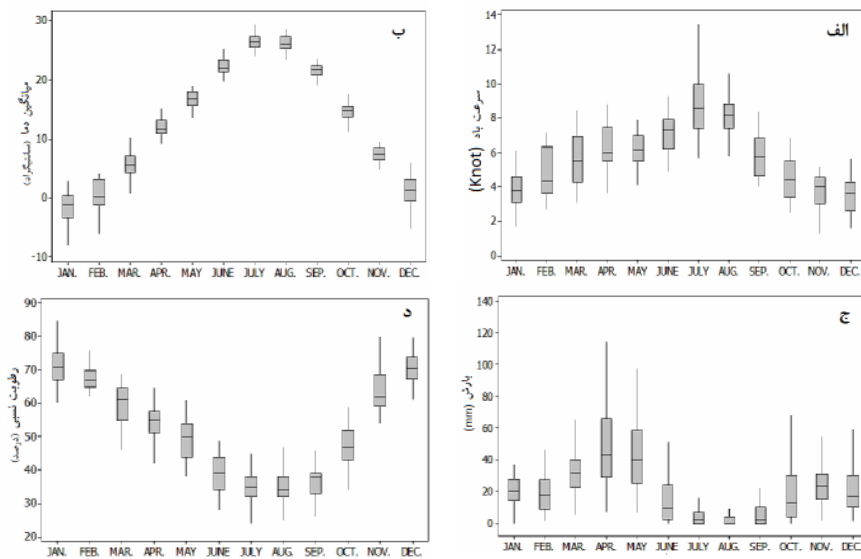
$$\beta = \text{median} \left[\frac{X_j - X_i}{j - i} \right] \quad (\forall j > i) \quad (10)$$

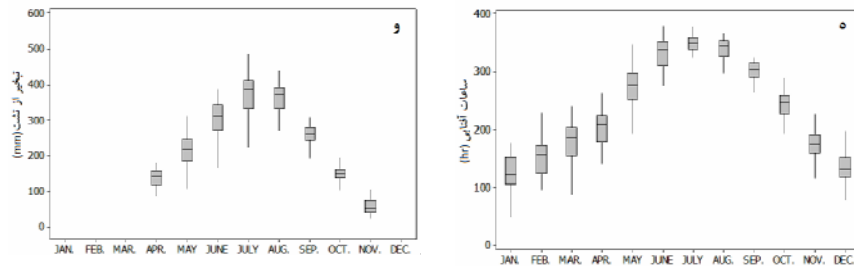
مقادیر مثبت β نشان‌دهنده شیب رو به بالا و مقادیر منفی آن نشان‌دهنده شیب رو به پایین می‌باشد (Kumar et al, 2009:176).

نتیجه‌گیری و بحث

در این مطالعه ابتدا نمودارهای جعبه‌ای متغیرهای مورد بررسی در دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۵ ترسیم گردید. شکل‌های ۱ و ۲ تعدادی از این نمودارها را به‌عنوان نمونه نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل‌ها می‌توان استنباط کرد میانه سرعت باد در ماه‌های گرم سال بیش‌تر از ماه‌های سرد سال است (شکل ۲- الف). بیش‌ترین سرعت باد در تبریز در ماه ژوئیه مقارن با گرم‌ترین ماه سال اتفاق می‌افتد. در خصوص میانگین دمای هوای تبریز واریانس داده‌ها در ماه‌های گرم سال کمتر از ماه‌های سرد سال است (شکل ۱- ب). از طرفی واریانس داده‌های کم‌تر از میانه نسبت به مقدار نظیر در بالای میانه کم‌تر می‌باشد. بیش‌ترین دمای هوای تبریز در ژوئیه تجربه می‌شود و کمترین آن مربوط به ژانویه است. در مورد بارش تبریز به‌طوری که از شکل (۱- ج) می‌توان استنباط کرد حداکثر بارش‌ها در ماه‌های می و آوریل، که در منطقه به بارش‌های نپسان موسوم است، نازل می‌شود. میانه بارش‌های تبریز در ماه‌های تابستان کمتر از سایر ماه‌ها است. افزون بر این در اکثر ماه‌ها فاصله میانه تا حداکثر به‌مراتب بیش‌تر از فاصله نظیر میانه تا حداقل رقم مشاهده است. این نشان می‌دهد که واریانس داده‌های بارش‌های ماهانه بالاتر از میانه (در مورد بارندگی تبریز) به‌مراتب بیش‌تر از واریانس داده‌های نظیر پایین‌تر از میانه است. در تبریز حداقل رطوبت نسبی در ماه ژوئیه و حداکثر آن در ماه ژانویه اتفاق می‌افتد (شکل ۱- د) که دقیقاً رابطه عکس با میزان دمای هوا را نشان می‌دهد. در خصوص تعداد ساعات آفتابی، میانه داده‌ها در ماه‌های گرم سال بیش‌تر از ماه‌های سرد سال است (شکل ۱- ه). بیش‌ترین تعداد ساعات آفتابی در

ماه‌های ژوئن و ژوئیه و کم‌ترین آن در ژانویه تجربه می‌شود. حداکثر میزان تبخیر از تشت در ماه ژوئیه و حداقل آن (در بین ماه‌های اندازه‌گیری شده) در ماه نوامبر اتفاق می‌افتد (شکل ۱- و). در مورد تبخیر نیز میانه داده‌ها در ماه‌های گرم سال بیش‌تر از ماه‌های سرد سال است و داده‌های ماه‌های گرم سال دارای واریانس بیش‌تری نسبت به ماه‌های سرد سال هستند. در نمودارهای شکل ۱ تأثیر پارامترهای موثر بر تبخیر کاملاً مشهود است. در ماه‌های گرم سال که میزان دما، تعداد ساعات آفتابی و سرعت باد تبریز افزایش و از طرفی میزان بارش و رطوبت نسبی کاهش می‌یابد، میزان تبخیر از تشت افزایش یافته است. در مقیاس ماهانه در پارامترهای میانگین سرعت باد میانگین دما و رطوبت نسبی حداکثر مقادیر میانه در فصول گرم سال مشاهده می‌گردد.





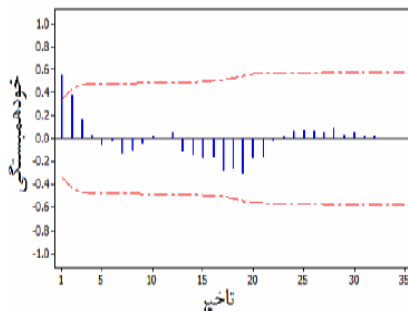
شکل (۱) نمودارهای باکس پلات تعدادی از پارامترهای هواشناسی مورد بررسی در مقیاس ماهانه در ایستگاه تبریز (۱۹۷۰-۲۰۰۵)

قبل از بررسی روند داده‌ها، ابتدا نمودارهای مقادیر ضریب خود همبستگی داده‌های مورد بررسی در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه با استفاده از نرم‌افزار Minitab رسم گردید. شکل ۲ نمونه‌ای از نمودار تابع خودهمبستگی رطوبت نسبی ماه ژانویه را در ایستگاه تبریز نشان می‌دهد. در این شکل خطوط تیره بالا و پایین نشان‌دهنده باند اطمینان ۹۵٪ هستند. هیچ یک از ضرایب خودهمبستگی از محدوده باند اطمینان خارج نشده‌اند، بنابراین مشاهدات رطوبت نسبی در این ماه تصادفی می‌باشد و روند تغییرات آن در ماه مذکور با استفاده از آزمون مان-کندال مرسوم انجام گردید. رویه مشابهی برای کلیه سری‌هایی که فاقد ضریب خودهمبستگی معنی‌دار بودند انجام شد. با این حال برای سایر سری‌ها از آزمون مان-کندال اصلاح شده استفاده شد. شکل ۳ نمودار تابع خودهمبستگی رطوبت نسبی در مقیاس سالانه را در ایستگاه تبریز نشان می‌دهد، به طوری که از این شکل می‌توان دریافت، ضریب خودهمبستگی مرتبه اول از محدوده باند اطمینان خارج شده است، بنابراین، داده‌های رطوبت نسبی هوا در مقیاس سالانه تصادفی نبوده و بررسی روند تغییرات آن با روش مان-کندال اصلاح شده انجام شد. جهت رعایت امر خلاصه نویسی گرچه همه همبستگی نگارها رسم شده‌اند ولی تنها ۲ نمونه در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده نشده‌اند.

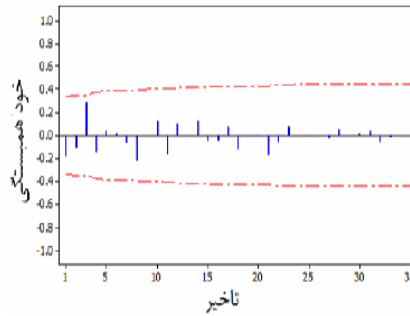
جدول (۱) مقادیر آماره Z مان-کندال برای سری داده‌های پارامترهای هواشناسی مورد بررسی در مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه در ایستگاه سینوپتیک تبریز در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۷۰

مقیاس زمانی	Z												
	سرعت باد	میانگین دما	حداقل دما	حداکثر دما	تفاوت حداقل و حداکثر دما	رطوبت نسبی	تعداد ساعات آفتابی	میزان تبخیر	بارش	تعداد روزهای بارش بزرگتر یا مساوی ۱ mm	تعداد روزهای بارش بزرگتر یا مساوی ۵ mm	تعداد روزهای بارش بزرگتر یا مساوی ۱۰ mm	تعداد روزهای بارش بزرگتر یا مساوی ۲Km
ماهانه	ژانویه	۰/۵۸۵	*۲/۴۱۱	*۲/۳۵۶	*۲/۴۳۸	۰/۳۱۲	۰/۷۹۰	۰/۷۴۹	-	۰/۹۳۳	-۲/۱۵۲*	-۰/۸۸۵*	-۰/۷۳۶
	فوریه	۱/۰۲۳	۱/۳۶۲	۱/۰۰۸	۱/۸۲۵	۱/۴۵۱	۰/۳۶۸	-	۰/۹۰۷	-۱/۶۴۸	-۰/۹۴۴	-۱/۳۹۸	
	مارس	۱/۱۱۲	۱/۲۱۲	۱/۲۲۶	۱/۱۴۴	۱/۶۸۱	۰/۶۸۱	*۲/۰۸۴	-	۰/۳۹۰	-۱/۹۴۸	-۱/۳۳۵	
	آوریل	۰/۶۱۱	۱/۱۷۱	۱/۳۸۹	۰/۷۶۳	۱/۵۲۵	۱/۲۶۷	*۱/۹۶۰	*۱/۹۶۰	۰/۲۴۵	-۱/۶۷۵	-۰/۸۹۹	
	می	۱/۱۸۸	۱/۶۳۴	*۲/۱۵۲	۱/۴۹۸	۱/۲۷۲	-۱/۱۱۷	۰/۵۳۱	*۲/۱۴۵	-۱/۱۷۷	-۱/۱۰۳	-۰/۸۹۹	
	ژوئن	۰/۶۲۷	*۲/۵۰۵	*۳/۱۸۷	*۱/۹۸۹	۰/۴۷۷	-۱/۵۴۵	۰/۱۱۳	*۲/۱۹۳	-۱/۸۱۲	-۲/۰۰۲*	-۱/۳۳۵	
	ژوئیه	۰/۱۰۹	-۰/۵۵۸	۱/۴۸۵	-۰/۴۴۹	-۳/۱۷۴	۰/۹۸۱	-۰/۶۱۳	۱/۴۲۰	۰/۸۰۴	۰/۴۰۹	۰/۷۷۶	
	اوت	۰/۹۰۳	*۲/۳۳۳	*۲/۴۶۵	*۲/۳۴۳	۰/۷۳۲	۰/۰۷۳	۱/۲۵۹	-۰/۸۶۰	-۱/۱۷۷	-۰/۴۶۳	-۰/۶۰۰	
	سپتامبر	-۰/۱۴۷	۱/۶۳۴	*۲/۵۳۳	-۰/۸۴۴	-۱/۱۷۱	۱/۰۸۲	-۰/۵۸۸	۱/۶۸۴	-۱/۱۹۹	-۰/۸۹۹	-۱/۵۸۰	
	اکتبر	۱/۸۶۶	*۲/۴۹۳	*۲/۲۰۰	۱/۹۲۴	۰/۹۹۴	-۰/۸۸۵	-۱/۵۸۱	۱/۰۹۷	-۱/۴۴۴	-۲/۴۲۵	-۱/۲۵۲	
	نوامبر	۱/۳۰۵	۰/۹۲۶	۱/۰۴۹	۰/۰۸۲	۱/۰۰۸	-۰/۳۶۸	-۰/۱۱۲	-۱/۴۸۲	-۰/۴۹۰	-۰/۳۸۱	-۰/۸۲۲	
	دسامبر	۰/۸۴۱	۱/۹۴۸	۱/۸۹۳	۱/۸۵۲	۱/۳۶۲	۰/۲۵۹	۱/۲۶۷	-	۰/۲۷۲	-۱/۵۲۶	-۰/۶۲۷	
فصلی	زمستان	۰/۶۹۱	*۲/۲۸۸	*۲/۲۶۱	*۲/۲۷۵	۱/۲۲۶	-۱/۰۹۶	۰/۸۶۹	-	-۲/۷۵۱	-۲/۹۹۷	-۲/۰۰۲*	
	بهار	۰/۵۶۰	*۲/۳۵۶	*۲/۸۰۶	*۲/۱۳۸	۰/۴۹۰	-۱/۴۴۴	۰/۵۴۸	*۲/۴۲۷	-۰/۵۸۶	-۲/۱۵۲*		
	تابستان	-۰/۳۸۶	*۲/۶۲۹	*۳/۱۸۷	۱/۹۲۴	۰/۸۸۰	-۱/۴۹۸	۰/۷۹۶	۱/۷۸۶	-۰/۰۶۸	-۰/۱۶۰		
	پاییز	۱/۰۸۲	*۲/۷۵۱	*۲/۰۷۶	*۲/۰۵۷	۰/۲۷۲	-۰/۲۳۲	-۰/۲۸۳	-۰/۲۰۷	-۰/۹۶۷	*۲/۴۹۳*		
سالانه	-۰/۰۰۵	*۲/۰۷۱	*۲/۱۳۹	*۲/۰۵۸	-۰/۰۵۴	-۰/۰۰۹	-۰/۵۳۳	*۲/۱۹۲	-۱/۹۷۵	-۱/۹۵۹	-۲/۱۱۱*		

توجه: ارقام معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۱۰،۵ و ۱ درصد به ترتیب بدون ستاره، با یک ستاره و دو ستاره مشخص شده‌اند. تبخیر از تنش در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر به علت یخبندان اندازه‌گیری نشده است.



شکل (۳) نمونه‌ای از دیاگرام خود همبستگی نگار رطوبت نسبی هوا در مقیاس سالانه ایستگاه تبریز (۱۹۷۰-۲۰۰۵)



شکل (۲) نمونه‌ای از دیاگرام خود همبستگی نگار رطوبت نسبی هوا در ماه ژانویه ایستگاه تبریز (۱۹۷۰-۲۰۰۵)

جدول ۱ مقادیر آماره Z مان-کندال را در خصوص متغیرهای مورد بررسی در سه مقیاس زمانی (ماهانه، فصلی و سالانه) نشان می‌دهد. همان‌طور که از جدول ۱ می‌توان استنباط کرد گرچه در اکثر ماه‌ها، فصول و سال‌ها روند صعودی برای سرعت باد تبریز مشاهده شده است لکن پارامتر سرعت باد فقط در ماه اکتبر در سطح ۱۰ درصد روند افزایشی نشان می‌دهد. میزان افزایش سرعت باد در ماه اکتبر ۰/۰۴ نات در سال می‌باشد (جدول ۲). با این حال چون میانه سرعت باد در اکتبر ناچیز است (حدود ۴ نات) به‌نظر می‌رسد استحصال و بهره‌برداری از انرژی باد توسط توربین‌های بادی در ماه مذکور مقرون به صرفه نباشد. پارامترهای میانگین، حداقل و حداکثر دمای هوا در همه مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه روند افزایشی نشان می‌دهد (به‌جز حداکثر دما در ماه ژوئیه) که این افزایش برای میانگین دما در ماه‌های ژانویه، ژوئن، اوت، اکتبر و در فصول بهار، تابستان و پاییز در سطح ۱ درصد و در ماه‌های می، سپتامبر و دسامبر در سطح ۱۰ درصد و در فصل زمستان و در مقیاس سالانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند. در بقیه ماه‌ها افزایشی غیرمعنی‌دار مشاهده می‌شود. روند صعودی پارامترهای مربوط به دمای هوای تبریز در مقیاس‌های زمانی مختلف در ماه‌های سرد سال نیاز به تأمین انرژی گرمایشی منازل، کارخانجات و موسسه‌ها را کاهش می‌دهد و لیکن در ماه‌های گرم سال نیاز به انرژی جهت تأمین سرمایش را افزایش می‌دهد. افزایش دمای هوا در ماه‌های سرد دوره رشد گیاهان را افزایش می‌دهد. با این حال اگر آب کافی از طریق نزولات تأمین نشود ممکن است مراتع اطراف

تبریز نیز به سرعت خشک شده و از بین بروند. این پدیده، تامین بخشی از غذای مردم را از طریق کاهش تعداد دام (با توجه به نرخ افزایش جمعیت) با مشکل مواجه می‌سازد. با این حال تفاوت حداقل و حداکثر دمای هوا در تبریز در هیچ یک از ماه‌ها و فصول (به جز ماه ژوئیه که دارای روند کاهشی معنی‌دار است) روند معنی‌داری از خود نشان نمی‌دهد (جدول ۱). رطوبت نسبی هوا در ماه‌های ژانویه و سه ماه تابستان شامل ژوئیه، اوت و سپتامبر و نیز در فصل تابستان روند افزایشی (غیرمعنی‌دار) و در بقیه ماه‌ها و فصول و مقیاس سالانه روند کاهشی (غیر معنی‌دار) نشان می‌دهد.

برای متغیر بارش بجز ماه‌های آوریل و ژوئیه که روند افزایشی غیرمعنی‌دار داشتند در بقیه ماه‌ها و مقیاس‌های فصلی و سالانه روند کاهشی در بارش تبریز مشاهده می‌گردد که این روند کاهشی در ماه‌های ژانویه، فوریه و ژوئن در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار بود. بارش ایستگاه تبریز در فصل زمستان در سطح ۱ درصد و در مقیاس سالانه در سطح ۵ درصد روند کاهشی معنی‌دار را نشان می‌دهد. کاهش بارش زمستان منجر به کاهش رواناب رودخانه‌های منطقه گردیده است (میرعباسی و دین پڑوه، ۱۳۸۹: ۷۶۶) که می‌تواند به‌عنوان یکی از عوامل موثر بر افت سطح آب دریاچه ارومیه بشمار آید. ساعات آفتابی به‌جز ماه‌های ژوئیه، اکتبر و نوامبر و فصل پاییز که روند کاهشی غیر معنی‌دار داشته است، در بقیه ماه‌ها دارای روند افزایشی است و این روند افزایشی فقط در ماه مارس در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. تبخیر از تشت در تمام ماه‌ها (به جز نوامبر) دارای روند افزایشی است. این یک نتیجه غیرمنتظره نیست، زیرا دمای هوا روند افزایشی و سرعت باد نیز روند افزایشی داشته است. ضمناً در فصول بهار و تابستان تبخیر از تشت روند افزایشی معنی‌دار نشان می‌دهد بطوریکه در فصل بهار در سطح ۱ درصد و در ماه‌های آوریل، می و ژوئن و در مقیاس سالانه در سطح ۵ درصد و در ماه سپتامبر و فصل تابستان در سطح ۱۰ درصد روند صعودی معنی‌دار می‌باشد و در بقیه ماه‌ها روند معنی‌دار مشاهده نمی‌گردد.

با توجه به روندهای افزایشی و کاهشی پارامترهای هواشناسی موثر بر تبخیر می‌توان گفت در ماه‌های گرم سال که میزان تبخیر افزایش می‌یابد روند اکثر پارامترهای موثر بر تبخیر مانند دمای هوا، ساعات آفتابی و رطوبت نسبی با آن هماهنگ است، مثلاً در فصل بهار که تبخیر در سطح ۱ درصد افزایش معنی‌دار نشان می‌دهد روند تغییرات سرعت باد،

دمای هوا و تعداد ساعات آفتابی افزایشی بوده و روند رطوبت نسبی هوا و بارش کاهشی است. این هماهنگی که در مقیاس سالانه نیز مشاهده می‌گردد می‌تواند تغییرات محسوسه در اکوسیستم فضای تبریز و محیط اطراف داشته باشد.

تعداد روزهای همراه با بارش بزرگ‌تر یا مساوی ۱ میلی‌متر در همه ماه‌ها (به جز ژوئیه) دارای روند کاهشی است به طوری که در ماه‌های ژانویه و ژوئن و فصل بهار و در مقیاس سالانه در سطح ۵ درصد، در فصل پاییز و زمستان و ماه اکتبر در سطح ۱ درصد و در ماه‌های فوریه، مارس و آوریل در سطح ۱۰ درصد روند نزولی معنی‌دار می‌باشد و در بقیه ماه‌ها روند بارش گرچه نزولی است ولی معنی‌دار نیست. تعداد روزهای با بارش بزرگ‌تر یا مساوی ۵ میلی‌متر در همه ماه‌ها (به جز آوریل، ژوئیه و دسامبر) دارای روند کاهشی است به طوری که در مقیاس سالانه در سطح ۵ درصد دارای روند نزولی معنی‌دار می‌باشد و در بقیه ماه‌ها روند معنی‌دار مشاهده نمی‌گردد.

جدول (۲) مقادیر آماره شیب خط روند β برای سری داده‌های پارامترهای هواشناسی مورد بررسی در مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه در ایستگاه سینوپتیک تبریز در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۷۰

		β (تخمین کر شیب sen)											مقیاس زمانی			
درجه روز بر مبنای ۲۱	درجه روز بر مبنای ۱۸	تعداد روزهای همراه با گرد و غبار	تعداد روزهای با دید کمتر از ۲Km	تعداد روزهای برفی	تعداد روزهای با بارش بزرگ‌تر یا مساوی ۱۰ mm	تعداد روزهای با بارش بزرگ‌تر یا مساوی ۵ mm	تعداد روزهای با بارش بزرگ‌تر یا مساوی ۱ mm	بارش	میزان تبخیر	تعداد ساعات آفتابی	رطوبت نسبی	تفاوت حداقل و حداکثر دما	حداکثر دما	حداقل دما	میانگین دما	سرعت باد
۰/۰۰-۳/۹۳	۰/۰۰	-۰/۰۴	-۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۹	-۰/۲۳	-	۰/۴۳	۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۰۲	ژانویه
۰/۰۰-۲/۰۵	۰/۰۰	-۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۸	-۰/۳۷	-	۰/۲۱	-۰/۱۸	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۵	فوریه
۰/۰۰-۱/۴۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۹	-۰/۳۱	-	۱/۰۷	-۰/۲۸	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۴	مارس
۰/۰۰-۰/۷۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۷	۰/۱۱	۱/۹۷	۰/۷۰	-۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	آوریل
۰/۱۱-۰/۷۰	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۷	-۰/۱۰	۲/۴۸	۰/۲۷	-۰/۱۳	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	می
۱/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۷	-۰/۲۹	۲/۶۷	۰/۰۴	-۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۱	ژوئن
۰/۶۷	۰/۰۰	-۰/۰۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	۱/۰۶	-۰/۰۷	۰/۱۱	-۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۰۲	-۰/۰۲	ژوئیه

۱/۶۵	۰/۰۰	-۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۴۸	۰/۳۸	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۶	-۰/۰۴	اوت
۰/۶۹	-۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۴۹	۰/۱۶	۰/۰۴	-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۰	سپتامبر
۰/۰۰	-۱/۴۸	-۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۱۰	-۰/۳۲	۰/۷۶	-۰/۸۷	-۰/۰۹	-۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۴	اکتبر
۰/۰۰	-۰/۶۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۱۱	-۰/۳۱	-۰/۱۰	-۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	نوامبر
۰/۰۰	-۳/۰۶	۰/۰۰	-۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-	۰/۴۴	۰/۰۰	-۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۳	دسامبر
۰/۰۰	۲/۴۱	۰/۰۰	-۰/۱۳	-۰/۰۵	۰/۰۰	-۰/۰۳	-۰/۲۳	-۱/۰۳	-	۱/۳۳	-۰/۱۳	-۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۳	زمستان
۰/۴۵	۰/۵۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۲۲	-۰/۵۶	۶/۳۶	۰/۹۲	-۰/۱۲	-۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۲	بهار
۰/۹۰	-۰/۰۱	-۰/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۲	۴/۲۷	۰/۳۹	۰/۰۵	-۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	-۰/۰۲	تابستان
۰/۰۰	-۱/۳۰	-۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۲۰	-۰/۴۳	۰/۴۸	-۰/۵۹	-۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	پاییز
۴/۳۱	-۱۵/۹۵	-۰/۱۹	-۰/۱۱	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۱۷	-۰/۶۸	-۲/۲۸	۲۱/۴۵	۳/۱۱	-۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۲	سالانه

توجه: شیب خط روند دارای واحد پارامتر هواشناسی در سال است. مثلاً شیب خط روند باد دارای واحد نات در سال است

تعداد روزهای با بارش بزرگ‌تر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر گرچه در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، ژوئن، سپتامبر و اکتبر و در فصول تابستان و زمستان دارای روند کاهشی است ولی در ماه‌های آوریل، می، ژوئیه، نوامبر و دسامبر و فصول بهار و پاییز روند دارای صعودی (غیرمعنی‌دار) می‌باشد و در ماه اوت روندی مشاهده نمی‌گردد. این نتیجه نشان می‌دهد که گرچه مقدار کل بارش در مقیاس‌های مختلف زمانی در تبریز کاهش یافته است ولی چون تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر در روز افزایش یافته بنابراین، پتانسیل تولید سیل در تبریز افزایش یافته است و این شهر در معرض خطر سیلاب‌های ناشی از اینگونه بارش‌ها قرار دارد که یکی از پیامدهای گرمایش جهانی روی سیلاب‌های تبریز محسوب می‌شود. تعداد روزهای برفی در فصل زمستان و در مقیاس سالانه دارای روند کاهشی غیر معنی‌دار است.

روند مربوط به پارامتر تعداد روزهای با دید کمتر از ۲ کیلومتر تنها در ماه فوریه کاهشی (معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد) بوده و در بقیه ماه‌ها و فصول ترکیبی از روندهای مثبت و منفی و در عین حال غیرمعنی‌دار است. تعداد روزهای همراه با گرد و غبار تنها در ماه ژوئیه دارای روند کاهشی در سطح معنی‌داری ۱ درصد مشاهده می‌گردد و در بقیه ماه‌ها و فصول روند معنی‌داری وجود ندارد. این پارامتر در فصول زمستان و بهار دارای روند افزایشی غیرمعنی‌دار است.

پارامتر درجه روز بر مبنای ۱۸ درجه، در همه مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه روند کاهشی نشان می‌دهد که این کاهش در ماه ژانویه در سطح ۱ درصد، در ماه اکتبر و دسامبر در سطح ۱۰ درصد، در فصول زمستان و پاییز در سطح ۵ درصد و در مقیاس سالانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشند. در بقیه ماه‌ها و فصول این روند کاهشی، غیرمعنی‌دار است.

روند پارامتر درجه روز بر مبنای ۲۱ درجه، در همه مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه، افزایشی بوده که این روند در ماه ژوئن در سطح ۱ درصد، در ماه‌های اوت و سپتامبر در سطح ۵ درصد، در فصل تابستان در سطح ۱ درصد و در مقیاس سالانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. در بقیه ماه‌ها و فصول این روند غیرمعنی‌دار است.

جدول ۲ شیب خط روند تغییرات زمانی سری‌های داده‌های پارامترهای هواشناسی مورد بررسی را در مقیاس زمانی مختلف در ایستگاه تبریز نشان می‌دهد. با توجه به جدول فوق می‌توان نتیجه گرفت که در ایستگاه تبریز شیب خط روند میانگین سرعت باد در مقیاس‌های زمانی مختلف (ماهانه، فصلی و سالانه) در همه موارد به‌جز ماه‌های ژوئیه و اوت و فصل تابستان رو به بالا است. به‌طوری که اشاره شد افزایش شیب خط روند سرعت باد پتانسیل تولید انرژی باد را در تبریز افزایش داده است.

شیب خط روند دمای میانگین، حداقل و حداکثر هوا در مقیاس‌های زمانی مختلف در همه موارد رو به بالا است. بیش‌ترین شیب خط روند میانگین دما مربوط به ماه ژانویه برابر با ۰/۱۳ درجه سانتی‌گراد در سال و کم‌ترین شیب خط روند مربوط به ماه ژوئیه و نوامبر و برابر ۰/۰۲ درجه سانتی‌گراد در سال می‌باشد. در مقیاس فصلی بیش‌ترین (کم‌ترین) شیب به ترتیب مربوط به فصل زمستان (تابستان) برابر با ۰/۰۸ (۰/۰۳) درجه سانتی‌گراد در سال می‌باشد. به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که دمای هوای تبریز گرچه در تمام ماه‌ها روند افزایشی داشته است لکن در ماه‌های سرد سال میزان افزایش بیش از ماه‌های گرم سال بوده است. طبری و حسین‌زاده طلایی (۲۰۰۵) نشان دادند که مقدار آماره Z در خصوص دمای حداکثر و حداقل در مقیاس زمانی سالانه در تبریز به ترتیب ۳/۶ و ۴/۱۳ می‌باشد. نامبردگان برای فصل زمستان و پارامترهای مذکور مقدار آماره Z را به ترتیب ۲/۱۳ و ۲/۱۹

و در بهار ۲/۵۸ و ۳/۳۸ و در تابستان ۲/۴۲ و ۳/۸۶ و در پاییز ۱/۶ و ۲/۸۱ را گزارش کرده‌اند که با نتایج این تحقیق تا حدودی هم‌خوانی دارد. لازم به یادآوری است که علت تفاوت‌ها ناشی از دوره آماری مورد استفاده در مطالعه طبری و حسین‌زاده طلایی (۲۰۱۱) که مربوط به ۱۹۶۶-۲۰۰۵ است، می‌باشد. این نتیجه نشان می‌دهد که کاهش تعداد روزهای برفی تبریز در زمستان منطقی خواهد بود. شیب خط روند رطوبت نسبی هوا در فصل تابستان مثبت و برابر ۰/۰۵ درصد در سال و در بقیه فصول منفی است، بیش‌ترین شیب منفی مربوط به زمستان و بهار و کم‌ترین شیب منفی مربوط به پاییز است. این شیب در مقیاس سالانه رو به پایین است.

شیب خط روند بارش در اکثر ماه‌ها نزولی است و بیش‌ترین شیب منفی مربوط به زمستان است. به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که در ماه‌های سرد سال که غالب بارش‌های تبریز در این ماه‌ها اتفاق می‌افتد روند نزولی موجب کم شدن منابع آب در این خطه از ایران شده است و روند افزایشی در ماه ژوئیه قادر به جبران کسری منابع آب تبریز نخواهد بود، زیرا این ماه سهم ناچیزی در بارش کل تبریز دارد. شیب خط روند ساعات آفتابی در مقیاس‌های زمانی مختلف در همه موارد به جز ماه‌های ژوئیه، اکتبر و نوامبر و فصل پاییز رو به بالا است. بیش‌ترین شیب خط روند مربوط به ماه مارس برابر با ۱/۰۷ ساعت در سال و کم‌ترین شیب صعودی مربوط به ماه ژوئن برابر ۰/۰۴ ساعت در سال می‌باشد.

شیب خط روند برای تبخیر از تشت در مقیاس‌های زمانی مختلف در اکثر موارد به جز ماه نوامبر صعودی است. بیش‌ترین شیب خط روند مربوط به ماه ژوئن برابر با ۲/۶۷ میلی‌متر در سال می‌باشد. این نشان می‌دهد که در ماه مذکور در سطح یک هکتار برای تولید محصول به حجم آبی حدود ۲۷ مترمکعب بیش‌تر از آنچه که اگر افزایش گازهای گلخانه‌ای و به تبع آن گرمایش جهانی اتفاق نمی‌افتاد نیاز داریم. در مقیاس سالانه نیز این شیب برابر ۲۱/۴۵ میلی‌متر در سال است.

شیب خط روند نظیر پارامتر مربوط به تعداد روزهای با بارش بزرگ‌تر یا مساوی ۱ میلی‌متر تقریباً در همه ماه‌ها و فصول نزولی است. بیش‌ترین شیب منفی مربوط به زمستان

بوده و در تابستان بدون روند می‌باشد. شیب خط روند تعداد روزهای با بارش بزرگ‌تر یا مساوی ۵ میلی‌متر در همه ماه‌ها و فصول (به جز زمستان) صفر بوده ولی در مقیاس سالانه شیب آن $0/17-$ می‌باشد. شیب خط روند تعداد روزهای با بارش بزرگ‌تر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر در هر سه مقیاس مورد بررسی (ماهانه، فصلی و سالانه) صفر می‌باشد.

شیب خط روند برای تعداد روزهای برفی در ماه ژانویه و فصل زمستان معادل $0/04-$ و $0/13-$ می‌باشد. این شیب برای تعداد روزهای با دید کم‌تر از ۲ کیلومتر برای ماه‌های ژانویه و فوریه و فصل زمستان و نیز سالانه رو به پایین، برای ماه دسامبر و فصل پاییز رو به بالا و در بقیه ماه‌ها و فصول صفر است. شیب خط روند برای تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در فصول تابستان و پاییز و در مقیاس سالانه رو به پایین و در فصول زمستان و بهار رو به بالا است.

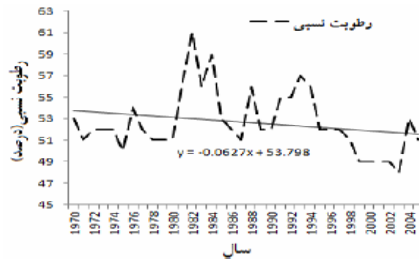
نمودار مقادیر تغییرات روند سالانه پارمترهای مورد بررسی در ایستگاه تبریز در شکل‌های ۴ تا ۱۴ نشان داده شده است. شکل ۴ روند تغییرات میانگین سرعت باد را در تبریز نشان می‌دهد. همان‌گونه که از این شکل می‌توان استنباط کرد میانگین سرعت باد در حالت کلی دارای روند صعودی ناچیز با شیب $0/02+$ متر بر ثانیه در سال است. شکل ۵ روند تغییرات رطوبت نسبی سالانه را در تبریز نشان می‌دهد. همان‌طور که از این شکل استنباط می‌گردد، رطوبت نسبی هوای تبریز در حالت کلی دارای روند رو به پایین بوده و شیب خط روند رطوبت نسبی هوا در مقیاس سالانه با روش رگرسیون خطی $0/06-$ درصد در سال برآورد شده است که این رقم کم‌تر از مقدار شیب نظیر به‌دست آمده با روش تخمین گر سن (β) معادل $0/04+$ می‌باشد. در شکل ۶ روند تغییرات میزان بارش سالانه در تبریز نشان داده شده است. همان‌گونه که از این شکل مشخص است میزان بارش در حالت کلی دارای روند رو به پایین بوده و شیب خط روند بارش در مقیاس سالانه با روش رگرسیون خطی $2/2-$ میلی‌متر در سال برآورد شده است که این رقم اندکی با مقدار شیب نظیر به‌دست آمده با روش تخمین گر سن (β) که معادل $1/98-$ می‌باشد متفاوت است. به‌نظر می‌رسد دلیل این تفاوت حساسیت روش رگرسیون خطی به داده‌های پرت می‌باشد شکل ۷ روند تغییرات تعداد ساعات آفتابی و میزان تبخیر سالانه را در تبریز نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل

مشاهده می‌گردد تعداد ساعات آفتابی و تبخیر در حالت کلی دارای روند رو به بالا می‌باشند و شیب خط روند تعداد ساعات آفتابی در مقیاس سالانه با روش رگرسیون خطی برابر $3/3$ ساعت در سال برآورد شده است که تقریباً برابر با شیب برآورد شده با روش تخمین گر سن (β) معادل $3/11$ ساعت در سال است. شیب خط روند میزان تبخیر در مقیاس سالانه با روش پارامتری رگرسیون خطی برابر $12/35$ به دست آمده که این رقم با مقدار شیب نظیر به دست آمده با روش تخمین گر سن (β) که معادل $21/45$ می‌باشد به طور قابل ملاحظه‌ای تفاوت دارد. دلیل این تفاوت وجود داده‌های بزرگ‌تر نسبت به میانگین و حساسیت روش پارامتری به وجود این گونه داده‌هاست.

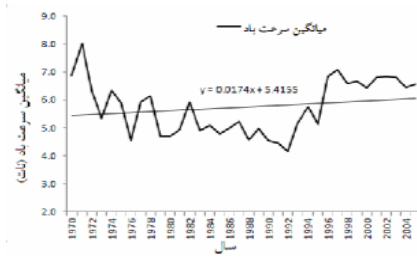
شکل ۸ روند تغییرات پارامترهای دمایی سالانه را در تبریز نشان می‌دهد. همان گونه که از این شکل می‌توان استنباط کرد پارامترهای دمایی هوا برای هر سه پارامتر میانگین، حداقل و حداکثر دما دارای روند رو به بالا بوده و شیب نظیر خط روند میانگین دما در مقیاس سالانه با روش رگرسیون خطی برابر $0/055$ برآورد گردید. با اینحال شیب مربوط به پارامتر اختلاف حداقل و حداکثر دمای هوا ناچیز و برابر $0/0004$ درجه سانتی‌گراد در سال برآورد شده است که تقریباً برابر با شیب برآورد شده با روش تخمین گر سن (β) می‌باشند.

شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ به ترتیب روند تغییرات تعداد روزهای با بارش بزرگ‌تر یا مساوی ۱۰، ۵ و ۱ میلی‌متر را نشان می‌دهند. این پارامترها در حالت کلی دارای روند رو به پایین بوده و شیب خط روند در مقیاس سالانه با روش رگرسیون خطی برای آن‌ها به ترتیب برابر $0/04-$ ، $0/15-$ و $0/65-$ روز در سال برآورد شده است که اندکی با مقدار شیب نظیر به دست آمده با روش تخمین گر سن (β) متفاوت می‌باشد.

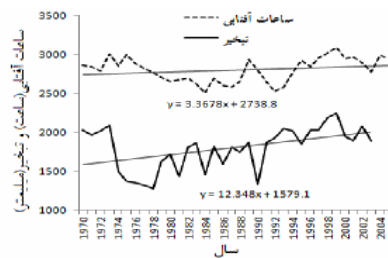
شکل‌های ۱۲، ۱۳ و ۱۴ نیز به ترتیب روند تغییرات تعداد روزهای برفی، همراه با گرد و غبار، با دید کمتر از ۲ کیلومتر را نشان می‌دهند. این پارامترها در حالت کلی دارای روند رو به پایین بوده و شیب خط روند در مقیاس سالانه با روش رگرسیون خطی تقریباً برای همه آن‌ها برابر $0/04-$ روز در سال برآورد شده است که اندکی با مقدار شیب نظیر به دست آمده با روش تخمین گر سن (β) متفاوت می‌باشد.



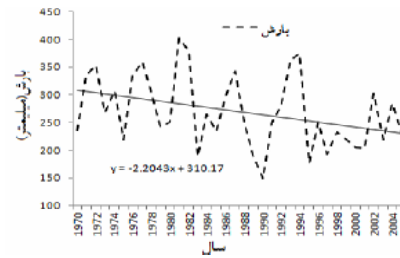
شکل (۵) روند تغییرات رطوبت نسبی هوا در مقیاس سالانه در ایستگاه تبریز در دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۵



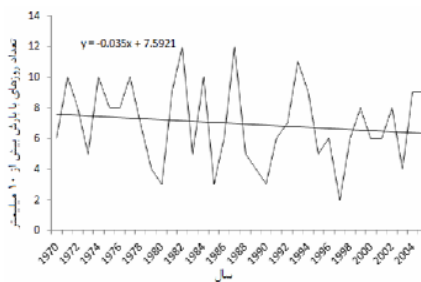
شکل (۴) روند تغییرات میانگین سرعت باد در مقیاس سالانه در ایستگاه تبریز در دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۵



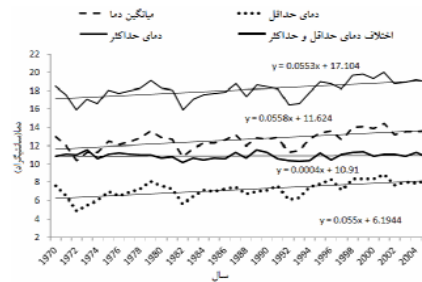
شکل (۷) روند تغییرات تعداد ساعات آفتابی و تجهیز سالانه در ایستگاه تبریز در دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۵



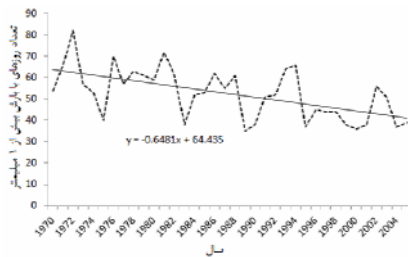
شکل (۶) روند تغییرات میزان بارش سالانه در ایستگاه تبریز در دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۵



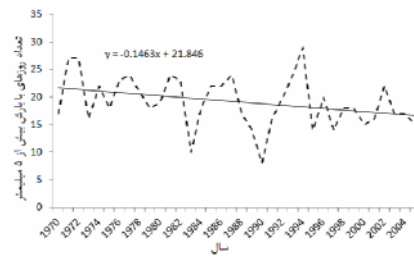
شکل (۹) روند تغییرات تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۰ mm در ایستگاه تبریز در دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۵



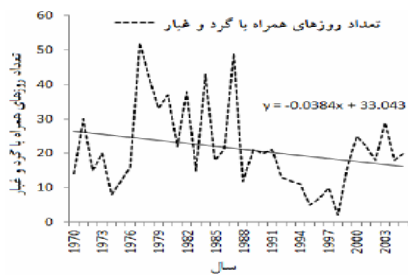
شکل (۸) روند تغییرات پارامترهای دمایی در ایستگاه تبریز در دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۵



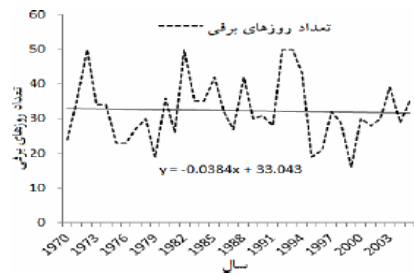
شکل (۱۱) روند تغییرات تعداد روزهای با بارش بیش از ۱ mm در ایستگاه تبریز در دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۵



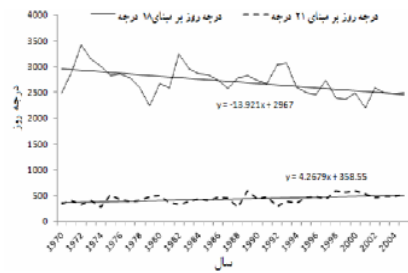
شکل (۱۰) روند تغییرات تعداد روزهای با بارش بیش از ۵ mm در ایستگاه تبریز در دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۵



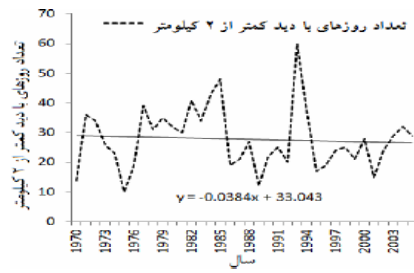
شکل (۱۳) روند تغییرات تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در ایستگاه تبریز در دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۵



شکل (۱۲) روند تغییرات تعداد روزهای برفی در سال در ایستگاه تبریز در دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۵



شکل (۱۵) روند تغییرات درجه روز بر مبنای ۱۸ و ۱۱ درجه در ایستگاه تبریز در دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۵



شکل (۱۴) روند تغییرات تعداد روزهای با دید کمتر از ۲ km در ایستگاه تبریز در دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۵

شکل ۱۵ روند تغییرات درجه-روز بر مبنای ۱۸ و ۲۱ درجه را نشان می‌دهد. تغییرات درجه-روز بر مبنای ۱۸ درجه دارای روند رو به پایین و بر مبنای ۲۱ درجه دارای روند رو به بالا می‌باشند. شیب خط روند این دو پارامتر در مقیاس سالانه با روش رگرسیون خطی به ترتیب برابر $۱۳/۹-$ و $۴/۳$ درجه در سال برآورد شده است که تقریباً برابر با شیب برآورد شده با روش تخمین گر سن (β) معادل $۱۵/۹-$ و $۴/۳$ درجه در سال است.

تفاوت دو مقدار شیب تخمین زده شده در روش‌های مربوط به روش تخمین گر سن و روش رگرسیون خطی به دلیل ماهیت روش‌ها می‌باشد که در اولی برای تخمین شیب، رتبه‌های داده‌های مشاهداتی در نظر گرفته می‌شود در صورتی که در روش دوم خود مقادیر مشاهداتی لحاظ می‌گردد. در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که دمای هوای تبریز در ماه‌های سرد سال افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته و بارندگی این ایستگاه کاهش قابل ملاحظه‌ای را در ماه‌های مربوط به زمستان و بهار داشته است. سرعت باد افزایش نامحسوس داشته و تعداد روزهای برفی کاهش یافته است. میزان تبخیر در تبریز افزایش یافته و تعداد روزهای همراه با بارش‌های سنگین کاهش یافته است. این تغییرات در پارامترهای هواشناسی پیامدهای متفاوتی را در اکولوژی تبریز و محیط‌های همجوار خواهد گذاشت که بررسی آن‌ها از جنبه‌های مختلف جزو اهداف این مطالعه نبوده و برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌گردد.

منابع

- حجام، س.؛ خوشخو، ی. و شمس‌الدین وندی، ر. (۱۳۸۷). «تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتریک»، *مجله پژوهش‌های جغرافیایی*، ۶۴: ۱۶۸-۱۵۷.
- خلیلی ع. و بذرافشان ج. (۱۳۸۳). «تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته»، *بیابان*، ۹. (۱): ۳۳-۲۵.
- عزیز، ق. و روشنی، م. (۱۳۸۷). «مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، (۶۴): ۱۳-۲۸.
- کتیرایی، پ. س.؛ حجام، س. و ایران نژاد، پ. (۱۳۸۶). «سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش در ایران طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱»، *فیزیک زمین و فضا*، ۳۳ (۱): ۸۳-۶۷.
- منتظری، م. (۱۳۸۶). «شناسایی تحلیل روند خشک‌سالی‌های اقلیمی زیرحوضه‌های زاینده رود در نیم سده گذشته»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۲. (۴): ۱۴۴-۱۲۵.
- منتظری، م. و غیور، ح. (۱۳۸۸). «تحلیل مقایسه‌ای روند بارش و خشکسالی حوضه خزر»، *جغرافیا و توسعه*، (۱۶): ۹۲-۷۱.
- میرعباسی ر. و دین پژوه، ی. (۱۳۸۹). «تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های شمال غرب ایران در سه دهه اخیر»، *آب و خاک (دانشگاه فردوسی مشهد)*، ۲۴. (۴): ۶۳۵-۶۲۵.
- Caloiero, T.; Coscarelli, R.; Ferrari, E. and Mancini, M. (2009), "Trend detection of annual and seasonal rainfall in Calabria (Southern Italy)", *International Journal of Climatology*, (31): 44-56.
- Dinpashoh, Y.; Jhajharia, D.; Fakheri-Fard, A.; Singh, V.P. and Kahya, E. (2011), "Trends in reference crop evapotranspiration over Iran", *Journal of Hydrology*, (399): 422-433.
- Kendall, M.G. (1975), "Rank Correlation Methods", Griffin, London.
- Khaled, H.H.; Rao, A.R. (1998), "A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data". *Journal of Hydrology*, (204): 182- 196.

- Khaliq, M.N.; Ouarda, T.B.M.J and Gachon, P. (2009), "Identification of temporal trends in annual and seasonal low flows occurring in Canadian rivers: The effect of short-and long-term persistence", *Journal of Hydrology*, (369): 183-197.
- Kumar, S.; Merwade, V.; Kam, J. and Thurner, K. (2009), "Streamflow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains", *Journal of Hydrology*, (374): 171-183.
- Luo, Y.; Liu, S.; Fu, S.; Liu, J.; Wang, G. and Zhou, G. (2008), "Trends of precipitation in Beijiang River basin, Guangdong Province, China", *Hydrological Processes* (22): 2377-2386.
- Mann, H.B. (1945), "Non-parametric tests against trend", *Econometrica*, (13): 245-259.
- Matti, C.; Pauling, A.; Kuttel, M. and Wanner, H. (2009), "Winter precipitation trends for two selected European regions over the last 500 years and their possible dynamical background", *Theoretical Applied Climatology*, (95): 2-26.
- Masoodian, S. A. (2004), "Temperature trends in Iran during the last half century". *Geography and Development*, 2(3): 89-106.
- Modarres, R. and Silva, V. (2007), "Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran", *Journal of Arid Environments*, (70): 344-355.
- Razinei, T.; Arasteh, P. D. and Saghafian, B. (2005), "Annual rainfall trend in arid and semi-arid regions of Iran. ICID21st European Regional Conference", 15-19 May. Frank furt (Oder) and Slubice-Germany and Poland.
- Tabari, H. and Hosseinzadeh Talae, P. (2005), "Recent trends of mean maximum and minimum air temperatures in the western half of Iran". *Meteorology Atmospheric Physics*, (111): 121-131.
- Xu, Z.X.; Takeuchi, K. and Ishidiara, H. (2003), "Monitoring trend step changes in precipitation in Japanese precipitation", *Journal of Hydrology*, (279): 144-150.

- Xu, Z.; Liu, Z.; Fu, G. and Chen, Y. (2010), "Trends of major hydroclimatic variables in the Tarim River basin during the past 50 years", *Journal of Arid Environments* (74): 256-267.
- Yu, Y. S.; Zou, S. and Whittemore, D. (1993), "Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas", *Journal of Hydrology*, (150): 61-80.
- Yue, S. and Hashino, M. (2003), "Temperature trends in Japan: 1900-1996", *Theor. Appl. Climatol.* (75): 15-27.