



مقایسه روش‌های روندزدایی در سری‌های زمانی دما و بارش

میثم قدوسی^۱، سعید مرید^{۲*}، مجید دلاور^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۳

چکیده

بررسی روند سری زمانی متغیرهای هواشناسی می‌تواند بیانگر نقش عوامل اقلیمی در تغییرات شرایط هیدرولوژیکی منابع آب باشد. در این زمینه روش‌های آماری ابزار مفید و کارآمد به شمار می‌آیند. اما برای ارزیابی و کمی‌سازی میزان این تأثیر لازم است تا روند موجود در این سری‌ها حذف و سری بدون روند مورد استفاده قرار گیرد. در این مطالعه دو روش روندزدایی شامل روش مبتنی بر شیب خط و روش مبتنی بر سری فوریه در مورد سری‌های زمانی دما و بارش سالانه در حوضه آبریز آجی‌چای بکار گرفته شدند. کارآیی این روش‌ها بر اساس مقایسه میانگین بلند مدت بارش و دمای حوضه قبل و بعد از روندزدایی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تحلیل روند وجود رفتار عمومی یکسان را برای بارندگی نشان نداد، اما روند عمومی دما در حوضه افزایشی بود. نتایج روندزدایی نیز حاکی از عملکرد و کارآیی نامناسب هر دو روش بود. در روش اول تفاوت ارقام قبل و بعد از روندزدایی زیاد و در روش دوم اصلاً تفاوتی نداشتند. برای حل این مشکل روشی ترکیبی در تحقیق پیشنهاد شد که در آن ابتدا با کمک شیب خط تایل-سن و تنها در سال‌های بعد از وقوع روند به انجام می‌رسد که نتایج منطقی‌تری حاصل شد. این روش، میانگین بلند مدت بارندگی حوضه را بعد از روندزدایی از ۳۲۸ به ۳۳۹ میلی‌متر و دمای آن را از ۱۱ به ۱۰/۶ درجه سانتی‌گراد تغییر می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: روند، روندزدایی، دما، بارش، سری زمانی

مقدمه

در بررسی روند استفاده از روش‌های پارامتری و غیرپارامتری بسیار مورد توجه بوده است. اما استقبال از روش‌های غیرپارامتری و بخصوص من-کندال، به دلیل اینکه عناصر اقلیمی رفتار غیرخطی داشته و تابع توزیع آماری خاصی نمی‌باشند، بیشتر بوده است. در این خصوص، موآگری و نانی (۱۹۹۸) در بررسی تغییرات دمای ایتالیا به کمک آزمون من-کندال، روند افزایشی دمای سالانه و فصلی ایتالیا را در طی ۲۰ سال گذشته گزارش کردند. در ژاپن یو و هاشینو (۲۰۰۳) به کمک آزمون من-کندال نشان دادند که دمای سالانه ۴۶ ایستگاه در فاصله سال‌های ۱۹۰۰ تا ۱۹۹۶ بین ۰/۵۱ تا ۲/۷۷ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. همچنین دمای فصلی بین ۰/۴۷ تا ۳/۶۹ و دمای ماهانه نیز بین ۰/۱۷

عواملی مانند تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی باعث بروز تغییراتی در آماره‌های سری زمانی متغیرهای هواشناسی شده است. از جمله اتفاقاتی که در این سری‌ها می‌تواند قابل مشاهده باشد، وقوع روند است. لذا بررسی روند و روندزدایی آنها می‌تواند نقش موثری در جهت ارزیابی و کمی‌سازی میزان و نحوه تأثیرات در متغیرهای هواشناسی داشته باشد.

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس

^۲ استاد گروه منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس

*نویسنده مسئول: (morid_sa@modares.ac.ir)

^۳ استادیار گروه منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس

لزوم اقدام به روندزدایی شود. در این خصوص، یو و وانگ (۲۰۰۴) روند داده‌های جریان سالانه را در ۱۴ حوضه کشور کانادا حذف کردند. آنها برای این منظور رابطه Detrended $D_i = -(\beta \cdot i) + D_i$ را پیشنهاد کردند. بر طبق این رابطه β شیب خط روند جریان (شیب محاسبه شده در روش تایل-سن) با علامت مخالف در شماره رتبه سال آبی (i) ضرب و با آبدهی اتفاق افتاده در همان سال (D_i) جمع می‌گردد. نتایج تحقیق آنها حاکی از کارآیی خوب این رابطه در حذف روند جریان سالانه بود. در تحقیقی دیگر، ژانگ و همکاران (۲۰۱۱) برای حذف روند از جریان روزانه ایستگاه آبسنجی Yichang طی یک دوره ۵۹ ساله (۲۰۰۴-۱۹۴۶) واقع در حوضه رودخانه Yangtze چین، از سه روش شامل حذف میانگین^۱، روش مبتنی بر فوریه^۲ و الگوریتم روندزدایی تطبیقی^۳ استفاده کردند. آنها در روش دوم پس از تبدیل فوریه گرفتن از سری مشاهداتی با حذف ۷۹ فرکانس اول، توانستند جریان روزانه را روندزدایی کنند. نتایج کار آنها نشان داد که روش حذف میانگین مزیت بیشتری نسبت به دو روش دیگر دارد. همچنین روش‌های مبتنی بر فوریه و الگوریتم روندزدایی تطبیقی تقریباً نتایج مشابهی را تولید می‌کنند. از طرفی این دو روش در مقیاس زمانی بزرگ اطلاعات نوسانات را از دست می‌دهند. موحد و همکاران (۲۰۰۶) نیز برای حذف روند موجود در سری زمانی لکه‌های خورشیدی طی سال‌های ۱۷۵۰ تا ۲۰۰۰ از روش مبتنی بر فوریه استفاده کردند. آنها بدین منظور با تبدیل فوریه گرفتن از سری مشاهداتی و حذف ۵۰ فرکانس اول، توانستند روند داده‌ها را حذف کنند. لازم به ذکر است که سابقه مطالعاتی چندانی در مورد مبحث روندزدایی سری‌های زمانی هیدرولوژیکی در داخل کشور یافت نگردید.

تا ۴/۱۲ درجه سانتی‌گراد افزایش را نشان می‌دهد. همچنین مارنگو و کامارگو (۲۰۰۸) از بررسی سری‌های بلند مدت دمای حداقل و حداکثر ایستگاه‌های جنوب برزیل با آزمون من-کندال به این نتیجه رسیدند که روند دمای حداقل افزایش داشته، اما روند دمای حداکثر دارای شیب ملایمی بوده است. برخلاف دما که گزارشات عموماً حاکی از روند افزایشی آن بوده، نتایج رفتار بارندگی مختلف بوده است. در این زمینه بوفونی و همکاران (۱۹۹۹) جهت تعیین روند بارش ایتالیا از سری‌های سالانه و فصلی ۳۲ ایستگاه استفاده کردند. نتایج این تحقیق با استفاده از آزمون من-کندال حاکی از آن بود که روند متفاوتی برای فصول و مناطق مختلف وجود دارد. اما در مقیاس سالانه روند کاهشی در کل ایتالیا گزارش شد. برخلاف آنها ژانگ و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که روند بارندگی کانادا در طول قرن بیستم افزایشی بوده است. دومانکاس (۲۰۰۳) با بررسی روند بارش‌های اخیر بوسیله روش من-کندال و تحلیل روند خطی در مجارستان، نشان داد که در مجموع بارش‌های سالانه حدود ۱۵ تا ۲۰٪ در طی قرن بیستم کاهش یافته است. در تحقیقی دیگر کریشناکومار و همکاران (۲۰۰۹) در منطقه کرالا هند روند بارندگی‌های ماهانه، فصلی و سالانه را طی سال‌های ۱۸۷۱ تا ۲۰۰۵ توسط آزمون من-کندال بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که بارش‌ها در فصول زمستان و تابستان روند کاهشی داشته‌اند. همچنین بررسی روند بارش فصلی در هند با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و من-کندال توسط پال و الباتا (۲۰۱۱) به انجام رسید. نتایج نشان داد که بارش، روند کاهشی در فصول بهار و تابستان و روند افزایشی در پاییز و زمستان داشته است.

از آنجا که روندهای موجود در سری زمانی متغیرهای هواشناسی در نحوه تحلیل و ارزیابی اثرات آنها بر فرآیندهای مرتبط اثرگذار می‌باشد، لازم است در استفاده از آنها ابتدا معنی‌داری روندها مورد ارزیابی قرار گیرد و سپس در صورت

¹-Average Removing

²-Fourier-based method

³-Adaptive detrending algorithm

- محاسبه واریانس توسط یکی از روابط (۳) یا (۴) انجام می‌گیرد.

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad ; \quad n > 10 \quad (۳)$$

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad ; \quad n \leq 10 \quad (۴)$$

که در آن n تعداد داده‌های مشاهده‌ای و m معرف تعداد سری‌هایی است که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. t نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد.

- استخراج آماره Z مطابق معادله ۵ است.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (۵)$$

در یک آزمون دو دامنه جهت بررسی روند سری داده‌ها، فرض صفر (نبود روند) در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه (۶) برقرار باشد.

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2} \quad (۶)$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود. Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α می‌باشد. در صورتی که آماره Z مثبت باشد، روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن، روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

آزمون روند تایل-سن^۱

سن (۱۹۶۸) با توسعه و بسط یک سری مطالعات آماری که تایل (۱۹۵۰) به انجام رسانده بود یک روش غیرپارامتری را جهت تحلیل سری‌های زمانی ارائه نمود. این روش براساس محاسبه یک شیب میانه برای سری زمانی و قضاوت نمودن

بررسی سوابق مطالعاتی نشان می‌دهد که برخلاف وجود تحقیقات گسترده در بررسی روند سری‌های زمانی هواشناسی و هیدرولوژیکی، مبحث روندزدایی بویژه در مورد سری‌های هواشناسی بسیار کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از اینرو، هدف اصلی تحقیق حاضر بررسی و ارزیابی روش‌های مختلف روندزدایی در مورد سری‌های زمانی بارش و دما می‌باشد. بدین منظور از اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی بارش و دمای موجود در حوضه آبریز آبی‌چای جهت ارزیابی و کارآیی روش‌ها استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

آزمون روند من-کندال

این آزمون ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۴۸) توسعه یافت. از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از آن است. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح معادله ۱ است.

- محاسبه اختلاف بین تک‌تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S :

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (۱)$$

که در آن n تعداد مشاهدات سری، و x_j و x_k به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری می‌باشند. تابع علامت نیز بصورت معادله ۲ قابل محاسبه است.

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (۲)$$

^۱ - Theil-Sen test

مقادیر شیب‌ها که حدود بالا و پایین را بیان می‌کند، تعیین می‌گردد.

مرحله نهایی این روش، آزمون نمودن حدود اعتماد محاسبه شده می‌باشد. به این ترتیب که از بین شیب‌های محاسبه شده توسط معادله ۷، M_1 امین و $(M_2 + 1)$ امین شیب‌ها استخراج می‌گردند. در صورتی که عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج شده قرار بگیرد فرض صفر پذیرفته شده و بر سری زمانی مورد آزمون نمی‌توان هیچ‌گونه روندی در سطح اعتماد بکارگرفته 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 (حجام و همکاران، ۱۳۸۷).

تعیین نقطه تحول^۱ با استفاده از آزمون پتیت^۲

زمان ایجاد تغییر معنی‌دار در سری‌های زمانی (نقطه تحول) از اهمیت ویژه‌ای در توصیف رفتار آنها برخوردار است. به منظور تشخیص نقطه تحول در سری‌های زمانی، روش‌های متعددی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در این تحقیق از روش غیرپارامتری پیشنهاد شده توسط پتیت (۱۹۷۹) استفاده خواهد شد. این روش زمان وقوع تغییر معنی‌دار در میانگین سری‌های زمانی را مشخص می‌کند. آماره آزمون $U_{t,N}$ که آزمون می‌کند آیا دو مجموعه نمونه X_1, \dots, X_t و X_{t+1}, \dots, X_N از یک جامعه آماری هستند به صورت معادله ۱۰ تعریف می‌گردد (گائو و همکاران، ۲۰۱۱).

$$U_{t,N} = U_{t-1,N} + \sum_{j=1}^N \text{sgn}(X_t - X_j) \quad \text{برای } t=2, \dots, N \quad (10)$$

که در آن N تعداد کل مشاهدات، X_t مجموعه اول و X_j مجموعه دوم می‌باشد. تابع علامت نیز بر اساس معادله (۲) محاسبه خواهد شد. در واقع این آماره آزمون تعداد دفعاتی را

در مورد معنی‌داری شیب بدست آمده در سطوح اعتماد مختلف می‌باشد. مراحل کلی انجام این آزمون به شرح معادله ۷ می‌باشد.

- محاسبه شیب بین هر جفت داده مشاهده‌ای با استفاده از معادله ۷:

$$Q = \frac{X_t - X_s}{t - s} \quad (7)$$

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

- محاسبه پارامتر C_α در سطوح اعتماد مورد آزمون با استفاده از معادله ۸:

$$C_\alpha = Z_{1-\alpha/2} * \sqrt{\text{var}(s)} \quad (8)$$

که در آن $\text{var}(s)$ از معادلات (۳) یا (۴) محاسبه شده و Z آماره توزیع نرمال استاندارد است.

- محاسبه حدود اعتماد بالا و پایین به کمک معادله ۹:

$$\begin{cases} M_1 = \frac{N + C_\alpha}{2} \\ M_2 = \frac{N - C_\alpha}{2} \end{cases} \quad (9)$$

که در آن N تعداد شیب‌های محاسبه شده در بند اول می‌باشد. برای محاسبه حدود اطمینان هر مقدار شیب محاسبه شده، مقادیر شیب از ۱ تا N مرتبه‌بندی شده و به ازای هر مرتبه بر طبق رابطه (۹) حدود بالا و پایین آن شیب بدست می‌آید. چنانچه شماره M_1 امین و $(M_2 + 1)$ امین شیب‌های مرتبه‌بندی شده وجود نداشته باشد، با درونیابی

¹ - Turning Point

² - Pettitt test

ضریب‌ر شماره سال و جمع آن با داده‌های مشاهده‌ای در همان سال باعث حذف روند از سری زمانی داده‌ها می‌شود.

روش مبتنی بر سری فوریه

سری فوریه، روشی در ریاضیات است که به وسیله آن هر تابع تناوبی به صورت جمعی از توابع مثلثاتی سینوس و کسینوس می‌تواند نوشته شود. به عبارت دیگر، سری فوریه از بسط تابع تناوبی $f(x)$ در قالب جملاتی از جمع نامتناهی کسینوس‌ها و سینوس‌ها حاصل می‌شود. سری فوریه بر کاربرد روابط تعامد^۱ توابع سینوسی و کسینوسی تاکید دارد.

محاسبه و مطالعه سری‌های فوریه موسوم به تحلیل هارمونیک^۲ می‌باشد که به عنوان یک روش بسیار سودمند برای تفکیک یک تابع تناوبی دلخواه به مجموعه‌ای از جملات ساده بوده که به راحتی بتوان آنها را فهمید، منحصراً حل کرد و دوباره با ترکیب آنها راه حل مساله اولیه را بدست آورد، یا اینکه یک تقریب مطلوب و مناسبی را برای آن تخمین زد. مبنای روش حذف روند مبتنی بر سری فوریه به این صورت است که ابتدا از سری زمانی اصلی که در حوزه زمان می‌باشد، تبدیل فوریه^۳ گرفته خواهد شد. با این کار سری به حوزه فرکانس تبدیل خواهد شد. تبدیل فوریه می‌تواند سری داده شده را به چندین جزء با فرکانس‌های مختلف تجزیه کند. با فرض اینکه $\{X_K\}_{K=1}^N$ سری اصلی باشد، تبدیل فوریه می‌تواند سری‌هایی با طول برابر $\{\hat{X}_K\}_{K=1}^N$ را بر اساس معادله ۱۴ تولید کند.

$$\hat{X}_j = \sum_{i=K}^N X_K \omega_N^{(K-1)(j-1)} \quad (14)$$

که یک عضو از مجموعه اول بزرگتر از اعضای مجموعه دوم باشد محاسبه خواهد کرد. فرض صفر در این آزمون زمانی است که نقطه تحول معنی‌داری در سری زمانی وجود نداشته باشد.

آماره آزمون K_N و احتمال وقوع مرتبط با آن توسط معادلات (۱۱) و (۱۲) محاسبه خواهند شد.

$$K_N = \max_{1 \leq t \leq N} |U_{t,N}| \quad (11)$$

$$P \cong 2 \exp \left\{ \frac{-6(K_N)^2}{(N^3 + N^2)} \right\} \quad (12)$$

روش‌های حذف روند (طبیعی سازی داده‌ها)

برای حذف روند روش‌های محدودی ارائه شده است که در زیر به دو مورد از این روش‌ها اشاره می‌گردد.

روش مبتنی بر شیب خط روند (روش وزارت نیرو)

یو و وانگ (۲۰۰۴) رابطه $\text{Detrended Data} = -(i.\beta) + D_i$ را برای حذف روند پیشنهاد کردند که در آن i شماره سال، D داده مشاهده‌ای در سال i و β نیز شیب خط روند به دست آمده از روش تایل-سن بر اساس معادله ۱۳ می‌باشد.

$$\beta = \frac{X_t - X_s}{t - s} \quad (13)$$

که در آن، X_t و X_s به ترتیب داده‌های مشاهده‌ای در زمان‌های t و s می‌باشد. حذف روند در این روش شامل سه گام می‌باشد:

گام اول: آزمون وجود روند برای داده‌های مورد استفاده
گام دوم: ترسیم سری زمانی داده‌های مشاهده‌ای و برازش خط روند. در این گام با ترسیم سری زمانی داده‌های مشاهده‌ای معادله خطی مربوطه به دست می‌آید.

گام سوم: استخراج داده‌های طبیعی‌سازی شده (بدون روند). شیب خط به دست آمده از گام قبلی با علامت مخالف (-a)

¹- Orthogonality Relationships

²-Harmonic Analysis

³-Fourier Transform

$$X_K = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \hat{X}_j \omega_N^{-(j-1)(K-1)} \quad (15)$$

که در آن، $\omega_N = e^{(-2\pi i)/N}$ مقدار فرکانس متناظر با هر داده مشاهداتی در سری اصلی می‌باشد. حال با حذف تعدادی از این فرکانس‌ها که مقادیر آنها زیاد بوده و باعث شده‌اند تا سری از حالت ایستا خارج شود، روند از سری داده‌ها حذف خواهد شد. در آخر نیز با معکوس گرفتن از تبدیل فوری، سری زمانی دو مرتبه از حوزه فرکانس به حوزه زمان تبدیل خواهد شد. این عمل توسط تبدیل معکوس فوری و بر اساس معادله ۱۵ صورت می‌گیرد.

داده‌های مورد استفاده

برای این تحقیق از ۱۵ ایستگاه بارانسنجی و ۴ ایستگاه دماسنجی سازمان هواشناسی کشور که در حوضه آبریز آجی‌چای واقع شده‌اند استفاده گردیده است. مشخصات جغرافیایی این ایستگاه‌ها در جداول (۱) و (۲) آمده است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های دماسنجی مورد استفاده در تحقیق

ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	ارتفاع (متر)	دوره آماری
اهر	۴۷/۴	۳۸/۲۶	۱۳۹۰/۵	۱۹۸۶-۲۰۰۸
تبریز	۴۶/۱۷	۳۸/۵	۱۳۶۱	۱۹۵۶-۲۰۰۸
سراب	۴۷/۳۲	۳۷/۵۶	۱۶۸۲	۱۹۸۷-۲۰۰۸
سهند	۴۶/۷	۳۷/۵۶	۱۶۴۱	۱۹۹۶-۲۰۰۸

جدول ۲- مشخصات ایستگاه‌های بارانسنجی مورد استفاده در تحقیق^۱

ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	ارتفاع (متر)	دوره آماری
تبریز	۴۶/۱۷	۳۸/۵	۱۳۶۱	۱۹۵۶-۲۰۰۸
سراب	۴۷/۳۲	۳۷/۵۶	۱۶۸۲	۱۹۸۷-۲۰۰۸
سهند	۴۶/۷	۳۷/۵۶	۱۶۴۱	۱۹۹۶-۲۰۰۸
خاتون‌آباد	۴۷/۳۶	۳۷/۹۵	۱۶۸۸	۱۹۹۵-۲۰۰۷
سارای	۴۶/۹۳	۳۸/۲۱	۱۵۴۵	۱۹۷۶-۲۰۰۷
زینجناب	۴۶/۲۶	۳۷/۸۵	۲۰۵۷	۱۹۷۶-۲۰۰۷
رزلیق	۴۷/۵۵	۳۸	۱۷۴۷	۱۹۹۵-۲۰۰۷
ایلخچی	۴۵/۹۶	۳۷/۹۳	۱۳۴۸	۱۹۹۸-۲۰۰۷
شربیان	۴۷/۱	۳۷/۸۸	۱۷۴۶	۲۰۰۰-۲۰۰۷
آمند	۴۶/۱۶	۳۸/۲۵	۱۴۸۸	۱۹۹۶-۲۰۰۷
هریس	۴۷/۵۱	۳۷/۸۱	۱۷۳۱	۱۹۷۶-۲۰۰۷
قزلچی‌سادات	۴۷/۲۸	۳۸/۱	۱۷۵۲	۱۹۹۵-۲۰۰۷
آقچک‌هال زمان	۴۶/۸	۳۷/۷۵	۱۸۸۸	۱۹۷۶-۲۰۰۷
سعیدآباد	۴۶/۵۸	۳۷/۹۵	۱۸۶۱	۱۹۹۲-۲۰۰۷
اسفهلان	۴۶/۰۸	۳۷/۹۸	۱۳۶۴	۱۹۹۵-۲۰۰۷

¹ Stationary

جدول ۳- مقادیر آماره آزمون بارش

بارش	ایستگاه
-۲/۸۳**	تبریز
+۰/۲۳	سراب
-۰/۰۶	سهند
-۰/۳۱	خاتون‌آباد
-۱/۴۴	سارای
+۱/۹۱	زینجناب
-۰/۰۶	رزلیق
+۱/۰۷	ایلخچی
+۱/۸۶	شربیان
+۰/۰۷	آمند
-۳/۴۹**	هریس
+۱/۸۹	قزلچی‌سادات
+۱/۱۸	آقچک‌هال‌زمان
-۱/۵۸	سعیدآباد
+۰/۷۹	اسفهلان

جدول ۴- مقادیر آماره آزمون دما

ایستگاه	دمای حداکثر	دمای حداقل
اهر	+۱/۷۲	+۱/۱۴
تبریز	+۳/۴۷**	+۴/۹۶**
سراب	+۱/۷۲	+۱/۴۱
سهند	۰	-۰/۴۱

**وجود روند در سطح ۰/۹۵، *وجود روند در سطح ۰/۹۹

روندزدایی از سری‌های بارش و دما

در این قسمت دو روش روندزدایی شامل روش مبتنی بر شیب خط روند و روش مبتنی بر سری فوریه مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. ورود به این بحث باعث می‌شود که ایستگاه‌هایی با طول دوره آماری کم برای این روش کمتر کارایی داشته باشند. از اینرو این تحلیل برای ایستگاه‌های دماسنجی و تنها ۵ ایستگاه بارانسنجی تبریز، سارای، زینجناب، هریس و آقچک‌هال زمان که همگی دوره آماری بالای ۳۰ سال داشته‌اند اعمال و مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش مبتنی بر شیب خط روند

این روش بر اساس شیب خط حاصل از نمودار سری زمانی داده‌های مشاهداتی می‌باشد. در جداول (۵) و (۶) ارقام متوسط سالانه مشاهداتی و روندزدایی شده بارش و دما به همراه آماره آزمون من-کندال قبل و بعد از روندزدایی آورده شده است. از جدول (۵) ملاحظه می‌گردد که بعضاً ارقام روندزدایی شده بارش با شرایط قبل آن تفاوت زیادی دارد که کارایی روش را با تردید مواجه می‌نماید. به عنوان نمونه، ایستگاه‌های تبریز و هریس که دارای روند کاهشی معنی‌دار در سطح اطمینان ۰/۹۹ بودند، به ترتیب بارشی معادل ۲۸۴/۸ و ۴۰۵/۸ میلی‌متر در سال داشتند که پس از حذف روند مقدار آنها به ۳۴۱ و ۵۸۷/۶ میلی‌متر رسیده است. مقادیر مشاهده شده و روندزدایی شده دما بر طبق جدول

نتایج و بحث

تحلیل روند

تحلیل این بخش با استفاده از روش غیرپارامتری من-کندال صورت گرفته است. آزمون من-کندال برای سری‌های زمانی سالانه بارش و دما اعمال شد و مقادیر آماره آزمون آن در جداول (۳) و (۴) در سطوح اطمینان ۰/۹۵ و ۰/۹۹ آمده است. نتایج حاصل از تحلیل روند در ایستگاه‌های باران‌سنجی نشان داد که در مقیاس سالانه، در ۸ ایستگاه روند افزایش بارندگی قابل مشاهده است، هر چند هیچکدام معنی‌دار نبوده‌اند. ۷ ایستگاه دیگر شاهد کاهش بارندگی بوده‌اند که تنها در دو ایستگاه تبریز و هریس روند معنی‌دار کاهش بارندگی در سطح اطمینان ۰/۹۹ وجود دارد.

نتایج حاصل از تحلیل روند دما بر طبق جدول (۴) نشان داد که در مقیاس سالانه، تنها ایستگاه تبریز شاهد روند افزایشی معنی‌دار (در دمای حداکثر و حداقل) در سطح اطمینان ۰/۹۹ می‌باشد و بقیه ایستگاه‌ها روند معنی‌داری نداشته‌اند.

(۶) نشان می‌دهد که بیشترین تغییر پس از روندزدایی مربوط به ایستگاه تبریز می‌باشد که دارای روند افزایشی معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹٪ بود، به طوری‌که پس از حذف روند در این ایستگاه، دمای حداکثر و حداقل به ترتیب

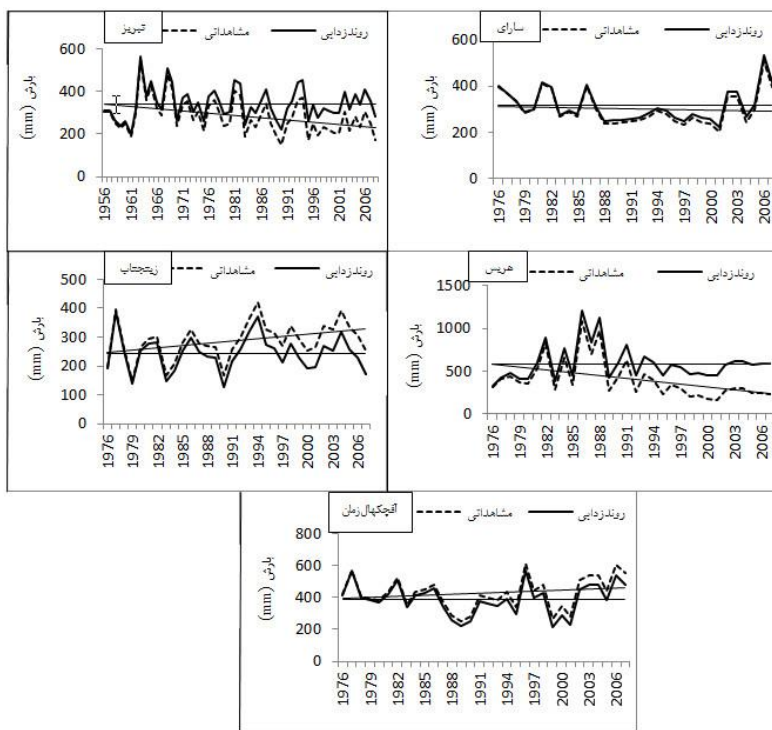
۰/۸ و ۱/۱ درجه سانتی‌گراد کاهش داشتند. در شکل (۱) نیز نمودار سری زمانی مشاهداتی و روندزدایی شده بارش توسط این روش قابل ملاحظه هستند.

جدول ۵- مقادیر آماره آزمون من-کندال به همراه بارش مشاهداتی و روندزدایی شده (میلی‌متر) در روش مبتنی بر شیب خط روند

ایستگاه	دوره آماری	آماره آزمون مشاهداتی	آماره آزمون روندزدایی	بارش مشاهداتی	بارش روندزدایی شده
تبریز	۱۹۵۶-۲۰۰۸	-۲/۸۲**	۰	۲۸۴/۸	۳۴۱
سارای	۱۹۷۶-۲۰۰۷	-۱/۴۴	۰	۳۰۲/۲	۳۱۵/۲
زینجناب	۱۹۷۶-۲۰۰۷	+۱/۹۱	۰	۲۸۶/۵	۲۴۴/۲
هریس	۱۹۷۶-۲۰۰۷	-۳/۴۹**	۰	۴۰۵/۸	۵۸۷/۶
آقچه‌کال	۱۹۷۶-۲۰۰۷	+۱/۱۸	۰	۴۲۵/۵	۳۹۰/۲

جدول ۶- مقادیر آماره آزمون من-کندال به همراه دمای مشاهداتی و روندزدایی شده (درجه سانتی‌گراد) در روش مبتنی بر شیب خط روند

ایستگاه	دوره آماری	دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد)		دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد)	
		مشاهداتی	آماره	مشاهداتی	آماره
اهر	۲۰۰۸	۱۶/۵	+۱/۷۲	۵/۳	+۱/۱۴
تبریز	۲۰۰۸	۱۸/۱	+۳/۴۷**	۷	+۴/۹۶**
سراب	۲۰۰۸	۱۶	+۱/۷۲	۱/۳	+۱/۴۱
سهند	۲۰۰۸	۱۶/۸	۰	۷/۷۵	-۰/۴۱



شکل ۱- سری زمانی مشاهداتی و روندزدایی شده بارش توسط روش مبتنی بر شیب خط روند

روش مبتنی بر سری فوریه

برای حذف روند در این روش، کدنویسی در نرم افزار MATLAB صورت گرفت. مقادیر مشاهداتی و روندزایی شده دما و بارش به همراه آماره آزمون من-کندال توسط این روش در جداول (۷) و (۸) آورده شده است. جدول (۷) نشان می‌دهد که ارقام متوسط سالانه دما بعد از اعمال روش فوریه با شرایط قبل از آن هیچ تفاوتی نداشته است. از طرفی، مشاهده مقادیر آماره آزمون من-کندال نشان می‌دهد که بعد از اعمال این روش هنوز ایستگاه تبریز دارای روند افزایشی معنی‌دار در دمای حداکثر و حداقل می‌باشد. همچنین از جدول (۸) ملاحظه می‌گردد که در تمام ایستگاه‌ها بعد از اعمال روش فوریه هنوز روند وجود دارد. از طرف دیگر،

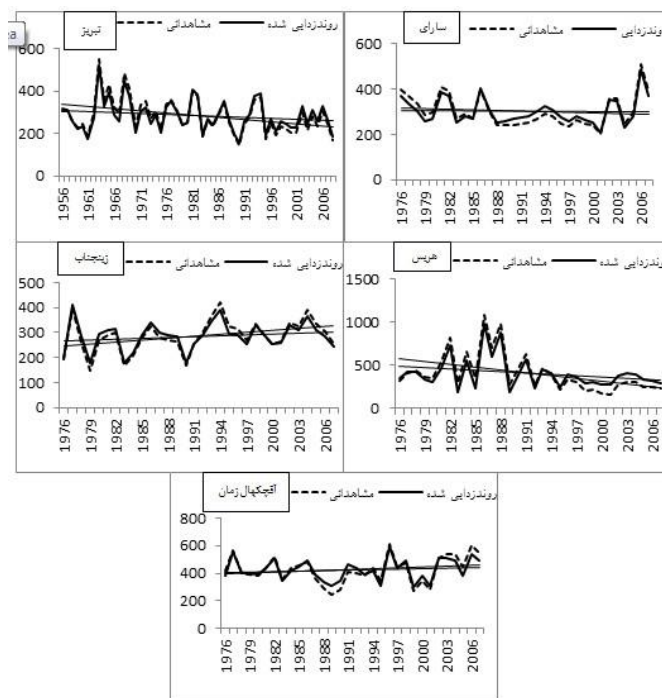
مشاهده مقادیر بارش مشاهداتی و روندزایی شده نشان می‌دهد که ارقام متوسط سالانه بارش بعد از اعمال این روش هیچ تفاوتی با شرایط قبل از آن ندارند.

در مجموع این نتایج نشان داد که روش فوریه تغییری را در میانگین ایجاد نمی‌کند و به طوری عمل می‌کند که به عنوان مثال اگر سری زمانی روند افزایشی داشته باشد، قسمت ابتدایی آن بالا و قسمت آخر پایین‌تر بیاید (حالت الاکلنگی). این شیوه با اهداف این تحقیق و طبیعت سری‌های زمانی مورد مطالعه تطبیق نداشت.

مانند قبل، در شکل (۲) نمودار سری زمانی مشاهداتی و روندزایی شده بارش توسط این روش آورده شده است.

جدول ۷- مقادیر آماره آزمون من-کندال به همراه دمای مشاهداتی و روندزایی شده در روش فوریه

ایستگاه	دوره آماری	دمای حداکثر (درجه سانتیگراد)		دمای حداقل (درجه سانتیگراد)	
		مشاهداتی	آماره آزمون	روندزایی شده	آماره آزمون
اهر	-۲۰۰۸	۱۶/۵	+۱/۷۲	۵/۳	+۱/۱۴
تبریز	-۲۰۰۸	۱۸/۱	+۳/۴۷**	۷	+۴/۹۶**
سراب	-۲۰۰۸	۱۶	+۱/۷۲	۱/۳	+۱/۴۱
سهند	-۲۰۰۸	۱۶/۸	.	۷/۷۵	-۰/۴۱



شکل ۲- سری زمانی مشاهداتی و روندزایی شده بارش توسط روش مبتنی بر سری فوریه

جدول ۸- مقادیر آماره آزمون من-کندال به همراه بارش مشاهداتی و روندزدایی شده (میلی‌متر) در روش فوریه

ایستگاه	دوره آماری	آماره آزمون	آماره آزمون روندزدایی	بارش مشاهداتی	بارش روندزدایی شده
تبریز	-۲۰۰۸	-۲/۸۳**	-۱/۳	۲۸۴/۸	۲۸۴/۸
سارای	-۲۰۰۷	-۱/۴۴	-۰/۴۳	۳۰۲/۲	۳۰۲/۲
زینجان	-۲۰۰۷	+۱/۹۱	+۰/۷۳	۲۸۶/۵	۲۸۶/۵
هریس	-۲۰۰۷	-۳/۴۹**	-۱/۲۸	۴۰۵/۸	۴۰۵/۸
آقچکمال	-۲۰۰۷	+۱/۱۸	+۰/۶	۴۲۵/۵	۴۲۵/۵

مقایسه نتایج روش‌های روندزدایی

مقایسه سری‌های زمانی سالانه مشاهداتی و روندزدایی شده بارش و دما نشان می‌دهد که روش مبتنی بر شیب خط روند عملکرد بهتری را نسبت به روش فوریه دارد، به طوریکه روند را از سری زمانی به کلی حذف کرده و شیب خط آن نیز صفر می‌شود. اما اشکال عمده این روش تغییر شدید در میانگین‌ها بعد و قبل از روندزدایی بود که توجیه آن و تأیید عملکرد روش را با ابهام مواجه می‌سازد.

روش فوریه شیب خط روند را کاهش می‌دهد ولی روند داده‌ها را حذف نمی‌کند. از طرفی ارقام متوسط سالانه مشاهداتی و روندزدایی شده این روش هیچ تفاوتی با هم ندارند که این مطلب از نقاط ضعف این روش در روندزدایی سری‌های زمانی هواشناسی و هیدرولوژیکی به شمار می‌رود. همچنین این روش در روندزدایی دمای حداقل و حداکثر ایستگاه تبریز ناموفق عمل کرد به طوریکه پس از اعمال این روش، هنوز روند افزایشی معنی‌دار در ایستگاه تبریز وجود دارد.

رفتار زمانی روند بارش و تشخیص نقاط تحول^۱

با توجه به مشکلاتی که در بخش قبل ملاحظه گردید، ابتدا تلاش شد تا در این قسمت با استفاده از روش‌های تحلیل روند، تعدیلی در روش‌های قبل بوجود آید که در نوع خود از نوآوری‌های این تحقیق بوده و بسیار کاربردی می‌تواند باشد.

در این خصوص ابتدا با بررسی رفتار زمانی روند بارش، حذف روند از زمانی آغاز می‌شود که تغییر معنی‌داری در آن صورت پذیرفته است. این بدین معنی است که به جای اینکه ارقام کل سری تغییر کند، تنها بخشی تغییر می‌نماید که تغییر معنی‌دار غیرایستایی در آن به اثبات رسیده است. تشخیص نقاط تحول با استفاده از آزمون پتیت صورت پذیرفت که شرح آن در قسمت مواد و روش‌ها آمده است. نتایج حاصل از اعمال این روش در ایستگاه‌های فوق در جدول (۹) آورده شده است. لازم به ذکر است که این آزمون تغییر معنی‌داری را در ایستگاه آقچکمال زمان نشان نداد. همانطور که از جدول ملاحظه می‌شود، اواسط دهه ۸۰ تا ۹۰ سال‌هایی بوده است که تغییرات معنی‌دار روند را شاهد هستیم که این نتایج با کار فتحیان (۱۳۹۰) نیز مطابقت دارد. در ادامه، مقایسه میانگین داده‌های مشاهداتی در سال‌های قبل و بعد از شروع روند در ایستگاه‌های تبریز، سارای و هریس به ترتیب ۲۳٪، ۱۵٪ و ۵۲٪ کاهش را نشان می‌دهد. این تغییر در ایستگاه زینجان که دارای روند مثبت بود، به میزان ۲۵٪ افزایش می‌باشد. در شکل (۳) نتایج آزمون پتیت در این ایستگاه‌ها نشان داده شده است.

در این قسمت، برای بهبود نتایج حذف روند، اختلاف میانگین داده‌های قبل و بعد از وقوع معنی‌دار روند محاسبه و به داده‌های بعد از سال شروع روند اضافه شد. سپس روش مبتنی بر شیب خط روند تحت دو سناریو شیب خط رگرسیون و شیب خط تایل-سن (یو و وانگ، ۲۰۰۴) در ایستگاه‌ها اعمال شد که نتایج این روندزدایی در جدول (۱۰)

^۱ - Turning Point

روش مبتنی بر شیب خط روند بدست آمده بود به ۱۲/۲٪. تقلیل یافت. این مطلب در مورد دیگر ایستگاه‌ها نیز صادق می‌باشد. همچنین در شکل (۴) نیز سری مشاهداتی و روندزایی شده توسط شیب خط تایل-سن برای ایستگاه‌های مذکور آورده شده است.

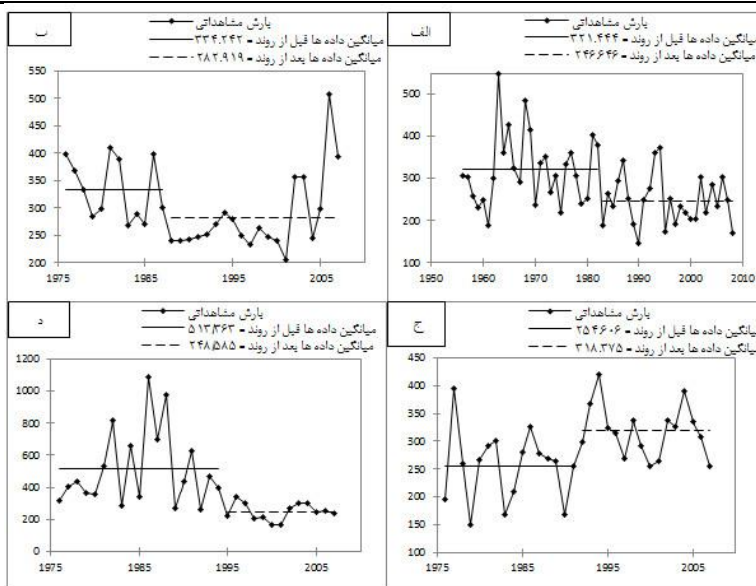
ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد ارقام روندزایی شده بر مبنای شیب خط تایل-سن نتایج بهتری نسبت به استفاده از شیب خط رگرسیون دارد. به طوریکه با این کار اختلاف بین ارقام مشاهداتی و روندزایی کاهش یافت و مقدار افزایش بارش در ایستگاه هریس از ۴۵٪ که با

جدول ۹- نتایج حاصل از آزمون پتیت در ایستگاه‌های بارانسجی

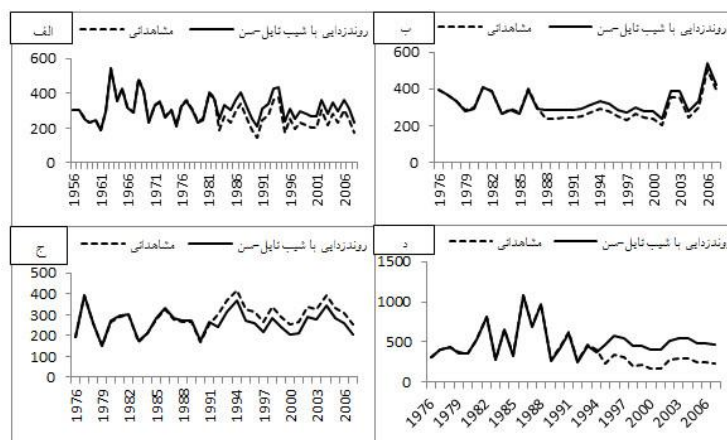
ایستگاه	دوره آماری	سال شروع روند بر اساس آزمون پتیت	میانگین قبل از سال وقوع روند (mm)	میانگین بعد از سال وقوع روند (mm)	بارش مشاهداتی (mm)	بارش روندزایی با روش شیب خط (mm)
تبریز	۱۹۵۶-۲۰۰۸	۱۹۸۳	۳۲۱/۴۴	۲۴۶/۶۴۶	۲۸۴/۸	۳۴۱
سارای	۱۹۷۶-۲۰۰۷	۱۹۸۸	۳۳۴/۲۴۲	۲۸۲/۹۱۹	۳۰۲/۲	۳۱۵/۲
زینجاناب	۱۹۷۶-۲۰۰۷	۱۹۹۱	۲۵۴/۶۰۶	۳۱۸/۳۷۵	۲۸۶/۵	۲۴۴/۲
هریس	۱۹۷۶-۲۰۰۷	۱۹۹۵	۵۱۳/۳۶۳	۲۴۸/۵۸۵	۴۰۵/۸	۵۸۷/۶

جدول ۱۰- نتایج حاصل از روندزایی در ایستگاه‌ها بعد از اعمال آزمون پتیت

ایستگاه	شیب خط رگرسیون	شیب خط تایل-سن	بارش مشاهداتی	بارش روندزایی (mm)	بارش روندزایی بر مبنای شیب رگرسیون	بارش روندزایی بر مبنای شیب تایل-سن
تبریز	-۲/۰۸۴	-۰/۲۶۹	۲۸۴/۸	۳۴۱	۳۲۰	۳۱۴
سارای	-۰/۷۸۹	-۰/۶۲	۳۰۲/۲	۳۱۵/۲	۳۱۰	۳۲۴
زینجاناب	۲/۵۶۶	۰/۴۹۷	۲۸۶/۵	۲۴۴/۲	۲۶۱/۶	۲۶۲/۸
هریس	-۱۱/۰۲	-۳/۵۲	۴۰۵/۸	۵۸۷/۶	۴۹۷/۵	۴۵۵/۲



شکل ۳- سری مشاهداتی قبل و بعد از روند در ایستگاه‌های الف) تبریز ب) سارای ج) زینجاناب و د) هریس



شکل ۴- سری زمانی بارش مشاهداتی و روندزدایی شده در ایستگاه‌های الف) تبریز، ب) سارای، ج) زینجانب، د) هریس

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر تلاشی بود برای ارزیابی روش‌های مختلف روندزدایی و کارایی آن‌ها در حذف سری‌های زمانی هواشناسی که دو روش مبتنی بر شیب خط رگرسیون و روش مبتنی بر سری فوریه در روندزدایی سری زمانی دما و بارش سالانه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج زیر از این تحقیق قابل ارائه می‌باشد:

- همانطور که انتظار می‌رفت، روند عمومی دما در حوضه افزایشی است که در تحقیق فتحیان (۱۳۹۰) نیز گزارش شده است. اما از تعداد ایستگاه‌های بررسی شده تنها روند ایستگاه تبریز به لحاظ آماری معنی‌دار بوده است.
- بررسی روند در سری زمانی بارندگی‌ها در حوضه رفتار عمومی یکسان با دما را نشان نداد، به طوریکه در مقیاس سالانه ۸ ایستگاه روند افزایشی و ۷ ایستگاه روند کاهشی داشتند که از این میان تنها ایستگاه‌های تبریز و هریس شاهد کاهش معنی‌دار بارندگی بودند. در مجموع مقدار عمومی برای بارندگی در سطح حوضه تغییرات قابل ملاحظه‌ای نداشته است.
- نتایج حذف روند سری‌های بارش و دما بر اساس روش فوریه نشان داد که میانگین داده‌ها قبل و بعد از روندزدایی تفاوتی نداشتند و از طرفی بعد از

اعمال این روش، هنوز ایستگاهی مانند تبریز دارای روند افزایشی معنی‌دار است. در مجموع این روش مناسب تشخیص داده نشد.

- در روش مبتنی بر شیب خط روند که از شیب رگرسیون استفاده می‌کند، نیز بعضاً ارقام روندزدایی شده تفاوت زیادی با شرایط قبل از آن داشتند. به عنوان نمونه تفاوت میانگین بارش سالانه روندزدایی شده ایستگاه هریس با شرایط قبل آن چیزی در حدود ۱۸۰ میلی‌متر بود که این امر نیز روش را با تردید مواجه ساخت.

روش‌های روندزدایی تحقیق که ترکیب بررسی زمان وقوع روند معنی‌دار و سپس اعمال روش قبل با شیب تایل-سن بود جواب‌های منطقی‌تری به همراه داشت. به عنوان نمونه برای مورد قبل، میزان افزایش بارش روندزدایی شده در ایستگاه هریس از ۱۸۰ به ۵۰ میلی‌متر تقلیل یافت.

منابع

- حجام، س.، خوشخو، ی.، شمس‌الدین وندی، ر. ۱۳۸۷. تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری. پژوهش‌های جغرافیایی، ۶۴: ۱۶۸-۱۵۷.

- Multifractal Detrended Fluctuation Analysis of Suspot Time Series. *J. Stat. Mech.*, 0602: P02003.
- Pal, I., Al-Tabbaa, A. 2011. Assessing seasonal precipitation trends in India using parametric and non-parametric statistical techniques. *Theor. Appl. Climatol.*, 103:1-11.
- Pettitt, A. N. 1979. A Non-parametric Approach to the Change-point Problem. *Appl. Statist.*, 28: 126-135.
- Sen, P. K. 1968. Asymptotically efficient tests by the method of n rankings. *J. Roy. Statist. Soc. Ser. B.*, 30.
- Theil, H. 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. Part 3. *Proc Koninklijke Nederlandse Akad Wetenschappen A*, 53: 1397-1412.
- Yue, S., Hashino, M. 2003. Temperature trends in Japan: 1900-1996. *Theor. Appl. Climatol.*, 75: 15-27.
- Yue, S., Wang, C. Y. 2004. The Mann-Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series. *Water Res. Manage.*, 18: 201-218.
- Zhang, X., Vincent, L. A., Hogg, W. D., Niitsoo, A. 2000. Temperature and Precipitation trends in Canada during the 20th century. *Atmospheric Ocean*, 38: 395-429.
- Zhang, Q., Zhou, Y., Singh, V. P., Chen, Y. D. 2011. Comparison of detrending methods for fluctuation analysis in hydrology. *J. Hydrol.*, 400: 121-132.
- فتحیان، ف. ۱۳۹۰. بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از فن آوری سنجش از دور و متغیرهای آب و هواشناسی در حوضه دریاچه ارومیه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- Buffoni, L., Maugeri, M., Nanni, T. 1999. Precipitation in Italy from 1833 to 1996. *Theor. Appl. Climatol.*, 63: 33-40.
- Domonkos, P. 2003. Recent Precipitation trends in Hungary in the Context of Larger Scale Climatic Changes. *Natural Hazards*, 29: 255-271.
- Gao, p., Mu, X. M., Wang, F., Li, R. 2011. Changes in streamflow and sediment discharge and the response to the human activities in the middle reaches of the Yellow River. *Hydrol. Earth. Syst. Sci.*, 15: 1-10.
- Kendall, M. G. 1948. *Rank Correlation Methods*, Charles Griffin, London.
- Krishnakumar, K. N., Prasada Rao, G. S. L. H. V., Gopakumar, C. S. 2009. Rainfall trends in twentieth century over Kerala, India. *Atmo. Environ.*, 43: 1940-1944.
- Mann, H. B. 1945. Nonparametric Tests against Trend. *Econometrica*, 13: 245-259.
- Marengo, J. A., Camargo, C. C. 2008. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960-2002. *Int. J. Climatol.*, 28: 893-904.
- Maugeri, M., Nanni, T. 1998. Surface Air Temperature variations in Italy: Recent Trends and an update to 1993. *Theor. Appl. Climatol.*, 61: 191-196.
- Movahed, M. S., Jafari, G. R., Ghasemi, F., Rahvar, S., Rahimi Tabar, M. R. 2006.



Comparison of detrending methods for the temperature and precipitations time series

M. Ghodoosi¹, S. Morid^{2*}, M. Delavar³

Received: 21 October 2013

Accepted: 4 March 2014

Abstract

Assessment of meteorological variables time series can indicate the effect of climatic factors on water resources and hydrological conditions. In this case, statistical methods are useful and effective tool to be considered. But to evaluate and quantify level of this impact, it is necessary to remove trends in the series and detrended series be used. In this paper, two detrending methods based on slope of line and Fourier series were used for detrending the annual temperature and precipitation time series in Ajichai basin. Performance of this methods was evaluated based on compare average long-term precipitation and temperature before and after detrending. Results of trend analysis for precipitation did not show the same general behavior, but the general trend of temperatures in the basin was rising. Detrending results also indicate the improper performance of both methods. In the first method differences in the data before and after detrending was high however, in the second method no difference was seen. To solve this problem, in this study a mixed approach was proposed to modify the first method. This method detrends time series based on the Theil-sen's slope line exactly in the years after starting the trend that shows more reasonable results compared to the other methods. In this method, average of long-term precipitation and temperature in the basin changed from 328 to 339 mm and 11 to 10.6 °C, respectively.

Keywords: Trend, Detrend, temperature, precipitation, time serie

¹ M. Sc. graduate, Water Resources Dept., Tarbiat Modares University

² Prof., Water Resources Dept., Tarbiat Modares University

(*Corresponding author email address: morid_sa@modares.ac.it)

³ Assistant prof., Water Resources Dept., Tarbiat Modares University