

بررسی روند تغییرات دمای سالانه، فصلی و ماهانه حوضه کارون بزرگ با استفاده از روش TFPW-MK

سجاد شاکریان^۱، حسن ترابی پوده^{۲*}، بابک شاهی نژاد^۳، حامد نقوی^۴

۱- دانشجوی دکتری سازه های آبی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

۲- دانشیار گروه آب، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

۳- استادیار گروه آب، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

۴- استادیار گروه منابع طبیعی جنگلداری، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

(دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۸، بازنگری: ۱۳۹۸/۰۶/۰۴، پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۰۵، انتشار آنلاین: ۱۳۹۸/۰۷/۰۱)

چکیده

دما از پارامترهای کلیدی موثر بر اقلیم به شمار رفته و تغییرات آن می تواند ساختار آب و هوای منطقه ای را دگرگون سازد. نظر به تاثیرات مستقیم دمای محیطی بر منابع آب، بررسی روند دما در مقیاس های مختلف زمانی و مکانی می تواند بخش بزرگی از تحقیقات اقلیم شناسی و مدیریت منابع آب را به خود اختصاص دهد. در این تحقیق روند تغییرات میانگین دمای ایستگاه های هواشناسی حوضه آبریز کارون (۳۸ ایستگاه) در سه مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه، در یک دوره زمانی ۲۹ ساله، (۱۳۶۵ الی ۱۳۹۳) مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، شیب روند خطی داده ها با استفاده از رویکرد تیل-سن (TSA) محاسبه میگردد. جهت آنالیز روند داده ها، پس از پیش سفید کردن (TFPW) جهت کاهش اثر ضریب خود همبستگی داده ها، روند تغییر دما با استفاده از روش Man-Kendall مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان میدهد که در مقیاس سالانه، ۶۴ درصد ایستگاه ها دارای روند افزایشی میباشد که در این میان ۱۳ ایستگاه دارای روند افزایشی (در سطح اطمینان ۹۰٪) معنی دار است. در مقیاس فصلی، بیش از ۶۷ درصد ایستگاه ها در فصل های زمستان، بهار و تابستان دارای روند افزایشی است. در مقیاس ماهانه، بجز در ماه های آبان و آذر تغییرات دما در بیش از ۵۰ درصد ایستگاه ها دارای روند افزایشی بوده و بیش از ۲۶ درصد این ایستگاه ها دارای روند افزایشی (در سطح اطمینان ۹۰٪ معنی دار) می باشند. نتایج این مطالعه نشان داد که جریان ماهانه و سالانه بیشتر ایستگاه ها روند افزایشی را نشان می دهد.

واژه های کلیدی: آزمون من-کندال، دما، خودهمبستگی، روند، حوضه کارون بزرگ.

مقدمه

هیدرواقليمی شده و میانگین و واریانس مقادیر متغیرهای اقلیمی مانند رطوبت نسبی، بارش، تشعشع خورشیدی و غیره را بطور معنی داری تغییر دهد. دما و بارش از چند جهت در چرخه هیدرولوژی دارای اهمیت هستند: نخست اینکه دمای هوا از محدود عناصر اقلیمی است که استمرار زمانی دارد و در همه مکانهای جغرافیایی می توان به صورت پیوسته آن را اندازه گیری نمود. دوم اینکه این دو متغیر اقلیمی با سایر عناصر آب و هوای مانند تشعشع خورشیدی، رطوبت موجود در جو، وزش باد، تبخیر و تعرق در ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم میباشند و فرآیندهای آب و هوای را کنترل می-

مطالعه تغییر مقادیر عوامل جوی به واسطه اهمیت آن بر ساختار آب و هوای کره زمین همواره مورد توجه پژوهشگران و متخصصان بوده است. بررسی وقایع اقلیمی و همچنین شناخت ویژگیهای آن در مطالعات هیدرولوژیکی مانند مدیریت کمی و کیفی آب و ارزیابی تاثیر تغییرات اقلیمی بر اکوسیستمهای گیاهی، جانوری از اهمیت بسزایی برخوردار است. افزایش دما طی ۴۰ سال گذشته و کاهش پوشش برف و یخ از جمله شواهد تغییر اقلیم است. گرم شدن جهانی ممکن است باعث تغییرات مهمی در فرآیندهای مختلف

سالانه ۶۰ درصد ایستگاهها روند افزایشی معنی دار در دما را تجربه کرده و این امر با تاثیر مستقیم بر بارش منطقه همراه بوده و باعث به وجود آمدن روند کاهشی بارش، در ۷۰ درصد از ایستگاه ها شده است. به طور کلی در پنجاه سال گذشته در منطقه شمالغرب ایران دما به مقدار $+1/20$ (°C) و بارش $-88/9$ (mm) تغییر داشته است.

ترابی پوده و امامقلی زاده (۱۳۹۳) از روش MK-TFPW جهت تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه های استان لرستان استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که آبدهی رودخانه ها در ۲۰ ایستگاه از مجموع ۲۵ ایستگاه مورد بررسی قرار گرفته روند کاهشی معنی داری وجود دارد و روند جریان رودخانه های استان عمدتاً نزولی و کاهش جریان در ۴۰ سال گذشته در سطح اطمینان ۹۰٪ معنی دار میباشد. فرض اصلی بیشتر مطالعات تحلیل روند با استفاده از آزمون من- کندال بر این است که داده های نمونه خودهمبستگی معنی داری ندارند، با این حال ممکن است برخی سریهای هیدرولوژیکی دارای ضریب خودهمبستگی معنی دار باشند (۷). چنانچه یک سری دارای ضرایب خودهمبستگی مثبت باشد، احتمال اینکه آزمون من- کندال وجود روند را در این سری نشان دهد افزایش می یابد. در این صورت فرض صفر، مبنی بر عدم وجود روند، رد می شود. در حالیکه حقیقت این است که فرض صفر نباید رد شود.

از طرفی بررسی منابع موجود هم نشان می دهد که تاکنون مطالعه جامعی بر روی تغییرات روند دمای جنوب غرب کشور علی الخصوص حوضه آبریز کارون صورت نگرفته است. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، هدف این مطالعه بررسی روند تغییرات میانگین دمای ماهانه، فصلی و سالانه ایستگاههای هواشناسی حوضه کارون میباشد.

۱- مواد و روش ها

۱-۲- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز کارون بزرگ در جنوب غربی ایران واقع شده است گستردگی این حوضه در شش استان شامل استانهای کهگیلویه و بویراحمد، خوزستان، اصفهان، چهارمحال و بختیاری، لرستان و فارس است. این حوضه به دلیل در بر

کنند(۵). از این رو اطلاع از روند تغییرات دما برای برنامه ریزی دقیق آبیاری محصولات زراعی و باغی و مدیریت منابع آب در هر منطقه یک پیش شرط ضروری است. تاکنون مطالعات متعددی در رابطه با بررسی روند دما در نقاط مختلف جهان انجام شده که می توان به موارد زیر اشاره نمود:

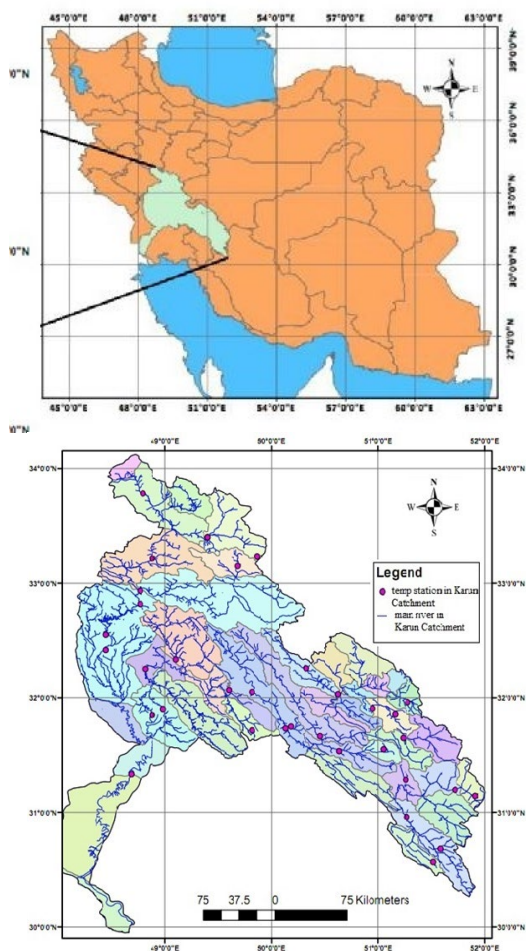
سلطانی و صبوحی (۲۰۰۸) برای تحلیل آماری عوامل بارش، دما، رطوبت نسبی و باد در برخی از شهرهای بزرگ ایران از آزمون ناپارامتری من- کندال استفاده کردند. آنان روند افزایش دما را در ۶۲ درصد از ایستگاه ها و روند کاهشی بارش را در ۲۳ درصد از ایستگاهها گزارش نمودند. کوثری و اسدی (۲۰۱۰) به بررسی روند تغییرات دمای حداقل و حداکثر و رطوبت نسبی در ۱۳ ایستگاه سینوپتیک ایران در بازه زمانی ۱۹۵۰ الی ۲۰۰۵ پرداختند و بیان کردند که دمای حداقل و حداکثر روند افزایشی و رطوبت نسبی روند کاهشی داشته است. طبری و حسین زاده (۲۰۱۲) روند داده های ماهانه، فصلی و سالانه ی حداقل و حداکثر درجه حرارت را در نیمه غربی کشور بررسی کردند که در اکثر این ایستگاهها روند افزایشی مشاهده شد. یانگ و همکاران (۲۰۱۲) روند دما میانگین ماهانه ۵۳ ساله در حوضه رودخانه ژانگونین و پنج ایستگاه هواشناسی اطراف آن را با استفاده از آزمون من- کندال مورد بررسی قرار دادند و روند کاهشی معنی دار در بارندگی سالانه و روند افزایشی دما را در فصل های تابستان و بهار گزارش نمودند.

بوکولاری و ملموسی (۲۰۱۳) روند کمینه، بیشینه و میانگین درجه حرارت را در منطقه مودنا در ایتالیا بررسی کرده و نشان دادند که درجه حرارت کمینه و بیشینه روند معنی داری نداشته و به ترتیب در هر دهه ۰.۱ درجه سانتیگراد افزایش یافته است. گوجیک و تراجکویچ (۲۰۱۳) روند تغییرات دمای فصلی و سالانه سبیری را با استفاده از آزمون من- کندال مورد مطالعه قرار دادند. نتایج به دست آمده بیانگر آن است که درجه حرارت فصلی و سالانه از روند صعودی معنی دار برخوردار است. امیررضاییه و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی روند تغییرات بارش و دمای شمالغرب کشور در نیم قرن اخیر به روش ناپارامتری MK نشان دادند که در مقیاس

بدست آمده، آزمون MK انجام می‌گیرد. این روش به اختصار روش MK-TFPW نامیده می‌شود.

۱-۳ تحلیل روند

هدف از آزمون روند این است که وجود و یا عدم وجود سیر صعودی یا نزولی در سری داده‌ها مشخص گردد. به این دلیل که در روش‌های پارامتری فرضیاتی نظیر نرمال بودن، ایستایی و مستقل بودن متغیرها وجود دارد که این فرضیات اغلب برای متغیرهای هیدرولوژیکی اعتبار ندارد، از روش ناپارامتری من-کندال که کاربرد بیشتری در مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی دارد، می‌توان استفاده کرد (۳). از جمله دلایل اصلی کاربرد آزمون‌های ناپارامتری عبارتند از: ۱- آزمون ناپارامتری برای سری‌هایی که توزیع آماری آنها نرمال نیست و یا دارای داده‌های بریده شده باشند، مناسب‌تر هستند.



شکل (۱) محدوده مورد مطالعه به همراه موقعیت جغرافیایی (طول و عرض ارتفاع) ایستگاه‌های هواشناسی

گرفتن بزرگترین پتانسیل آبی کشور، واجد بیشترین و بزرگترین طرح‌های آبی کشور ایران می‌باشد. این حوضه در محدوده طول شرقی $48^{\circ}02'$ الی $52^{\circ}01'$ و محدوده عرض شمالی $29^{\circ}56'$ الی $33^{\circ}07'$ واقع شده است، مساحت این حوضه 67257 کیلومتر مربع که حدود ۵ درصد از مساحت کل ایران را شامل می‌شود. از این مساحت، ۶۷ درصد آن را مناطق کوهستانی و ۳۳ درصد مابقی را دشت‌ها تشکیل داده است. دو رودخانه عمده آن یعنی کارون و دز پس از طی مسیرهای پرپیچ و خم کوهستانی بطور جداگانه وارد دشت خوزستان شده و در محل بند قیر واقع در ۵۰ کیلومتری شمال اهواز به یکدیگر متصل می‌شوند و در نهایت به خلیج فارس می‌ریزد. شکل (۱) موقعیت قرارگیری حوضه آبریز کارون و محل ایستگاه‌های هواشناسی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. داده‌های دمای ماهانه از ۳۸ ایستگاه هواشناسی، در بازه زمانی ۲۹ ساله (۱۳۶۵ الی ۱۳۹۳)، شامل ایستگاه‌های سینوپتیک و ایستگاه‌های دماسنجی وزارت نیرو (شرکتهای آب منطقه‌ای و سازمان آب و برق خوزستان) از شرکت مدیریت منابع آب ایران، در محدوده حوضه آبریز کارون بزرگ جمع‌آوری شد.

۲- روش‌های مورد استفاده

نظر به پراکندگی زمانی داده‌های ایستگاه‌های بدست آمده، ۳۸ ایستگاه به علت کامل بودن داده‌ها و پراکنش مکانی قابل قبول ایستگاه‌ها در سراسر منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. داده‌های جمع‌آوری شده در این مطالعه روند تغییرات سری زمانی دما در سه مقطع زمانی ماهانه، فصلی و سالانه برای هر یک از ایستگاه‌ها با آزمون غیرپارامتری MK مورد بررسی قرار گرفت. همانطوری که اشاره شد، شرط لازم برای استفاده از این آزمون مستقل بودن داده‌ها و عدم وجود ضریب خود همبستگی معنی‌دار در سری زمانی داده‌ها است. بنابراین در این مطالعه با استفاده از روش TFPW^۱ که در ادامه توضیح داده خواهد شد ابتدا اثر ضرایب خود همبستگی معنی‌دار از سری زمانی حذف و سپس بر روی سری زمانی

^۱ - trend-free pre-whitening

ارتفاع	عرض	طول	ایستگاه	ارتفاع	عرض	طول	ایستگاه	ارتفاع	عرض	طول	ایستگاه	ارتفاع	عرض	طول	ایستگاه
۱۸۲۱	۳۰-۴۰-۵۶	۵۱-۳۵-۰۳	یاسوج	۹۷۰	۳۳-۱۳-۰۰	۴۸-۵۳-۰۰	سپیددشت - سزار	۱۸۲۰	۳۳-۲۴-۰۱	۴۹-۴۴-۱۰	علی آباد نخبیرینج	۱۷۷۶	۳۱-۱۷-۰۶	۵۱-۱۵-۳۱	مال خلیفه
۲۱۰۵	۳۰-۳۴-۰۰	۵۱-۳۱-۰۰	دشت روم	۱۴۲	۳۳-۲۵-۰۰	۴۸-۲۷-۰۰	سد تنظیمی ذرفول	۲۰۰۰	۳۳-۰۹-۰۰	۴۹-۴۱-۰۰	کاظم آباد-کاکلستان	۲۴۰۵	۳۱-۵۴-۱۶	۵۰-۵۷-۰۰	آورگان
۱۵۴۰	۳۰-۵۷-۳۰	۵۱-۱۶-۰۰	پاناوه	۵۲۵	۳۳-۳۳-۰۰	۴۸-۲۷-۰۰	سد دز	۲۴۷۰	۳۳-۱۴-۰۰	۴۹-۵۲-۰۰	آب باریک الیگودرز	۱۴۱۶	۳۱-۳۳-۰۱	۵۰-۳۸-۰۵	منج
۱۳۸۳	۳۰-۵۹-۰۸	۵۱-۵۲-۳۰	دهنو	۸۲۰	۳۳-۰۴-۰۰	۴۹-۳۶-۰۰	سد شهید عباسپور	۱۷۳۰	۳۳-۵۵-۵۱	۴۸-۱۶-۲۲	کهیمان - حره تنگ	۲۲۵۹	۳۱-۵۱-۲۵	۵۱-۰۹-۳۶	گندمان
۲۲۴۵	۳۱-۵۷-۲۷	۵۱-۱۶-۳۲	بروجین	۶۰۰	۳۳-۰۳-۰۰	۴۹-۴۹-۰۰	سوسن	۸۲۵	۳۱-۴۳-۰۰	۴۹-۴۹-۰۰	بارانگرد	۲۳۰۱	۳۱-۱۱-۴۵	۵۱-۴۳-۱۴	حنا
۲۱۵۹	۳۱-۳۸-۵۹	۵۱-۱۴-۰۱	سولگان	۳۳	۳۱-۵۱-۰۰	۴۸-۵۳-۰۰	عرب حسن - اسد	۷۰۰	۳۱-۴۴-۰۰	۵۰-۰۸-۰۰	پل شالوسد کارون ۳	۲۴۵۰	۳۱-۰۸-۳۵	۵۱-۵۴-۴۸	مهرگرد
۹۴۹	۳۱-۳۹-۵۴	۵۰-۲۷-۱۳	مرغک	۱۰۰	۳۳-۱۵-۰۰	۴۸-۴۹-۰۰	گمبوند	۴۴۰	۳۳-۴۹-۰۰	۴۸-۴۶-۰۰	تله زنگ	۱۱۶۶	۳۳-۲۶-۲۳	۴۸-۱۴-۵۷	چم انجیر
۲۲۶۱	۳۲-۱۵-۳۳	۵۰-۱۹-۳۰	درک آباد	۳۹۰	۳۳-۲۰-۰۰	۴۹-۰۶-۰۰	لای - بند سرخی	۵۴۰	۳۳-۵۶-۰۰	۴۸-۴۶-۰۰	تنگ پنج - یختیاری	۱۸۰۰	۳۳-۳۰-۰۸	۴۸-۴۶-۵۹	هرو دهنو
۱۶۸۶	۳۳-۰۱-۵۰	۵۰-۳۷-۲۷	بهشت آباد	۳۰	۳۱-۵۴-۰۰	۴۸-۵۹-۰۰	شوشتر	۸۴۰	۳۱-۴۵-۰۰	۵۰-۱۱-۰۰	رکعت نعل کنان	۱۷۳۰	۳۳-۵۵-۵۱	۴۸-۱۶-۲۲	دره تنگ النتر
۱۸۸۶	۳۱-۳۳-۱۳	۱۹-۵۱-۰۳	الونی									۱۴۹۰	۳۳-۴۷-۰۰	۴۸-۴۷-۳۰	رحیم آباد-سیلاخور

آماره Z آزمون MK را می توان با استفاده از توزیع تجمعی نرمال محاسبه نمود.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

۳-۳- آزمون MK بر روی سری زمانی پیش سفید شده به

روش TFPW

روش TFPW-MK جهت شناسایی روند در یک سری زمانی دارای خودهمبستگی توسط یو و همکاران (۲۰۰۲) به صورت زیر ارائه گردید:

۱- شیب روند در داده‌های نمونه با استفاده از روش TSA^۲ به صورت زیر برآورد می‌شود.

$$b = \text{Median} \left(\frac{X_j - X_i}{j - i} \right) \quad \forall i < j \quad (5)$$

۲- اگر شیب تقریباً برابر صفر بود آنگاه دیگر نیازی به ادامه انجام آنالیز روند نیست، اما اگر مقدار آن برابر با صفر نبود، آنگاه روند به صورت خطی فرض شده و داده‌های نمونه به صورت $X'_t = X_t - T_t = X_t - bt$ بدون روند می‌شوند.

۳- ضریب خودهمبستگی مرتبه اول سری بدون روند X'_t با استفاده از معادلات زیر برآورد می‌گردد.

$$r_k = \frac{1}{n-k} \frac{\sum_{t=1}^{n-k} [X'_t - E(X'_t)][X'_{t+k} - E(X'_t)]}{\sum_{t=1}^n [X'_t - E(X'_t)]^2} \quad (6)$$

r_1 ضریب خودهمبستگی مرتبه ۱ داده‌های نمونه سری بدون X'_t و میانگین داده‌ها است.

(۲) از دیگر مزایای روش‌های ناپارامتری این است که از حساسیت کمتری نسبت به مقادیر حدی برخوردار هستند.

(۳) همچنین آزمون ناپارامتری را می توان برای سری‌های زمانی، بدون در نظر گرفتن خطی یا غیرخطی بودن روند به کار برد.

آزمون من-کندال (MK) یکی از پرکاربردترین روش‌های ناپارامتری برای تحلیل روند داده‌ها است (۷).

۳-۲- آزمون MK بر روی سری زمانی بدون حذف ضریب خودهمبستگی (پیش سفید نشده)

آزمون MK یکی از پرکاربردترین آزمون‌های غیرپارامتریک برای تحلیل روند داده‌ها است و از این آزمون به طور گسترده در تشخیص روند در سری‌های هیدرولوژیکی استفاده می‌شود. فرض صفر H_0 مستقل بودن و یکنواختی توزیع داده‌های نمونه $\{X_i; i = 1, 2, \dots, n\}$ و فرض مقابل H_1 وجود یک روند یکنواخت در داده‌ها. جهت انجام این آزمون ابتدا باید آماره S را با رابطه (۱) محاسبه نمود. که در آن مقدار داده Z_m ، n تعداد داده‌ها و $\text{sgn}(\theta)$ تابع علامت بوده و با رابطه (۲) قابل محاسبه است.

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

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{if } \theta > 0 \\ 0 & \text{if } \theta = 0 \\ -1 & \text{if } \theta < 0 \end{cases} \quad (2)$$

برای $n \geq 8$ آماره S دارای توزیع نرمال بوده و میانگین و واریانس آن از رابطه (۳) بدست می‌آید.

$$E(S) = 0 \quad \text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{m=1}^n t_m(t_m-1)(2t_m+5)}{18} \quad (3)$$

که در آن t_m تعداد داده‌های یکسان در دسته i ام است. آماره آزمون MK یا Z با رابطه (۴) محاسبه می‌شود. احتمال

AR(1) منفی با استفاده از پیش سفید کردن باعث افزایش شیب روند واقعی خواهد شد. بنابراین در صورت وجود روند در یک سری زمانی، پیش سفید کردن روش مناسبی جهت حذف اثر خودهمبستگی سری جهت آزمون MK نخواهد بود. توجه به رابطه (۷) نشان می‌دهد که اگر روند در یک سری واضح بوده و بتوان روند مذکور را با یک روند خطی تقریب زد، حذف روند نمی‌تواند بر فرآیند AR(1) مؤثر باشد. در مطالعات شبیه سازی یو و همکاران (۲۰۰۳) نیز این موضوع نشان داده شد. آن‌ها نشان دادند که اولاً: وجود یک روند باعث ایجاد اشتباه در برآورد ضریب خودهمبستگی می‌گردد در صورتی که وجود فرآیند AR در برآورد شیب روند تاثیری نخواهد داشت. ثانیاً: حذف روند به عنوان گام اول بر فرآیند واقعی AR درون یک سری زمانی مؤثر نیست در صورتیکه حذف تاثیر روند بر تخمین مقدار فرآیند AR مؤثر می‌باشد. بر اساس نتایج مذکور یو و همکاران (۲۰۰۲) روش TFPW را ارائه کردند که رئوس کلی آن در قسمت قبل ارائه شد.

۳- بحث و نتایج

الف) روند تغییرات در مقیاس سالانه

در بررسی روند تغییرات دما حوضه کارون مقادیر آماره (Z) برای سری داده‌های فصلی و سالانه به روش TFPW در دو سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۰٪ درصد در جدول (۱) نشان داده شده است. همانطوری که نتایج این جدول نشان می‌دهد در مقیاس سالانه از ۳۸ ایستگاه، ۱۳ ایستگاه دارای آماره (Z) بزرگتر از ۱/۹۶ دارای روند افزایشی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪ است

۴- پس از محاسبه ضریب خودهمبستگی با مرتبه اول، خودهمبستگی مرتبه اول AR(1) با استفاده از رابطه $Y'_t = X'_t - \rho_1 X'_{t-1}$ حذف می‌گردد. این روش پیش سفید کردن پس از حذف روند از سری‌ها روش پیش سفید کردن بدون روند نامیده می‌شود (TFPW). سری باقیمانده‌ها پس از انجام روش TFPW یک سری مستقل می‌باشد.

۵- روند شناخته شده T_t و سری باقیمانده‌ها Y'_t به صورت $Y_t = Y'_t + T_t$ با هم ترکیب می‌گردد. بدیهی است که سری حاصل Y_t روند واقعی را حفظ کرده و اثر ضریب خودهمبستگی نیز حذف شده است.

۶- آزمون MK بر روی سری ترکیبی Y_t جهت برآورد روند واقعی انجام می‌گردد.

۴-۳- توانایی ۳PW در حذف اثر ضریب خودهمبستگی

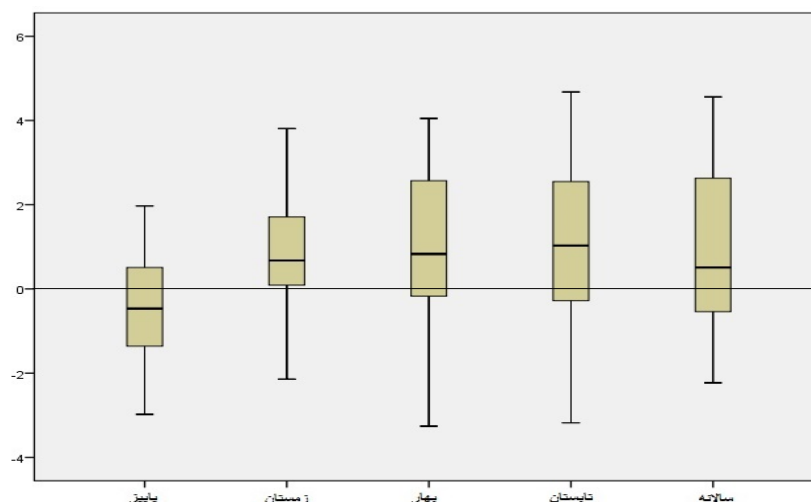
یو و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از روش شبیه سازی مونت کارلو نشان دادند که هر گاه با استفاده از روش پیش سفید کردن وان استورچ فرآیند AR را از یک سری زمانی دارای فرآیندهای روند و AR(1) حذف نماییم آنگاه بخشی از روند از سری زمانی حذف خواهد شد. با فرض وجود یک روند خطی $(T_t = \beta \cdot t)$ و یک فرآیند AR(1) $(A_t = \rho_1 A_{t-1} + \varepsilon_t)$ که در آن ضریب خودهمبستگی با تاخیر واحد و ε_t یک اغتشاش می‌باشد (در یک سری زمانی خواهیم داشت:

$$X_t = T_t + A_t \quad (7)$$

سری‌ها با استفاده از روش وان استورچ به صورت زیر پیش سفید می‌گردد:

$$X'_t = X_t - \rho_1 X'_{t-1} \quad (8)$$

همان‌طور که دیده می‌شود فرآیند AR(1) دیگر به آن صورت در سری‌ها پیش سفید شده و حذف می‌گردد. به همین دلیل فرآیند AR(1) را از سری حذف کرده است. به هر حال شیب سری‌های پیش سفید شده برابر است با $\beta' = \beta(1 - \rho_1)$ که دقیقاً با شیب واقعی β است. اگر $\rho_1 > 0$ باشد آنگاه $|\beta'| < |\beta|$ به عبارت دیگر AR(1) مثبت با استفاده از پیش سفید کردن بخشی از روند را حذف خواهد کرد. اگر $\rho_1 < 0$ باشد آنگاه $|\beta'| > |\beta|$ به عبارتی حذف



شکل (۲) نمودار جعبه و خط برای آماره (Z) روند میانگین دمای سالانه و فصلی در ایستگاه‌های حوضه کارون خطوط انتهای جعبه (پایین و بالای مستطیل) به ترتیب نشان دهنده مقادیر آماره (Z) نظیر صدک ۲۵ و ۷۵ و خط موجود در درون جعبه نشان دهنده مقدار نظیر میانه آماره‌ها (Z) میباشد. خطها (خطوط افقی کرانه‌ای) نشان دهنده مقادیر آماره (Z) نظیر صدک ۵ و ۹۵ تعداد ایستگاه‌ها است.

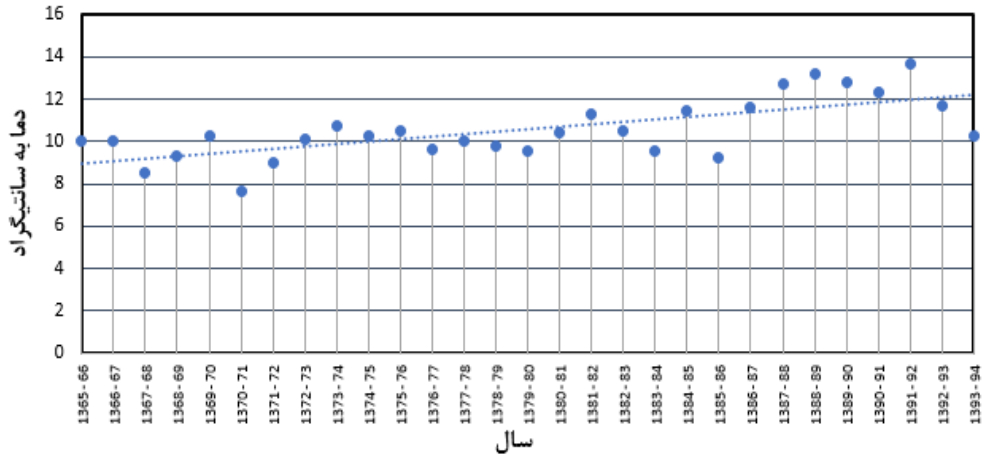
عبارتی ۶۶ درصد از ایستگاه‌ها دارای خط روند افزایشی بوده لیکن تنها ۳۴ درصد از ایستگاه‌ها دارای خط روند افزایشی معنی دار است. در شکل (۳) روند افزایشی تغییرات میانگین دمای سالانه ایستگاه کاظم آباد و تغییرات بدون روند دمای ایستگاه هرو دهنو نشان داده شده است.

ب) روند تغییرات فصلی

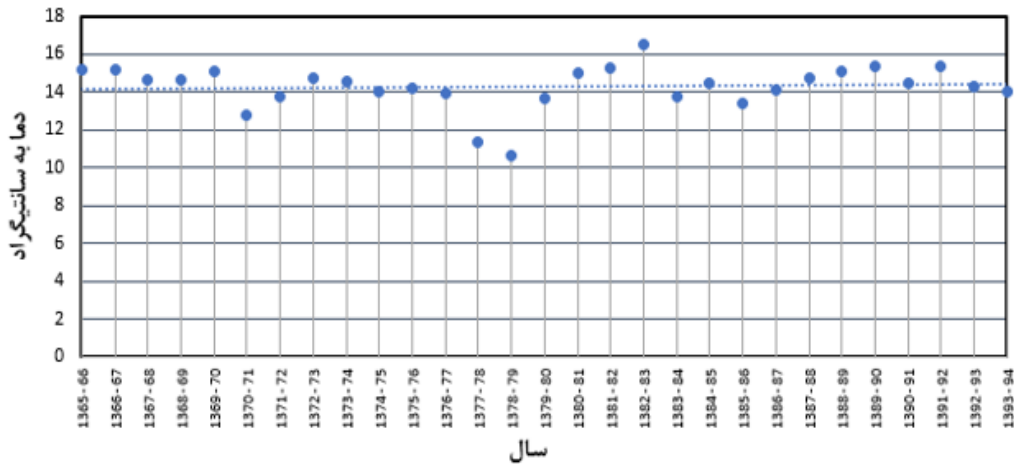
برای سری داده‌های دما فصلی و سالانه به روش TFPW در جدول (۱) مقادیر آماره Z حوضه کارون نشان داده شده است. در مقیاس فصلی، فصل زمستان بیشترین ایستگاه دارای روند افزایشی بوده بطوریکه در این فصل تعداد ۳۲ ایستگاه دارای روند افزایشی است گرچه فصل بهار دارای بیشترین ایستگاه‌های دارای روند افزایشی (۱۴ ایستگاه) در سطح اطمینان ۹۰٪ معنی دار بدست می‌آید و کمترین تغییرات روند افزایشی مربوط به فصل پاییز بطوریکه در این فصل ۱۵ ایستگاه دارای روند افزایشی میباشد که از این

همچنین ۲ ایستگاه یکی دارای روندی مثبت و دیگری دارای روند کاهشی معنی دار در سطح اطمینان ۹۰٪ بدست می‌آید. وجود روند افزایشی بیانگر افزایش دما در ایستگاه‌های مذکور است. شدیدترین روند افزایشی مربوط به ایستگاه رکعت نعل کنان با آماره ۴/۵۶ است که در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی دار است. شیب روند این ایستگاه به روش سن تیل برابر ۰/۰۹ سانتیگراد در سال می‌باشد. نتایج بدست آمده در جدول (۱) نشان می‌دهد که در مقیاس سالانه ۲۳ ایستگاه بدون روند و یا فاقد روند معنی دار می‌باشند.

همانطور که در شکل (۲) نمودار جعبه و خط آماره (Z) روند میانگین دمای سالانه مذکور مشاهده می‌شود، فاصله خط زیرین و فوقانی جعبه ۲۵ و ۷۵ درصد نسبت به فصول مورد بررسی چشمگیر است و این نشان می‌دهد که آماره (Z) سالانه ۵۰ درصد ایستگاه‌های حوضه، از میانه آماره‌ها (Z) فاصله دارد. اگر چه ۲۵ ایستگاه از مجموع ۳۸ ایستگاه و به



الف) روند تغییرات دما در ایستگاه کاظم آباد



ب) روند تغییرات دما در ایستگاه هرو دهنو

شکل (۳) روند تغییرات دما سالانه الف- ایستگاه کاظم آباد ، ب - ایستگاه هرو دهنو

شدیدترین روند افزایشی در این فصل در دوره آماره مورد بررسی مربوط به ایستگاه شوشتر با آماره ($Z = 4/21$) و همچنین شدیدترین روند کاهشی در این فصل مربوط به ایستگاه رحیم آباد با آماره ($Z = -2/14$) است.

در فصل بهار، ۲۷ ایستگاه و یا به عبارتی ۶۹ درصد ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی است که از این میان ۱۴ ایستگاه دارای روندی مثبت (در سطح اطمینان ۹۰٪) است. شدیدترین روند افزایشی در این فصل مربوط به ایستگاه کاظم آباد با آماره ($Z = 4/05$) و همچنین شدیدترین روند کاهشی مربوط به ایستگاه رحیم آباد با آماره ($Z = 3/26$) می‌باشد.

در فصل تابستان، ۲۶ ایستگاه و یا به عبارتی ۶۷ درصد ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی است که از این میان ۱۲ ایستگاه دارای روندی افزایشی (در سطح اطمینان ۹۰٪) می‌باشد. شدیدترین روند افزایشی در این فصل مربوط به

میان تنها ۲ ایستگاه دارای روند افزایشی در سطح اطمینان ۹۰٪ معنی دار تعیین می‌گردد. بیشینه روند افزایشی مربوط به ایستگاه پاتاوه در فصل تابستان با آماره ($Z = 4/68$) است.

روند کلی در فصل پاییز کاهش می‌باشد بطوری که ۲۳ ایستگاه و یا به عبارتی ۵۹ درصد ایستگاه‌های حوضه دارای روند کاهش است که از این میان ۸ ایستگاه دارای روندی کاهش (در سطح اطمینان ۹۰٪) می‌باشد. شدیدترین روند افزایشی در این فصل پاییز در دوره آماره مورد بررسی مربوط به ایستگاه دهنو با آماره ($Z = 1/97$) است و همچنین شدیدترین روند کاهش در این فصل مربوط به ایستگاه گندمان با آماره ($Z = -2/98$) بدست می‌آید.

در فصل زمستان، ۳۲ ایستگاه و یا به عبارتی ۸۲ درصد ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی که از این میان ۱۰ ایستگاه دارای روندی مثبت (در سطح اطمینان ۹۰٪) است.

درصد) در مقایسه با فصول دیگر زیادتر است و این نشان می‌دهد که تغییرات آماره (Z) روند در این دو فصل در ایستگاه‌های مورد مطالعه زیاد می‌باشد. همچنین در فصل پاییز فاصله خط زیرین و فوقانی جعبه (۲۵ و ۷۵ درصد) نسبت به فصول دیگر کمتر است و این نشان می‌دهد که تغییرات آماره (Z) روند در این فصل در ایستگاه‌های مورد مطالعه کم بوده و بنابراین آماره (Z) روند بسیاری از ایستگاه‌ها (۵۰ درصد) نزدیک به میانه است.

ایستگاه پاتاوه با آماره (Z = ۴/۶۸) و همچنین شدیدترین روند کاهشی در این فصل مربوط به ایستگاه دزک آباد با آماره (Z = -۳/۱۸) است. شکل (۲) نمودار جعبه و خط را برای تغییرات آماره (Z) روند دمای فصلی در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. خط میانه آماره‌ها (Z) در فصلهای زمستان، بهار و تابستان مثبت و تنها در فصل پاییز تغییرات روند کاهشی است. در فصل تابستان و بهار فاصله خط زیرین و فوقانی جعبه (۲۵ و ۷۵

جدول (۱) مقادیر آماره Z حوضه کارون به روش TFPW برای سری داده‌های دما فصلی و سالانه حوضه کارون

سالانه	فصلی				ایستگاه بارانسنجی	سالانه	فصلی				ایستگاه بارانسنجی
	تابستان	بهار	زمستان	پاییز			تابستان	بهار	زمستان	پاییز	
-۲/۱۱	-۲/۶۷	-۱/۷۲	۰/۱۷	-۱/۸۶	دره تنگ الشتر	۳/۳۰	۲/۴۷	۳/۰۲	۲/۲۳	۰/۵۱	لالی - بنه سرخی
-۱/۰۵	-۱/۰۵	-۰/۱۷	۰/۰۹	-۱/۴۸	علی آباد تخیرسنج	۰/۴۳	۱/۱۳	۱/۲۲	۰/۴۱	-۰/۹۷	بارانگرد
-۱/۳۶	-۱/۲۱	-۰/۸۱	۰/۵۸	-۱/۹۶	کهان - دره تنگ	-۱/۲۸	-۱/۶۴	-۰/۱۴	۰/۰۰	-۱/۹۱	پل شالو-سد کارون ۳
۰/۵۷	۰/۱۸	۰/۴۱	۱/۶۵	-۰/۳۹	حنا	۰/۰۹	-۰/۲۲	-۲/۱۶	۰/۷۵	۱/۲۰	تنگ پنج - بختیاری
-۰/۲۸	۰/۲۲	۲/۶۷	-۱/۲۹	-۰/۸۸	مهرگرد	-۱/۲۸	-۰/۷۷	-۰/۳۸	۰/۰۰	-۲/۲۳	سپید دشت - سزار
۰/۷۷	۰/۸۱	۳/۳۸	۰/۵۱	-۱/۷۶	آلونی	۰/۸۴	۱/۲۴	۰/۵۶	۰/۱۱	-۰/۱۱	سد شهید عباسپور
۰/۱۳	-۰/۲۸	۱/۴۰	۱/۱۱	-۱/۲۹	آورگان	۰/۲۲	۱/۲۸	۰/۳۸	-۰/۰۹	-۰/۹۲	سوسن
-۰/۵۳	-۲/۳۵	-۲/۶۳	۱/۹۲	۰/۳۰	بروجن	۱/۹۲	۲/۱۹	۰/۳۴	۱/۳۵	۰/۵۸	گنوند
-۰/۵۷	-۰/۱۴	۰/۳۸	۰/۵۸	-۱/۳۶	بهشت آباد	۰/۴۵	۱/۱۳	۰/۶۵	۰/۷۷	-۱/۲۴	هرو دهنو
-۰/۵۴	-۳/۱۸	۰/۳۴	۰/۳۶	-۱/۱۸	دزک آباد	۱/۰۱	۱/۰۹	۰/۵۴	۱/۷۱	-۰/۷۳	چم انجیر
۰/۰۲	-۱/۴۱	۱/۶۴	۰/۹۹	-۱/۹۷	سولگان	-۲/۲۳	۲/۹۸	-۳/۲۶	-۲/۱۴	-۲/۶۳	رحیم آباد
-۱/۵۲	۰/۴۳	۱/۷۲	-۰/۹۲	-۲/۹۸	گندمان	۳/۶۵	۴/۰۵	۴/۰۵	۱/۳۷	۱/۹۳	کاظم آباد
۰/۸۹	۱/۱۷	۱/۰۱	۰/۳۶	-۰/۳۰	مال خلیفه	۲/۸۳	۲/۸۳	۲/۴۳	۱/۰۱	۱/۴۴	آب باریک الیگودرز
-۰/۴۵	۰/۳۴	-۰/۳۰	-۰/۳۸	-۰/۶۹	مرغک	-۰/۷۳	۰/۱۷	-۰/۵۳	-۰/۰۹	-۰/۳۶	تله زنگ
۲/۶۳	۳/۳۸	۲/۵۷	۱/۸۹	-۰/۵۴	منج	۴/۵۶	۴/۳۷	۲/۹۴	۳/۱۰	۱/۵۹	رکعت نعل کنان
۲/۰۷	۲/۵۵	۱/۷۲	۱/۲۰	۰/۰۶	دشروم	۲/۱۹	۰/۹۷	۱/۲۱	۲/۷۵	۰/۰۰	سد تنظیمی دزفول
۳/۲۲	-۰/۹۷	۳/۳۰	۳/۸۱	۱/۹۷	دهنو	۱/۱۸	۱/۵۶	-۱/۲۲	۲/۵۱	۰/۳۶	سد دز
۴/۰۱	۴/۳۳	۳/۱۵	۰/۰۰	۱/۲۲	یاسوج	۴/۰۹	۳/۱۰	۳/۹۳	۴/۲۱	۱/۱۴	شوشتر
۳/۹۷	۴/۶۸	۳/۸۹	۰/۶۰	۱/۴۴	پاتاوه	۲/۹۴	۳/۱۰	۲/۳۹	۳/۱۰	۰/۵۱	عرب حسن - اسد
۱۳	۲	۱۲	۱۴	۱۲	تعداد ایستگاههای با روند مثبت						
۲۳	۲۶	۲۵	۲۰	۲۳	تعداد ایستگاههای بدون روند						
۲	۱۰	۱	۴	۳	تعداد ایستگاههای با روند منفی						

جدول (۲). مقادیر آماره Z به روش TFPW جدول برای سری داده‌های دمای ماهانه حوضه کارون

ایستگاه بارانسنجی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
لالی - بنه سرخی	۱/۰۵	-	-	۰/۵۱	۲/۰۸	۳/۱۴	۲/۵۷	۲/۰۷	۲/۸۶	۲/۹۵	۲/۰۸	۱/۶۷
بارانگرد	۰/۸۹	-	-	۰/۰۸	۰/۵۳	۱/۴۰	۱/۹۳	۰/۱۷	۱/۰۳	۱/۸۲	۰/۳۶	۱/۲۰
پل شالو-سد کارون ۳	-	-	-	-	-	۱/۳۱	۱/۱۳	-۰/۰۲	-۰/۱۲	۰/۱۷	-۱/۸۰	-۱/۸۰

-۰/۰۲	۰/۴۵	-	-۱/۷۶	-۲/۳۱	-۱/۲۸	۰/۳۰	-	۰/۷۵	۰/۷۷	۱/۴۱	۰/۱۱	تنگ پنج - بختیاری
-۱/۱۷	-۱/۱۳	۱/۳۲	۰/۱۸	-۰/۸۹	۰/۳۹	۰/۰۹	-	-	-	-	-	سپید دشت - سزار
۱/۴۴	۰/۲۱	۱/۰۵	۰/۸۱	۰/۰۶	۲/۱۲	۱/۳۱	۰/۳۰	۰/۱۳	-	-	۱/۱۱	سد شهید عباسپور
۱/۴۴	۰/۷۵	۰/۹۷	۱/۴۴	۰/۴۱	۰/۹۲	۰/۸۸	-	-	-	-	۰/۷۵	سوسن
۲/۱۱	۱/۱۳	۲/۰۱	۱/۲۴	-۰/۰۲	۱/۴۸	۲/۱۴	۱/۷۳	۰/۷۷	-	-	۱/۵۴	گتوند
-۰/۴۹	-۰/۳۸	۲/۲۳	۰/۸۵	-۰/۹۳	۱/۶۷	۱/۳۳	۰/۷۷	۰/۱۳	-	-	۰/۳۴	هرو دهنو
۱/۱۷	۰/۴۱	۲/۵۵	۱/۶۰	۰/۲۶	۱/۲۴	۲/۰۳	۱/۱۴	۰/۹۰	-	-	۰/۲۴	چم انجیر
۲/۳۱	۲/۹۸	۲/۶۴	-۲/۰۰	-۳/۶۵	-۲/۵۵	-۱/۹۷	-	-	-	-	۰/۰۰	رحیم آباد
۲/۹۴	۳/۰۰	۴/۳۷	۴/۸۸	۳/۳۴	۳/۱۰	۲/۷۵	۱/۶۵	۰/۷۷	-	-	۳/۷۳	کاظم آباد
۱/۳۲	۲/۲۷	۳/۸۵	۳/۸۵	۱/۸۸	۱/۴۶	۰/۸۵	۰/۶۵	۰/۰۹	-	-	۳/۲۲	آب باریک الیگودرز
-۱/۵۶	-۰/۲۱	۲/۳۶	۰/۸۵	-۰/۹۷	۰/۰۰	-۰/۰۲	-	-	-	-	۱/۹۶	تله زنگ
۴/۰۵	۴/۱۳	۴/۳۳	۴/۴۵	۲/۰۴	۲/۰۸	۲/۹۸	۱/۸۰	۰/۸۴	۰/۱۳	۰/۵۳	۳/۰۶	رکعت نعل کنان
۱/۸۴	۱/۲۱	-	۱/۱۴	۰/۵۴	۱/۷۸	۲/۷۹	۲/۱۹	۰/۶۹	-	-	-	سد تنظیمی دزفول
۱/۹۳	۰/۹۰	۰/۴۳	-۰/۰۲	-۱/۸۶	-۰/۲۸	۱/۲۲	۳/۱۸	۱/۴۱	-	-	۱/۰۵	سد دز
۳/۷۰	۳/۵۰	۲/۹۸	۳/۹۷	۴/۲۱	۲/۹۸	۳/۹۷	۴/۶۰	۱/۲۲	۰/۶۶	۱/۴۸	۱/۴۰	شوشتر
۲/۸۳	۱/۴۸	۱/۵۶	-۰/۰۶	۲/۶۳	۲/۴۴	۳/۰۲	۳/۳۰	۰/۹۲	۰/۸۱	-	۰/۲۴	عرب حسن - اسد
-۱/۵۶	-۳/۳۰	-	-۲/۵۵	-۲/۹۵	۰/۰۲	۰/۰۶	-	۰/۲۱	-	-	-	دره تنگ الشتر
-۱/۵۶	-۲/۵۵	۱/۴۴	۰/۳۰	-۰/۱۴	۱/۲۴	۱/۵۰	-	-	-	-	-	علی آباد نبخیر سنج
-۱/۷۶	-۲/۲۳	۰/۰۶	-۱/۱۷	-۰/۶۹	۰/۵۷	۰/۱۷	۰/۵۴	۰/۰۰	-	-	-	کهمان - دره تنگ
۰/۶۴	۰/۰۰	۱/۶۱	۰/۷۷	-۰/۷۳	۰/۳۸	۱/۳۱	۱/۷۴	۰/۵۳	-	-	۱/۹۹	حنا
-۰/۴۹	-۲/۲۷	۲/۴۹	۳/۳۰	۲/۶۷	۱/۰۹	-۰/۵۱	-	-	-	-	۱/۷۲	مهرگرد
-۰/۶۵	-۲/۰۰	۳/۲۲	۳/۵۴	۳/۷۷	۲/۵۳	۱/۵۹	۰/۶۲	۰/۰۴	-	-	-	آلونی
-۱/۶۳	-۰/۶۸	۲/۲۱	۱/۰۱	۱/۰۱	۱/۷۴	۰/۶۹	۱/۰۷	۰/۰۰	-	-	-	آورگان
-۰/۵۳	-۱/۹۲	-	-۲/۸۳	-۳/۰۲	-۰/۰۶	۰/۳۸	۲/۱۲	۱/۸۶	-	-	۱/۷۶	بروجن
-۰/۵۷	-۱/۸۸	۱/۹۲	۰/۰۶	-۰/۴۵	۱/۰۳	۰/۹۷	۰/۵۴	۰/۰۶	-	-	۰/۴۹	بهشت آباد
-۲/۹۸	-۱/۴۶	-	-۰/۳۰	۰/۷۷	۱/۳۷	۰/۹۶	۰/۱۷	-	-	-	-	دزک آباد
-۲/۷۹	-۱/۵۹	۲/۲۷	۱/۷۲	۱/۳۲	۱/۵۲	۰/۸۵	۰/۸۴	۰/۱۳	-	-	۰/۶۹	سولکان
-۲/۴۲	-۰/۳۲	۳/۶۵	۲/۶۳	۱/۸۴	۱/۴۱	-۰/۴۳	-	-	-	-	-	گندمان

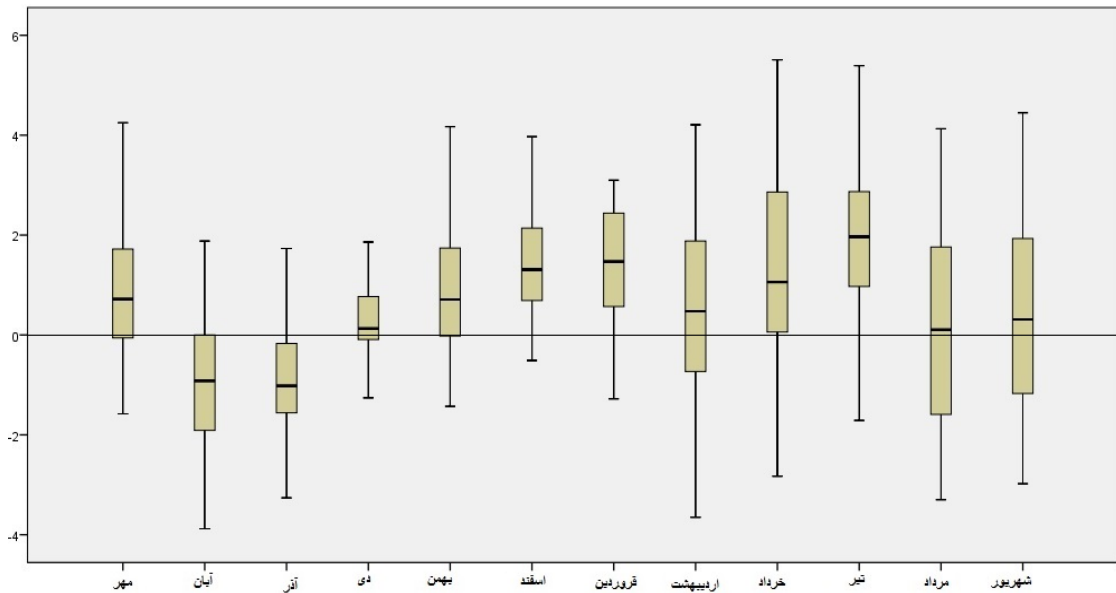
							۰/۵۳	۱/۱۱	۲/۲۳	۳/۸۸	۰/۳۰	
مال خلیفه	-۰/۳۰	-۱/۰۱	۲/۵۱	۱/۰۹	۰/۹۷	۱/۵۲	۱/۹۷	۰/۶۲	۰/۶۹	-	۰/۲۶	۰/۳۴
مرغک	-۰/۱۸	-۰/۵۳	۱/۷۸	۰/۴۱	-۰/۷۳	۰/۲۴	۰/۸۹	۰/۳۹	-	-	۰/۲۱	۰/۶۱
منج	۲/۴۶	۲/۱۲	۲/۸۷	۲/۹۴	۱/۱۴	۲/۵۳	۲/۲۷	۱/۹۳	۰/۳۹	-	۱/۶۴	۰/۸۸
دشتروم	۱/۷۳	۱/۷۶	۱/۹۲	۲/۱۵	۰/۶۲	۲/۷۸	۱/۴۶	۰/۸۸	۰/۹۲	-	۱/۲۰	۲/۰۷
دهنو	-۰/۹۳	-۲/۵۱	۰/۴۱	۱/۲۱	۲/۴۷	۳/۰۶	۳/۵۰	۴/۱۷	۲/۱۹	۱/۷۳	۱/۸۸	۰/۸۸
ياسوج	۴/۴۵	۳/۶۵	۳/۶۲	۴/۵۲	۱/۳۵	۲/۴۸	۲/۴۶	۱/۵۸	-	-	۰/۰۲	۳/۷۷
پاناوه	۴/۰۵	۳/۸۵	۵/۳۹	۵/۵۱	۲/۸۶	۲/۴۶	۲/۰۰	۱/۰۱	-	-	۰/۰۰	۴/۲۵
تعداد ایستگاههای با روند مثبت	۱۳	۱۰	۲۳	۱۳	۱۱	۱۶	۱۳	۱۱	۲	۱	۱	۱۰
تعداد ایستگاههای بدون روند	۲۰	۱۹	۱۳	۲۱	۲۲	۲۱	۲۴	۲۷	۳۴	۳۱	۲۵	۲۸
تعداد ایستگاههای با روند منفی	۵	۹	۲	۴	۵	۱	۱	۰	۲	۶	۱۲	۰

ج) روند تغییرات ماهانه

همانطور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود در مقیاس ماهانه، اسفند و فروردین دارای بیشترین تعداد ایستگاه با روند افزایشی هستند بطوریکه در این ماه‌ها تعداد ۳۴ ایستگاه و یا به عبارتی ۹۸ درصد ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی هستند که از این میان ۱۳ ایستگاه در اسفند ماه و ۱۵ ایستگاه در فروردین ماه دارای روندی مثبت (در سطح اطمینان ۹۰٪) است. در آذر ماه بیشترین تعداد ایستگاه‌های دارای روند کاهشی حاصل شده است بطوریکه در این ماه تعداد ۳۳ ایستگاه و یا به عبارتی ۸۷ درصد ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی بوده که از این میان ۶ ایستگاه دارای روندی کاهشی (در سطح اطمینان ۹۰٪) می‌باشد. شدیدترین روند کاهشی مربوط به ایستگاه گندمان ($Z = -3/88$) در آبان ماه و

شدیدترین روند افزایشی مربوط به ایستگاه شوشتر ($Z = 4/6$) در بهمن ماه است.

شکل (۴) نمودار جعبه و خط را برای آماره (Z) روند دمای ماهانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. همانطوری که دیده می‌شود خط میانه آماره‌ها (Z) در همه ماه‌های سال بجز ماه‌های آبان و آذر مثبت است بیشترین آماره (Z) افزایشی مربوط به تیرماه می‌باشد. در ماه‌های مرداد و شهریور ماه فاصله خط زیرین و فوقانی جعبه (۲۵ و ۷۵ درصد) در مقایسه با ماه دیگر زیادتر است و این نشان می‌دهد که تغییرات آماره (Z) روند در این دو ماه بیش از سایر ماه‌ها می‌باشد.



شکل (۴) نمودار جعبه و خط برای آماره (Z) روند میانگین دما ماهانه در ایستگاه‌های حوضه کارون خطوط انتهایی جعبه (پایین و بالای مستطیل) به ترتیب نشان دهنده مقادیر آماره (Z) نظیر صدک ۲۵ و ۷۵ و خط موجود در درون جعبه نشان دهنده مقدار نظیر میانه آماره ها (Z) می-باشد. خطها (خطوط افقی کرانه‌ای) نشان دهنده مقادیر آماره (Z) نظیر صدک ۵ و ۹۵ تعداد ایستگاه‌ها است.

ایستگاه‌های مورد بررسی ۱۳ ایستگاه دارای روندی افزایشی (در سطح اطمینان ۹۰٪) است. در مقیاس فصلی، بیش از ۶۷ درصد ایستگاه‌ها در فصل‌های زمستان، بهار و تابستان دارای روند افزایشی بوده و بیش از ۲۶ درصد ایستگاه‌ها در این فصول دارای روند افزایشی (در سطح اطمینان ۹۰٪ معنی‌دار) می‌باشند. در مقیاس ماهانه، بیش از ۵۰ درصد ایستگاه‌ها در ماه‌های سال (بجز ماه‌های آبان و آذر) دارای روند افزایشی هستند و بیش از ۲۶ درصد این ایستگاه‌ها در این فصول دارای روند افزایشی (در سطح اطمینان ۹۰٪ معنی‌دار) می‌باشند. روند افزایشی دما در اغلب ایستگاه‌های مورد مطالعه، با یافته‌های طبری و حسین زاده (۲۰۱۱)، صبحی و سلطانی (۲۰۰۸) و زارع نیستانک و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد.

منابع

۱. اسماعیل پورم و دین پژوهی، ۱۳۹۱. تحلیل بلندمدت تبخیر تعرق پتانسیل در حوضه جنوبی ارس. مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی. ۴۷:۳ - ۱۳۹ - ۲۱۰.
۲. امیررضائیه، ع.، پرهمت، ج و احمدی، ف. ۱۳۹۵. بررسی روند تغییرات بارش و دمای شمالغرب کشور در نیم قرن اخیر. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۶: ۱۰۶ - ۷۹۷ - ۸۰۹.

همچنین در دی ماه فاصله خط زیرین و فوقانی جعبه (۲۵ و ۷۵ درصد) نسبت به ماه‌های دیگر کمتر است و این نشان می‌دهد که تغییرات آماره (Z) روند در این ماه در ایستگاه‌های مورد مطالعه کم بوده و بنابراین آماره (Z) روند بسیاری از ایستگاه‌ها (۵۰ درصد) نزدیک به میانه است.

۴- نتیجه گیری

در این مطالعه روند تغییرات دمای ایستگاه‌های هواشناسی حوضه کارون در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه بررسی شد. روش مورد استفاده در این مطالعه، آزمون من کندال پس از حذف کلیه ضرایب همبستگی با استفاده از روش TFPW است که اختصاراً TFPW-MK نامیده می‌شود. داده‌های مورد استفاده شامل داده‌های ۳۸ ایستگاه بارانسنجی منتخب در دوره ۲۹ ساله (۱۳۹۳-۱۳۶۵) در حوضه کارون می‌باشد. نتایج نشان داد که در مقیاس سالانه میزان دما در محدوده مورد مطالعه با توجه به میزان آماره (Z) دارای روند صعودی است بطوریکه ۲۵ ایستگاه از مجموع ۳۸ ایستگاه مورد بررسی در این حوضه و یا به عبارتی ۶۴ درصد ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی است لیکن اینکه این روند معنی‌دار است یا خیر با توجه به نتایج مندرج در جدول (۱)، از میان

10. Gocic, M., and Trajkovic, S. "Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia". *Global and Planetary Change*, NO. 100, PP. 172-182. 2013.
11. Kousari, M.R., and Asadi, M.A. "Minimum, maximum, and mean annual temperatures, relative humidity, and precipitation trends in arid and semiarid regions of Iran". *Arabian Journal of Geosciences*, NO. 4, PP. 907-914. 2010.
12. Sabohti, R., and Soltani, S. "Trend Analysis of Climatic Factors in Great Cities of Iran". *Agriculture and natural resources*, NO. 12, PP. 303-322. 2008.
13. Tabari, A., and Hosseinzadeh-Talaei, P. "Recent trends of mean maximum and minimum air temperatures in the western half of Iran". *Journal of Meteorological Atmosphere Physics*, NO. 111, PP. 121-131. 2011.
14. Yang, X.L., Xu, L.R., Li, C.h., Hu, J., and Xia, X.H. "Trends in temperature and precipitation in the Zhangweinan River basin during last 53 years". *Procedia Environmental Sciences*, NO. 13, PP. 1966-1974. 2012.
15. Yue, S., Pilon, P., and Cavadias, G. "Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho testes for detecting monotonic trends in hydrological series". *Journal of Hydrology*, NO. 259, PP. 254-271. 2002.
16. Yue, S., Pilon, P., Phinney, B. "Canadian streamflow trend detection: impacts of serial and crosscorrelation". *Hydrological Sciences Journal*, NO. 48, 51-64. 2003.
17. Zarenistanak, M., Dhorde, A.G., Kripalani, R.H. "Temperature analysis over southwest Iran: trends and projections". *Theoretical and Applied Climatology*. NO.2, PP. 103-117. 2013.
۳. ترابی پوده، حسن، امامقلی زاده صمد (۱۳۹۳). بررسی تغییرات آبدهی رودخانه‌های استان لرستان با استفاده از روش TFPW-MK. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. شماره ۳۵، ۹۳-۷۳.
۴. خلیلی، ک.، احمدی، ف.، بهمنش، ج.، وردی نژاد، و. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر روی دمای هوا و جریان رودخانه شهرچای واقع در غرب دریاچه ارومیه با استفاده تحلیل روند و ایستایی. علوم و مهندسی آبیاری. ۳۵: ۴: ۹۷-۱۰۸.
۵. علیجانی، ب.، محمودی، پ.، سلیقه، م. و ریگی جاهی، ا. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات کمینه‌ها و بیشینه‌های سالانه دما در ایران. فصل نامه تحقیقات جغرافیایی. ۲۶: ۳: ۱۰۱-۱۲۲.
۶. فتحیان، ف. و مرید، س. ۱۳۹۱. بررسی روند متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژیکی حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از روش های غیرپارامتری. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۳: ۳: ۲۵۹-۲۶۹.
۷. میرعباسی، ر. و دین پڑوه، ی. ۱۳۹۱. تحلیل دماهای شمال-غرب ایران در نیم قرن گذشته. مجله علوم و مهندسی آبیاری. ۳۵: ۴: ۵۹-۷۳.
8. Boccolari, M., and Malmusi, S. "Changes in temperature and precipitation extremes observed in Modena, Italy". *Atmospheric Research*, NO 122, PP. 16-31. 2013.
9. Dinpashoh, Y., Mirabbasi, R., Jhahharia, D., Zare Abianeh, H., and Mostafaeipour, A. "Effect of short term and long-term persistence on identification of temporal trends". *Journal of Hydrologic Engineering*, NO. 3, PP. 617-625. 2014.

Investigation of Temperature Trend in the Great Karun Basin using the TFPW-MK method

S.Shakerian¹, H.Torabi Podeh^{2*}, B.Shahinejad³, H.Naghavi⁴

1-PhD student hydraulic structures, Faculty of Agriculture, University of Lorestan, Lorestan, Iran

2 Associated professor of Department of agriculture, University of Khorramabad, Lorestan, Iran

3 Assistant Professor of Department of agriculture, University of Lorestan, Lorestan, Iran

4- Assistant Professor of Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Lorestan

(Received: 19 Nov 2018, Revised: 26 Aug 2019, Accepted: 27 Aug 2019, Published online: 23 Sep 2019)

Abstract

Temperature is main factors of climate and their variation may lead to change the climate of every region. Due to the direct effects of environmental temperature on water resources. Investigation of temperature trend in different temporal and spatial scales, forms a large part of climatology and water resources management researches. In this study the trend changing of temperature of the Karun basin at the three scale namely, monthly, seasonally and annually were investigated using the trend-free pre-whitening Mann-Kendall (TFPW-MK). The used data includes discharge data of 38 meteorological stations in the period of 29 years (1986-2014). In this study, the slope of the linear trend of data estimated using the Theil-Sen approach (TSA) and then using trend-free pre-whitening (TFPW) approach the effect of coefficient of self-correlation of data was eliminated. Finally, the trend changing of temperature was examined using Mann-Kendall.

The results showed that the trend of more than 64 percent of the stations on annual basis are incremental and the increasing trend rates of 13 of the stations are significant at 10% level. On seasonal scale the trend of more than 67 percent of the stations to spring, summer and winter seasons are incremental. On monthly scale, the results showed that the trend of more than 50 percent of the stations on monthly scale are incremental and the increasing trend rates of 26 percent of this stations are significant at 10% level. The results of this study showed that the monthly and annual streamflow of most stations have increasing trend.

Keywords: Autocorrelation, Mann-Kendall test, Precipitation, Trend, Karun basin.

* Corresponding author:

Email Address: torabi.ha@lu.ac.ir