

پیش‌بینی و تحلیل روند پارامترهای کیفی آب رودخانه با استفاده از مدل سری زمانی ARIMA در حوضه آبخیز رودخانه کهمان

علی حقی‌زاده^۱، حسین یوسفی^{۲*}، یزدان یاراحمدی^۳، پروین نورمحمدی^۴، رضوان علیجانی^۵

۱. استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

۲. استادیار، دانشکده علوم و فنون و نوین، دانشگاه تهران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکوهیدرولوژی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

۴. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

۵. دانشجوی دکتری مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۰۸/۱۵؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۵/۱۱/۳۰)

چکیده

رودخانه کهمان پرمفعت‌ترین رودخانه شهرستان الشتر از نظر کشاورزی و پرورش ماهی است. به دلیل اینکه فرایندهای هیدرولوژی تصادفی‌اند، آمار و احتمال اساس تجزیه و تحلیل پدیده‌های یادشده است، بنابراین از سری‌های زمانی استفاده می‌شود. در تحلیل سری زمانی، مرحله اول شامل نمایش نوسان پارامترها در طول زمان است، مرحله دوم ایستاسازی داده‌ها، مرحله سوم نرمال‌سازی و مرحله چهارم شناسایی پارامترهای مدل است. در نهایت، برای سنجش دقت مدل در پیش‌بینی از شاخص مجذور میانگین مربعات خطا RMSE و معیار اطلاعاتی آکاییکه AIC استفاده شد. در این تحقیق روند تغییرات زمانی سه پارامتر pH، HCO_3 و Na که از پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب شرب و کشاورزی هستند، در ایستگاه دره‌تنگ رودخانه کهمان طی سال‌های آماری ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۲ مطالعه شد. سپس براساس نمودارهای سری زمانی داده‌ها و همچنین نمودار خودهمبستگی جزئی، مدل ARIMA فصلی ضربی از بین مدل‌های سری زمانی انتخاب و در نرم‌افزارهای XLSTAT و MINITAB استفاده شد. برای HCO_3 مدل بهینه برای پیش‌بینی $(1,1,1) \times (1,1,1)$ و برای pH، $(1,1,1) \times (1,1,1)$ ARIMA تشخیص داده شد؛ ولی برای Na هیچ‌یک از مدل‌های ARIMA مناسب تشخیص داده نشد. HCO_3 معمولاً روند افزایشی دارد. محدوده تغییرات pH طبق نمودار سری‌های زمانی در محدوده بهینه ۶/۵ تا ۸/۵ قرار دارد. Na به دلیل نبود سازندهای نمکی در حوضه آبخیز رودخانه کهمان معمولاً روند ثابتی دارد و افزایشی نیست.

کلیدواژگان: پیش‌بینی، رودخانه کهمان، سری زمانی، مدل ARIMA.

مقدمه

رودخانه‌ها با عبور از نواحی مختلف مناطق وسیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، ضمن اینکه خود نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرند. تحلیل پدیده‌های تصادفی در علم آمار صورت می‌گیرد؛ در بحث کیفیت آب هم مثل سایر فرایندهای علم هیدرولوژی با پدیده‌های تصادفی سروکار داریم. تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی معمولاً دو هدف را دنبال می‌کند، ابتدا درک یا مدل کردن مکانیسم تصادفی که به مشاهده سری منجر می‌شود و دوم پیش‌بینی مقادیر آینده سری که بر مبنای گذشته آن صورت می‌گیرد. منظور از یک سری زمانی مجموعه‌ای از داده‌های آماری است که در فواصل زمانی مساوی و منظمی جمع‌آوری شده باشند و روش‌های آماری‌ای که این‌گونه داده‌های آماری را به کار می‌برند، تحلیل سری‌های زمانی نامیده می‌شوند. اساس بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها در فرایندهای هیدرولوژیکی و تصمیمات بهره‌برداری از منابع آب بر پایه پیش‌بینی و تحلیل سری‌های زمانی است [۱]. با مقایسه دقت روش‌های مختلف تحلیل سری‌های زمانی در پیش‌بینی دبی ماهانه حوضه آبخیز در کرخه توسط معیارهای ضریب آکاییکه (AIC) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) به این نتیجه رسیدند که روش آنالیز روند بهترین پیش‌بینی و پس از آن مدل‌های مختلف خودهمبسته یا میانگین متحرک (ARMA) با اختلاف جزئی در اولویت بعدی قرار دارند [۲]. تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی به‌طور نظری و عملی از زمان شروع کار اصلی باکس و جنکینس در سال ۱۹۷۰ با عنوان «تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، پیش‌بینی و کنترل» به‌سرعت توسعه یافت [۳]. کاربرد مدل‌های رگرسیونی را در بررسی تغییرات دما با استفاده از بلندترین سری‌های زمانی بررسی کردند و پی بردند که تغییرپذیری شایان توجهی در مقیاس‌های سالانه و دهه‌ای وجود دارد [۴]. در پیش‌بینی روند تغییرات پارامترهای NO_3 و DO در رودخانه سفیدرود با مدل $ARIMA(2,0,0)$ با به‌دست‌آمدن همبستگی زیاد بین مقادیر تخمینی و مشاهده‌ای به عملکرد خوب مدل پی بردند [۵]. با مدل‌سازی سری‌های زمانی جریان رودخانه زاینده‌رود پی بردند که مدل $ARIMA(1,1,0)*(0,1,1)$ مناسب‌ترین مدل برای پیش‌بینی است

[۶]. در تحلیل مطالعات هیدرولوژی و اقلیمی به کمک سری‌های زمانی مدل $ARIMA$ را مناسب دانستند و معتقدند که نتایج بهینه در این مدل به‌دست می‌آید [۷]. تغییرات زمانی دما و بارش با استفاده از مدل سری زمانی $ARIMA$ در منطقه کرمانشاه را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که بیشترین دما در سال‌های آینده در حال افزایش و بارش روند کاهشی خواهد داشت. هدف از تحقیق حاضر بررسی روند تغییرات پارامترهای pH , HCO_3 , Na در رودخانه کهمان با مدل $ARIMA$ است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه‌شده

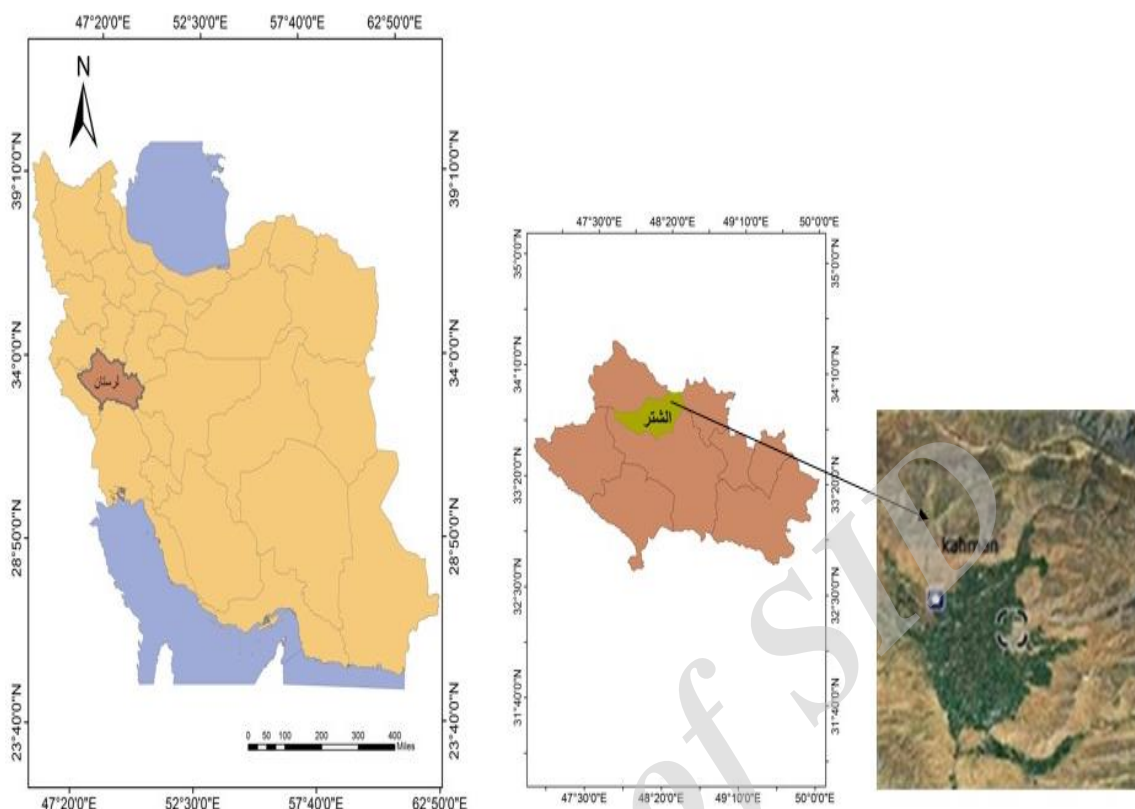
حوضه آبخیز رودخانه کهمان در غرب ایران واقع در استان لرستان، شهرستان الشتر با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی و عرض ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی، با ارتفاع ۱۶۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد.

بیشتر زمین‌های الشتر به‌وسیله این رود آبیاری می‌شوند. یکی از شیلات‌های بزرگ پرورش ماهیان سرد آبی کشور در مسیر این رود به چشم می‌خورد که نشان‌دهنده باکیفیت و سالم بودن آب این منطقه است. با توجه به پتانسیل‌های آبی ارتفاعات آهکی گرین درصد احتمال بروز کمبود آب در این منطقه کم است. اقتصاد این شهر بر پایه کشاورزی و تأمین آب از رودها و چشمه‌هاست. برای انجام تحقیق حاضر داده‌های مربوط به مقادیر پارامترهای pH , Na , HCO_3 که به‌صورت دوره‌های چهارماهه از ایستگاه دره‌تنگ کهمان اندازه‌گیری شده بود، از سازمان آب منطقه‌ای شهرستان خرم‌آباد اخذ و سال‌های آماری ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۲ برای محاسبات در نظر گرفته شد. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعه‌شده در شکل ۱ آورده شده است.

روش تحقیق

در بحث سری‌های زمانی اگر فقط مقادیر غیر صفر را در نظر بگیریم، سری از نوع غیرمتناوب است و پارامترهای کیفی رودخانه به‌صورت روزانه، ماهانه و سالانه در این سری هستند. از طرف دیگر، اگر قوانین احتمال حاکم بر فرایند در طول زمان تغییر نکند، سری از نوع ایستاست؛ و این ایستایی می‌تواند در میانگین، واریانس و کوواریانس

1. Akaikes Information Criterion



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعه‌شده

مدل متغیر در زمان t از روی مقدار تصادفی همان لحظه به‌علاوه q برابر مقدار تصادفی مربوط به زمان‌های قبل از t برآورد می‌شود.

۳. مدل خودهمبسته- میانگین متحرک؛ هرگاه دو مدل قبلی در هم‌دیگر ادغام شوند، مدل ARMA با مرتبه‌های p و q تصادفی مربوط به زمان‌های قبل از t برآورد می‌شود. شرط استفاده از مدل‌های ARMA منحرف‌نشدن ظاهری از حالت ایستایی در سری زمانی و تنزل سریع در تابع ACF است. در غیر این‌صورت از مدل ARIMA استفاده می‌شود.

۴. مدل خودهمبسته- میانگین متحرک تلفیق‌شده [۱۰]؛ در شرایط نایستایی مدل ARIMA را با در نظر گرفتن مرتبه تفاضلی ارائه کردند. برای تخمین پارامترهای کمتر با نوسان کم و پایداری بیشتر می‌توان از مدل‌های ساده‌تر مثل ARMA استفاده کرد [۷].

تعریف شود. در مباحث هیدرولوژی، تغییرات جوی مانند وقوع سال‌های پر باران و به دنبال آن خشک‌سالی‌های پی‌درپی موجب می‌شود تا سری زمانی پارامترهای کیفی نایستا شود. از شرایط اولیه استفاده از داده‌ها در سری‌های زمانی ایستابودن آنهاست، در غیر این‌صورت باید نایستایی رفع شود. برای مدل‌سازی از سری‌های زمانی، معمولاً متخصصان از انواع مختلف مدل‌های ریاضی و آماری بهره می‌گیرند، به‌طوری که همبستگی‌های موجود بین زمان و مشاهدات مد نظر است [۸]. مهم‌ترین مدل‌های سری زمانی عبارت‌اند از:

۱. $AR(p)$ ، مدل اتورگرسیون یا خودهمبسته مرتبه p با پارامترهای پر یودیک برای متغیر نرمال استاندارد.
۲. $MA(q)$ ، مدل میانگین متحرک مرتبه q ؛ در هیدرولوژی مدل‌های AR توانایی مدل‌سازی نوسانات کم متغیرها را ندارند، طبق مطالعات [۹] برای مدل‌سازی نوسانات زیاد، می‌توان با اضافه کردن مؤلفه MA به AR نتایج مدل‌سازی را بهبود بخشید. در این

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n} \quad (2)$$

$$MSD = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|^2}{n} \quad (3)$$

y_t معادل مقادیر مشاهداتی، \hat{y}_t مقادیر پیش‌بینی‌شده و n تعداد داده‌هاست.

نتایج و بحث

نمودار توزیع زمانی پارامترهای مد نظر به صورت زیر است، Y_t معادله خط برازش داده‌شده بر داده‌ها، پارامترهای مربوط به صحت پیش‌بینی روند هستند که هرچقدر مقدارشان کمتر باشد، نشان‌دهنده مناسب‌تر بودن مدل هستند. خط سیاه نشان‌دهنده داده‌های واقعی و خط قرمز داده‌های برازش داده‌شده هستند.

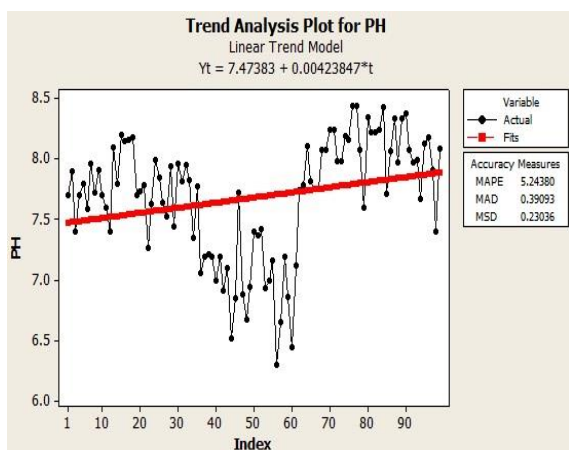
طبق نمودارها (شکل‌های ۲-۴) داده‌های اولیه نالیستا هستند که از اقدامات اولیه ایستاسازی داده‌ها یا حذف روند آنهاست که در محیط نرم‌افزار XLSTAT صورت می‌گیرد. برای ایستاکردن داده‌ها در میانگین از روش تفاضلی و برای تبدیل پایداری در واریانس از روش BOX-COX می‌توان استفاده کرد. نرم‌افزار برای تعیین نالیستایی یا مؤلفه روند یک خط را بر داده‌ها برازش می‌دهد. شیب این خط برابر مؤلفه روند است. در صورتی که شیب این خط صفر باشد، داده‌ها فاقد روند و ایستا هستند [۱۱]. با بررسی صورت‌گرفته مشخص شد که داده‌ها روند دارند، بنابراین سری زمانی موجود به سری ایستا تبدیل و روند داده‌ها حذف شد. نمودارهای زیر مربوط به حذف روند داده‌های اولیه و همچنین نمودارهای نرمال‌نبودن داده‌های اولیه و نرمال‌شدن داده‌های باقی‌مانده مربوط به پارامترهای یادشده است که نشان می‌دهند داده‌های اولیه نرمال نیستند.

با توجه به تأخیرهای داده‌شده در نمودارها و با توجه به اینکه در تأخیرهای اول در محدوده معناداری هستند، p و q مقدار ۱ را می‌گیرند. d هم درجه تفاضل‌گیری و مربوط به مرحله ایستاسازی داده‌ها است و ۱ در نظر گرفته می‌شود. D مربوط به وجود تناوب در داده‌هاست و مقدار آن در پژوهش حاضر برای هر دو متغیر ۱ و s نیز با توجه به تکرار داده‌ها و دوره‌ای بودن برابر ۴ است. مقادیر P و Q با توجه به آزمون و خطا مشخص می‌شوند. براساس اصل امساک مدلی که AIC کمتری داشته باشد،

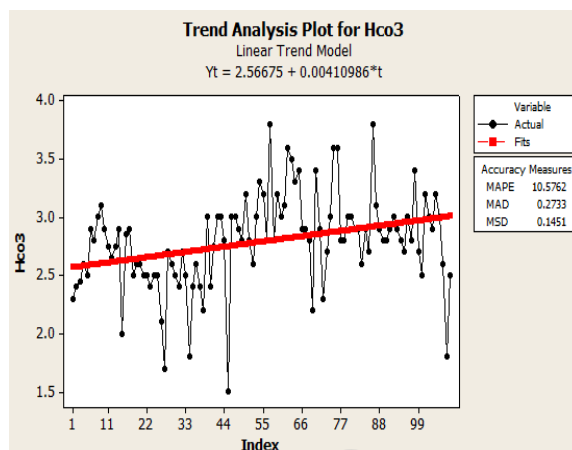
۵. $SARIMA(p,d,q)*(P,D,Q)$ مدل خودهمبسته- میانگین متحرک تلفیق‌شده فصلی؛ هرگاه در یک سری بعد از هر فاصله زمانی مشخص (S) شباهت‌هایی پیدا شود، سری رفتار فصلی یا تناوبی با دوره تناوب S دارد. از بین مدل‌ها، مدل $ARIMA$ با تأکید بر دوره فصلی انتخاب شد. از آنجا که برای استفاده از مدل‌های یادشده باید فرایند ایستایی برقرار باشد، [۶] در شرایط نالیستایی، مدل $ARIMA$ را با در نظر گرفتن مرتبه تفاضلی ارائه کردند. اولین مرحله در استفاده از مدل سری‌های زمانی نمایش نوسان‌های پارامترهای کیفی در زمان به‌شمار می‌آید. مرحله سوم بررسی نرمال‌بودن داده‌هاست که از طریق آزمون نیکویی برازش صورت گرفت. نرمال‌بودن داده‌ها به این دلیل اهمیت دارد که تئوری سری‌های زمانی براساس نرمال‌بودن داده‌ها توسعه یافته است و در صورتی که داده‌ها نرمال نباشند، باید از روش‌های مختلف آنها را نرمال‌سازی کرد. از جمله روش‌های نرمال‌سازی استفاده از روش لگاریتم‌گیری از داده‌هاست. در صورتی که داده‌ها حول خط نیمساز پراکنده باشند، می‌توان گفت که داده‌ها از آزمون نرمال پیروی می‌کنند. همچنین اگر P -Value کمتر از α یا سطح اعتماد که ۰/۰۵ است، باشد نرمال‌بودن داده‌ها تأیید می‌شود. مرحله چهارم شناسایی نوع و پارامترهای مدل است که با تحلیل نمودارهای ACF^1 و $PACF^2$ یا خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی صورت می‌گیرد و پس از آن صحت‌سنجی مدل انجام خواهد شد. پارامترهای صحت‌مدل شامل $MAPE^3$ (درصد میانگین مطلق خطا)، MAD^4 (میانگین مطلق انحراف)، MSD^5 (میانگین مربعات انحراف) است که روابط آنها به صورت زیر است:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n |(y_t - \hat{y}_t) / y_t|}{n} \times 100 \quad (y_t \neq 0) \quad (1)$$

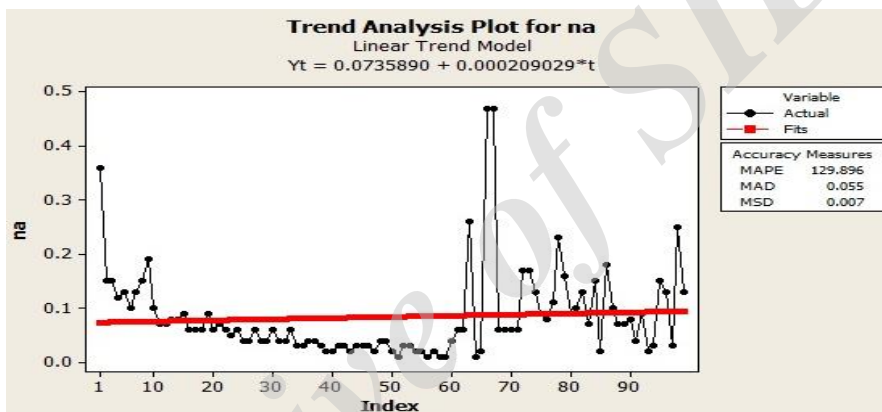
1. Autocorrelation Function
2. Partial Autocorrelation Function
3. Mean Absolute Percentage Error
4. Mean Absolute Deviation
5. Mean Squared Deviation



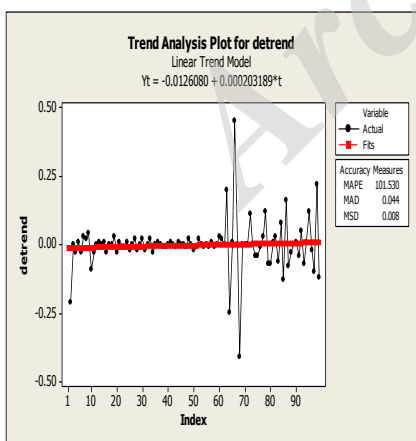
شکل ۳. نتیجه آزمون روند داده‌های pH رودخانه کهمان



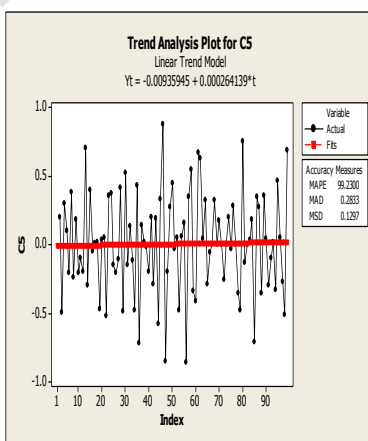
شکل ۲. آزمون روند داده‌های HCO₃ رودخانه کهمان



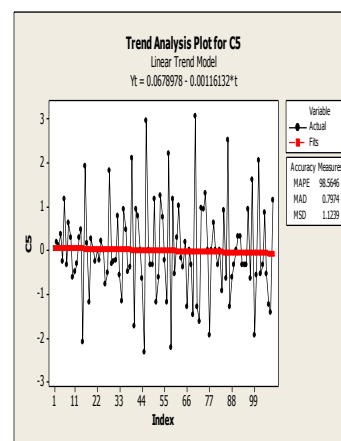
شکل ۴. نتیجه آزمون روند داده‌های Na رودخانه کهمان



(ج)

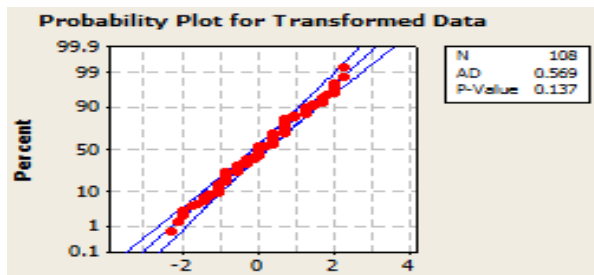


(ب)

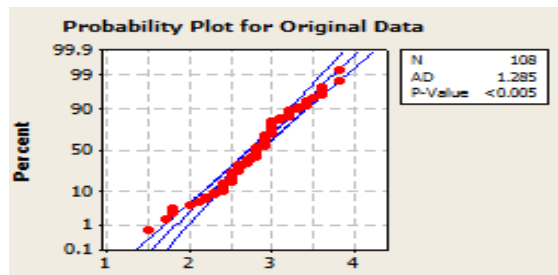


(الف)

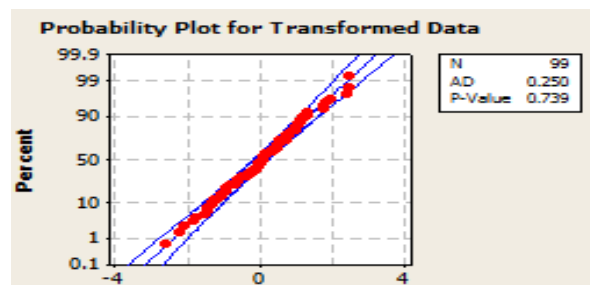
شکل ۵. به ترتیب مربوط به حذف روندشدن داده‌های اولیه در pH، HCO₃ و Na رودخانه کهمان



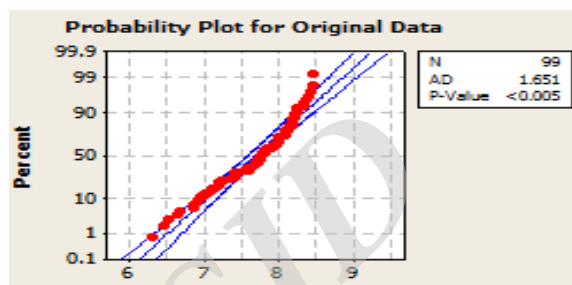
شکل ۷. نرمال شدن داده‌های باقی‌مانده HCO_3



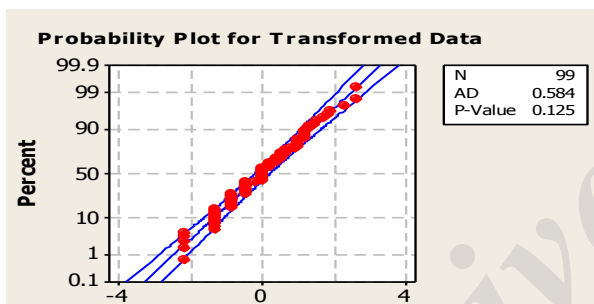
شکل ۶. نرمال نبودن داده‌های اولیه HCO_3



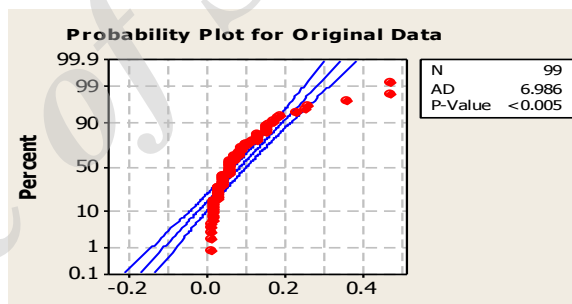
شکل ۹. نرمال شدن داده‌های باقی‌مانده pH



شکل ۸. نرمال نبودن داده‌های اولیه pH

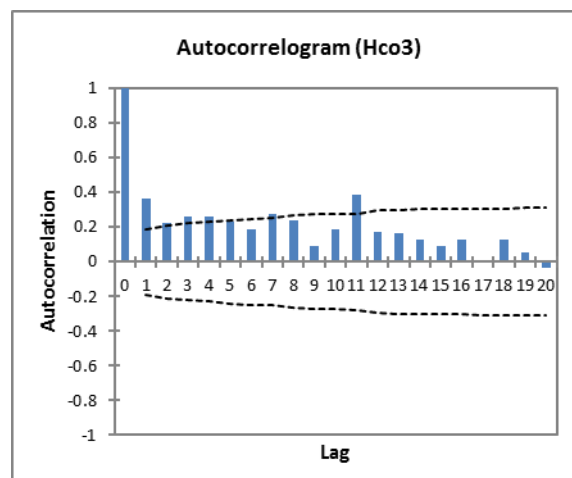
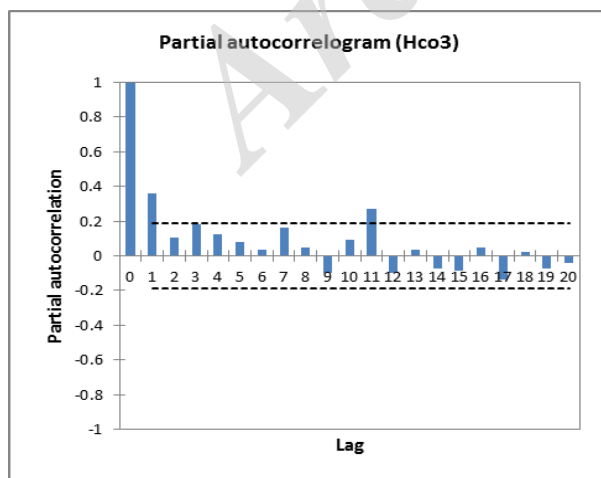


شکل ۱۱. نرمال شدن داده‌های باقی‌مانده Na

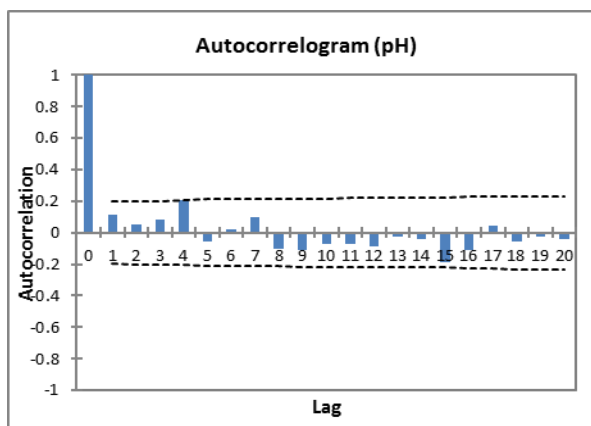
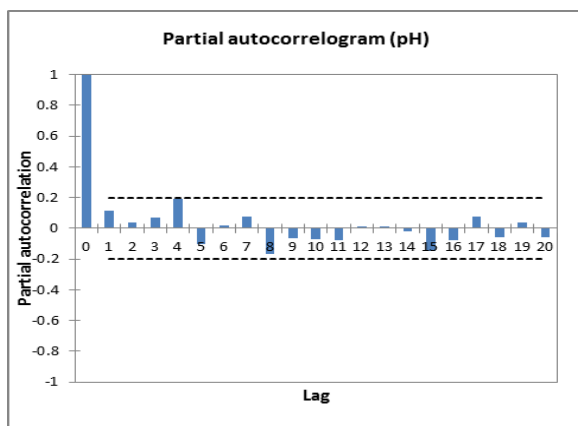


شکل ۱۰. نرمال نبودن داده‌های اولیه Na

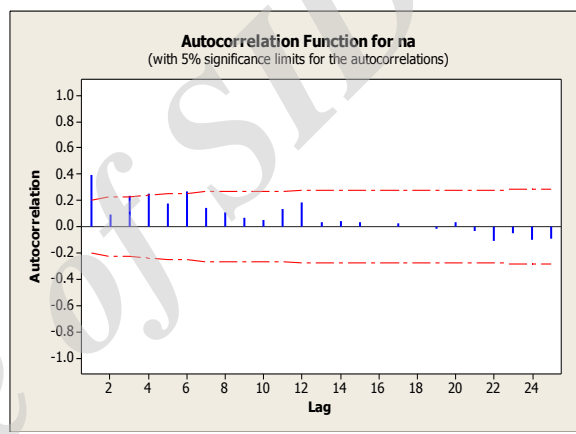
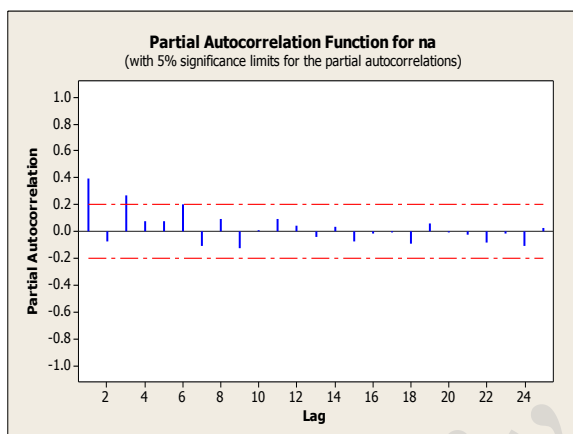
نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی برای پارامترهای مد نظر در زیر آورده شده است.



شکل ۱۲ و ۱۳. به ترتیب مربوط به نمودارهای ACF و PACF داده‌های حذف رند شده در HCO_3



شکل ۱۴ و ۱۵. به ترتیب مربوط به نمودارهای ACF و PACF داده‌های حذف روند شده در PH



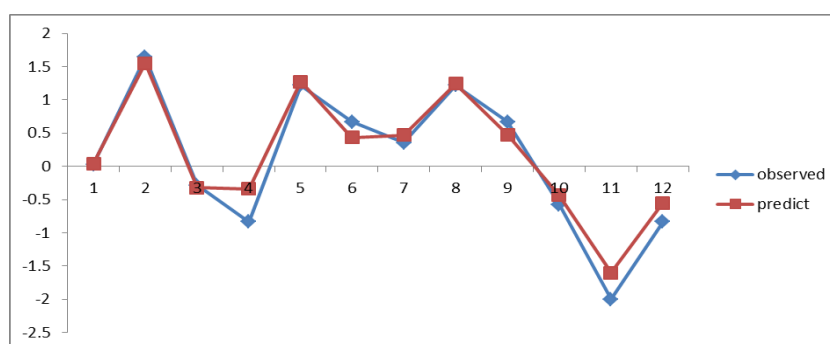
شکل ۱۶ و ۱۷. به ترتیب مربوط به نمودارهای ACF و PACF داده‌های حذف روند شده در Na

با مدل‌های مختلف، مدل دارای کمترین معیار یادشده ارجح‌تر است. معادله آن در رابطه ۴ بیان شده است [۱۲].
 RSS مجموع مربعات باقی‌مانده، n تعداد داده‌ها، K تعداد پارامترهای مدل است. در نهایت برای سنجش دقت مدل در پیش‌بینی از شاخص مجذور میانگین مربعات خطا $RMSE$ طبق رابطه ۵ استفاده شد [۲]. x_t و \hat{x}_t به ترتیب مقادیر مشاهداتی و پیش‌بینی شده و n تعداد داده‌ها در واسنجی است. با استفاده از این شاخص و مقایسه بین مقادیر تخمینی و مشاهده‌ای مدل‌های برتر انتخاب شد. مقادیر معیار AIC و شاخص $RMSE$ برای HCO_3 و pH به ترتیب برابر با $(AIC=290.341)$ $(AIC=281.551)$ $(RMSE=0.878)$ ، $(RMSE=0.946)$ است. نمودارهای همبستگی بین مقادیر پیش‌بینی و مشاهده‌ای به صورت زیر است [۱۳].

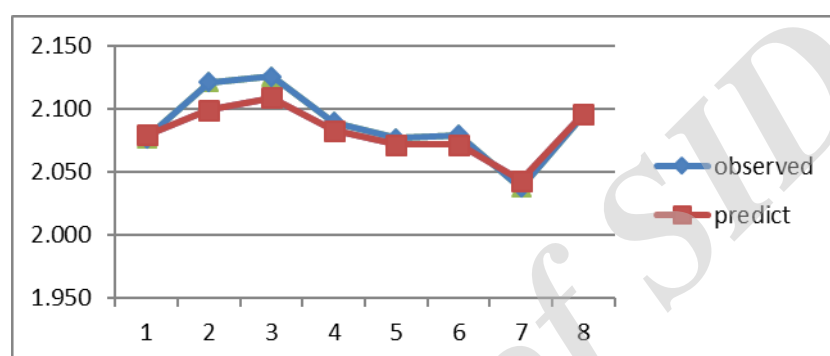
$$AIC = 2K + n [Ln(Rss / n)] \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2} \quad (5)$$

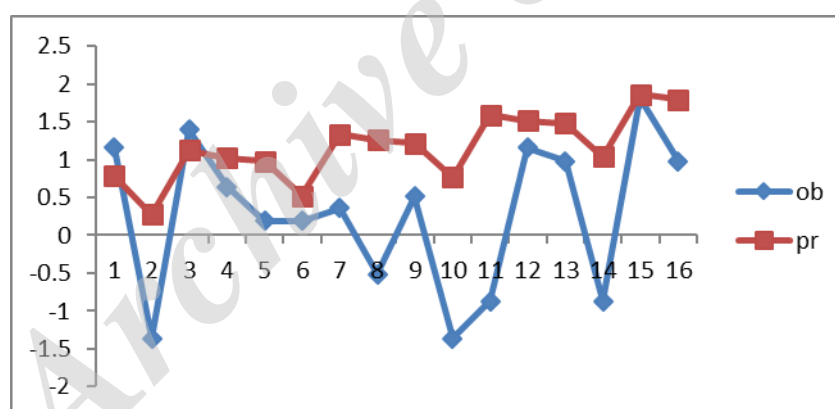
مناسب شناخته می‌شود. مقادیر P و Q برای HCO_3 و pH به ترتیب برابر ۱ و ۱ و برای Na ، ۲ و ۲ تشخیص داده شد. پس از این مراحل برای اینکه ببینیم آیا سری‌های بررسی شده قابلیت پیش‌بینی دارند یا خیر، مدل واسنجی شد. به این صورت که داده‌های اندازه‌گیری شده طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۲ برای HCO_3 (۱۲ مشاهده) و سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ برای pH (۸ مشاهده) و ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲ برای Na (۱۶ مشاهده)، که وارد محاسبات نشده بودند، پیش‌بینی شدند که درباره pH و HCO_3 همبستگی مثبت بین داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی شده قابلیت مدل را برای پیش‌بینی ثابت کرد؛ ولی درباره Na عدم همبستگی بین داده‌های یادشده نشان داد مدل بهینه قابلیت پیش‌بینی ندارد. برای مقایسه مدل‌های با مرتبه مختلف خودهمبسته با میانگین متحرک از معیار اطلاعاتی آکایکه استفاده شد که در مقایسه



شکل ۱۸. روند همبستگی بین مقادیر پیش‌بینی و مشاهداتی، HCO_3 در مدل بهینه $p=1, d=1, q=1, P=1, D=1, Q=1, S=4$



شکل ۱۹. روند همبستگی بین مقادیر پیش‌بینی و مشاهداتی، pH در مدل بهینه $p=1, d=1, q=1, P=1, D=1, Q=2, S=4$



شکل ۲۰. عدم همبستگی بین مقادیر پیش‌بینی و مشاهداتی، Na در مدل بهینه $p=1, d=1, q=1, P=2, D=1, Q=2, S=4$

نتیجه‌گیری

بررسی و توزیع زمانی متغیرهای هیدرولوژیکی و عناصر اقلیمی مؤثر بر آنها از جمله زمینه‌های تحقیقاتی هیدرولوژیست‌هاست. همان‌طور که اشاره شد، مدل ARIMA برای تحلیل بیشتر متغیرهای هیدرولوژی و اقلیمی با استفاده از سری‌های زمانی مناسب است. براساس الگوهای انتخاب‌شده پارامترهای هر مدل تخمین زده شد و در نهایت مدل‌های $(1,1,1)^4$ و $(1,1,1)^4$ برای pH و $(2,1,2)^4$ و $(1,1,1)^4$ برای Na به‌منظور شبیه‌سازی انتخاب شد. بی‌کربنات و اسیدپتیک از مدل بهینه تبعیت کردند، ولی مدل بهینه قابلیت پیش‌بینی روند سدیم را نداشت. برای بررسی روند پارامترهایی که با نوسان زیاد در یک دوره طولانی‌مدت بهترین راه استفاده از مدل فصلی و ضربی است. عدم ایستایی در نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی سری‌های مطالعه‌شده به‌دلیل ثابت‌نبودن روند تغییرات این پارامترها در فصول و

بررسی و توزیع زمانی متغیرهای هیدرولوژیکی و عناصر اقلیمی مؤثر بر آنها از جمله زمینه‌های تحقیقاتی هیدرولوژیست‌هاست. همان‌طور که اشاره شد، مدل ARIMA برای تحلیل بیشتر متغیرهای هیدرولوژی و اقلیمی با استفاده از سری‌های زمانی مناسب است. براساس الگوهای انتخاب‌شده پارامترهای هر مدل تخمین زده شد و در نهایت مدل‌های $(1,1,1)^4$ و $(1,1,1)^4$ برای HCO_3 و

- [6].Ranjbar, M. Gholamrezaei, F. Khalediyan, M. Tajdari, Kh. Prediction of River Water Quality Parameters Sefidrud with Using Statistical Models ARIMA. Exhibitions Sixth National Conference of Environmental Engineering, 2012.
- [7].Veysipur, H. Masompur, J. Sahneh, B. Yousefi, Y. Analysis of Trend Forecasting of Rainfall and Temperature in Kermanshah Using Time ARIMA, Islamic Azad University of Kermanshah, 2010.
- [8].Branston, A.G. Correspondence Among the Correlation, RMSE, and Heidke Forecast Verification Measures, Refinement of The Heidke Score. Climat Analysis Center. 1992.Washington D.C, II PP.
- [9].Box, G. E. P. and G. M. Jenkins, Time Series Analysis, Forecasting and Control, Revised Edition, Holden - Day, Sanfrancisco, California 1976.
- [10]. Cryer, JD. Time Series Analysis of Stochastic Hydrology System. Water Resources Research, 1992.16: 1569 – 1582
- [11]. Lite, SM. And, J.P, Peixoto. The Autoregressive Model of Climatologically Time Series An Application to The Langest Time Series in Portugal. International Journal of Climatology, 1996. Vol. 16 PP. 1165. 1173.
- [12]. Mantua, N.J. Hare, S.R. Zhang, Y. Wallac, J. M and R. C. Francis. A Pacific inter decadal Climate Oscillation With impact on salmon Production Bulletin of the American Meteorological society. 1997. 37 PP.
- [13]. Niromand, H. Bozorgniya, A. Introduction for Time Series Analysis (translation). Compilation Cryer. Publishers Mashhad Ferdowsi University, 1993.

زمان‌های مختلف است. سازندهای زمین‌شناسی به‌عنوان مهم‌ترین عامل در کنترل کیفیت آب‌های سطحی هستند. HCO_3 معمولاً روند کاهشی ندارد. افزایش میزان HCO_3 به‌دلیل عبور رودخانه از مناطق با سنگ‌شناسی آهکی است. همان‌طور که گفته شد، رودخانه کهمان از کوه‌گرین سرچشمه می‌گیرد که ساخت آهکی دارد. معمولاً روند تغییرات pH آب در ماه‌های شهریور و مهر به‌دلیل ورود رواناب‌های کشاورزی به رودخانه و در نتیجه ورود آلاینده‌های با پایه اسیدی (هوموس) روند کاهشی را نشان می‌دهد. همچنین قبل از طلوع آفتاب pH در اسیدی‌ترین و در ساعت ۲ بعد از ظهر در قلیایی‌ترین حد خود در شبانه‌روز است. در کل محدوده تغییرات pH طبق نمودار سری‌های زمانی در محدوده بهینه ۶/۵ تا ۸/۵ قرار دارد. محدوده مجاز pH برای پرورش ماهیان سرد آبی ۶/۵ تا ۸ است که برای ماهی قزل‌آلا که در منطقه پرورش داده می‌شود، مجاز است. همچنین pH مناسب برای آب‌های زراعی ۶ تا ۸/۵ و برای شرب ۷ تا ۸/۵ است که pH منطقه برای این مصارف هم مناسب است. Na به‌دلیل نبود سازندهای نمکی در منطقه و همچنین آهکی بودن سازند حوضه آبخیز رودخانه کهمان معمولاً روند ثابتی دارد و افزایشی نیست.

منابع

- [1].Bashri, M. Vafakhah, M. Compare Different Methods of Time Series Analysis in the Prediction of Monthly Discharge Karkhe Watershed. Journal of Irrigation and Water Iran, 1:2-2010.
- [2].Karamuz, M. Araquejad, SH.. Advance Hydrology. Publishers Amirkabir Industrial University. 2005, 480 PP.
- [3].Lu, H. kurozawa, L.H. Li, Y. Wang, Y. and H. Nose. Climate Change, Humidity, and human health in Japaese Coastal City of Sanin. The seventh International Conference on Urban Climat. 29 June – 3July. 2009, Yokohama, Japan, 4 PP.
- [4].Salas JD, Delleur JW, Yevjevich VM, Lanewl. Applied Modeling of Hydrologic Time Series Water Resources Publications: Littleton, Co. 1980.
- [5].R. Modarres. S. Eslamian Stream Flow Time Series Modeling of Zayandeh Rud River. Isfahan University. Iranian Journal of Science and Technology, Transaction B, Engineering, 2006.Vol. 30, No. B4.