بررسی کاربرد مدل‌های سری زمانی در پیش بینی جریان ماهانه ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه

مریم تیموری یگانه*[۱]، لیلا تیموری یگانه[۱]

۱*-کارشناس ارشد سازه‌های آبی، کرمانشاه، کارشناس ارشد آمار ریاضی، کرمانشاه

*ایمیل نویسنده مسئول : m.yeganeh1390@gmail.com

تاریخ دریافت : ۱۴۰۰/۰۷/۰۵ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۰/۰۹/۱۲

چکیده :

پیش بینی یک عنصر یکی از ابزار بسیار کارآمد در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی می‌باشد، چرا که کارایی نهایی هر تصمیم بستگی به دنباله‌ای از حوادث دارد که به دنبال پیش بینی‌های اولیه در تصمیم گیری به وجود خواهد آمد. در مدیریت منابع آب نیز آگاهی از وضعیت منابع آب موجود در یک منطقه نقش بسیار تعیین کننده‌ای در برنامه‌ریزی‌های آبی، کشاورزی و... دارد. براین اساس با استفاده از تحلیل‌های آماری می‌توان شرایط منابع آب در آینده را پیش بینی نمود. مدل‌های سری زمانی به عنوان ابزاری کارآمد در مدل‌سازی از دیرباز مورد توجه متخصصین هیدرولوژی بوده است. از این رو می‌توان جهت مدیریت بهینه، کارآمد و صحیح منابع آبی از تکنیک‌های مدل‌سازی و پیش بینی های سری زمانی استفاده نمود. در این پژوهش با استفاده از نرم افزار آماری Minitab18، از مدل‌های فصلی سری زمانی هولت وینترز و مدل میانگین متحرک خود هم بسته یکپارچه فصلی (SARIMA) برای مدل‌سازی میانگین جریان ماهانه ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه استفاده گردید. نتایج نشان داد که مدل هموار ساز نمایی هولت وینترز با سه پارامتر هموارساز $\alpha = 0.84$، $\beta = 0.01$ و $\gamma = 0.2$، قابلیت تعدیل داده‌های پرت را دارد و پیش بینی استواری‌تری را از خود ارائه می‌دهد.

واژگان کلیدی: "سری زمانی"، "پیش بینی"، "مدل هولت- وینترز"، "مدل میانگین متحرک هم بسته یکپارچه"

۱- مقدمه

مدل‌های سری زمانی یکی از ابزارهای کارآمد در پیش بینی فرایندهای هیدرولوژیکی، در مهندسی آب بحساب می‌آیند. با توجه به اینکه تعداد داده‌های مورد نیاز در مدل‌های سری زمانی نسبت به سایر مدل‌های مفهومی و فیزیکی کمتر است، سبب استفاده‌ی گسترده از این مدل‌ها در زمینه‌ی مسائل هیدرولوژیکی و مهندسی منابع آبی گردیده است. بر این اساس مطالعات متعددی با استفاده از مدل‌های سری زمانی برای مطالعات هیدرولوژیکی و هواشناسی صورت گرفته که ذیلا اشاره گردیده است. سامانی و همکاران(۱۹۹۴) با به کارگیری سری‌های زمانی به مدل سازی استوکاستیک و پیش بینی مقادیر دبی چند رودخانه در استان فارس پرداختند. سالز و همکاران(۱۹۸۰) در تحلیل مطالعات هیدرولوژی و اقلیمی به کمک سری‌های زمانی مدل آریما (ARIMA) را مناسب دانسته، معتقدند که نتایج بهینه مطالعات مذکور دراین مدل به دست می-آید. مدرس(۲۰۰۷) برای پیش بینی خشکسالی هیدرولوژیک، مدل-های سری زمانی فصلی SARIMA را برای پیش بینی ۴ شاخص آستانه خشکسالی از جمله متوسط جریان ماهانه، خشکسالی ماهانه با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰ و ۲۰ سال و نیز شاخص بارش استاندارد به کار گرفت. بشری و وفاخواه(۲۰۱۱) به مقایسه روش های مختلف تحلیل سری های زمانی در پیش بینی دبی ماهانه حوضه آبریز کرخه پرداختند. آن‌ها داده‌های دبی ماهانه ۲۱ ایستگاه هیدرومتری را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که مدل‌های آریما (ARIMA) با مرتبه بالا، دقت بالاتری در مدل سازی دارند. سوتلیکوا و همکاران (۲۰۰۸) غیرخطی آستانه (SETAR) و آریما (ARIMA) برای پیش بینی بارش و دبی ماهانه در اسلواکی استفاده کردند. نتایج پژوهش‌های آنان نشان داد که برای دبی، مدل(SETAR) است و برای بارش، مدل(ARIMA) مناسب می‌باشند. احمدی و همکاران (۱۳۹۴) جریان روزانه رودخانه‌ی باراندوز چای را با استفاده از مدل دو خطی سری زمانی و روش برنامه ریزی ژنتیک پیش بینی نمودند. نتایج تحقیقاتشان نشان داد روش برنامه ریزی ژنتیک با خطای ۲/۲۹ درصد نسبت به مدل دو خطی سری زمانی در پیش بینی جریان روزانه رودخانه باراندوز چای عملکرد بهتری دارد. پسندیده‌فر و همکاران(۱۳۹۸) نشان دادند که مدل‌های سری زمانی و آنالیز چند متغیره آماری در بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر پارامتر کیفی منابع آب، مناسب می‌باشند. ناوه و همکاران(۱۳۹۱)، به پیش بینی جریان رودخانه با استفاده از مدل غیرخطی سری زمانی (دو خطی) در رودخانه‌های باراندوزچای و شهرچای ارومیه پرداختند و نشان دادند مدل‌های غیرخطی BL(۱،۲،۱،۱) دارای خطای کم‌تری نسبت به مدل‌های آریما (ARIMA) می‌باشند. تیموری یگانه و همکاران(۱۳۹۹) به بررسی کاربرد مدل سری زمانی برای تخمین میزان بارش ماهانه در استان کرمانشاه پرداختند روش مطالعه ایشان به صورت مقطعی و حجم نمونه نیز داده‌های میزان بارش طی ۳۲ سال در نظر گرفته شده است. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آریما (ARIMA) برای برازش مدل‌سازی سری زمانی استفاده نمودند و در انتها بعد از آزمون مدل‌های موجود بهترین مدل برای پیش بینی میزان بارش تعیین کردند. نتایج بررسی‌های آن‌ها نشان داد که مدل سری زمانی آریما بهترین کارایی را داشته و روند کاهشی بارش به اندازه ۰/۲ می‌باشد. ولی‌پور و همکاران (۲۰۱۲) به مقایسه مدل‌های آریما(ARIMA) و شبکه عصبی مصنوعی را در جریان ورودی ماهانه به مخزن سد دز پرداختند. نتایج تحقیقاتشان نشان داد که جریان ورودی پیش بینی شده در مدل آریما نسبت به شبکه عصبی مصنوعی بهتر بوده است. با توجه به اهمیت بالای مدل‌سازی در برنامه‌ریزی‌های منابع آبی، هدف از انجام این پژوهش ارزیابی مدل هموار ساز نمایی هولت وینترز (ضربی) و مدل میانگین متحرک خود هم بسته یکپارچه فصلی و کاربرد آن‌ها برای پیش بینی جریان ماهانه ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

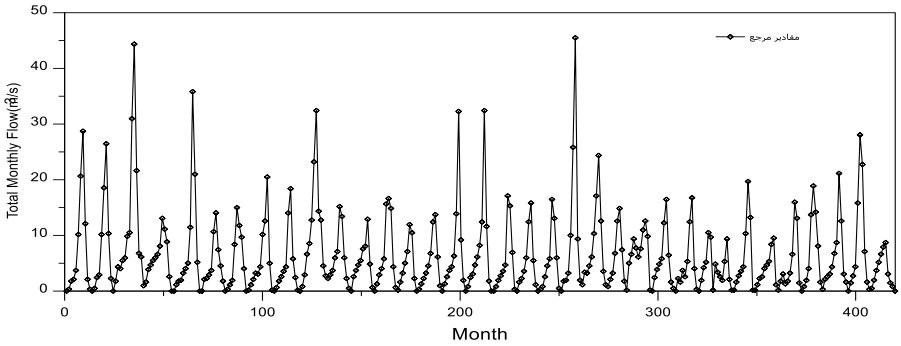
۲-۱- منطقه مورد مطالعه:

در این تحقیق از داده‌های ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه بر رودخانه چهل چای که از شاخه‌های فرعی گرگانرود می‌باشد، استفاده گردید.

موقعیت جغرافیایی این ایستگاه، ۵۵ درجه و ۸ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۳ دقیقه عرض شمالی می‌باشد. ارتفاع این ایستگاه از سطح آب‌های آزاد ۳۴/۵ متر و مساحت حوضه آن ۱۶۷۸/۱ کیلومتر مربع می‌باشد. در جدول ۱ داده‌های دبی ایستگاه ارازکوسه نمایش داده شده است. همچنین در شکل ۱ نمودار سری زمانی میانگین دبی ماهانه ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه نمایش داده شده است.

جدول۱- داده‌های دبی ایستگاه ارازکوسه

ماه	میانگین دبی
فروردین	۱۷/۰۲
اردیبهشت	۱۰/۱۹
خرداد	۳/۰۲
تیر	۰/۷۹
مرداد	۰/۸۴
شهریور	۱/۱۸
مهر	۲/۲۳
آبان	۲/۸۹
آذر	۳/۹۹
دی	۴/۶۶
بهمن	۷/۳۳
اسفند	۱۳/۴۷
میانگین سالانه	۵/۶۳



شکل۱- نمودار سری زمانی میانگین دبی ماهانه ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه

۲-۱- سری زمانی[۱]

به یک توالی یا دنباله از متغیرهای تصادفی که در فاصله های زمانی ثابت نمونه برداری شده باشند، اصطلاحاً سری زمانی یا پیشامد تصادفی در مقطع زمان می‌گویند. هدف اصلی از تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی در هیدرولوژی توصیف تاریخچه حرکت در زمان برخی از متغیرها مانند سرعت جریان در رودخانه در یک مکان خاص است. جریان رودخانه و سایر توالی‌های هیدرولوژیکی با تغییرپذیری و رفتار نوسانی مشخص می‌شوند. هدف مطالعات هیدرولوژیک درک و توصیف کمی جامعه آماری و همین‌طور فرآیند ایجادکننده این جامعه آماری، براساس تعداد محدودی نمونه است. همچنین الگوهای سری زمانی را می‌توان تحت عنوان الگوهای تک متغیره و چند متغیره به صورت خطی یا غیر خطی مورد بررسی قرار داد. شرط خطی بودن یک الگو (رابطه) این است که جملات باقی‌مانده حاصل از آن رابطه، مستقل باشد نقض این فرضیه نشانگر وجود غیر خطی بودن الگو می‌باشد علاوه بر این روش‌های تحلیل سری زمانی را نیز می‌توان به دو دسته پارامتری و ناپارامتری تقسیم کرد. در روش‌های پارامتری چنین انگاشته می‌شود که فرایند مانای احتمالاتی دارای ساختاری مشخص است که می‌توان آن را با تعداد اندکی پارامتر (از جمله با استفاده از مدل خودهمبسته یا میانگین متحرک) توصیف کرد. در این روش‌ها هدف تخمین پارامترهای مدلی است که فرایند احتمالاتی را توصیف می‌کند. در مقابل، روش‌های ناپارامتری صریحاً کوواریانس یا طیف فرایند را بدون در نظر گرفتن ساختاری مشخص برای آن تخمین می‌زنند.

۲-۲- مدل آریما[۲]

مدل سری‌زمانی آریما دارای پارامترهای مختلفی است که باید شناسایی شده و توسط داده‌ها برآورد شوند. این پارامترها که به ترتیب

۱ Time Series

۲ ARIMA

آن‌ها را با p برای مدل خودهمبستگی(AR) ، پارامتر d یا درجه تفاضلی برای مدل یکپارچگی (Integrated) ، پارامتر q برای مدل میانگین متحرک (Moving Average) نشان می‌دهند، مشخصه‌های اصلی مدل آریما محسوب می‌شوند. چنین مدلی براساس این پارامترها به صورت زیر نمایش داده می‌شود.

$$ARIMA(p,d,q) \qquad (۱)$$

مدل اتورگرسیو میانگین متحرک به بیان ریاضی به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$x_t = a_1 x_{t-1} + a_2 x_{t-2} + \cdots + a_p x_{t-p} + w_t + b_1 w_{t-1} + \cdots + b_q w_{t-q} \qquad (۲)$$

معادله ۲ را به صورت ساده شده در معادله ۳ می‌توان نمایش داد.

$$x_t = \sum_{i=1}^{p} a_i x_{t-i} + w_t + \sum_{i=1}^{q} b_i w_{t-i} \qquad (۳)$$

۲-۳-۱- بررسی ایستایی در میانگین

برای بررسی ایستایی سری در میانگین می‌توان از نمودار سری و همبستگی نگار آن استفاده کرد. چنانچه ACF نمونه‌ای بسیار تنزل کند و PACF بعد از تأخیر یک قطع شود، لزوم تفاضلی کردن را می‌رساند. ناایستایی در میانگین از نمودار سری زمانی نیز مشخص است. ممکن است برای رفع ناایستایی لازم باشد داده های اولیه را بار تفاضلی کنیم. البته تجربه نشان داده است که معمولا از ۲ تجاوز نمی‌کند.

۲-۳-۱-۱- رسم تابع خود همبستگی[۳] و تابع خود همبستگی جزیی نمونه ای[۴]

وسیله مهم در تشخیص مدل، تابع خود همبستگی و تابع خود همبستگی جزئی می‌باشد. رسم این نمودارها در تعیین نوع و مرتبه فرآیند مفید است. برای تشخیص بهتر مدل توصیه می‌شود که حجم نمونه حداقل ۵۰ باشد و ACF و PACF حداقل تا تأخیر محاسبه و رسم شوند. در ابتدا بایستی رفتار ACF و PACF نظری را بررسی شود و سپس با توجه به اینکه رفتار ACF و PACF نمونه‌ای تا اندازه‌ای مشابه رفتار نوع نظری آن می‌باشد، رفتار این توابع با نوع نظری آن‌ها مقایسه شود. این مقایسه در تشخیص نوع و مرتبه فرآیند مفید است.

۲-۳- مدل میانگین متحرک خود هم بسته یکپارچه فصلی[۵]

مدل SARIMA را می‌توان ترکیبی از یک مدل پیچیده و ساده در نظر گرفت که می‌تواند برای سری‌های زمانی ناایستا و با تغییرات فصلی بکار گرفته شود. این مدل توسط باکس و همکاران برای سری‌های زمانی فصلی توسعه داده شده است. در حالت پیچیده اولیه، مدل خود همبسته (AR) با مرتبه p استفاده می‌شود. تعیین مقدار مناسب برای p توسط تابع و ضریب همبستگی جزیی تعیین می‌شود. مدل میانگین متحرک (MA) نیز با پارامتر q نمایش داده می‌شود. برای برآورد این پارامتر از تابع و نمودار خود همبستگی استفاده می‌شود. همچنین پارامتر درجه یکپارچگی (Integrated)، با پارامتر d نشان داده شده که بیانگر میزان بزرگترین فاصله یا اختلافی است که باعث ایستا شدن سری زمانی در روش هموار سازی میانگین متحرک است. مولفه‌های تغییرات فصلی شامل پارامترهای $(P,D,Q)_s$ می‌باشد. s طول فصل‌ها را مشخص می‌کند. از طرفی پارامترهای P وQ نیز مانند p و q در مدل AR و MA با توجه به تغییرات فصلی تعیین می‌شوند. در انتها نیز پارامتر D بعنوان یکپارچه سازی فصلی برای حذف تغییرات فصلی به مدل اضافه می‌شود. مدل SARIMA بصورت زیر نمایش داده می‌شود.

$$SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)s \qquad (۴)$$

با استفاده از عملگر انتقال به عقب B فرم کلی مدل بصورت رابطه زیر نمایش داده می‌شود.

$$\phi_p(B)\Phi_p(B^s)\nabla^d\nabla_s^D Z_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)a_t \qquad (۵)$$

در این رابطه $\Phi(B^s)$ و $\Theta(B^s)$ به ترتیب چند جمله‌ای بر حسب B^s از درجه‌ی P وQ هستند. و $\Phi(B)$ و $\theta(B)$ به ترتیب چند جمله‌ای مرتبه p وq می‌باشند. همچنین ∇^d و ∇_s^D به ترتیب نمایانگر عملگر غیر فصلی و فصلی می‌باشند.

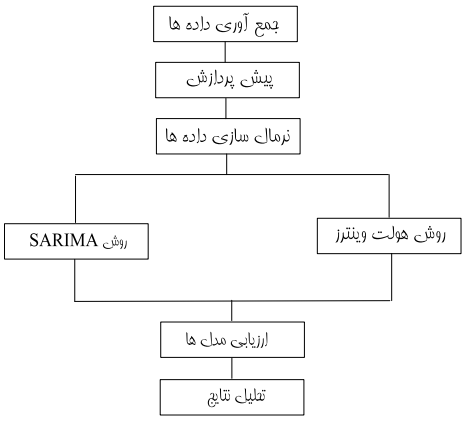
۲-۴- مدل هولت وینترز[۶]

یکی دیگر از روش‌های پیش‌بینی، روش هولت وینترز می‌باشد که با استفاده از این روش به آسانی می‌توان هموار کردن نمایی را به سری‌هایی که شامل روند و تغییرات فصلی می‌باشند تعمیم داد (فتحی و همکاران، ۱۳۹۱). از این روش می‌توان برای پیش بینی کوتاه مدت و همچنین پیش بینی‌های میان مدت استفاده کرد. این رویه برآورد-های پویایی از مولفه های روند T_t سطح $\overline{X}_t$ و مولفه فصلی F_t فراهم می‌آورد. معادله هموار کردن نمایی به صورت زیر است.

$$T_t = \beta T_{t-1} + (1-\beta)\left(\overline{X}_t - \overline{X}_{t-1}\right)$$
$$F_t = \gamma F_{t-1} + (1-\gamma)\frac{X_t}{\overline{X}_t} \qquad (۶)$$

اگر S سری دوره زمانی در هر سال داشته باشد،عامل فصلی مرتبط با آن در سال قبل با F_{T-S} نشان داده می‌شود.ضرایب α,β,γ هموار سازی نمایی هلت وینترز هستند که بین صفر و یک می‌باشند.

در شکل ۲ فلوچارت روش تحقیق نمایش داده شده است.



شکل۲- فلوچارت روش تحقیق

۳ ACF
۴ PACF
۵ SARIMA
۶Holt-Winters

۲-۵- شاخص‌های ارزیابی مدل‌ها

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{A_t - F_t}{A_t}\right| \times 100 \quad (۷)$$

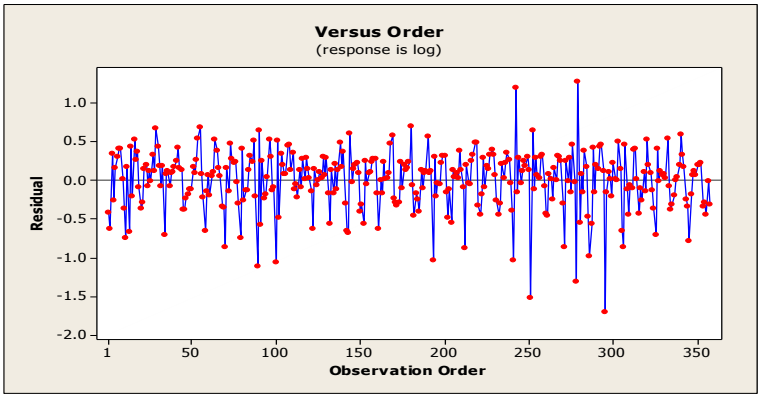
$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^{n}|A_t - F_t|}{n} \quad (۸)$$

$$MSD = \frac{\sum_{t=1}^{n}(A_t - F_t)^2}{n} \quad (۹)$$

در معادلات فوق، n بیانگر تعداد داده، A_t مقادیر واقعی و F_t مقادیر پیش بینی شده در دوره t می‌باشد.

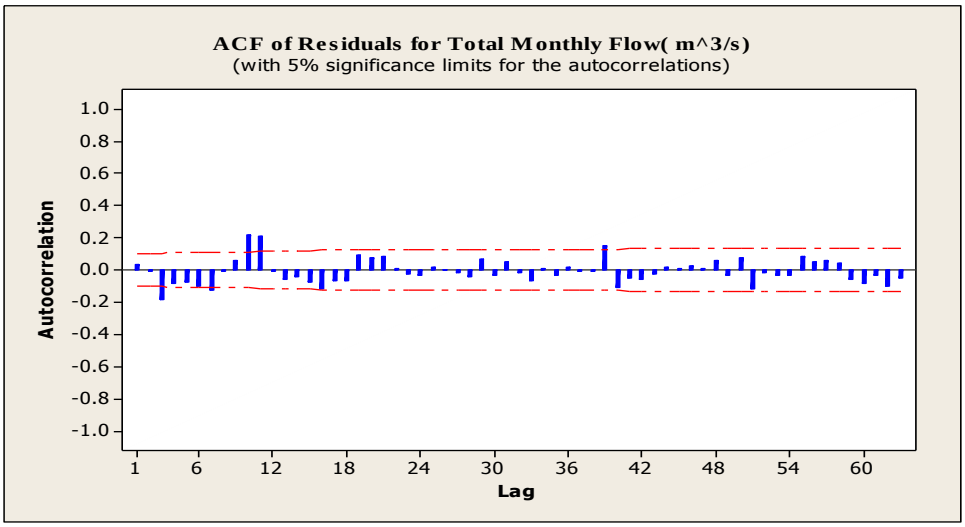
۳- نتایج

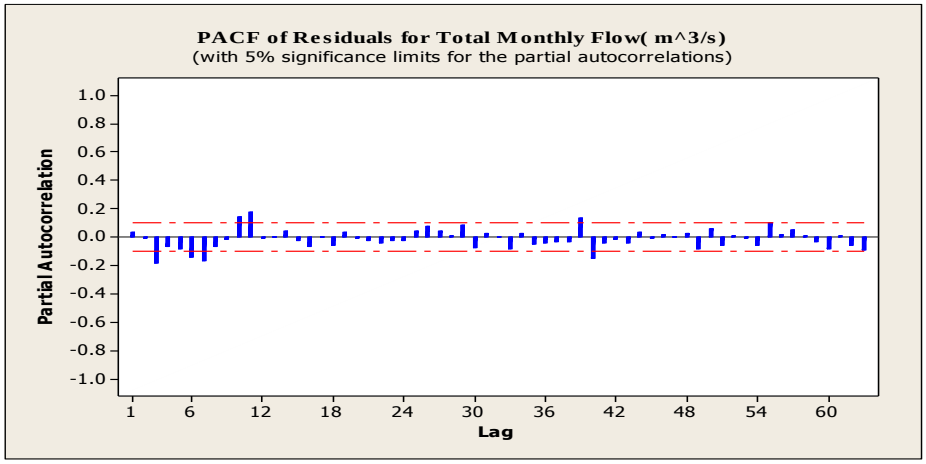
در این تحقیق به منظور پیش‌بینی جریان ماهانه ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه از مدل‌سازی سری‌های زمانی فصلی (SARIMA) و هولت وینترز استفاده گردید. دوره آماری مورد مطالعه یک بازه ۳۵ ساله (۱۳۸۵-۱۳۵۹) می‌باشد که برای مدل‌سازی و انجام مقایسات مورد استفاده قرار گرفته شده است. به منظور مدل‌سازی داده‌های میانگین دبی ماهانه ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه، در ابتدا برای حذف مولفه‌های فصلی و ایستایی داده‌ها از روش تفاضلی کردن داده-ها استفاده گردید. لذا در مرحلهٔ اول، داده‌ها تفاضلی شده تا ایستا گردند. این عمل با امتحان خودهمبستگی سری‌های تفاضلی شده‌ی مختلف تا پیدا کردن یک سری که نسبتاً سریع به صفر تنزل یابد و اثر فصلی تا اندازه‌ی زیادی حذف شود، ادامه می‌یابد. در این تحقیق برای ایستا کردن سری‌های فصلی، فرآیند تفاضل‌گیری فصلی مرتبهٔ دوم استفاده گردید. نتایج حاصل از این مرحله، برای ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه در شکل ۳ نشان داده شده است. با توجه به شکل می‌توان از مناسب بودن و نیز ایستا بودن داده‌ها اطمینان پیدا کرد.



شکل۳- نمودار سری زمانی داده‌های میانگین ماهانه ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه پس از ایستا شدن

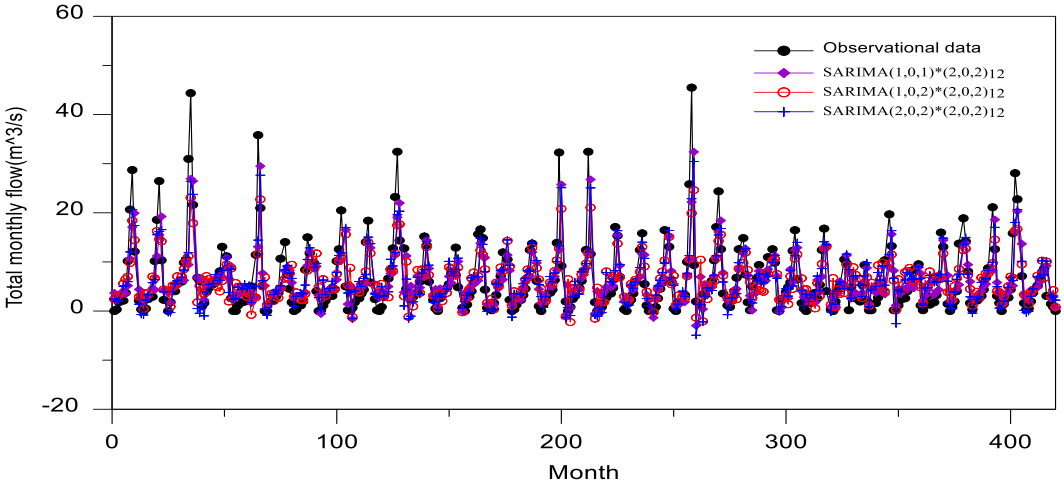
به منظور بررسی عدم همبستگی باقی‌مانده‌ها نمودارهای ACF و PACf مطابق شکل ۴ رسم گردید. بطور کلی در یک الگوی مناسب، باید خود همبستگی برآورد شده از باقی مانده‌ها از خطای معیار آن‌ها کمتر بوده و در محدوده مجاز باند اطمینان ۹۵ درصد ($\pm 1.95/\sqrt{n}$) قرار داشته باشد، براین اساس همانطور که در شکل ۴ نمایش داده شده است با دو خط مرکزی نشان داده می‌شود. بنابراین باقی‌مانده‌ها ایستا بوده و هیچگونه روندی در آن‌ها مشاهده نمی‌شود.





شکل۴- نمودار ACF و PACF سری تفاضلی مرتبه دوم داده‌های میانگین ماهانه ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه

در شکل ۵ روند مشخص شده در ۳۵ سال آماری را برای مدل‌های SARIMA نشان می‌دهد. نتایج ارزیابی مدل‌ها در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به جدول می‌توان نتیجه گرفت که مدل $SARIMA(1,0,1)*(2,0,2)_{12}$ دارای دقت بالاتری در پیش بینی میانگین جریان ماهانه برای ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه داشته و دارای اختلاف کمتری با مقادیر مرجع می‌باشد.



شکل۵- مقایسه مدل‌های SARIMA در پیش بینی میانگین جریان ماهانه برای ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه

جدول۲- ارزیابی شاخص‌های خطا برای مدل‌های SARIMA

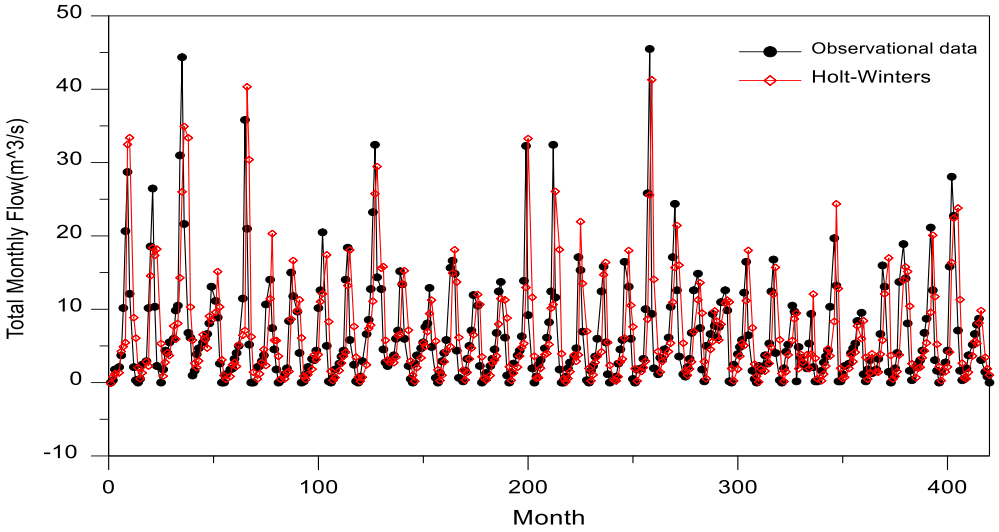
مدل	MAPE	MAD	MSD
$SARIMA(1,0,1)*(2,0,2)_{12}$	۱۵۲/۸۹	۶/۳۸	۵/۸۹
$SARIMA(1,0,2)*(2,0,2)_{12}$	۱۸۰/۰۳	۸/۰۴	۷/۰۸
$SARIMA(2,0,2)*(2,0,2)_{12}$	۱۶۰/۴۱	۷/۲۱	۶/۴۳

مدل هولت وینترز روشی برای بررسی داده‌های وابسته به زمان است. پیش‌بینی رفتار داده‌های تصادفی، احتیاج به یک مدل آماری دارد که معمولا پارامترهای این مدل توسط داده‌ها، شناسایی و برآورد می‌شود. مدل هولت وینترز، شامل سه بخش است. بخش اول، میانگین (مقدار ثابت) نامیده می‌شود که رفتار کلی مدل را نشان می‌دهد و مقادیر پیرامون آن نوسان می‌کنند. بخش دوم روند (شیب خط) است که برحسب زمان ثابت است ولی به عنوان مضرب برای متغیر در نظر گرفته می‌شود. بخش سوم نیز که بصورت تناوبی تغییر می‌کند، برای نمایش تغییرات فصلی به کار گرفته می‌شود. پیش‌بینی در روش هولت وینترز به کمک هموارسازی نمایی صورت می‌گیرد، به این ترتیب اثر داده‌های نزدیک به نقطه پیش‌بینی، بیشتر از داده‌هایی است که در گذشته دور از آن واقع شده‌اند. از آنجایی که سه محور یا سه مولفه یا ویژگی (میانگین، روند و تغییرات فصلی) در مدل سری زمانی هولت وینترز وجود دارد، آن را گاهی به نام هموارسازی نمایی سه‌تایی نیز می‌شناسند. در چنین مدلی، پیش‌بینی مقدار آینده توسط ترکیب این سه مولفه، صورت می‌پذیرد. چنین مدلی دارای چندین پارامتر است. این گروه از پارامترها در این مدل با α، β و γ شناخته می‌شوند. به این ترتیب طول دوره تغییرات فصلی و تعداد دوره‌های تغییرات فصلی نیز به عنوان پارامترهای مدل هولت وینترز محسوب می‌شوند. لازم بذکر است که ضرایب بهینه مدل هولت وینترز با استفاده از آزمون و خطا بدست آمده و در جدول ۳ نمایش داده شده است.

جدول۳- ضرایب بهینه مدل هولت وینترز

ایستگاه	α	β	γ
ارازکوسه	۰/۸۴	۰/۰۱	۰/۲

در شکل ۶ روند مشخص شده در ۳۵ سال آماری را برای مدل هموار ساز نمایی هولت وینترز نشان می‌دهد. نتایج ارزیابی مدل‌ها در جدول ۴ آورده شده است.



شکل٦- مدل هولت وینترز برای پیش بینی میانگین جریان ماهانه برای ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه

جدول٤- ارزیابی شاخص‌های خطا برای مدل هموار ساز نمایی هولت وینترز

مدل	MAPE	MAD	MSD
هولت وینترز	۲۰/۱۸	۴/۳۸	۴/۵۱

با توجه به جداول ۲و ۴ می‌توان نتیجه گرفت که مدل هموار ساز نمایی هولت وینترز (ضربی) دقت بالاتری در پیش بینی میانگین جریان ماهانه برای ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه را دارا می‌باشد. دقت بالای این مدل به وسیله سه پارامتر هموارساز(α, β, γ)، که قابلیت تعدیل داده‌های پرت را دارد، حاصل می‌گردد. این ویژگی سبب می‌شود که در مقابل نوسانات شدید، داده‌ها استوار باشند و پیش بینی استواری را از خود ارائه دهند.

٤- نتیجه‌گیری

در این تحقیق در ابتدا نمودارهای خود همبستگی و خود همبستگی جزیی سری مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به روند فصلی و ناایستایی در سری ابتدا داده‌ها تفاضلی شده و ایستا گردیدند. همچنین تست نرمال بودن داده‌ها با رسم نمودار توزیع نرمال انجام گرفت. سپس از مدل‌های فصلی سری زمانی هولت وینترزو مدل میانگین متحرک خود هم بسته یکپارچه فصلی (SARIMA) برای پیش بینی میانگین جریان ماهانه ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه استفاده گردید. نتایج نشان داد که مدل هموار ساز نمایی هولت وینترز با سه پارامتر هموارساز $\alpha = 0.84$، $\beta = 0.01$ و $\gamma = 0.2$، قابلیت تعدیل داده‌های پرت را دارد و پیش بینی استواری‌تری را از خود ارائه می-دهد.

منابع

احمدی،ف.، دین پژوه، ب.، فاخری فرد، ا.، خلیلی، ک.، دربندی، ص. ۱۳۹۴. مقایسه مدل‌های غیر خطی سری زمانی و برنامه ریزی ژنتیک در پیش بینی جریان روزانه رودخانه‌ها (مطالعه موردی: رودخانه باراندوزچای ارومیه). پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. دوره ۲۲، شماره۱، صص ۱۵۱-۱۶۹.

پسندیده فرد، ز.، میکاییلی تبریزی، ع.، مساعدی، ا.، رضایی، ح. ۱۳۹۸. بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر پارامترهای کیفی آب در زیر حوضه‌های حوضه آبخیز حبله رود با استفاده از آنالیزهای چند متغیره آماری و مدل‌های سری زمانی (ARIMA). مجله اکوهیدرولوژی، دوره۶ شماره۱، صص ۳۹-۲۹.

ناوه، ه.، خلیلی، ک.، اعلمی، م.ت.، بهمنش، ج. ۱۳۹۱. پیش بینی جریان رودخانه با استفاده از مدل غیر خطی سری زمانی دوخطی(مطالعه موردی: رودخانه‌های بازاندوزچای و شهر چای ارومیه). نشریه آب و خاک مشهد. سال بیست و ششم، شماره۵.

تیموری یگانه، ل.، تیموری یگانه، م.، ۱۳۹۹. کاربرد مدل سری زمانی برای تخمین میزان بارش ماهانه در استان کرمانشاه. نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی. سال یازدهم، شماره۴۴، صص ۱۴۲-۱۳۷.

Samani, N., E. Raeissi, and A. Soltani.1994. Modeling the stochastic behavior of the Fars rivers. J. Sci., IRI, 1994. **5**(12): p. 4958.

Salas, J.D. Applied modeling of hydrologic time series. 1980: Water Resources Publication.

Modarres, R. 2007. Streamflow drought time series forecasting. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. **21**(3): p. 223-233.

Bashari, M. and M. Vatankhah. 2011. Comparison of Different Time Series Analysis Methods for Forecasting Monthly Discharge in Karkheh Watershed. Irrigation and Water Engineering. **1**(2): p. 75-86.

Svetlíková, D., et al. 2008. Analysis of discharge and rainfall time series in the region of the Káštorské lúky wetland in Slovakia. in XXIVth conference of the Danubian countries on the hydrological forecasting. Conference E-papers. Bled.
Valipour, M., M. Banihabib, and S. Behbahani. 2012. Monthly inflow forecasting using autoregressive artificial neural network. Journal of Applied Sciences. **12**(20): p. 2139-2147.
Granger, C.W.J., G. CWJ, and A. AP.1978. An introduction to bilinear time series models.

Investigation of the application of time series models in predicting the monthly flow of Arazkuseh hydrometric station

Maryam Teymouri Yeganeh[۷۱], Leila Teymouri Yeganeh[1]

1. Ph.D. Candidate in Water structures,Razi University, Kermanshah, 1 Ph.D. Candidate in Mathematical Statistics,Yazd University

*Email Address : m.yeganeh1390@gmail.com

Introduction

Predicting an element is one of the most effective tools in management decisions, because the final efficiency of any decision depends on the sequence of events that will follow the initial predictions in the decision. In water resources management, knowledge of the status of water resources in an area has a very decisive role in water planning, agriculture, etc. Based on this, using statistical analysis, it is possible to predict the conditions of water resources in the future. Time series models are one of the efficient tools in predicting hydrological processes in water engineering. Due to the fact that the number of required data in time series models is less than other conceptual and physical models, it has led to the widespread use of these models in the field of hydrological and water resources engineering. Due to the high importance of modeling in water resources planning, the purpose of this study was to evaluate the Holt Winters exponential smoothing model (multiplication) and its integrated seasonal integrated moving average model and their application to predict The monthly flow is the Arazkuseh hydrometric station.

Methodology

In this research, the data of Arazkuseh hydrometric station on Chehelchai river, which is a tributary of Gorganrood, were used. The geographical position of this station is 55 degrees and 8 minutes east longitude and 37 degrees and 13 minutes north latitude. The height of this station from the surface of open waters is 34.5 meters and the area of its basin is 1.1678 square kilometers. Table 1 shows the discharge data of Arazkuse station. Figure 1 also shows the time series diagram of the average monthly flow of the Arazkuseh hydrometric station. The main purpose of time series analysis in hydrology is to describe the time history of motion of some variables such as the velocity of the flow in a river at a particular location. River flow and other hydrological sequences are characterized by variability and oscillating behavior. The purpose of hydrological studies is to understand and describe the quantitative statistical population as well as the process that creates this statistical population, based on a limited number of samples.

Table 1 - Flow data of Arazkuse station

average Flow	Month
17.02	**April**
10.19	**May**
3.02	**June**
0.79	**July**
0.84	**August**
1.18	**September**
2.23	**October**
2.89	**November**
3.99	**December**
4.66	**January**
7.33	**February**
13.47	**March**
5.63	**Annual average**

Corresponding author*: m.yeganeh1390@gmail.com ۷۷

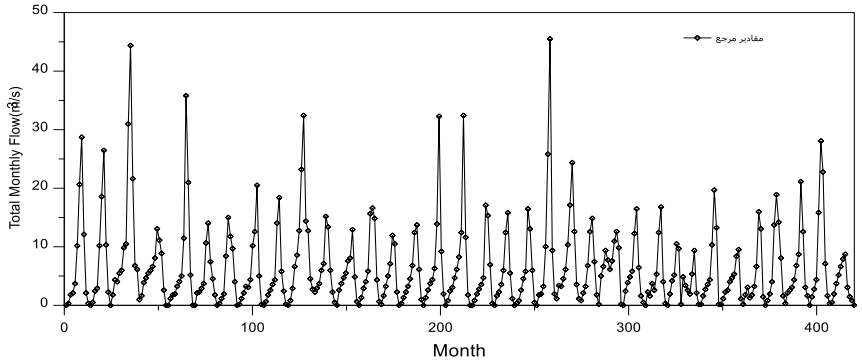


Figure 1- Time series diagram of the average monthly flow of Arazkuseh hydrometric station

Conclusion

To examine the static static in the mean, the series diagram and its correlation graph can be used. If a sample degrades a lot and is cut off after a delay, it makes it necessary to differentiate. The instability in the mean is also evident from the time series diagram. It may be necessary to differentiate the initial data to eliminate the instability. Of course, experience has shown that it usually does not exceed 2.The SARIMA model can be considered as a combination of a complex and simple model that can be used for unstable time series with seasonal changes. This model has been developed by Box et al. For seasonal time series. In the initial complex state, the self-correlated (AR) model with order p is used. Determining the appropriate value for p is determined by the function and the partial correlation coefficient. The Moving Average Model (MA) is also displayed with the parameter q. The autocorrelation function and graph are used to estimate this parameter. Also, the Integrated degree parameter is shown with the d parameter, which indicates the amount of the largest distance or difference that causes the time series to be static in the moving average smoothing method. Seasonal variation components include parameters. s Specifies the length of the seasons. On the other hand, the parameters P and Q, like p and q in the AR and MA models, are determined according to seasonal changes. Finally, parameter D is added to the model as a seasonal integration to eliminate seasonal changes.In this study, first the series autocorrelation and partial autocorrelation diagrams were examined. Due to the seasonal trend and instability in the series, the data were first differentiated and static. The normality of the data was also tested by drawing a normal distribution diagram. Then, the seasonal models of the Holt Winterzoo time series of their moving average seasonal integrated model (SARIMA) were used to predict the average monthly flow of the Arazkose hydrometric station. The results showed that the Holt Winters exponential smoothing model with three smoothing parameters, and, has the ability to modify outlier data and provides a more robust forecast.The Holt Winters model is a way to examine time-dependent data. Predicting the behavior of random data requires a statistical model in which the parameters of this model are usually identified and estimated by the data. The Holt Winters model consists of three parts. The first part is called the mean (constant value), which shows the general behavior of the model and the values around it fluctuate. The second part is the trend (line slope), which is constant in time but is considered a multiple of the variable. The third section, which changes periodically, is also used to show seasonal changes. The prediction in Holt Winters method is done with the help of exponential smoothing, so the effect of data close to the prediction point is more than data that have been far away in the past. Because there are three axes or three components (characteristics, trends, and seasonal variations) in the Holt Winters time series model, it is sometimes referred to as triple exponential smoothing. In such a model, the future value is predicted by combining these three components. Such a model has several parameters. This group of parameters in this model are known as α, β and γ. Thus, the length of the seasonal change period and the number of seasonal change periods are also considered as parameters of the Holt Winters model.

Keywords
Time series; Prediction; Holt-Winters model; Integrated interconnected moving average model.