

یادداشت فنی

تولید آمار مصنوعی جریان ورودی به مخزن سد مارون با استفاده از سری‌های زمانی سالانه

صمد امامقلی‌زاده^{۱*} و رزیتا حمیدی^۲

چکیده

سد مارون واقع در استان خوزستان، نقش مهمی در تأمین آب منطقه دارد. پس برآورد صحیح دبی ورودی به این سد در سال‌های آینده نقش مهمی در برنامه‌ریزی منابع آب آن خواهد داشت. در این تحقیق با استفاده از آمار ۴۱ ساله دبی ایستگاه هیدرومتری ایدنک واقع بر روی رودخانه مارون (از سال‌های ۴۸-۱۳۴۷ تا ۸۸-۱۳۸۷)، مدل‌های مختلف استوکستیک مانند مدل‌های اتورگرسیو (AR)، اتورگرسیو میانگین متحرک (ARMA) و اتورگرسیو میانگین متحرک هم‌زمان (CARMA) به داده‌ها برازش داده شدند. نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد از میان مدل‌های مختلف مورد استفاده، مدل CARMA(1,1) با داشتن کمترین معیار اطلاعاتی آکائیک و شوارز به ترتیب برابر با ۱۷/۶۹- و ۱۶/۹۱- به عنوان مدل برتر است. با توجه به مدل انتخاب شده، ۱۰ سری‌های زمانی مصنوعی برای ۴۱ سال تولید شد، که با مقایسه خصوصیات آماری پایه سری تولید شده به سری اولیه، بهترین سری زمانی انتخاب شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات برای سری اولیه ۵۱/۱۳، ۲۴/۶۴ و ۰/۴۸ و برای سری تولید شده به ترتیب برابر با ۵۱/۱۶، ۲۷/۱۵ و ۰/۵۲ است، که نتایج آن در تحقیق حاضر آرایه شده است.

واژه‌های کلیدی: تولید آمار مصنوعی، رودخانه مارون، سری زمانی سالانه، مدل‌سازی.

ارجاع: امامقلی‌زاده ص. و حمیدی ر. ۱۳۹۱. تولید آمار مصنوعی جریان ورودی به مخزن سد مارون با استفاده از سری‌های زمانی سالانه. مجله پژوهش آب ایران. ۲۱۵-۲۱۸: (۱۱)۶.

۱- استادیار گروه مهندسی آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

* نویسنده مسئول: s_gholizadeh517@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۴/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۲/۲۲

مقدمه

می‌شوند. مجموعه پارامترهای مدل $\{\sigma_\varepsilon^2, \phi_p$ و ϕ_1 و ... و σ^2 و μ باید از داده‌ها تخمین و یا تعیین شوند.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه، رودخانه مارون در استان خوزستان است. ایستگاه هیدرومتری ایدنک روی رودخانه مارون در بالادست سد مارون قرار دارد. مساحت حوضه آبریز در بالادست ایستگاه ایدنک ۲۷۴۷ کیلومتر مربع است. آمار دبی استفاده شده در این تحقیق، سری زمانی سالانه جریان رودخانه مارون متعلق به ایستگاه ایدنک برای دوره ۴۱ ساله (سال‌های آبی ۴۷-۱۳۴۶ تا ۸۸-۱۳۸۷) است. در این تحقیق از نرم‌افزار SAMS2007 استفاده شده است. در این نرم‌افزار انتخاب مدل برتر بر اساس دو معیار اطلاعاتی آکائیک اصلاح شده^۱ (AICC) و معیار اطلاعاتی شوارز^۲ (SIC) صورت می‌گیرد که معادله‌های آن به صورت زیر است:

$$AICC = n \ln \hat{\sigma}^2(\varepsilon) + n + \frac{2(k+1)n}{n-k-2} \quad (۳)$$

$$SIC = n \ln \hat{\sigma}^2(\varepsilon) + n + k \ln n \quad (۴)$$

که در آن‌ها، n تعداد نمونه، k نشان دهنده مجموع پارامترهای مدل (برای مثال $k=p+q$ برای مدل $ARMA(p,q)$ ، $\hat{\sigma}^2(\varepsilon)$ تخمین حداکثر درست‌نمایی واریانس باقی مانده‌ها هستند.

نتایج و بحث

در این تحقیق آمار دبی متوسط ۴۱ ساله ایستگاه هیدرومتری ایدنک بر روی رودخانه مارون در سال‌های ۴۸-۱۳۴۷ تا ۸۸-۱۳۸۷ استفاده شد. حداقل، متوسط و حداکثر دبی این رودخانه به ترتیب $۱۵/۸۳$ ، $۵۱/۱۳$ و $۱۱۵/۷$ متر مکعب بر ثانیه است. نتایج آزمون نرمال بودن داده‌ها با دو آزمون چولگی و آزمون فیلیپین نشان می‌دهد که داده‌های خام دارای توزیع نرمال نیستند. برای نرمال کردن داده‌ها از توابع تبدیل لگاریتمی، نمایی و نظایر آن استفاده شد. نتایج بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از توابع تبدیل مذکور نشان می‌دهد که سری تولید شده با استفاده از تابع تبدیل لگاریتمی نسبت به سایر توابع نرمال‌تر بوده است. وسیله اصلی برای تشخیص مدل، ترسیم تابع خود همبستگی (ACF) و خود همبستگی

برای مدل‌سازی دبی می‌توان از مدل‌های استوکستیک (خصوصاً آنالیز سری زمانی) که ابزار مدیریتی مناسب برای پیش‌بینی مقادیر آبی فرآیندهای هیدرولوژیکی است، استفاده کرد. مدل‌های استوکستیک به شکل‌های مختلفی استفاده می‌شوند که برای مثال می‌توان به مدل‌های استوکستیک اتورگرسیو (AR)، اتورگرسیو میانگین متحرک (ARMA)، اتورگرسیو میانگین متحرک هم‌زمان (CARMA) و همچنین به مدل‌های اتورگرسیو میانگین متحرک تناوبی تک متغیره، اتورگرسیو تناوبی چند متغیره مانند $CSM-CARMA(p,q)$ و غیرتجمعی فاصله‌ای سالانه اشاره کرد. مدل‌های اتورگرسیو از سال ۱۹۶۰ به طور گسترده در هیدرولوژی و منابع آب به منظور مدل کردن سری‌های زمانی هیدرولوژیک تناوبی و سالانه استفاده شده است. کاربرد اولیه روش‌های اتورگرسیو و میانگین متحرک در هیدرولوژی توسط کیزیل (۱۹۶۹) ذکر شده است. پس از آن این تلاش‌ها ادامه پیدا کرد که از بین آن‌ها می‌توان به مطالعات اسپولیا و چاندر (۱۹۷۰)، کویمپو (۱۹۷۱) و کلمس (۱۹۷۳) اشاره کرد. شاید بتوان گفت اولین گام مهم در کاربرد عملی سری زمانی در هیدرولوژی توسط مک‌کرچر و دلنور (۱۹۷۴) صورت گرفته که با توجه به وجود ویژگی‌های فصلی پارامترهای دبی جریان رودخانه، مدل فصلی و ضربی $(0,1,1)$ $ARIMA(2,0,0) \times$ را برای شبیه‌سازی دبی رودخانه ارایه کردند. ساختار ریاضی مدل‌های $AR(p)$ ، $ARMA(p,q)$ و $CARMA(p,q)$ (ساختار ریاضی مدل‌های $ARMA$ و $CARMA$ مانند هم است) با فرض سری زمانی ایستا y_t با توزیع نرمال و میانگین μ و واریانس σ^2 به ترتیب به صورت معادله‌های ۱ و ۲ نشان داده می‌شود:

$$y_t = \mu + \sum_{i=1}^p \phi_i (y_{t-i} - \mu) + \varepsilon_t \quad (۱)$$

$$y_t = \sum_{i=1}^p \phi_i y_{t-i} + \varepsilon_t - \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} \quad (۲)$$

که در آن‌ها، y_t سری (متغیر) وابسته زمانی و ε_t سری مستقل زمانی (غیر همبسته) است که مستقل از y_t است و به صورت نرمال با میانگین صفر و واریانس σ_ε^2 توزیع شده است. ضریب‌های ϕ_p و ϕ_1 ضریب‌های اتورگرسیو و $\theta_1, \dots, \theta_q$ پارامترهای متوسط متحرک مدل نامیده

1- Corrected Akaike Information Criterion

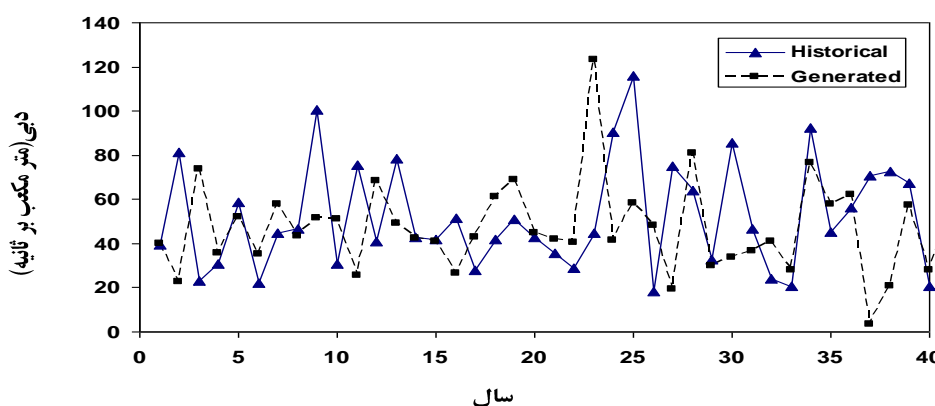
2- Schwarz Information Criterion

مقدار دبی خشکسالی، حداکثر دوره پر آبی و حداکثر دبی پر آبی و ظرفیت ذخیره است. این اطلاعات در جدول ۳ برای سری تولید شده و سری اولیه با هم مقایسه شده‌اند. نتایج این جدول نشان می‌دهد که سری تولید شده به خوبی با سری اولیه قابل مقایسه است.

مقایسه انجام شده بین خصوصیات سری زمانی اولیه و تولید شده در جدول ۲ ارایه شده است. همچنین سری تولید شده و سری اولیه برای مدل $CARMA(1,1)$ در شکل ۲ با هم مقایسه شده‌اند. یکی از توانایی نرم‌افزار SMAS 2007 قابلیت پیش‌بینی حداکثر دوره خشکسالی،

جدول ۲- مقایسه خصوصیات آماری پایه سری تولید شده با سری اولیه برای مدل $CARMA(1,1)$

پارامتر	سری تاریخی	سری تولید شده	پارامتر	سری تاریخی	سری تولید شده
میانگین	۵۱/۱۳	۵۱/۱۶	حداقل	۱۵/۸۳	۱۵/۹۸
انحراف معیار	۲۴/۶۴	۲۷/۱۵	حداکثر	۱۱۵/۷	۱۴۰/۸
ضریب تغییرات	۰/۴۸۱۸	۰/۵۲۲۱	تابع خود همبستگی تاخیر ۱ (acf(1))	-۰/۱۱۴	-۰/۱۳۷
چولگی	۰/۶۵۴۹	۱/۲۶۸	تابع خود همبستگی تاخیر ۲ (acf(2))	-۰/۰۵۵۷	۰/۰۱۵۹



شکل ۲- مقایسه سری تولید شده و سری اولیه برای مدل $CARMA(1,1)$

جدول ۳- مقایسه اطلاعات ذخیره، خشکسالی و سال‌های پر آبی سری تولید شده با سری اولیه برای مدل $CARMA(1,1)$

پارامتر	سری تاریخی	سری تولید شده
حداکثر دوره خشکسالی (سال) (Longest Drought)	۴	۶/۲
مقدار دبی خشکسالی (متر مکعب در ثانیه) (Max Deficit)	۶۵/۷۸	۱۰۷/۷
حداکثر دوره پر آبی (سال) (Longest Surplus)	۴	۳/۵
حداکثر دبی پر آبی (متر مکعب در ثانیه) (Max Surplus)	۱۰۲/۷	۱۲۲/۷

منابع

- Kelmes V. 1973. Watershed as semi infinite storage reservoirs. J. Irrig. Drain. ASCE. 99:477-491.
- Kisiel C. C. 1969. Time series analysis of hydrologic data. Advances in Hydroscience, Academic Press. N.Y. 119 pp.
- McKerchar A. I. and Delleur L. W. 1974. Application of seasonal parametric linear stochastic models to monthly flow data. J. Water resource reservoir. 10(2):246-255.
- Quimpo R. 1971. Structure relation between parametric and stochastic hydrology model. International symposium on mathematical model in hydrology, Int. Assoc. of hydrology, Sci, Warsaw. 151-157.
- Spolia S. K. and Chander S. 1970. Modeling of surface runoff system by an ARIMA model. J. Hydrology. 22(3):317-332.

نتیجه‌گیری

در این مقاله، با توجه به اهمیت سد مارون در استان خوزستان، مدل‌های مختلف استوکستیک به داده‌های دبی ۴۱ ساله ایستگاه هیدرومتری ایدنک بر رودخانه برازش داده شد. با استفاده از معیار اطلاعاتی آکائیک و شوارز مدل $CARMA(1,1)$ به عنوان مدل برتر انتخاب شد و از آن برای تولید سری‌های زمانی مصنوعی استفاده شد، که نتایج آن در تحقیق حاضر ارایه شده است.