نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۲، ص. ۳۵۰-۳۴۲

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.2, May-Jun 2013, p. 342-350

معرفی و کاربرد الگوی تلفیقی پیشنهادی BL-ARCH در پیش‌بینی دبی روزانه رودخانه (مطالعه موردی رودخانه شهرچای ارومیه)

کیوان خلیلی[1]- احمد فاخری فرد[2]- یعقوب دین پژوه[3]- فرشاد احمدی[4]- جواد بهمنش[5]*

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۵/۱۸
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۱۲/۲۰

چکیده

استفاده از مدلهای سری زمانی یکی از راههای کاربردی در شبیه سازی و پیش بینی داده های هیدرولوژیکی است. یکی از نقاط ضعف مدل‌های سری‌زمانی در پیش‌بینی داده‌های هیدرولوژیکی، نحوه تولید داده‌های تصادفی است. به طوریکه داده‌های تولیدی نیز با تغییر سری تصادفی، تغییر خواهند کرد. این تحقیق با الگوی غیرخطی ARCH بخش تصادفی مدل سری‌زمانی مختص آن رودخانه را مدل‌سازی می‌کند. سپس سری تصادفی تولید می‌شود. مدل تلفیقی پیشنهادی BL-ARCH برای پیش‌بینی جریان رودخانه، با تلفیق مدل ARCH و مدل غیرخطی BL ارائه گردیده است. داده‌های روزانه ۳۱ ساله دبی رودخانه شهرچای ارومیه واقع در غرب دریاچه ارومیه و استان آذربایجان غربی، برای پیش‌بینی ۱۱ ساله جریان رودخانه استفاده شده است. نتایج حاصل نشان داد که مدل تلفیقی پیشنهادی با خطای ۴/۵۲، نسبت به مدل دوخطی با خطای۶/۷۷ برازش بهتری نسبت به مدل دوخطی دارد. این مدل می‌تواند در پیش‌بینی جریان‌های کوتاه مدت رودخانه به ویژه جریان‌های روزانه به کارگرفته شود.

واژه های کلیدی: سری تصادفی، الگوی دوخطی، الگوی تلفیقی BL-ARCH، پیش‌بینی جریان روزانه

مقدمه

بسیاری از فرآیندهای مربوط به سامانه‌های طبیعی نسبت به زمان غیرخطی هستند. اما برخی از جنبه‌های خاص این سامانه‌ها ممکن است نسبت به جنبه‌های دیگر، به فرآیند غیرخطی نزدیکتر باشند. به هر حال ماهیت غیر خطی بودن برای ما کاملاً آشکار نیست (۲۱). در میان سیستم‌های طبیعی، فرآیند جریان رودخانه یکی از سیستم‌هایی است که در آن دبی جریان در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی می‌تواند غیرخطی باشد.

مدل‌های غیرخطی در علوم مرتبط با آمار، اقتصاد و ریاضیات مورد بحث قرار گرفته و توسعه یافته‌اند (۱۶ و ۲۲). اکثر این مدل‌ها در زمینه مدل‌سازی و پیش‌بینی سری‌های زمانی اقتصادی کاربرد داشته‌اند (۸). تعداد مطالعات مربوط به مدل‌های غیرخطی سری‌های زمانی در تحلیل و پیش‌بینی در مقایسه با سری‌های زمانی خطی بسیار اندک است. خلاء انجام مطالعه در مورد جریان رودخانه مشهودتر است. به طوری که به نظر می‌رسد، تاکنون در ایران مطالعه‌ای در زمینه کاربرد مدل‌های غیرخطی سری‌زمانی فرآیندهای جریان رودخانه وجود نداشته و در سطح جهانی نیز مطالعات مزبور انگشت شمار بوده است.

مدل دوخطی[6] توسط گرانگر و آندرسون معرفی شد (۹) و تحقیقات فراوانی پس از آن بر روی این مدل به عمل آمد. این محققان خصوصیات آماری مدل $BL(1,0,1,1)$ را مورد بررسی و توجه قرار دادند. سوبارائو (۱۸) مدل $BL(p,0,p,1)$ را مورد بررسی قرار داده و به نتایج جالبی در رابطه با خصوصیات سری‌های زمانی دست یافت. سوباراثو و گابر (۱۹) بر روی برخی خصوصیات و کاربردهای این مدل مباحثی انجام داده و نمایش ماتریسی و فضایی این مدل را ارائه نمودند. فام (۱۵) تحقیقی بر روی خصوصیات پایه و محاسبات آماری مدل‌های دوخطی انجام داد. محققانی مانند کیم و همکاران (۱۰)، لیو و چن (۱۴) و سیسی و سوبا رائو (۱۷) برای تخمین پارامترهای مدل بی‌لینیر مطالعاتی انجام دادند. دای و بیلارد (۵) مشکل تخمین پارامترهای مدل فضایی دوخطی را مورد توجه قرار

۱و۵- استادیاران گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: Email: j.behmanesh@urmia.ac.ir)
۲، ۳ و ۴- به ترتیب استاد، دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

6 - Bilinear Models

داده و با فرض ایستا بودن سری، روشی به نام تخمین شرطی حداکثر درست نمایی با استفاده از الگوریتم عددی نیوتن رافسون، جهت تخمین پارامترهای مدل ارائه نمودند. لیفشیتس (۱۳) منشا تغییرات مدل دوخطی در سری‌های زمانی با ماهیت غیرخطی ضعیف را مورد تحقیق قرار داد و به روابط و معادلات ریاضی حاکم بر این شرایط دست یافت. به نظر می‌رسد، برای مدل‌سازی و پیش‌بینی جریان رودخانه در علوم مرتبط با هیدرولوژی از این مدل استفاده نشده است.

مدل واریانس شرطی ناهمسان خوهمبسته ARCH[1] توسط انگل ارائه گردید (۶). هدف اصلی این محقق مدل‌سازی واریانس نرخ تورم در انگلیس بود. ایده اصلی مدل‌های ARCH از مطالعات اقتصادی نشات گرفته و برای مدل‌سازی پدیده های ناپایدار نظیر نرخ بهره و سهام به کار گرفته شده است. واریانس در این مدل‌ها پایای زمانی نیست. انواع دیگر از مدل‌های ARCH نیز ارائه شده‌اند. مهمترین آنها مدل واریانس شرطی ناهمسان خوهمبسته تعمیم یافته[2] (GARCH) است (۳).

وانگ و همکاران (۲۲) از ترکیب مدل ARMA[3] و مدل GARCH برای برازش واریانس و میانگین روزانه جریان رودخانه زرد در چین استفاده کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که مدل ARMA-GARCH نتایج بسیار سودمندی در مدل‌سازی سری روزانه جریان رودخانه ارائه می‌کند. کایادو (۴) عملکرد مدل‌های یک پارامتری سری‌های زمانی را در پیش‌بینی میزان آب مصرفی در مقیاس‌های روزانه و هفتگی اسپانیا از سال ۲۰۰۱ الی ۲۰۰۶ مورد بررسی قرار دادند. آنها مدل‌های ARIMA[4] و GARCH را بر روی سری داده‌های مشاهداتی برازش داده و کارآیی این مدل‌ها مورد ارزیابی و تایید قرار گرفت. در ضمن جهت بهبود نتایج پیش‌بینی پیشنهاد شده، که از مدل‌های ترکیبی استفاده گردد. لائوکس و همکاران (۱۲) با استفاده از مدل غیرخطی سری‌زمانی ARMA-GARCH با برازش برروی داده‌های ایستگاه‌های منتخب در منطقه آلپ آلمان، شبیه‌سازی بارش باران تصادفی را انجام دادند. آنها با تمرکز روی جفت مثبت مشاهداتی و مدل‌سازی بارش، این مدل را برای پالایش محلی جهت اصلاح داده‌ها به کار گرفتند.

پیش‌بینی دقیق جریان رودخانه‌ها یکی از مهمترین ارکان در مدیریت منابع آب‌های سطحی به ویژه اتخاذ تدابیر مناسب در مواقع سیلاب و بروز خشکسالی‌ها است. هدف از این مطالعه معرفی و استفاده از مدل تلفیقی BL-ARCH در پیش‌بینی جریان روزانه رودخانه شهرچای ارومیه واقع در استان آذربایجان غربی می‌باشد.

1 - Autoregressive Conditional Heteroskedastic Model (ARCH)

2 - Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic Model (GARCH)

3 – Autoregressive Moving Average (ARMA)

4 - Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

مواد و روش‌ها

داده‌ها و منطقه مورد مطالعه

حوضه شهرچای ارومیه یکی از زیرحوضه‌های مهم دریاچه ارومیه می‌باشد که در شمال غرب ایران و در استان آذربایجان غربی واقع شده و موقعیت جغرافیایی آن بین ۳۵´°۴۴ تا ۴۸´°۴۴ طول شرقی و ۲۰´°۳۷ تا ۳۳´°۳۷ عرض شمالی می‌باشد. ارتفاع منطقه از ۱۵۱۳ متر از سطح دریا در خروجی حوضه تا ۳۵۹۵ متر در مرز ایران و ترکیه تغییر می‌کند و متوسط بارش سالانه ۶۱۴/۹ میلیمتر می‌باشد (۱). شکل ۱ موقعیت زیرحوضه مورد مطالعه در ایران و استان آذربایجان‌غربی نشان داده شده است. در این تحقیق از داده‌های روزانه ۳۱ ساله ایستگاه هیدرومتری میرآباد از سال آبی ۱۳۵۲ الی ۱۳۸۲ واقع در بالادست حوضه استفاده گردیده است. مساحت بالادست حوضه ایستگاه هیدرومتری میرآباد حدود ۱۹۰ کیلومتر مربع می‌باشد. در داده‌ها هیچ خلأ آماری وجود ندارد. مشخصات آماری سری‌های جریان رودخانه در جدول ۱ به طور خلاصه ارائه گردیده است.

الگوی دوخطی

مدل‌های خطی سری زمانی در واقع بسط مرتبه اول سری های تیلور[5] هستند (۲۰). ایده اصلی مدل دوخطی نیز غیرخطی بودن بسط مرتبه دوم سری تیلور است. شکل کلی مدل دوخطی مطابق رابطه ۱ است (۲۰).

$$X_t = \sum_{j=1}^{p}(b_j.X_{t-j}) - \sum_{k=1}^{q}(a_k.\varepsilon_{t-k}) + \sum_{j=0}^{P}\sum_{K=1}^{Q}(c_{jk}.X_{t-j-k}.\varepsilon_{t-k}) + \varepsilon_t \qquad (۱)$$

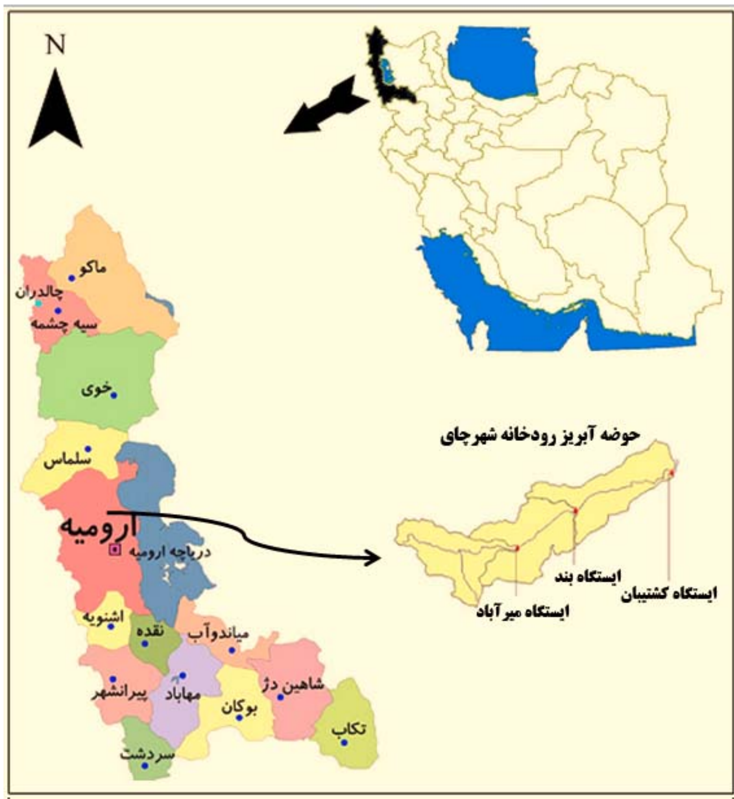
که در آن X_t سری زمانی موردنظر و p، q، P و Q اعداد صحیح مثبت می‌باشند که رسته یا مرتبه مدل دوخطی را نشان می‌دهند. مدل فوق در برخی منابع به صورت مدل $BL(p,q,P,Q)$ نیز نمایش داده می‌شود (۷). a، b و c ضرایب مدل دوخطی است. ε_t نیز سری تصادفی نرمال می‌باشد. به عنوان نمونه در صورتی که مقادیر رسته مدل بی‌لینیر $P = Q = q = p = 1$ باشد، مدل دوخطی به صورت $BL(1,1,1,1)$ نمایش داده شده و می‌توان مطابق رابطه ۲ نوشت. که درآن، ε_t سری تصادفی مستقل با توزیع نرمال است:

$$BL(1,1,1,1) = X_t = b.X_{t-1} - a.\varepsilon_{t-1} + c.X_{t-1}.\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (۲)$$

5 –Taylor Series

جدول ۱- مشخصات آماری سری‌های جریان رودخانه شهرچای ارومیه

نام ایستگاه	دوره زمانی	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	مساحت بالادست ایستگاه هیدرومتری (km^2)	مقیاس زمانی	دبی(m^3/s)	انحراف معیار(m^3/s)	ضریب چولگی
					روزانه	۵/۱۵	۷/۵۴	۲/۴۵
میرآباد	۱۳۵۲-۸۲	۴۴-۵۳	۳۷-۲۶	۱۹۰	ماهانه	۵/۰۹	۶/۸۹	۲/۱۸
					سالانه	۵/۰۹	۱/۸۹	۰/۵۲۴



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

مدل دوخطی یک مدل ARMA (خطی) است که عبارت غیرخطی $\left(\sum_{j=0}^{P}\sum_{K=1}^{Q}(c_{jk}.X_{t-j-k}.\varepsilon_{t-k})\right)$ به آن اضافه شده است (۲).

در این عبارت حاصلضرب دو متغیر ε_t و X_t که هر دو نسبت به زمان متغیراند، سبب شده معادله از حالت خطی خارج و غیرخطی شود. شاید یکی از بهترین روش‌ها برای معرفی مدل‌های غیرخطی سری زمانی اضافه کردن یک عبارت به مدل خطی باشد که این عمل در مدل دوخطی مشاهده می‌شود (۷). اگر بخواهیم مدل دوخطی را به همان روال قبلی مدل‌های خطی سری زمانی نمایش رابطه ۳ به وجود می‌آید:

$$Z_t=\sum_{i=1}^{p}(\phi_i.Z_{t-i})-\sum_{j=1}^{q}(\theta_i.\varepsilon_{t-i})+\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{s}(\beta_{ij}.Z_{t-i}.\varepsilon_{t-j})+\varepsilon_t \qquad (۳)$$

که پارامترها در این مدل مانند مدل ARMA بوده و فقط عبارت $\left(\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{s}(\beta_{ij}.Z_{t-i}.\varepsilon_{t-j})\right)$ به آن اضافه شده است. (p,q,r,s)رسته مدل و ϕ,θ,β نیز ضرایب مدل دوخطی است که در این تحقیق و در بخش نتایج و بحث از این علائم برای نمایش نتایج مدل دوخطی استفاده شده است.

مدل تلفیقی پیشنهادی BL-ARCH

یکی از مشکلات مهم در مدل سازی سری‌های زمانی، تعیین بخش تصادفی مدل است. زیرا با هر بار قرار دادن یک سری داده تصادفی جدید، سری جدیدی تولید می‌شود. درحالی که ممکن است تاثیری در روند کلی مقادیر پیش بینی نداشته باشد. بنابراین در مدل تلفیقی پیشنهادی سعی شده تا بخش تصادفی یا واریانس سری نیز مدل سازی شود. در ضمن در بیشتر مطالعات مرتبط با مدل‌سازی و پیش‌بینی فرآیندهای هیدرولوژیکی توجه اصلی بر روی مقادیر میانگین داده‌ها است. در حالی که کمتر به پدیده متغیر بودن واریانس نسبت به زمان توجه شده است. با توجه به پیشرفت مطالعات انجام گرفته در زمینه ریسک و عدم قطعیت در مهندسی منابع آب، توسعه و کاربرد روش‌های مدل‌سازی تغییرات واریانس نسبت به زمان نیز ضروری به نظر می‌رسد. این مطالعه سعی نموده تا با تلفیق مدل واریانس شرطی ناهمسان خودهمبسته (ARCH) و دوخطی گام موثری بردارد.

مدل ARCH یک مدل غیرخطی سری زمانی است که برای مدل سازی تغییرات واریانس نسبت به زمان توسط انگل به صورت رابطه ۴ ارائه شد (۶).

$$\varepsilon_t = \sigma_t z_t \quad \text{و} \quad \sigma_t^2 = a_0 + \sum_{i=1}^{m} b_i \varepsilon_{t-i}^2 \qquad (۴)$$

که در آن σ_t^2 واریانس شرطی[1] ، ε_t عبارت خطا یا باقی‌مانده مدل، $a_0 \ge 0, b_j \ge 0$ پارامترهای مدل، m رسته مدل و $\{z_t\} \sim IID(0,1)$ می‌باشد.

گام‌های برازش الگوی ARCH به شرح زیر است:

۱- بهترین مدل AR با مرتبه m بر روی سری داده‌های ایستا (Z_t) برازش داده می‌شود (رابطه ۵).

$$Z_t = \sum_{i=1}^{m} (\phi_i . Z_{t-i}) + \varepsilon_t \qquad (۵)$$

۲- مقدار خطای ε_t از رابطه ۵ محاسبه می‌گردد.

۳- ε_t^2 محاسبه و رابطه برازشی زیر برای سری ε_t^2 بدست می‌آید:

$$\hat{\varepsilon}_t^2 = a_0 + \sum_{i=1}^{m} b_i \hat{\varepsilon}_{t-i}^2 \qquad (۶)$$

اگر برای مقادیر مختلف $i = 1,...,q$ مقدار $a_i = 0$ باشد، رابطه‌ای بین مقادیر خطای مدل قابل برازش نخواهد بود.

۴- گام بعدی تلفیق دو مدل ARCH و دوخطی (BL) است. پس از کنترل و انتخاب نهایی مدل‌ها، برای تلفیق دو مدل کافی است به جای بخش تصادفی مدل دوخطی (ε_t)، نتایج حاصل از برازش مدل ARCH به همراه ضریب α قرار داده شود. در واقع مدل ARCH بخش تصادفی مدل دوخطی را تعیین خواهد کرد. به عنوان نمونه می توان شکل کلی مدل را برای مدل BL(1,1,1,1)-ARCH(1) مطابق رابطه ۷ نوشت.

$$Z_t = \phi_1 . Z_{t-1} + \theta_1 .(\alpha . \varepsilon_{t-1}) + \beta_{11} Z_{t-1} (\alpha . \varepsilon_{t-1}) + (\alpha . \varepsilon_t) \qquad (۷)$$

نتایج

نتایج برازش مدل‌های دوخطی و تلفیقی BL-ARCH برروی سری روزانه جریان رودخانه

پس از نرمال و استاندارد کردن سری‌زمانی، از مدل دوخطی برای مدل‌سازی جریان روزانه رودخانه و تلفیق آن با مدل ARCH استفاده شده است. از بین مدل‌های دوخطی مدل BL(1,18,1,1) با داشتن کمترین مقدار AIC معادل ۶۸۱۷/۶۹ به عنوان مدل مناسب انتخاب شد. بدین منظور مدل BL(1,18,1,1) بر روی سری جریان روزانه رودخانه برازش داده شده و شکل کلی مدل به صورت زیر بدست آمده است:

$$\begin{aligned} Z_t &= 0.9868 \times Z_{t-1} - 0.0941 \times \varepsilon_{t-1} - 0.1181 \times \varepsilon_{t-2} \\ &- 0.0913 \times \varepsilon_{t-3} - 0.0431 \times \varepsilon_{t-4} - 0.0460 \times \varepsilon_{t-5} \\ &- 0.0440 \times \varepsilon_{t-6} - 0.0492 \times \varepsilon_{t-7} - 0.0128 \times \varepsilon_{t-8} - \\ &0.0182 \times \varepsilon_{t-9} - 0.0221 \times \varepsilon_{t-10} + 0.0010 \times \varepsilon_{t-11} \\ &- 0.0010 \times \varepsilon_{t-12} - 0.0283 \times \varepsilon_{t-13} + 0.0155 \times \varepsilon_{t-14} - \\ &0.0100 \times \varepsilon_{t-15} - 0.0113 \times \varepsilon_{t-16} + 0.0124 \times \varepsilon_{t-17} \\ &- 0.0300 \times \varepsilon_{t-18} - (0.584 \times Z_{t-1} \times \varepsilon_{t-1}) + \varepsilon_t \end{aligned}$$

که در این مدل $\beta = -0.584$ و $\theta_{18} = -0.0300$ ، $\theta_{17} = -0.0124$ ، $\theta_{16} = -0.0113$ ، $\theta_{15} = -0.0100$ ، $\theta_{14} = -0.0155$ ، $\theta_{13} = 0.0283$ ، $\theta_{12} = -0.0010$ ، $\theta_{11} = 0.0010$ ، $\theta_{10} = -0.0221$ ، $\theta_9 = -0.0182$ ، $\theta_8 = -0.0128$ ، $\theta_7 = -0.0492$ ، $\theta_6 = -0.0440$ ، $\theta_5 = -0.0460$ ، $\theta_4 = -0.0431$ ، $\theta_3 = -0.0913$ ، $\theta_2 = -0.1181$ ، $\theta_1 = -0.0941$ ، $\phi_1 = 0.9868$ می‌باشد.

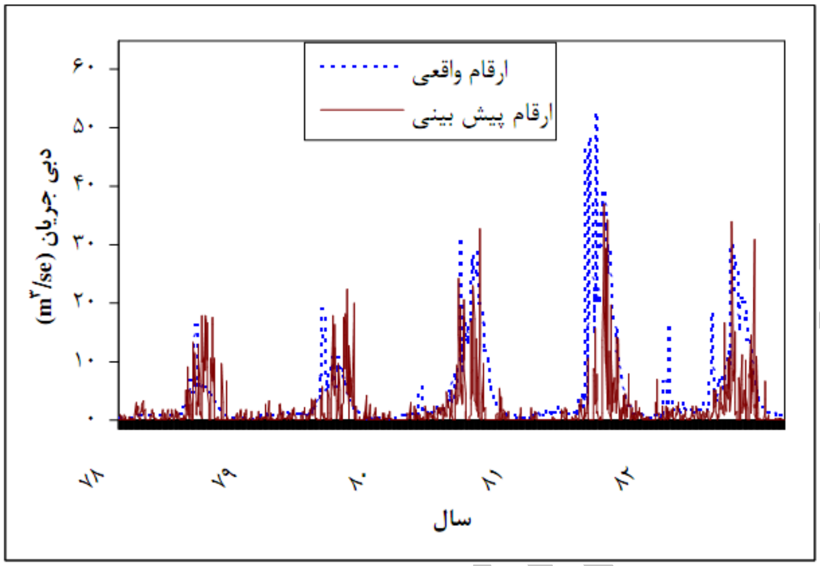
نتایج مقایسه آمار واقعی با مقادیر پیش‌بینی حاصل از مدل غیرخطی BL(1,18,1,1) از سال آبی ۱۳۷۸ الی ۱۳۸۲ (به مدت ۵ سال) در شکل ۲ نشان داده شده است. خطای کل حاصل از مدل غیرخطی دوخطی در پیش‌بینی پنج ساله برابر ۶/۷۷ محاسبه گردید.

همچنین مدل تلفیقی پیشنهادی BL-ARCH برای سری جریان روزانه رودخانه شهرچای ارومیه مورد استفاده قرار گرفت. در این

---

1 - Volatility

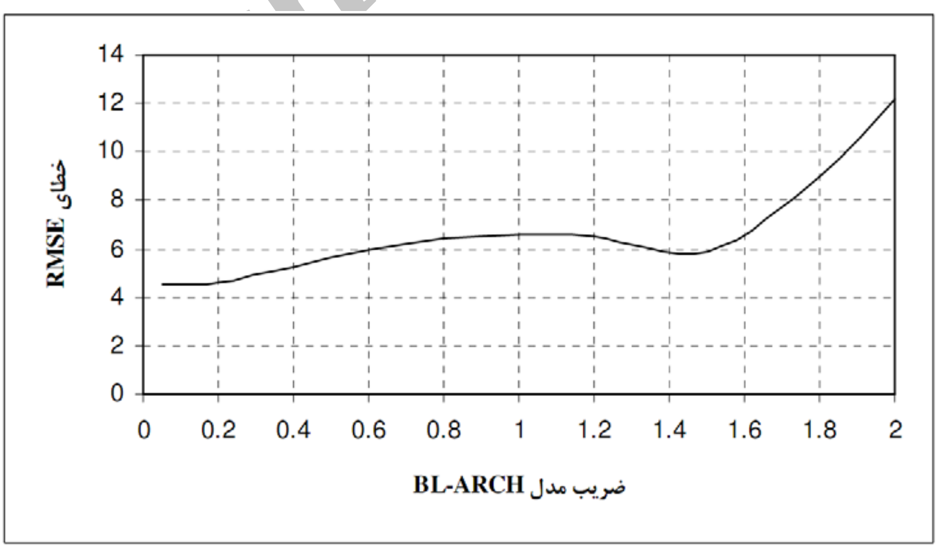
تحقیق برای محاسبه ضریب α از روش آزمون و خطا، بـدین ترتیـب استفاده شده است که ابتدا با در نظر گـرفتن مقـادیر مختلـف α دبـی جریان برای دوره ۵ ساله از سال آبی ۱۳۷۸ الی ۱۳۸۲ بـا اسـتفاده از مدل تلفیقی محاسبه می‌گردد. سپس نتایج حاصل به صورت گرافیکی بر روی نمودار نشان داده می‌شود تا نقطه یا مقدار بهینه برای ضـریب α بدست آید. نتایج حاصل از بـرازش مـدل ARCH بـر روی سـری روزانه جریان رودخانه در جدول ۲ ارائه گردیده است.



شکل ۳- مقایسه دبی جریان روزانه پیش‌بینی شده از مدل BL(1,18,1,1) با مقادیر واقعی از سال ۷۸ الی ۸۲

جدول ۲- نتایج برازش مدل ARCH بر روی سری واریانس روزانه جریان رودخانه شهرچای در دوره آماری ۳۱ ساله

مدل	رسته مدل	ضرایب مدل		LogLikelihood
	m	a_0	b_1	
ARCH	۱	۸/۳۹×e$^{-۸}$	۰/۵۲۱	-۱۲۳۵۹/۵۴



شکل ۳- خطای RMSE به ازای مقادیر مختلف ضریب α در مدل تلفیقی برازشی جریان روزانه رودخانه شهرچای

مدل ARCH برازشی مطابق رابطه ۸ می‌باشد.

$$\sigma_t^2 = 8.39 \times e^{-9} + 0.521 \times \varepsilon_{t-1}^2 \qquad (۸)$$

پس از محاسبه و برازش مدل ARCH، دو مدل ARCH و BL(1,18,1,1) تلفیق شده و مدل تلفیقی به دست آمده است. محاسبه ضریب α نیز با قرار دادن مقادیر مختلف α در معادله تلفیقی، دبی جریان روزانه رودخانه شهرچای ارومیه از سال آبی ۱۳۷۸ الی ۱۳۸۲ محاسبه و پیش‌بینی شده است. خطای حاصل از مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی به دست آمده و برای تکرارهای مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. مقدار بهینه ضریب α برای مدلی تلفیقی پیشنهادی BL-ARCH دبی جریان روزانه رودخانه شهرچای در محل ایستگاه میرآباد معادل ۰/۱ برآورد شده است.

دبی جریان روزانه رودخانه شهرچای ارومیه پس از تعیین ضریب α=۰/۱ در مدل BL-ARCH به مدت ۵ سال از سال آبی ۱۳۷۸ الی ۱۳۸۲ پیش بینی و با مقادیر واقعی مقایسه شد. نتایج حاصل از این مقایسه نشان داد که خطای کلی مدل تلفیقی BL-ARCH معادل ۴/۵۲ بوده که در مقایسه با مدل BL(1,18,1,1) که خطای آن معادل ۶/۷۷ می‌باشد، کمتر و در نهایت مدل تلفیقی BL(1,18,1,1)-ARCH برای پیش بینی دبی جریان روزانه رودخانه شهرچای ارومیه پیشنهاد می‌شود.

آزمون نکویی برازش، قبل از استفاده و معرفی مدل منتخب جهت برازش و پیش‌بینی جریان روزانه رودخانه شهرچای ارومیه انجام گرفته است. نتایج آزمون نکویی برازش پورت مانتئو در جدول ۳ ارائه گردیده است. نتایج حاصل از آزمون نکویی برازش صحت و کفایت مدل برازشی را تایید می‌نماید.

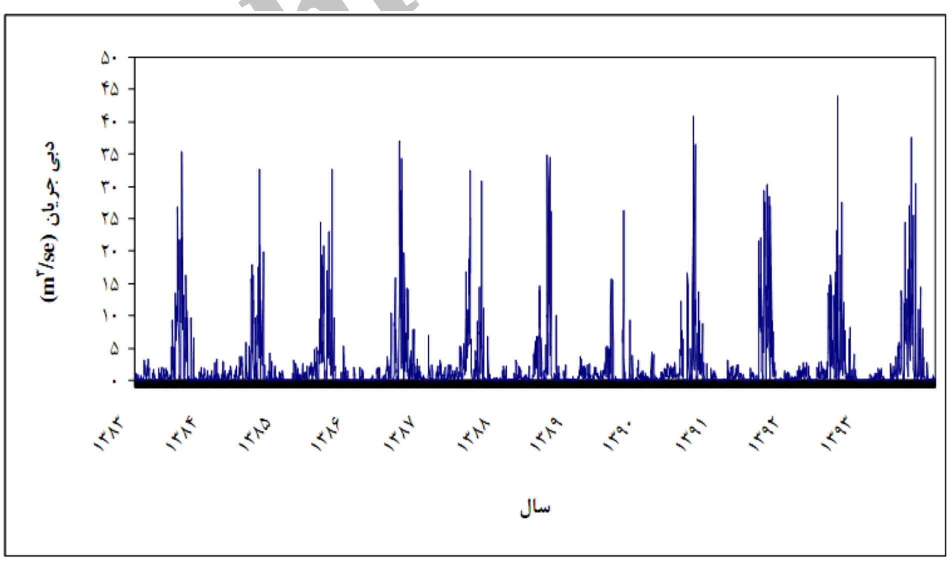
پس از آزمون نکویی برازش و انتخاب مدل تلفیقی BL(1,18,1,1)-ARCH به عنوان مدل مناسب، از این مدل جهت تولید آمار و پیش‌بینی جریان روزانه رودخانه شهرچای ارومیه به مدت ۱۱ سال استفاده شده است. نمایش نموداری این نتایج در اشکال ۴ و ۵ نشان داده شده است.

نتیجه گیری

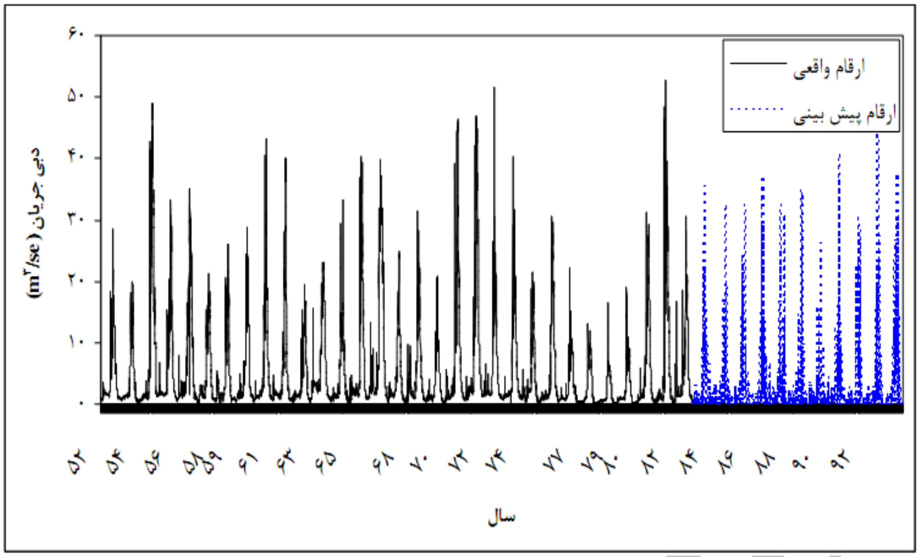
پیش‌بینی جریان رودخانه با توجه به اهمیت آن در تحلیل خشکسالی و سیلاب، طراحی تأسیسات آبی، آبگیری از رودخانه‌ها، برنامه‌ریزی و بهره‌برداری از مخازن سدها، کنترل فرسایش و رسوب رودخانه‌ها و غیره از دیرباز مورد توجه مهندسان آب بوده است. از مدل‌های غیرخطی سری‌زمانی برای برازش و پیش‌بینی جریان رودخانه در این تحقیق استفاده شده است.

جدول ۳- نتایج آزمون پورت مانتئو مدل BL(1,18,1,1)-ARCH برازشی جریان روزانه رودخانه شهرچای ارومیه

تعداد داده	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	آزمون Q	مقدار جدول	نتیجه آزمون
۱۱۳۰۱	۱۰۱	۹۵ درصد	۹۸/۳۷	۱۲۴/۳	مورد قبول



شکل ٤- مقادیر دبی جریان روزانه پیش‌بینی شده از سال ۸۳ الی ۹۳ با استفاده از مدل BL-ARCH



شکل ۵- دبی جریان روزانه واقعی و پیش‌بینی شده از سال ۵۲ الی ۹۳ با استفاده از مدل BL-ARCH

تفاوت اساسی این مطالعه با سایر تحقیقات در این است که اولا به جای مدل‌های رایج خطی خانواده ARMA از مدل دوخطی استفاده شده و ثانیا بخش تصادفی مدل که یکی از ارکان مهم مدل سری زمانی محسوب می‌شود، از برازش مدل غیرخطی ARCH به دست آمده و با مدل دوخطی تلفیق شده است. هم چنین در این مطالعه دبی جریان روزانه رودخانه مدنظر قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل دوخطی می‌تواند در پیش‌بینی جریان کوتاه مدت روزانه کاربرد موثری داشته باشد. علاوه بر این مدلی به عنوان مدل تلفیقی BL-ARCH پیشنهاد شده که بتواند بخش خطای مدل را نیز در بربگیرد و انتظار بر این است که بتواند خطای مدل را کاهش دهد. نتایج نشان داد که مدل تلفیقی پیشنهادی (با خطای ۴/۵۲) نسبت به مدل دوخطی (با خطای ۶/۷۷) برازش بهتری داشته است. به نظر می‌رسد از تلفیق مدل‌های سری‌زمانی با مدل‌های واریانس شرطی خودهمبسته در داده‌های هیدرولوژیکی می‌توان برازش‌های بهتری داشت. تلفیق مدل‌های غیرخطی با سایر مدل‌های واریانس شرطی خودهمبسته نظیر GARCH، EGRACH، Nonlinear GRACH و مقایسه این روش‌ها با هم می‌توانند در تحقیقات بعدی مدنظر قرار گیرد.

منابع

۱- نجفی ایگدیر ا.، قدوسی ج.، ثقفیان ب. و پرهمت ج. ۱۳۸۶. برآورد رواناب ذوب برف با استفاده از سنجش دور سامانه اطلاعات جغرافیائی در حوضه شهرچایی ارومیه. پژوهش و سازندگی ۷۶.

2- Ainkaran P. 2004. Analysis of some linear and nonlinear time series models. A thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, School of Mathematics and Statistics, University of Sydney.

3- Bollerslev T. 1986. Generalized autoregressive conditional heteroskedastictity. Journal of Econometrics, 31: 307-327.

4- Caiado J. 2007. Forecasting water consumption in Spain using univariate time series models. Munich Personal RePEc Archive, no: 6610.

5- Dai Y., and Billard L. 2003. Maximum likelihood estimation in space time bilinear models. Journal of Time Series Analysis, 24(1): 25-44.

6- Engle R.F. 1982. Autoregressive conditional heteoscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflations. Econometrica, 50: 987-1007.

7- Fan J., and Yao Q. 2003. Nonlinear time series, nonparametric and parametric methods. Springer-Verlag, NewYork, Inc.

8- Franses P.H., and Van Dijk D. 2002. Non-linear time series models in empirical finance, Cambridge University Press.

9- Granger C.W.J., and Andersen A.P. 1978. An Introduction to Bilinear Time Series Models. Vandenhoek and Ruprecht: Gottingen.

10- Kim W.K., Billard L., and Basawa I.V. 1990. Estimation of first order diagonal bilinear time series model. Journal

of Time Series Analysis, 11:215-230.
11- Komornik J., Komornikova M., Mesiar R., Szokeova D., and Szolgay J. 2006. Comparison of forecasting performance of nonlinear models of hydrological time series. J. Physics and Chemistry of the Earth, 31:1127-1145.
12- Laux P., Vogl S., Qiu W., Knoche H.R., and Kunstmann H. 2011. Copula-based statistical refinement of precipitation in RCM simulations over complex terrain Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2401–2419.
13- Lifshits M.A. 2006. Invariance principle in a bilinear model with weak nonlinearity. Journal of Mathematical Sciences, Vol. 137 , No.1 4541-4545.
14- Liu J., and Chen Z.G. 1991. Bilinear(p,0,1,1) model and its consistent identification. Preprint.
15- Pham D.T. 1993. Bilinear time series models. In Dimension Estimation and Models (H.Tong, ed.), World Scientific, Singapore.
16- Priestley M.B. 1988. Non-linear and Non-stationary Time Series Analysis, Academic Press: London.
17- Sesay S.A.O., and Subba Rao T. 1992.Frequency domain estimation of a bilinear time series model. Journal of Time Series Analysis, 13: 521-545.
18- Subba Rao T. 1981. On the theory of bilinear series models. J. of the Royal Stat. Soc. B, 43: 224-255.
19- Subba Rao T., and Gabr M.M. 1984. An Introduction to Bispectral Analysis and Bilinear Time Series Models. Lecture Notes in Statistics, 24. Springer-Verlag: New York.
20- Tsay R.S. 2002. Analysis of financial time series, University of Chicago, A Wiley – Interscience Publication, John Wiley f Sons; Inc.
21- Tsonis A.A. 2001. Probing the linearity and nonlinearity in the transitions of the atmospheric circulation. Nonlinear Processes Geophysics. 8, 341-345.
22- Tong H. 1990. Non-Linear Time Series: A Dynamical System Approach, Oxford University Press.
23- Wang W., Van Gelder P.H.A.J.M., and Vrijling J.K. 2005a. Testing and modeling autoregressive conditional heteroskedasticity of streamflow processes. Nonlin. Process. Geophys. 12: 55-66.

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.2, May-Jun 2013, p. 342-350

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۲، ص. ۳۵۰-۳۴۲

Introducing and Application of Combined BL-ARCH Model for Daily River flow Forecasting (Case study: Shahar-Chai River)

K. Khalili[1]- A. Fakheri Fard[2]- Y. Dinpaghoh[3]- F. Ahmadi[4]- J. Behmanesh[5]*

Received:08-08-2012
Accepted:10-03-2013

Abstract

One of the applicable ways for simulation and forecasting hydrological processes is time series modeling. An important problem in forecasting hydrological data using time series is generating stochastic data. Any changes in stochastic series will change generating data. In this study nonlinear ARCH model presented in order to modeling and generating stochastic component of time series. After combing ARCH model with nonlinear bilinear model, BL-ARCH model suggested to forecasting river flow discharge. Daily river flow of Shahar-Chai River located in the west of Urmia Lake and West Azarbaijan province have been used for data analysis and 11 years forecasting. As results shown suggested model with 4.52 error has better than bilinear model with 6.77 error. So this model can be used for short-time river flow forecasting specially daily series.

Keywords: Stochastic series, Bilinear model, Combined BL-ARCH, Forecasting daily flow

1,5 - Assistant Professors of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran
(*-Corresponding Author Email: j.behmanesh@urmia.ac.ir)
2,3,4- Professor, Associate Professor and Msc. Student of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Iran, Respectively