

مدل سازی تغییرات تراز سطح آب سالانه دریاچه ارومیه با استفاده از مدل های خطی سری زمانی

۱- کیوان خلیلی، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه

۲- محمد ناظری تهرودی، دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، دانشگاه ارومیه

m_nazeri2007@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۱۸

پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۲۳

چکیده

پیش بینی مؤلفه های مؤثر در تحلیل سامانه های منابع آب یکی از موارد اساسی در طراحی، بهره برداری و مطالعات مربوط به این منابع به شمار می آید. در این مطالعه داده های سری زمانی متوسط سالانه تراز سطح آب دریاچه ارومیه در طی سال های ۱۳۹۱-۱۳۵۲، جهت مدل سازی و پیش بینی با استفاده از مدل های خطی سری زمانی، مورد بررسی اولیه قرار گرفت. در این راستا، روند، تصادفی بودن، نرمال بودن و همگنی سری زمانی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان دهنده ی روند کاهشی معنی داری در سری زمانی بود. جهت حذف روند از سری زمانی اولیه از روش تفاضل گیری استفاده شد و روند کاهشی سری زمانی از بین رفت و داده های فاقد روند، با استفاده از توابع تبدیل نرمال، به داده های نرمال تبدیل شد. داده های نرمال و ایستا با استفاده از مدل های آرما مورد بررسی و مدل سازی قرار گرفت و با توجه به معیار آکاییکه کمتر، مدل $ARMA(0,1)$ به عنوان مدل برتر شناخته شد. جهت بررسی مدل منتخب، از معیار $RMSE$ استفاده شد. همچنین جهت بررسی صحت سنجی و اطمینان از پیش بینی مدل، ۵ داده از انتهای دوره آماری حذف گردید و سپس با استفاده از مدل منتخب، این ۵ سال حذف شده پیش بینی شد و ضریب همبستگی بین داده های نمونه و پیش بینی شده، نشان دهنده دقت قابل قبول مدل بود و سطح آب دریاچه ارومیه تا سال ۱۴۰۳ در مقیاس سالانه پیش بینی شد.

واژگان کلیدی: مدل سازی سری های زمانی، تراز سطح آب، دریاچه ارومیه، مدل های خانواده $ARMA$.

مقدمه

طرف دیگر مصارف آب نیز می تواند نسبت به زمان و مکان دارای تغییراتی باشد و تولید یک سری زمانی بنماید. یوسفی راد و همکاران (۲۰۰۹) کاربرد سری های زمانی را در مدل سازی منحنی آبنمود چشمه مورد بررسی قرار دادند و با استفاده از روش سری های زمانی نسبت به شبیه سازی هیدروگراف چشمه کارستی انجدان واقع در جنوب شرق اراک در استان مرکزی اقدام کردند، سپس با مقایسه روش های مختلف نتیجه گرفتند که جهت شبیه سازی هیدروگراف چشمه های کارستی می توان از روش اتورگرسیو، گرس- رگرسیون، با توجه به داده های مربوط به دبی و بارش، به عنوان یکی از روش های مناسب و کاربردی استفاده نمود. بدیهی است که تهیه هیدروگراف

مدل سازی سری های زمانی با معادلات بسیار وقت گیر است و به دلیل تعداد زیاد عوامل مؤثر در بررسی پارامترهای هواشناسی رودخانه به صورت زمانی و مکانی، مدل سازی فیزیکی آن بسیار پیچیده است. لذا جهت طراحی ها و به ویژه بهره برداری از سیستم های منابع آب، نیاز است با توجه به آمارهای گذشته و ثبت داده شده به صورت سری های زمانی و مکانی، اقدام به پیش بینی عوامل هیدرولوژی نظیر دبی رودخانه، میزان بارندگی، رطوبت هوا، درجه حرارت و غیره نمود.

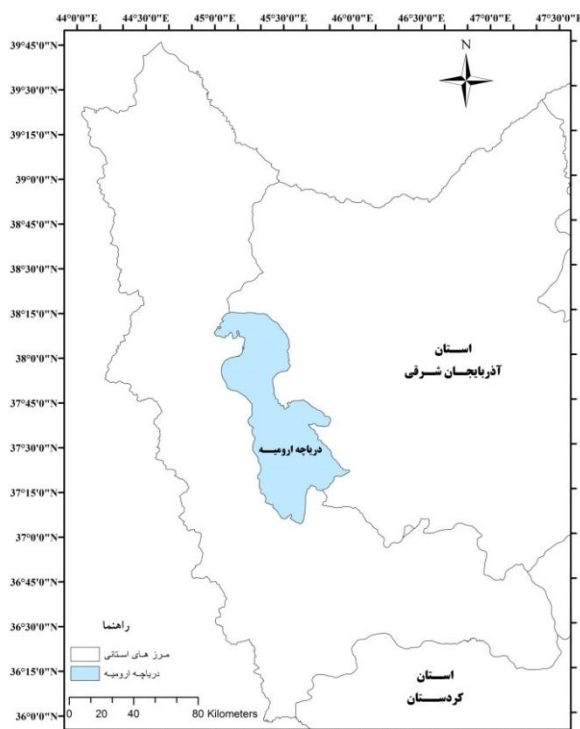
این امر به ویژه در نحوه بهره برداری بهینه از سیستم های منابع آب نظیر سدها، رودخانه ها، آب های زیرزمینی و سیستم های تلفیقی از آنها بسیار حائز اهمیت است. از

ارومیه با استفاده از داده‌های سری زمانی متوسط سالانه در طی دوره آماری ۱۳۹۱-۱۳۵۲ است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دریاچه ارومیه یکی از مهم‌ترین حوضه‌های منطقه‌ای ایران است که در بخش شمال غرب ایران واقع شده است. این حوضه با وسعتی برابر ۵۲۷۰۰ کیلومتر مربع و مساحتی معادل ۳/۲۱ درصد مساحت کل کشور، بین مدار ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و نصف النهار ۴۴ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است.



شکل ۱- موقعیت رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه

به طور کلی مدل‌سازی سری‌های زمانی در ۵ مرحله صورت می‌گیرد که شامل موارد زیر خواهد بود:

- ۱- تبدیل سری مورد نظر به یک سری نرمال و ایستا.
- ۲- تخمین ضرایب و پارامترهای مدل (Φ و θ) و رسم تابع خود همبستگی^۱ و خود همبستگی جزئی^۱

برای هر چشمه کارستی دیگر، نیاز به تعیین تابع مورد نظریه روش صحیح دارد.

قدم پور و همکاران (۲۰۱۱) مدل‌های کلاسیک سری زمانی و هوش مصنوعی در تعیین سطح تراز آب زیرزمینی را مورد بررسی و مقایسه قرار دادند و دو روش هوش مصنوعی و آنالیز کلاسیک سری‌های زمانی را برای تعیین تراز آب زیر زمینی در منطقه Union County در ایالت نیوجرسی آمریکا استفاده کردند و نتایج حاکی از آن بود که در روش آنالیز سری زمانی با استفاده از مشاهدات و از بین مدل‌های کلاسیک، مدل ARMA مدل مناسب جهت برازش بر مبنای پیش بینی‌ها با سطح اعتماد ۹۵٪ است.

شقایق‌یان و همکاران (۲۰۱۱) مدل‌سازی زمانی (پیش-بینی) تراز آب زیرزمینی با استفاده از منطق فازی و روش‌های پایه تحلیل سری‌های زمانی در دشت شیراز مورد مقایسه قرار دادند و نتایج حاکی از آن بود که با توجه به مقدار اعتبار روش‌ها که با استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل، میانگین نسبی مربع خطاها (RMSE) برای دو روش بدست آمد، نشانگر این بود که روش ARMA از دقت بیشتری برخوردار است، اما دقت کلی روش‌ها به موقعیت ایستگاه‌های مختلف و تغییرات تراز آب زیرزمینی بستگی دارد.

حمیدی و همکاران (۲۰۱۰) با توجه به آمار سالانه دبی در ایستگاه هیدرومتری ایدنک واقع بر روی رودخانه مارون استان خوزستان، با استفاده از نرم افزار SAMS2007 دبی سال‌های آینده را تولید کردند. خلیلی و همکاران (۲۰۱۳) متوسط دمای شهر ارومیه را در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۵۱ مورد بررسی و مدل‌سازی قرار دادند و متوسط دمای این شهر را به مدت ۱۵ سال پیش-بینی کردند. نتایج بررسی تحقیق آن‌ها نشان داد که نرم افزار SAMS2007 دارای مدل‌های مناسبی جهت مدل‌سازی و پیش‌بینی پارامتر دما دارد.

ناظری تهرودی و همکاران (۲۰۱۳) داده‌های بارش و دمای ماهانه ایستگاه سینوپتیک شهر سنندج در دوره آماری ۲۰۱۱-۱۹۶۰ را با استفاده از مدل‌های پرئودیک آرما مدل‌سازی و پیش‌بینی کردند. هدف از این مطالعه بررسی، مدل‌سازی و پیش‌بینی تراز سطح آب دریاچه

^۱ -Auto correlation function

در این رابطه S به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S = \frac{1}{N-1} \sum_{j=i+1}^N \text{sgn}(X_j - X_i) \quad (2)$$

که در آن X_i و X_j داده‌های متوالی،

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

$$\theta = (X_j - X_i)$$

و N تعداد داده‌های مشاهداتی آماری است.

میانگین آماره S صفر بوده و انحراف معیار S (σ_s) به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{1}{18} [N(N-1)(2N+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)]} \quad (3)$$

که در آن t_i تعداد داده‌های یکسان در دسته ۲ ام بوده که داده‌ها در آن تکراری می‌باشد. در شرایطی که تعداد نمونه از ۱۰ بزرگتر باشد، مقدار متغیر نرمال و استاندارد Z از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$Z = \begin{cases} (S-1)/\sigma_s & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ (S+1)/\sigma_s & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

با توجه به آزمون آماری دوطرفه کای اسکوئر،

$$X^2 = \sum_{j=1}^p Z_j^2 - p\bar{Z}^2$$

در سطح معنی‌داری معین اگر α باشد، فرض صفر (H_0) پذیرفته شده و روند وجود ندارد. مقدار P برای سری ماهانه ۱ تا ۱۲ می‌باشد. مقادیر مثبت S روند صعودی و مقادیر منفی نیز روند نزولی را نشان می‌دهند. مطالعات نشان داده که وجود همبستگی متوالی ۳ در سری زمانی سبب تغییر واریانس S در آزمون

۳- تعیین رسته یا مرتبه مدل و انتخاب مدل مناسب

۴- آزمون نکویی برازش مدل

۵- استفاده از مدل برتر و پیش بینی داده‌های سال‌های بعد

تبدیل سری مورد نظر به یک سری نرمال و ایستا:

قبل از استفاده داده‌ها در مدل‌سازی، باید عوامل نایستایی را شناسایی و از سری اصلی حذف کرد تا سری به یک سری نرمال و ایستا تبدیل شود (Khalili, Et al, 2005 & Karaamouz & Arqinejad, 2010). با آزمون ایستایی می‌توان از تأثیر هر یک از عوامل نایستایی را بر روی ایستایی سری‌های زمانی شناسایی نمود. از طرفی دیگر بررسی نایستایی در سری‌های زمانی می‌تواند کمک مناسبی در مکانیزم فیزیکی موجود داشته باشد که این امر اهمیت آزمون ایستایی را در تحلیل سری‌های زمانی هیدرولوژیکی نشان می‌دهد (Wang et al, 2005). جهت شناسایی روند می‌توان از آزمون‌های مختلف آماری نظیر آزمون نقاط عطف یا چرخش، آزمون کندال و آزمون رگرسیون خطی استفاده کرد که لازم است از نظر فیزیکی هم قابل توجیه باشد.

آزمون من - کندال (MK)

کندال (۱۹۳۸) متغیر τ (tau) را جهت اندازه‌گیری رابطه همبستگی بین X و Y ارائه کرد و من (۱۹۴۵) با استفاده از آزمون کندال یکی از متغیرها را مولفه زمانی در نظر گرفت تا وجود روند را در سری داده‌ها مورد آزمون قرار دهد. این آزمون را به صورت MK نیز نشان می‌دهند. در این آزمون فرض صفر (H_0) این است که مجموعه مشاهدات نمونه $\{X_1, X_2, \dots, X_N\}$ مستقل از هم بوده و به صورت تصادفی توزیع شده و در نتیجه روند در بین داده‌ها وجود ندارد. در حالی که فرض مخالف (H_1) بیانگر وجود روند در داده‌ها می‌باشد (خلیلی و همکاران، ۱۳۹۰). آزمون آماری MK به صورت زیر است:

$$\tau = 2S/[N(N-1)] \quad (1)$$

^۱ - Tie

^۲ - Serial correlation

^۱ - Partial correlation function

نرمال کردن سری زمانی

بعد از بررسی عوامل نا ایستایی و حذف آن‌ها از سری اصلی نوبت به نرمال کردن سری زمانی می‌رسد. در کاربرد تئوری‌های آماری و احتمالاتی در تحلیل سری‌های زمانی هیدرولوژیکی فرض بر این است که متغیرها دارای توزیع نرمال هستند.

از آنجا که بسیاری از سری‌های زمانی نرمال نبوده، لذا نیاز است قبل از هر گونه تحلیل و مدل‌سازی، آن‌ها را نرمال کرد. این کار توسط توابع تبدیل نظیر تبدیل لگاریتم، تبدیل جذر، تبدیل نمایی، تبدیل باکس-کاکس و تبدیل یو جانسون صورت می‌گیرد و تبدیلی مناسب‌تر است که ضریب چولگی آن به صفر نزدیک تر باشد.

بعد از نرمال کردن جهت مطمئن شدن از نرمال بودن سری زمانی از آزمون‌های نرمال بودن نظیر کای مربع و آزمون چولگی استفاده می‌کنیم. در آزمون ضریب چولگی اگر داده‌ها از ۱۵۰ داده بیشتر باشد، محدوده قابل قبول به ازای ضریب چولگی بین $\pm U_{\alpha-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{6}{N}}$ است و برای نمونه‌های کمتر از ۱۵۰ داده بایستی از جدول (۱) استفاده کرد و چنانچه $|y| < \gamma n(N)$ باشد، آنگاه فرض نرمال بودن سری زمانی صادق است.

تبدیل لگاریتم:

$$y_t = \log(X_t) \quad t = 1, 2, 3, \dots, N \quad (8)$$

تبدیل جذر:

$$y_t = \sqrt{X_t} \quad t = 1, 2, 3, \dots, N \quad (9)$$

تبدیل نمایی:

$$y_t = a(X_t - c)^b \quad (10)$$

ضریب چولگی:

$$\gamma = \frac{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (X_t - \bar{X})^2}{\left[\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (X_t - \bar{X})^3 \right]^{2/3}} \quad (11)$$

من - کندال و افزایش امکان عدم روند خواهد بود. همچنین این روش برای سری داده‌هایی که در آنها خاصیت تناوب یا فصلی وجود ندارد مناسب است و برای داده‌هایی نظیر دبی ماهانه جریان و مقیاس زمانی کوچکتر که در آنها تناوب وجود دارد، می‌توان از روش کندال فصلی استفاده کرد (Khalili et al, 2002).

مولفه تصادفی

مهم‌ترین مولفه‌ی متغیر غیر قطعی متغیر هیدرولوژیکی است که در مدل‌سازی سری‌های زمانی مورد توجه می‌باشد. روش اصلی جهت تعیین این مولفه استفاده از معادله (۵) با معلوم بودن مقدار متغیر هیدرولوژیکی که اندازه‌گیری شده و نیز مولفه روند، دوره ای و پرش می‌باشد. ساده‌ترین روش برای آزمون تصادفی بودن داده‌ها، آزمون ران تست می‌باشد که یک آزمون آماری غیر پارامتری است و ابتدا توسط والد-ولفوویتس پیشنهاد شد (Safavi, 2009).

$$X_t = (T_t + P_t) + (J_t + R_t) \quad (5)$$

$$R = ra + rb \quad (6)$$

$$Z = \frac{R - \left(\frac{2n_a n_b}{n_a n_b} + 1 \right)}{\sqrt{\frac{2n_a n_b (2n_a n_b - n_a - n_b)}{(n_a + n_b)^2 (n_a + n_b - 1)}}} \quad (7)$$

که در این معادلات، X_t متغیر سری زمانی، T_t مولفه روند، P_t مولفه دوره‌ای، J_t مولفه پرش، R_t مولفه تصادفی است و n_a و n_b داده‌های کمتر از شاخص مرکزی میانه، داده‌های بیشتر از شاخص مرکزی، I_a و I_b به ترتیب دنباله داده‌های کمتر و بیشتر از شاخص مرکزی هستند. بعد از محاسبه مقدار Z ، مقدار این عبارت را در سطح معنی دار ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد بررسی می‌شود.

که در آن a و b و c پارامترهای مدل بوده و مقدار آن به صورت سعی و خطا بدست می‌آید (Alizadeh, 2010).

جدول ۱- مقادیر $\gamma_{\alpha(N)}$ بر حسب مقادیر مختلف N و α برای بررسی نرمال بودن سری‌های زمانی

۶۰	۵۰	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	N
۰/۷۲۳	۰/۷۸۷	۰/۸۲۵	۰/۸۷۰	۰/۹۲۳	۰/۸۹۶	۱/۰۶۱	$\alpha=۰/۰۲$
۰/۴۹۲	۰/۵۳۴	۰/۵۵۸	۰/۵۸۷	۰/۶۲۱	۰/۶۶۲	۰/۷۱۱	$\alpha=۰/۱$
۱۷۵	۱۵۰	۱۲۵	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	N
۰/۴۳۰	۰/۴۶۴	۰/۵۰۸	۰/۵۶۷	۰/۵۹۶	۰/۶۳۱	۰/۶۷۳	$\alpha=۰/۰۲$
۰/۲۸۹	۰/۳۲۱	۰/۳۵۰	۰/۳۸۹	۰/۴۰۹	۰/۴۳۲	۰/۴۵۲	$\alpha=۰/۱$

تشریح مدل آرما

(۱۳)

$$P_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \bar{x}_t)(x_{t+k} - \bar{x}_{t+k})}{\left[\sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \bar{x}_t)^2 \sum_{t=1}^{n-k} (x_{t+k} - \bar{x}_{t+k})^2 \right]^{0.5}}$$

$$K = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

که در آن X_t داده‌های مشاهداتی، \bar{x}_t میانگین داده‌های مشاهداتی، x_{t+k} داده مشاهداتی با تاخیر $t+k$ و \bar{x}_{t+k} نیز میانگین داده‌های با تاخیر $t+k$ است.

$$\phi_k(K) = \frac{P_k - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_j(K-1) \cdot P_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_j(K-1) \cdot P_j} \quad (14)$$

$$j = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, K$$

که در آن p_k ضریب خودهمبستگی با تاخیر k است. مدل برتر با استفاده از معیار آکایکه کمتر از بین مدل‌های خانواده آرما انتخاب می‌گردد. آماره معیار آکایکه به شرح رابطه زیر است:

$$AIC_c = 2 \ln L \left(\phi_p, \theta_q, \frac{s(\phi_p, \theta_q)}{n} \right) + \frac{2(p+q+1)n}{n-p-q-2} \quad (15)$$

که در آن ϕ و θ ضرایب مدل و p و q نیز رسته مدل می‌باشند. آزمون نکویی برآزش مدل نشان می‌دهد مدل انتخابی با چه سطح معنی‌داری جوابگوست و به روش‌های مختلفی نظیر آزمون پورت ماننتو، آزمون کای مربع،

سری زمانی اولین بار در هیدرولوژی از اوایل دهه ۱۹۶۰ توسط توماس، فیرینگ، و یوجویچ آغاز گردید و در دهه ۱۹۷۰ توسط باکس و جنکین توسعه یافت. ساده‌ترین نوع مدل‌های سری زمانی از نوع خود همبسته^۱ (AR) می‌باشند که براساس زنجیره مارکوف بنا نهاده شده‌اند. یک سری زمانی وقتی از زنجیره مارکوف تبعیت می‌کند که هر رخدادی در زمان t با زمان‌های قبل و بعد از خود مرتبط باشد. از دیگر مدل‌های سری زمانی می‌توان به مدل‌های خود همبسته با میانگین متحرک^۲ (ARMA) و آرما (ARIMA)^۳ اشاره نمود (Nazeri Tahrudi, et al, 2013).

با در نظر گرفتن سری زمانی نرمال و استاندارد Z_t مدل میانگین متحرک خودهمبسته $ARMA(p,q)$ به شرح زیر در نظر گرفته شد:

(۱۲)

$$Z_t = \sum_{j=1}^p (\phi_j \cdot Z_{t-j}) - \sum_{j=1}^q (\theta_j \varepsilon_{t-j}) + \varepsilon_t$$

که در آن p مرتبه مدل AR، q مرتبه مدل MA، ϕ_i و θ_j ضرایب مدل و ε_t سری تصادفی و نرمال مدل با میانگین صفر و واریانس σ_ε^2 می‌باشد (Khalili, et al, 2013). ضرایب تابع خودهمبستگی با تاخیر k و رسته مدل به ترتیب با استفاده از روابط ۱۳ و ۱۴ محاسبه می‌گردند.

^۱ -Auto Regressive

^۲ -Auto Regressive Moving Average

^۳ -Auto Regressive Integrated Moving Average

روش ضرائب فراوانی، روش گرافیک و روش حداقل مربعات قابل برآزش است (Safavi, 2009).

که در آن‌ها O_i : داده‌های واقعی یا مشاهده‌ای و P_i : داده‌های پیش‌بینی و \bar{O}_i میانگین داده‌ها هستند (Safavi, 2009).

مجذور متوسط مربعات خطا:

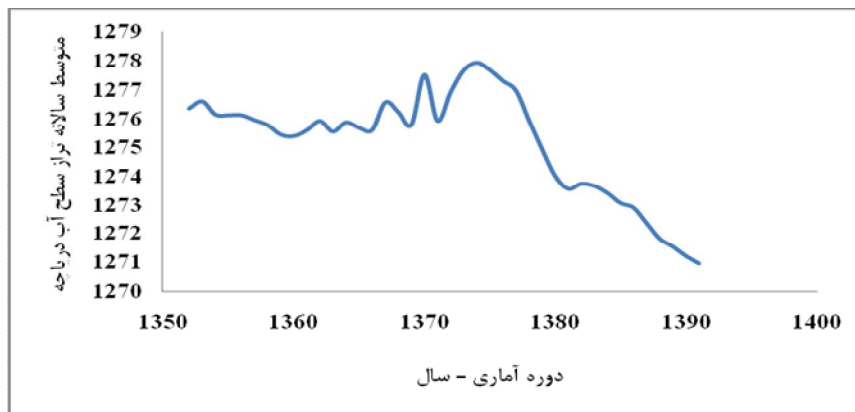
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(O_i - P_i)^2}{n-1}} \quad (16)$$

بحث و نتایج

بررسی اولیه سری زمانی مورد نظر نشان داد که سری زمانی دارای روند کاهشی است و داده‌های سری زمانی از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند. نمودار سری زمانی اولیه و نتایج اولیه داده‌ها به شرح شکل ۲ و جدول ۲ ارائه شد.

ضریب تبیین

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(P_i - O_i)^2}{\sum(O_i - \bar{O}_i)^2} \quad (17)$$



شکل ۲- نمودار داده‌های اولیه متوسط سالانه تراز سطح آب دریاچه ارومیه در دوره آماری

جدول ۲- نتایج اولیه بررسی سری زمانی

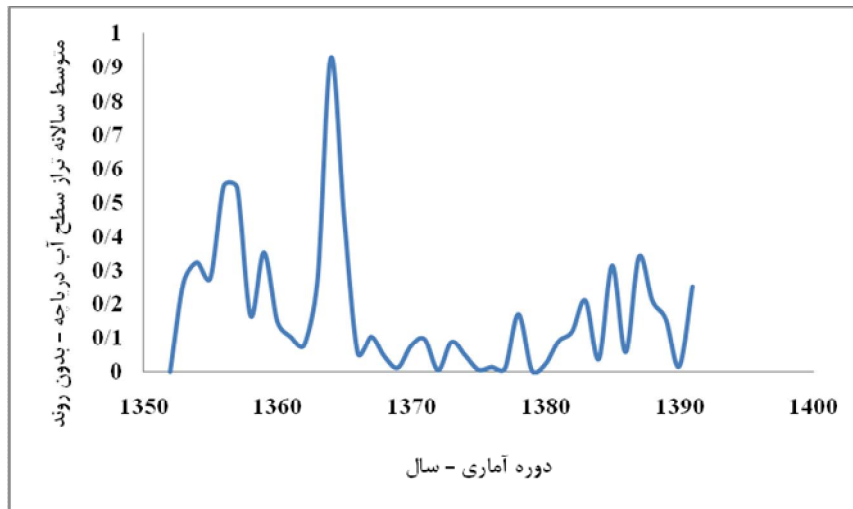
نتیجه آزمون	p-value	Statistics Value	آزمون
عدم تصادفی بودن	۱/۹۲۵	۵/۶۲۲	تصادفی بودن داده‌ها
دارای روند	۹/۵۸۶	۳/۹۰۳	روند داده‌ها
عدم همگنی داده‌ها	۱/۳۵۶	۴/۸۳۲	همگنی داده‌ها

صورت که داده‌ها به ترتیب نزولی مرتب شده و هر داده از داده ماقبل خود کسر می‌شود، استفاده شد. سری زمانی بدون روند به صورت شکل ۳ و نتایج بررسی داده‌ها به صورت جدول ۳ ارائه شد.

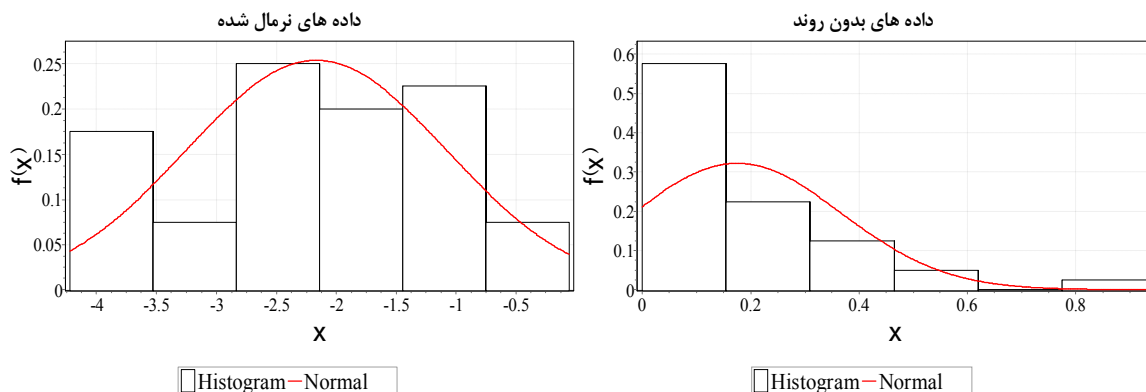
از آنجا که شرط اساسی مدل‌سازی با استفاده از مدل‌های خطی سری زمانی، نرمال و ایستا بودن داده‌ها است، لذا قبل از مدل‌سازی و پیش‌بینی لازم است روند داده‌های سری زمانی را از بین برده و داده‌ها به توزیع نرمال نزدیک شوند. جهت از بین بردن روند از روش تفاضل‌گیری، به این

جدول ۳- نتایج اولیه بررسی سری زمانی بدون روند

نتیجه آزمون	p-value	Statistics Value	آزمون
تصادفی بودن داده‌ها	۰/۰۰۳	۱/۹۲۷	تصادفی بودن داده‌ها
بدون روند	۰/۱۳۲	۱/۵۰۲	روند داده‌ها
همگن بودن داده‌ها	۰/۹۶۶	۰/۰۴۲	همگنی داده‌ها



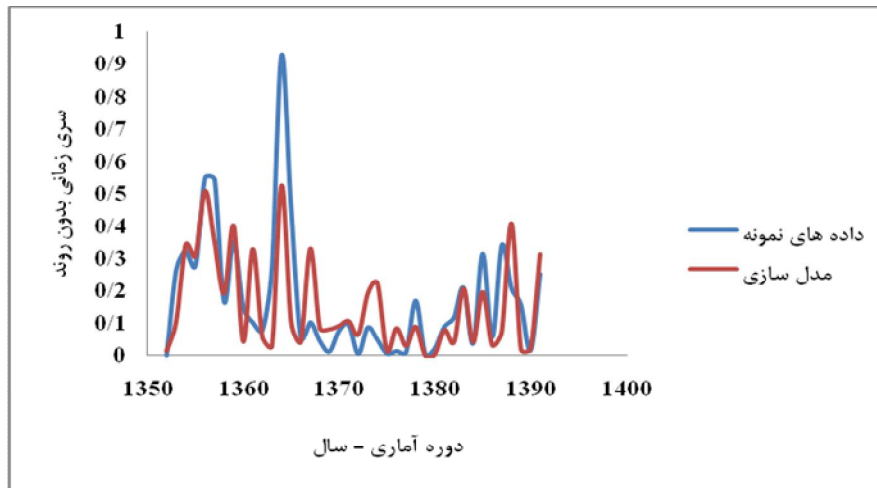
شکل ۳- نمودار داده‌های سری زمانی بدون روند



شکل ۴- آزمون نرمال کردن داده‌ها

مدل $ARMA(0,1)$ به عنوان مدل برتر انتخاب شد. یا استفاده از مدل منتخب، داده‌های سری زمانی مورد مطالعه مدل‌سازی شد. نتایج مدل‌سازی به شرح شکل ۵ ارائه شد. نتایج بررسی مدل نیز با توجه به $RMSE=0/137$ حاکی از قابل قبول بودن مدل در مدل‌سازی است.

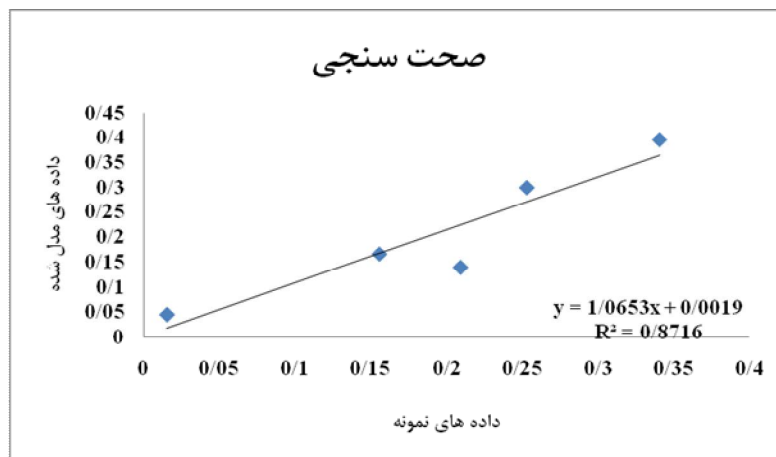
بعد از تأیید بررسی اولیه داده‌ها، نتایج نشان داد که داده‌های بدون روند با استفاده از تابع تبدیل $y=\ln(x+a)$ و با ضرایب $a=0/147$ و به ازای ضریب چولگی $-0/109$ به شکل مناسبی نرمال می‌شوند. بعد از تأیید بررسی اولیه داده‌ها، سری زمانی نرمال و ایستا با استفاده از مدل آرما مورد ارزیابی قرار گرفت و با توجه به معیار آکایکه کمتر،



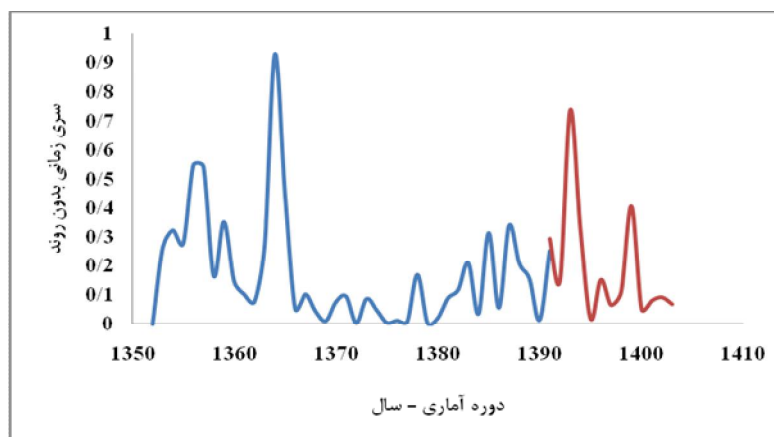
شکل ۵- مدل سازی سطح تراز آب دریاچه ارومیه با استفاده از مدل ARMA(0,1)

ارائه شد. بعد از بررسی و صحت سنجی مدل، با استفاده از مدل منتخب، تراز سطح آب دریاچه ارومیه تا سال ۱۴۰۳ پیش بینی شد.

جهت بررسی صحت سنجی مدل، ۵ داده از انتهای سری زمانی نرمال و ایستا شده حذف گردید و با استفاده از مدل منتخب، این ۵ سال پیش بینی شد. نتایج همبستگی داده های نمونه و پیش بینی به شرح شکل ۶



شکل ۶- بررسی صحت سنجی مدل منتخب



شکل ۷- نتایج پیش بینی تراز سطح آب دریاچه ارومیه با استفاده از مدل منتخب (تفاضل گیری و حذف روند)



شکل ۸- نتایج پیش‌بینی تراز سطح آب دریاچه ارومیه با استفاده از مدل منتخب

نتیجه‌گیری

در سری زمانی ۴۰ ساله مورد مطالعه، تمام مراحل ایستا و نرمال کردن داده‌ها صورت گرفت که نتایج به شرح زیر است:

داده‌های سری زمانی با استفاده از روش تفاضل‌گیری به داده‌های ایستا و بدون روند تبدیل شدند. سری زمانی ایستا و بدون روند با معادله $y=(x+a)$ با مقدار $0/147$ و $a=$ بررسی دیگری از آزمون‌های بررسی اولیه نیز قابل قبول بود. مدل برتر به ازای AICC کمتر، مدل $ARMA(0,1)$ به ازای معیار آکایکه برابر با $39/615$ و ضریب $\theta = -0.353$ انتخاب شد و با آزمون مجذور متوسط مربعات خطای برابر با $0/1378$ بررسی مدل مورد تأیید واقع شد. همچنین نتایج آزمون

همبستگی $R^2=0/871$ بین داده‌های نمونه و داده‌های پیش‌بینی شده در ۵ سال حذف شده از انتهای سری زمانی، قابلیت مدل را تأیید کرد. علاوه بر در نظر گرفتن معیار آکایکه، مدلی جواب واقعی تری در اختیار ما می‌گذارد که اختلاف داده‌های تولید شده‌ی سال‌های قبل از ۲۰۰۲ با داده‌های تاریخی، بسیار کم باشد که این مطلب با تحقیقات شقاقیان و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد و همان طور که در تحقیقات حمیدی و همکاران (۲۰۱۰) دیده می‌شود، با به کارگیری بهترین مدل از بین مدل‌های مختلف خانواده ARMA جواب نزدیک به واقعیتی در اختیار ما قرار می‌گذارد.

References

- [1] Alizadeh, A. 2010. Principles of Applied Hydrology. Imam Reza University Press, 911 pages. (In Farsi).
- [2] Ganjizahraie, H., Rezaie Arjroudi, A., & Zahedi, F. 2005. Validation of Accident Predictions Using Non-Parametric Methods, A Base Case: Fuman-Rasht. First International Conference on Traffic Accidents road. (In Farsi).
- [3] Ghadampour, Z., & Shaghaghian, M. 2011. Comparison of Time Series Classic and ANN Models to calculating of Groundwater Level. 6th National Congress of Civil Engineering. (In Farsi).
- [4] Hamidi, R., & Emamgholizadeh, S. 2010. Stochastic Modeling Maroon River Flow Rate Using ARMA Model, first Conference of Applied Research in Water Resources. (In Farsi).
- [5] Karaamouz, M., & Araquejad, SH. 2005. Advanced Hydrology. First edition, published by Amir Kabir University (Tehran Polytechnic), 464 pages. (In Farsi).
- [6] Khalili, K. Nazeri Tahrudi, M. Abbaszadeh Afshar, M. Nazeri Tahrudi, Z. 2013. Modeling Monthly Mean Air Temperature Using SAMS2007 (Case Study: Urmia synoptic station). Journal of Middle East Applied Science and Technology (JMEAST). Issue 15, May 2014, pp. 578-583.
- [7] Khalili, K., Fakherifard, A., Dinpajhoh, Y., & Ghorbani, M. A. 2010. Trend Analysis and Stationary of River Flow Rate In Order to Hydrological Time Series Modeling. Journal

of Soil and Water Science, University of Tabriz, Volume 1/20, 1. (In Farsi).

[8] Khalili, K., Verdinejad, V., & Parchami, N. 2011. Stationary Analysis of Hydrological Time Series Using Eviews Software. 11th Seminar of on Irrigation and Evapotranspiration. (In Farsi).

[9] Nazeri Tahrudi, M., Ahmadi, F., Khalili, K., & Nazeri Tahrudi, Z. 2013. Using SAMS2007 to Modeling of Kordestan Future climate by Temperature and Rainfall Prediction, (A Case Study: Sanandaj Synoptic Station). First Semi-arid Hydrology Conference. (In Farsi).

[10] Safavi. H. 2009. Engineering Hydrology. Arkan e Danesh Press. 706 Pages. (In Farsi).

Salas JD, Delleur JW, Yevjevich V, and Lane WL, -L, (1980). "Applied modeling of hydrologic time series." Water Resources Publications, Littleton, Colorad

[11] Salas, J.D. (1998). "Analysis and modeling of hydrological time series. In: Handbook of Hydrology, edited by David R. Maidment." McGraw-Hill, New York, -L9=-L. 82.

[12] Shaghaghian, M. H., & Shaghaghian, M. 2011. Comparison of Groundwater Table modeling Using Fuzzy Logic and Basic Modeling, A Case Study: Shiraz Plain). 6th National Congress of Civil Engineering. (In Farsi).

[13] Wang, W., Van Gelder P.H.A.J.M. and Vrijling, J.K. (2005). "Trend and Stationary analysis for streamflow processes of rivers in Western Europe in 26th century." IWA International conference on water economics, statistics and finance, Rethymno, Greece.

[14] Yosefirad, M., & Mosavi, Z. 2009. Using Time Series to Spring Hydrograph Curve Modeling. 6th conference of Engineering Geology and Environment. (In Farsi).

Modeling of annual water level changes of Urmia Lake with linear time series models

- 1- K. Khalili, Assistant Professor, Department of Water Engineering, Urmia University.
- 2- M. Nazeri Tahrudi, M.Sc Student, Department of Water Engineering, Urmia University.
m_nazeri2007@yahoo.com

Received: 07 Apr 2014

Accepted: 14 Aug 2014

Abstract

In water resources systems analysis predicting factors is one of the fundamental issues in design, operation and studies of these resources. In this study data of time series annual mean water level of Lake Urmia is used since 1973-2012 for modeling and predicting with linear time series model; In this context, Trend, randomness, normality and homogeneity of the time series are examined and the result shows that there is significant reduction in time series. For removing the trend in data's difference method is used. And trendless data's are became normal with converting functions, stationary and normal data are modeled with ARMA model, According to AICC test ARMA (0,1) model was selected, for selecting the superior model the RMSE test is done. According reliability of forecasting, 5 data are omitted and with this selected model that data's are predicted and The correlation coefficient between sample data and predicted data are estimated and that was in Acceptable precision and the water level of Urmia lake was estimated until the year 2024 in annual scale.

Keywords: ARMA Models, Time Series Modeling, Urmia Lake, Water Level.