AL- Rafidain University College

PISSN: (1681-6870); EISSN: (2790-2293)

مجلة كلية الرافدين الجامعة للعلوم

Available online at: https://www.jrucs.iq

JRUCS

Journal of AL-Rafidain University College for Sciences

التنبؤ بكميات المياه في أهوار العراق باستخدام نماذج MSARIMAX

أ.د. أحمد شاكر محمد طاهر	م. فراس منذر جاسم
ahmutwali@uomustansiriyah.edu.iq	firasm@uomustansiriyah.edu.iq
قسم الإحصاء - كلية الإدارة والاقتصاد – الجامعة المستنصرية، بغداد، العراق	

المستخلص

اهوار العراق ذات اهمية استثنائية فهي ارث تاريخي لمدن حضارة ما بين النهرين، تكمن اهمية اهوار العراق في كونها تمثل عراقة التاريخ وغنى الطبيعة، لذلك وضعت ضمن كنوز العالم التي يجب الحفاظ عليها وإدامتها. عانت اهوار العراق من الاهمال، وتعرضت للجفاف والتجفيف والصيد الجائر لحقب زمنية مختلفة، ان دراسة وتحليل كميات المياه في الاهوار والعوامل المؤثرة عليها يساهم في محاولة معالجة مشكلة الجفاف ووضع الحلول الناجعة لها. في هذا البحث تم تقدير المعدلات الشهرية لكميات المياه في اهوار العراق الجنوبية باستعمال انموذج (SARIMA)، كذلك تم توظيف انموذج (SARIMAX) بوجود تأثير لثلاثة عوامل كلا على حدة هي المعدلات الشهرية لواردات انهار العراق، المعدلات الشهرية للتبخر في السدود والخزانات والمعدلات الشهرية لمتوسط درجات الحرارة في جنوب العراق كعوامل خارجية، فضلا عن توظيف انموذج (MSARIMAX) لتقدير المعدلات الشهرية لكميات المياه في الاهوار بوجود تاثير العوامل الثلاثة مجتمعة. وبهدف الحصول على افضل انموذج للتنبؤ بالمعدلات الشهرية لكميات المياه في الاهوار جرت المقارنة بين النماذج الثلاثة بالاعتماد على المعايير (AIC)، (Log-L)، (RMSE) و (MAPE)، وقد أثبتت نتائج المقارنة تفوق إنموذج (MSARIMAX)(1,1,2)(0,0,2)4 على الانموذجين الاخرين، كما اشارت نتائج التقدير لمعاملات الارتباط المتقاطع للسلاسل الزمنية المفلترة الى وجود تخلف زمني ذو تأثير موجب مقداره شهر واحد لحين ظهور تأثير واردات المياه، كذلك تخلف زمني ذو تأثير سالب بلغ ستة اشهر لحين ظهور تأثير المعدلات الشهرية للتبخر وبتخلف زمني ذو تأثير موجب بلغ خمسة اشهر لحين ظهور تأثير درجات الحرارة. وقد تم التنبؤ بقيم المعدلات الشهرية لكميات المياه في اهوار العراق باستعمال إنموذج (MSARIMAX) وقد اثبتت نتائج التنبؤ وجود فروق ملحوظة في كميات المياه المتنبأ بها عما كانت عليه في الأشهر السابقة، اذ ستنخفض المعدلات الشهرية لكميات مياه الاهوار خلال السنوات الثلاث القادمة فقد تصل كمية المياه في الاهوار الى 114.55 مليون متر مكعب، وإن هذا الانخفاض يسلك سلوكا موسميا في عامي 2022 و 2023، ويتضاءل التأثير الموسمي في عامي 2024 و 2025.

معلومات البحث

تواريخ البحث
تاريخ تقديم البحث: 2022/12/13
تاريخ قبول البحث: 2023/2/28
تاريخ رفع البحث على الموقع: 2023/12/31

الكلمات المفتاحية
انموذج (SARIMA)، انموذج (SARIMAX)، انموذج (MSARIMAX)، الارتباط المتقاطع, اهوار العراق.

للمراسلة:
م. فراس منذر جاسم
firasm@uomustansiriyah.edu.iq

https://doi.org/10.55562/jrucs.v54i1.579

1. المقدمة

أهوار العراق ذات اهمية استثنائية كونها تمثل عراقة تاريخ بلاد مابين النهرين وغنى الطبيعة، لذلك وضعت ضمن كنوز العالم التي يجب الحفاظ عليها وإدامتها، تقع الغالبية العظمى من الأهوار جنوب العراق وقد عانت اهوار العراق من الاهمال وتعرضت للجفاف والتجفيف والصيد الجائر لحقب زمنية مختلفة، وفي عام 2016 وضعت منظمة اليونسكو الأهوار ضمن لائحة التراث العالمي كمحمية طبيعية دولية، ومنذ هذا التاريخ بدات حملات لتنشيط الاهوار والحفاظ على كمية المياه فيها خوفا من

جفافها مجددا وادامة مناسيب المياه ضمن المستويات الطبيعية. تتأثر كمية المياه في الاهوار بعوامل رئيسة عديدة منها كمية الانهار المغذية للاهوار خاصة نهري دجلة والفرات، فضلا عن درجات الحرارة في المناطق التي تقع فيها الاهوار ناهيك عن متسويات التبخر من خزانات المياه المغذية للاهوار وغيرها من العوامل. قد تبدو نماذج الانحدار المتعدد وسيلة جيدة للتنبؤ بكميات المياه في الاهوار، لكن طبيعة العوامل المدروسة وتقادم تاثيرها بمرور الزمن قد تدفع للجوء الى اسلوب يجمع بين طبيعة العوامل والفترة الزمنية التي ستؤثر بها تلك العوامل ، لذلك يتم اللجوء الى توظيف نماذج الانحدار الذاتي والاوساط المتحركة التكاملية الموسمية بوجود متغيرات خارجية (Seasonal Integrate Autoregressive Moving Averages with Exogenous Variables) (SARIMAX) في التنبؤ آخذين بعين الاعتبار دراسة طبيعة المتغيرات التوضيحية المؤثرة بمرور الزمن فضلا عن الفترة الزمنية التي بدات فيها تلك المتغيرات بالتاثير. وقد سبق وان اجريت بعض الدراسات باستعمال نماذج (SARIMAX) نذكر منها دراسة Chen واخرون التي تناولت مرض السل الرئوي بهدف استكشاف فيما إذا كان يمكن أن يؤدي دمج عوامل تلوث الهواء والأرصاد الجوية إلى تحسين أداء نموذج السلاسل الزمنية [1] ، وقدم P. Manigandan واخرون دراسة للتنبؤ بالانتاج والاستهلاك الشهري للغاز الطبيعي في الولايات المتحدة باستعمال إنموذج (SARIMAX) [2]، كما قام M. Cools واخرون بتوظيف انموذج (SARIMAX) في التنبؤ بحركة المرور اليومية وتحديد تأثيرات العطلات في مواقع مختلفة [3]، وقد اثبتت الدراسات المذكورة اعلاه أن نماذج (SARIMAX) هي وسيلة فعالة لتحسين وزيادة دقة التنبؤ. في هذا البحث سيتم توظيف ومقارنة ثلاثة نماذج لتقدير المعدلات الشهرية لكميات المياه في الاهوار وذلك للحصول على الانموذج الافضل للتنبؤ، وهذه النماذج هي انموذج (SARIMA)، وانموذج (SARIMAX) بوجود العوامل المؤثرة الرئيسة على كميات المياه في الاهوار كلا على حدة وهي المعدلات الشهرية للمياه الواردة للانهار المغذية للاهوار، المعدلات الشهرية لكميات التبخر في الخزانات والسدود والمعدلات الشهرية لمتوسط درجات الحرارة في جنوب العراق، كذلك استعمال انموذج الانحدار الذاتي والاوساط المتحركة التكاملي الموسمي وبوجود بوجود اكثر من عامل (Multiple Seasonal Integrate Autoregressive Moving Averages with Exogenous Variables) (MSARIMAX).

2. انموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة التكاملي الموسمي:

Seasonal Integrate Autoregressive Moving Averages (SARIMA):

انموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة التكاملي الموسمي $\mathrm{SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)}_L$ ينتج من دمج النماذج الموسمية مع النماذج غير الموسمية والذي يعبر عنه رياضيا بالصيغة الاتية, [4]:

$$\varphi_p(B)\,\Phi_P(B^L)(1-B)^d(1-B^L)^D\,Y_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^L)a_t \qquad (1)$$

اذ ان:

p: رتبة انموذج الانحدار الذاتي غير الموسمي. d: رتبة الفروق غير الموسمية.

q: رتبة انموذج المتوسطات المتحركة غير الموسمية. Φ_P : معاملات نموذج الانحدار الذاتي غير الموسمية.

$\varphi_p(B)$: معاملات أنموذج المتوسطات المتحركة غير الموسمي. $(1-B)^d$: مؤشر الفروق غير الموسمية.

P: رتبة أنموذج الانحدار الذاتي الموسمي. D : رتبة الفروق الموسمية.

$\Phi_P(B^L)$: معاملات إنموذج الانحدار الذاتي الموسمية.

$\Theta_Q(B^L)$: معاملات أنموذج المتوسطات المتحركة الموسمية.

$(1-B^L)^D$: مؤشر الفروق الموسمي. y_t : السلسلة الزمنية. L : طول الموسم. a_t: البواقي العشوائية.

3. أنموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة التكاملي الموسمي المتعدد بمتغيرات خارجية:

Multiple Seasonal Integrate Autoregressive Moving Averages with Exogenous Variables (MSARIMAX):

يصف أنموذج (MSARIMAX) العلاقة الديناميكية التي تربط سلاسل المدخلات $(X_{i,t})$ وسلسلة المخرجات (Y_t)، بحيث يظهر تأثير سلاسل المدخلات على سلسلة المخرجات بمرور الزمن، اي يتوزع هذا التأثيرعلى فترات زمنية موسمية وغير موسمية لاحقة، ويمكن نمذجة المتغيرات الخارجية (سلاسل المدخلات) من خلال معادلة الانحدار الخطي المتعدد والتي يتم التعبير عنها على النحو التالي,[6,5] :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1,t} + \beta_2 X_{2,t} + \cdots + \beta_k X_{k,t} + e_t \qquad (2)$$

اذ ان $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ تمثل معاملات الانحدار للمتغيرات الخارجية (التوضيحية)، $X_{1,t}, X_{2,t}, \dots, X_{k,t}$ هي مشاهدات (k) من المتغيرات الخارجية، e_t تمثل سلسلة الاخطاء العشوائية وهي مستقلة عن المتغيرات الخارجية، اذ يتم التعبيرعن الاخطاء العشوائية كما ياتي:

$$e_t = \frac{\theta_q(B)\,\Theta_Q(B^L)}{\varphi_p(B)\,\Phi_P(B^L)(1-B)^d(1-B^L)^D}\,a_t \qquad (3)$$

يمكن الحصول على معادلة إنموذج MSARIMAX بتعويض المعادلة (3) في المعادلة (2) وكالآتي, [7]:

$$Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i X_{i,t} + \frac{\theta_q(B)\,\Theta_Q(B^L)}{\varphi_p(B)\,\Phi_P(B^L)(1-B)^d(1-B^L)^D}\,a_t \quad (4)$$

فاذا كانت $k = 1$ عندها نحصل على الصيغة الرياضية لانموذج SARIMAX:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \frac{\theta_q(B)\,\Theta_Q(B^L)}{\varphi_p(B)\,\Phi_P(B^L)(1-B)^d(1-B^L)^D}\,a_t \quad (5)$$

4. تنقية انموذج ARIMAX: Filtering ARIMAX Model

الفلترة أو التنقية هي عملية تحويل السلسلة الزمنية الى سلسلة عشوائية بشكل تام، اي عملية إزالة أي نمط معروف ناتج عن عملية الانحدار الذاتي أو المتوسط المتحرك، بحيث تكون سلاسل المدخلات باسط صورة ممكنة ويتحقق ذلك بمطابقة انموذج سلسلة المدخلات بانموذج سلسلة المخرجات، ويمكن توضيح عملية الفلترة لسلاسل المدخلات وسلسلة المخرجات التي تخضع للإنموذج (MSARIMAX) كما يأتي, [7- 9]:

$$\frac{\varphi_p(B)\,\Phi_P(B^L)(1-B)^d(1-B^L)^D}{\theta_q(B)\,\Theta_Q(B^L)}\,X_{i,t} = \omega_{i,t} \quad ,i = 1,2,..,k \quad (6)$$

$$\frac{\varphi_p(B)\,\Phi_P(B^L)(1-B)^d(1-B^L)^D}{\theta_q(B)\,\Theta_Q(B^L)}\,Y_t = \vartheta_t \quad (7)$$

إذ أن $\omega_{k,t}$ تمثل حد الخطا العشوائي لسلاسل المدخلات، ϑ_t تمثل حد الخطا العشوائي لسلسلة المخرجات، بحيث ان $\vartheta_t \sim N(0, \sigma^2_{\vartheta_t})$, $\omega_{k,t} \sim N(0, \sigma^2_{\omega_{k,t}})$.

5. دالة الارتباط المتقاطع: Cross Correlation Function

تعبر دالة الارتباط المتقاطع Cross Correlation Function (CCF) عن قوة واتجاه الارتباط بين السلاسل الزمنية، وهي المفتاح الأساسي في تحديد التخلف الزمني لتاثير متغيرات سلاسل المدخلات لإنموذج (MSARIMAX). فإذا كانت$(t, m = 0, \pm1, \pm2, \pm3, \dots)$، فإن صيغة الإرتباط المتقاطع بين سلسلة المخرجات (Y_t) وسلسلة المدخلات $(X_{i,t})$ عند الإزاحة (m)ستكون كالآتي, [8-10] :

$$\rho_{x_{it}y}(m) = \frac{\sigma_{x_{it}y}(m)}{\sigma_{x_{i,t}}\,\sigma_y} = \frac{E\left(X_{i,t} - \mu_{x_{i,t}}\right)\left(Y_{t+m} - \mu_y\right)}{\sqrt{E\left(X_{i,t} - \mu_{x_{i,t}}\right)^2}\sqrt{E\left(Y_{t+m} - \mu_y\right)^2}} \quad ,i = 1,2,\dots,k \quad (8)$$

$\sigma_{x_{it}y}(m)$: التباين المشترك المتقاطع بين (Y_t) و $(X_{i,t})$ عند الإزاحة (m).
$\sigma_{x_{i,t}}\,\sigma_y$: الانحرافات المعيارية للسلسلتين (Y_t) و $(X_{i,t})$ على الترتيب.
$\mu_{x_{i,t}}, \mu_y$: متوسطا السلسلتين (Y_t) و $(X_{i,t})$ على الترتيب.

6. مراحل بناء أنموذج (MSARIMAX) : ARIMAX Model Building Stages

إذا كانت كل من سلسلة المدخلات $(X_{i,t})$ وسلسلة المخرجات (Y_t) بشكلها الخام فإنه يمكن تلخيص خطوات بناء إنموذج (MSARIMAX)كما يأتي, [8-12] :

- **تهيئة وتشخيص الأنموذج**

I. الإستقرارية: يجب التأكد من إستقرارية كل من سلاسل المدخلات $(X_{i,t})$ وسلسلة المخرجات (Y_t)، اذ تتم إزالة عدم الإستقرارية في المتوسط من خلال أخذ العدد المناسب من الفروق، أما إذا كانت السلاسل الزمنية غير مستقرة في التباين فيتم إجراء التحويلات الرياضية المناسبة عليها.

II. تنقية سلاسل المدخلات $(X_{i,t})$ وسلسلة المخرجات (Y_t) كما هو موضح في الصيغ (6) و (7).

III. تقدير الإرتباطات المتقاطعة: يتم تقدير قيم الإرتباطات التقاطعية $\rho_{\omega_{i,k},\vartheta}(m)$ للسلاسل المفلترة $\omega_{i,k},\vartheta$ للفترات الزمنية مختلفة $(t, t+m)$ كما يأتي:

$$\rho_{\omega_{i,k},\vartheta}(m) = \frac{\sigma_{\omega_{i,m},\vartheta}(m)}{\sigma_{\omega_{i,m}}\sigma_{\vartheta}} \quad (9)$$

$\sigma_{\omega_{i,m},\vartheta}(m)$: التباين المشترك المتقاطع بين سلسلة الادخال عند الإزاحة (m).

$\sigma_{\omega_{i,m}}$, σ_{ϑ} : الانحرافات المعيارية للسلاسل المفلترة $(\omega_{i,m})$ و (ϑ) على الترتيب.

IV. تحديد رتبة التخلف الزمني للإنموذج : يتم تحديد قيم (b) بشكل نظري من خلال القواعد التي وضعها (Wei 2006) في كون قيمة (b) تمثل اول إرتباط متقاطع معنوي بالإتجاه الموجب.

- **تقدير معلمات الأنموذج**

بعد تشخيص إنموذج (MSARIMAX) يتم في هذه الخطوة تقدير معلمات الإنموذج المعرف في المعادلة (4) وذلك بإعادة كتابة الانموذج بعد عملية التنقية وتحديد معامل التخلف الزمني وكما ياتي:

$$Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i X_{i,t-b} + \frac{\theta_q(B)\,\Theta_Q(B^L)}{\varphi_p(B)\,\Phi_P(B^L)(1-B)^d(1-B^L)^D} a_t \quad (10)$$

ومن خلال دالة الإمكان الأعظم الشرطية (Conditional maximum likelihood) لسلسلة الأخطاء الآتية يمكن تقدير معلمات إنموذج (MSARIMAX) :

$$L\left(\beta_0, \beta_i, \varphi, \theta, \Theta, \Phi, \sigma_a^2 \middle| b, x_{i,t-b}, Y, X_{i0}, y_0, a_0\right) = (2\pi\sigma_a^2)^{-\frac{n}{2}}\ e^{-\frac{1}{2}\sigma_a^2 \sum_{t=1}^{n} a_t} \quad (11)$$

تجدر الاشارة انه عند تقدير انموذج (SARIMAX) فان الصيغة (11) ستكون على الشكل الاتي:

$$L\left(\beta_0, \beta_1, \varphi, \theta, \Theta, \Phi, \sigma_a^2 \middle| b, X_{t-b}, Y, x_0, y_0, a_0\right) = (2\pi\sigma_a^2)^{-\frac{n}{2}}\ e^{-\frac{1}{2}\sigma_a^2 \sum_{t=1}^{n} a_t} \quad (12)$$

وعند تقدير انموذج (SARIMA) فان الصيغة (11) ستكون على الشكل الاتي:

$$L\left(\varphi, \theta, \Theta, \Phi, \sigma_a^2 \middle| y, y_0, a_0\right) = (2\pi\sigma_a^2)^{-\frac{n}{2}}\ e^{-\frac{1}{2}\sigma_a^2 \sum_{t=1}^{n} a_t} \quad (13)$$

إذ أن X_0, Y_0, a_0 تمثل قيم إبتدائية لتقدير a_t.

- **إختبار ملائمة الإنموذج:**

يكون إنموذج (MSARIMAX) المقدر ملائما للتنبؤ وفقا للشروط الآتية:

I. اذا كانت سلسلة البواقي a_t عشوائية تتبع التوزيع الطبيعي، وإذا كانت معاملات الإرتباط الذاتي (ACF) لبواقي الإنموذج a_t غير معنوية بمعنى إنها تقع ضمن حدود الثقة.

II. سلسلة البواقي a_t للانموذج المقدر مستقلة عن بواقي سلاسل الادخال المفلترة $\omega_{i,t}$ يتم التحقق منها باستعمال معاملات الارتباط المتقاطع.

III. إن تكون الإرتباطات سلسلة البواقي a_t غير معنوية، اذ يتم التحقق منها بإستعمال احصاءة(Ljung-Box).

التنبؤ: بعد ثبوت ملائمة ودقة الإنموذج في الخطوة السابقة، عندها يمكن توظيفه في عملية التنبؤ بالقيم المستقبلية لسلسلة المخرجات $(\hat{Y}_t)$ بالإعتماد على البيانات السابقة لسلاسل المدخلات والمخرجات.

7. الجانب التطبيقي

- **تمهيد**

الاهوار عبارة عن مجموعة المسطحات المائية التي تغطي الأراضي المنخفضة الواقعة في جنوب العراق، تحيطه البصرة، ذي قار وميسان، وتتسع مساحة الأراضي المغطاة بالمياه وقت الفيضان في أواخر الشتاء وخلال الربيع وتتقلص أيام الصيف. في عام 2016 وافق اليونسكو على وضع الأهوار ضمن لائحة التراث العالمي كمحمية طبيعية دولية بالإضافة إلى المدن الأثرية القديمة الموجودة بالقرب منها مثل أور وإريدو والوركاء. تقسم جغرافيا إلى: مجموعة الأهوار الواقعة شرقي نهر دجلة وأهمها الحويزة وتبلغ مساحتها داخل العراق نحو 2863 كيلومتراً مربعاً، والأهوار الواقعة غربي دجلة وأهمها هور الحمَّار الذي تبلغ مساحته نحو 2441 كيلومتراً مربعاً، واخيرا أهوار الفرات التي تمتد من الخضر إلى الكفل بين فرعي الفرات (الحلة والهندية). يعيش سكان الأهوار في جزر صغيرة طبيعية أو مصنعة في الأهوار، ويستخدمون نوعا من الزوارق

يسمى بالمشحوف في تنقلهم وترحالهم. للأهوار تأثير إيجابي على البيئة فهي تعتبر مصدرا جيدا لتوفير الكثير من المواد الغذائية من الأسماك والطيور والمواد الزراعية التي تعتمد على وفرة وديمومة المياه مثل الرز وقصب السكر, [13] .

- **وصف البيانات**

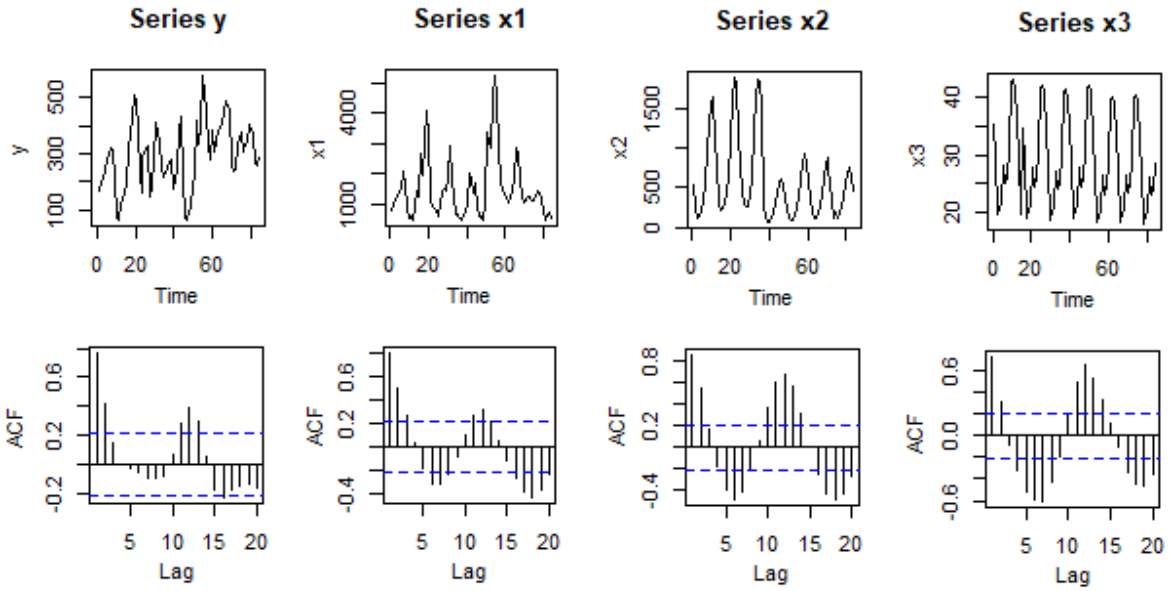
بيانات البحث تشمل السلسلة الزمنية للمعدلات الشهرية لكميات المياه في الاهوار (هور الحويزة، الاهوار الوسطى الحمَّار) Y_t (سلسلة المخرجات)، وسلاسل المخرجات لثلاثة من العوامل المؤثرة على كمية المياه في الاهوار وهي: المعدلات الشهرية للمياه الواردة لانهار العراق (X_{1t}) ، المعدلات الشهرية للتبخر في الخزانات والسدود (X_{2t}) والمعدلات الشهرية لمتوسط درجتي الحرارة الصغرى والعظمى في محافظات البصرة، ذي قار وميسان (X_{3t}) . تم الحصول على تلك البيانات من تقارير الاحصاءات البيئية الصادرة من الجهاز المركزي للاحصاء للفترة من 10/ 2014 ولغاية 9/ 2021 بواقع (84) مشاهدة لكل سلسلة [14]. وقد تم إستعمال لغة (R) في للحصول على نتائج الجانب التطبيقي [15]، والجدول (1) ادناه يمثل بعض الاحصاءات الوصفية الخاصة بالبيانات المدروسة.

جدول (1): بعض الاحصاءات للبيانات المدروسة

Series	Min	Mean	Median	Max	SD	skewness	kurtosis
Y	62.4	295.5	296.4	576	114.65	-0.02	2.56
X_1	465	1508.6	1227.5	5213	1007.57	1.61	5.43
X_2	67.5	583.7	440.4	1882	490.25	1.26	3.71
X_3	18.04	28.82	27.59	43.07	7.76	0.44	1.93

يتضح من خلال الجدول (1) اعلاه ان متوسط المعدلات الشهرية لكميات المياه في الاهوار بلغ 295.5 م^3، وان اقل معدل شهري لكميات المياه في الاهوار بلغ 62.4 مليون م^3 وان اعلى معدل شعري بلغ 576 م^3، فضلا عن كون السلسلة الزمنية متماثلة تقريبا اذ كان معامل الالتواء قريبا من الصفر وان معامل التفلطح يقترب من 3.

الشكل (1) ادناه يمثل رسم لسلسة المدخلات $Y(t)$ وسلاسل المخرجات $X_1(t)$،$X_2(t)$،$X_3(t)$ فضلا عن قيم معاملات الارتباط الذاتي للسلاسل الاربع، مبدئيا يتبين من خلاله إن السلاسل الاربع غير مستقرة كون معاملات الارتباط الذاتي تقع خارج حدود الثقة ، وان السلاسل الاربع تسلك سلوكا موسميا فصليا بمرور الزمن.

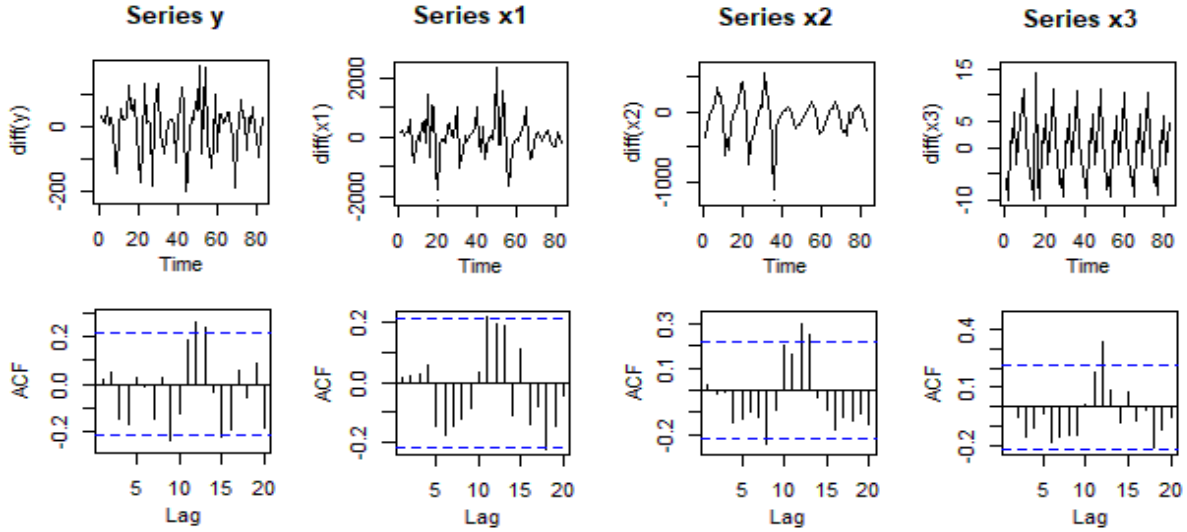


شكل (1): السلاسل الزمنية ودوال الارتباط الذاتي للمعدلات الشهرية لسلاسل الادخال وسلسلة الاخراج للفترة 2014-2021

لتحليل استقراريه السلاسل الزمنية الاربع تم استعمال اختبار ديكي فولر الموسع (Augmented Dickey-Fuller) عند مستوى معنوية (0.01) للسلاسل الزمنية الاصلية وللسلاسل الزمنية بعد اخذ الفرق غير الموسمي الاول لكل سلسلة، ونتائج الاختبار موضحة في الجدول (2) ادناه والتي تشير الى الى عدم استقرار سلسلة المخرجات وسلاسل المدخلات للقيم الاصلية عاند مستوى معنوية (0.01)، فقد كانت P-value أكبر من (0.01)، في حين ان نتائج الاختبار تدل على إن السلاسل الزمنية المذكورة قد استقرت بعد أخذ الفروق الأولى إذ كانت قيم P-value أقل من (0.01).

جدول (2): اختبار ديكي فولر الموسع (Augmented Dickey-Fuller)

Y	Statistics	P-value	**X_2**	Statistics	P-value	**Diff(Y)**	Statistics	P-value
	-3.0222	0.0683		-3.1869	0.0554		-4.3411	< 0.01
X_1	Statistics	P-value	**X_3**	Statistics	P-value	**Diff(X_1)**	Statistics	P-value
	-3.1616	0.0631		-3.2709	0.0518		-4.7878	< 0.01
Diff(X_2)	Statistics	P-value	**Diff(X_3)**	Statistics	P-value			
	-5.1869	< 0.01		-6.6616	< 0.01			



شكل (2): السلاسل الزمنية ودوال الارتباط الذاتي للمعدلات الشهرية لسلاسل الادخال وسلسلة الاخراج بعد الفرق الاول

انموذج $SARIMA(p,d,q)(P,Q,D)$:

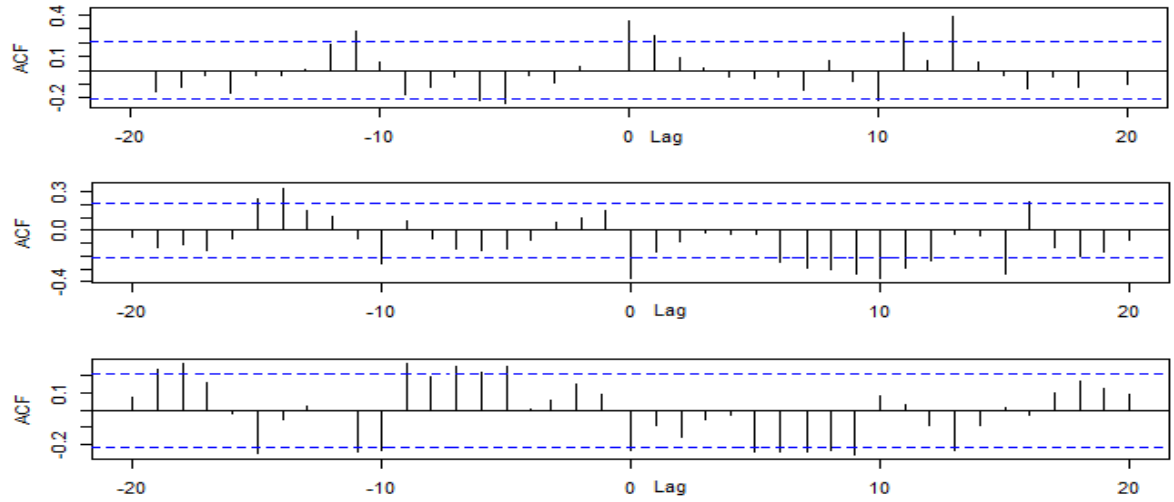
بعد إجراء إختبار (ADF) تبين إن الإستقرارية في سلسلتي المدخلات والمخرجات تتحقق عند الفرق الأول، ولتحديد نماذج (SARIMA) الملائمة جرت المفاضلة بين هذه النماذج من خلال المقاييس الإحصائية (AIC) و (RMSE)، ووضعت النتائج في الجدول (3) لستة عشر انموذج تم الحصول عليها لسلسلة الادخال، وتبين إن أفضل إنموذج لتمثيل سلسلة الاخراج هو الإنموذج $SARIMA(1,1,2)(0,0,2)_4$.

جدول (3): معايير المفاضلة بين نماذج $(SARIMA)_4$

Model	AIC	RMSE	Model	AIC	RMSE
$SARIMA(0,1,0)\ (0,0,1)_4$	960.51	75.23	$SARIMA(0,1,2)\ (0,0,1)_4$	957.16	73.07
$SARIMA(1,1,0)\ (0,0,1)_4$	957.14	73.98	$SARIMA(0,1,2)\ (0,0,2)_4$	952.01	68.87
$SARIMA(0,1,1)\ (0,0,1)_4$	955.91	73.43	$SARIMA(1,1,2)\ (0,0,1)_4$	949.06	68.26
$SARIMA(1,1,1)\ (0,0,1)_4$	957.77	73.36	**$SARIMA(1,1,2)\ (0,0,2)_4$**	**945.50**	**64.87**
$SARIMA(2,1,1)\ (0,0,1)_4$	947.07	67.42	$SARIMA(2,1,2)\ (0,0,1)_4$	949.07	67.42
$SARIMA(2,1,1)\ (0,0,2)_4$	947.07	67.42	$SARIMA(2,1,2)\ (0,0,2)_4$	949.51	66.16
$SARIMA(3,1,1)\ (0,0,1)_4$	954.46	70.05	$SARIMA(3,1,0)\ (0,0,1)_4$	953.31	70.44
$SARIMA(3,1,1)\ (0,0,2)_4$	949.9	66.69	$SARIMA(3,1,2)\ (0,0,2)_4$	949.67	67.45

تهيئة وتشخيص وتقدير إنموذج (MSARIMAX)

أن تحديد انموذج (MSARIMAX) الأكثر ملائمة لسلاسل الادخال وسلسلة الاخراج يعتمد على معاملات الارتباط المتقاطع للسلاسل فلترة ، لذلك سنقوم بتقدير معاملات الإرتباط المتقاطعة بين سلسلة الاخراج وسلاسل الادخال المفلترة الاربع ϑ_t، ω_{1t}، ω_{2t} و ω_{3t} وكما هو مبين في الشكل (3) والجدول (4) أدناه. إذ يتبين من خلالهما أن اول ارتباط معنوي في الاتجاه الموجب لمعاملات الارتباط المتقاطع لسلسلة المدخلات الاولى المفلترة ذا قيمة موجبة وقد ظهر عند الازاحة الاولى، وهذا يشير الى ان التخلف الزمني (b) لسلسلة المدخلات الاولى يساوي (1) ، في حين كان الإرتباط المتقاطع بالإتجاه الموجب معنويا عند الازاحة السادسة لسلسلة المدخلات الثانية المفلترة وهو وذا قيمة سالبة، اي ان معامل التخلف الزمني في هذه الحالة مقداره (6)، بينما كان كان معامل التخلف الزمني لمعاملات الارتباط المتقاطع لسلسلة المدخلات الثالثة المفلترة معنويا سالبا عند الازاحة الخامسة.



شكل (3): قيم الإرتباطات المتقاطعة بين سلسلة الاخراج المفلترة وسلاسل الادخال المفلترة

جدول (5): معاملات الإتباط المتقاطع (CCF) لسلاسل الادخال والاخراج المفلترة

Lag	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Y,	0.362	**0.221**	0.093	0.021	-0.046	-0.060	0.044	-0.145	0.156	-0.212
Y,	-0.397	-0.189	-0.012	-0.022	-0.014	-0.221	**-0.288**	**-0.**298	-0.379	-0.397
Y,	-0.219	-0.114	-0.165	-0.094	-0.087	**-0.220**	-0.221	-0.124	0.259	0.087

كما تم إيجاد المعايير (Log-L)، (AIC)، (RMSE) و (MAPE) بهدف المقارنة بين الثمانية نماذج (SARIMA)، (SARIMAX)، (MSARIMAX) بمتغيرين خارجيين و (MSARIMAX) بثلاثة متغيرات خارجية، وتشير نتائج المقارنة في الجدول (6) أدناه أفضلية لإنموذج $MSARIMAX_{1,2,3}(1,1,2)(0,0,2)_4$ حسب كافة معايير المقارنة المذكورة، يليه الانموذج $MSARIMAX_{1,2}(1,1,2)(0,0,2)_4$، وحل بالترتيب الثالث الانموذج $SARIMAX_1(1,1,2)(0,0,2)_4$، بينما حل الانموذج $(SARIMA)(1,1,2)_4$ بالترتيب الاخير.

جدول (6): معايير المفاضلة بين النماذج

Model	Log-L	AIC	RMSE	MAPE	Q^*	P-value
SARIMA	-470.31	948.63	68.91	21.04	13.208	0.0672
$SARIMAX_1$	-428.08	878.17	47.28	15.48	5.5097	0.3569
$SARIMAX_2$	-458.57	943.13	60.12	19.94	9.2052	0.1012
$SARIMAX_3$	-433.32	892.18	48.21	15.54	7.7161	0.1726
$MSARIMAX_{12}$	-430.09	888.64	47.64	15.52	7.2791	0.2
$MSARIMAX_{13}$	-435.96	895.92	48.79	16.02	8.517	0.13
$MSARIMAX_{23}$	-455.46	940.91	59.62	19.52	8.6456	0.1241
$MSARIMAX_{123}$	**-417.78**	**871.57**	**46.96**	**15.37**	**5.0335**	**0.4118**

جدول (7): المعلمات المقدرة للانموذج $MSARIMAX(1,1,2)(0,0,2)_4$

Parameter	Estimate	S.E.	t	Parameter	Estimate	S.E.	t
β_0	270.11	54.381	4.967^{***}	MA1	-0.674	0.141	-4.780^{***}
β_1	0.040	0.015	2.667^{*}	MA2	-0.283	0.116	-2.439^{*}
β_2	-0.035	0.011	-3.182^{**}	SMA1	-0.257	0.068	-3.779^{**}
β_3	-0.340	0.042	-8.095^{***}	SMA2	0.285	0.053	5.377^{***}
φ_1	0.639	0.175	3.651				

sig. '*' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05**

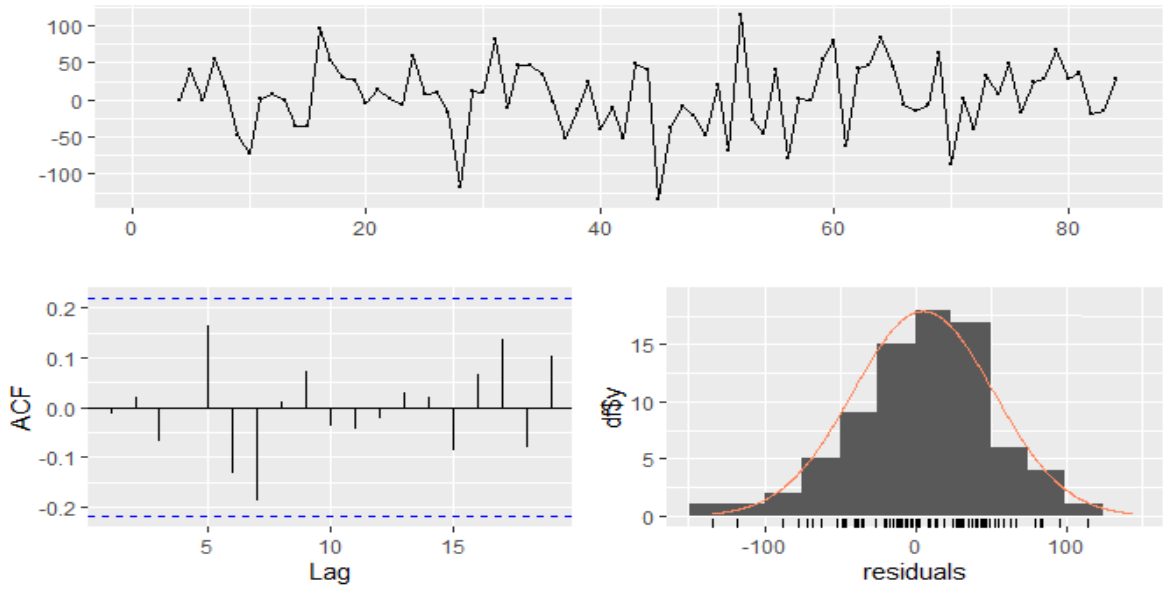
الجدول (7) اعلاه يشير الى ان المعلمات المقدرة للانموذج (MSARIMAX) فقد كانت جميع قيم P-value لاختبار (t) اكبر من مستويات المعنوية، عليه فإن الإنموذج $(MSARIMAX)(1,1,2)(0,0,2)_4$ سيكون وفق الصيغة الآتية:

$$\hat{Y}_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1,t-1} + \beta_2 X_{2,t-7} + \beta_3 X_{3,t-5} + \frac{(1-\theta_1 B - \theta_2 B)(1-\Theta_1 B^4 - \Theta_2 B^8)}{(1-\varphi_1 B)(1-B)} a_t$$

ووفقا للمعلمات المقدرة في الجدول (7) اعلاه فإن:

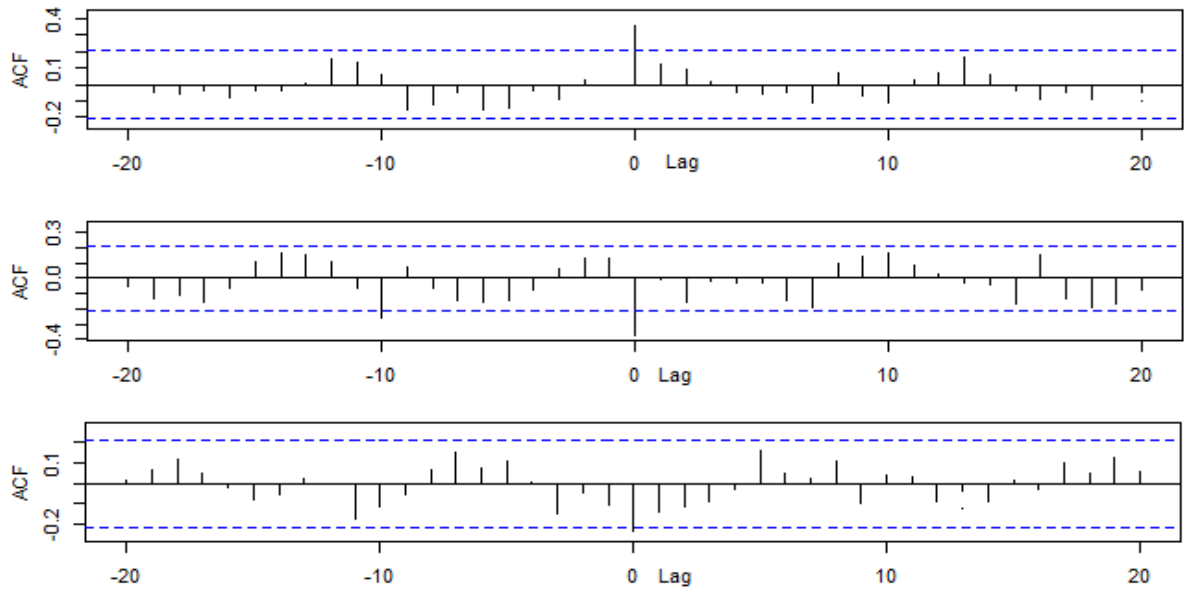
$$\hat{Y}_t = 270.11 + 0.04\, X_{1,t-1} - 0.035\, X_{2,t-7} + -0.340\, X_{3,t-5} + \frac{(1+0.674B+0.283B)(1+0.257B^4-0.285B^8)}{(1-0.639B)(1-B)} a_t$$

ومن خلال فحص وتحليل سلسلة البواقي للإنموذج المقدر $(MSARIMAX)(1,1,2)(0,0,2)_4$، فقد تبين ومن خلال الشكل (4) ادناه أن قيم دالة الإرتباط الذاتي كانت ضمن حدود الثقة، وإن هذه البواقي عشوائية تتبع التوزيع الطبيعي. تجدر الاشارة الى ان قيمة احصاءة (Ljung – Box) لسلسلة البواقي قد بلغت Q* = 7.7161 وان p-value = 0.1726 .



شكل (4): الإرتباط الذاتي وإختبار التوزيع الطبيعي لبواقي الإنموذج $MSARIMAX\ (1,1,2)(0,0,2)_4$

فضلا عن ذلك فقد تم فحص إستقلالية تلك البواقي عن سلاسل المدخلات من خلال رسم معاملات الإرتباط التقاطعية بينهما، إذ تبين عدم وجود إرتباطات معنوية وهذا يشير الى إستقلاليتها، وكما هو مبين في الشكل (5) أدناه.

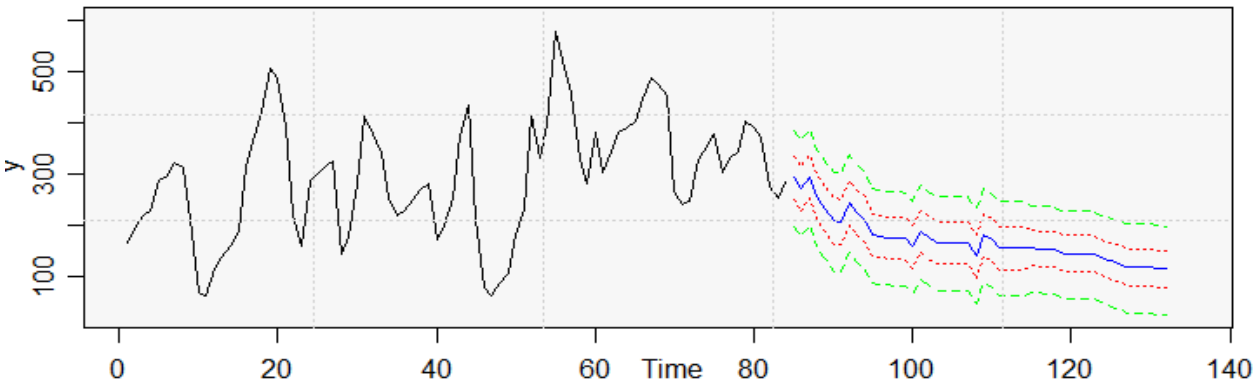


شكل (5): دالة الإتباط المتقاطع بين سلسلة البواقي e_t وبواقي سلاسل المدخلات

التنبؤ:

بعد ان اجتاز الانموذج $MSARIMAX(1,1,2)(0,0,2)_4$ كافة الاختبارات، سيتم التنبؤ بالمعدلات الشهرية لكميات مياه الاهوار في العراق لمدة (48) شهرا قادما ابتداء من 2021/10، والنتائج موضحة في الجدول (8) والشكل (6) أدناه. اذ يتضح من

خلالهما ان كافة القيم التنبؤية تقع ضمن حدود الثقة (0.95 باللون الاخضر، 0.90 باللون الاحمر)، وان اعلى قيمة تنبؤية بلغت (294.95) واقل قيمة تنبؤية بلغت (114.55)، وان معدل القيم التنبؤية قد بلغ (171.41).



شكل (6): القيم التنبؤية للمعدلات الشهرية لكميات مياه الاهوار وفق الإنموذج $MSARIMAX(1,1,2)\ (0,0,2)_4$

جدول (8): القيم التنبؤية للمعدلات الشهرية لكميات مياه الاهوار وفق الإنموذج $MSARIMAX(1,1,2)\ (0,0,2)_4$

10/2021	**11/2021**	**12/2021**	**1/2022**	**2/2022**	**3/2022**	**4/2022**	**5/2022**	**6/2022**	**7/2022**
292.1	271.9	294.27	256.09	231.09	207.96	206.43	242.75	224.9	209.96
8/2022	**9/2022**	**10/2022**	**11/2022**	**12/2022**	**1/2023**	**2/2023**	**3/2023**	**4/2023**	**5/2023**
181.29	178.54	176.5	174.98	173.84	158	187.37	176.9	166.55	166.29
7/2023	**8/2023**	**9/2023**	**10/2023**	**11/2023**	**12/2023**	**1/2024**	**2/2024**	**3/2024**	**4/2024**
166.09	165.95	165.84	140.76	180.7	170.66	155.62	155.6	155.58	155.57
5/2024	**6/2024**	**7/2024**	**8/2024**	**9/2024**	**10/2024**	**11/2024**	**12/2024**	**1/2025**	**2/2025**
155.56	154.55	153.54	152.53	145.53	145.52	145.51	145.51	143.49	135.54
3/2025	**4/2025**	**5/2025**	**6/2025**	**7/2025**	**8/2025**	**9/2025**	**10/2025**		
130.27	126.33	118.45	118.44	118.43	118.42	115.41	114.55		

8. الاستنتاجات

من خلال النتائج التي تم التوصل اليها في الجانب التطبيقي يمكن أن نستنتج مايأتي:

1. أن سلسلة المعدلات الشهرية لكميات المياه في الاهوار (Y_t) والسلاسل الزمنية للعوامل المؤثرة على كميات مياه الاهوار $(X_{1,t}, X_{2,t}, X_{3,t})$ هي سلاسل غير مستقرة في المتوسط ، وقد تم لتحقيق استقراريتها بأخذ الفرق الأول لتلك السلاسل، فضلا عن كونها سلاسل تسلك السلوك الموسمي الفصلي بطول موسم (4) اشهر.
2. الانموذج الموسمي $SARIMA(1,1,2)(0,0,2)_4$ هو الانموذج الملائم لتقدير سلسلة المعدلات الشهرية لكميات المياه في اهوار العراق (سلسلة المخرجات)، لذلك تم تنقية سلاسل العوامل المؤثرة على كميات مياه الاهوار (سلاسل المدخلات الثلاث) وفق هذا الانموذج.
3. من خلال قيم معاملات الارتباط المتقاطع بين سلسلة المعدلات الشهرية لكميات المياه في اهوار العراق وسلاسل العوامل الخارجية المؤثرة على تلك المعدلات، تبين ان التخلف الزمني لظهور تاثير المعدلات الشهرية لواردات انهار العراق هو شهر واحد وهو تاثير طردي، بينما تخلف تاثير المعدلات الشهرية للتبخر في الانهار والسدود لمدة ستة اشهر وهو تاثير عكسي، في حين يظهر التاثير العكسي للمعدلات الشهرية لمتوسط درجات الحرارة الصغرى والعظمى لمحافظات جنوب العراق بتخلف زمني خمسة اشهر.
4. الانموذج MSARIMAX بوجود ثلاثة عوامل هو انموذج كفوء للتنبؤ بالمعدلات الشهرية لكميات المياه في اهوار العراق، اذ تفوق على كافة نماذج MSARIMAX بعاملين، وكافة نماذج SARIMAX بعامل واحد وعلى انموذج SARIMA، وهذا يشير الى ان دراسة وتحليل السلاسل الزمنية لكميات مياه الاهوار باضافة العوامل الخارجية واردات الانهار، التبخر ودرجات الحرارة تعطي تصورا اوسع من دراسة السلاسل الزمنية المنفردة. وان المتغير واردات مياه الانهار هو العامل الاكثر تاثيرا من بقية العوامل، اذ تفوق الانموذج $SARIMAX_1$ على كل من النماذج الثنائية والمنفردة.
5. من خلال متابعتنا للقيم التنبؤية للمعدلات الشهرية لكميات المياه في اهوار العراق باستعمال إنموذج (MSARIMAX)، يتضح ان القيم التنبؤية سجلت انخفاضا ملحوظا على ما كانت عليه في أشهر السنوات السابقة، اذ ستنخفض المعدلات الشهرية لكميات مياه الاهوار خلال الاعوام القادمة، وقد تصل كمية المياه في الاهوار الى 114.55 مليون متر مكعب في شهر ايلول

من عام 2025، وإن سلوك القيم التنبؤية كان سلوكا موسميا في عامي 2022 و 2023، ويتضائل هذا السلوك الموسمي في عامي 2024 و 2025.

6. من خلال الانخفاض الملحوظ في المعدلات الشهرية لكميات مياه الاهوار في العراق في المستقبل، الامر يدعو الى ضرورة اتخاذ الاجراءات المناسبة لمواجهة هذه الظاهرة. ويمكن استغلال التأخر في التأثير لكل من عاملي التبخر ودرجات الحرارة في اتخاذ اجراءات ناجعة لخزن المياه في خزانات السدود لتعويض النقص في مياه الاهوار في الفترات الحرجة.

المصادر

[1] Y.P. Chen & et al, "Modeling and Predicting Pulmonary Tuberculosis Incidence and Its Association with Air Pollution and Meteorological Factors Using an ARIMAX Model: An Ecological Study in Ningbo of China", Int. J. Environ. Res. Public Health, 19(5385), p.p.1-11, 2022.

[2] P. Manigandan & et al, "Forecasting Natural Gas Production and Consumption in United States-Evidence from SARIMA and SARIMAX Models", Energies, 14(6021), p.p. 2-17, 2021.

[3] M. Cools, E. Moons, G. Wets, "Investigating variability in daily traffic counts using ARIMAX and SARIMA (X) models: assessing impact of holidays on two divergent site locations", Journal of the Transportation Research Board, 72, p.p.1–22, 2015.

[4] M. Momani, & P.E. Naill, "Time series analysis model for rainfall data in Jordan: Case study for using time series analysis". Am. J. Environ. Sci., 5(5), p.p.599-604. 2009.

[5] C. Nontap & et al, "A New Hybrid Forecasting Using Decomposition Method with SARIMAX Model and Artificial Neural Network", International Journal of Mathematics and Computer Science, 16(4), p.p. 1341–1354, 2021.

[6] S. Chadsuthi & et al, "Modeling Seasonal Influenza Transmission and Its Association with Climate Factors in Thailand Using Time-Series and ARIMAX Analyses", Computational and Mathematical Methods in Medicine, 2015, P.P. 1-7, 2015.

[7] W.S. Wei, Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods, Addison-Wesley, United States of America, 2006.

[8] J.K. Al-Musawy & S. Sabri, "Predict central bank sales of foreign currency by using (Random transfer function model", Iraqi Journal for Economic Sciences, 32, p.p. 168-191), 2012.

[9] H.T. Abd, A.K. Essa,F.M. Jassim, "Analyzing the Relationship between the Dow Jones Index and Oil Prices Using the ARIMAX Model", 11(2), p.p. 465-473, 2021.

[10] G.C. Tiao & G.E. Box, Modeling Multiple Times Series with Application, JASA, 76(376), p.p. 802-816, 1981.

[11] W.S. Wei, Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods, Addison-Wesley, United States of America, 2006.

[12] I. Naduhm, "Predict the values of the time series using the (ARMAX) model with practical application , Diyala Journal for Pure Science ,6(2), 2010.

[13] Web site: https://ar.wikipedia.org/wiki

[14] Environmental statistics reports issued by the Central Statistical Organization 2014-2021.

[15] Cryer, J. D. and K.S. Chan, Time Series Analysis with Application in R, 2nd Ed., Springer, New York, 2008.

Journal of AL-Rafidain University College for Sciences (2023); Issue 54; 89 - 99

AL- Rafidain University College

PISSN: (1681-6870); EISSN: (2790-2293)

Journal of AL-Rafidain University College for Sciences

Available online at: https://www.jrucs.iq

JRUCS

Journal of AL-Rafidain University College for Sciences

Forecasting of Water Quantities in the Iraqi Marshes using MSARIMAX Models

Prof. Dr. Ahmed S. Mohammed Tahir	Lect. Firas M. Jassim
ahmutwali@uomustansiriyah.edu.iq	firasm@uomustansiriyah.edu.iq

Department of Statistics - College of Administration and Economics - Al-Mustansiriyah University, Baghdad, Iraq

Article Information

Article History:
Received: December, 13, 2022
Accepted: February, 28, 2023
Available Online: December, 31, 2023

Keywords:
SARIMA model, SARIMAX model, MSARIMAX model, cross-correlation

Correspondence:
Lect. Firas M. Jassim
firasm@uomustansiriyah.edu.iq

Abstract

The marshes of Iraq are particularly significant, as they are a historical legacy of the cities of the Mesopotamian civilization. The importance of the Iraqi marshes lies in the fact that they represent the richness of both history and nature, so they were placed among the treasures of the world that must be preserved and perpetuated. The Iraqi marshes suffered from neglect and experienced varying degrees of dryness, desiccation, and overfishing for different periods of time. Studying and analyzing the quantities of water in the marshes and the factors affecting them contributes to an attempt to address the problem of drought and develop effective solutions for it. In this research, the monthly rates of water quantities in the southern marshes of Iraq were estimated using the (SARIMA) model. The (SARIMAX) model was also employed, with the effect of three factors separately, which are the monthly rates of Iraqi river imports, the monthly rates of evaporation in dams and reservoirs, and the monthly rates of average temperatures in southern Iraq as external factors, as well as employing the (MSARIMAX) model to estimate the monthly averages of water quantities in the marshes with the influence of the three factors combined. In order to determine the best model for predicting the monthly rates of water quantities in the marshes, a comparison was made between the three models using the criteria (AIC), (Log-L), (RMSE), and (MAPE). The results of the comparison demonstrated the superiority of the MSARIMAX(1,1,2)(0,0,2)$_4$ model over the other two models. The results of the estimation of the cross-correlation coefficients of the filtered time series indicated that there was a time lag with a positive effect of one month until the effect of water imports appeared, as well as a time lag with a negative effect of six months until the effect of monthly rates of evaporation appeared, and a time lag with a positive effect of five months until the effect of temperature. The values of the monthly averages of the quantities of water in the marshes of Iraq were predicted using the (MSARIMAX) model. The results of the prediction proved that there are noticeable differences in the predicted amounts of water compared to what it was in the previous months, as the monthly averages of the quantities of marsh waters will decrease over the next three years, as the amount of water may reach 114.53 million cubic meter in the marshes, and this decrease behaves seasonally in 2022 and 2023, and the seasonal effect decreases in 2024 and 2025.

https://doi.org/10.55562/jrucs.v54i1.579