تحليل السلاسل الزمنية لنمذجة الأمطار- التصاريف لأحواض مختارة في شمال العراق

باسل خضر داؤد

أستاذ مساعد

قسم الموارد المائية/كلية الهندسة

جامعة الموصل

محمد أكرم الدباغ

مدرس مساعد

قسم التقنيات الميكانيكية

المعهد التقني في الموصل

الخلاصة

استخدم نموذج الانحدار الحركي (Dynamic Regression model (DR)) لغرض التنبؤ بالجريان الداخل إلى كل من سد دوكان والموصل مع الأخذ بنظر الاعتبار تأثير الأمطار على الجريان.

استخدمت دالة الارتباط الذاتي(Auto Correlation Function (ACF)) لغرض معرفة درجة استقرارية السلسلة الزمنية للأمطار وللتصاريف وكذلك استخدمت دالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF) لغرض تشخيص نموذج ARIMA ملائم للسلاسل الزمنية للأمطار والتصاريف لكلا السدين بالإضافة إلى المعايير الإحصائية الأخرى: (χ^2-test ،t-test، Residual Auto correlation Function (RACF)، coefficient Normality test, Skewness، Trend analysis، Box-Cox Cross Correlation Function (CCF) method). وتم إيجاد معالم نموذج دالة التحويل (Transfer Function (TF)) وبعد تطبيق الاختبارات الإحصائية المناسبة اجتاز النموذجان كافة الاختبارات وأصبح نموذج الانحدار الحركي لكل سد ملائماً لغرض التنبؤ بالجريان الداخل إعتماداً على البيانات التاريخية (Historical Data) للأمطار والتصاريف.

الكلمات الدالة: دالة التحويل – الانحدار الحركي- الأمطار- التصاريف- نمذجة .

Time Series Analysis For Rainfall-Discharges Modeling for Selected Basins In Northern Iraq

Basil Khether Dawood **Mohammad Akram Al-Dabbagh**

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com

Assistant Prof.
Assistant Lecturer

Water Resources Dept. /College of Eng.
Mechanical Technicians Dept.

University of Mosul Technical
Institute In Mosul

Abstract

The Dynamic Regression model (DR) was used for forecasting the inflow to the Mosul and Dokan dams considering the effect of rainfall on the discharges.

The auto correlation function (ACF) was used to determine the stationary level of the time series. The partial auto correlation function (PACF) was used to identify a suitable ARIMA model for time series of rainfall and discharges for both dams. Besides, the other statistical tests: (χ^2-test, t-test, RACF, Normality test, Trend analysis, CCF, Box-Cox method, Skewness Coefficient), and the factors of the transfer function models (TF) were determined. After passing the suitable statistical tests and the dynamic regression model for both dams, the model became suitable for forecasting the inflow depending upon the historical discharges and rainfall data.

Key words: Transfer Function – Dynamic Regression- Rainfall-Discharges- Modeling.

أستلم في 2006/9/27 قبل في 2007/7/1

www.manaraa.com

المقدمة

نظراً لأهمية المياه وازدياد الحاجة إليها وخاصة في الوقت الحاضر نتيجة للتطور الكبير الحاصل في جميع المجالات وخاصة الصناعية منها بالإضافة إلى النسب المتزايدة في أعداد السكان وارتفاع درجة حرارة الأرض الكونية التي تؤدي إلى ازدياد مقدار التبخر من المسطحات المائية، لذلك زادت الحاجة إلى إقامة المنشات الهيدروليكية كالسدود والخزانات لغرض خزن الكميات الزائدة من المياه في موسم الفيضان وذلك لاستخدامها للأغراض المختلفة كالري في موسم الشحة مع إجراء بعض المعالجات التي تؤدي إلى تقليل التبخر [2 ,1].

إن اغلب الأسباب التي تؤدي إلى فشل السدود والتي ينتج عنها كوارث بيئية ومادية وبشرية تشتمل على التصميم الخاطئ للمسيل المائي (Spillway) الذي يحدث نتيجة عدم المعرفة المسبقة والتصور البعيد عن أقصى فيضان محتمل حدوثه في زمن معين. إن من الضروري اخذ قياسات الجريان على السدود المقامة على نهر دجلة والفرات وذلك للاستفادة منها في حالات التنبؤات المستقبلية، لذلك كان هدفنا من هذا البحث هو التنبؤ بالجريان في النهر(على الأمد البعيد) مع الأخذ بنظر الاعتبار تأثير الأمطار وذلك يعتبر عامل رئيسي مساعد بالنسبة للعاملين في مجال تصميم السعة الخزنية للسد والمسيل المائي (Spillway) والمنافذ السفلى (Bottom Outlets) في حالة تصميم سدود على هذه الأنهر.

لقد باتت مسالة التنبؤ بالأمطار وتصاريف الأنهار محط أنظار الباحثين منذ عقود عديدة، فقد قام الباحثون (Bogner,K. et al., 2002) بنمذجة العلاقة بين سلسلتي الأمطار والتصاريف اليومية في بحيرة جورا الواقعة في سويسرا وللفترة (1996-1999)، وتم استخدام طريقة (Kalman Filter) لجعل السلسلة أكثر استقراراً، كما تم دراسة تأثير الثلوج (مقاسة بوحدة (mm)) على التصاريف، إذ لوحظ أن سلسلة الجريان لنهر(Ar) تتأثر بموسم تساقط الثلوج لذلك تم دراسة العلاقة بين :

1- التصاريف والأمطار الكلية المتساقطة.
2- التصاريف والثلوج المتساقطة.
3- التصاريف والأمطار المكافئة (والتي تضم الأمطار والثلوج معاً).

واستخدم نموذج دالة التحويل (TF) لغرض نمذجة العلاقة بين المتغيرين، وتم اعتبار سلسلة الأمطار سلسلة مدخلات (Input) وسلسلة التصاريف سلسلة مخرجات (Output)، وكان نموذج دالة التحويل العام لجميع النماذج من الرتبة (0,0,3) وصيغته كالآتي:

$$Y_t = \mu + (\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \omega_3 B^3)X_t + a_t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

اقترح الباحثون دراسة تأثير درجات الحرارة والإشعاع الشمسي على ذوبان الثلوج الذي يؤدي إلى زيادة في كمية المياه الداخلة إلى البحيرة [3].

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

كما قامت الباحثة (السبعاوي، 2004) باستخدام نموذج دالة التحويل ونموذج (Box-Jenkins) لصياغة نموذج لمتغيرين وعلى مرحلتين، المرحلة الأولى تضمنت نمذجة كل متغير بشكل مستقل، والمرحلة الثانية تضمنت نمذجة المتغيرين معاً، وقد استخدمت الباحثة طريقة (Box-Cox) لتحويل السلاسل إلى التوزيع الطبيعي، كما استخدمت النموذج (ARIMA) لتشخيص نموذج ملائم لسلسلة الاضطراب حيث كان النموذج ((MA (1)، حيث استخدمت في الحالة الأولى اوكسيد المنغنيسيا والكلس الحر كل على حدا واعتبار هما سلسلتي مدخلات والتمدد سلسلة مخرجات لكليهما، واستخدمت اختبارات الدقة (ACF, PACF, RACF) للتحقق من دقة النموذج .

كما قام الباحثان (Box & Jenkins, 1976) بتحديد دالة التحويل لفرن الغاز الطبيعي (Gas Furnace) على اعتبار أن نسبة الغاز سلسلة مدخلات وغاز ثنائي اوكسيد الكاربون الموجود في الغاز سلسلة مخرجات، حيث كان النموذج كالآتي [4]:

$$Y_t = -(0.53+0.37B+0.5B^2)\ X_{t-3} / (1-0.57B) + a_t / (1-1.53B+0.63B^2) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots..(2)$$

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1. بناء نموذج ARIMA:

إن نموذج (ARIMA) يعتبر من النماذج الإحصائية التي تستخدم للتنبؤ بظواهر معينة كأن تكون تلك الظاهرة طبيعية كما هو الحال في الظواهر الهيدرولوجية كالأمطار والتصاريف ودرجات الحرارة والرطوبة النسبية، وقد تكون تلك الظواهر غير طبيعية كارتفاع أسعار الأسهم في شركة معينة أو ازدياد المبيعات بالنسبة لمنتج معين. إن تلك الظواهر تكون مرتبطة بالزمن بصورة مباشرة، لذلك يتم تحليل السلسلة الزمنية لمعرفة طبيعة سلوك السلسلة إذا كانت في حالة تزايد أم لا ومدى تأثرها بموسم معين إضافة إلى التنبؤ بالظاهرة لسنوات معينة.

أخذت قياسات التصريف للجريان الداخل إلى سد الموصل إضافة إلى معدل الأمطار الساقطة والمقاسة في محطة الموصل وذلك للفترة (1984-1999)، كما تم استخدام بيانات التصريف للجريان الداخل إلى سد دوكان إضافة إلى معدل الأمطار الساقطة والمقاسة في محطة دوكان للفترة (1960-1996)، وتم دراسة سلوك السلسلة وإمكانية بناء نموذج انحدار حركي يربط بين سلسلتي الأمطار والتصاريف، واستخدمت لذلك كافة المعايير الإحصائية كالآتي:

1.1 اختبار التوزيع الطبيعي والاتجاه العام لسلاسل الأمطار والتصاريف: يعتبر اختبار التوزيع الطبيعي خطوة رئيسية لغرض معرفة إذا كانت السلسلة تتبع التوزيع الطبيعي أم لا وذلك لإجراء التحويل المناسب عن طريق اخذ اللوغاريتم أو الجذر ألتربيعي إن دعت الحاجة لذلك، والأشكال(1 إلى 8) توضح ذلك 5] [,4.

تم إتباع طريقة (Kolmogorov-smirnov) لغرض اختبار التوزيع الطبيعي (Normal Distribution) لسلاسل الأمطار والتصاريف. كما هو ملاحظ من الأشكال (1 إلى 8) فان قيم البيانات بالنسبة لمحطة دوكان غير منطبقة على الخط المستقيم الذي يمثل التوزيع الطبيعي وكذلك الحال بالنسبة إلى الجريان الداخل إلى سد دوكان حيث أن البيانات قريبة من التوزيع الطبيعي، ولذلك سوف يتم استخدام طريقة(Box Cox) لتحويل سلاسل الأمطار والتصاريف إلى التوزيع الطبيعي إذ تم استخدام معامل الالتواء (Skewness coefficient) كمقياس لانحراف السلسلة عن التوزيع الطبيعي وذلك موضح من خلال الجدول (1). وكذلك الحال بالنسبة إلى الأمطار الساقطة والجريان الداخل إلى سد الموصل حيث يلاحظ بان سلسلتي الأمطار والتصاريف لا تتبعان التوزيع الطبيعي، وتم إيجاد قيمة معامل (Box-Cox) التي تحول السلسلة إلى التوزيع الطبيعي والذي يمثل بالمعادلة التالية [4, 6]:

$$X_t = \frac{X_{i,t}^{\lambda} - 1}{\lambda} \quad \ldots\ldots(3)$$

حيث أن (X_t) تمثل قيم السلسلة الزمنية بعد تحويلها إلى التوزيع الطبيعي و($X_{i,t}$) تمثل قيم السلسلة الأصلية. وكذلك (λ) قيمة معامل Box-Cox.

ولمعرفة كيفية حساب قيمة (λ)، ليكن لدينا المثال التالي:

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

لنفرض أن السلسلة الزمنية الأصلية هي:

$X_{i,t}$ = 125,46,52,70,37 , i = 1, 2, 3, 4, 5

وبتطبيق المعادلة التالية يتم إيجاد قيمة معامل الالتواء (Skewness coefficient (C_s)) للسلسلة كالتالي:

$$C_s = \alpha / \sigma^3 \quad \text{.....(4)}$$

$$\alpha = N / ((N-1)(N-2)) * \Sigma(X- \overline{X})^3 \quad \text{.....(5)}$$

حيث أن قيمة معامل الالتواء لهذه السلسلة (1.638)، وهو لا يساوي صفر مما يدل على أن السلسلة لا تتبع التوزيع الطبيعي. وباستخدام المعادلة (3)، يتم فرض قيم لـ (λ)، حيث تنحصر قيمها بين
(-1, +1)، وباستخدام طريقة المحاولة والخطأ يتم إيجاد قيمة (λ) التي تجعل قيمة معامل الالتواء مساوية أو قريبة من الصفر، فإذا فرضنا قيمة ابتدائية لـ(λ)، مثلاً (0.5)، فان قيم السلسلة الناتجة هي:

X_t = 20.36, 11.56, 12.42, 14.73, 10.17

وان قيمة معامل الالتواء للسلسلة الناتجة هي (1.379)، وهكذا يتم تكرار المحاولة لحين الحصول على قيمة (λ) التي تجعل قيمة معامل الالتواء مساوية للصفر.

وبنفس المبدأ تم تحليل السلاسل الزمنية لكل من الأمطار والتصاريف لسد الموصل ودوكان.

الجدول (1): قيمة معامل Box-Cox (λ) وقيمة معامل الالتواء

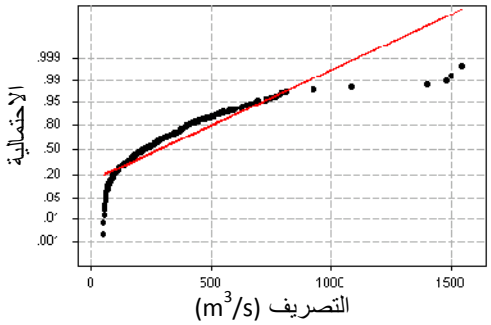
لسلاسل الأمطار والتصاريف لسد الموصل وسد دوكان

السلسلة	قيمة λ	قيمة معامل الالتواء

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

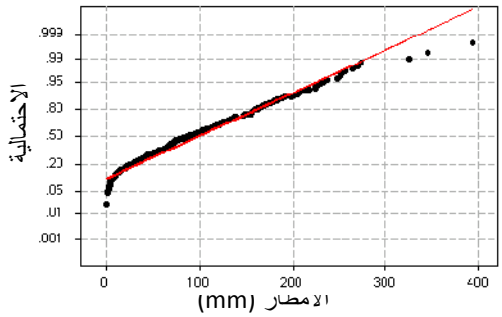
الجريان الداخل إلى سد دوكان	-0.0375	0.000
الأمطار المقاسة في محطة دوكان	0.6145	0.000
الجريان الداخل إلى سد الموصل	0.008	0.000
الأمطار المقاسة في محطة	0.4225	0.000

كما تم تحليل الاتجاه العام للسلاسل الزمنية للأمطار والتصاريف لغرض معرفة مدى تأثر السلاسل بالموسمية، وهل يوجد اتجاه عام في السلسلة لغرض إزالته، كما مبين في الأشكال (9 إلى12)، وقد أظهرت السلسلة الزمنية للأمطار والتصاريف عدم وجوده في جميع السلاسل عدا سلسلة الجريان الداخل إلى سد دوكان، لذلك لا تستدعي الحاجة إلى اخذ الفروق في بقية السلاسل.



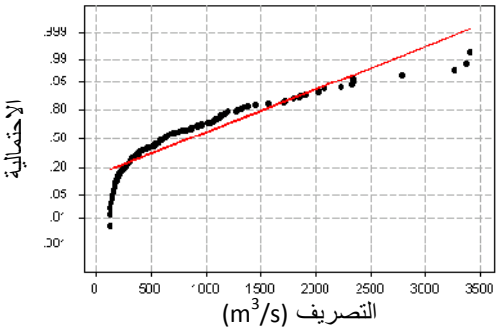
الشكل (1): اختبار التوزيع الطبيعي للجريان الداخل إلى سد دوكان بطريقة

(Kolmogorov-smirnov)



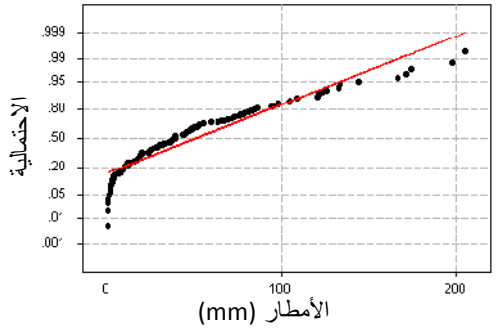
الشكل (2): اختبار التوزيع الطبيعي للأمطار المقاسة في محطة دوكان بطريقة

(Kolmogorov-smirnov)



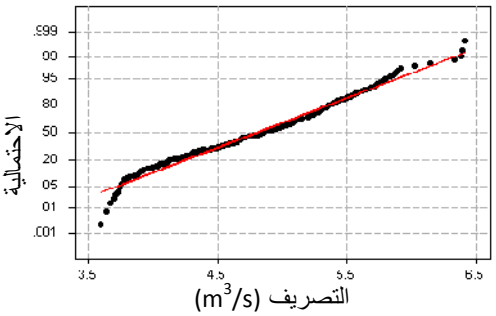
الشكل (3): اختبار التوزيع الطبيعي للجريان الداخل إلى سد الموصل بطريقة

(Kolmogorov-smirnov)

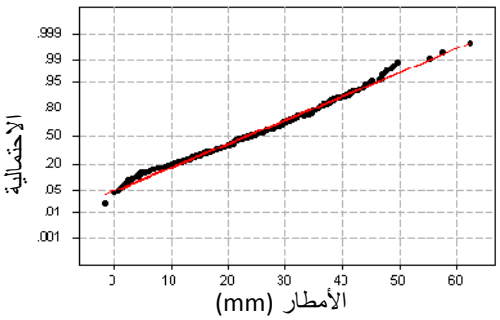


الشكل (4): اختبار التوزيع الطبيعي للأمطار المقاسة في محطة الموصل بطريقة (Kolmogorov-smirnov)

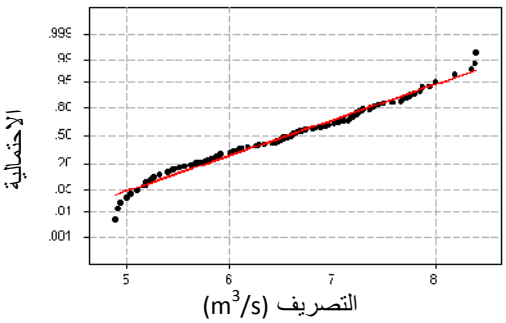
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



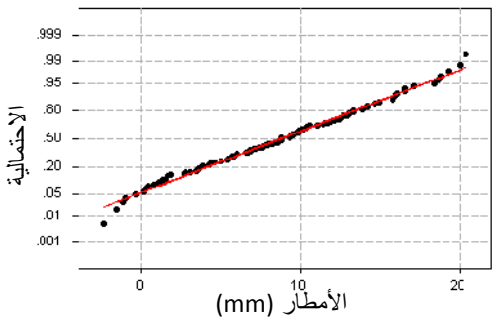
الشكل (5): اختبار التوزيع الطبيعي للجريان الداخل إلى سد دوكان بعد استخدام طريقة (Box-Cox) في التحويل



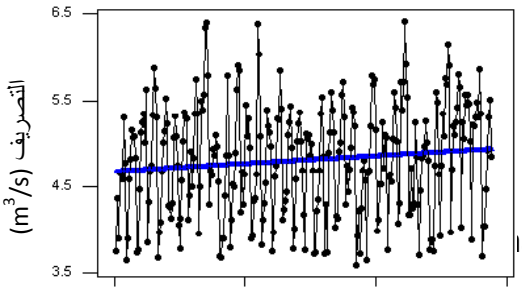
الشكل (6): اختبار التوزيع الطبيعي للأمطار المقاسة في محطة دوكان بعد استخدام طريقة (Box-Cox) في التحويل

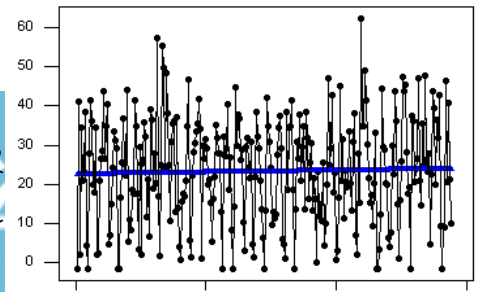


الشكل (7): اختبار التوزيع الطبيعي للجريان الداخل إلى سد الموصل بعد استخدام طريقة (Box-Cox) في التحويل



الشكل (8): اختبار التوزيع الطبيعي للأمطار المقاسة في





anaraa.com
للاستشارات

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (2): معادلة الاتجاه العام الخطي للسلاسل الزمنية للأمطار والتصاريف

لسد دوكان وسد الموصل

السلسلة الزمنية	معادلة الاتجاه العام الخطي
الجريان الداخل إلى سد دوكان	$Y_t = 4.67558 + 8.93E-$
الجريان الداخل إلى سد الموصل	$Y_t = 6.67424 - 1.99E-$
الأمطار الساقطة في محطة دوكان	$X_t = 22.6226 + 4.69E-$
الأمطار الساقطة في محطة الموصل	$X_t = 10.0094 - 2.05E-$

حيث أن (Y_t) هي قيم سلسلة الجريان الداخل إلى السد، و (X_t) هي قيم سلسلة الأمطار و(t) يمثل الزمن.

2.1 اختبار دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي : من خلال رسم دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لكل سلسلة تم تقدير مدى الاستقرارية مع إجراء التشخيص الأولي لنموذج ARIMA لجميع السلاسل، والأشكال (13) إلى (20) توضح ذلك [4, 7].

يلاحظ أن سلسلة الأمطار في محطة دوكان غير عشوائية حيث أن قيم السلسلة عند الإزاحة الأولى كانت معنوية، وبعدها مباشرة دخلت ضمن حدود الثقة، وهذا يشير أيضاً إلى مدى إستقراريتها، إلا أن تأثير الموسمية يكاد يكون ظاهراً على السلسلة وذلك من خلال ملاحظة دالة الارتباط الذاتي والعلاقة الرابطة بين السلسلة الزمنية والزمن. أما بالنسبة إلى سلسلة الجريان الداخل إلى سد دوكان فان آثار الموسمية تظهر واضحة على السلسلة إلا أن السلسلة غير عشوائية حيث إن السلسلة عند الإزاحة الأولى معنوية، ثم بعد ذلك تدخل ضمن حدود الثقة، وذلك ظاهر أيضاً على سلسلة الجريان الداخل إلى سد الموصل. ومن خلال استخدام دالة الارتباط الذاتي الجزئي وباستخدام اختبارات الدقة المشار إليها سابقاً تم تشخيص عدد من النماذج لكل سلسلة ومن خلال استخدام الاختبار (AIC) تم اختيار النموذج الأمثل، كما مبين في الجداول (3) إلى (4)، إذ تم اختيار النموذج الذي تكون قيمة الاختبار (AIC) له اقل ما يمكن وذلك مبين في الجدول (5).

إن حدود الثقة المبينة في الأشكال التي تمثل قيم معامل الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي تتمثل بإيجاد قيمة الخطأ القياسي (S(r)) المتمثلة بالمعادلتين التاليتين:

$$S(r) = \pm [(1 - r^2) / (n - 2)]^{1/2} \qquad \text{(for ACF coefficients)}$$

..... (6)

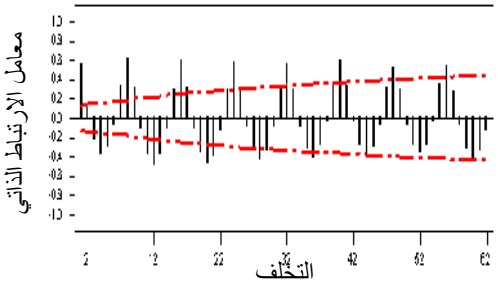
المنارة للاستشارات

www.manaraa.com

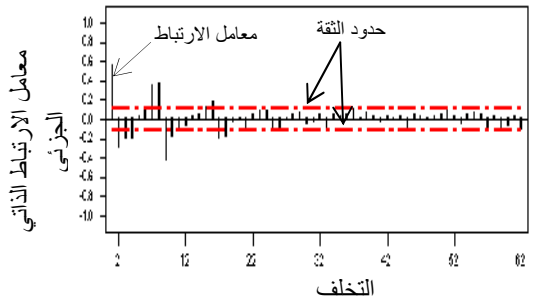
$S(r) = \pm n^{-1/2}$ (for PACF coefficients)

.....(7)

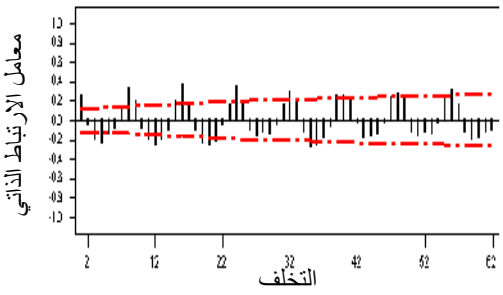
ولمعرفة ما إذا كانت قيمة معامل الارتباط معنوية أم لا، يتم ذلك بحساب قيمة (r / S(r)) والتي تمثل قيمة الاختبار الإحصائي (t-test) المحسوبة، ثم يتم مقارنة القيمة المحسوبة للاختبار مع القيمة الجدولية عند مستوى ثقة (95%) ودرجة حرية (n-2)، فإذا كانت القيمة المحسوبة اكبر من الجدولية دل ذلك على أن قيمة معامل الارتباط معنوية، ويلاحظ من المعادلة (6) أن حدود الثقة تتغير تباعاً اعتماداً على قيمة معامل الارتباط الذاتي، أما بالنسبة للمعادلة (7) فان حدود الثقة تكون ثابتة لجميع قيم معامل الارتباط الذاتي الجزئي.



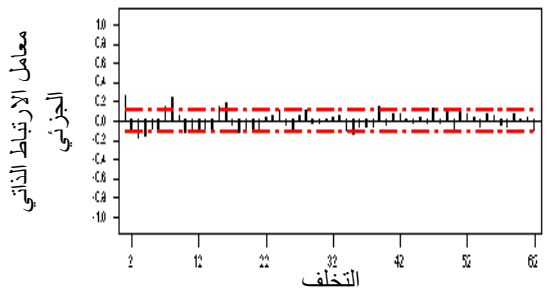
الشكل (13): معامل الارتباط الذاتي لسلسلة الجريان الداخل إلى سد دوكان مع التخلف



الشكل (14): معامل الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة الجريان الداخل إلى سد دوكان مع التخلف

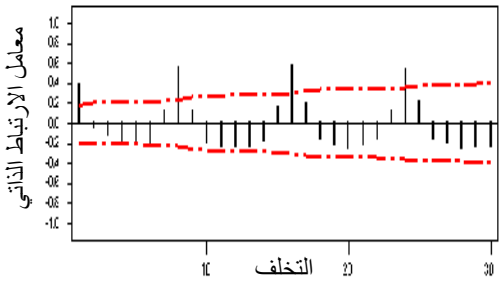


الشكل (15): معامل الارتباط الذاتي لسلسلة الأمطار المقاسة في محطة دوكان مع التخلف

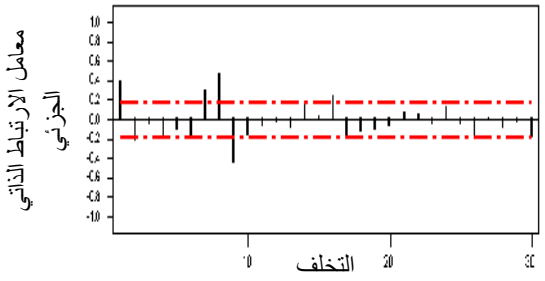


الشكل (16): معامل الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة الأمطار المقاسة في محطة دوكان مع التخلف

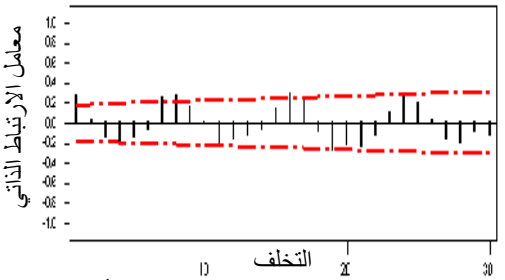
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



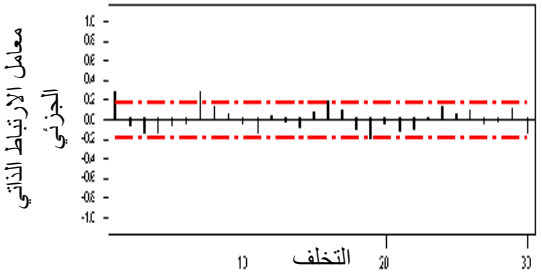
الشكل (17): معامل الارتباط الذاتي لسلسلة الجريان الداخل إلى سد الموصل مع التخلف



الشكل (18): معامل الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة الجريان الداخل إلى سد الموصل مع التخلف



الشكل (19): معامل الارتباط الذاتي لسلسلة الأمطار المقاسة في محطة الموصل مع التخلف



الشكل (20): معامل الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة الأمطار المقاسة في محطة الموصل مع التخلف

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (3): قيم معلمات نموذج ARIMA لسلسلتي الأمطار والتصاريف لسد دوكان مع الاختبار (t-test)

السلسلة		الأمطار	التصاريف
نموذج ARIMA		$(0,0,0)(0,1,1)_8$	$(0,1,1)(0,1,1)_8$
الجزء غير الموسمي	θ_1	---------	0.4554 (8.55)*
الجزء الموسمي	Θ_1	0.9437 (35.78)*	0.9414 (31.29)*

الجدول (4): قيم معلمات نموذج ARIMA لسلسلتي الأمطار والتصاريف لسد الموصل مع لاختبار (t-test)

السلسلة		الأمطار	التصاريف
نموذج ARIMA		$(0,0,0)(0,1,1)_8$	$(1,0,0)(0,1,1)_8$
الجزء غير الموسمي	φ_1	----------	0.5688 (7.19)*
الجزء الموسمي	Θ_1	0.9214 (15.72)*	0.8582 (10.22)*

*حيث إن القيم بين الأقواس تمثل الاختبار (t-test)

الجدول (5): قيم الاختبارAIC للسلاسل الزمنية لأمطار وتصاريف سد دوكان وسد الموصل

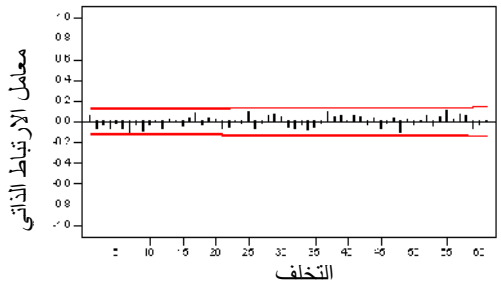
السلسلة الزمنية	نموذج ARIMA	AIC
الأمطار المقاسة في محطة دوكان	$(0,0,0)(0,1,1)_8$	1507
الجريان الداخل إلى سد دوكان	$(0,1,1)(0,1,1)_8$	-248.71
الأمطار المقاسة في محطة الموصل	$(0,0,0)(0,1,1)_8$	405.9

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

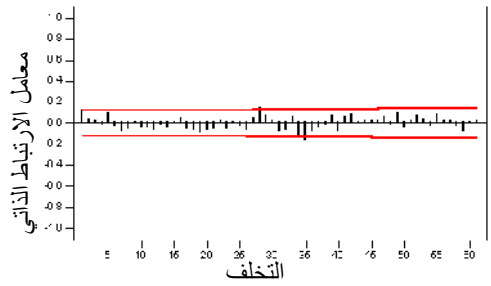
الجريـان الـداخل إلـى سـد الموصـل	$(1,0,0)(0,1,1)_8$	-18.7

3.1 اختبار دالة الارتباط الذاتي للقيم المتبقية (RACF) : من خلال رسم دالة الارتباط الذاتي للقيم المتبقية من نموذج ARIMA (سلسلة الأخطاء) للسلاسل الزمنية للأمطار والتصاريف تم التأكد من أن سلاسل الأخطاء عشوائية ولجميع النماذج كما مبين في الأشكـــال (21) إلى(24) [4].

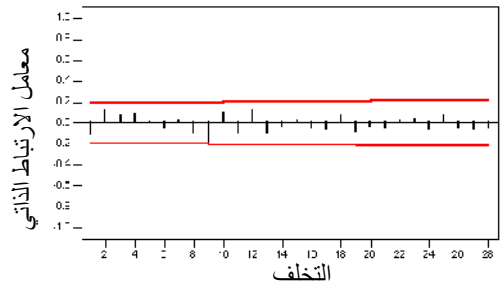
يلاحظ من الأشكال (21) إلى (24) أن الأخطاء لجميع السلاسل الزمنية عشوائية (غير معنوية)، إذ أن القيم المتبقية لجميع السلاسل هي ضمن حدود الثقة، وبهذا تصبح جميع السلاسل الزمنية مهيأة لغرض التنبؤ، وتم استخدام نماذج ARIMA للسلاسل الزمنية للأمطار المشار إليها سابقاً لغرض بناء نماذج الانحدار الحركي.



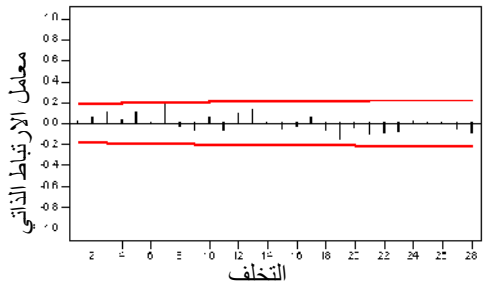
الشكل (21): معامل الارتباط الذاتي لسلسلة أخطاء نموذج ARIMA للجريان الداخل إلى سد دوكان مع التخلف



الشكل (22): معامل الارتباط الذاتي لسلسلة أخطاء نموذج ARIMA لسلسلة الأمطار المقاسة في محطة دوكان مع التخلف



الشكل (23): معامل الارتباط الذاتي لسلسلة أخطاء نموذج ARIMA للجريان الداخل إلى سد الموصل مع التخلف



الشكل (24): معامل الارتباط الذاتي لسلسلة أخطاء نموذج ARIMA لسلسلة الأمطار المقاسة في محطة الموصل مع التخلف

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

2. بناء نموذج الانحدار الحركي:

تم الاعتماد على نموذج ARIMA لسلسلة الأمطار التي تم تشخيصها سابقاً لكلا السدين وذلك لغرض بناء نموذجي الانحدار الحركي (Dynamic Regression Models) لإيجاد العلاقة التي تربط بين الأمطار والتصاريف، واعتبار عمليات التحليل السابقة لسلسلتي الأمطار (المدخلات) عمليات تنقية (Prewhitening) (إذ تتضمن عمليات التنقية إزالة الاتجاه العام وتحويل السلسلة إلى التوزيع الطبيعي وبناء نموذج ARIMA ملائم لكل سلسلة) [7, 11].

1.2 تقدير سلسلة الاضطراب (N_t) (Disturbance Series Evaluation): تم الاعتماد على أشهر السنة المائية (إبتداءً من شهر تشرين الأول من السنة ولغاية نهاية شهر أيار من السنة التي تليها)(أي ثمانية أشهر) وذلك لغرض إيجاد مدى تأثير الأمطار على الجريان (أي مدى استجابة الجريان لسقوط الأمطار من حيث الزيادة والنقص)، حيث أن معادلة الانحدار الخطي التي تربط بين سلسلة الأمطار المقاسة في محطة دوكان وسلسلة الجريان الداخل إلى سد دوكان كانت كالآتي:

$$Y_t = 3.6 + 0.052*X_t + 0.007*X_{t-1} - 0.17*X_{t-2} + 0.322*X_{t-3} - 0.306*X_{t-4} + 0.165*X_{t-5} - 0.0489*X_{t-6} + 0.00615*X_{t-7} \quad \ldots\ldots (8)$$

وأن معادلة الانحدار الخطي التي تربط بين سلسلة الأمطار المقاسة في محطة الموصل وسلسلة الجريان الداخل إلى سد الموصل فهي كالآتي:

$$Y_t = 5.19 + 0.161*X_t + 0.048*X_{t-1} - 0.817*X_{t-2} + 1.63*X_{t-3} - 1.66*X_{t-4}$$

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

$$+ 0.962*X_{t-5} - 0.3*X_{t-6} + 0.039*X_{t-7}$$
.....(9)

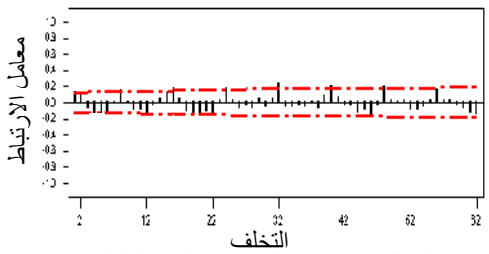
حيث أن:

Y_t = الجريان الداخل إلى السد.

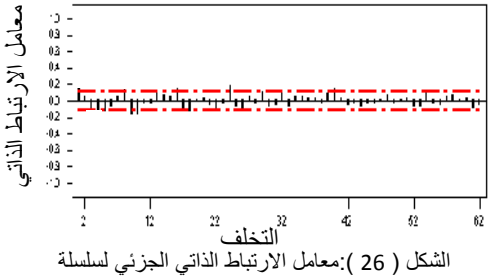
X_{t-i} = الأمطار الساقطة في اشهر السنة المائية (i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7).

بالاعتماد على معادلتي الانحدار الخطي (8, 9) تم تقدير سلسلة الاضطراب لنموذج دالة التحويل لكل سد، وتم تحليل سلسلتي الاضطراب (N_t) بنفس الصيغة السابقة.

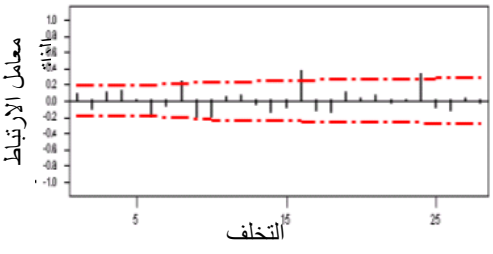
2.2 اختبار دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة الاضطراب (N_t): إن اختبار كون سلسلة الاضطراب عشوائية أم لا كان بطريقة اختبار دالة الارتباط الذاتي (ACF)، ومن خلال دالة الارتباط الذاتي الجزئي تم تشخيص النموذج الملائم لسلسلة الاضطراب كما مبين في الأشكال (25) إلى (28). من خلال رسم دالة الارتباط الذاتي لسلسلة الاضطراب للنموذجين يلاحظ بان سلسلة الاضطراب لنموذج سد دوكان مستقرة، حيث أن قيمة معامل الارتباط الذاتي لسلسلة الاضطراب عند الإزاحة الأولى معنوية، وبعدها تدخل مباشرة داخل حدود الثقة، أما بالنسبة إلى سلسلة الاضطراب لنموذج سد الموصل فيلاحظ من خلال رسم دالة الارتباط الذاتي بان السلسلة عشوائية وذلك يشير إلى أن ($N_t = a_t$)، بالإضافة إلى ذلك ومن خلال رسم دالة الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة الاضطراب وبإتباع نفس الأسلوب السابق في عملية التشخيص، تم تشخيص نموذج (ARIMA) ملائم لسلسلة الاضطراب لنموذج سد دوكان حيث كان النموذج من الرتبة ((MA(1)) واستخدم هذا النموذج في بناء نموذج الانحدار الحركي وهذا ما ذكر من قبل (Box & Jenkins) و (Pankratz, 1991) والباحثان (Cheang & Reinsel, 2000) عن إمكانية استخدام النموذج ((MA(1)) في حالة وجود صعوبة في التشخيص، والجدول (6) يوضح ذلك [7, 8].



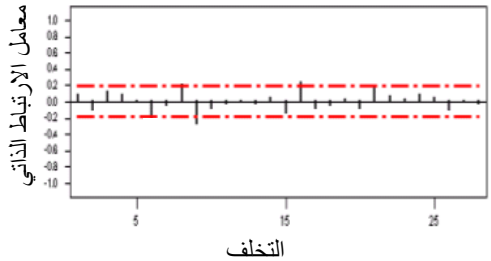
الشكل (25): معامل الارتباط الذاتي لسلسلة الاضطراب لنموذج دالة التحويل لسلسلة أمطار وتصاريف سد دوكان مع التخلف



الشكل (26):معامل الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة الاضطراب لنموذج دالة التحويل لسلسلة أمطار وتصاريف سد دوكان مع التخلف



الشكل (27): معامل الارتباط الذاتي لسلسلة الاضطراب لنموذج دالة التحويل لسلسلة أمطار وتصاريف سد الموصل مع التخلف



الشكل (28):معامل الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة الاضطراب لنموذج دالة التحويل لسلسلة أمطار وتصاريف سد الموصل مع التخلف

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (6): نموذج ARIMA لسلسلة الاضطراب

لسد دوكان وسد الموصل

ت	سلسلة الاضطراب N_t	نموذج ARIMA
1	نمـــوذج ســـد دوكـــان	$X_t = (1-\theta_1 B^1)a_t$
2	نمـــوذج ســـد الموصـــل	a_t

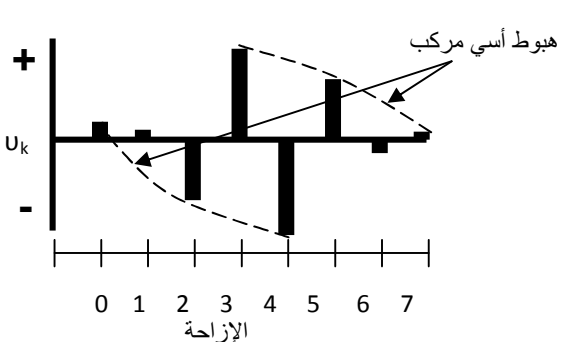
3.2 تقدير معاملات نموذج دالة التحويل النسبي: إن معاملات نموذج دالة التحويل الخطي(LTF) تتمثل بالمعاملات التي تظهر في معادلتي الانحدار الخطي التي يطلق عليها معاملات دالة الاستجابة المحفزة (Impulse Response Function Coefficients)، أما نموذج دالة التحويل في صيغته النسبية فيتم إيجاده بطريقة تقدير قيم المعاملات (b, r, h) وذلك بالاعتماد على العلاقة التي تربط بين أوزان دالة الاستجابة المحفزة مع الإزاحة، والشكلين(29) و (30) يوضحان ذلك [7].

يلاحظ من الشكلين السابقين أن (b = 0) وذلك بسبب عدم وجود قيمة لدالة الاستجابة المحفزة تساوي صفراً، وان (r = 2) حيث أن الشكلين يبينان وجود هبوط أسي مركب، أما بالنسبة إلى قيمة (h) فتم إيجادها بالاعتماد على قيمة (u) التي تمثل عدد القيم المعنوية التي تقع يسار أول هبوط والتي تساوي (3) لهذا فان (h=4) وذلك بالاعتماد على العلاقة الرياضية الآتية:

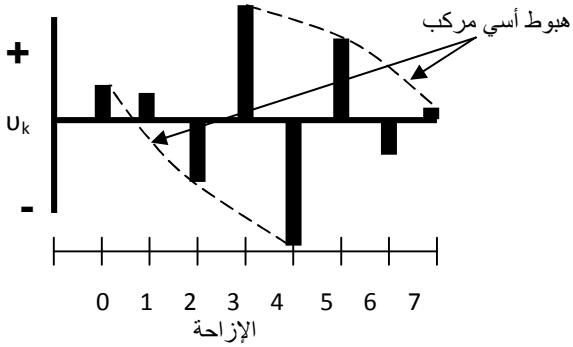
$$(h = u + r - 1) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(10)$$

وبذلك فان نموذج دالة التحويل في صيغته النسبية لكلا السدين هو من الرتبة (0,2,4).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (29): العلاقة بين أوزان دالة الاستجابة المحفزة والإزاحة لنموذج الجريان الداخل إلى سد دوكان



الشكل (30): العلاقه بين اوزان دالة

الاستجابة المحفزة والإزاحة لنموذج الجريان

إن نموذج الانحدار الحركي بصيغته العامة للسدين الذي يربط بين الأمطار الساقطة والجريان الداخل إلى السد هو:

$$Y_t = C + \frac{\omega_0 + \omega_1 B^1 + \omega_2 B^2 + \omega_3 B^3 + \omega_4 B^4}{1 - \delta_1 B^1 - \delta_2 B^2} X_t + N_t$$

.....(11)

وبالتعويض عن قيم معلمات نموذج دالة التحويل بالإضافة إلى معلمات نموذج (ARIMA) لسلسة الاضطراب(N_t) في نموذج الانحدار الحركي، فان نموذج الانحدار الحركي في صيغته النهائية والذي يربط بين الأمطار الساقطة والجريان الداخل إلى سد دوكان هو:

$$Y_t = 5.83 + \left[\frac{0.017 + 0.02B^2}{1 + 0.05B - 1.05B^2}\right] X_t + (1 - 0.2B)a_t$$

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

.....(12)

وأن نموذج الانحدار الحركي الذي يربط بين الأمطار الساقطة والجريان الداخل إلى سد الموصل يكون كالآتي:

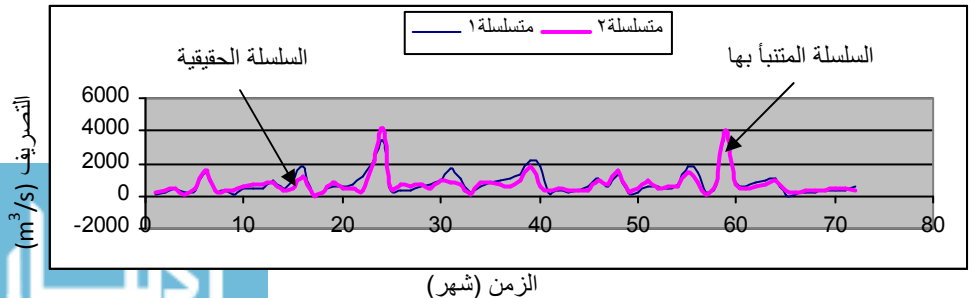
$$Y_t = 6.1 + \left[\frac{0.091 + 0.076B^2 + 0.015B^3 + 0.01B^4}{1 + 0.26B - 0.88B^2}\right] X_t + a_t$$

..... (13)

بالنسبة إلى نموذج الانحدار الحركي لسد دوكان ، يلاحظ أنه يشير إلى أن تأثر التصريف بالمطر لا يمتد على طول السنة المائية وإنما لفترتين سابقتين (شهرين سابقين) بالإضافة إلى الشهر الحالي.

أما بالنسبة إلى نموذج الانحدار الحركي لسد الموصل فيلاحظ أن النموذج يشير إلى أن تأثر التصريف بالمطر يمتد لأربعة اشهر بالإضافة إلى الشهر الحالي وتعليل ذلك هو ذوبان الثلوج في شمال العراق الذي بدوره يؤدي إلى زيادة التصريف في نهر دجلة وبالتالي زيادة في الجريان الداخل إلى سد الموصل.

4.2 التنبؤ Forecasting : تم استخدام النموذجين في المعادلة(13 و 12) للتنبؤ بالجريان الداخل إلى سد الموصل وسد دوكان لفترة سنتين بالاعتماد على البيانات التأريخية للأمطار والتصاريف وكما مبين في الشكلين (33 و 34) على التوالي، حيث بالامكان الاستفادة من البيانات المتنبأ بها بعد دمجها مع السلسلة الأصلية لغرض التنبؤ بفترات مستقبلية أطول، ويراعى تحويل البيانات المتنبأ بها بإدخالها في المعادلة (3) للحصول على سلسلة البيانات الحقيقية. ويشير الجدولان (8 و 9) إلى القيم الحقيقية والمتنبأ بها للجريان الداخل إلى سد الموصل ودوكان.



الشكل (33): السلسلة الزمنية الحقيقية والمتنبأ بها للجريان الداخل إلى سد الموصل

www.manaraa.com

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (8): القيم الحقيقية والمتنبأ بها للجريان الداخل إلى سد الموصل

Year	Month	Discharge (m^3/s)	Predicted discharge
1997	Oct	197.67	107.35
	Nov	625	676.63
	Dec	3869.24	4027.78
1998	Jan	806.98	758.22
	Feb	615.33	408.72
	Mar	817.96	564.89
	Apr	960.86	689.59
	May	1128.49	963.9
	Oct	125.87	371.55
	Nov	138.58	215.48
	Dec	205.4	306.98
1999	Jan	181.33	393.43
	Feb	309.93	371.55
	Mar	322	401
	Apr	394.33	424.6
	May	559.55	337.74

الجدول (9): القيم الحقيقية والمتنبأ بها للجريان الداخل إلى سد دوكان

Year	Month	Discharge (m^3/s)	Predicted discharge
1994	Oct	266.22	232.43
	Nov	129.24	174.91
	Dec	325.17	558.47
1995	Jan	372.91	294.43

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

	Feb	461.49	539.01
	Mar	372.91	273.75
	Apr	607.77	538.32
	May	392.03	154.22
	Oct	153.07	157.23
	Nov	79.91	100.06
	Dec	79.91	183.84
1996	Jan	133.3	299.24
	Feb	230.16	203.41
	Mar	368.29	463.24
	Apr	479.26	406.66
	May	211.26	237.91

www.manaraa.com

5.2 الاختبار الاحصائي: باستخدام دالة الارتباط المتقاطع بين القيم المتبقية من نموذج الانحدار الحركي والقيم المتبقية من نموذج (ARIMA) لسلسلة المدخلات، وباستخدام الاختبار الإحصائي (S^*) الذي يتبع توزيع (χ^2) بدرجة حرية (k+1-m) ومستوى ثقة (95%)، تم إيجاد قيمة (S^*) باستخدام المعادلة (14) ومقارنتها مع القيمة الجدولية لاختبار الإحصائي (χ^2)، كما مبين في الجدول (7).

$$S^* = n \sum_{k=0}^{K} r_k^2 \quad \text{.....(14)}$$

حيث أن:

n = القيمة الأصغر للمشاهدات المتوفرة للبواقي من نموذج الانحدار الحركي ونموذج ARIMA للمدخلات.

S^* =تتبع توزيع (χ^2) بصورة تقريبية بدرجة حرية (k + 1 – m) ومستوى ثقة(95 %).

m = عدد المعلمات المقدرة في دالة التحويل من نموذج الانحدار الحركي فقط.

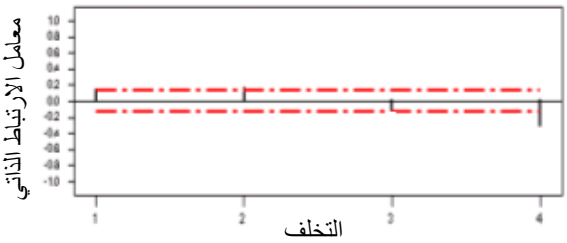
الجدول (7): قيم (S^*) مع الاختبار الإحصائي (χ^2) بدرجة حرية (k+1-m) لسد دوكان وسد الموصل

النموذج	قيمة (S^*)	قيمة (χ^2) الجدولية
نموذج سد دوكان	18.88	35.17 بدرجة حرية (22)
نموذج سد الموصل	7.65	26.29 بدرجة حرية (16)

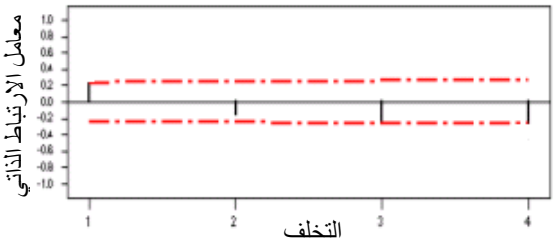
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

من خلال مقارنة قيم (S^*) مع قيم الاختبار الإحصائي (χ^2) المبينة في الجدول (7)، يلاحظ بان($S^* < \chi^2$) للنموذجين، وأن قيم معاملات الارتباط المتقاطع غير معنوية وذلك يدل على عدم وجود أي ارتباط بين القيم المتبقية من نموذج الانحدار الحركي والقيم المتبقية من نموذج ARIMA لسلسلة المدخلات (الأمطار)، وذلك يؤكد دقة ملاءمة النموذج للتنبؤ.

إضافة إلى ذلك استخدمت دالة الارتباط الذاتي للتأكد من عشوائية القيم المتبقية لنموذج الانحدار الحركي، كما مبين في الأشكال (31) و (32).



الشكل (31): معامل الارتباط الذاتي لسلسلة أخطاء نموذج الانحدار الحركي لسد دوكان مع التخلف



الشكل (32): معامل الارتباط الذاتي لسلسلة أخطاء نموذج الانحدار الحركي لسد الموصل مع التخلف

تبين من خلال رسم دالة الارتباط الذاتي لسلسلة أخطاء نموذج الانحدار الحركي بان سلسلة الأخطاء (القيم المتبقية) عشوائية، حيث أن قيم السلسلة غير معنوية وتقع داخل حدود الثقة، وذلك يؤكد أيضاً دقة ملاءمة النموذج للتنبؤ بالجريان [10].

3. مناقشة النتائج:

تبين من الدراسة بان هناك تذبذب في مقدار استجابة الجريان للأمطار حيث أن تأثير الأمطار على الجريان قد لا يظهر بشكل واضح في الأشهر الأولى من السنة المائية وهذا ما تم

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ملاحظته من المعادلتين (8,9) حيث إن المعاملات تأخذ بالزيادة التدريجية إلا أن تأثير الأمطار يكاد يكون قليل في الشهر الأخير من السنة المائية والسبب في ذلك يعود إلى مقدار سعة حوض التغذية وخواصه الفيزيائية من حيث الطبوغرافية ودرجة الميل والخصائص الميكانيكية للتربة والتي من أهمها مقدار النفاذية، حيث أن الأخير يعتبر عامل مهم في تحديد كمية المياه المتغلغلة داخل التربة وزمن وصولها إلى المجرى المائي إضافة إلى السيح السطحي الذي يؤثر بشكل مباشر على الجريان في النهر، وتبين من الدراسة أيضاً أن هناك عوامل أخرى تؤثر على مقدار استجابة الجريان للأمطار والتي منها درجة الحرارة والرطوبة النسبية والمياه الجوفية وذلك هو سبب وجود سلسلة الاضطراب (N_t) في نموذج الانحدار الحركي، حيث أن هذه السلسلة تمثل تلك العوامل التي تؤثر على الجريان. إن سلسلتي الأمطار والتصاريف لكلا النهرين لا تبينان وجود اتجاه عام واضح إلا أن تأثر السلسلة الزمنية بالموسمية يكاد يكون ظاهراً عليها.

أن عملية اختيار عدد أشهر السنة المؤثرة ثمانية كان تقريبياً، إذ أن الفائدة الرئيسة من نموذج الانحدار الحركي تكمن في تحديد أشهر السنة المؤثرة لكل سد وكان ذلك ظاهراً من النموذجين الناتجين (المعادلتين 12, 13) حيث يلاحظ أن نموذج الانحدار الحركي لسد دوكان يشير إلى أن تأثر التصريف بالمطر لا يمتد على طول السنة المائية وإنما لفترتين سابقتين (شهرين سابقين) بالإضافة إلى الشهر الحالي، أما بالنسبة إلى نموذج الانحدار الحركي لسد الموصل فيلاحظ أن النموذج يشير إلى أن تأثر التصريف بالمطر يمتد لأربعة أشهر بالإضافة إلى الشهر الحالي وتعليل ذلك هو ذوبان الثلوج في شمال العراق الذي بدوره يؤدي إلى زيادة التصريف في نهر دجلة وبالتالي زيادة في الجريان الداخل إلى سد الموصل.

كما أن نموذج ARIMA لسلسلة الاضطراب لسد دوكان الذي تم استنتاجه من دالة الارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة كان من الرتبة ((MA(1)) وذلك ينطبق مع ما ذكره كثير من الباحثين عن إمكانية استخدام هذا النموذج في تقدير سلسلة الاضطراب إذا ما كان هناك صعوبة في عملية التشخيص [9, 10, 11].

إن الاختبار الإحصائي المتبع في البحث أشارت له المصادر (7 و 10 و 11) في فحص النموذجين المشار لهما في المعادلة (12 و 13)، حيث ثبت نجاحهما في الفحص وبالتالي يمكن الاعتماد عليهما في تصميم المسيل المائي للسدود اعتماداً على أقصى تصريف للذروة (Maximum Peak Discharge).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

قائمة الرموز

الرمز	الدلالة	الرمز	الدلالة
a_t	الحد العشوائي في النموذج	X_{t-i}	الأمطار الساقطة في اشهر السنة المائية
b	الزمن الميت	Y_t	سلسلة المخرجات
B	عامل الإزاحة الخلفية	X_t	قيم السلسلة بعد تحويلها إلى التوزيع الطبيعي عند الزمن t
B^8	عامل الإزاحة الخلفية الموسمي	$\bar{X}$	معدل القيم المرصودة
d	رتبة عامل الفرق غير الموسمي	χ^2	مربع كاي
D	رتبة عامل الفرق الموسمي	σ	الانحراف المعياري للسلسلة الزمنية
h	رتبة البسط لنموذج دالة التحويل	λ	قيمة معامل Box-Cox
K	الإزاحة الزمنية (Lag)	Φ	معامل الانحدار الذاتي غير الموسمي
m	عدد المعلمات المقدرة في نموذج ARIMA	φ	معامل الانحدار الذاتي الموسمي
n	الحجم الجزئي للعينة	δ	مقدار الهبوط الاسي للأوزان
N	الحجم الكلي للعينة	ω	توزيع التخلف النسبي للازاحات
N_t	سلسلة الاضطراب	ω^h	توزيع الازاحات النسبي
p	رتبة معامل الانحدار الذاتي غير الموسمي	υ(B)	دالة الاستجابة المحفزة
P	رتبة معامل الانحدار الذاتي الموسمي	υ_k	أوزان الاستجابة المحفزة
q	رتبة معامل الوسط المتحرك غير الموسمي	δ_r	نسبة الهبوط الاسي لأوزان الاستجابة المحفزة
Q	رتبة معامل الوسط المتحرك الموسمي	Φ_{kk}	معامل الارتباط الذاتي الجزئي
r	رتبة المقام لنموذج دالة التحويل	Θ_8	معامل الوسط المتحرك الموسمي
r_a	معامل الارتباط المقطع	S^*	اختبار إحصائي يتبع توزيع χ^2
r_k	معامل الارتباط الذاتي	S(r)	قيمة الخطأ القياسي

((تعـــريف المختصـــرات))

Symbol	Definition
ARIMA	Auto Regressive Integrated Moving Average.
ACF	Auto Correlation Function.
AIC	Akaike Information Criteria.
CCF	Cross Correlation Function.
DR	Dynamic Regression.
LTF	Linear Transfer Function.
PACF	Partial Auto Correlation Function.
RACF	Residual Auto Correlation Function.
RCCF	Residual Cross Correlation Function
TF	Transfer Function.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

UBJ	Univariate Box-Jenkins.

www.manaraa.com

References:

1. Chow, V.T. “Hand Book of Hydrology” McGraw-Hill. 8-12, 8-45, 8-79. 1964

2. Richard H., "Effect of Length of Record on Estimates of Annual Precipitation in Nevada". J. of Hydraulic Engineering. 115 (4): 493 -506. 1989.

3. Bogner, K., Hingray, B. & Musy, A.. "Data-based mechanistic modeling of rainfall-runoff processes and its application in a complex hydrological context". 2002.

4. Pankratz A. "Forecasting with univariate Box – Jenkins models". John Wiley & Sons. Inc. New York. 1983.

5. Ledolter J. "A general class of stochastic models for hydrologic sequences". J. of Hydrol. . Vol. (36): 309-325. 1978.

6. Mandel, J. “The Statistical Analysis of Experimental Data” John Wiley & Sons, Inc.. 1964.

7. Pankratz A. "Forecasting with Dynamic Regression models". John Wiley & Sons. Inc. New York. 1991.

8. Khua, T., Keedwell, E. & Pollard, D. "An Evolutionary-based Real-time Updating Technique for an Operational Rainfall-Runoff Forecasting Model ".2003. http://www.iemss.org.

9. West, D. & Dellana, S., "Transfer Function Modeling of Processes With Dynamic Inputs", Journal of Quality Technology. 34 (3). 2002.

10. Novotny, V. & Zheng, Sh., "Rainfall-Runoff Transfer Function By ARMA Modeling". J. of Hydraulic Engineering, Vol. 115, 1989.

11. السبعاوي، الهام عبد الكريم حسين. "بناء نماذج التحويل للسلاسل الزمنية مع تطبيق". رسالة ماجستير، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل-**العراق**. 2004

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com