

تقييم أداء النماذج التصادفية المتعددة المتغيرات في توليد التصاريح الشهرية للأنهار الواقعة في شمال العراق

غادة يونس عبد الله العبيدي
مدرس مساعد / قسم هندسة الموارد المائية
جامعة الموصل / كلية الهندسة

د. خالد محمود خدر
أستاذ مساعد / قسم هندسة الموارد المائية
كلية الهندسة / جامعة دهوك

المستخلص

تمتد بيانات التصريف الشهرية المتوفرة لأغلب الأنهار الواقعة في شمال العراق لفترات محدودة ، تكاد تكون غير كافية لتصميم منظومات الموارد المائية وذلك لعدم احتواء هذه البيانات على قيم قصوى متطرفة وسلاسل حرجة وكذلك عينات نموذجية لسلاسل تصريف دنيا كافية لإعداد هذه التصاميم . استخدم أنموذجان تصادفيان يتمثلان بأنموذج " Thomas & Fiering " ثنائي المتغير وأنموذج Matalas المتعدد المواقع في توليد سلاسل تصادفيه للتصاريح الشهرية لنهري ديالى والزاب الأسفل لمحطتي مقدم سد دوكان وسد دربندخان على التوالي وذلك لفترة زمنية تتجاوز (100) سنة باعتماد قيم التصريف الشهرية المرصودة لكلا النهرين لفترة ست وثلاثين سنة مائية (1962-1997). بعد إجراء اختبار التوزيع الطبيعي باستخدام طريقة (Box-Cox) على البيانات الشهرية المرصودة لكلا النهرين ، تم تطبيق مجموعة من الاختبارات الإحصائية المتمثلة باختبار معدل مربع الخطأ (RMSE) واختبار معدل الخطأ المطلق (MAE) واختبار مربع كاي (χ^2) واختبار Δ (Kolmogorov-Smirnov) واختبار Z ، ومن ملاحظة نتائج هذه الاختبارات وكذلك مقارنة المعدلات الشهرية لقيم التصريف والانحراف المعياري للبيانات المرصودة والمولدة يتبين أن أداء أنموذج Matalas أفضل من أداء أنموذج " Thomas & Fiering " الثنائي المتغير وعليه يمكن اقتراح تعميم استخدام أنموذج " Matalas " المتعدد المواقع لتوليد التصاريح الشهرية لأي نهري شمال العراق . الكلمات الدالة : السلاسل الزمنية للتصاريح الشهرية ، النماذج التصادفية ، أنموذج Thomas & Fiering الثنائي المتغير ، أنموذج Matalas ، الاختبارات الإحصائية .

Evaluate the Performance of stochastic models in Generating Monthly Discharges for the Rivers in North of Iraq

Dr. Khalid Mahmood Khidir

Gada Younis Abdullah AL-ubaidy

Assist. Prof.

Assist. Lecture

Water resources Eng. Dep. / College of Engineering
Dohuk University

Water resources Eng. Dep./ College of Engineering
Mosul University

Abstract

The data of monthly discharge which are available for most of the rivers in the north of Iraq have a short recorded period ,which has a great influence in the design and planning of water resources systems , where this short recorded not contain a critical and extreme flows sample of the low flow sequences.

Two stochastic models , bivariate "Thomas & Fiering" model and multi-side "matalas" model were used for generating time series for(100) years for the lower Zab and Diyala river at upstream of Dokan Dam and Derbendekhan Dam using the available recorded data for the period (1962-1997) .

From application of different statistical tests (Kolmogorov-Smirnov), Chi-Square (X^2), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE, Z), found that "Matalas" model is more performance than the bivariate model, "Thomas & Fiering" generate time series for both rivers, so it can be concluded that the "Matalas" model can be proposed to be used for generating the flow series for the different rivers in the northern Iraq.

Key Words: Time Serious for monthly discharge, Stochastic Models , bivariate "Thomas & Fiering" model, "Matalas" model, Statistical Tests

1. المقدمة:

تعد الموارد المائية الدعامة الأساسية للنمو الاقتصادي لأي بلد لكونها تتحكم بتوزيع السكان ونشاطاتهم الاقتصادية ولاسيما الزراعية ، وهي من أهم مرتكزات الأمن الغذائي والوطني. نظراً لتفاقم مشكلات المياه وتزايد الطلب عليها الناتج عن النمو السكاني وتزايد متطلبات التنمية الاقتصادية، فضلاً عن التغيرات المناخية بالاتجاه السلبي، عليه فإن استغلال الموارد المائية وتنظيمها بشكل امثل وفق تخطيط مبرمج وعلى أسس علمية يعد أمراً مهماً من اجل تشغيل وتصميم مشاريع الموارد المائية .

نظراً لكون طول سلسلة البيانات المتوفرة لأنهار العراق لا توجد لفترات طويلة الأمد وقد تكون لفترات متقطعة لذا فإن هذه البيانات لا يمكن الاعتماد عليها لأغراض التصميم وتشغيل مشاريع الموارد المائية لذا يلجأ غالبية المصممين الى اعتماد سلاسل زمنية تركيبية مولدة للتصريف تمتد لفترات طويلة يمكن من خلالها التحكم في حجم الخزان أو المنشأ المقرر إنشاؤه ، أو في تقدير كمية المياه المستخدمة لأغراض الري أو لتوليد الطاقة الكهربائية من خلال إمكانية الحصول على سلاسل متعددة من التصاريح الدنيا (low flow) من عملية التوليد ، إذ إن اعتماد سلاسل حرجة عدة من هذه التصاريح الدنيا سيكون بمثابة العامل الذي يقرر حجم الخزان المقرر إنشاؤه لتنظيم التصريف أو كمية المياه التي يمكن سحبها بشكل مستمر من النهر وغيرها من الأمور [1].

إن تقنية توليد سلاسل زمنية تصادفية ليست جديدة إذ تعود الى بدايات القرن العشرين عندما قام عام 1914 (Hazen) بتركيب وتصنيع سلاسل تصريف لـ 300 سنة وذلك بربط سجلات رصد لـ 14 سنة في سجل واحد ، ثم أعقبها محاولات عدة اخذ فيها بنظر الاعتبار اعتماد الأعداد العشوائية في توليد التصاريح ، إذ استخدم الباحث (Barnes) في سنة 1954 الأعداد العشوائية في توليد التصاريح لأول مرة . إن نقطة الضعف في هذه المحاولات تكمن في إهمالها العلاقة التتابعية (Serial Correlation) بين قيم التصاريح ، وتطورت بعدها هذه المحاولات ، إذ تمكن الباحثان " Thomas & Fiering " من وضع أنموذج إحصائي لتوليد التصاريح الشهرية تغلبا فيه على نقاط الضعف الواردة في النماذج السابقة [2] ، إذ وضع الباحثان [3] أنموذجاً لتوليد سلاسل هيدرولوجية تركيبية لبيانات التصريف الخاصة بنهرين في شمال غرب ولاية واشنطن في الولايات المتحدة الأمريكية ، ثم قاما باستخدام أنموذجهما مع البيانات الشهرية والسنوية للتصريف لهذين النهرين ، وتوليد سلسلة للتصاريح الشهرية والسنوية مع الحفاظ على التوزيع اللوغارتمي الطبيعي للتصاريح الشهرية والسنوية على التوالي ووجدوا أن هذا الأنموذج يقدم تمثيلاً واقعياً للجريان في كلا النهرين ، وهكذا استمر ظهور النماذج التصادفية لتوليد التصاريح الشهرية واليومية والسنوية [4] . استخدم [5] في العراق أنموذج ثنائي المتغير لتوليد التصاريح الشهرية المفقودة لنهر راوندوز باعتماد بيانات التصريف الشهرية المتوفرة لنهر بلكيان القريب منه لإيجاد التصاريح المفقودة لبعض السنوات المائية ، كما اعتمد [6] أنموذج " Matalas " متعدد المواقع لتوليد البيانات المطرية اليومية لمجموعة من المحطات المطرية في منطقة الجزيرة ، واعتمدت [7] أنموذجي " Matalas " و " ARIMA " في توليد السلاسل الزمنية للبيانات المتوفرة لنهري دجلة والخابور واختبار كفاءة أداء النموذجين (Matalas , ARIMA) باستخدام عدد من الاختبارات الإحصائية لسلسلة معدلات التصاريح الشهرية لمحطة زاخو و توسان على التوالي .

2. النماذج التصادفية المستخدمة في الدراسة :

في هذه الدراسة اعتمد أنموذجين تصادفيين لتوليد التصاريح الشهرية لنهري الزاب الأسفل وديالى مقدم سد دوكان و مقدم سد دربندخان على التوالي ، وفي أدناه إيجاز لكلا النموذجين :

1.2 أنموذج " Thomas & Fiering " الثنائي المتغير :

قدم الباحثان " Thomas & Fiering " أنموذجاً إحصائياً يعرف حالياً بأنموذج **Bivariate model** " Thomas & Fiering " وهذا الأنموذج يتميز بمرورته في الاستعمال بحيث يمكن أن يستعمل لكل من التصريف الموسمي أو الشهري أو الأسبوعي فضلاً عن التصريف اليومي وكما يتضمن ارتباطاً بين قيم التصريف المتتالية لضمان التوافق والانسجام مع البيانات المرصودة ، ولتفصيل طريقة " Thomas & Fiering " الثنائي المتغير [8] .

اذ يمكن التعبير عن قيم التصاريح الشهرية المرصودة للنهر الأول X_{l-n} من السنين بـ $(Y^{(1)}_1, Y^{(1)}_2, Y^{(1)}_3, \dots, Y^{(1)}_n)$ وهكذا بالنسبة للنهر الثاني والثالث ويمكن تمثيل قيم معدلات التصاريح الشهرية المرصودة للنهر الأول بـ $(\bar{Y}^{(1)}_{Oct}, \bar{Y}^{(1)}_{Nov}, \bar{Y}^{(1)}_{Dec}, \dots, \bar{Y}^{(1)}_{Sep})$ وللنهر الثاني والثالث وبقيّة الشهور $(S^{(1)}_{Oct}, S^{(1)}_{Nov}, S^{(1)}_{Dec}, \dots, S^{(1)}_{Sep})$.

لكون التصاريح الشهرية لأي نهر غير ثابتة على مدار السنة وتختلف من سنة لأخرى ولتلافي أو تقليل عدم الثبات في التصاريح الشهرية اعتمدت التصاريح الشهرية القياسية (Standardized monthly flow) عليه يمكن التعبير عن

المتغيرات القياسية للبيانات الشهرية للمحطة الأولى $(Y_1^{(1)}, Y_2^{(1)}, \dots, Y_t^{(1)}, \dots, Y_n^{(1)})$ وهكذا بالنسبة للمحط الثانية [3]:

ويمكن إيجاد هذه المتغيرات القياسية للنهر الأول X والنهر الثاني Z على التوالي باستخدام الصيغتين الآتيتين :

$$Y_1^{(1)} = \frac{X_{Oct}^{(1)} - \bar{X}_{Oct}^{(1)}}{S_{Oct}^{(1)}} \dots\dots\dots(1)$$

$$Y_1^{(2)} = \frac{X_{Oct}^{(2)} - \bar{X}_{Oct}^{(2)}}{S_{Oct}^{(2)}} \dots\dots\dots(2)$$

حيث أن :

$Y_1^{(1)}$: قيم التصريف القياسية للشهر الأول من السنة المائية

$X_{Oct}^{(1)}$: قيم التصريف المرصودة للشهر الأول من السنة المائية

$\bar{X}_{Oct}^{(1)}$: معدل التصريف الشهري للشهر الأول من السنة المائية

$S_{Oct}^{(1)}$: الانحراف المعياري للشهر الأول في السنة المائية

وهكذا بالنسبة لبقية قيم التصارييف الشهرية لـ N من السنوات ولكلا النهرين . على ضوء ما جاء في أعلاه تكون صيغة أنموذج " Thomas & Fiering " الثنائي المتغير بالشكل الآتي :

$$Y_t^{(1)} = b_{11}Y_{t-1}^{(1)} + b_{12}Y_{t-1}^{(2)} + \gamma_t^{(1)} \dots\dots\dots(3)$$

$$Y_t^{(2)} = b_{21}Y_{t-1}^{(1)} + b_{22}Y_{t-1}^{(2)} + \gamma_t^{(2)} \dots\dots\dots(4)$$

إذ تمثل:

$Y_t^{(1)}$: التصريف الشهري للنهر الأول في الشهر الأول (تشرين الأول)

$Y_t^{(2)}$: التصريف الشهري للنهر الثاني في الشهر الأول (تشرين الأول)

b_{11} و b_{12} و b_{21} و b_{22} : معاملات أو وسائط قيم التصارييف الشهرية

(t) و ($t-1$): شهري تشرين الأول وتشرين الثاني وهكذا على التوالي .

$\gamma_t^{(1)}$ و $\gamma_t^{(2)}$: التغاير أو التباين (Variance) للنهرين الأول والثاني على التوالي .

ويمكن وضع الصيغة أعلاه بشكل مصفوفة كما يلي:

$$\begin{bmatrix} Y_t^{(1)} \\ Y_t^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} Y_{t-1}^{(1)} \\ Y_{t-1}^{(2)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_t^{(1)} \\ \gamma_t^{(2)} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(5)$$

لتوليد التصارييف الشهرية باستعمال هذا الأنموذج يكون باستخدام الخطوات الآتية :

أولاً:- من سلسلتي التصارييف الشهرية المرصودة (على فرض أن عدد السنوات المائية = N) تؤخذ قيمتا شهري تشرين الأول وتشرين الثاني ويمكن ترتيبها في جدول كما موضح في أدناه:

تشرين الثاني		تشرين الأول		السنة المائية
قيم التصريف للنهر الثاني	قيم التصريف للنهر الأول	قيم التصريف للنهر الثاني	قيم التصريف للنهر الأول	
$Y_2^{(2)}$	$Y_2^{(1)}$	$Y_1^{(2)}$	$Y_1^{(1)}$	1
$Y_{14}^{(2)}$	$Y_{14}^{(1)}$	$Y_{13}^{(2)}$	$Y_{13}^{(1)}$	2
$Y_{26}^{(2)}$	$Y_{26}^{(1)}$	$Y_{25}^{(2)}$	$Y_{25}^{(1)}$	3
$Y_{38}^{(2)}$	$Y_{38}^{(1)}$	$Y_{37}^{(2)}$	$Y_{37}^{(1)}$	4
.
.

ثانياً :- تحسب الكميات كما في المعادلات الآتية:

$$\sum_{11} (1,1) = (Y_1^{(1)} * Y_1^{(1)}) + (Y_{13}^{(1)} * Y_{13}^{(1)}) + \dots \dots \dots / N \quad \dots \dots \dots (6)$$

إذ أن :

$\sum_{11} (1,1)$: مجموع كميات التصريف للنهر الأول للشهر الأول من السنة المائية الأولى ثم الثانية والثالثة وهكذا.

$$\sum_{11} (2,2) = (Y_1^{(2)} * Y_1^{(2)}) + (Y_{13}^{(2)} * Y_{13}^{(2)}) + \dots \dots \dots / N \quad \dots \dots \dots (7)$$

$$\sum_{11} (1,2) = (Y_1^{(1)} * Y_1^{(2)}) + (Y_{13}^{(1)} * Y_{13}^{(2)}) + \dots \dots \dots / N \quad \dots \dots \dots (8)$$

$$\sum_{11} (2,1) = \sum_{11} (1,2) \quad \dots \dots \dots (9)$$

$$\sum_{11} = \left[\begin{array}{l} \sum_{11} (1,1) \sum_{11} (1,2) \\ \sum_{11} (2,1) \sum_{11} (2,2) \end{array} \right] \quad \dots \dots \dots (10)$$

وترتب الكميات في مصفوفة كما في الشكل الآتي:

ثالثاً :- ثم تحسب الكميات للشهر الثاني وللتشرين الأول والثاني [8] :

$$\sum_{22} (1,1) = (Y_2^{(1)} * Y_2^{(1)}) + (Y_{14}^{(1)} * Y_{14}^{(1)}) + \dots \dots \dots / N \quad \dots \dots \dots (11)$$

إذ أن :

$\sum_{22} (1,1)$: مجموع كميات التصريف

للنهر الثاني للشهر الأول من السنة المائية الأولى ثم الثانية والثالثة وهكذا
ثم ترتب في مصفوفة وكما في الشكل الآتي :

$$\sum_{22} = \left[\begin{array}{l} \sum_{22} (1,1) \sum_{22} (1,2) \\ \sum_{22} (2,1) \sum_{22} (2,2) \end{array} \right] \quad \dots \dots \dots (12)$$

وهكذا بالنسبة لبقية الكميات لتصريف للنهر الثاني للشهر الأول والثاني والثالث الى آخر شهر في السنة

رابعاً:- ثم تحسب الكميات الباقية وتوضع في مصفوفة [8] وكما يأتي:

$$\sum_{21} = \begin{bmatrix} \sum_{21} (1,1) \sum_{21} (1,2) \\ \sum_{21} (2,1) \sum_{21} (2,2) \end{bmatrix} \dots\dots\dots (13)$$

خامساً:- يتم إيجاد قيم المعاملات أو الوسائط ($b_{22}, b_{21}, b_{12}, b_{11}$) فتمثل (regression coefficients) والتي يمكن إيجادها من المعادلات الآتية (14 و 15 و 16 و 17 و 18 و 19):

$$\begin{bmatrix} b_{11} b_{12} \\ b_{21} b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{21} (1,1) \sum_{21} (1,2) \\ \sum_{21} (2,1) \sum_{21} (2,2) \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \sum_{11} (2,2) - \sum_{11} (1,2) \\ \sum_{11} (2,1) - \sum_{11} (1,1) \end{bmatrix} / \Delta \dots\dots\dots (14)$$

إذ أن: $\Delta = \sum_{11} (2,2) \sum_{11} (1,1) - \sum_{11} (2,1) \sum_{11} (1,2)$ $\dots\dots\dots (15)$

وتحسب قيم هذه المعالم أو الوسائط باستخدام العلاقات الآتية:

$$b_{11} = \frac{\sum_{21} (1,1) * \sum_{11} (2,2) - \sum_{21} (1,2) * \sum_{11} (1,2)}{\Delta} \dots\dots\dots (16)$$

$$b_{12} = \frac{\sum_{11} (1,1) * \sum_{21} (1,2) - \sum_{21} (1,1) * \sum_{11} (1,2)}{\Delta} \dots\dots\dots (17)$$

$$b_{21} = \frac{\sum_{21} (2,1) * \sum_{11} (2,2) - \sum_{21} (2,2) * \sum_{11} (2,1)}{\Delta} \dots\dots\dots (18)$$

$$b_{22} = \frac{\sum_{11} (1,1) * \sum_{21} (2,2) - \sum_{21} (2,1) * \sum_{11} (1,2)}{\Delta} \dots\dots\dots (19)$$

سادساً:- يتم إيجاد قيم التباين: $Var \gamma_t^{(1)}$ و $Var \gamma_t^{(2)}$ وكذلك التغاير: $cov. (\gamma_t^{(1)}, \gamma_t^{(2)})$ باستعمال العلاقات الآتية:
للنهر الأول

$$Var \gamma_t^{(1)} = \sum_{22} (1,1) - b_{11} \sum_{22} (1,1) - b_{12} \sum_{21} (1,2) \dots\dots\dots (20)$$

النهر الثاني

$$Var \gamma_t^{(2)} = \sum_{22} (2,2) - b_{21} \sum_{21} (2,1) - b_{22} \sum_{21} (2,2) \dots\dots\dots (21)$$

$$cov(\gamma_t^{(1)}, \gamma_t^{(2)}) = \sum_{22} (1,2) - b_{11} \sum_{21} (2,1) - b_{12} \sum_{21} (2,1) \dots\dots\dots (22)$$

سابعاً:- تعاد الخطوات الواردة في أعلاه لشهري (تشرين الثاني) و (كانون الأول) ثم لشهري (كانون الأول) و (كانون الثاني) وهكذا لبقية الشهور .

ثامناً:- لتوليد السلاسل التركيبية (Synthetic Sequence) للتصارييف الشهرية لأي فترة مطلوبة كأن تكون (GN) فنكون باختيار قيم للبدء بالسلسلة وتستخدم قيم المعدل $\bar{Y}_{Oct}^{(1)}, \bar{Y}_{Oct}^{(2)}$ بالنسبة لشهر تشرين الأول المتمثل ببداية السنة المائية وبذلك تكون قيمة $Y_{(1)} = 0$ وللنهر الثاني $Y_{(2)} = 0$ ، لتوليد قيمتا $Y_2^{(1)}$ و $Y_2^{(2)}$ وعليه يتطلب الأمر توليد قيمتي التباين للنهر الأول $\gamma_2^{(1)}$ وللنهر الثاني $\gamma_2^{(2)}$ والتغاير باستعمال توزيع طبيعي ثنائي المتغير والذي يتم إيجادها من العلاقات (20) و(21) و(22) وكذلك يتطلب الأمر توليد عددين عشوائيين طبيعيين هما V_1, V_2 وبعدها يتم تحويل هذين العددين العشوائيين للحصول على $\gamma_2^{(1)}$ و $\gamma_2^{(2)}$ وباستخدام العلاقات الآتية:

$$\gamma_2^{(1)} = V_1 \cdot \sqrt{\text{var } \gamma_t^{(1)}} \dots\dots\dots (23)$$

$$\hat{\gamma}_2^{(2)} = V_1 \cdot \left[\text{cov} \left(\hat{\gamma}_t^{(1)}, \hat{\gamma}_t^{(2)} \right) / \sqrt{\left(\text{var } \hat{\gamma}_t^{(1)} \right)} \right] \cdot V_2 \cdot \sqrt{\left[\text{var } \hat{\gamma}_t^{(2)} - \text{cov}^2 \left(\hat{\gamma}_t^{(1)}, \hat{\gamma}_t^{(2)} \right) / \text{var } \hat{\gamma}_t^{(1)} \right]} \dots\dots(24)$$

و يمكن الحصول على السلسلة المولدة لكلا النهريين من المعادلتين الآتيتين:

$$Y_3^{(1)} = (b_{11} * Y_2^{(1)}) + (b_{12} * Y_2^{(2)}) \quad \text{-----} \quad (25)$$

$$Y_3^{(2)} = (b_{21} * Y_2^{(1)}) + (b_{22} * Y_2^{(2)}) \quad \dots\dots\dots(26)$$

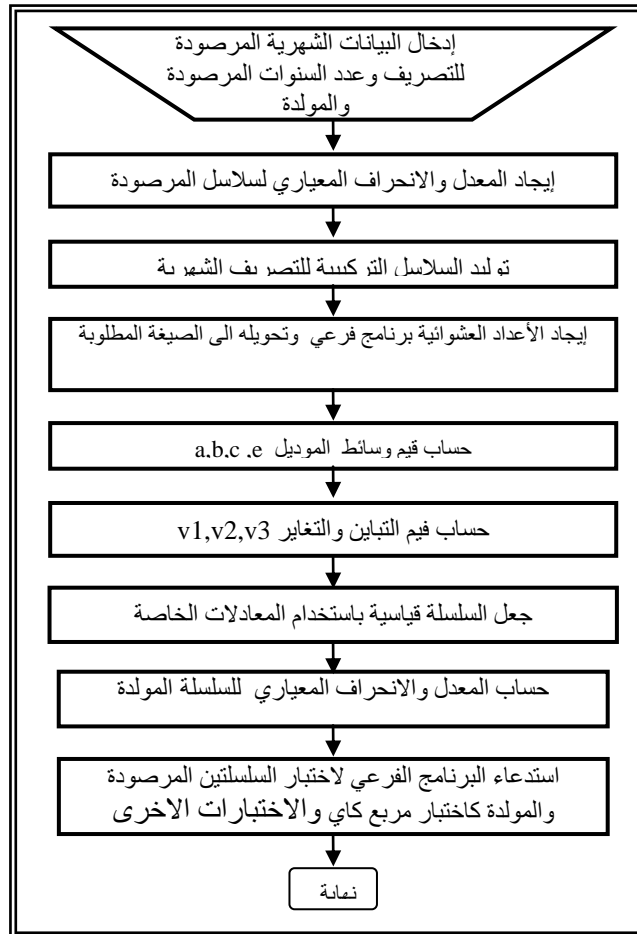
وهكذا بالنسبة لبقية السلاسل

وأخيراً يتم تحويل قيمتا $Y_t^{(1)}$ و $Y_t^{(2)}$ القياسية للحصول على قيم التصريف المولدة لشهري تشرين الأول للنهريين الأول والثاني باستعمال العلاقتين الآتيتين:

$$Y_{Oct}^{(1)} = Y_1^{(1)} * S_{Oct}^{(1)} + \bar{Y}_{Oct}^{(1)} \quad \dots\dots\dots(27)$$

$$Y_{Oct}^{(2)} = Y_1^{(2)} * S_{Oct}^{(2)} + \bar{Y}_{Oct}^{(2)} \quad \dots\dots\dots (28)$$

وهكذا تعاد الخطوات أعلاه لبقية الشهور والشكل (1) المخطط الانسيابي لمرحل بناء أنموذج "Thomas& Fiering" الثنائي المتغير .



الشكل (1): المخطط الانسيابي لمرحل تطبيق أنموذج "Thomas& Fiering" الثنائي المتغير

2.2 أنموذج Matalas المتعدد المواقع Multisite Model :

يتطلب التخطيط الأمثل لتشغيل وتصميم وتحديد مواقع مجموعة من الخزانات توليد سلاسل تصريف تركيبية متزامنة لمواقع عدة ضمن المنطقة المعنية ، إن أنموذج متعدد المواقع الأكثر استخداما هو أنموذج (1) Auto-Regressive من الدرجة الأولى لتوليد سلاسل التصريف ، إذ يفترض هذا الأنموذج أن سلاسل التصريف المرصودة في أي موقع تخضع للتحويل إلى سلاسل ذات توزيع منتظم مع إزالة مركبة القفز الناتجة عن تغير مفاجئ في السلسلة ينتج عن تدخل الإنسان أو إقامة المنشآت أو وقوع الهزات الأرضية وكذلك إزالة مركبة الاتجاه العام الناتجة عن التغيرات التي تحدث في السلسلة مع الزمن بسبب المناخ أو نقصان الأمطار وغيرها [12].

يمكن تلخيص خطوات بناء أنموذج "Matalas" على النحو الآتي :

أ- تحول السلاسل الزمنية المعنية الى التوزيع الطبيعي من خلال استخدام تحويلة بوكس- كوكس الخاصة بتحويل السلاسل الزمنية إلى التوزيع الطبيعي .

ب- التحقق من استقرارية (Stationary) السلاسل الزمنية من حيث المعدل (mean) والتباين (variance) إذ تكون السلسلة مستقرة من الدرجة الأولى إذا كانت السلسلة مستقرة بالمعدل مع الزمن .

ج- التحقق من تجانس السلاسل الزمنية باستخدام اختباري مركبتي القفز ومركبة الاتجاه العام .

د- جعل السلسلة الزمنية قياسية Standardizing وذلك باستخدام المعادلة الخاصة لذلك .

د- بعد تحقيق الخطوات أعلاه يمكن استخدام أنموذج "Matalas" لأي عدد من محطات توليد سلاسل تركيبية .

إن صيغة (1) AR في نموذج "Matalas" المتعدد المتغيرات تكون بالشكل الآتي :

$$X_t = A X_{t-1} + B \zeta_t \quad \dots\dots\dots(29)$$

X_t, X_{t-1} : تمثل المتجهات العمودية البعدية (dimensioned column vectors) التي تمثل قيم

التصريف القياسي العائدة لعدد من المواقع في الفترات للمتغيرات $t, t-1$. لمستقلة في زمن وغير المرتبطة

تتابعي (mutually) وتبادليا (serially)

ζ_t : المتجه العمودي (column vector)

$$X_t = \begin{bmatrix} X(1,t) \\ X(2,t) \\ \vdots \\ X(i,t) \\ \vdots \\ X(gn,t) \end{bmatrix}, X_{t-1} = \begin{bmatrix} X(1,t-1) \\ X(2,t-1) \\ \vdots \\ X(i,t-1) \\ \vdots \\ X(gn,t-1) \end{bmatrix}, \zeta_t = \begin{bmatrix} \xi(1,t) \\ \xi(2,t) \\ \vdots \\ \xi(i,t) \\ \vdots \\ \xi(gn,t) \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(30)$$

كما تمثل (A) و (B) في العلاقة (29) معاملي المصفوفات التي يمكن ايجادها من المعادلتين الاتيين [9]:

$$A = M_1 M_0^{-1} \quad \dots\dots\dots(31)$$

$$B B^T = M_0 - A M_1^T \quad \dots\dots\dots(32)$$

M_0 : Lag-zero cross- correlation matrix

M_1 : Lag-one cross correlation matrix

M_0^{-1} : Inverse matrix of M_0

M_1^T : Transposed matrix of M_1

يمكن إيجاد المصفوفة (A) باستخدام المعادلة (31)، بينما يمكن حساب المصفوفة (B) من المصفوفة (BB^T) المعادلة (32) على افتراض أن المصفوفة الثلاثية هي [7]:

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & 0 & \dots & 0 \\ b_{21} & b_{22} & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \dots & 0 \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix} \quad \dots \dots \dots (33)$$

تم افتراض المصفوفة (BB^T) مساوية الى المصفوفة (C)

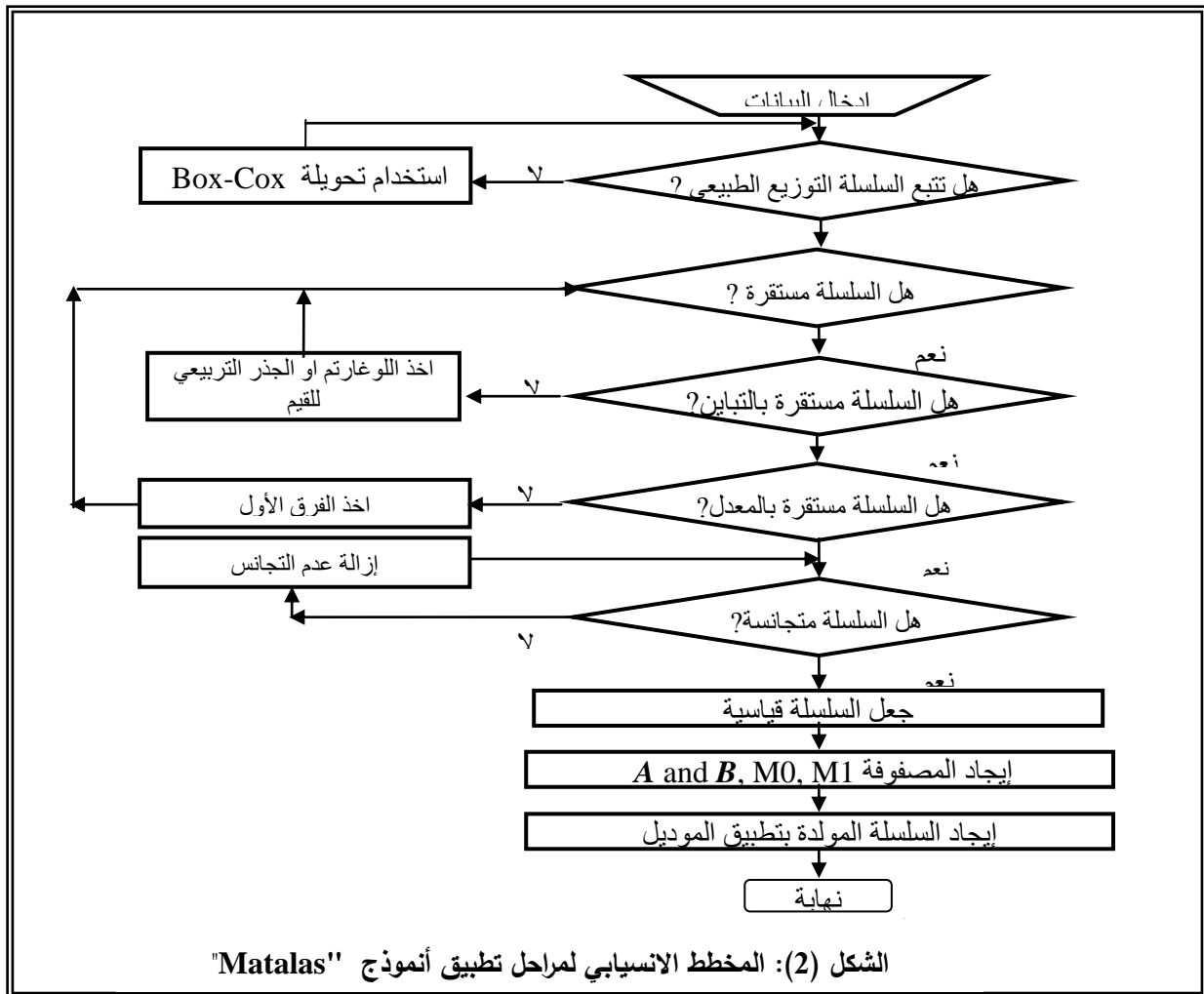
إذ أن: $C(I,J)=C(J,I)$ وذلك لعدد من المحطات ليكن = 2

$$BB^T = \begin{bmatrix} b_{11} & 0 \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{21} \\ 0 & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11}^2 & b_{11}b_{21} \\ b_{21}b_{11} & b_{21}^2 + b_{22}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix} \quad \dots (34)$$

يمكن حساب عناصر المصفوفة B بالشكل الآتي [9]:

$$b_{11} = (c_{11})^{1/2}, \quad b_{21} = c_{21}/b_{11}, \quad b_{22} = (c_{22} - b_{21}^2)^{1/2} \quad \dots \dots \dots (35)$$

بعد إيجاد المصفوفات (A, B, M₀ and M₁) matrices يمكن تطبيق أنموذج "Matalas" المتعدد المواقع لتوليد التصاريح الشهرية للمحطات المعنية لأي فترة مطلوبة، والشكل (2) يمثل المخطط الانسيابي لمرحل تطبيق أنموذج "Matalas".



3. الأعداد العشوائية:

تعد الأعداد العشوائية جزءاً أساسياً في عملية توليد البيانات بحيث يتوجب ان يكون في أي نموذج تصادفي مصدر للأعداد العشوائية يمثل العملية العشوائية في الطبيعة ويوجد في الحاسبات الحالية دالة فرعية لتوليد الأعداد العشوائية ذات التوزيع المنتظم (نو معدل = 0 وتباين = 1). في هذه الدراسة استخدمت لتوليد الأعداد العشوائية ذات توزيع طبيعي ذي معدل = 0 وتباين = 1 طريقة بولار التي يتم فيها حساب قيمة T_1 و T_2 للنهر الأول والثاني من قيمنا U_1 و U_2 الأعداد العشوائية ذات التوزيع المنتظم اللذان يتم استدعاؤهما باستخدام برنامج فرعي من خلال اعتماد العلاقتين الآتيتين [5]:

$$T_1 = 2U_1 - 1 \quad \dots\dots\dots (36)$$

$$T_2 = 2U_2 - 1 \quad \dots\dots\dots (37)$$

من ثم يتم إيجاد قيمة S من المعادلة الآتية:

$$S = T_1^2 + T_2^2 \quad \dots\dots\dots (38)$$

تهمل قيمة S إذا كانت أكبر من الواحد أو تساويه لئتم الرجوع بعدها الى الخطوة الأولى أما إذا كانت قيمة S أقل من الواحد فان:

$$K = \sqrt{-2 * \log_e S / S} \quad \dots\dots\dots (39)$$

ومن ثم يتم إيجاد العددين الطبيعيين القياسيين V_1, V_2 من العلاقتين الآتيتين :

$$V_1 = K * T_1 \quad \dots\dots\dots (40)$$

$$V_2 = K * T_2 \quad \dots\dots\dots (41)$$

4. الاختبارات الإحصائية :

يمكن استخدام مجموعة من الاختبارات الإحصائية لتقييم أداء كل من نموذج "Thomas & Fiering" الثنائي المتغير وأنموذج "Matalas" المتعدد المتغيرات في توليد سلاسل التصريف الشهرية من خلال مقارنة هذه السلاسل المولدة مع مثيلاتها المرصودة والاختبارات الإحصائية المعتمدة في البحث هي :

أ. اختبار معدل مربع الخطأ: (Root Mean Square Error (RMSE)
يتمثل هذا الاختبار بالشكل الآتي [11] :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_{ri} - Q_{gi})^2}{N}} \quad \dots\dots\dots (42)$$

حيث أن :

Q_{ri} = قيمة التصريف المرصودة (م3/ثا)

Q_{gi} = قيمة التصريف المولدة (م3/ثا)

ب. معدل الخطأ المطلق: (Mean Absolute Error (MAE)

يتمثل هذا الاختبار بالشكل الآتي [6] :

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |Q_{ri} - Q_{gi}|}{N} \quad \dots\dots\dots (43)$$

إن الأنموذج الأفضل بحسب الاختبارين أعلاه يكون باختيار حالة تطبيق النموذج الذي تكون فيه قيمة الاختبار له أدنى من مثيلتها للأنموذج الثاني .

ج. اختبار مربع كاي: (χ^2) Chi square test
إن المعادلة العامة لاختبار مربع كاي تكون بالشكل الآتي [13]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n (B_i - C_i)^2 / C_i \quad \dots\dots\dots(44)$$

إذ أن :
 χ^2 : قيمة مربع كاي

إن اجتياز اختبار مربع كاي يقتضي إن تكون القيمة الجدولية (x_0^2) لمربع كاي المعطاة عند مستوى دلالة (α) أكبر من قيمة مربع كاي المحسوبة لحالة تطبيق النموذج المعني والمحسوبة من المعادلة (51) أعلاه لكي يكون أداء النموذج مقبولاً أي أن ($x_0^2 > x^2$) وبعبارة أخرى يكون الاختبار مرفوضاً، وإن النموذج الأفضل هو الذي تكون قيمة x^2 له والمجتازة للاختبار هي أقل من مثيلتها للنموذج الثاني .

د. اختبار Kolmogorov - Simirnov Test (Δ_c)

إن المعادلة العامة لهذا الاختبار هي [6]:

$$\Delta_c = \max \left| \frac{B_i - C_i}{N} \right| \quad \dots\dots\dots(45)$$

إذ أن :-

Δ_c : تمثل قيمة الاختبار للسلسلة

B_i : عدد القيم المرصودة ضمن مديات التصنيف المحددة للبيانات

C_i : عدد القيم المولدة من مديات التصنيف المحددة للبيانات

N : عدد فترات التصنيف

إذا كانت قيمة (Δ_c) المحسوبة لحالة تطبيق النموذج المعني أقل من القيمة الجدولية (Δ_0) عند مستوى

دلالة (α) فحالة تطبيق النموذج تكون مقبولة ، وإن النموذج الأفضل هو الذي تكون فيه (Δ_c) له والمجتازة

للاختبار هي أقل من مثيلتها للنموذج الثاني .

هـ. اختبار Z :

يعرف هذا الاختبار بالتوزيع الطبيعي القياسي وهو توزيع طبيعي له معدل 0 وانحراف معياري 1 ويعبر عنه بالعلاقة الآتية [5]:

$$Z = \sum_{j=1}^{NM} \frac{\bar{Q}_{gi} - \bar{Q}_{ri}}{S_g} \quad \dots\dots\dots(46)$$

إذ أن Z = قيمة الاختبار

\bar{Q}_{gi} = معدل التصريف للشهر j للسلسلة المولدة .

\bar{Q}_{ri} = معدل التصريف للشهر j للسلسلة المولدة .

S_g = الانحراف المعياري لمعدل السلسلة المولدة .

NM = عدد أشهر السنة المائتية (12 شهر)

إذا كانت القيمة المطلقة لـ Z المحسوبة من المعادلة (46) أقل من قيمة Z الجدولية المساوية لـ (± 1.96) عند مستوى دلالة 5% ، فذلك يعد مؤشراً على اجتياز الاختبار وبالتالي حفاظ القيم المولدة على الخواص الإحصائية للسلاسل المرصودة

5. تطبيق النماذج المعتمدة على نهري الزاب الأسفل وديالى :-

بغية دراسة إمكانية تطبيق النموذجين المعتمدين على الأنهار الواقعة في شمال العراق اختيرت بيانات التصريف الشهرية للسنوات المائتية المرصودة للفترة (1962-1997) لكل من محطتي قياس التصريف الواقعتين على نهري الزاب الأسفل عند مقدم سد دوكان ونهر ديالى عند مقدم سد دريندخان .

تم تطبيق برنامج (MINITAB ver.13.2) لمعرفة مدى إتباع السلاسل الشهرية المختارة للتوزيع الطبيعي لكلا المحطتين ، وذلك بإدخال قيم السلسلة الزمنية المعنية في البرنامج كبيانات إدخال ويقوم البرنامج بتكوين سلسلة افتراضية

تمثل التوزيع الطبيعي وترسم مع الاحتمالية على ورق الاحتمالية ، ثم يستدعى اختبار (K-S) من قائمة الأوامر وبعدها يقوم البرنامج برسم قيم السلسلة الزمنية مع الاحتمالية على نفس ورق الاحتمالية المرسوم للسلسلة الافتراضية المتمثلة بخط مستقيم مائل يمثل التوزيع الطبيعي ، فإذا كانت قيم التوزيع الاحتمالي للسلسلة الأصلية منطبقة على الخط المستقيم فان السلسلة تتبع التوزيع الطبيعي و عليه يمكن تطبيق أنموذج Matalas على البيانات المعنية لكلا المحطتين لتوليد التصارييف الشهرية للفترة المطلوبة [7] .

يبين الشكلين (1 و 2) أن السلاسل الزمنية الخاصة بمعدل التصارييف الشهرية لجميع السلسلة لكلا المحطتين مقدم سد دوكان ومقدم سد دربندخان لا تتبع التوزيع الطبيعي الذي تكون فيه قيمة معامل الالتواء لسلسلة البيانات غير مساوية للصفر ، لذلك تم استخدام طريقة (Box-Cox) لتحويل هذه السلاسل الى التوزيع الطبيعي لكل سلسلة لجعلها تتبع التوزيع الطبيعي وهذا ما يمكن ملاحظته من الأشكال (3 و 4 و 5 و 6) الخاصين باختبار التوزيع الطبيعي لسلسلتين معدل التصريف الشهري بعد تحويلها الى التوزيع الطبيعي باستخدام تحويل (Box-Cox) . وهذا ما تم أخذه بالاعتبار عند استخدام أنموذج "Matalas" .

ولدت التصارييف الشهرية باستخدام كل من أنموذج "Thomas& Fiering" الثنائي المتغير وأنموذج Matalas المتعدد المواقع لتوليد قيم التصارييف لفترة مائة سنة مائية لكلا النهرين ، إذ اعد برنامج بلغة (FORTRAN Power Station Ver.4.0) ولكلا الأنموذجين "Thomas& Fiering" و "Matalas" المتعدد المواقع وذلك وفقاً للخطوات الواردة في الفقرة (2) ، كما اعد برنامج فرعي لكل منهما وذلك لإيجاد قيم المعدل والانحراف المعياري للتصارييف الشهرية فضلاً عن إجراء الاختبارات الإحصائية المشار إليها في الفقرة (4) ، تم إيجاد قيم معالم أنموذج "Thomas& Fiering" الثنائي المتغير وكما موضحة في الجدول (1) وللنهرين المختارين ، وكذلك تم إيجاد قيم المصفوفات التي تمثل معالم أنموذج Matalas والمتمثلة بالمصفوفات (A) و (B) و (M₀) و (M₁) وكما موضح في الجدول (2) والخاصة بكلا المحطتين مع ملاحظة أن المصفوفتين الأولتين تم إيجادهما باستعمال برنامج (MINITAB) بينما وجدت البقية باستعمال (MATHCAD software ver.16) .

من ملاحظة الجدول (3) الخاص بنتائج الاختبارات التي أجريت على الأنموذجين لكلا المحطتين يتبين أن قيم جميع الاختبارات باعتماد أنموذج Matalas المتعدد المتغيرات اقل من مثيلاتها باعتماد أنموذج "Thomas& Fiering" الثنائي المتغير وذلك لمحطة مقدم سد دربندخان على نهر ديالى وهذا يشير إلى أن أداء أنموذج Matalas المتعدد المتغيرات أفضل من أداء أنموذج "Thomas& Fiering" الثنائي المتغير . أما بالنسبة لمقدم سد دوكان على نهر الزاب الأسفل فان نتائج الاختبارات باعتماد أنموذج "Thomas& Fiering" الثنائي أفضل قليلاً من أنموذج Matalas لجميع الاختبارات عدا اختبار معدل الانحراف المطلق (MAD) حيث يكون أنموذج Matalas أفضل .

بغية معرفة مدى محافظة السلاسل المولدة على الخواص الإحصائية لمثيلاتها المرصودة استعمل اختبار Z للمعدلات الشهرية للتصريف لكامل السلسلة ، يبين الجدول (4) قيم الاختبار لكل من محطتي مقدم سد دوكان ومقدم سد دربندخان وباعتماد كلا الأنموذجين مع ملاحظة أن القيمة الجدولية للاختبار Z عند مستوى دلالة 5% لسلسلتين التصريف هي $1.96 \pm$ يتبين من الجدول (4) أن جميع السلاسل قد اجتازت اختبار Z لكون قيم المعدل جميعها تقع بين قيمتي Z الحرجة $1.96 \pm$ ، ، عليه يمكن القول إن السلاسل المولدة جميعها قد حافظت على الخواص الإحصائية لمثيلاتها ، مع ملاحظة أن أنموذج Matalas أفضل أداء من أنموذج "Thomas& Fiering" الثنائي المتغير .

يبين الجدول (5) والشكل (7) المخطط المائي لمعدل التصريف الشهري لكامل السلسلة وذلك لسلسلتين التصريف الشهري المرصودة والمولدة لنهر ديالى مقدم سد دربندخان لكلا النموذجين ، إذ يتبين التقارب الواضح بين السلسلتين المرصودة والمولدة لمعدلات التصريف ولكلا الأنموذجين .

أما الجدول (6) والشكل (8) فيمثل المخطط المائي لمعدلات التصريف الشهري لكامل السلسلة لنهر الزاب الأسفل مقدم سد دوكان فيمكن ملاحظة أن أداء أنموذج Matalas أفضل أداء من أنموذج "Thomas& Fiering" الثنائي المتغير . على ضوء ما جاء أعلاه يمكن القول أن أداء أنموذج Matalas المتعدد المتغيرات أفضل من أداء أنموذج Thomas & Fiering الثنائي المتغير .

الجدول (1) : وسائط نموذج (Thomas & Fiering) الثنائي المتغير لنهري الزاب الأسفل وديالى

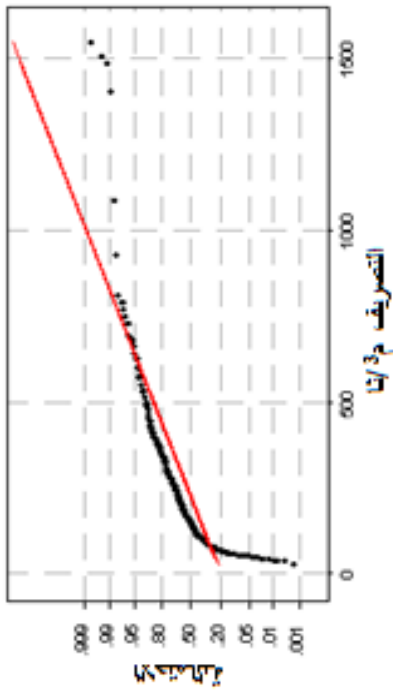
Cov.(1,2)	V 2	V1	b ₂₂	b ₂₁	b ₁₂	b ₁₁	Delta	Range
0.7161	0.8432	0.6689	0.3038	0.0945	-0.0508	0.3183	0.6602	2-1
0.5402	0.5196	0.5875	0.5282	0.1814	0.0497	0.3782	0.3377	3-2
0.2937	0.3301	0.2856	0.9780	- 0.2135	0.5083	0.3164	0.3129	4-3
0.3181	0.3799	0.2290	0.6006	0.1954	-0.1250	0.8433	0. 1865	5-4
0.6634	0.6930	0.7766	0.8105	-0.3661	0.4185	0.0193	0.2642	6-5
0.3786	0.3845	0.3018	0.8733	-0.1084	0.0251	0.6737	0.1836	7-6
0.4346	0.6549	0.2609	0.5844	-0.0152	0.0355	0.7086	0.2395	8-7
0.0886	0.2445	0.0855	0.7008	0.1929	-0.1496	0.0132	0.31840	9-8
0.0020	0.8607	0.2475	0.2999	0.0504	0.1526	0.6492	0.4327	10-9
0.1352	0.7194	0.0473	0.1933	0.4296	0.0211	0.9463	0.8954	11-10
0.0061	0.0929	0.1429	0.0423	- 0.1704	0.2425	0.6942	0.6120	12-11

الجدول (2): مصفوفات نموذج Matalas لسلسلة التصاريح الشهرية لمحطة مقدم سد دوكان ومحطة مقدم سد دربندخان

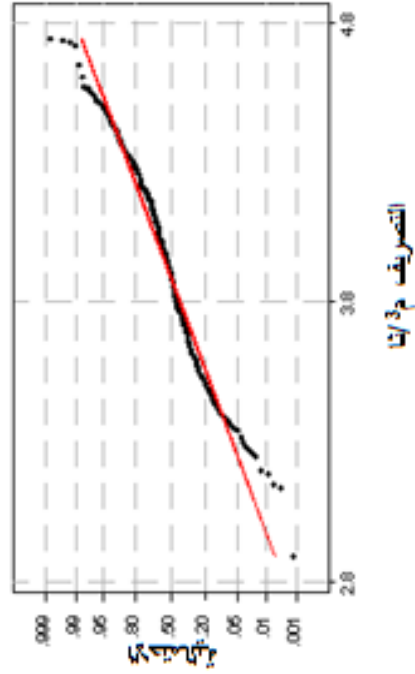
المحطة	نوع المصفوفة	محطة مقدم سد دوكان	محطة مقدم سد دربندخان
مقدم سد دوكان	M_0	1.000	0.663
مقدم سد دربندخان		0.663	1.000
مقدم سد دوكان	M_1	0.645	0.459
مقدم سد دربندخان		0.486	0.687
مقدم سد دوكان	A	0.609	0.054
مقدم سد دربندخان		0.054	0.651
مقدم سد دوكان	B	0.763	0.000
مقدم سد دربندخان		0.433	0.582

الجدول (3) : نتائج الاختبارات لكل من لأنموذج (Thomas & Fiering) و أنموذج Matalas لسلسلة معدل التصريف الشهري للقيم المرصودة والمولدة مقدم سد دوكان و مقدم سد دربندخان

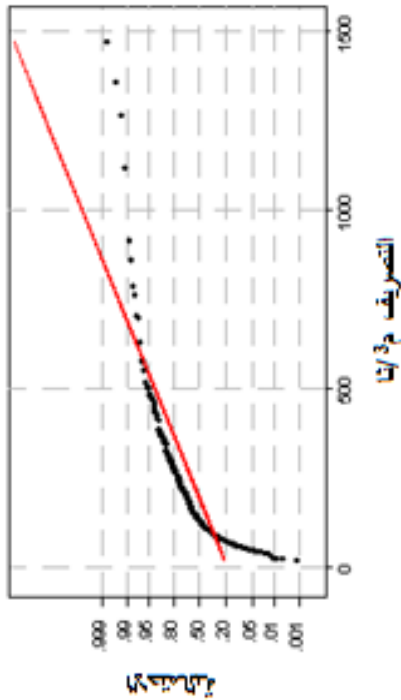
K-S		χ^2		MAE	RMSA	السلسلة الزمنية
Tab.(Δ_0)	Cal.(Δ_c)	Tab.	Cal.			
0.274	0.25	11.07	9.309	55.066	74.764	معدل التصريف الشهري لنهر ديالى بطريقة Matalas
0.274	0.204	11.07	9.610	92.798	80.205	معدل التصريف الشهري لنهر ديالى بطريقة T- F
0.234	0.125	6.250	3.917	46.351	81.08	معدل التصريف الشهري لنهر الزاب الأسفل بطريقة Matalas
0.234	0.106	6.250	3.033	27.863	85963.	معدل التصريف الشهري لنهر الزاب الأسفل بطريقة T- F



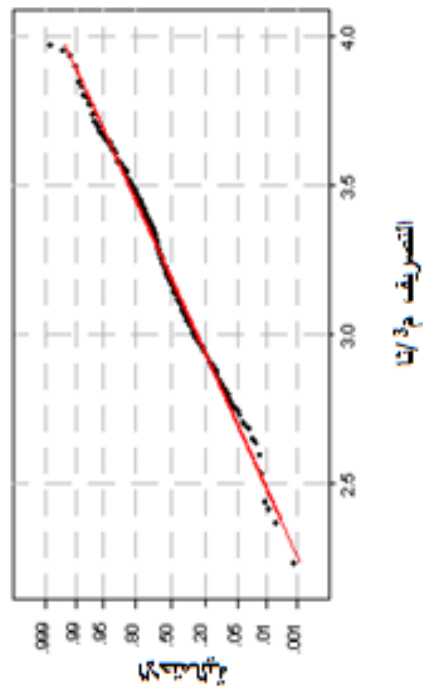
الشكل (3): اختبار التوزيع الطبيعي لمعمل التصريف الشهري لمقدم سد بوبكان بطريقة (Kolmogorov-Smirnov)



الشكل (5): اختبار التوزيع الطبيعي لمعمل التصريف الشهري لمقدم سد بوبكان باستخدام تحويل (Box-Cox) في التحويل



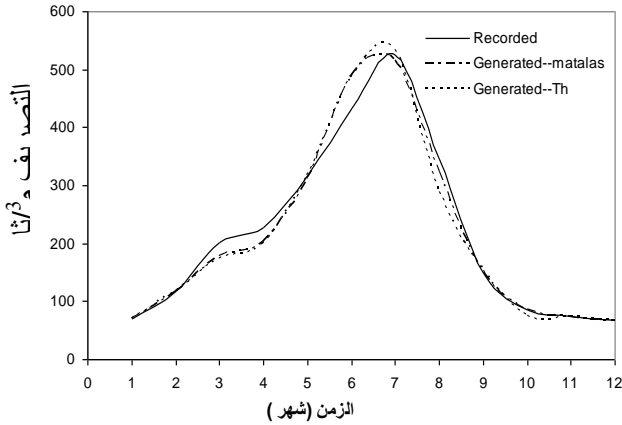
الشكل (4) : اختبار التوزيع الطبيعي لمعمل التصريف الشهري لمقدم سد دريندخان بطريقة (Kolmogorov-Smirnov)



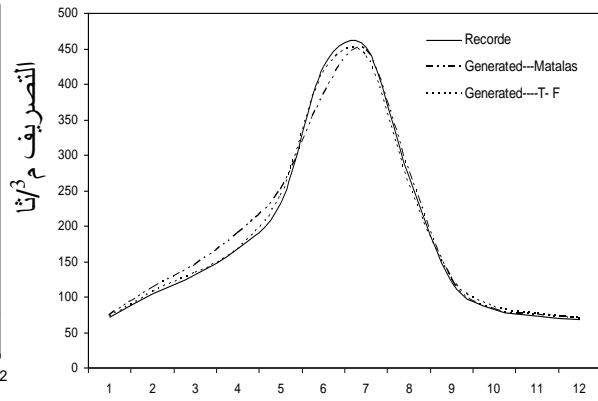
الشكل (6): اختبار التوزيع الطبيعي لمعمل التصريف الشهري لمقدم سد دريندخان باستخدام تحويل (Box-Cox) في التحويل

الجدول (4): نتائج اختبار Z لأنموذج متعدد المواقع Matalas وأنموذج (T- F) لمحطتي قياس مقدم سد دوكان و مقدم سد دربندخان

اختبار Calculated Z لنموذج الثنائي المتغير (T- F)	اختبار Calculated Z لنموذج متعدد المواقع Matalas Model	محطات قياس التصريف	السلسلة الزمنية
4.4478E-16	7.771561E-16	محطة مقدم سد دوكان	معدل التصريف الشهري
-3.62340E-16	-5.55112E-16	محطة مقدم سد دربندخان	



الشكل (8) المخطط المائي للمعدلات الشهرية للسلسلتين الزمنيتين المرصودة والمولدة لمعدل التصريف الشهري لنهر الزاب الأسفل باعتماد أنموذج Thomas & Fiering و Matalas



الشكل (7): المخطط المائي للمعدلات الشهرية للسلسلتين الزمنيتين المرصودة والمولدة لمعدل التصريف الشهري لنهر ديالى باعتماد أنموذج Matalas و Thomas & Fiering

المناقشة والاستنتاجات :-

إن قيم التصريف الشهرية لعدد من الأنهار الواقعة شمال العراق لا تمتد لفترة تكون كافية لتصميم وتشغيل منظومات الموارد المائية ، لذا فان مسألة توليد بيانات تصريف شهرية تمتد لفترة طويلة تعد من المسائل الضرورية . يتبين من الفقرة الثانية إن أنموذج " Thomas & Fiering " الثنائي المتغير يتطلب ما مجموعه 144 وسيطاً منها 96 وسيطاً متمثلة بالرموز $(j_2^{(1)}, j_2^{(2)}, Cov., (b_{11}, b_{12}, b_{21}, b_{22}), j_2^{(1)}, j_2^{(2)})$ والتي تمثل 48 وسيطاً قيم المعدل وقيم الانحراف المعياري لكلا النهرين وهذا ما يمكن ملاحظته من الجدول (1) . يتبين من دراسة نتائج الاختبارات التي أجريت على الأنموذجين والموضحة بالجدول (2 و3 و4) على التوالي أن قيم الاختبارات (MAE و RMSA و K-S و X^2 و اختبار Z) هي الأدنى عموماً في أنموذج Matalas من مثيلاتها في أنموذج Thomas & Fiering لاسيما بالنسبة لنهر ديالى .

يتبين من الجدولين (5 و6) والأشكال (7 و8) أن معدلات قيم التصريف الشهرية للسلسلة المولدة لكلا النهرين متقاربة إلى حد كبير إلى مثيلتها الخاصة بسلسلة القيم المرصودة باعتماد كلا النموذجين مع أفضلية لأنموذج Matalas . وكذلك بالنسبة إلى قيم الانحراف المعياري فيمكن ملاحظة مدى التقارب بين قيم السلسلة المولدة والمرصودة لكلا النهرين والأنموذجين . إذ يلاحظ أن أنموذج Matalas يكون أكثر كفاءة من أنموذج Thomas & Fiering الثنائي المتغير لكلا النهرين عدا قيم شهري نيسان ومارس لنهر ديالى وهذه القيم متباعدة وقد يعزى السبب إلى قلة الترابط بين قيم التصريف الشهرية المرصودة للنهرين في تلك الفترة لاختلاف مناخ الحوضين وكذلك كونها فترة ذوبان الثلوج .

الجدول (5): مقارنة لقيم المعدل والانحراف المعياري بين القيم المرصودة والمولدة لنهر ديالى

أيلول	أب	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أيار	يونان	أذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	الشهر
67.91666	75.00000	91.52778	121.0833	259.6111	440.0278	414.3889	233.4167	168.6667	131.5278	104.3333	71.7778	132.8551	106.6783	71.5365	معدل القيم المرصودة
68.41782	75.92022	85.21909	125.4160	256.6475	439.3547	415.7059	243.5435	166.8961	143.83	112.034	72.978	188.459	112.034	72.978	معدل القيم المولدة بطريقة T-F
70.407	75.279	82.503	124.54	275.774	448.061	383.459	250.646	188.459	143.83	112.034	72.978	188.459	112.034	72.978	معدل القيم المولدة بطريقة <u>Matalas</u>
26.6033	28.38712	56.04411	50.57124	136.2486	258.6342	284.2775	98.54554	82.78889	64.23950	57.063	25.890	82.78889	57.063	25.890	الاتحراف المعياري للقيم المرصودة
47.66858	19.99937	24.07452	33.78540	69.48743	43.48268	49.65195	43.96877	16.50737	18.58965	11.0603	25.2078	18.58965	11.0603	25.2078	الاتحراف المعياري للقيم المولدة بطريقة T-F
28.539	42.918	32.55	57.727	167.314	195.325	164.762	110.953	101.686	70.5170	69.188	31.887	101.686	69.188	31.887	الاتحراف المعياري للقيم المولدة بطريقة <u>Matalas</u>

الجدول (6): مقارنة لقيم المعدل والانحراف المعياري بين القيم المرصودة والمولدة لنهر الزاب الأسفل

أيلول	أب	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أيار	يونان	أذار	شباط	كانون 2	كانون 1	تشرين 2	تشرين 1	الشهر
65.22222	74.63889	84.0555	149.3611	323.055	516.2778	488.3889	311.944	202.3611	176.306	115.6944	69.6666	176.306	115.6944	69.6666	معدل القيم المرصودة
65.5359	72.8114	74.6763	152.4934	289.797	534.5421	486.1035	317.988	198.5458	173.785	119.2400	69.1658	173.785	119.2400	69.1658	معدل القيم المولدة بطريقة T-F
68.016	74.483	85.206	148.734	345.882	526.461	433.071	317.439	228.111	200.763	119.044	69.634	200.763	119.044	69.634	معدل القيم المولدة بطريقة <u>Matalas</u>
21.83459	40.077	38.1241	66.20926	66.0798	275.2053	327.4664	145.331	106.7599	123.318	68.4021	18.3724	106.7599	68.4021	18.3724	الاتحراف المعياري للقيم المرصودة
15.44554	41.42338	17.6549	31.84211	00.6031	130.6892	153.2881	0.60777	52.47937	51.0995	38.50650	10.7810	51.0995	38.50650	10.7810	الاتحراف المعياري للقيم المولدة بطريقة T-F
22.572	31.953	36.208	71.419	245.081	327.575	237.265	156.254	164.343	171.241	68.311	16.782	164.343	68.311	16.782	الاتحراف المعياري للقيم المولدة بطريقة <u>Matalas</u>

من ملاحظة أداء الأنموذجين على بيانات كلا النهرين يتبين أن أنموذج " Matalas " يكون عموماً أكثر كفاءة من أنموذج " Thomas& Fiering " الثنائي المتغير في توليد قيم التصاريح لكلا النهرين المعتمدين ، عليه يمكن القول أن أنموذج "Matalas" هو النموذج الأفضل ويمكن اقتراح تعميم استخدامه لتوليد التصاريح الشهرية للأنهار الواقعة شمال العراق لأي فترة مطلوبة .

المصادر:

1. AL-Mousawi ,E.M.,(2003). "Multisite Stochastic Model of Hydro chemical Properties at selected Region " ,A thesis submitted to the Department of Civil Engineering in the University Of Babylon.
2. Boughton.W.C. and Mckercher,A.,(1968). "Use of interrelated records to simulate stream flow " . J. of hydraulics division .ASCE. Vol. 91. pp.19-22.
3. Thomas ,H.A. ,Fiering ,M.B.,(1962). " Mathematical synthesis of stream flow sequences for the analysis for river basins by simulation" ,Harvard University Press , Cambridge .U.S.A.
4. Wen Wang, (2006). "Stochasticity, Non linearity and Forecasting of Stream flow Processes", Thesis, submitted to the Technical University of Delft.
5. Abas,K. A. , (1990). "A two Model on the Generation of Missing River Flow Data: A case Study of Iraqi Rivers". A Thesis Submitted to the Department of Civil Engineering in the University of Basra.
6. Tahrir ,T. A.,(1984). "Generation of Regional Daily Rainfall Using a Multivariable Mathematical Model". A thesis Submitted to the Department of Irrigation and Drainage in the University of Baghdad .
7. Ebraheem, S. ,A.,(2010). " Stochastic Analysis of Daily Stream flow of Tigris River and its Tributaries " , A thesis Submitted to the Department of Water Resources Engineering in the University of Dohuk .
8. Clark,R,T.,(1984). " Mathematical models in Hydrology " , FAO consultant ,Institute of Hydrology , Wallingford ,UK.
Jayrami ,R.,(1997). "Stochastic Hydrology". Second edition ,Delhi,
9. Harms, A. A., and T. H. Campbell (1967). " An Extension to the Thomas-Fiering Model for the Sequential Generation of Stream flow " , Water Resource. Res., 3(3), 653–661
10. Kadri,T. ,Ahmet, K.,(2004). "Performance of stochastic Approach in Generating Low Stream Flow Data for Drought Analysis". Journal of Special Hydrology, Spring Vol.5 No. 1 pp 20-32.
11. Peter,J. B. , and Richard A. D., (2001). "Introduction to Time Series and Forecasting". Colorado State University.
12. Barnes, J. W.,(1994). " Statistical Analysis for Engineer & Scientist" .McGraw-Hill ,Inc. ,USA
13. Blank, K. L.,(1980) . " Statistical procedures for Engineering Management and Science". Mc Graw-Hill, Inc.