تقييم أداء النماذج التصادفية المتعددة المتغيرات في توليد التصاريف الشهرية للأنـهار الواقعة في شمال العراق

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

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

المستخلص

تمتد بيانات التصريف الشهرية المتوفرة لأغلب الأنـهار 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 للتصاريف 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_c (Kolomogrov–Simirnorv) 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 التصاريف الشهرية لأي نـهرين شمال العراق .

الكلمات الدالة : السلاسل الزمنية للتصاريف الشهرية ، النماذج التصادفية ، انموذج Thomas& Fiering الثنائي المتغير ، انموذج Matalas ، الاختبارات الإحصائية .

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

Dr. Khalid Mahmood Khidir
Assist. Prof.
Water resources Eng. Dep. / College of Engineering
Dohuk University

Gada Younis Abdullah AL-ubaidy
Assist. Lecture
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 (Kolmogrov–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

أستلم: 11 - 4 – 2010 قبل: 24 – 7- 2011

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، فضلا 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 فان 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 التصاريف الدنيا (low flow) من عملية التوليد ، إذ إن اعتماد سلاسل حرجة عدة من هذه التصاريف 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 (Hazen) عام 1914 بتركيب وتصنيع سلاسل تصريف لـ 300 سنة وذلك بربط سجلات رصد لـ 14 سنة في سجل واحد ، ثم أعقبتها محاولات عدة اخذ فيها بنظر الاعتبار اعتماد الأعداد العشوائية في توليد التصاريف , إذ استخدم الباحث (Barnes) في سنة 1954 الأعداد العشوائية في توليد التصاريف لأول مرة . إن نقطة الضعف في هذه المحاولات تكمن في إهمالها العلاقة التتابعية (Serial Correlation) بين قيم التصاريف ، وتطورت بعدها هذه المحاولات , اذ تمكن الباحثان " Thomas& Fiering" من وضع أنموذج إحصائي لتوليد التصاريف الشهرية تغلبا فيه على نقاط الضعف الواردة في النماذج السابقة [2] ، اذ وضع الباحثان [3] أنموذجا 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 للتصاريف الشهرية والسنوية مع الحفاظ على التوزيع اللوغارتمي الطبيعي للتصاريف الشهرية والسنوية على التوالي ووجدا أن هذا الأنموذج يقدم تمثيلا واقعياً للجريان في كلا النهرين ، وهكذا استمر ظهور النماذج التصادفية لتوليد التصاريف الشهرية واليومية والسنوية [4] .

استخدم [5] في العراق أنموذج ثنائي المتغير لتوليد التصاريف الشهرية المفقودة لنهر راوندوز باعتماد بيانات التصريف الشهرية المتوفرة لنهر بلكيان القريب منه لإيجاد التصاريف 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 لسلسة معدلات التصاريف الشهرية لمحطة زاخو و توسان على التوالي .

2. النماذج التصادفية المستخدمة في الدراسة :

في هذه الدراسة اعتمد أنموذجين تصادفيين لتوليد التصاريف الشهرية لنهري الزاب الأسفل و ديالى 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 " أنموذجا إحصائيا يعرف حالياً بأنموذج **Bivariate model "Thomas & Fiering"** وهذا الأنموذج يتميز بمرونته 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 التصاريف الشهرية المرصودة للنهر الأول X لـ n من السنين بـ ($Y^{(1)}{}_1, Y^{(1)}{}_2, Y^{(1)}{}_3, \ldots\ldots, Y^{(1)}{}_n$)وهكذا بالنسبة للنهر الثاني والثالث ويمكن تمثيل قيم معدلات التصاريف الشهرية المرصودة للنهر الأول بـ($\overline{Y}^{(1)}{}_{Oct}, \overline{Y}^{(1)}{}_{Nov}, \overline{Y}^{(1)}{}_{Dec}, \ldots\ldots, \overline{Y}^{(1)}{}_{Sep}$) وهكذا بالنسبة للنهر الثاني وكذلك بالنسبة لقيم الانحراف المعياري للقيم المرصودة للنهرين الأول والثاني وبقية الشهور ($S^{(1)}{}_{Oct}, S^{(1)}{}_{Nov}, S^{(1)}{}_{Dec}, \ldots\ldots, S^{(1)}{}_{Sep}$) .

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

المتغيرات القياسية للبيانات الشهرية للمحطة الأولى ($Y_1^{(1)}, Y_2^{(1)}, ...Y^{(1)}{}_t ...., Y_n^{(1)}$) وهكذا بالنسبة للمحطة الثانية[3]:

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

$$Y_1^{(1)} = X_{Oct}{}^{(1)} - \bar{X}_{Oct}{}^{(1)} \Big/ S_{Oct} \qquad ....(1)$$

$$Y_1^{(2)} = X_{Oct}{}^{(2)} - \bar{X}_{Oct}{}^{(2)} \Big/ S_{Oct} \qquad ....(2)$$

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} : الانحراف المعياري للشهر الأول في السنة المائية

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

$$Y_t^{(1)} = b_{11} Y_{t\_1}{}^{(1)} + b_{12} Y_{t\_1}{}^{(2)} + \varepsilon_t^{(1)} \qquad ....(3)$$

$$Y_t^{(2)} = b_{21} Y_{t\_1}{}^{(1)} + b_{22} Y_{t\_1}{}^{(2)} + \varepsilon_t^{(2)} \qquad ....(4)$$

إذ تمثل:

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

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

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

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

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

ويمكن وضع الصيغة أعلاه بشكل مصفوفة كما يلي:

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

لتوليد التصاريف الشهرية باستعمال هذا الأنموذج يكون باستخدام الخطوات الآتية :

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

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

ثانيا ً:- تحسب الكميات كما في المعادلات الآتية:

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

إذ أن :

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

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

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

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

وترتب الكميات في مصفوفة كما في الشكل الآتي:

$$\sum_{11}=\begin{bmatrix}\sum_{11}(1,1)\sum_{11}(1,2)\\ \sum_{11}(2,1)\sum_{11}(2,2)\end{bmatrix} \qquad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots(10)$$

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

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

إذ أن :

$\sum_{22}(1,1)$:مجموع كميات التصاريف

للنهر الثاني للشهر الأول من السنة المائية الأولى ثم الثانية والثالثة وهكذا

ثم ترتب في مصفوفة وكما في الشكل الاتي :

$$\sum_{22}=\begin{bmatrix}\sum_{22}(1,1)\sum_{22}(1,2)\\ \sum_{22}(2,1)\sum_{22}(2,2)\end{bmatrix} \qquad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots(12)$$

وهكذا بالنسبة لبقية الكميات لتصاريف للنهر الثاني للشهر الاول والثاني والثالث الى آخر شهر في السنة

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

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

خامساً:- يتم إيجاد قيم المعاملات أو الوسائط (b_{11}, b_{12}, b_{21}, b_{22})فتمثل (regression coefficients) والتي يمكن إيجادها من المعادلات الآتية(14و15 و16و 17و18 و19) :

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

إذ أن:

$$\Delta=\sum_{11}(1,1)*\sum_{11}(2,2)-\sum_{11}(2,1)*\sum_{11}(1,2) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(15)$$

وتحسب قيم هذه المعالم أو الوسائط باستخدام العلاقات الآتية:

$$b_{11}=\sum_{21}(1,1)*\sum_{11}(2,2)-\sum_{21}(1,2)*\sum_{11}(1,2)\Big/\Delta \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(16)$$

$$b_{12}=\sum_{11}(1,1)*\sum_{21}(1,2)-\sum_{21}(1,1)*\sum_{11}(1,2)\Big/\Delta \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(17)$$

$$b_{21}=\sum_{21}(2,1)*\sum_{11}(2,2)-\sum_{21}(2,2)*\sum_{11}(2,1)\Big/\Delta \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(18)$$

$$b_{22}=\sum_{11}(1,1)*\sum_{21}(2,2)-\sum_{21}(2,1)*\sum_{11}(1,2)\Big/\Delta \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(19)$$

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

للنهر الأول

$$\mathrm{Var}\,\varepsilon_t^{(1)}=\sum_{22}(1,1)-b_{11}\sum_{22}(1,1)-b_{12}\sum_{21}(1,2) \qquad \text{-------------------------}\ (20)$$

النهر الثاني

$$\mathrm{Var}\,\varepsilon_t^{(2)}=\sum_{22}(2,2)-b_{21}\sum_{21}(2,1)-b_{22}\sum_{21}(2,2) \qquad \text{-----------------------}\ (21)$$

$$\mathbf{cov}(\varepsilon_t^{(1)},\varepsilon_t^{(2)})=\sum_{22}(1,2)-b_{11}\sum_{21}(2,1)-b_{12}\sum_{21}(2,1) \qquad \text{-----------------}\ (22)$$

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

ثامنـــاً:- لتوليـد السلاسـل التركيبيـة **(Synthetic Sequence)** للتصـاريف الشـهرية لأي فتـرة مطلوبـة كـأن تكون (GN) فتكون 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 $Y_{(1)}^{(1)}=0$ وقيمة $Y_{(2)}^{(2)}=0$ ، لتوليد قيمتا $Y_2^{(1)}$ و $Y_2^{(2)}$ وعليه يتطلب الأمر توليد قيمتي التباين للنهر الأول $\varepsilon_2^{(1)}$ وللنهر الثاني $\varepsilon_2^{(2)}$ و التغاير باستعمال توزيع طبيعي ثنائي المتغير والذي يتم إيجاده 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 $\varepsilon_2^{(1)},\varepsilon_2^{(2)}$ وباستخدام العلاقتين الآتيين :

$$\varepsilon_2^{(1)}=V_1\cdot\sqrt{\left(\mathrm{var}\ \varepsilon_t^{(1)}\right)}\ldots\ldots \qquad \text{--------------------------}\ (23)$$

$$\varepsilon_2^{(2)} = V_1 \cdot \left[\operatorname{cov}\left(\varepsilon_t^{(1)}, \varepsilon_t^{(2)} \right) \Big/ \sqrt{\left(\operatorname{var} \varepsilon_t^{(1)} \right)} \right] . V_2 \, . \sqrt{\left[\operatorname{var} \varepsilon_t^{(2)} - \operatorname{cov}^2(\varepsilon_t^{(1)} \, \varepsilon_t^{(2)}) / \operatorname{var} \varepsilon_t^{(1)} \right]} \quad \ldots\ldots\ldots(24)$$

و يمكن الحصول على السلسلة المولدة لكلا النهرين من المعادلتين الآتيين:

$$Y_3^{(1)} = (b_{11} * Y_2^{(1)}) + (b_{12} * Y_2^{(2)}) \, \varepsilon_3^{(1)} \quad \text{----------------------------- (25)}$$

$$Y_3^{(2)} = \left(b_{21} * Y_2^{(1)}\right) + \left(b_{22} * Y_2^{(2)}\right) + \varepsilon_3^{(2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(26)$$

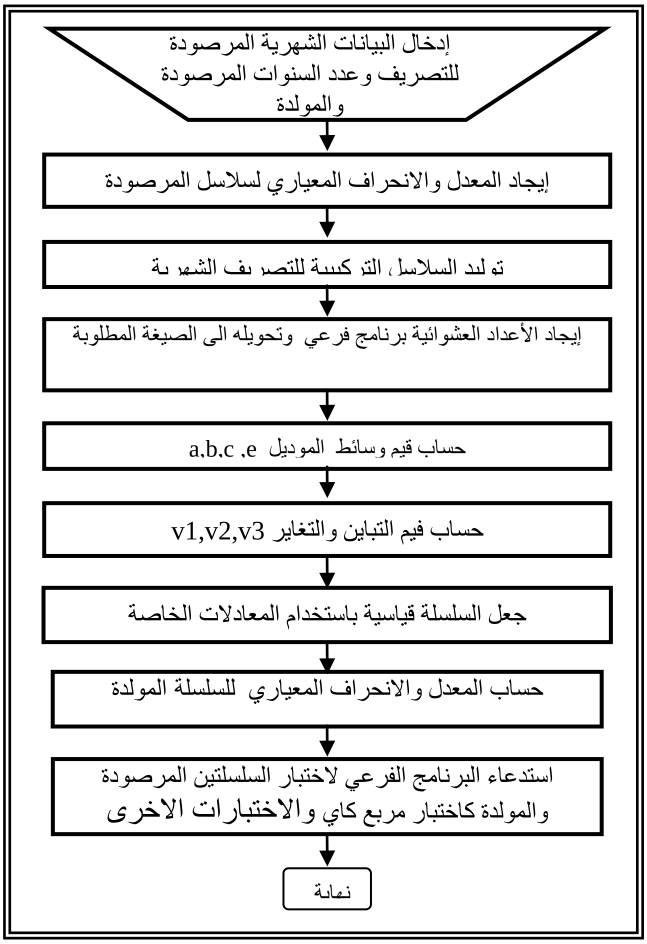
وهكذا بالنسبة لبقية السلاسل ......

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

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

$$Y_{Oct}^{(2)} = Y_1^{(2)} * S_{Oct}^{(2)} + \overline{Y}_{Oct}^{(2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \; (28)$$

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



الشكل (1): المخطط الانسيابي لمراحل 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 Auto-Regressive(1) 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) اذ 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 التصريف لتوليد سلاسل تركيبية .

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

$$X_t = \boldsymbol{A}\, X_{t-1} + \boldsymbol{B}\, \zeta_t \qquad \text{..................(29)}$$

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**)

$$\mathrm{X}_t = \begin{bmatrix} X(1,t) \\ X(2,t) \\ . \\ . \\ X(i,t) \\ . \\ . \\ X(gn,t) \end{bmatrix} , \quad \mathrm{X}_{t-1} = \begin{bmatrix} X(1,t-1) \\ X(2,t-1) \\ . \\ . \\ X(i,t-1) \\ . \\ . \\ X(gn,t-1) \end{bmatrix} , \quad \zeta_t = \begin{bmatrix} \xi(1,t) \\ \xi(2,t) \\ . \\ . \\ \xi(i,t) \\ . \\ . \\ \xi(gn,t) \end{bmatrix} \qquad \text{............}\mathbf{(30)}$$

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

$$\boldsymbol{A} = M_1 M_0^{-1} \qquad \text{............................(31)}$$

$$\boldsymbol{BB}^{\mathrm{T}} = M_0 - \boldsymbol{A}\ \mathrm{M}_1^{\mathrm{T}} \qquad \text{............................(32)}$$

M_0 : Lag-zero cross- correlation matrix

$M1$: Lag-one cross correlation matrix

M_0^{-1} : Inverse matrix of M_0

M_1^{T} : Transposed matrix of $M1$

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] :

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

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

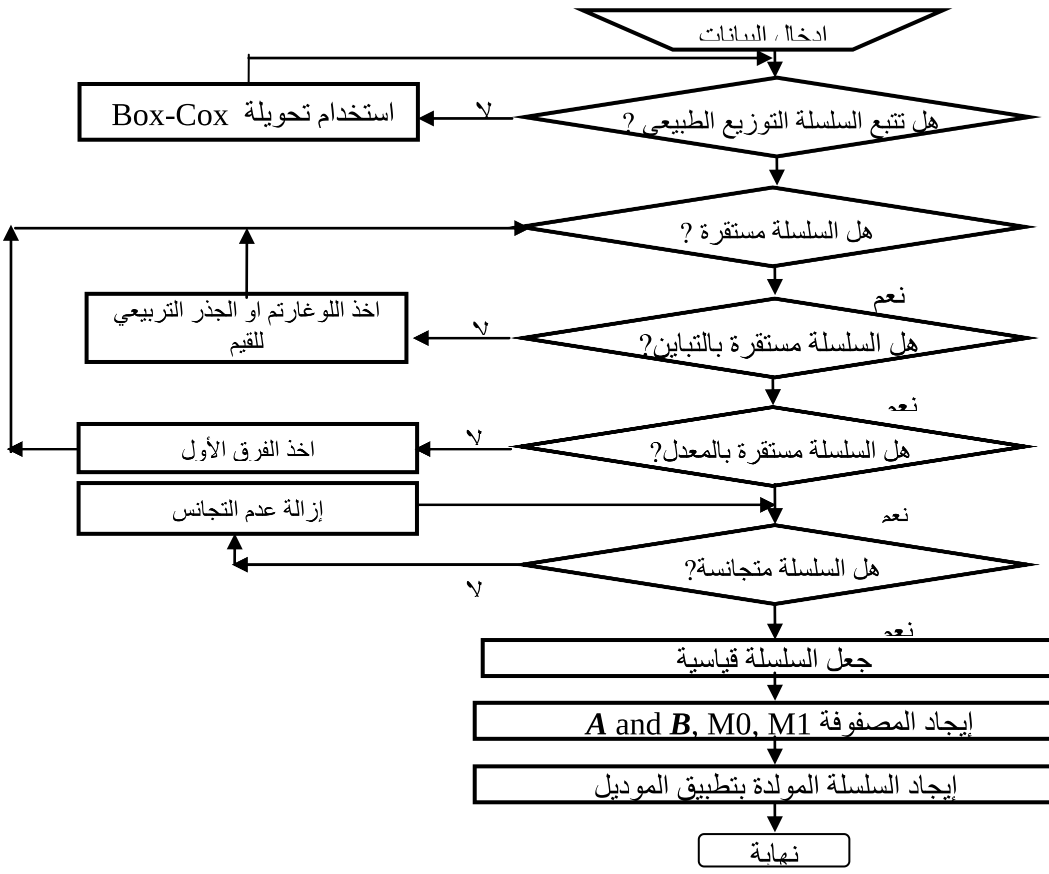
إذ أن: $\boldsymbol{C}$(I,J)=$\boldsymbol{C}$(J,I) وذلك لعدد من المحطات ليكن =2

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

يمكن حساب عناصر المصفوفة B بالشكل الآتي [9]:

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

بعد إيجاد المصفوفات matrices($\boldsymbol{A}$, $\boldsymbol{B}$, M_0 and M_1) يمكن تطبيق أنموذج **"Matalas"** المتعدد المواقع لتوليد التصاريف الشهرية للمحطات المعنية لأي فترة مطلوبة ، والشكل (2) يمثل المخطط الانسيابي لمراحل تطبق أنموذج **"Matalas"** .



الشكل (2): المخطط الانسيابي لمراحل تطبيق أنموذج "Matalas"

3. الأعداد العشوائية:

تعد الأعداد العشوائية جزءاً أساسياً في عملية توليد البيانات بحيث يتوجب ان يكون في أي نموذج تصادفي مصدر للإعداد العشوائية يمثل العملية العشوائية في الطبيعة ويوجد في الحاسبات الحالية دالة فرعية لتوليد الأعداد العشوائية ذات التوزيع المنتظم (ذو 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 $T2$ للنهر الأول والثاني من قيمتا U_1 وU_2 الأعداد العشوائية ذات التوزيع المنتظم اللذان يتم استدعاؤهما باستخدام برنامج فرعي من خلال اعتماد العلاقتين الآتيتين [5]:

$$T_1 = 2U_1 - 1 \quad \text{.............................. (36)}$$

$$T_2 = 2U_2 - 1 \quad \text{.............................. (37)}$$

من ثم يتم إيجاد قيمة S من المعادلة الآتية:

$$S = T_1^2 + T_2^2 \quad \text{.............................. (38)}$$

تهمل قيمة S إذا كانت اكبر من الواحد أو تساويه ليتم الرجوع بعدها الى الخطوة الأولى أما إذا كانت قيمة S اقل من الواحد فان:

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

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

$$V_1 = K * T_1 \quad \text{...................... (40)}$$

$$V_2 = K * T_2 \quad \text{...................... (41)}$$

4 . الاختبارات الإحصائية :

يمكن استخدام مجموعة من الاختبارات الإحصائية لتقييم أداء كل من أنموذج " 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] :

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

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] :

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

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

جـ . اختبار مربع كاي: ((χ^2)) Chi square test

إن المعادلة العامة لاختبار مربع كاي تكون بالشكل الآتي [13]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{n} (B_i - C_i)^2 \Big/ C_i \qquad \text{………………………..(44)}$$

إذ أن :

χ^2 : قيمة مربع كاي

إن اجتياز اختبار مربع كاي يقتضي إن تكون القيمة الجدولية (x_o^2) لمربع كاي المعطاة عند مستوى دلالة(α) اكبر من قيمة مربع كاي المحسوبة لحالة تطبيق الأنموذج المعني والمحسوبة من المعادلة (51)أعلاه لكي يكون أداء الأنموذج مقبولا أي أن ($x_o^2 > x^2$)وبعكسه يكون الاختبار مرفوضاً، وان الأنموذج الأفضل هو الذي تكون قيمة x^2 له والمجتازة للاختبار هي اقل من مثيلتها للأنموذج الثاني .

د. اختبار (Δ_c) Kolomogrov - Simirnorv Test:

إن المعادلة العامة لهذا الاختبار هي [6]:

$$\Delta_c = \max \left| \frac{B_i - C_i}{N} \right| \qquad \text{……………………...(45)}$$

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 الأنموذج المعني اقل من القيمة الجدولية (Δ_O) عند مستوى دلالة (α) فحالة تطبيق الأنموذج تكون مقبولة ، وان الأنموذج الأفضل هوالذي تكون فيه(Δ_c) له والمجتازة للاختبار هي اقل من مثيلتها للأنموذج الثاني .

هـ. اختبار Z :

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

$$Z = \sum_{J=1}^{NM} \frac{\overline{Q}_{gi} - \overline{Q}_{ri}}{S_g} \qquad \text{……………………..(46)}$$

إذ أن Z = قيمة الاختبار

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

$\overline{Q}_{ri}$= معدل التصريف للشهر j السلسلة المولدة .

S_g = الانحراف المعياري لمعدل السلسلة المولدة .

NM = عدد أشهر السنة المائية (12 شهر)

إذا كانت القيمة المطلقة لـ Z المحسوبة من المعادلة (46) اقل 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 التصاريف الشهرية للسنوات المائية المرصودة للفترة (1962-1997) لكل من محطتي قياس التصريف الواقعتين على نهري الزاب الأسفل عند مقدم سد دوكان ونهر ديالى عند مقدم سد دربندخان .

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 وعليه يمكن تطبيق أنموذج Matalas على البيانات المعنية لكلا المحطتين لتوليد التصاريف الشهرية للفترة المطلوبة [7] .

يبين الشكلين (1و2) أن السلاسل الزمنية الخاصة بمعدل التصاريف 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 (3و4 و5 و 6) الخاصين باختبار التوزيع الطبيعي لسلسلتي معدل التصريف الشهري بعد تحويلها الى التوزيع الطبيعي باستخدام تحويلة (Box-Cox) .وهذا ما تم أخذه بالاعتبار عند استخدام أنموذج " Matalas" .

ولدت التصاريف الشهرية باستخدام كل من أنموذج" Thomas& Fiering" الثنائي المتغير وأنموذج Matalas المتعدد المواقع لتوليد قيم التصاريف 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 للتصاريف الشهرية فضلاً عن إجراء الاختبارات الإحصائية المشار اليها 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 (M_0) و(M_1) 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 انموذج " Thomas& Fiering" الثنائي المتغير .

أما بالنسبة لمقدم سد دوكان على نهر الزاب الأسفل فان نتائج الاختبارات باعتماد أنموذج" Thomas& Fiering" الثنائي أفضل قليلا من أنموذج Matalas لجميع الاختبارات عدا اختبار معدل القيم 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% لسلسلتي التصريف هي ±1.96 يتبين من الجدول (4) أن جميع السلاسل قد اجتازت اختبار Z لكون قيم المعدل جميعها تقع بين قيمتي Z الحرجة ±1.96 ، ، 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 لسلسلتي 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 وThomas& 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

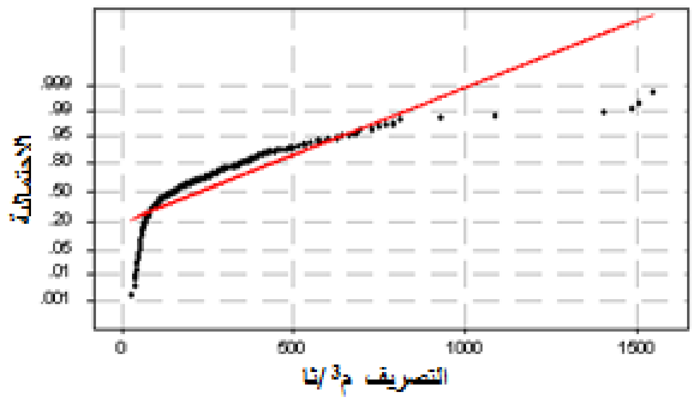
Cov.(1,2)	V 2	V1	b_{22}	b_{21}	b_{12}	b_{11}	Delta	Range
0.7161	0.8432	0.6689	0.3038	0.0945	-0.0508	0.3183	0.6602	2-1
0.5402	0.5196	0.5875	0.5282	0.1814	0.0497	0.3782	0.3377	3-2
0.2937	0.3301	0.2856	0.9780	- 0.2135	0.5083	0.3164	0.3129	4-3
0.3181	0.3799	0.2290	0.6006	0.1954	-0.1250	0.8433	0. 1865	5-4
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 أنموذج Matalas لسلسلة التصاريف الشهرية لمحطة مقدم سد دوكان ومحطة مقدم سد دربندخان

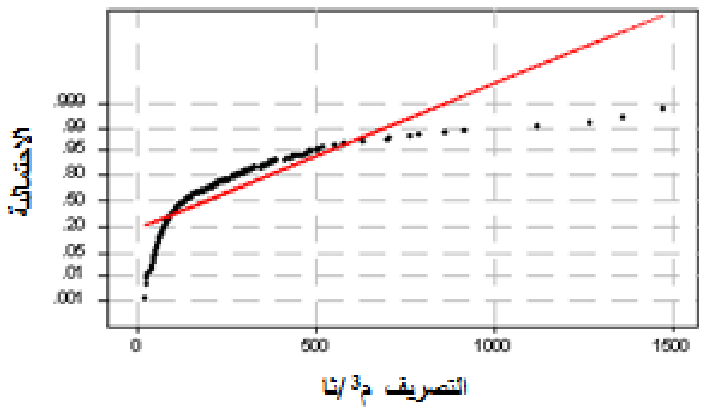
محطة مقدم دربندخان	محطة مقدم سد دوكان	نوع المصفوفة	المحطة
0.663 1.000	1.000 0.663	M_0	مقدم سد دوكان مقدم دربندخان
0.459 0.687	0.645 0.486	M_1	مقدم سد دوكان مقدم دربندخان
0.054 0.651	0.609 0.054	A	مقدم سد دوكان مقدم دربندخان
0.000 0.582	0.763 0.433	B	مقدم سد دوكان مقدم دربندخان

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 ربندخان

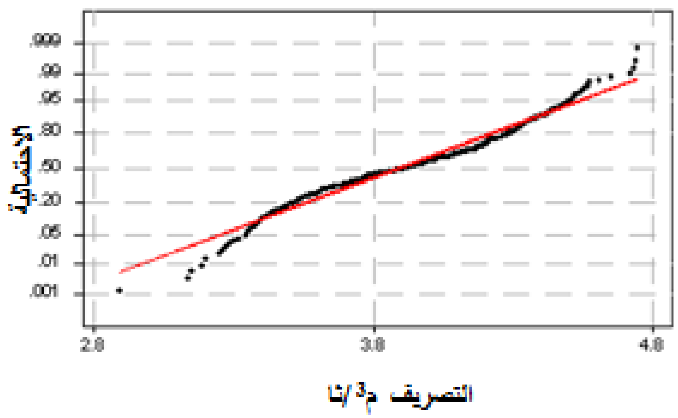
K-S		χ^2		MAE	RMSA	**السلسلة الزمنية**
Tab.(Δ_0)	Cal.(Δ_c)	Tab.	Cal.			
0.274	0.25	11.07	9.309	55.066	74.764	**معدل التصريف الشهري لنهر ديالى بطريقة Matalas**
0.274	0.204	11.07	9.610	92.798	80.205	**معدل التصريف الشهري لنهر ديالى بطريقة T- F**
0.234	0.125	6.250	3.917	46.351	81.08	**معدل التصريف الشهري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



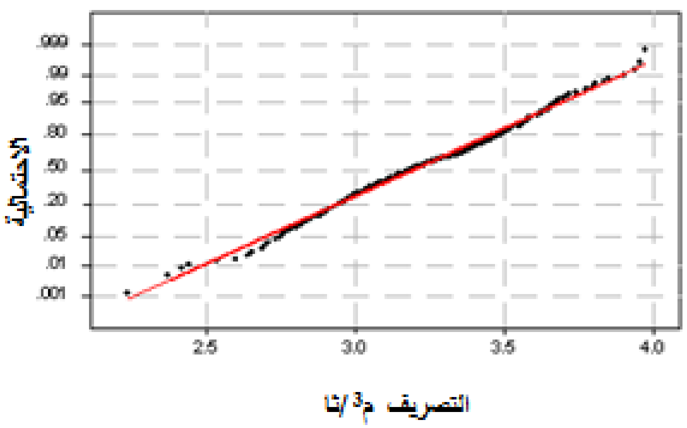
الشكل (3): اختبار التوزيع الطبيعي لمعدل التصريف الشهري لمقدم سد دوكان بطريقة(Kolmogrov-Smirnov)



الشكل (4) : اختبار التوزيع الطبيعي لمعدل التصريف الشهري لمقدم سد دربندخان بطريقة(Kolmogrov-Smirnov)



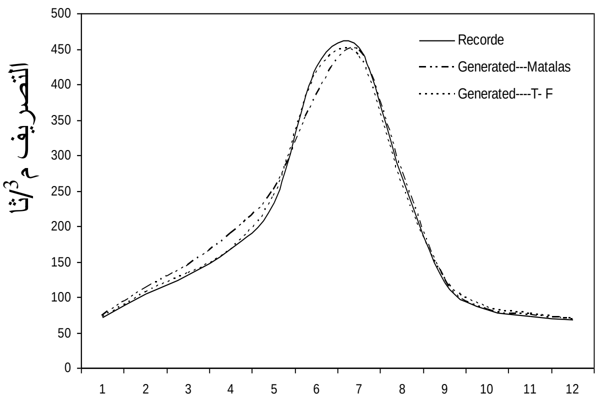
الشكل (5): اختبار التوزيع الطبيعي لمعدل التصريف الشهري لمقدم سد دوكان باستخدام تحويلة (Box-Cox) في التحويل



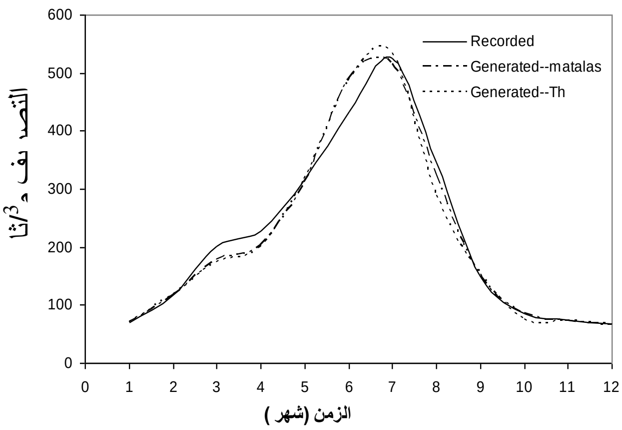
الشكل (6): اختبار التوزيع الطبيعي لمعدل التصريف الشهري لمقدم سد دربندخان باستخدام تحويلة (Box-Cox) في التحويل

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

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



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



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

المناقشة والاستنتاجات :-

إن قيم التصاريف 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 وسيطا منها 96 وسيطا متمثلة بالرموز (($\sigma_2^{(1)}$ و $\sigma_2^{(2)}$) : **Cov.** , $\sigma_2^{(1)}$ و $\sigma_2^{(2)}$, **b_{11} ,b_{12}, b_{21},b_{22}**) 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 بالجداول (2 و 3 و 4) 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 و 6) والأشكال (7 و 8) 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

الشهر	تشرين 1	تشرين 2	كانون 1	كانون 2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول
معدل القيم المرصودة	71.7778	104.3333	131.5278	168.6667	233.4167	414.3889	440.0278	259.6111	121.0833	91.52778	75.00000	67.91666
معدل القيم المولدة بطريقة T-F	71.5365	106.6783	132.8551	166.8961	243.5435	415.7059	439.3547	256.6475	125.4160	85.21909	75.92022	68.41782
معدل القيم المولدة بطريقة Matalas	72.978	112.034	143.83	188.459	250.646	383.459	448.061	275.774	124.54	82.503	75.279	70.407
الانحراف المعياري للقيم المرصودة	25.890	57.063	64.23950	82.78889	98.54554	284.2775	258.6342	136.2486	50.57124	56.04411	28.38712	26.6033
الانحراف المعياري للقيم المولدة بطريقة T-F	25.2078	11.0603	18.58965	16.50737	43.96877	49.65195	43.48268	69.48743	33.78540	24.07452	19.99937	47.66858
الانحراف المعياري للقيم المولدة بطريقة Matalas	31.867	69.188	70.5170	101.686	110.953	164.762	195.325	167.314	57.727	32.55	42.918	28.539

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

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

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 التصاريف لكلا النهرين المعتمدين ، عليه يمكن القول أن أنموذج" **Matalas**" هو النموذج الأفضل ويمكن اقتراح تعميم استخدامه لتوليد التصاريف 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.

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل