

تحليل السلسلة الزمنية لاحجام المياه الواردة الى خزان سد الموصل من نهر دجلة واستخدامها للتنبؤ

يونس نجيب سعيد / مدرس مساعد
مركز بحوث السدود والموارد المائية

الملخص

تم جمع وتنظيم بيانات احجام المياه الشهرية الواردة الى خزان سد الموصل ولمدة (15) سنة مضروبة في (12) شهر وبالتالي الحصول على سلسلة زمنية مكونة من (180) قيمة لاحجام المياه الشهرية للسنوات المائية (1985 – 1999). وتم الحصول على السلسلة الزمنية الاصطناعية باستخدام طريقة التكسير المتعدد للسلاسل الزمنية ، حيث تم تطبيق الطريقة الاعتيادية والتي تعتمد على قيم المكونات (الاتجاه والموسمية) فقط على بيانات السلسلة التاريخية بعد تحويلها الى التوزيع الطبيعي وكان مقياس الخطأ (MAPE) لهذه الطريقة (39%) . ولغرض تحسين النتائج تم اجراء تعديل في هذا البحث على هذه الطريقة وذلك باعتماد الطريقة المعدلة في هذا البحث والتي تقوم بادخال قيم المكونات الاخرين من السلسلة (الدورات والعشوائية) في حساب قيم السلسلة الاصطناعية عن طريق ضرب قيمهم التقريبية في نتائج قيم السلسلة الاصطناعية المستخرجة بالطريقة الاعتيادية اعلاه ، حيث تحسن قيمة مقياس الخطأ (MAPE) للطريقة المعدلة ليصل الى (32%) .

اظهرت النتائج مدى فعالية الطريقة المعدلة المستخدمة في هذا البحث في التنبؤ باحجام المياه الواردة الى خزان سد الموصل للسنوات المائية (2000 – 2004) ، حيث اظهرت فحوصات المطابقة (المعدل ، الانحراف القياسي ، معامل الارتباط الذاتي ، تحليل الكثافة) وجود تطابق بين القيم المتنبأ بها مع القيم التاريخية وهذا ماكداه الفحص الاحصائي.

Time series analysis of incoming water volumes to Mosul dam from Tigris river and use it for prediction

Younis Najib Saeed / Assistant Lecturer
DWRRC

Abstract

Data of monthly volumes of discharges reaching Mosul Dam reservoir for a period of (15) years, multiplied by (12) month and thus get a time series consisting of (180) value for monthly volumes of discharges are organized and collected for years (1985 – 1999). A synthetic time series were obtained by applying multiplicative decomposition of a time series method. Where normal method (which depends on the values of the two components (trend and seasonal) only) was applied on the historical data after conversion to the normal distribution , and the standard error (MAPE) of this method was (39%). For the purpose of improving the results were an amendment in this research on this method by using the modified method in this research which adopting the values of components other than the series (cycles and random) and enter them in the calculation the values of synthetic time series by multiplying their approximate values in the results of the values of synthetic time series extracted by the normal method above , in terms of improved the error measure value (MAPE) of the modified method to (32%).

The results showed the effectiveness of the modified method used in this research in the prediction of incoming water volumes for years (2000 – 2004) , where tests showed conformity (average, standard deviation, autocorrelation coefficient, density analysis) and there is a match between the predicted values with historical values.

المقدمة :

ان من اهم عناصر التطوير لطرق البحث والتحليل والدراسة للمشاكل المائية هي المعلومة الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية ، ولاسيما اذا ماتعلقت بالتنبؤ بالمستقبل. وينظر الى المعلومة في الوقت الحاضر على انها عصب واساس أي بحث علمي سليم يحاول ان يضع حولا ماثالية للمشاكل المائية في أي منطقة من العالم، لذلك فان المعلومة تعتبر العامل الاساسي والركيزة التي يعتمد عليها اتخاذ القرار السليم على المستويين التنفيذي والاداري.

ان تصميم وتشغيل مشاريع الموارد المائية ولاسيما السدود يعتمد بشكل رئيس على التنبؤات باحجام المياه الواردة المتوقع حصولها مستقبلا وبالنظر لصعوبة التنبؤ باحجام هذه المياه لاغلب الانهار فان غالبية المصممين والمهندسين يفضلون اعتماد السلاسل الزمنية لاحجام هذه المياه [1] .

يعتمد كل من التخطيط الاقتصادي والاداري على دراسة توقعات المستقبل ، لذا اهتمت كثير من الدراسات بدراسة السلسلة الزمنية لان كثيرا من الظواهر اذا ما درست لعدد من السنوات او الاشهر امكن معرفة طبيعة التغيرات التي ستطرأ عليها والتنبؤ بما سيحدث لها من تغير في المستقبل على ضوء ما حدث في الماضي. ويمكن تعريف السلسلة الزمنية بكونها مجموعة من المشاهدات مرتبة وفق حدوثها في الزمن كالسنين او الفصول او الأشهر او الايام او اية وحدة زمنية ، فهي بذلك عبارة عن سجل تاريخي يتم اعتماده لبناء التوقعات المستقبلية.

ان عملية تحليل السلسلة الزمنية تعني تفسير البيانات للتعرف على مكوناتها الاربعة ثم توجيهها نحو الامام ، وتسمى عملية التعرف على المكونات الاربعة للسلسلة الزمنية بعملية تفكيك البيانات وتشمل هذه المكونات الاربعة على ما يلي : [2 , 3 , 4]

- 1- الاتجاه (Trend) (T) : وهو الحركة الى الاعلى او الى الاسفل للبيانات بالنسبة للزمن.
- 2- الموسمية (Seasonality) (S) : هذا هو النمط من تغير حجم المياه الذي يحدث كل عام ، أي ان نفس النمط الموسمي يكرر نفسه كل عام على مدى الزمن.
- 3- الدورات (Cycles) (C) : وهي ذبذبات طويلة المدى حول خط النزعة وقد تكون او لا تكون على فترات ، بمعنى انها قد تتبع او لا تتبع نفس الخط بعد كل فترة زمنية متساوية.
- 4- التغيرات العشوائية (Irregular component) (I) : وهي طفرات في البيانات تسببها الصدفة والمواقف غير العادية.

ويوجد نوعان من الشكل العام لنماذج السلسلة الزمنية هما النموذج الضربي (Multiplication-Model) والموضح في المعادلة (1) التالية ، والنموذج الجمعي (Additive-Model) والموضح في المعادلة (2) التالية. ويعتبر النموذج الضربي او التعددي هو اكثر هذه الاشكال استخداما [4 , 5 , 6] .

$$Y_t = T * S * C * I \quad \text{----- (1)}$$

$$Y_t = T + S + C + I \quad \text{----- (2)}$$

Y_t = قيمة الظاهرة عند الزمن (t) .

لقد عمل العديد من الباحثين في مجال توليد السلاسل الزمنية واستخدامها في التنبؤ بالمستقبل فالباحث د. باسل واخرون [4] قاموا بعمل سلسلة زمنية لدرجات الحرارة واستخدامها في التنبؤ لعشر سنوات قادمة. وقام الباحثان Sharma and Bhatia [5] بتحليل السلاسل الزمنية للمعاملات المصرفية الهندية والتنبؤ بها باستخدام نموذجين هما التفسير المتعدد للسلاسل الزمنية ونموذج (ARIMA) واطهرت النتائج دقة النموذجين في التنبؤ وان نموذج التفسير المتعدد للسلاسل الزمنية يتفوق على نموذج (ARIMA) .

وقد تم اعتماد النموذج الضربي (Multiplication-Model) في هذا البحث بسبب عدم ثبوت المعدل والانحراف المعياري للسلسلة في وحدة الزمن والتي في حالة ثبوتها يتم اخذ النموذج الجمعي بنظر الاعتبار [4] .

لذلك فان الهدف من البحث هو تحليل السلسلة الزمنية التاريخية لاحجام المياه الواردة الى خزان سد الموصل بطريقة التفسير المتعدد للسلاسل الزمنية للحصول على سلسلة اصطناعية ، واستخدام هذه السلسلة في التنبؤ بالمستقبل استنادا الى ما حصل في الماضي للحصول على المعلومات الهيدرولوجية المستقبلية لاحجام المياه الواردة الى خزان سد الموصل للاستفادة منها في التطبيقات الهيدرولوجية.

تشكيل السلسلة الزمنية الشهرية لأحجام التصريف :

تم جمع وتنظيم بيانات احجام المياه الشهرية الواردة الى خزان سد الموصل ولمدة (15) سنة مضروبة في (12) شهر وبالتالي الحصول على سلسلة زمنية مكونة من (180) قيمة لأحجام المياه الشهرية. ولغرض الحصول على السلسلة الزمنية الاصطناعية تم استخدام طريقة التكسير المتعدد للسلاسل الزمنية.

وفي هذه الطريقة استخدم النموذج الضربي في المعادلة (1) ، حيث يقوم هذا النموذج بتفكيك وتكسير السلسلة الزمنية الى مكونين اثنين هما :

1- المكون الموسمي.

2- الاتجاه العام.

ولا يأخذ مكون الدورات والمكون العشوائي بنظر الاعتبار ، وبحسب التنبؤ بحاصل ضرب مكون للاتجاه العام مع المكون الموسمي فيكون النموذج التنبؤي في هذه الحالة كما في المعادلة التالية :

$$Y_t = T * S \quad \text{----- (3)}$$

ويتم اجراء الحسابات في هذه الطريقة كما يلي : [2]

1- حساب الادلة الموسمية وكما يلي :

أ- يتم تمهيد الذبذبات في البيانات الشهرية وذلك بحساب المتوسط المتحرك المركزي (Centered Moving Average) (وذلك للحصول على حسابات ادق للادلة الموسمية) ولعدد معين من عناصر السلسلة الزمنية وفي البحث الحالي تم اعتماد (12) شهر.

ب- يلي ذلك حساب النسبة الموسمية لكل شهر بقسمة بيانات السلسلة التاريخية لذلك الشهر على المتوسط المتحرك المركزي المستخرج من الخطوة (أ) اعلاه.

ج- ثم يتم حساب كل دليل موسمي لكل شهر من السنة كمتوسط لجميع النسب الموسمية المستخرجة في الخطوة (ب) اعلاه لذلك الشهر ولجميع السنوات.

2- يتم حساب احجام التصريف غير الموسمية لكل شهر بقسمة بيانات السلسلة التاريخية لكل شهر على الدليل الموسمي (Seasonal index) لذلك الشهر (حيث يكون للسلسلة دليل موسمي واحد يحوي على 12 قيمة موزعة على 12 شهر تتكرر كل سنة).

3- حساب معادلة الاتجاه العام غير الموسمية :

باستخدام البيانات غير الموسمية المستخرجة من الخطوة (2) اعلاه واعتبارها المتغير التابع (Y) وان عدد الفترات الزمنية لعدد الاشهر (180) كمتغير مستقل (X) ، يتم ايجاد معادلة افضل خط مستقيم يمر بالنقاط باستخدام طريقة المربعات الصغرى حيث يكون المسقط الناتج على المحور (Y) هو (a) والميل لهذا الخط المستقيم هو (b) فتكون المعادلة كما يلي :

$$Y = a + b.X \quad \text{----- (4)}$$

4- حساب قيمة التنبؤ وكما يلي :

أ- يتم استخدام معادلة الاتجاه العام الغير موسمية (4) في حساب قيمة التنبؤ لأحجام التصريف غير الموسمية لكل شهر. ب- تضرب التنبؤات غير الموسمية في الخطوة (أ) اعلاه في الادلة الموسمية المناسبة للحصول على التنبؤات الموسمية لكل شهر.

تطبيق طريقة التكسير المتعدد على بيانات السلسلة الزمنية التاريخية لأحجام المياه الشهرية الواردة الى خزان سد الموصل :

تم اجراء الحسابات والحصول على السلسلة الزمنية الاصطناعية باستخدام بيانات السلسلة التاريخية بعد تحويلها بحيث تتبع التوزيع الطبيعي. حيث عند فحص بيانات السلسلة التاريخية باستخدام برنامج (Minitab) وجد بانها لا تتبع التوزيع الطبيعي وكما مبين في الشكل (1) ، ولذلك تم اجراء تحويل على بيانات السلسلة الزمنية التاريخية وجعلها تتبع التوزيع الطبيعي. ولاجراء هذا التحويل تم استخدام طريقة (Box-Cox) والتي يمكن تمثيلها بالمعادلة التالية : [1]

$$Nt = \frac{Y_t^\lambda - 1}{\lambda} \quad \text{----- (5)}$$

$$Nt = \text{Log } Yt \quad \text{if } \lambda = 0 \quad \text{----- (6)}$$

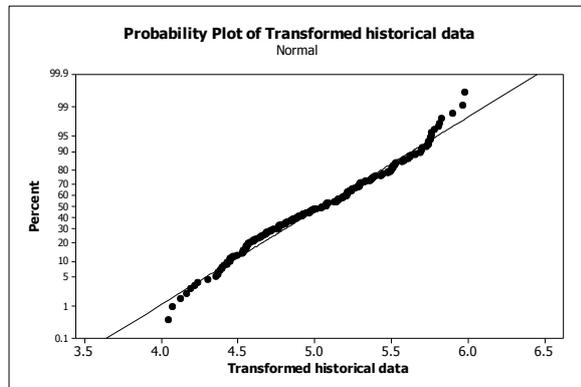
حيث ان :

Nt = قيم السلسلة الزمنية المرصودة بعد تحويلها الى التوزيع الطبيعي.
 λ = قيمة معامل (Box-Cox) التي تجعل قيمة معامل الالتواء (skewness) للسلسلة الجديدة مساويا الى الصفر وتتراوح قيمته بين (-1 , +1).

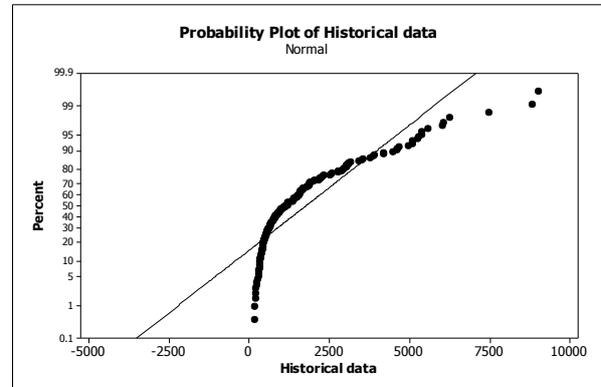
و عند تحويل السلسلة بحيث تتبع التوزيع الطبيعي وبناء الانموذج الملائم واستخدامه في التنبؤ يتم استخدام المعادلة التالية للحصول على السلسلة التنبؤية الصحيحة :

$$Yt = (\lambda * Nt + 1)^{1/\lambda} \quad \text{----- (7)}$$

وفي هذا البحث كانت قيمة (λ) المعتمدة هي (-0.1).
 وتم اجراء التحويل المناسب على بيانات السلسلة التاريخية والحصول على السلسلة الزمنية الجديدة والتي تتبع التوزيع الطبيعي حيث عند فحص بيانات السلسلة التاريخية الجديدة المحولة الى التوزيع الطبيعي باستخدام برنامج (Minitab) وجد بانها تتبع التوزيع الطبيعي وكما مبين في الشكل (2).



شكل (2) السلسلة بعد التحويل



شكل (1) السلسلة قبل التحويل

وتم اجراء الحسابات والحصول على السلسلة الزمنية الاصطناعية باستخدام بيانات السلسلة التاريخية بعد اجراء تحويل عليها بحيث تتبع التوزيع الطبيعي وتم ذلك بتطبيق طريقتين وكما يلي :

1 - الطريقة الاعتيادية : في هذه الطريقة تم اجراء الحسابات لبيانات السلسلة التاريخية المحولة الى التوزيع الطبيعي والحصول على السلسلة الزمنية الاصطناعية بالاعتماد على الخطوات الموضحة اعلاه في طريقة التكسير المتعدد للسلاسل الزمنية كما هي ، وكانت النتائج كما موضحة في الشكل (3).

وتم تحديد الدقة الكلية لنموذج السلسلة الزمنية الاصطناعية الناتج من استخدام هذه الطريقة عن طريق مقارنة قيمها مع قيم السلسلة التاريخية ، وذلك باستخدام مقياس متوسط نسبة الخطأ المطلق (MAPE) Mean Absolute Percent Error ، حيث ان المشكلة مع كل من مقياس (MAD) و (MSE) هي ان قيمة كل منهما تعتمد على مقدار الشئ الذي يتم التنبأ به ، فاذا كان هذا الشئ يقاس بالالاف فان كلا من الانحراف المتوسط المطلق (MAD) والخطأ المربع المتوسط (MSE) يكون كبير القيمة جدا. ولتجنب هذه المشكلة تم اللجوء الى استخدام مقياس (MAPE) ، ويحسب الاخير كمتوسط للفروق المطلقة بين القيمتين الحقيقية والمتنبأ بها معبرا عنه كنسبة مئوية من القيمة الحقيقية ، فاذا تم القيام بالتنبؤ لقيم حقيقية عند الفترات التي عددها (Z) والتي تساوي في البحث الحالي (180) فان MAPE يحسب من المعادلة التالية : [2]

$$MAPE = \sum_{t=1}^Z \left[\frac{|At - Ft|}{At} \right] / Z \quad \text{----- (8)}$$

حيث ان :

At = القيمة الحقيقية.

Ft = قيمة التنبؤ.

سعيد: تحليل السلسلة الزمنية لأحجام المياه الواردة الى خزان سد الموصل من نهر دجلة واستخدامها للتنبؤ

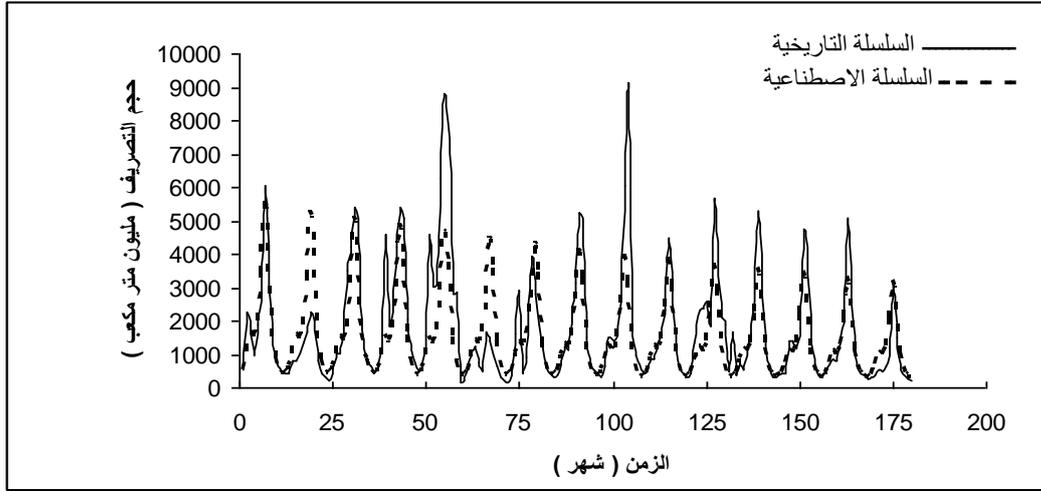
حيث اظهرت النتائج المستحصلة في هذه الطريقة بان قيمة مقياس الخطأ MAPE (% 39). وكانت معادلة الاتجاه العام للبيانات الغير موسمية والموضحة صيغتها في المعادلة (4) لهذه الطريقة كما يلي :

$$Y = 5.163 - 0.0013X \quad (9)$$

وكانت قيم الدليل الموسمي كما موضحة في الجدول (1) التالي :

جدول (1) الدليل الموسمي

| Sep. | Aug. | Jul. | Jun. | May. | Apr. | Mar. | Feb. | Jan. | Dec. | Nov. | Oct. |
|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.882 | 0.897 | 0.96 | 1.02 | 1.101 | 1.121 | 1.079 | 1.031 | 1.005 | 1.017 | 0.974 | 0.907 |



شكل (3) السلسلة الزمنية الاصطناعية بالطريقة الاعتيادية مقارنة مع السلسلة التاريخية

2- الطريقة المعدلة : في هذه الطريقة تم اجراء تعديل على السلسلة الزمنية الاصطناعية المستخرجة من الطريقة الاعتيادية اعلاه وذلك للتقليل من مقدار مقياس الخطأ MAPE والذي كان (% 39). وتضمن هذا التعديل محاولة الاخذ بنظر الاعتبار تأثير المكونين الاخرين وهما (الدورات والتغيرات العشوائية) (C.I) (والذين يتم اهمالهم في طريقة التفسير المتعدد للسلاسل الزمنية الاعتيادية وكما موضح سابقا في المعادلة (3)) وذلك بايجاد قيم هذين المكونين لكل شهر وضربها بقيم السلسلة الزمنية الاصطناعية المستخرجة بالطريقة الاعتيادية السابقة. ولتحقيق ذلك تم في هذه الطريقة فصل قيم المكونين (C.I) معا من السلسلة الزمنية التاريخية والحصول على قيم هذين المكونين (C.I) لكل شهر كما موضح في الشكل (4) وحيث ان نمط تغير هذين المكونين لا يتكرر كل سنة مثل المكون الموسمي لذلك يصعب ايجاد دليل ثابت لهذين المكونين كالدليل الموسمي ، ولهذا السبب ولغرض الحصول على قيم تعبر عن هذين المكونين واستخدامها في التنبؤ تم ايجاد صيغة رياضية تعبر عن قيم تغير هذين المكونين على طول السلسلة الزمنية المحولة الى التوزيع الطبيعي عن طريق اجراء اختصار التراجع على القيم الحقيقية لهذين المكونين والموضحة في الشكل (4) باستخدام برنامج (Sigmaplot 11) وبالتالي التوصل الى افضل معادلة تصف تغير هذين المكونين على طول السلسلة الزمنية التاريخية المحولة الى التوزيع الطبيعي وهي من نوع (Wave equation) والتي تسمى (Sin , 4 Parameters) والتي اعطت احسن قيمة لمعامل التحديد ($R^2 = 0.18$) والتي صيغتها كما يلي :

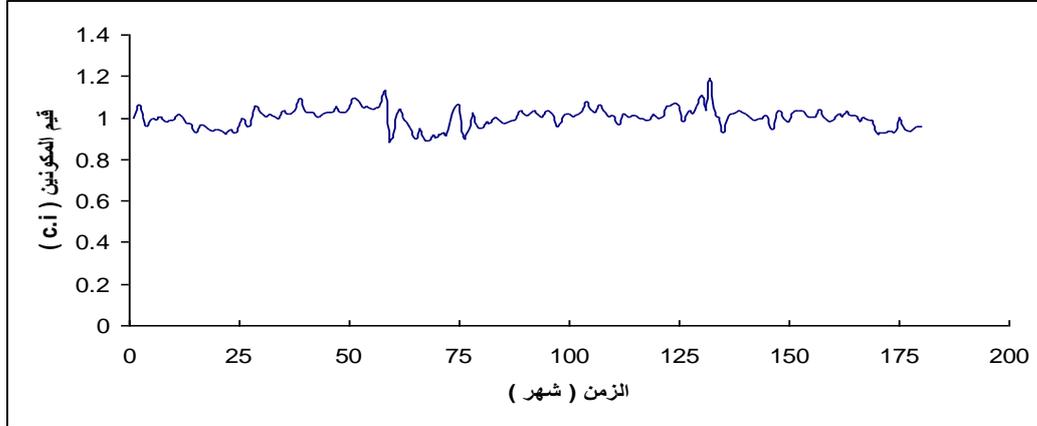
$$Y = y_0 + a \sin\left(\frac{2\pi x}{b} + c\right) \quad (10)$$

حيث ان :

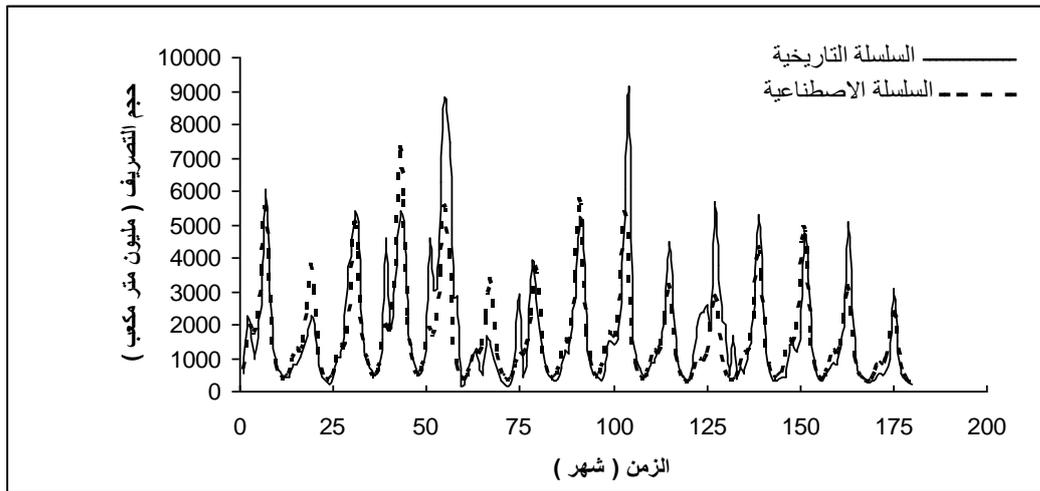
$$a = 0.02752 , b = 51.71 , c = 2.39 , y_0 = 1.003$$

وباستخدام قيم Y المستخرجة من المعادلة (10) باستخدام الثوابت اعلاه والتي تمثل قيم المكونين (C.I) التقريبية وضربها بقيم السلسلة الزمنية الاصطناعية المستخرجة بالطريقة الاعتيادية السابقة والموضحة نتائجها بالشكل (3) يتم الحصول على قيم السلسلة الزمنية الاصطناعية المعدلة لبيانات السلسلة التابعة للتوزيع الطبيعي. وكانت النتائج كما

موضحة في الشكل (5) ، حيث اعطت النتائج المستحصلة في هذه الطريقة افضل قيم للسلسلة الزمنية الاصطناعية مقارنة مع الطريقة الاعتيادية تمثل بنقصان قيمة مقياس الخطأ MAPE ليصبح اقل مايمكن وهو (32 %) .
ولذلك تم اعتماد هذه الطريقة المعدلة في التنبؤ بقيم السلسلة الزمنية الاصطناعية الشهرية في هذا البحث.



شكل (4) بيانات لقيم المكونات (C.I)



شكل (5) السلسلة الزمنية الاصطناعية بالطريقة المعدلة مقارنة مع السلسلة التاريخية

طريقة فصل قيم المكونات (C.I) من السلسلة التاريخية :

1- ازالة الاثر الموسمي من البيانات : يتم تعديل البيانات وذلك بقسمة كل عنصر في البيانات التاريخية على الدليل الموسمي للشهر المقابل له. عندها يتم الحصول على :

$$Y_t / S = T.C.I \quad \text{----- (11)}$$

2- تخلص البيانات من اثر النزعة (الاتجاه) : يتم استبعاد اثر الاتجاه من البيانات بقسمة كل قيمة مستخرجة من الخطوة (1) اعلاه على قيمة الاتجاه المقابل لكل شهر فيتم الحصول على قيمة المكونات (C.I) وكما موضح في المعادلة التالية :

$$Y_t / S.T = C.I \quad \text{----- (12)}$$

خطوات التنبؤ بقيم السلسلة الزمنية الاصطناعية لبيانات احجام المياه الشهرية الواردة الى خزان سد الموصل باستخدام طريقة التكسير المتعدد للسلاسل الزمنية المعدلة :

- 1- تحويل بيانات السلسلة الزمنية التاريخية الى التوزيع الطبيعي اذا كانت لا تتبع التوزيع الطبيعي.
- 2- حساب الدليل الموسمي لبيانات السلسلة التي تتبع التوزيع الطبيعي كما مبين سابقا. وفي هذا البحث تم استخدام الدليل الموسمي الموضحة نتاجه في الجدول (1).
- 3- حساب احجام المياه الواردة غير الموسمية لكل شهر بقسمة بيانات السلسلة الزمنية التاريخية التابعة للتوزيع الطبيعي لكل شهر على الدليل الموسمي لذلك الشهر.
- 4- حساب معادلة الاتجاه العام للبيانات غير الموسمية المستخرجة في الخطوة (3) اعلاه. وكانت المعادلة في هذا البحث كما موضحة في المعادلة (9).
- 5- يتم حساب قيمة التنبؤ كما يلي :
- أ- يتم استخدام معادلة الاتجاه العام للبيانات غير الموسمية (معادلة (9) في هذا البحث) في حساب قيمة التنبؤ لاجسام المياه الواردة غير الموسمية لكل شهر.
- ب- تضرب التنبؤات غير الموسمية في الخطوة (أ) اعلاه في الادلة الموسمية للحصول على التنبؤات الموسمية لكل شهر.
- 6- يتم ايجاد القيم التقريبية للمكونين (C.I) باستخدام صيغة المعادلة التي تعبر عن نمط تغير هذين المكونين على طول السلسلة. وفي هذا البحث كانت من نوع (Wave equation) والتي تسمى (Sin , 4 Parameters) والتي اعطت احسن قيمة لمعامل التحديد ($R^2 = 0.18$) وبنفس صيغة المعادلة (10) السابقة وقيم الثوابت كما يلي :

$$a = 0.02752 , b = 51.71 , c = 2.39 , y_0 = 1.003$$

- 7- تضرب قيم التنبؤات الموسمية المستخرجة في الخطوة (5) اعلاه لكل شهر مع القيم التقريبية للمكونين (C.I) المستخرجة في الخطوة (6) اعلاه للشهر نفسه.
- 8- في حالة كون السلسلة محولة الى التوزيع الطبيعي يتم استخدام المعادلة (7) للحصول على السلسلة التنبؤية الصحيحة في حالة استخدام طريقة (Box-Cox).

وتم اجراء التنبؤ للسلسلة الزمنية الاصطناعية بالطريقة اعلاه لمدة (5) سنة مضروبة في (12) شهر والحصول على سلسلة تنبؤية شهرية لاجسام المياه الواردة الى خزان سد الموصل وللاعوام من (2000) الى (2004) ، وكانت النتائج كما موضحة في الجدول (2) التالي :

جدول (2) السلسلة التنبؤية الشهرية لاجسام المياه ($m^3 * 10^6$) الواردة الى خزان سد الموصل وللاعوام من (2000) الى (2004)

| السنوات | | | | | الاشهر |
|---------|------|------|------|------|--------|
| 2004 | 2003 | 2002 | 2001 | 2000 | |
| 282 | 320 | 437 | 431 | 329 | Oct. |
| 508 | 565 | 811 | 832 | 612 | Nov. |
| 761 | 818 | 1214 | 1307 | 941 | Dec. |
| 693 | 713 | 1045 | 1173 | 861 | Jan. |
| 902 | 890 | 1318 | 1556 | 1144 | Feb. |
| 1476 | 1386 | 2101 | 2642 | 1930 | Mar. |
| 2320 | 2061 | 3161 | 4252 | 3124 | Apr. |
| 1947 | 1659 | 2435 | 3374 | 2604 | May |
| 903 | 759 | 1025 | 1396 | 1160 | Jun. |
| 528 | 439 | 558 | 752 | 660 | Jul. |
| 312 | 258 | 310 | 411 | 379 | Aug. |
| 278 | 227 | 264 | 352 | 336 | Sep |

فحوصات المطابقة :

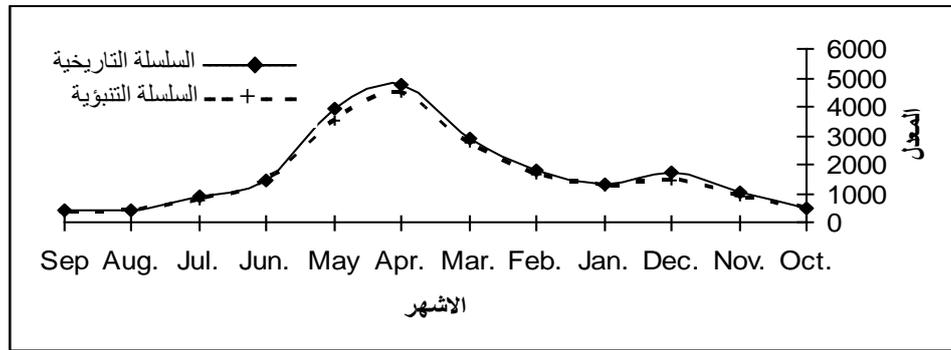
تم اجراء فحوصات المطابقة ما بين بيانات السلسلة الزمنية التاريخية للسنوات المائتية (1999- 1985) وبيانات السلسلة الاصطناعية المنتبأ بها بالطريقة المعدلة للسنوات المائتية المياه الشهرية والموضحة نتائجها في الجدول (2) وكما يلي: [8 , 6 , 4]

1- المعدل (\bar{X}) :

حيث تم حساب المعدل من القانون التالي :

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N} \quad \text{----- (13)}$$

وقد تم حساب قيم المعدل لكل من القيم التاريخية والمنتبأ بها للفترة الزمنية المحددة (12) شهر. حيث كانت النتائج بين القيم التاريخية والمنتبأ بها متطابقة وكما مبين في الشكل (6) ونتائج الفحص الاحصائي (t - test) في فقرة المناقشة التالية.



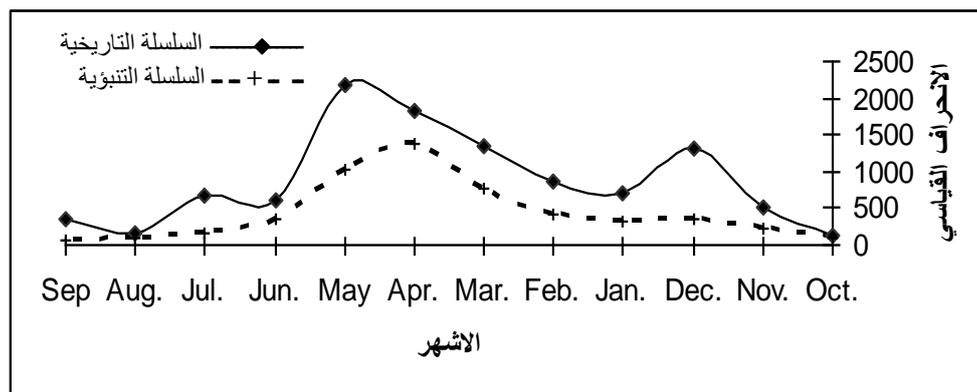
شكل (6) العلاقة بين معدل البيانات التاريخية والمنتبأ بها لاحجام المياه الواردة

2 - الانحراف القياسي (S.d) :

وهو مقياس لمدى التشتت لاحجام المياه الواردة عن معدلاتها ويحسب من القانون التالي:

$$S.d = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad \text{----- (14)}$$

وكانت النتائج كما موضحة في الشكل (7).



شكل (7) العلاقة بين الانحراف القياسي للبيانات التاريخية والمنتبأ بها لاحجام المياه الواردة

3- معامل الارتباط الذاتي (Auto correlation function) (r_k) :

يعتبر من الدوال الاساسية المستخدمة في تحديد الارتباط بين القيم الحالية والسابقة بازاحة محددة تصل الى رقم مساوي الى (0.1) من طول السلسلة ويمكن منه تشخيص المعدل للسلسلة الزمنية وهو رقم بدون وحدات وتتراوح قيمته

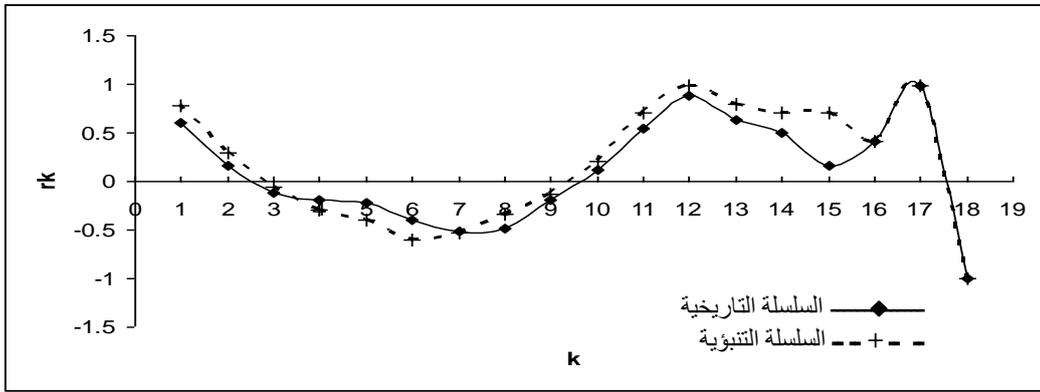
بين (+1 , -1) حيث اذا اقترب المعامل من (+1) فان ذلك يدل على ان هناك ارتباطا قويا اما اذا كانت قيم معامل الارتباط تساوي صفر فان السلسلة تعتبر عشوائية والمعادلة العامة لحساب معامل الارتباط الذاتي هي كما يلي :

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{N-K} (X_i - \bar{X})(X_{i+k} - \bar{X}_{i+k})}{\left[\sum_{i=1}^{N-K} (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^{N-K} (X_{i+k} - \bar{X}_{i+k})^2 \right]^{1/2}} \quad (15)$$

حيث ان :

r_k = معامل الارتباط الذاتي لازاحة محددة (k) والتي تحسب من العلاقة ($k = 0.1 N$).

وفي هذا البحث كانت قيمة ($N = 180$) وعليه تكون قيمة ($k = 18$). وكانت النتائج كما موضحة في الشكل (8) الذي يشير الى وجود تقارب وتطابق بين القيم التاريخية والمنتبأ بها.



شكل (8) العلاقة بين معامل الارتباط الذاتي للبيانات التاريخية والمنتبأ بها

4 - تحليل كثافة الطيف (Density spectrum analysis) :

يعتبر من التحليلات المهمة في اختبار المطابقة بين القيم التاريخية والمنتبأ بها لاجسام المياه ولترددات تتراوح بين (0.5 - 0) وقد اختيرت هذه الفترة لان التطابق اما يظهر فيها او لا يظهر بعدها [9] وتحسب كثافة الطيف باستخدام العلاقة التالية :

$$r(f) = 2 \left[1 + 2 \sum_{k=1}^n D_k r_k \cos 2\Pi f_k \right] \quad (16)$$

$$D_k = \frac{1 + 2 \cos 2\Pi f_k}{2} \quad (17)$$

حيث ان :

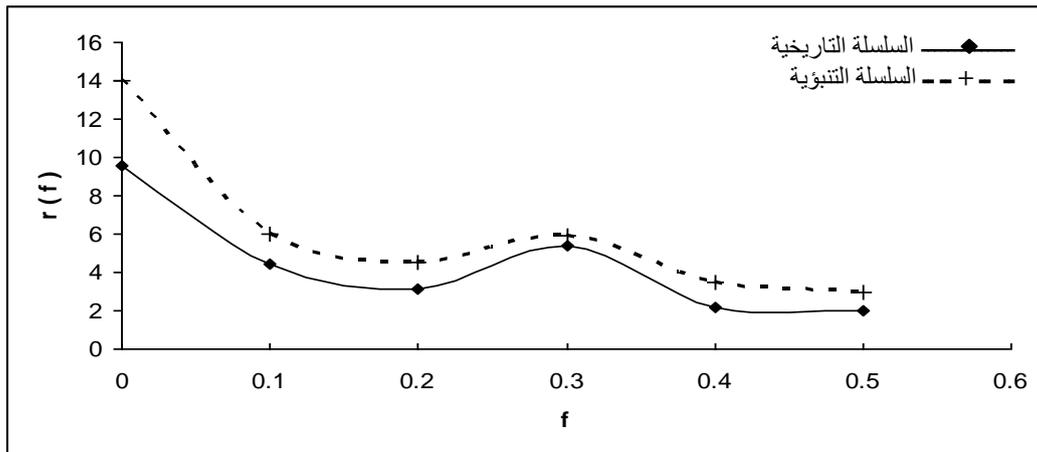
$r(f)$ = كثافة الفيض بتردد f .

n = اعظم تخلف الذي تحسب فيه r_k .

D_k = كمية ثابتة.

f_k = التردد وتتراوح قيمته بين (0.5 - 0).

وببين الشكل (9) كثافة الطيف لكل من البيانات التاريخية والمنتبأ بها لاجسام التصاريف الشهرية.

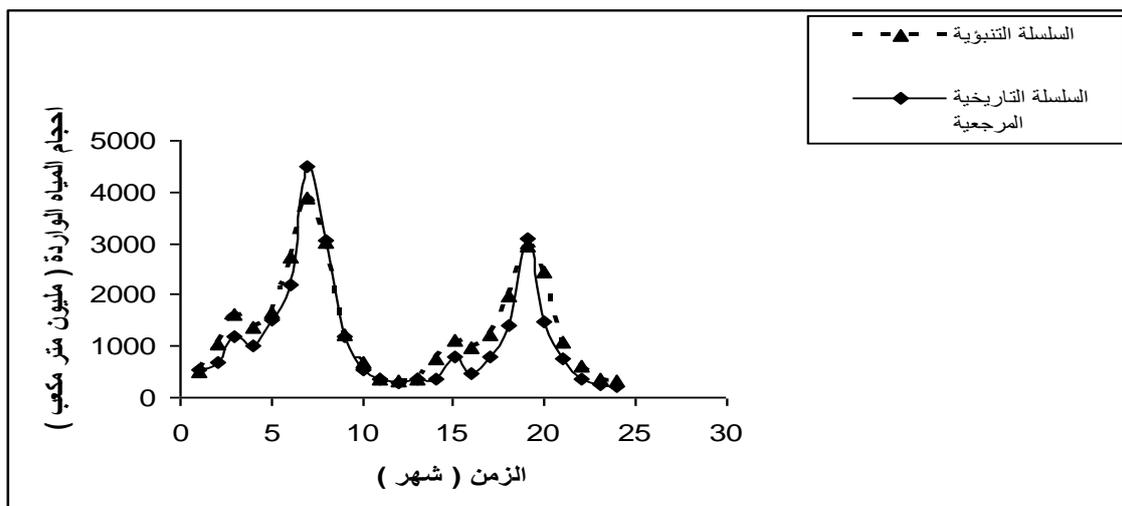


شكل (9) العلاقة بين دالة كثافة الطيف للبيانات التاريخية والمتنبأ بها لاحجام المياه الواردة

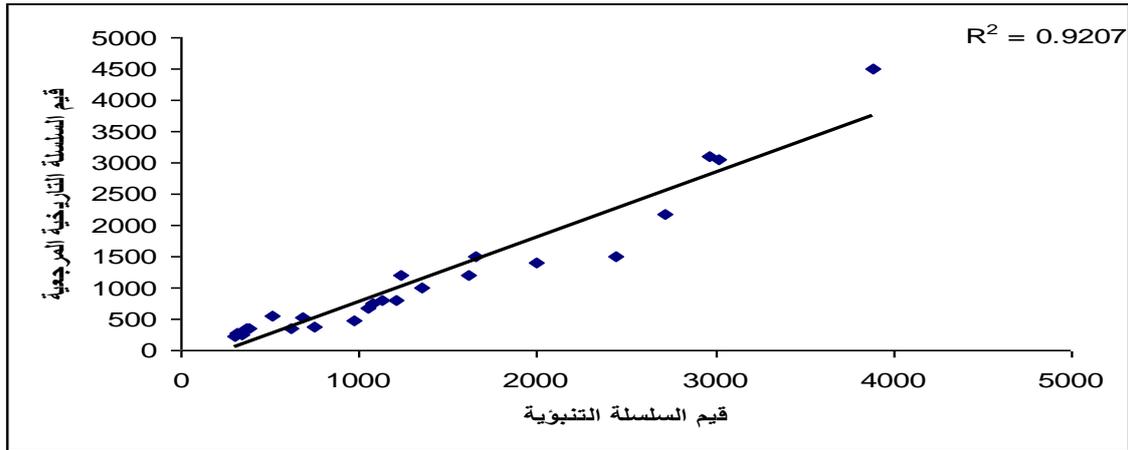
فعالية الطريقة المعدلة في هذا البحث في التنبؤ بالمستقبل :

لغرض فحص مدى فعالية السلسلة الزمنية المستخرجة بواسطة الطريقة المعدلة في هذا البحث في التنبؤ بالمستقبل تم اقتطاع البيانات لآخر سنتين من السلسلة التاريخية للاعوام (1998 – 1999) أي لآخر (24) شهر من السلسلة التاريخية واعتبارها كبيانات مرجعية لغرض استخدامها في المقارنة ، واعتماد بيانات احجام المياه الواردة لـ (13) سنة من السلسلة أي (156) شهر كبيانات مرصودة تاريخية للاعوام (1985 – 1997) واستخدامها في التنبؤ لسنتين قادمتين (24) شهر باستخدام الطريقة المعدلة في هذا البحث ومقارنتها مع البيانات التاريخية المرجعية لنفس العامين (1998 – 1999) والتي تم اقتطاعها من السلسلة الاصلية.

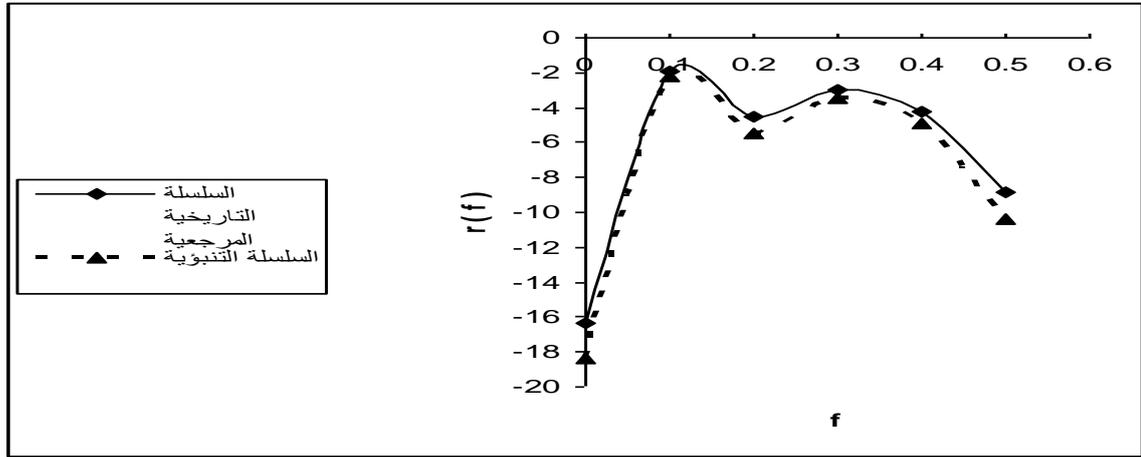
اظهرت النتائج تطابقا ملموسا بين البيانات المتنبأ بها باستخدام الطريقة المعدلة في هذا البحث مع البيانات التاريخية المرجعية للاعوام (1998 – 1999) تمثل بمقياس خطأ مطلق (MAPE) (34%) ومعامل تحديد ($R^2 = 0.9207$) بالاضافة الى اجراء الفحص الاحصائي المتمثل بفحص مربع كاي (χ^2) لكثافة الطيف للقيم المتنبأ بها مع القيم التاريخية المرجعية حيث كانت قيمة مربع كاي (χ^2) المحسوبة (0.855) اصغر من قيمة مربع كاي (χ^2) الجدولية (11.071) عند مستوى دلالة (5%) والتي تعني وجود تطابق في كثافة الطيف للقيم المتنبأ بها مع القيم التاريخية المرجعية والتي تشير الى مدى فعالية هذه الطريقة في التنبؤ بالمستقبل. وكما موضح في الاشكال التالية :



شكل (10) السلسلة التنبؤية للاعوام (1998 – 1999) مقارنة مع السلسلة التاريخية المرجعية



شكل (11) قيمة معامل التحديد R^2



شكل (12) العلاقة بين دالة كثافة الطيف للبيانات التاريخية والمرجعية والمنتبأ بها لاحجام المياه الواردة

المناقشة :

تقسم النماذج المستخدمة في التنبؤ الى ثلاث مجموعات وهي :

1 - النماذج الكيفية. 2 - نماذج السلاسل الزمنية. 3 - النماذج اللانظامية.

وبالنسبة للنوع الثاني وهي نماذج السلاسل الزمنية تفترض هذه النماذج ان ما سوف يحدث في المستقبل هو دالة لما حدث في الماضي. وتعبير اخر ، فان نماذج السلاسل الزمنية تنظر الى ما حدث على مدار فترة زمنية ثم تستخدم البيانات المتعلقة بتلك الفترة الماضية لاجراء عملية التنبؤ بالمستقبل ولاي فترة زمنية ، ومن هذه النماذج هو نموذج التكسير المتعدد للسلاسل الزمنية [2] والمستخدم في هذا البحث.

تم اعتماد بيانات السلسلة التاريخية لاحجام المياه الواردة الى خزان سد الموصل للفترة من (1985 - 1999) بعد تحويلها بحيث تتبع التوزيع الطبيعي ، حيث تم تحليل هذه السلسلة الزمنية الى مكوناتها والحصول على السلسلة الاصطناعية واستخدامها في التنبؤ باستخدام نموذج التكسير المتعدد للسلاسل الزمنية وبعتماد طريقتين (الطريقة الاعتيادية والطريقة المعدلة) واطهرت النتائج تاثر قيم احجام المياه الشهرية الواردة الى خزان سد الموصل بمكوني الدورات والعشوائية (C.I) بالاضافة الى تاثرها بمكوني الاتجاه والموسمية (T.S) واتضح ذلك في التحسن بقيمة مقياس الخطأ (MAPE) في حالة استخدام الطريقة المعدلة في هذا البحث والتي تاخذ بنظر الاعتبار قيم المكونين (الدورات والعشوائية) حيث تحسن مقياس الخطأ من (39%) للطريقة الاعتيادية الى (32%) للطريقة المعدلة.

اظهرت فحوص المطابقة (المعدل ، الانحراف القياسي ، معامل الارتباط الذاتي ، تحليل كثافة الطيف) وجود تطابق بين القيم المتنبأ بها مع القيم التاريخية ، وهذا واضح من ملاحظة الاشكال (6 , 7 , 8 , 9) التي تظهر تقارب وتطابق في مسار القيم المتنبأ بها مع القيم التاريخية بالإضافة الى اجراء الفحص الاحصائي المتمثل بفحص مربع كاي (χ^2) لكثافة الطيف للقيم المتنبأ بها مع القيم التاريخية حيث كانت قيمة كاي مربع (χ^2) المحسوبة (2.4) اصغر من قيمة مربع كاي (χ^2) الجدولية (11.071) عند مستوى دلالة (5%) والتي تعني وجود تطابق في كثافة الطيف للقيم المتنبأ بها مع القيم التاريخية. وكذلك تم اجراء فحص (t) (t-test) لمعدل القيم الشهرية المتنبأ بها والقيم التاريخية ولفترة تنبؤ من (1 - 5) سنة ، واطهرت النتائج وجود تطابق بين قيم المعدلات الشهرية المتنبأ بها للسنتين من (1 - 5) مع القيم التاريخية ، حيث كانت قيم (t) المحسوبة اصغر من قيم (t) الجدولية ولجميع السنين عند مستوى دلالة (5%) وكما موضح في الجدول (3) التالي :

جدول (3) نتائج فحص (t) (t-test) لمعدلات القيم الشهرية للسنتين (1 - 5)

| هل التطابق موجود | قيمة (t) الجدولية | قيمة (t) المحسوبة | الفترة التنبؤية (سنة) |
|------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| نعم | 1.782 | 0.5 | 1 |
| نعم | 1.697 | 0.526 | 2 |
| نعم | 1.68 | 0.506 | 3 |
| نعم | 1.67 | 0.443 | 4 |
| نعم | 1.658 | 0.4 | 5 |

وتبين نتائج فحص السلسلة ان الاتجاه العام للسلسلة سالب ، حيث اتجهت قيم احجام المياه الواردة الشهرية نحو التناقص بمرور الزمن خلال سنوات الدراسة.

الاستنتاجات :

1- اظهرت النتائج تآثر قيم احجام المياه الشهرية الواردة الى خزان سد الموصل بمكوني الدورات والعشوائية (C.I) بالإضافة الى تآثرها بمكوني الاتجاه والموسمية (T.S) واتضح ذلك في التحسن بقيمة مقياس الخطأ (MAPE) في حالة استخدام الطريقة المعدلة في هذا البحث والتي تاخذ بنظر الاعتبار قيم المكونين (الدورات والعشوائية) حيث تحسن مقياس الخطأ من (39%) للطريقة الاعتيادية الى (32%) للطريقة المعدلة.

2- اظهرت فحوص المطابقة (المعدل ، الانحراف القياسي ، معامل الارتباط الذاتي ، تحليل كثافة الطيف) وجود تطابق بين القيم المتنبأ بها مع القيم التاريخية ، وهذا واضح من ملاحظة الاشكال (6 , 7 , 8 , 9) التي تظهر تقارب وتطابق في مسار القيم المتنبأ بها مع القيم التاريخية بالإضافة الى اجراء الفحص الاحصائي المتمثل بفحص مربع كاي (χ^2) لكثافة الطيف للقيم المتنبأ بها مع القيم التاريخية حيث كانت قيمة كاي مربع (χ^2) المحسوبة (2.4) اصغر من قيمة كاي مربع (χ^2) الجدولية (11.071) عند مستوى دلالة (5%) والتي تعني وجود تطابق في كثافة الطيف للقيم المتنبأ بها مع القيم التاريخية. وكذلك تم اجراء فحص (t) (t-test) لمعدل القيم الشهرية المتنبأ بها والقيم التاريخية ولفترة تنبؤ من (1 - 15) سنة ، واطهرت النتائج وجود تطابق بين قيم المعدلات الشهرية المتنبأ بها للسنتين من (1 - 15) مع القيم التاريخية ، حيث كانت قيم (t) المحسوبة اصغر من قيم (t) الجدولية ولجميع السنين عند مستوى دلالة (5%) وكما موضح في الجدول (3) .

3- تبين نتائج فحص السلسلة ان الاتجاه العام للسلسلة سالب ، حيث اتجهت القيم نحو التناقص بمرور الزمن خلال سنوات الدراسة ، والتي تشير الى تناقص احجام المياه الواردة الى خزان سد الموصل مع الزمن.

4- اظهرت النتائج تطابقا ملموسا بين البيانات المتنبأ بها باستخدام الطريقة المعدلة في هذا البحث مع البيانات التاريخية المرجعية للاعوام (1998 - 1999) تمثل بمقياس خطأ مطلق (MAPE) (34%) ومعامل تحديد ($R^2 = 0.9207$) بالإضافة الى اجراء الفحص الاحصائي المتمثل بفحص مربع كاي (χ^2) لكثافة الطيف للقيم المتنبأ بها مع القيم التاريخية المرجعية حيث كانت قيمة مربع كاي (χ^2) المحسوبة (0.855) اصغر من قيمة مربع كاي (χ^2)

الجدولية (11.071) عند مستوى دلالة (5%) والتي تعني وجود تطابق في كثافة الطيف للقيم المتنبأ بها مع القيم التاريخية المرجعية والتي تشير الى مدى فعالية هذه الطريقة في التنبؤ بالمستقبل.

المصادر :

- 1 - فواز الماموسي ، " تقييم اداء بعض النماذج التصادفية في توليد التصاريح للانهار الموسمية والدائمة الجريان " ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة الموصل ، العراق ، 2007 .
- 2- باري رندر ، رالف ستير ، ناجراج بالاكريشان ، تعريب د.م. مصطفى مصطفى موسى ، " نمذجة القرارات وبحوث العمليات باستخدام صفحات الانتشار الالكترونية " ، دار المريخ للنشر ، الرياض ، السعودية ، 2007 .
- 3- د. عبدالرحمن بن محمد ، د. محمود محمد ابراهيم هندي ، " الاحصاء التطبيقي " ، شركة العبيكات للابحاث والتطوير ، الرياض ، السعودية ، 2007 .
- 4 - د. باسل خضر داؤد ، شذى حازم داؤد ، يسرى طه ، " مكونات السلسلة الزمنية لدرجات الحرارة في مدينة الموصل " ، مجلة هندسة الرافدين ، المجلد 16 ، العدد 2 ، جامعة الموصل ، العراق ، 2008 .
- 5 - Sharma S.A. and Baatia M.P.S. , " Short – term Transactions forecasting using time series analysis : A case study for India " , Advanced in information Mining , Vol. 4 , Issue 1 , 2012 , PP. 52 – 56.
- 6 - Mutrija , KN , " Applied Hydrology " , Tata Mc Graw – Hill company , New Dalhi , 1986.
- 7 - Peter Linde , " Seasonal Adjustment " , Statistics Denmark , 2005.
- 8 - د. خاشع محمود الراوي، " المدخل الى الاحصاء "، كلية الزراعة والغابات \ جامعة الموصل، 2000.
- 9 - Warner , R.M. " Spectral analysis of time series data , Guilford press , New York , NY , U.S.A. , 1998.
- 10 - Damrong Kulkamjorn , " Monthly energy forecasting using decomposition method with application of seasonal ARIMA " , 2005 International power engineering conference , 2005 , IVSL.
- 11 - Jianguange Deng , " Short-term forecasting using time series analysis : A case study for Singapore " , 2010 IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent systems , page 231 – 236 , 2010 , IVSL.
- 12 - Keith , W.H. , " Time series analysis in water resources " , American water Resources Association , Canada , 1985.
- 13 – Monica Sanwani and Prof.M. Vijayalakshmi , " Forecasting sales through time series clustering " , International journal of data Mining and Knowledge management process (IJDKP) , Vol. 3 , No. 1 , January 2