المجلة العراقية للعلوم الإحصائية (23) 2013
ص ص [51-74]

توفيق نموذج ديناميكي لعملية تصفية المياه في مدينة الموصل

د. ظافر رمضان مطر البدراني* عمر سالم ابراهيم الحيالي**

الملخص

في هذا البحث درست العملية الديناميكية لتصفية المياه في مدينة الموصل من خلال التعامل مع متغيرات الادخال والاخراج متمثلة ببعض الفحوصات التي تجري على الماء الخام قبل عملية التصفية لتتم معالجتها من خلال مراحل التصفية المتعددة ،وهذه الفحوصات هي التوصيل الكهربائي والعكورة والرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة ويتم اجراء نفس الفحوصات بعد التصفية للتاكد من مدى صلاحية الماء للاستخدام البشري ومدى كون هذه الفحوصات تقع ضمن المواصفات القياسية العراقية قبل اضافة الكلور. لقد تم من خلال دراسة عملية التصفية الديناميكية بناء اربعة نماذج لدالة التحويل بادخال منفرد للفحوصات الاربعة، ثم بناء نماذج دالة التحويل للفحوصات الاربعة كسلاسل ادخال متعددة قبل التصفية، بينما مثل كل فحص من الفحوصات الاربعة سلسلة الاخراج لوحده ومن ثم امكن الحصول على أربعة نماذج لدالة تحويل بمدخلات متعددة ومتغير اخراج واحد لملاحظة مدى تاثر متغير الاخراج المنفرد بمتغيرات الادخال المتعددة، واستخدام هذه النماذج بالتنبؤ ثم المقارنة بين نماذج الادخال المنفرد والادخال المتعدد باستخدام معايير ضبط دقة التنبؤ، واظهرت النتائج ان نموذج التوصيل الكهربائي والرقم الهيدروجيني للادخال المتعدد افضل من نتائج الادخال المنفرد وان نموذج العكورة للادخال المنفرد افضل من نتائج الادخال المتعدد وكذلك ظهر تشابه نتائج نموذج درجة الحرارة للادخال المنفرد والمتعدد.

* أستاذ / قسم الإحصاء والمعلوماتية / كلية علوم الحاسوب والرياضيات / جامعة الموصل
** مدرس مساعد / قسم الإحصاء والمعلوماتية / كلية علوم الحاسوب والرياضيات / جامعة الموصل

تاريخ استلام البحث 2012/8/26 ـــــــــــــــــــــــ تأريخ القبول 2012/10/22

Preparing a dynamic model for water filtering process in Mosul city

Abstract

In this research the scientific dynamic process is studied concering water filtering in Mosul city through employing the input and output variables represented by some tests which were performed on raw water before the filtering process, to be treated later through the numerous filtering stages.

The tests involved: the electrical conduction, turbidity, water PH, and water temperature The same tests were conducted after the filtering process to guarantee that water is good for human consumption and to guarantee the validity of these tests as well and also to ensure that these tests meet the Iraqi Standard specifications before adding the chlorine. Four models were constructed through this study concerning the dynamic filtering process of the transfer functions with a single input for the four tests. And then models were built for the four transfer functions as input multiple series before filtering. Each of the four tests represented the output series by itself and consequently four models of transfer functions were obtained with multiple inputs and a single output variable in order to observe the range of impact for the output variable with the multiple input variables and using these models in Forecasting and then comparing the single input models and the multiple input models by means of using the standards of Forecasting control accuracy. The results showed that the electrical conduction model and the multiple input PH value were better than the results of the single input and the turbidity model of single input was better in comparison with the results of the multiple input. In addition to that, results showed that the temperature model for the single and the multiple input are similar.

1- المقدمة:

يمكن تجميع طرائق التنبؤ في أسلوبين أساسيين أولهما نماذج السلاسل الزمنية (ARIMA) أحادية المتغير ويعتمد هذا النموذج على تحليل البيانات التاريخية التي يتم اخذها عن الظاهرة او المتغير قيد الدراسة بفرض تحديد نمط البيانات وبعد ذلك افتراض ان هذا النمط سيستمر في المستقبل لاعطاء التنبؤات المطلوبة دون ان تستعمل حزمة المعلومات المتوافرة لسلاسل زمنية اخرى مرتبطة بها ، اما النموذج الثاني فيستخدم متغيرات اخرى لوصف سلوك السلسلة، أي ان السلسلة ان تتاثر بقيم ماضيها فحسب بل تتاثر بقيم حاضر وماضي سلسلة زمنية اخرى ، ومثل

هكذا نماذج تسمى نماذج سلاسل زمنية متعددة المتغيرات (Multivariate Time Series Models) حيث انها تجمع بين خصائص ARIMA المنفردة وخصائص الانحدار المتعدد (Multivariate Regression) ويسمى النموذج الذي يصف العلاقة الديناميكية الفعالة بين هذه المتغيرات بنموذج دالة التحويل (Transfer Function Model).(شعراوي ,2005)(فاندل ,1983) (الحيالي ،2012) .

ونظرا لان المياه في اكثر دول العالم اصبحت تستحوذ على درجة كبيرة من العناية والاهتمام بعد ان اصبح توفير المياه بكميات مناسبة للاستخدامات اليومية امرا فيه الكثير من الصعوبة بسبب الضغوط المتزايدة التي تتعرض لها هذه المياه وخاصة المياه العذبة ومن هذه الضغوط مشكلة التلوث بكونها المشكلة الاهم التي تواجه البيئات المائية العذبة مما يتطلب بذل جهود حثيثة من اجل معالجتها(فهد وربيع ،2011) ولهذا فان الدراسة الحالية استهدفت دراسة عملية التصفية للماء الخام في مدينة الموصل من خلال نظام ديناميكي باستخدام نماذج دالة التحويل ومدى استيفاء الماء المصفى للمعايير الدولية لصلاحية الاستخدام البشري .

تطلق تسمية مياه الشرب جوازا على المياه التي تجهز من خلال شبكة الاسالة حيث يجب ان يكون ماء الشرب صافي اللون شفافا طيب المذاق وصحي الاستخدام أي لايسبب لشاربه المرض وقد ياتي الضرر من الاحياء المجهرية كما ان خصائص الماء ليست جميعها ضارة لا بل ان بعضها مفيد ويتكون الماء من مكونات عديدة ،غير ان وجود الاحياء المجهرية في الماء تسبب ضررا كبيرا ولهذا حددت معايير لمياه الشرب حتى يصبح ضمن مواصفات المياه الصالحة للشرب (محمود،1988) (الحيالي ،2012)

2- مفهوم دالة التحويل: Concept of aTransfer Function

للعديد من الظواهر يتطلب اللجوء الى استخدام دالة التحويل اذ ان الوصف الواقعي للعلاقة الديناميكية التي تربط سلسلة الادخال بسلسلة اخراج واحدة او اكثر يتم من خلال بناء نموذج ديناميكي يقوم بتحويل سلسلة المدخلات X_t من خلال نظام ديناميكي الى سلسلة مخرجات Y_t ، وان سلسلة المدخلات يظهر تاثيرها في سلسلة المخرجات عن طريق دالة التحويل حيث يتوزع تاثير المدخلات على فترات زمنية مستقبلية . (Makridakis et al.,1983) (الحيالي ،2012).

3- الصيغة العامة لنموذج دالة التحويل :

A General Form of Transfer Function Model

ان ديناميكية العلاقة بين X_t وY_t تمثل بواسطة نماذج دالة التحويل على افتراض ان كلا من سلسلتي المدخلات والمخرجات مستقرة ومن ثم فان نموذج دالة التحويل للادخال المنفرد والاخراج المنفرد يكتب بالصيغة الاتية:

$$\left.\begin{aligned} Y_t &= \frac{\omega(B)}{\delta(B)} X_t + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \\ or \quad Y_t &= \frac{\omega(B)}{\delta(B)} X_t + N_t \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

حيث ان

$$\omega(B) = \left(\omega_0 + \omega_1 B + \omega_2 B^2 + \cdots + \omega_{s-1} B^{s-1}\right) B^b \qquad (1\text{-a})$$

$$\delta(B) = 1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \cdots - \delta_r B^r \qquad (1\text{-b})$$

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \cdots - \phi_p B^p \qquad (1\text{-c})$$

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \cdots - \theta_q B^q \qquad (1\text{-d})$$

ان متعدد الحدود $\omega(B)$ في الصيغة (1) تختلف بعض الشيء عن تلك التي قدمها (Box and Jenkins,1976) حيث انه عرف $\omega(B)$ بالصيغة الآتية:

$$\omega(B) = \left(\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \cdots - \omega_S B^S\right) B^b$$

ان الاختلاف هو استخدام الاشارة الموجبة لكل معاملات ω من خلال توحيد اتجاه التغيرات في Y_t مع اتجاه التغيرات في X_t وكذلك يختلف في الحد الاخير حيث ان Box and Jenkins افترضاه $\omega_S B^S$ بينما في الصيغة (1) افترض $\omega_{S-1} B^{S-1}$ لاستخدام طريقة جدول الزاوية Corner Table Method في حساب رتبة متعدد الحدود علما ان دالة التحويل الخطية $v(B)$ اذا تضمنت عدداً محدداً من الحدود أي $\delta(B) = 1$ فان $v(B) = \omega(B)$ عند ذلك يتم تمثيل متعدد الحدود $\omega(B)/\delta(B)$ بالصيغة الخطية الاتية:

$$Y_t = v(B) X_t + N_t \qquad (2)$$

حيث ان

$$v(B) = v_0 + v_1 B + v_2 B^2 + \cdots \qquad (2\text{-a})$$

في حالة $\delta(B) \neq 1$ سيكون لدينا عدد غير محدود من الحدود فيتم استخدام دالة التحويل النسبية وتمثل بالصيغة (1).

ان شكل دالة التحويل سواء كانت نسبية ام خطية فان تحديدها يكون من خلال تقدير الاوزان، فاذا كان هناك انقطاع مفاجئ في الاوزان فيتم استخدام دالة التحويل الخطية وبذلك لايتم تقدير معلمات $\omega(B)/\delta(B)$ اما في حالة كون الاوزان لها نمط هبوط اسي فيتم تقدير المعلمات ونستخدم دالة التحويل النسبية . $\omega(B)/\delta(B)$ (Liu,2006)(Liu and Hudak,1992-1994) (الحيالي ،2012)

بصورة عامة قد تتاثر سلسلة المخرجات بسلاسل مدخلات متعددة فمن السهل توسعة النماذج أحادية الإدخال Single-Input Models إلى نماذج متعددة الإدخال Multi-Input Models ، بافتراض أن عدد متغيرات الإدخال في النظام هو j ، فأن نموذج دالة التحويل المتعدد الإدخال سيكون بالصيغة الآتية:

$$Y_t = \frac{\omega_1(B)}{\delta_1(B)} X_{1t} + \frac{\omega_2(B)}{\delta_2(B)} X_{2t} + \ \dots \ + \frac{\omega_j(B)}{\delta_j(B)} X_{jt} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \qquad (3)$$

حيث أن دوال التحويل النسبية $\frac{\omega_j(B)}{\delta_j(B)}$ لكل سلسلة إدخال لها نفس الصيغة العامة المفروضة في (1) ،كما يمكن استخدام شكل دالة التحويل الخطية وتعرف بالصيغة الآتية:

$$Y_t = v_1(B)X_{1t} + v_2(B)X_{2t} + \cdots + v_j(B)X_{jt} + N_t \qquad (4)$$

(الحيالي ،2012) (Liu,2006) (Wei,2006) (Liu and Hudak,1992-1994).

4- دالة الاستجابة النبضية : (Impulse Response Function)

ان دالة التحويل يمكن كتابتها بالصيغة الخطية بواسطة تعريف شكل $v(B)$ وكالاتي

$$\left.\begin{aligned} Y_t &= (v_0 + v_1 B + v_2 B^2 + \cdots + v_k B^k)\, X_t \\ Y_t &= v_0 X_t + v_1 X_{t-1} + v_2 X_{t-2} + \cdots + v_k\, X_{t-k} \end{aligned}\right\} \dots \quad \dots\dots \qquad (5)$$

حيث أن (B) يمثل مؤثر الازاحة للخلف Backshift Operator والمتمثل ب $B^k X_t = X_{t-k}$

وكذلك يمكن كتابة النموذج (5) بالشكل المختزل الآتي:

$$Y_t = v(B)\, X_t \qquad (6)$$

كما ان $v(B) = \sum_{k=0}^{\infty} v_k B^k$ وان القيم $v_0, v_1, v_2, \cdots, v_k$ تعرف على انها اوزان الاستجابة النبضية (Impulse Response Weights) او اوزان دالة التحويل الخطية(LTF Weights) لسلسلة الادخال X_t وتمثل هذه الاوزان الاثر الذي يحدث على Y_t نتيجة لتغير X_t بوحدة واحدة.

وهذه الاوزان تزودنا بمقياس لكيفية تاثير سلسلة الادخال في سلسلة الاخراج ، ويرتبط الوزن بالتاخير الزمني(Delay Time) بمعنى ان v_0 مقياس لكيفية تاثر الاستجابة الحالية لسلسلة المخرجات بالقيمة الحالية لسلسلة المدخلات و v_1 مقياس لكيفية تاثر الاستجابة الحالية لسلسلة المخرجات بقيمة سلسلة المدخلات لفترة زمنية واحدة مضت و v_2 مقياس لكيفية تاثر الاستجابة الحالية لسلسلة المخرجات بقيمة سلسلة المدخلات لفترتين زمنيتين مضتا.....الخ

ان نموذج دالة التحويل يسمى بالنموذج الثابت اذا كانت سلسلة اوزان الاستجابة النبضية قابلة للجمع المطلق $\sum_{k=0}^{\infty} |v_k| < \infty$

ونموذج دالة التحويل يسمى بالنموذج السببي (Causal) اذا كانت $v_k = 0$ لجميع قيم $k < 0$ وعليه فان النظام لايستجيب لسلسلة المدخلات حتى يتم تطبيقها على النظام فعليا. (Wei,2006) (Liu and Hudak,1997-2002) (الحيالي ،2012) .

5- دالة الارتباط المضاعف : Cross-Correlation Function

في نماذج ARIMA المنفردة يعتبر معامل الارتباط الذاتي المفتاح الرئيسي لانه يساعد في تحديد شكل النموذج وفي نماذج دالة التحويل يؤدي الارتباط الذاتي دورا ثانويا ، بينما يؤدي الارتباط المضاعف دورا رئيسيا حيث يقيس الارتباط بين القيم لسلسلتين زمنيتين وعليه فان الصيغة العامة لحساب مقدر الارتباط المتقاطع هي

$$r_{XY}(k) = \frac{\sum_{t=1}^{n+k} (X_{t-k} - \bar{X})(Y_t - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{t=1}^{n} (X_t - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{t=1}^{n} (Y_t - \bar{Y})^2}} \qquad k \le 0 \qquad (7\text{-a})$$

$$r_{XY}(k) = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \bar{X})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{t=1}^{n} (X_t - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{t=1}^{n} (Y_t - \bar{Y})^2}} \qquad k \ge 0 \qquad (7\text{-b})$$

(Makridakis et al.,1983) (Yaffee and McGee,1999) (الحيالي ،2012)

6- مراحل بناء نماذج دالة التحويل

1- التعرف على نموذج دالة التحويل من خلال

أ- إعداد أو تهيئة سلسلة المدخلات والمخرجات :

Preparation of the input and output series

إن اولى الخطوات معرفة اذا كانت كل من سلسلة الادخال والاخراج مراوحة ام لا في التباين والوسط حيث ان الاستقرارية تؤدي دورا مهما في بناء نموذج دالة التحويل ويتم ذلك من خلال الرسم الزمني لمعرفة الاتجاه العام وكذلك رسم كل من دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الذاتي الجزئي وتتم ازالة عدم الاستقرارية في المتوسط من خلال اخذ العدد المناسب من الفروق حتى تصبح مستقرة اما اذا كانت غير مستقرة في التباين فيتم اجراء احد التحويلات المناسبة عليها لجعلها مستقرة في التباين .

ب- تقدير اوزان دالة التحويل: Transfer Function Weights Estimation

يتم تقدير الاوزان باستخدام طريقة دالة التحويل الخطية : Linear Transfer Function (LTF) وهي الطريقة التي قدمها (Liu and Hanssens,1982) ثم طورها(Liu and Hudak,1985) لتقدير الاوزان حيث تطبق بسهولة لكل من الادخال المنفرد والاخراج المنفرد والادخال المتعدد والاخراج المنفرد.

ان متعددة الحدود النسبية $\omega(B)/\delta(B)$ يمكن كتابتها بواسطة دالة التحويل الخطية$v(B)$ حيث تحتوي على عدد محدود من الحدود يختاره الباحث لهذا تكتب وفق الصيغة (2) وان تقدير الاوزان يكون بالاعتماد على طريقة المربعات الصغرى (OLS) وعليه فان مقدر $\hat{\beta}$ يكون بالصيغة الآتية:

$$\therefore \hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'Y \qquad (8)$$

ج- تحديد نموذج ARMA لسلسلة الضجيج :

Determination ARMA Model for the Disturbance Series

بعد ان تم تقدير اوزان دالة التحويل $v(B)$ فان سلسلة الضجيج يتم الحصول عليها من خلال المعادلة

$$\left.\begin{array}{l} N_t = Y_t - v(B)X_t \\ \therefore N_t = Y_t - v_0 X_t - v_1 X_{t-1} - v_2 X_{t-2} - \cdots - v_k X_{t-k} \end{array}\right\} \qquad (9)$$

وتكتب

في حالة المدخلات المتعددة بالصيغة الآتية:

$$N_t = Y_t - \sum_{j=1}^{k} v_j(B) X_{jt} \qquad (10)$$

ونلاحظ ان k يمثل اوزان دالة التحويل والتي يختارها الباحث او المتنبئ وذلك لان الدالة $v(B)$ تحتوي على عدد غير منتهٍ من الحدود .

فحالما يتم تقدير سلسلة الازعاجات يصبح من الضروري تحديد النموذج الملائم لها ويمكن تشخيصه من خلال فحص كل من دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الذاتي الجزئي وباستخدام ادوات التعرف على السلاسل الزمنية المنفردة للحصول على سلسلة البواقي a_t والتي تمثل تشويشاً ابيض وتكتب بالشكل الآتي:

$$\phi(B)N_t = \theta(B)\, a_t \qquad (11)$$

في بعض الحالات تكون هناك صعوبة في تحديد النموذج الملائم لسلسلة الازعـاج مـن خلال الرسم لهذا يتم اللجوء الى اسـتخدام معـايير المعلومـات AIC وBIC لهـذا الغـرض (Liu,2006)(Wei,2006) (Makridakis et al.,1983).

2- تقدير معلمات نماذج دالة التحويل :

Estimation the Parameters of Transfer Function Models

بعد ان تم التعرف على نموذج دالة التحويل وحدد نموذج سلسلة الازعاج فسوف يتم تقدير المعلمات لتمثيل نموذج دالة التحويل للصيغة(1) ، ان تقدير المعلمات سوف يعتمد بصورة اساسية على تقدير متجهات المعلمات الآتية:

$$\underline{\theta}=[\theta_1,\theta_2,\cdots,\theta_q]' \quad \underline{\omega}=[\omega_0,\omega_1,\cdots,\omega_{s-1}]', \underline{\delta}=[\delta_1,\delta_2,\cdots,\delta_r]', \underline{\phi}=[\phi_1,\phi_2,\cdots,\phi_p]',$$

وباعادة كتابة المعادلة (1) وذلك باجراء بعض العمليات الرياضية نحصل على

$$\delta(B)\phi(B)Y_t = \phi(B)\omega(B)X_{t-b} + \delta(B)\theta(B)a_t \qquad (12)$$

ويمكن كتابتها بالصيغة المختزلة الآتية:

$$c(B)Y_t = d(B)X_{t-b} + e(B)a_t \qquad (13)$$

حيث ان (e_k, d_j, c_i) هي دوال ل $(\theta_l, \phi_k, \omega_j, \delta_i)$ وتحت افتراض ان الخطا العشوائي a_t يتوزع توزيعا طبيعيا بوسط صفر وتباين σ^2_a يصبح لدينا دالة الامكان الأعظم الشرطية الآتية Conditional Likelihood Function

$$L(\delta,\omega,\phi,\theta,\sigma^2 a \mid b, X, Y, X_0, Y_0, a_0) = (2\Pi\sigma_a^2)^{-n/2}\exp[-\frac{1}{2\sigma^2_a}\sum_{t=1}^{n} a^2{}_t] \qquad (14)$$

حيث ان القيم X_0, Y_0, a_0 هي قيم ابتدائية لحساب a_t. (Liu,2006) (Abraham and Ledolter,2005)(Wei,2006) (الحيالي ،2012)

3- الفحوص التشخيصية لنموذج دالة التحويل:
Diagnostic Checking of Transfer Function Model

أ- فحص دالة الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي لسلسلة البواقي

يتم تشخيص كفاية النموذج من خلال رسم كل من دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الذاتي الجزئي للبواقي ويجب ان لايظهر أي نمط واضح وتكون جميع الارتباطات غير معنوية أي تكون سلسلة تشويش ابيض بمعنى ان جميع الارتباطات الذاتية والذاتية الجزئية تقع داخل حدود الثقة .

ب- فحص الارتباط المتقاطع بين المدخلات المبيضة والبواقي

يتم اختبار ان سلسلة البواقي مستقلة عن سلسلة المدخلات المبيضة من خلال ايجاد الارتباط المتقاطع بينهما ويجب ان لايظهر أي نمط وان تقع قيم الارتباط المتقاطع ضمن الاخطاء المعيارية $2(n-k)^{-\frac{1}{2}}$. (Wei,2006)(Mills,2011) (الحيالي ،2012)

4- التكهن : Forecasting

في هذه المرحلة يتم التنبؤ بالقيم المستقبلية لنماذج دالة التحويل بعد اجتياز هذه النماذج لمراحل اعدادها وان طريقة التنبؤ هي نفسها لنماذج ARIMA احادية السلسلة حيث يتم التنبؤ بالسلسلة الزمنية ل Y_t وباقل متوسط مربع للخطأ كما يمكن تحسين التنبؤ لسلسلة المخرجات Y_t استخدام التاريخ السابق لكل من X_t و Y_t ، ان التنبؤ بالسلسلة Y_t يكون على افتراض معرفة القيم المستقبلية ل X_t .(فاندل ,1983)

إن التنبؤ االمسقبلي لأية ظاهرة لابد ان يحتوي على قدر معين من عدم التأكد ويمكن ترجمة هذه الحقيقة بإدراج مركبة خطا (error component) في نموذج التنبؤ وفحص أخطاء التنبؤ المتتالية e_t يوضح مدى ملاءمة أسلوب التنبؤ المستخدم ومدى اعتباره ملائماً ولقد عرف الفكر الإحصائي طرائق عديدة لقياس حجم الأخطاء ونعرض بعض الصيغ التي استخدمت في البحث(الحيالي ،2012)

1- متوسط الأخطاء المطلقة MAE (Mean Absolute Errors):

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^{n} \left| Y_t - \hat{Y}_t \right|}{n} \qquad (15)$$

n عدد المشاهدات للعينة البعدية المتنبأ بها.

2- معدل متوسط الأخطاء المطلقة MAPE

(Mean Absolute Percentage Error) :

$$MAPE = \left(\sum_{t=1}^{n} \frac{\left| Y_t - \hat{Y}_t \right|}{Y_t} \Big/ n \right) * 100 \qquad (16)$$

$Y_t \neq 0$

(شعراوي،2005) (Liu, 2006) .

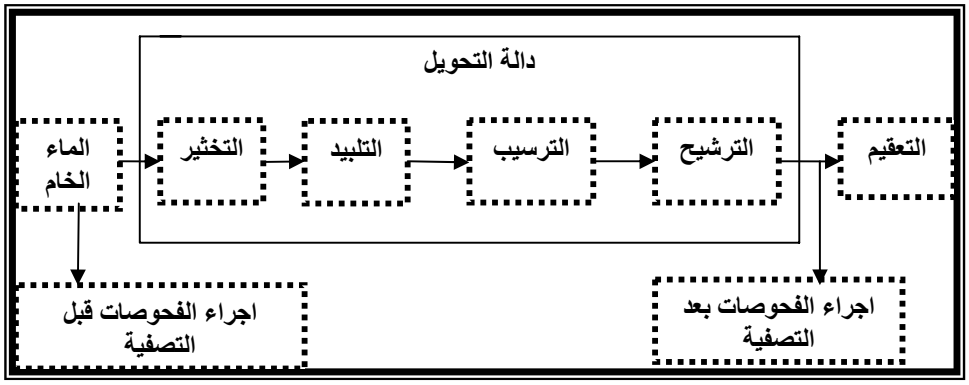
7- الجانب التطبيقي :

تم الحصول على قياسات فحوصات الماء من محطة تصفية ماء الايسر الجديد في مدينة الموصل، حيث أُخذت عينات لفحوصات الماء الخام قبل عملية التصفية لتتم معالجتها وهذه الفحوصات هي التوصيل الكهربائي (Electrical Conductivity) والعكورة (Turbidity) والرقم الهيدروجين(PH -Value) ودرجة الحرارة (Tempreture) وبعد عملية التصفية أُجريت نفس الفحوصات للتاكد من مدى صلاحية الماء للشرب ومدى كون هذه الفحوصات تقع ضمن المواصفات القياسية العراقية قبل اضافة الكلور، لقد تعامل الباحث مع قياسات (متغيرات) الماء الخام قبل التصفية كمدخلات وقياساتها بعد المعالجة (الماء المصفى) كمخرجات.

ان هدف البحث هو توفيق نماذج دوال تحويل ديناميكية لعملية تحويل الماء الخام الى ماء صالح للشرب بعد مروره بمراحل تصفية متعددة لذا فقد تم بناء نماذج دوال تحويل متعددة للبيانات منها نماذج دوال تحويل منفردة وهي دالة التحويل للتوصيل الكهربائي EC كسلسلة مدخلات منفردة للماء الخام RW والتوصيل الكهربائي EC كسلسلة مخرجات منفردة للماء المصفىTW وعلى نفس الشاكلة بناء دوال تحويل بادخال منفرد للماء الخام واخراج منفرد للماء المصفى لكل من الرقم الهيدروجيني PH و درجة الحرارة TEMP والعكورة NTU.

و بما ان عملية تصفية الماء الخام تتميز بدالة تحويل ديناميكية معينة من حيث ان الماء الخام يمر عبر مراحل التصفية المتداخلة كما موضح ذلك بالشكل (1) لذا عمد الباحث وبعد استشارة ذوي الاختصاص في هذا المجال الى بناء نماذج دوال تحويل بادخال متعدد واخراج منفرد لملاحظة مدى تاثر متغير الاخراج المنفرد بمتغيرات الادخال المتعدد، تم بناء نماذج دالة التحويل للفحوصات الاربعة كسلاسل ادخال متعددة قبل التصفية بينما مثل كل فحص من الفحوصات الاربعة سلسلة الاخراج لوحده ومن ثم امكن الحصول على اربعة نماذج دوال تحويل بمدخلات متعددة ومتغير اخراج واحد.

يشمل التصميم النموذجي لمشاريع معالجة المياه لغرض رفع الماء الخام الى مستوى الشرب العمليات المتعاقبة الآتية (الصائغ وطاقة ،2002) وفق الشكل الآتي:



الشكل (1):مخطط لتصميم معالجة الماء الخام

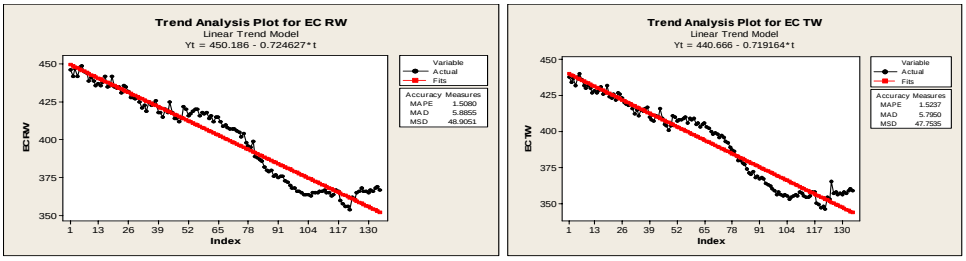
يتضح من الشكل اعلاه ان دالة التحويل تتضمن مراحل متعددة في معالجة الماء الخام ليصبح بعدها هذا الماء صالحاً للاستخدام البشري (الحيالي ،2012).

لقد تم التحليل وبناء نموذج دالة التحويل بالاعتماد على نظام تحليل السلسلة الزمنية (Statistical System) ويرمز له (SCA), وبالأسلوب الذي اتبعه Liu للخوارزمية التي وضعها Box-Jenkins في بناء نماذج دالة التحويل إذ تم استخدام 130 مشاهدة لتقدير نموذج دالة التحويل الملائم والإبقاء على 5 مشاهدات كعينة بعدية(Out of Sample) لاستخدامها في المقارنة مع القيم المتنبأ بها .

حيث يعد فحص درجة الحرارة من الفحوصات المهمة لطبيعة الماء لأنه يؤثر تاثيراً فعال في ذوبان المواد الكيماوية وذوبان الغازات في الماء، ويعرف التوصيل الكهربائي للماء بأنه قيمة عددية تشير إلى قابلية الماء على نقل التيار الكهربائي وتعتمد هذه القيمة على تركيز وتكافؤ الايونات الذائبة الموجودة في الماء وعلى درجة حرارة الماء في أثناء القياس، ويعبر الرقم الهيدروجيني عن فعالية ونشاط ايون الهيدروجين في الماء حيث أن الرقم الهيدروجيني يدل على حامضية المحلول أو قلويته وهذا الرقم يبدأ من 1 وينتهي عند 14 ، اما العكورة فهي حالة الماء الناجمة عن وجود مواد صلبة عالقة فيه مثل دقائق التربة والرمل والطين والمواد العضوية واللاعضوية العالقة كما يمكن أن تكون العكورة بسبب وجود بكتريا وكائنات حية دقيقة ونباتات طافية .

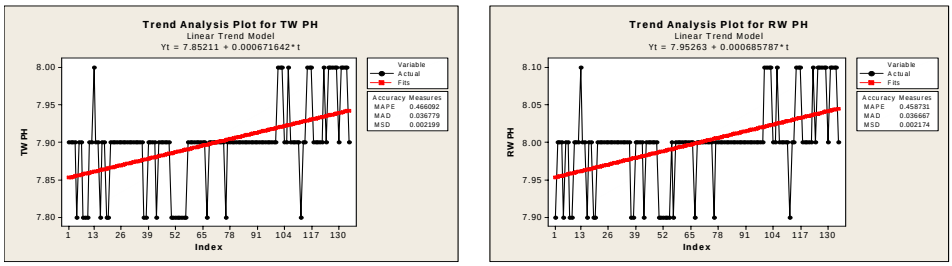
أ- تهيئة سلسلة المدخلات والمخرجات :

توضح الاشكال(2) و(3) و(4) و(5) الرسم الزمني لمدخلات الماء الخـام ومخرجـات الماء المصفى للفحوصات الاربعة حيث يلاحظ من خلالها طبيعة التذبذب ومـدى اسـتقرارية السلسلة من حيث الوسط والتباين



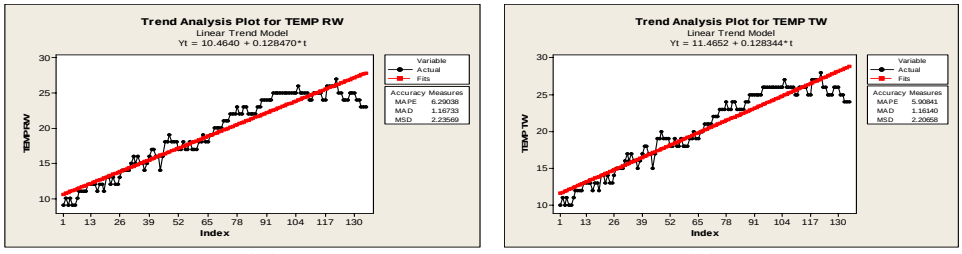
(A) (B)

الشكل (2): تحليل الاتجاه العام للسلسلة الزمنية الخاصة بمدخلات ومخرجات فحص التوصيل الكهربائي EC، A: فحص التوصيل الكهربائي للماء الخام، B: فحص التوصيل الكهربائي للماء المصفى



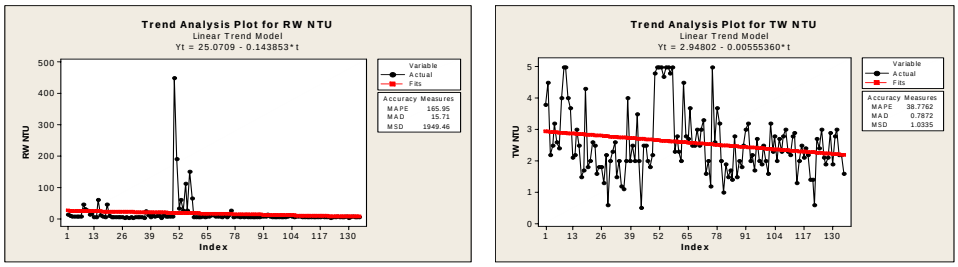
(A) (B)

الشكل (3): تحليل الاتجاه العام للسلسلة الزمنية الخاصة بمدخلات ومخرجات فحص الرقم الهيدروجيني PH ، A: فحص الرقم الهيدروجيني للماء الخام، B: فحص الرقم الهيدروجيني PH للماء المصفى.



(A) (B)

الشكل (4): تحليل الاتجاه العام للسلسلة الزمنية الخاصة بمدخلات ومخرجات فحص درجة الحرارة TEMP ، A: فحص درجة الحرارة للماء الخام، B: فحص درجة الحرارة للماء المصفى.



(A) (B)

الشكل (5): تحليل الاتجاه العام للسلسلة الزمنية الخاصة بمدخلات ومخرجات فحص العكورة NTU ، A:سلسلة فحص العكورة للماء الخام، B:سلسلة فحص العكورة للماء المصفى

يتضح من الاشكال الاربعة ان كلا من سلسلة المدخلات وسلسلة والمخرجات للفحوصات الاربعة ، غير مستقرة في الوسط والتباين، ولقد تم إجراء التحويل اللوغاريتمي Log لغرض تثبيت التباين وتم اخذ الفرق الأول للسلسلة لإزالة الاتجاه العام ، وقد تم التاكد من استقرارية السلسلة بإجراء اختبار ديكي-فولر وتبين أن السلسلة الزمنية ليس لها جذور وحدة إذ إن قيمة احصاءة الاختبار اقل من القيمة الحرجة عند المستويات كافة أي أن سلسلة المخرجات والمدخلات مستقرة .

ب- بناء نموذج دالة التحويل لمتغير ادخال منفرد واخراج منفرد .

يمكن صياغة دالة التحويل الخاصة بالتوصيل الكهربائي للماء المصفى Y_t بوصفه متغيراً معتمداً كالآتي :

$$Y_t = CY + v(B)X_t + N_t \qquad N_t = \frac{\theta}{\phi}a_t \qquad (17)$$

إذ يمثل CY الحد الثابت ، Y_t التوصيل الكهربائي للماء المصفى، X_t التوصيل الكهربائي للماء الخام، سوف يرمز لنموذج دالة التحويل للمتغير Y_t بالرمز YMODEL ويفترض كالآتي:

```
TSMODEL YMODEL. MODEL IS @
  Y(1) = CY + (0,1,2,3,4)X(1) + (1)/(1)NOISE.
```

يبين النموذج اعلاه أنه قد تم افتراض خمسة أوزان للتحويل(v_0-v_4) ضمن دالة التحويل الخطية للمتغير التوضيحي, فضلاً عن أن نموذج حد الإزعاج بوصفه نموذجاً ابتدائياً مفترضاً هو من نوع ARMA(1,1) وهو النموذج الأنسب ومن الممكن أخذ أي نموذج آخر-(Liu,1992 1994) (الحيالي، 2012).

وبإجراء عملية التقدير التلقائي على النموذج YMODEL وذلك بإهمال المقدرات غير المعنوية وإعادة التقدير من جديد وقبل التعرف على نموذج ARMA الفعلي تبين انه ليس هناك

حاجة لتقدير متعدد الحدود لان اوزان دالة التحويل تهبط مباشرة في هذه الحالة $\delta(B)=1$ فان $v(B)=\omega(B)$ (Liu,1992-1994). حتى تم التوصل الى نتيجة التقدير النهائي الآتية:

```
ESTIM YMODEL. SPAN IS 1,130.OUTPUT LEVEL(BRIEF).
THE FOLLOWING ANALYSIS IS BASED ON TIME SPAN   1  THRU  130
------------------------------------------------------------------------
  PARAMETER   VARIABLE  NUM./  FACTOR  ORDER   CONS-     VALUE      STD     T
    LABEL       NAME    DENOM.               TRAINT              ERROR  VALUE
   1             X      NUM.      1      0     NONE      .9974     .0230  43.28
   2             Y       MA       1      1     NONE      .8318     .0539  15.45
 EFFECTIVE NUMBER OF OBSERVATIONS . .          129
 RESIDUAL STANDARD ERROR. . . . . .  0.330214E-02
```

وبنفس الاسلوب تم بناء نموذج دالة التحويل الخاص بكل من ،الرقم الهيدروجيني ، ودرجة الحرارة ،العكورة وأن نتيجة التقدير النهائي لنموذج الرقم الهيدروجيني اصبحت كالآتي:

```
ESTIM YMODEL. SPAN IS 1,130.OUTPUT LEVEL(BRIEF).
THE FOLLOWING ANALYSIS IS BASED ON TIME SPAN   1  THRU  130
------------------------------------------------------------------------
  PARAMETER   VARIABLE  NUM./  FACTOR  ORDER   CONS-     VALUE      STD     T
    LABEL       NAME    DENOM.               TRAINT              ERROR  VALUE
   1             X      NUM.      1      0     NONE      .8940     .0374  23.93
   2             Y       MA       1      1     NONE      .5431     .0745   7.29
 EFFECTIVE NUMBER OF OBSERVATIONS . .          129
 RESIDUAL STANDARD ERROR. . . . . .  0.247814E-02
```

أما نتيجة التقدير النهائي لنموذج درجة الحرارة فكان كما يأتي:

```
ESTIM YMODEL. SPAN IS 1,130.OUTPUT LEVEL(BRIEF).
 THE FOLLOWING ANALYSIS IS BASED ON TIME SPAN   1  THRU  130
 ------------------------------------------------------------------------
   PARAMETER   VARIABLE  NUM./  FACTOR  ORDER   CONS-     VALUE      STD     T
     LABEL       NAME    DENOM.               TRAINT              ERROR  VALUE
   1             X      NUM.      1      0     NONE      .9309     .0046 202.80
   2             Y       MA       1      1     NONE      .8358     .0491  17.03
 EFFECTIVE NUMBER OF OBSERVATIONS . .          129
 RESIDUAL STANDARD ERROR. . . . . .  0.372018E-02
```

وكذلك كانت نتيجة التقدير النهائي لنموذج العكورة كالآتي:

```
ESTIM YMODEL. SPAN IS 1,130.OUTPUT LEVEL(BRIEF).
THE FOLLOWING ANALYSIS IS BASED ON TIME SPAN   1  THRU  130
 ------------------------------------------------------------------------
  PARAMETER   VARIABLE  NUM./  FACTOR  ORDER   CONS-     VALUE      STD     T
    LABEL       NAME    DENOM.               TRAINT              ERROR  VALUE
   1             X      NUM.      1      0     NONE      .3182     .0357   8.92
   2             Y       MA       1      1     NONE      .8671     .0429  20.21
 EFFECTIVE NUMBER OF OBSERVATIONS . .          129
 RESIDUAL STANDARD ERROR. . . . . .  0.318811E+00
```

حيث ان العمود PARAMETER LABEL يمثل تسلسل خطوات التحليل، والعمـود VARIABLE NAME يمثل أسماء المتغيرات الداخلة، والعمودNUM./DENOM يعطي وصـفاً للمتغيـرات الداخلـة وORDER يمثل مؤثر الإزاحة الخلفي (B) وCONSTRAINT يمثل معنوية أو عدم معنوية المتغيـرات ويعطى الرمز (NONE) للمتغيرات ذوات التأثير المعنوي ،VALUE, وزن المعلمات وSTD ERROR يمثل الانحراف المعياري للأخطاء، وT VALUE يمثل القيم المحسوبة لاختبار T.

أي أن النماذج الاربعة أصبحت بعد التقدير النهائي لها بالصيغ الآتية:

النموذج	الصيغة العامة لدالة التحويل
التوصيل الكهربائي	$(1-B)\ Y_t=0.9974(1-B)\ X_t+(1-0.8318B)a_t$
الرقم الهيدروجيني	$(1-B)\ Y_t=0.8940(1-B)\ X_t+(1-0.5431B)a_t$
درجة الحرارة	$(1-B)\ Y_t=0.9309(1-B)\ X_t+(1-0.8358B)a_t$
العكورة	$(1-B)\ Y_t=0.3182(1-B)\ X_t+(1-0.8671B)a_t$

ج- بناء نموذج دالة التحويل بادخال متعدد واخراج منفرد .

يتاثر بناء نموذج دالة التحويل لمتغير الاخراج المنفرد التوصيل الكهربائي للماء المصفى بعدة متغيرات رئيسية هي درجة الحرارة، والعكورة ، والرقم الهيدروجيني والتوصيل الكهربائي، لذا تمت صياغة نموذج دالة التحويل الخاص بالتوصيل الكهربائي بوصفه متغير معتمداً وكما يأتي:

$$Y_t = CY + V_{11}(B)X_{11t} + V_{21}(B)X_{21t} + V_{31}(B)X_{31t} + V_{41}(B)X_{41t} + N_t \qquad (18)$$

حيث أن CY هو الحد الثابت ، X_{1t} متغير التوصيل الكهربائي ، X_{2t} متغير العكورة ، X_{3t} متغير الرقم الهيدروجيني ، و X_{4t} متغير درجة الحرارة.

سيرمز لنموذج دالة التحويل للمتغير Y_t بالرمز YMODEL ويفترض كما يأتي:

```
TSMODEL YMODEL. MODEL IS @
Yt = CY + (0,1,2,3,4)X1t(1) + (0,1,2,3,4)X2t(1) + @
  (0,1,2,3,4)X3t(1) + (0,1,2,3,4)X4t(1) + (1)/(1)NOISE.
```

وبنفس الاسلوب يتم بناء نموذج دالة التحويل الخاص بكل من ،الرقم الهيدروجيني ، ودرجة الحرارة والعكورة وبنفس الطريقة المتبعة لعملية التقدير لنماذج الادخال المنفرد تم الحصول على نتائج التقدير النهائية للنماذج الاربعة وكالآتي:

1- النتائج النهائية الخاصة بنموذج التوصيل الكهربائي

```
 THE FOLLOWING ANALYSIS IS BASED ON TIME SPAN   1  THRU  130
 ------------------------------------------------------------------------
PARAMETER   VARIABLE  NUM./  FACTOR  ORDER   CONS-     VALUE      STD     T
    LABEL       NAME    DENOM.                TRAINT               ERROR  VALUE

   1             X1     NUM.      1      0     NONE      .7548     .0530  14.23
   2             X1     NUM.      1      2     NONE      .1385     .0518   2.67
   3             X2     NUM.      1      3     NONE     -.0009     .0005  -2.03
   4             X3     NUM.      1      3     NONE     -.1669     .0575  -2.90
   5             X4     NUM.      1      0     NONE     -.0437     .0083  -5.27
   6             X4     NUM.      1      2     NONE      .0139     .0067   2.07
   7             Y       MA       1      1     NONE      .6731     .0739   9.11
 EFFECTIVE NUMBER OF OBSERVATIONS . .          126
 RESIDUAL STANDARD ERROR. . . . . .  0.333283E-02
```

2- النتائج النهائية الخاصة بنموذج الرقم الهيدروجيني

```
ESTIM YMODEL. SPAN IS 1,130.OUTPUT LEVEL(BRIEF).
 THE FOLLOWING ANALYSIS IS BASED ON TIME SPAN   1  THRU  130
------------------------------------------------------------------------
  PARAMETER   VARIABLE  NUM./  FACTOR  ORDER   CONS-     VALUE      STD     T
    LABEL       NAME    DENOM.                TRAINT               ERROR  VALUE

   1             X3     NUM.      1      0     NONE      .9929     .0302  32.87
   2             X4     NUM.      1      2     NONE     -.0011     .0003  -3.20
   3             Y       MA       1      1     NONE     1.0278     .0029 357.58
 EFFECTIVE NUMBER OF OBSERVATIONS . .           127
 RESIDUAL STANDARD ERROR. . . . . 0.191474E-02
```

3- النتائج النهائية الخاصة بنموذج درجة الحرارة

```
ESTIM YMODEL. SPAN IS 1,130.OUTPUT LEVEL(BRIEF).
 THE FOLLOWING ANALYSIS IS BASED ON TIME SPAN   1  THRU  130
------------------------------------------------------------------------
  PARAMETER   VARIABLE  NUM./  FACTOR  ORDER   CONS-     VALUE      STD     T
    LABEL       NAME    DENOM.                TRAINT               ERROR  VALUE

   1             X4     NUM.      1      0     NONE      .9309     .0046 202.80
   2             Y       MA       1      1     NONE      .8358     .0491  17.03
 EFFECTIVE NUMBER OF OBSERVATIONS . .           129
 RESIDUAL STANDARD ERROR. . . . . .  0.372018E-02
```

4- النتائج النهائية الخاصة بنموذج العكورة

```
ESTIM YMODEL. SPAN IS 1,130.OUTPUT LEVEL(BRIEF).
 THE FOLLOWING ANALYSIS IS BASED ON TIME SPAN   1  THRU  130
------------------------------------------------------------------------
  PARAMETER   VARIABLE  NUM./  FACTOR  ORDER   CONS-     VALUE      STD     T
    LABEL       NAME    DENOM.                TRAINT               ERROR  VALUE

   1             X2     NUM.      1      0     NONE      .3215     .0347   9.25
   2             X4     NUM.      1      3     NONE     -.4072     .2014  -2.02
   3             Y       MA       1      1     NONE      .9041     .0420  21.54
 EFFECTIVE NUMBER OF OBSERVATIONS . .           126
 RESIDUAL STANDARD ERROR. . . . . .  0.313843E+00
```

وبذلك تصبح الصيغ النهائية لنماذج دوال التحويل ذوات الإدخال المتعدد بالشكل الآتي:

النموذج	الصيغة العامة لدالة التحويل
التوصيل الكهربائي	$(1-B)\,Y_t=0.7548(1-B)\,X_{1t}+0.1385(1-B)\,X_{1(t-2)}-\ 0.0009(1-B)\,X_{2(t-3)}\ -0.1669(1-B)\,X_{3(t-3)}\ -\ 0.0437(1-B)\,X_{4t}\ +0.0139(1-B)\,X_{4(t-2)}+(1\ -\ 0.6731B)a_t$
الرقم الهيدروجيني	$(1-B)\,Y_t=0.9929(1-B)\,X_{3t}\ -\ 0.0011(1-B)\,X_{4(t-2)}+(1\ -\ 1.0278B)a_t$
درجة الحرارة	$(1-B)\,Y_t=0.9309(1-B)\,X_{4t}+(1\ -\ 0.8358B)a_t$
العكورة	$(1-B)\,Y_t=0.3215(1-B)\,X_{2t}\ -\ 0.4072(1-B)\,X_{4(t-3)}+(1\ -\ 0.9041B)a_t$

للتأكد من أن عملية التشخيص تمت بصورة صحيحة, تم رسـم دالـة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الذاتي الجزئي لبواقي النموذج (Residuals), كذلك تم فحص الارتباط المضاعف(Cross-Correlation) بين سلسلة المدخلات المبيضة وسلسلة البواقي وقد تبين أن الارتباطات الذاتية والذاتية الجزئية لسلسلة البواقي والارتباطات المتقاطعة بين المدخلات المبيضة وسلسلة البواقي جميعها غير معنوية للنماذج التي ذكرت للادخال المنفرد والادخال المتعدد , بذلك يتحقق اجتياز نماذج دالة التحويل للفحوص التشخيصية وهذا ما يظهر جودة النماذج .

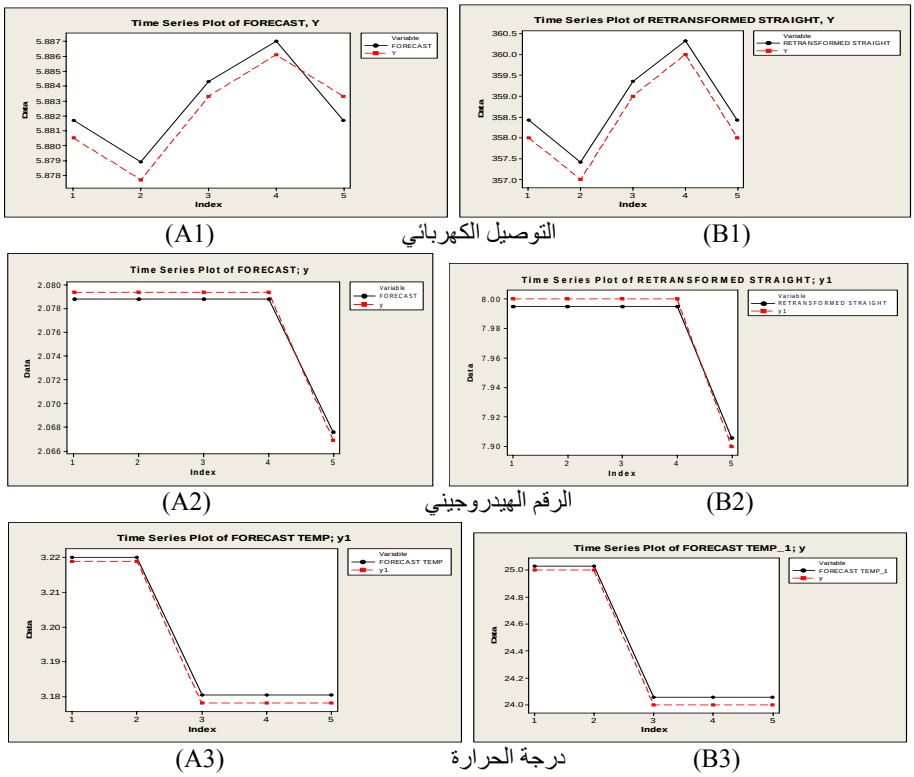
إن الخطوة الأخيرة من منهجية بـوكس-جنكنـز هـي التنبـؤ بالسلسـلة الزمنيـة إذ تـم التنبؤ لـ (5) مشاهدات مستقبلية من خلال نماذج دالة التحويل الذي تم التوصل إليها ، وعندما تطبق تحويلة القوة على سلسلة زمنية،فان القيم المتنبا بها تكون مستندة إلى سلسلة محولة والتـي أصبحت رياضيا تختلف عن البيانات الأصلية لذا يجب إعادة تحويلهـا إلـى القيـاس الأصـلي ومقارنتها مع القيم الحقيقية وقد تمت اعادة القيم المتنبأ بها بطريقة إعادة التحويل المباشر والمبينة في الجدول (1) يوضح ان العمود (2) يمثل القيم المتنبأ بها بناءاً على النموذج المقترح والعمـود (3) يمثل الأخطاء المعيارية في حين أن العمود (4) القيم المتنبأ بهـا بطريقـة إعـادة التحويـل المباشرة والعمود (5) يمثل القيم الحقيقية .

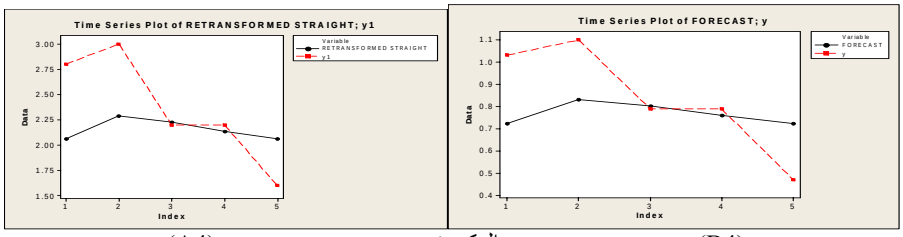
الجدول (1) : يبين القيم المتنبأ بها بناء على النموذج المقترح والخطأ المعياري مع نتائج إعادة تحويل القيم المتنبأ بها بطريقة إعادة التحويل المباشرة فضلاً عن قيم العينة البعدية للنماذج

	القيم المتنبا بها لنموذج التوصيل الكهربائي للادخال المنفرد				القيم المتنبا بها لنموذج الرقم الهيدروجيني للادخال المنفرد			
TIME	FORECAST	STD.ERROR	RETRANSFORMED STRAIGHT	POST SAMPLE	FORECAST	STD.ERROR	RETRANSFORMED STRAIGHT	POST SAMPLE
131	5.8817	0.0033	358.418	358	2.0788	0.0025	7.99487	8
132	5.8789	0.0033	357.416	357	2.0788	0.0027	7.99487	8
133	5.8843	0.0034	359.351	359	2.0788	0.0030	7.99487	8
134	5.8870	0.0034	360.323	360	2.0788	0.0032	7.99487	8
135	5.8817	0.0035	358.418	358	2.0676	0.0034	7.90583	7.9
	القيم المتنبا بها لنموذج درجة الحرارة للادخال المنفرد				**القيم المتنبا بها لنموذج العكورة للادخال المنفرد**			
131	3.2200	0.0037	25.0281	25	0.7233	0.3188	2.06122	2.8
132	3.2200	0.0038	25.0281	25	0.8294	0.3216	2.29194	3.0
133	3.1803	0.0038	24.0540	24	0.8017	0.3244	2.22933	2.2
134	3.1803	0.0039	24.0540	24	0.7583	0.3271	2.13464	2.2
135	3.1803	0.0039	24.0540	24	0.7233	0.3299	2.06122	1.6
	القيم المتنبا بها لنموذج التوصيل الكهربائي للادخال المتعدد				**القيم المتنبا بها لنموذج الرقم الهيدروجيني للادخال المتعدد**			

131	5.8810	0.0033	358.167	358	2.0790	0.0019	7.99727	8
132	5.8782	0.0035	357.166	357	2.0790	0.0019	7.99727	8
133	5.8861	0.0037	359.999	359	2.0790	0.0019	7.99727	8
134	5.8864	0.0038	360.107	360	2.0790	0.0019	7.99727	8
135	5.8822	0.0040	358.597	359	2.0666	0.0019	7.89792	7.9
	القيم المتنبا بها لنموذج درجة الحرارة للادخال المتعدد				**القيم المتنبا بها لنموذج العكورة للادخال المتعدد**			
131	3.2200	0.0037	25.0281	25	0.7127	0.3138	2.03949	2.8
132	3.2200	0.0038	25.0281	25	0.8198	0.3153	2.27005	3.0
133	3.1803	0.0038	24.0540	24	0.7918	0.3167	2.20737	2.2
134	3.1803	0.0039	24.0540	24	0.7647	0.3181	2.14835	2.2
135	3.1803	0.0039	24.0540	24	0.7293	0.3196	2.07363	1.6

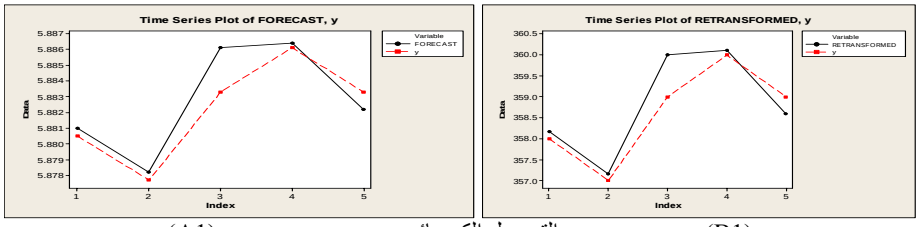
من الجدول اعلاه يتبين ان القيم المتنبا بها لنماذج الادخال المنفرد والمتعدد مقاربة للقيم الحقيقيـة ويؤكد ذلك ان الاخطاء القياسية صغيرة جدا ، عدا نموذج العكورة فان القيم المتنبا بها لكل مـن الادخال المنفرد والمتعدد غير جيدة مقارنة مع القيم الحقيقية وذلك لان العكورة تتعرض لمتغيـر آخر هو هطول الامطار والسيح ، وكما هو موضح في الشكلين (6) و(7) .



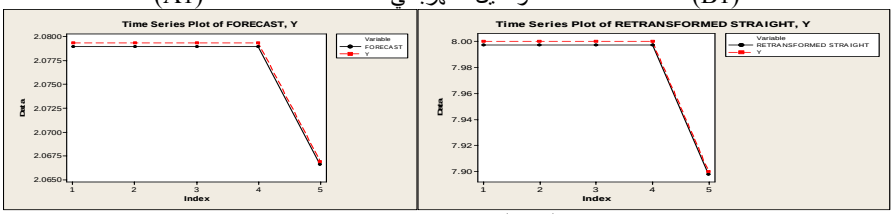


(A4) العكورة (B4)

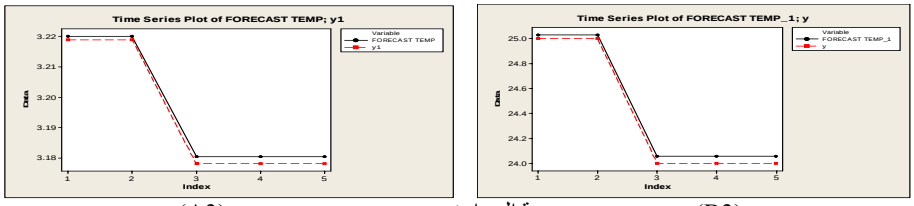
الشكل (6) رسم القيم المتنبأ بها للادخال المنفرد وللنماذج الاربعة ،A: القيم المتنبأ بها قبل التحويل، B: القيم المتنبأ بها بعد التحويل المباشر.



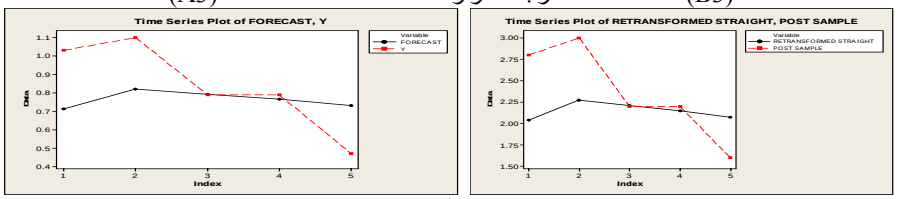
(A1) التوصيل الكهربائي (B1)



(A2) الرقم الهيدروجيني (B2)



(A3) درجة الحرارة (B3)



(A4) العكورة (B4)

الشكل (7) رسم القيم المتنبأ بها للادخال المتعدد و للنماذج الاربعة ،A: القيم المتنبأ بها قبل التحويل، B: القيم المتنبأ بها بعد التحويل المباشر.

د- مقارنة بين نماذج دالة التحويل ذات الادخال المنفرد والاخراج المنفرد ونماذج دالة التحويل ذات الادخال المتعدد والاخراج المنفرد

بعد ان تم بناء اربعة نماذج لدوال التحويل ذوات الادخال المنفرد والاخراج المنفرد وبناء اربعة نماذج لدوال التحويل ذوات الادخال المتعدد والاخراج المنفرد تم اجراء مقارنة بين هذه النماذج لاختيار النموذج الافضل، وقد أعتُمد على المعايير الإحصائية MAE وMAPE في المقارنة وكما هو موضح في الجدول (2) قبل اعادة القيم المتنبا بها الى القياس الاصلي والجدول (3) بعد اعادة القيم المتنبا بها الى القياس الاصلي.

الجدول(2) معايير دقة التنبؤ لدوال التحويل ذوات الادخال المنفرد والادخال المتعدد قبل اعادة القيم المتنبا بها الى القياس الاصلي

	MAE		MAPE	
النموذج	ادخال منفرد	ادخال متعدد	ادخال منفرد	ادخال متعدد
التوصيل الكهربائي	0.00118	0.00104*	0.0200612	0.0176791**
الرقم الهيدروجيني	0.00062	0.00038*	0.029857	0.01829196**
درجة الحرارة	0.00176	0.00176	0.552036	0.552036
العكورة	0.17444*	0.17642	22.7302**	22.9528

الجدول(3) معايير دقة التنبؤ لدوال التحويل ذوات الادخال المنفرد والادخال المتعدد بعد اعادة القيم المتنبا بها الى القياس الاصلي

	MAE		MAPE	
النموذج	ادخال منفرد	ادخال متعدد	ادخال منفرد	ادخال متعدد
التوصيل الكهربائي	0.3852	0.3684*	0.107508	0.1026796**
الرقم الهيدروجيني	0.00527	0.00324034*	0.0660594	0.04057**
درجة الحرارة	0.04364	0.04364	0.17996	0.17996
العكورة	0.40055*	0.404622	16.62349**	16.75546

يتضح من الجدول (2) و(3) ولكلا المعيارين انه لا يوجد فرق بين القيم المتنبأ بها قبل إعادتها إلى القياس الأصلي وبين القيم المتنبأ بها بعد إعادتها إلى القياس الأصلي .

كذلك يتبين من خلال المعيارين قبل وبعد إعادة القيم المتنبأ بها إلى القياس الأصلي ان نموذج التوصيل الكهربائي للإدخال المتعدد يعطي نتائج أفضل من الإدخال المنفرد وكذلك هو الحال لنموذج الرقم الهيدروجيني ،اما نموذج الحرارة فانه يعطي نفس القيم لكلا المعيارين، اما فيما يخص نموذج العكورة للإدخال المنفرد فانه يعطي نتائج أفضل قليلا من الإدخال المتعدد ولكلا المعيارين قبل وبعد إعادة القيم المتنبأ بها إلى القياس الأصلي .

8- الاستنتاجات والمناقشة Conclusions and discusston

اولا : نماذج دالة التحويل للادخال المنفرد والاخراج المنفرد

1- ان سلاسل الفحوصات الاربعة قبل التصفية للماء الخام وبعد التصفية للماء المصفى غير مستقرة في الوسط والتباين.

2- من خلال نموذج دالة التحويل للتوصيل الكهربائي تبين ان التوصيل الكهربائي للماء المصفى يتاثر بالتوصيل الكهربائي للماء الخام بصورة متزامنة وبدون تاخير زمني كما تبين ان النموذج الملائم لسلسلة الازعاج هو(1)MA، لوحظ أن الأخطاء القياسية لقيم التنبؤ صغيرة مما يدل على أن الإختلافات بين القيم المتنبا بها و القيم الحقيقية قليلة وان النموذج يقدم من ثم تنبؤات جيدة للمستقبل عكست كفاءته في تمثيل علاقة الادخال والاخراج .

3- من خلال بناء نموذج دالة التحويل للعكورة ظهر ان العكورة للماء المصفى تتاثر بالعكورة للماء الخام وبصورة متزامنة وبدون تاخير كما تبين ان النموذج الملائم لسلسلة الازعاج هو(1)MA ، ولوحظ ايضا ان قيم التنبؤ غير جيدة مقارنة مع القيم الحقيقية وذلك لان العكورة الداخلة تتعرض لمتغير آخر هو هطول الامطار والسيح كما نلاحظ ان النموذج جيد لتمثيل الحالة حيث ان هدف نماذج دالة التحويل هو الوصول الى تمثيل علاقة الادخال والاخراج من خلال نموذج يستوفي شروط النجاح. ر وان الفشل في الوصول إلى تنبؤات قريبة من الواقع لا يعكس بالضرورة فشل النموذج وهذا ما أكده (Faraway and Chatfield,1998) إذ إن النموذج كما هو واضح نموذج جيد ، حيث أن مقدرات أوزان دالة التحويل كانت مقدرات جيدة وكذلك اجتياز النموذج للفحوص التشخيصية إذ كانت الإرتباطات الذاتية والمتقاطعة لسلسلتي البواقي جميعها غير معنوية.

4- من خلال نموذج دالة التحويل للرقم الهيدروجيني تبين ان الرقم الهيدروجيني للماء المصفى يتاثر بالرقم الهيدروجيني للماء الخام وبصورة متزامنة وبدون تاخير زمني كما تبين ان النموذج الملائم لسلسلة الازعاج هو(1)MA، ، كماتبين ان نتائج التنبؤ كانت جيدة جدا ومقاربة للقيم الحقيقية .

5- من نموذج دالة التحويل لدرجة الحرارة نستنتج ان درجة الحرارة للماء المصفى تتاثر بدرجة الحرارة للماء الخام مباشرة وبدون تاخير زمني ، و ان النتائج التي تم التنبؤ بها مقاربة الى القيم الحقيقية لان الاخطاء القياسية كانت صغيرة جدا.

ثانيا : نماذج دالة التحويل للادخال المتعدد والاخراج المنفرد

1- من النموذج النهائي لدالة التحويل للتوصيل الكهربائي نستنتج ان التوصيل الكهربائي للماء المصفى يتاثر بالتوصيل الكهربائي للماء الخام بصورة متزامنة وبالتخلف الثاني كما يتاثر بالعكورة وبالرقم الهيدروجيني بتخلفها الثالث ويتاثر بالحرارة بصورة متزامنة وبتخلفهما الثاني كما تبين ان النموذج الملائم لسلسلة الازعاج هو(1)MA، ونستنتج ان كلا من الحرارة والتوصيل الكهربائي للماء الخام يؤثر في التوصيل الكهربائي للماء المصفى في نفس التخلفات وذلك لانه بتغير الحرارة يتغير التوصيل الكهربائي ولوحظ تاثير الرقم الهيدروجيني والعكورة عند التخلف الثالث نتيجة التفاعلات الكيميائية ،كذلك لوحظ ان القيم المتنبا بها مقاربة الى القيم الحقيقية ويؤكد ذلك أن الاخطاء القياسية كانت صغيرة جدا.

2- من نموذج دالة التحويل الخاص بالعكورة وجد ان العكورة للماء المصفى تتاثر بالعكورة للماء الخام بصورة متزامنة وتتاثر بدرجة الحرارة بالتخلف الثالث ، كما تبين ان النموذج الملائم لسلسلة الازعاج هو(1)MA، ،وان نتائج التنبؤ بمقارنتها مع القيم الحقيقية لاتعطي نتائج جيدة للاسباب التي ذكرت للادخال المنفرد في العكورة .

3- من نموذج دالة التحويل لدرجة الحرارة نستنتج ان درجة الحرارة للماء المصفى تتاثر فقط بدرجة الحرارة للماء الخام ولاتتاثر بالمتغيرات الاخرى (العكورة والرقم الهيدروجيني والتوصيل الكهربائي) للماء الخام وان الفحوص التشخيصية والتنبؤ تظهر نفس نتائج دالة التحويل للادخال المنفرد لدرجة الحرارة.

4- من خلال النتيجة النهائية لبناء نموذج دالة التحويل للرقم الهيدروجيني وجد ان الرقم الهيدروجيني للماء المصفى يتاثر بالرقم الهيدروجيني للماء الخام بصورة متزامنة وبتخلف صفري وبدون تاخير زمني ويتاثر بدرجة الحرارة للماء الخام بالتخلف الثاني وذلك لان الحرارة تؤثر في الايونات وتعمل تفاعلات باتجاه الحامض او القاعدة ، ولوحظ ان الاخطاء القياسية للقيم المتنبأ بها صغيرة جدا وتدل على ان الاختلاف قليل بين القيم المتنبا بها والقيم الحقيقية ومن ثم فان النموذج اظهر تنبؤات جيدة.

ثالثا: نماذج دالة التحويل للادخال المنفرد والادخال المتعدد

من خلال مقارنة نتائج التنبؤ للادخال المنفرد مع الادخال المتعدد باستخدام معايير ضبط دقة التنبؤ نستنتج ان نموذج دالة التحويل للادخال المتعدد للتوصيل الكهربائي قدم نتائج افضل من القيم المتنبأ بها باستخدام الادخال المنفرد وذلك لتاثر التوصيل الكهربائي بمتغيرات إضافية أدت

الى تحسين النموذج ، ولوحظ أن القيم المتنبأ بها باستخدام نموذج دالة التحويل للرقم الهيدروجيني عند تعدد المدخلات اعطى نتائج افضل من قيم التنبؤ بالادخال المنفرد وذلك لتاثر الرقم الهيدروجيني بمتغير درجة الحرارة، ووجد ان التنبؤ بدرجة الحرارة لكل من الادخال المنفرد والمتعدد قد اعطى نفس النتائج ، كما ان القيم المتنبأ بها باستخدام نموذج العكورة للادخال المنفرد قدم نتائج افضل قليلا من الادخال المتعدد.

المصادر

1- الحيالي،عمر سالم ابراهيم ،(2012):"توفيق نموذج ديناميكي لعملية تصفية المياه في الموصل "رسالة ماجستير غير منشورة، كلية علوم الحاسوب والرياضيات، جامعة الموصل .

2- شعراوي ، سمير مصطفى، (2005):"**مقدمة في التحليل الحديث للسلاسل الزمنية** "،مطابع جامعة الملك عبد العزيز ،المملكة العربية السعودية .

3- الصائغ،عبد الهادي يحيى و طاقة،أروى شاذل،(2002):"**التلوث البيئي**"،المكتبة الوطنية،جامعة الموصل،العراق .

4- فاندل، والتر ،(1983): "**السلاسل الزمنية من الوجهة التطبيقية ونماذج بوكس-جنكنز**"، تعريب ومراجعة عزام ،عبد المرضي وهارون ، احمد، دار المريخ للنشر(1992)، الرياض، المملكة العربية السعودية.

5- فهد، حارث جبار و ربيع ،عادل مشعان ،(2011):"**التلوث المائي مصادره،مخاطره،معالجته**"، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع ، عمان _ الاردن.

6- محمود ،طارق احمد،(1988):"**علم وتكنولوجيا البيئة**"، دار الكتب للطباعة والنشر ،جامعة الموصل ،العراق.

7- Faraway, J. and Chatfield C. ,(1998) ,"**Time Series Forecasting with Neural Networks: a Comparative Study Using the Airline Data**" , Appl. Statist. Vol. 47 , Part 2 , 231-250 .

8- Liu,L.-M.,(2006),"**Time Series Analysis and Forecasting** ",2nd ed., Scientific Computing Associates Crop.,Illinois, USA .

9- Liu, L.-M. and Hanssens , D.M. ,(1982) **,"Identification of Multiple-Input Transfer Function Models"** , Journal Communications in Statistics , Vol. 11,No. 3 ,pp. 297-314.

10- Liu, L.-M. and Hudak, G.B. ,(1992-1994), "**Forecasting and Time Series Analysis Using the SCA Statistical System**" , Volume 1 , Scientific Computing Associates Crop, Chicago .
11- Liu, L.-M. and Hudak, G.B. , (1997,2002)," The SCA Statistical System Reference Manual for General Statistical Analysis", Illinois: Scientific Computing Associates Corp.
12- Makridakis, S. WheelWright, S.C. and McGee,V. E. ,(1983), **"Forecasting: Methods and Applications"**, 2nd ed., John-Wiley and Sons, New York, United States of America.
13- Mills, T. C. ,(2011) ," **The Foundations of Modern Time Series Analysis" ,** Palgrave Macmillan , New York.
14- Wei, W.W.S. , (2006) , "**Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods**" , Addison-Wesley, United States of America.
15- Yaffee,R.A. and McGee,M.,(1999) ,"**Introduction To Time Series Analysis and Forecasting with Application Of SAS and SPSS**", Academic press ,INC.