علاقة المطر-التصريف لنهري العظيم والزاب الأعلى

د. باسل خضر داؤد / مدرس

قسم الموارد المائية / كلية الهندسة / جامعة الموصل

الخلاصة

إن الأمطار تؤثر بشكل كبير على تصاريف الانهر وعملية التنبؤ بالتصاريف الصحيحة يجب ان تأخذ هذا التأثير بنظر الاعتبار ولأجل ذلك استخدم نموذج الانحدار الحركي (DR). لهذا تم ابتدءاً تشخيص وبناء نموذج (ARIMA) مناسب لكل من سلسلة الأمطار والتصاريف والتي يعتمد بناءها على معرفة دالة الارتباط الذاتي (ACF) ودالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF) واللتان نستفاد منهما لمعرفة درجة استقرارية السلسلة وقوة هذا الاستقرار على التوالي. بعدها تم إيجاد قيم معالم نموذج دالة التحويل (TF) ليصبح نموذج الانحدار الحركي جاهزاً لأغراض التنبؤ بالتصاريف اعتمادا على البيانات التاريخية لكل من الأمطار والتصاريف بعد أن اجتاز النموذج بعض الاختبارات الإحصائية الملائمة.

الكلمات الدالة : المطر ، نهر العظيم ، نهر الزاب الاعلى .

Rainfall-Discharge Relation for Adhaim and Greater Zab Rivers

Dr. Basil Khether Dawood / Lecturer

Water Resources Dept. /College of Engineering

University of Mosul

Abstract

The Dynamic Regression model (DR) was used for forecasting the discharge of Adhaim and Greater Zab rivers with considering the effect of rainfall on the discharges.

The auto correlation function (ACF) was used to determine the stationary level of the time series, also the partial auto correlation function (PACF) was used to identify a suitable Auto Regression Integrated Moving Average (ARIMA) model for time series of rainfall and discharges for both rivers and the factors of the transfer function models (TF) were determined. The model passed the tests successfully and the dynamic regression model for both rivers became suitable for forecasting the discharges depending upon the historical data of the rainfall and the discharges.

Key words : Rainfall , Adhaim river , Greater Zab river .

أستلم في 2005/4/27 قبل في 2006/4/30

قائمة الرموز

a_t : الحد العشوائي في النموذج

b : الزمن الميت

B : عامل الازاحة الخلفية

B^8: عامل الازاحة الخلفية الموسمي

d : رتبة عامل الفرق غير الموسمي

D : رتبة عامل الفرق الموسمي

h : رتبة البسط لنموذج دالة التحويل

K : الازاحة الزمنية

m : عدد المعلمات المقدرة في نموذج (ARIMA)

n : حجم العينة الجزئية

N : حجم العينة الكلي

N_t :سلسلة الاضطراب

p : رتبة معامل الانحدار الذاتي غير الموسمي

P : رتبة معامل الانحدار الذاتي الموسمي

q : رتبة معامل الوسط المتحرك غير الموسمي

Q : رتبة معامل الوسط المتحرك الموسمي

r : رتبة المقام لنموذج دالة التحويل

r_a : معامل الارتباط المقطع

r_k : معامل الارتباط الذاتي

S : القيمة التي تمثل حدود الثقة

S^* : اختبار احصائي يتبع توزيع مربع كاي

S_t : المتغير الطبيعي القياسي المحسوب

X_{t-i} : الامطار الساقطة في اشهر السنة المائية

Y_t :سلسلة المخرجات

Z_t : قيم السلسلة عند الزمن t

$\bar{z}$: معدل القيم المرصودة

χ^2 : مربع كاي

σ : الانحراف المعياري للسلسلة الزمنية

τ : ثابت له علاقة بحجم العينة

Var(τ) : قيمة التباين

λ : قيمة معامل Box- Cox

Φ : معامل الانحدار الذاتي غير الموسمي

ϕ : معامل الانحدار الذاتي الموسمي

δ : مقدار الهبوط الاسي للاوزان

ω : توزيع التخلف النسبي للازاحات

ω_h : توزيع الازاحات النسبي

υ(B): دالة الاستجابة المحفزة

υ_k : اوزان الاستجابة المحفزة

δ_r : نسبة الهبوط الاسي لاوزان الاستجابة المحفزة

Φ_{kk} : معامل الارتباط الذاتي الجزئي

Θ_8 : معامل الوسط المتحرك الموسمي

مقدمة

يعتبر التقييم والتخطيط وادارة المصادر المائية احد المواضيع المهمة في الحياة البشرية وبالاخص في المناطق التي تتميز فيها الامطار بالندرة او يكون فيها التوزيع المطري رديئا وغير منتظم او يكون فيها وجود الماء الجوفي محدوداً بحيث لا يمكن استخدامه للاغراض المختلفة، عليه تعتبر اقامة المنشآت الهيدروليكية كالسدود والخزانات من الامور المهمة لغرض استخدامها في خزن الكميات الزائدة من المياه في موسم الفيضان لاستخدامها للاغراض المختلفة. ان عدم وجود رؤية واضحة عن اقصى فيضان محتمل حدوثه هي التي تؤدي الى انهيار المنشأ لهذا كان الهدف من هذا البحث هو التنبؤ بالجريان في النهر مع الاخذ بنظر الاعتبار تأثير الامطار وهذا يعتبر عامل رئيسي في مجال تصميم السدود.

وفي هذا السياق اصبحت مسألة التنبؤ بالتصاريف وعلاقة الامطار بذلك تهم الباحثين منذ سنين منهم الباحثان (Novotny & Zheng, 1989) [٥] حيث استخدما نموذج دالة التحويل ونموذج(ARIMA) لغرض نمذجة العلاقة بين الأمطار والتصاريف، حيث قاما بإيجاد قيم معلمات النموذج ثم تطبيق النموذج على سلاسل حقيقية للأمطار والتصاريف في حوضين لتغذية في ايطاليا. وقد تبين أن نموذج دالة التحويل يصلح لأغراض التنبؤ والسيطرة التشغيلية على نظام تصريف المياه الثقيلة في المناطق الصناعية، بالإضافة إلى ذلك فقد قام الباحثان (West& Dellana, 2002)[8] باستخدام عدة نماذج للسلاسل الزمنية المستقرة غير العشوائية وذلك باستخدام نموذج الانحدار الحركي الذي يضم نموذج دالة التحويل ونموذج (ARIMA) وأشار الباحثان إلى إمكانية استخدام نموذج دالة التحويل(TF) لتشخيص التذبذبات الحاصلة للسلاسل الزمنية للمتغيرات الهيدرولوجية في حوض تغذية معين كما بينا أيضاً إمكانية استخدام نموذج(AR) (Auto Regression) أو(MA)(Moving average) لأغراض النمذجة.

ان نموذج (ARIMA) يعتبر نموذج شائع الاستخدام في الظواهر الهيدرولوجية كالامطار والتصاريف هذه الظواهر مرتبطة بالزمن بصورة مباشرة لذلك يتم تحليل السلسلة الزمنية لمعرفة طبيعة سلوك السلسلة هل هي في حالة تزايد او تناقص ومدى تاثرها بموسم معين اضافة الى التنبؤ بالظاهرة لسنوات معينة [٢،٤] .

ان الهدف الرئيسي من البحث الحالي هو نمذجة العلاقة بين الامطار الساقطة والجريان في نهري العظيم والزاب الأعلى للتنبؤ بالجريان فيهما. ولغرض التحليل أخذت البيانات الشهرية لقياسات التصريف لنهري العظيم والزاب الاعلى إضافة إلى الأمطار الساقطة في مدينة كركوك

والمعدل المطري لمدينتي الموصل واربيل للفترة من (1984-2000) وتم دراسة إمكانية بناء نموذج انحدار حركي يربط بين سلسلتي الأمطار والتصاريف . ولهذا الغرض فيجب اولا بناء نموذج ARIMA لكل من سلسلة الامطار والتصاريف الذي يجب ان يجتاز بنجاح المعايير الاحصائية التالية [٦] :

١- اختبار التوزيع الطبيعي:

لمعرفة ان كانت السلسلة تتبع هذا التوزيع ام لا وذلك لغرض اجراء التحويل المناسب عن طريق اخذ اللوغاريتم او الجذر التربيعي للسلسلة. استخدمت طريقة (Box-Cox) لتحويل سلاسل الامطار والتصاريف الى التوزيع الطبيعي وتتمثل هذه الطريقة بالمعادلة التالية [٦] :

$$Y_t = \frac{X_t^{\lambda} - 1}{\lambda} \quad \text{.....(1)}$$

حيث في هذه الطريقة نفرض قيم (λ) التي تجعل معامل الالتواء (Skewness Coefficient) مساوية للصفر، أي ان هذه الطريقة تعتمد على طريقة المحاولة والخطأ وذلك موضح في الجدول رقم (١) .

الجدول (1): قيمة λ وقيمة معامل الانحراف لسلاسل الامطار والتصاريف لنهري العظيم والزاب الأعلى

السلسلة	قيمة λ	قيمة معامل الانحراف
تصريف نهر العظيم	٠.٢٣٥٣٣	٠.٠٠٠
أمطار محطة كركوك	٠.٤٧٥	٠.٠٠٠
تصريف نهر الزاب الأعلى	-0.164	٠.٠٠٠
معدل الأمطار في الموصل واربيل	٠.٤٥٢٥	٠.٠٠٠

٢- اختبار الاتجاه العام :

تم تحليل الاتجاه العام للسلاسل الزمنية للامطار والتصاريف لكلا الموقعين لغرض معرفة مدى تأثر السلسلة بالموسمية وهل يوجد اتجاه عام فيها وكما مبين في الشكل رقم (١). لستخدم اختبار كندل (Kindall's Rank Correlation Test) لذلك وظهر بان السلسلة الزمنية لكل من الامطار والتصاريف لا تحتوي على اتجاه عام. في هذا الاختبار نجد [٣،٤]:

$$S_t = \frac{\tau}{(\mathrm{var}(\tau))^{0.5}} \quad \text{.....(2)}$$

تم مقارنة قيمة (S_t) مع قيمة الاختبار الاحصائي (t-test) والتي تساوي (±1.96) عند مستوى ثقة (95%) وكانت قيمة (St) تساوي ٠.٧٩ واتي تشير الى عدم وجود اتجاه عام.

٣- اختبار دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي:

استخدمت دالة الارتباط الذاتي لغرض معرفة فيما إذا كانت السلسلة عشوائية أم لا، شكل (٢) حيث ان السلسلة العشوائية لا يمكن بناء نموذج ARIMA لها ولهذا يعتبر هذا الاختبار من الأمور الرئيسة الواجب القيام بها قبل عملية التشخيص، وحسب المعادلة التالية [١،٣،٦] :

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k}\left(Z_t - \bar{Z}\right)\left(Z_{t+k} - \bar{Z}\right)}{\sum_{t=1}^{n}\left(Z_t - \bar{Z}\right)^2} \quad \text{.....(3)}$$

ان قيم معامل الارتباط الذاتي تتراوح قيمه بين (-1, +1)، وفي حالة مساواته للصفر فان السلسلة تعتبر عشوائية وان السلسلة تعتبر مستقلة عند مستوى ثقة (95%) وذلك في حالة كون قيم معامل الارتباط تقع داخل حدود الثقة المتمثلة بالمعادلة التالية :

$$S = \frac{-1 \mp 1.96\sqrt{n-2}}{n-2} \quad \text{.....(4)}$$

ولستخدمت دالة الارتباط الذاتي الجزئي،شكل (٣) والتي معادلتها :

$$\Phi_{kk} = \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1}\left(\Phi_{k-1,j}\right) * \left(r_{k-j}\right)}{1 - \sum_{j=1}^{k-1}\left(\Phi_{k-1,j}\right) * r_j} \quad \text{.....(5)}$$

(k= 2,3,…….)

$$\Phi_{k,j} = \Phi_{k-1,j} - \Phi_{kk} * \Phi_{k-1,k-j} \quad \text{.....(6)}$$

(k = 3,4,….; j = 1,2,……..,k-1)

وكان نموذج ARIMA العام الذي تم استنتاجه لسلاسل الأمطار لكلا النهرين هو:

$$(1-\phi_1 B)X_t = (1-\Theta_8(B^8))a_t \quad \text{.....(7)}$$

أما نموذج ARIMA بالنسبة لسلاسل التصاريف لكلا النهرين فكان كالآتي:

$$(1-\phi_1 B)Y_t = (1-\Theta_8(B^8))a_t \quad \text{.....(8)}$$

لتحديد قيم معلمات نموذج ARIMA $((p,d,q)(P,D,Q)_S)$ لكل سلسلة حيث يمثل القوس الاول رتبة الجزء غير الموسمي والقوس الثاني رتبة الجزء الموسمي أما (s) فتمثل طول الموسمية وتؤخذ على أساس اعتماد اشهر السنة بعد حذف اشهر الجفاف منها (أربعة اشهر) وتم تحديد قيم معلمات الجزء غير الموسمي في النموذج حيث أن قيمة (p=1) لأنها تمثل قيمة الارتباط الأولى في السلسلة شكل (٢) وهذه القيمة معنوية لأنها أشرت بخط عمودي تجاوز حدود الثقة، أما (d=0) لعدم وجود اتجاه عام، و قيمة (q=0) وهذه تم الاستدلال عليها من اختبار (AIC)(Akaike Information criteria) والذي أعطى هذه القيمة من تشخيص أكثر من نموذج حيث حسبت قيمة AIC لكل نموذج ويعتمد النموذج الذي تكون قيمته في الاختبار اقل ما يمكن على أساس اعتماد مبدأ الاقتصاد او الامثلية في اختيار النموذج، وهذا الاختبار يتمثل بالمعادلة[٦]:

$$AIC(p,q) = N\ln\left(\sigma^2\right) + 2(m) \quad \text{.....(9)}$$

$$m = p + q + P + Q \quad \text{.....(10)}$$

اما قيم معلمات النموذج في الجزء غير الموسمي فكانت قيمة (P=0) والسبب في ذلك أن دالة الارتباط الذاتي الجزئي كانت على شكل موجة الجيب وهذا يدل على ان النموذج يتكون من (AR) و (MA) وبما أن نموذج الانحدار الذاتي ظهر في الجزء غير الموسمي وكانت قيمة معامل الانحدار الذاتي (AR) الأولى (Φ_1) له موجبة عندئذ لا يظهر في الجزء الموسمي لأنه في حالة اعتماده خطأ فان قيمته ستكون سالبة وكذلك الحال بالنسبة لقيمة (Q=1) فان قيمة معامل الوسط المتحرك (MA) الأولى (Θ_1) كانت موجبة في الجزء الموسمي، وفي حالة اعتمادها خطأ في الجزء غير الموسمي ستكون قيمتها سالبة، أما قيمة (D=1) فتم اخذ الفرق الموسمي الأول لإزالة الموسمية من السلسلة وهذا الإجراء يتم استخدامه عادة حتى في حالة تحليل سلاسل

لا تظهر فيها الموسمية بشكل واضح تحسباً من احتمال وجودها وهذا ما ذكره المصدر [٦] ، وللتأكد من صحة القيم التي تم إيجادها استخدم الاختبار الإحصائي (t-test) والذي كانت قيمه لجميع المعلمات معنوية، والجدول (٢) يوضح نماذج ARIMA لسلاسل الأمطار والتصاريف لنهري العظيم والزاب الأعلى.

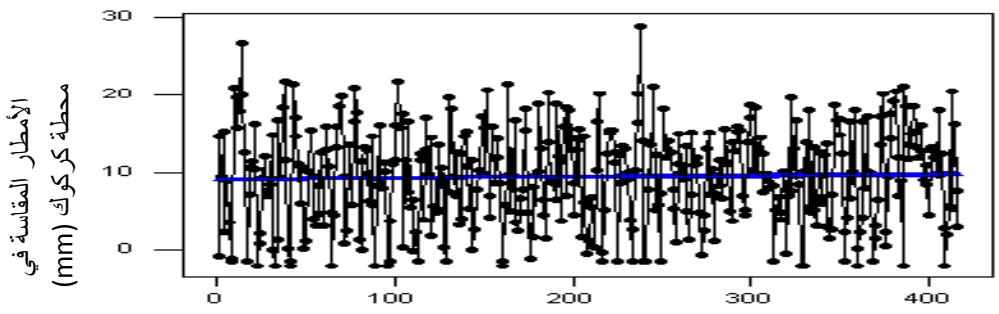
الجدول (٢): نموذج ARIMA لسلاسل الأمطار والتصاريف لنهري العظيم والزاب الأعلى

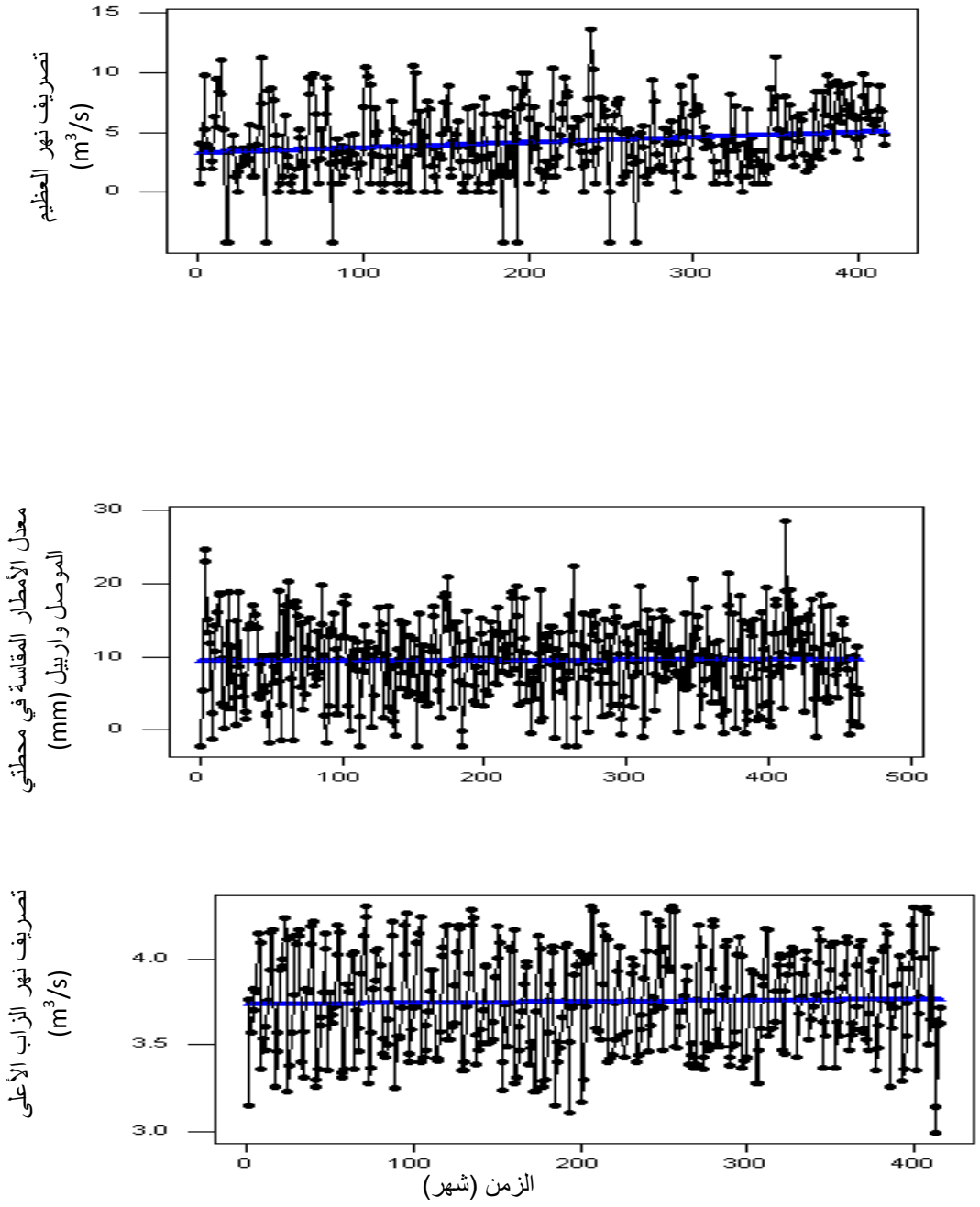
السلسلة	نموذج ARIMA	قيمة φ	قيمة Θ
أمطار كركوك	$(1,0,0)(0,1,1)_8$	0.1430 $(2.92)^*$	0.9622 $(43.06)^*$
تصاريف نهر العظيم	$(1,0,0)(0,1,1)_8$	0.4363 $(9.83)^*$	0.9562 $(39.85)^*$
معدل أمطار الموصل واربيل	$(1,0,0)(0,1,1)_8$	0.1624 $(3.51)^*$	0.9713 $(65.16)^*$
تصاريف نهر الزاب الأعلى	$(1,0,0)(0,1,1)_8$	0.5345 $(12.59)^*$	0.9499 $(51.43)^*$

- إن القيم بين الأقواس تمثل الاختبار (t-test).

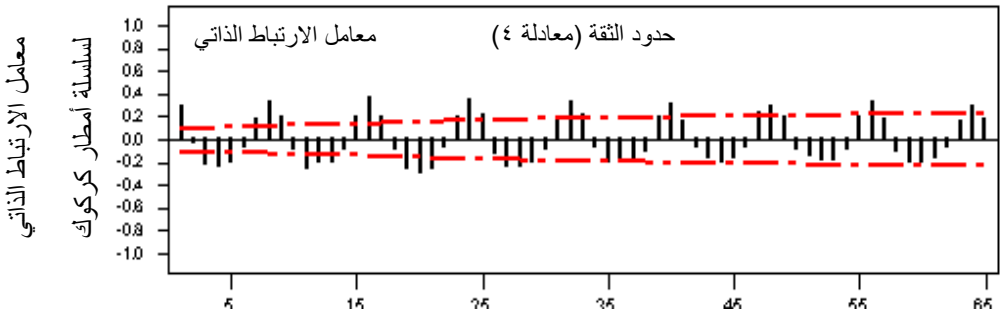
٤- اختبار دالة الارتباط الذاتي للبواقي (RACF Examination):

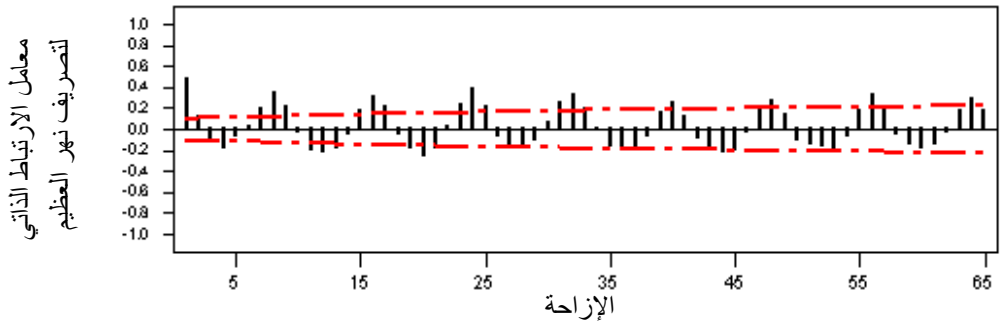
بعد تشخيص النموذج لسلاسل الامطار والتصاريف لكلا النهرين وتقدير معلماته تم التأكد من صحة النماذج وذلك بتحديد سلسلة القيم المتبقية (a_t) لكل نموذج بعد التعويض عن قيم المعلمات المبينة في الجدول (٢) والتي هي (Θ, φ) في النموذج العام لسلاسل الأمطار والتصاريف(معادلة٧،٨) ومن ثم اختبار الارتباط الذاتي لقيم السلسلة، فاذا كانت قيم السلسلة مرتبطة مع بعضها فيجب عندئذ اعادة صياغة النموذج. ان سلسلة القيم المتبقية لكل نموذج كانت داخل حدود الثقة وعندها يمكن الاستنتاج ان سلسلة القيم المتبقية عشوائية شكل (٤) وبهذا فان جميع النماذج تعتبر مقبولة ومهيأة لغرض التنبؤ.

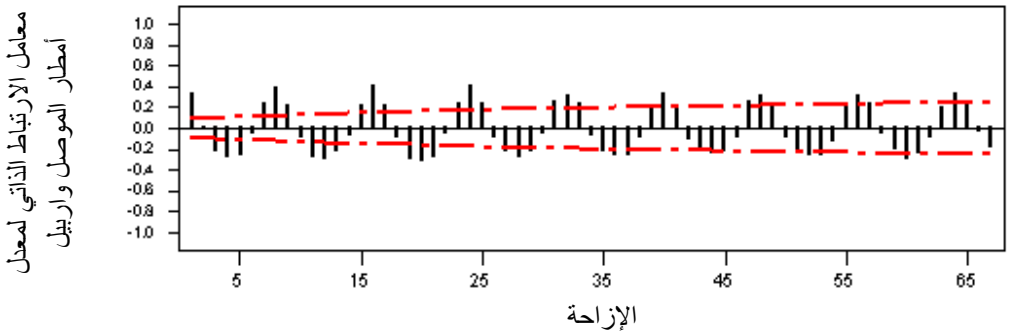


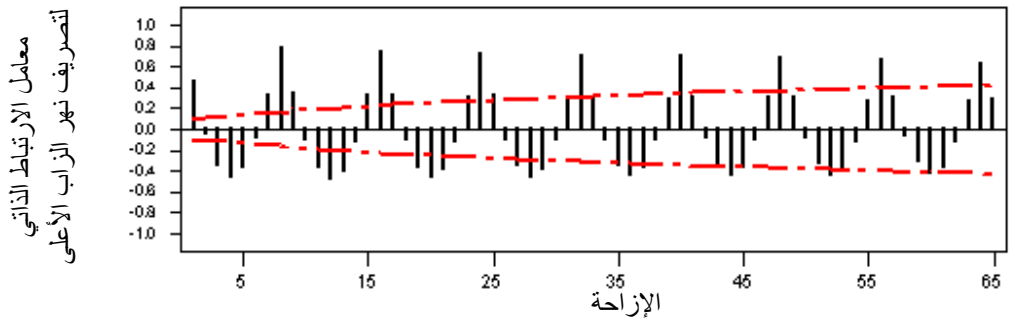


الشكل(١):الاتجاه العام الخطي لسلسلتي الأمطار والتصاريف لنهري العظيم والزاب الأعلى

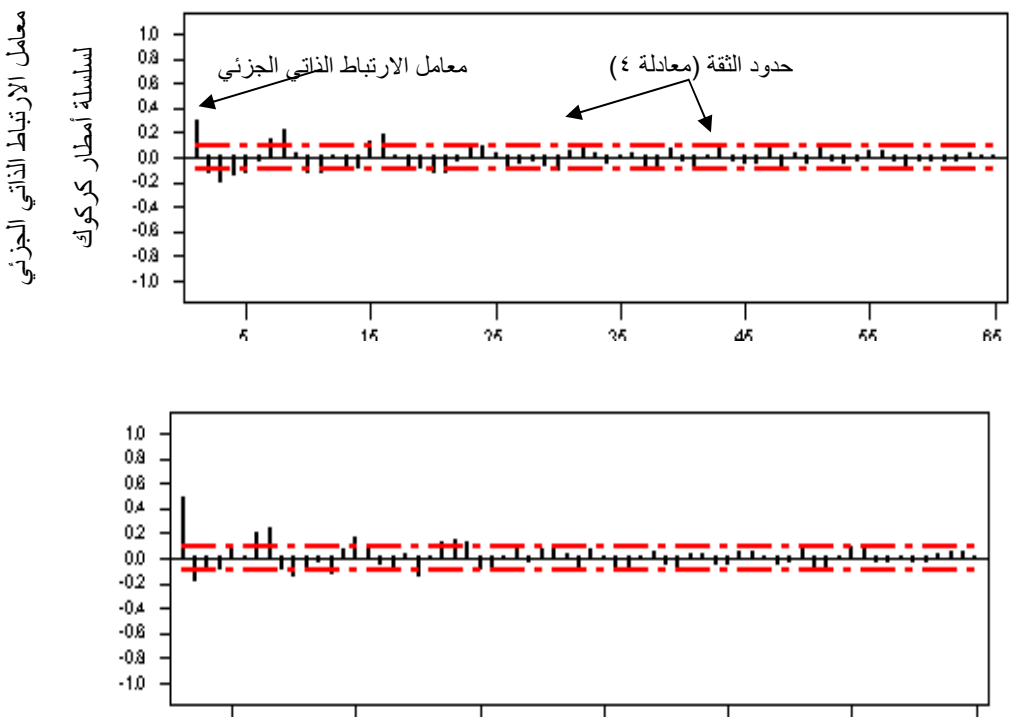

معامل الارتباط الذاتي لسلسلة أمطار كركوك
معامل الارتباط الذاتي
حدود الثقة (معادلة ٤)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1.0
5
15
25
35
45
55
65


معامل الارتباط الذاتي لتصريف نهر العظيم
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1.0
5
15
25
35
45
55
65
الإزاحة


معامل الارتباط الذاتي لمعدل أمطار الموصل واربيل
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1.0
5
15
25
35
45
55
65
الإزاحة


معامل الارتباط الذاتي لتصريف نهر الزاب الأعلى
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1.0
5
15
25
35
45
55
65
الإزاحة

الشكل (2): معامل الارتباط الذاتي لسلسلتي الأمطار والتصاريف لنهر العظيم ونهر الزاب الأعلى مع الإزاحة

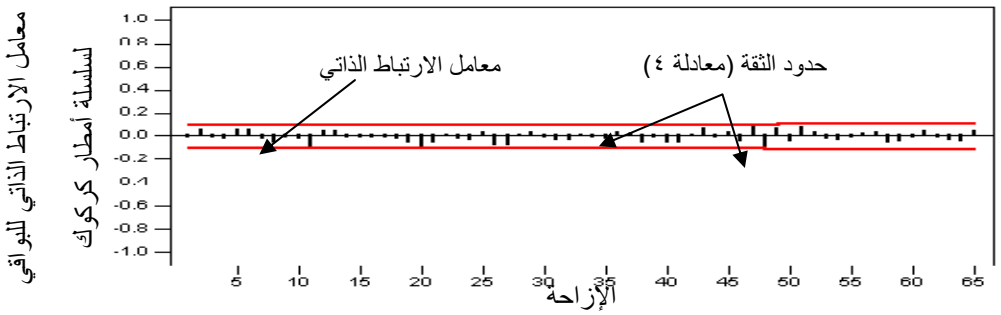


معامل الارتباط الذاتي الجزئي
لتصريف نهر العظيم

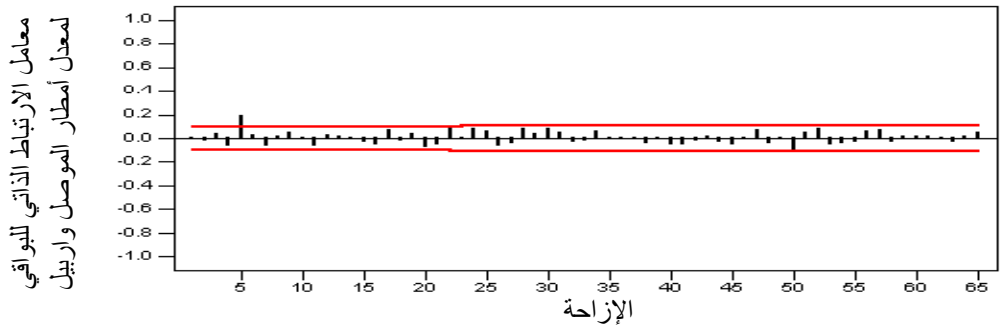
معامل الارتباط الذاتي الجزئي
لمعدل أمطار الموصل واربيل

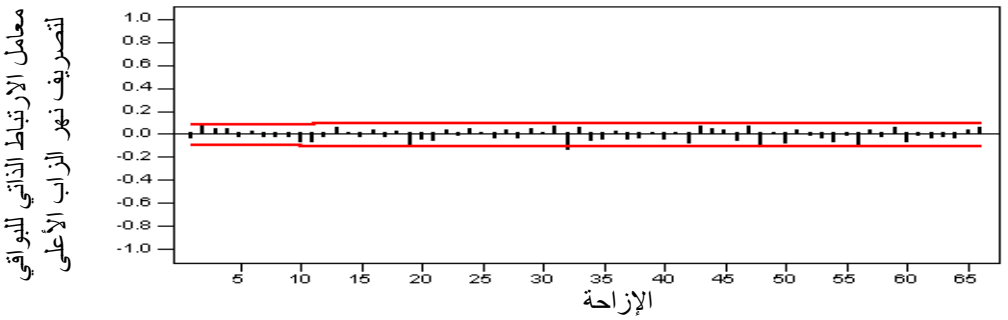
معامل الارتباط الذاتي الجزئي
لتصريف نهر الزاب الأعلى

الشكل (٣): معامل الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلتي الأمطار والتصاريف لنهر العظيم ونهر الزاب الأعلى مع الإزاحة


معامل الارتباط الذاتي للبواقي
لسلسلة أمطار كركوك
معامل الارتباط الذاتي
حدود الثقة (معادلة ٤)
الإزاحة

معامل الارتباط الذاتي للبواقي
لتصريف نهر العظيم
الإزاحة


معامل الارتباط الذاتي للبواقي
لمعدل أمطار الموصل واربيل
الإزاحة


معامل الارتباط الذاتي للبواقي
لتصريف نهر الزاب الأعلى
الإزاحة

الشكل (4): معامل الارتباط الذاتي لسلسلة القيم المتبقية من نموذج ARIMA

للأمطار والتصاريف لنهري العظيم والزاب الأعلى مع الإزاحة

الشكل (٤): معامل الارتباط الذاتي لسلسلة القيم المتبقية من نموذج ARIMA للأمطار والتصاريف لنهري العظيم والزاب الأعلى مع الإزاحة

بناء نموذج الانحدار الحركي:

ميزات هذا النموذج انه يصف الظاهرة مع الاخذ بنظر الاعتبار العامل الرئيسي الذي يؤثر عليها بصورة مباشرة ودرجة تاثيره [٤،٦] ولغرض بناء هذا النموذج فيجب تحديد مدى استجابة الجريان لسقوط المطر فلهذا تم اعتبار (k)(**التخلف الزمني**) ثمانية اشهر ومن ثم ايجاد معادلة الانحدار الخطي والتي تربط بين الامطار والجريان في نهري العظيم والزاب الاعلى على **التوالي** :

$$Y_t = - 0.176 + 0.462\ X_t + 0.057\ X_{t-1} - 0.687\ X_{t-2} + 1.17\ X_{t-3} - 1.14\ X_{t-4} + 0.657\ X_{t-5} - 0.207\ X_{t-6} + 0.0271\ X_{t-7} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١١)$$

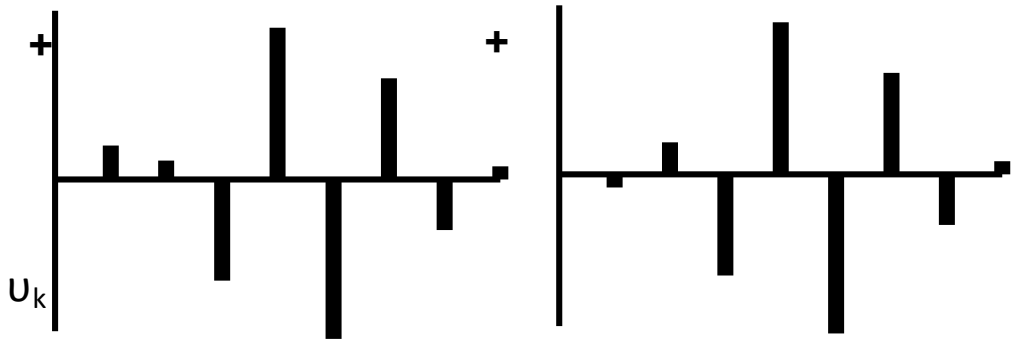
$$Y_t = 3.88 - 0.0136\ X_t + 0.179\ X_{t-1} - 0.542\ X_{t-2} + 0.810\ X_{t-3} - 0.710\ X_{t-4} + 0.369\ X_{t-5} - 0.106\ X_{t-6} + 0.0129\ X_{t-7} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..(١٢)$$

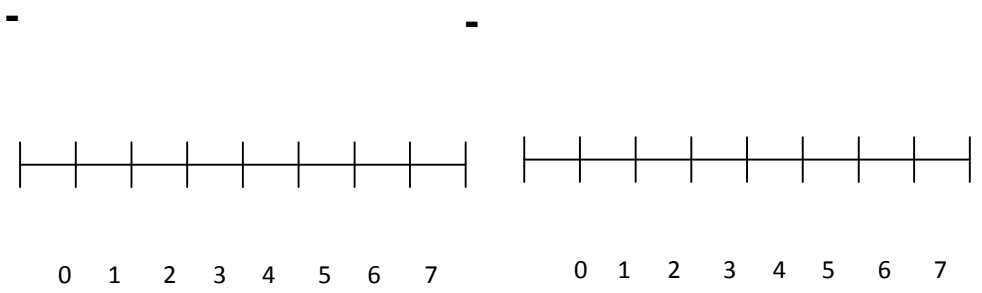
ان معاملات X_{t-i} (والتي تمثل الامطار الساقطة في اشهر السنة المائية $i = 0,1,2,3,4,5,6,7$) تبين مدى استجابة الجريان للامطار حيث ان اكبر معامل في المعادلة يدل على اكبر استجابة ان هذه الاوزان تسمى باوزان الاستجابة المحفزة ومجموع هذه الاوزان يدعى بدالة الاستجابة المحفزة ولايجاد عدد اشهر الاستجابة يجب كتابة هذه الدالة بصيغتها النسبية بالاعتماد على **المعاملان** (δ)، (ω) وتؤخذ قيمها من نتيجة تطبيق النموذج في البرنامج الاحصائي(SASS) وبهذا فان دالة التحويل النسبية تكون[٢،٣،٦،٨] :

$$\upsilon(B)=\omega(B)B^b/\delta(B) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..(13)$$

$$\upsilon(B) = (\omega_0 + \omega_1 B + \omega_2 B^2 + \text{----} \omega_h B^h)B^b / (1- \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \text{-----} \delta_r B^r) \quad \ldots\ldots\ldots(١٤)$$

ان نموذج دالة التحويل النسبي (TF) تم ايجاده عن طريق تقدير معلمات النموذج (b,r,h) والمشار اليها في المعادلتين (١٣، ١٤) اعلاه وذلك برسم علاقة توضيحية بين اوزان الاستجابة المحفزة من المعادلتين (١١، ١٢) على اساس ان مقدار الازاحة هو ثمانية والذي يمثل اشهرالسنة المائية وهذا موضح في الشكل (a-٥،b-5) :





لشكل(a -٥): علاقة توضيحية بين أوزان دالة الاستجابة المحفزة والإزاحة لنموذج الجريان لنهر العظيم

الشكل(b -٥): علاقة توضيحية بين أوزان دالة الاستجابة المحفزة والازاحة لنموذج الجريان لنهر الزاب الاعلى

ولتوضيح الرسم فان الرقم الاول ٠.٤٦٢ (معامل X_t) يمثل قيمة موجبة في الشكل (5-a) والرقم الثاني ٠.٠٥٧ (معامل X_{t-I}) يمثل قيمة موجبة في نفس الشكل يليه الثالث قيمة سالبة وهكذا . ان قيمة b من المعادلة (١٣) تساوي صفر في حالة عدم وجود أي معامل ذو قيمة تساوي صفر وفي حالة وجود معامل واحد يساوي صفر فقط فان b=1 ووجود معاملين مساويين للصفر فان b=2 وهكذا . اما قيمة r =2 لان الهبوط لاوزان الاستجابة المحفزة هو اسي مركب أي موجب وسالب اما قيمة h فتحسب من المعادلة :

$$h= u + r – 1 \quad \text{.....(15)}$$

حيث ان u تمثل عدد القيم المعنوية التي لاتساوي صفر وتحدد قيمتها من ظهورها يسار اول اقل هبوط اسي لذلك فان u=3 وبهذا فان نموذج الانحدار الحركي يكون بالشكل التالي :

$$Y_t = C + \frac{\omega_0 + \omega_1 B + \omega_2 B^2 + \omega_3 B^3 + \omega_4 B^4}{1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2} X_t + N_t \quad \text{.....(١٦)}$$

ولغرض بناء هذا النموذج فيجب تقدير سلسلة الاضطراب (N_t) بالاعتماد على معادلة الانحدار الخطي حيث تعامل السلسلة الناتجة بنفس الطريقة السابقة في التحليل، ومن خلال استخدام دالة الارتباط الذاتي للسلسلة لوحظ أن سلسلة الاضطراب لنموذج نهر العظيم ونهر الزاب الأعلى غير عشوائية وبذلك فان بالامكان بناء نموذج ARIMA مناسب لسلسلة الاضطراب، حيث كان النموذج بالنسبة إلى نهر العظيم كالآتي:

$$(1-0.٤٢٨٣B)X_t = a_t \quad \text{..... (١٧)}$$

أما نموذج سلسلة الاضطراب بالنسبة إلى نهر الزاب الأعلى كان كالآتي:

$$(1-0.2958B)X_t = a_t \quad \text{..... (١٨)}$$

وقد اجتاز النموذجان الفحص الاحصائي (t-test) والتي تساوي |١.٩٦| عند مستوى ثقة (95%) وكانت قيمتي الاختبار ٩.٥٦ ، ٦.٢٥ بالنسبة لنهر العظيم والزاب الاعلى على التوالي أن نموذج ARIMA لسلسلة الاضطراب اعتمد في نموذج الانحدار الحركي عن طريق التعويض بقيم معلمات نموذج دالة التحويل ونموذج ARIMA لسلسلة الاضطراب، فيصبح عندئذ نموذج الانحدار الحركي في صيغته النهائية لنهر العظيم كالآتي:

$$Y_t = 1.1 + \frac{0.31 - 0.4B^2 + 0.04B^3}{1 + 0.1B + B^2} X_t + \frac{1}{(1 - 0.428B)} a_t$$

……..(19)

و نموذج الانحدار الحركي في صيغته النهائية لنهر الزاب الأعلى كالآتي:

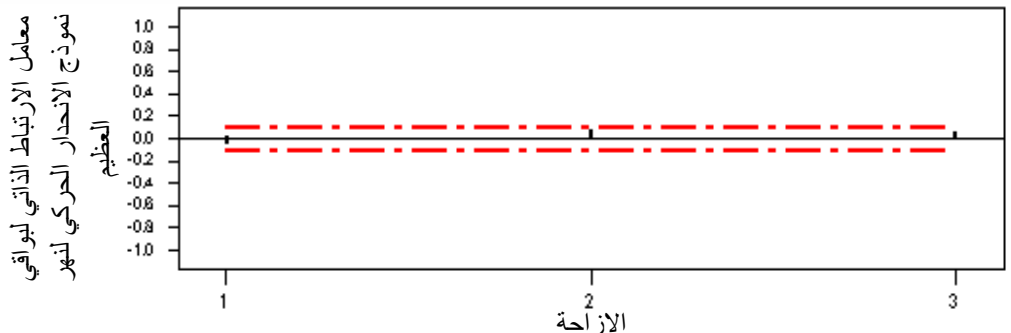
$$Y_t = 3.5 + \frac{1}{1-0.9B} X_t + \frac{1}{(1-0.295B)} a_t$$

…….. (20)

استخدمت دالة الارتباط الذاتي للبواقي (RACF) (Residual Auto Correlation Function) للتأكد من دقة ملائمة النموذج، حيث يلاحظ من الشكل (٦) أن سلسلة أخطاء نموذج الانحدار الحركي غير معنوية وذلك يدل على ملائمة النموذج للتنبؤ، بالإضافة إلى ذلك استخدمت دالة الارتباط المتقاطع (CCF) (Cross Correlation Function) للتأكد من عدم وجود أي ارتباط بين البواقي من نموذج الانحدار الحركي والبواقي من نموذج (ARIMA) لسلسلة المدخلات، وباستخدام الاختبار الإحصائي (S^*) والذي يتبع تقريباً توزيع (χ^2) بدرجة حرية (k+1-m) حيث أن (m) تمثل عدد المعلمات المقدرة في نموذج دالة التحويل فقط [١،٧] وان :

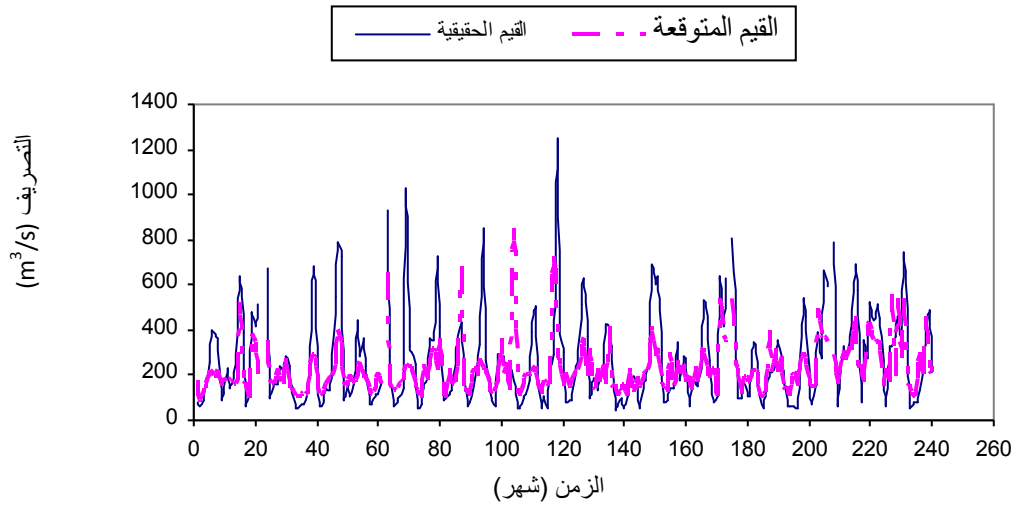
$$S^* = N^2 \Sigma (N-k)^{-1} * r_a^2 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(٢١)$$

وبحساب قيمة (S^*) من المعادلة (21) كانت النتيجة ($S^* = 27.97$) بالنسبة إلى نموذج نهر العظيم وبمقارنة هذه القيمة مع القيمة الجدولية لـ(χ^2) والتي تساوي (40.11) [4]، يلاحظ بان ($S^* < \chi^2$) وكذلك بالنسبة إلى نهر الزاب الأعلى حيث إن قيمة ($S^* < \chi^2$) وذلك يؤدي إلى قبول الفرضية التي تؤكد على أن الارتباط بين البواقي من كلا النموذجين ضعيف وان النموذج ملائم للتنبؤ بالجريان، وتم مقارنة البيانات التاريخية مع البيانات المتوقعة لكل من نموذج نهر الزاب الاعلى و نهر العظيم وكانت النتائج جيدة حيث كانت قيمة معامل الارتباط المتقاطع تسا

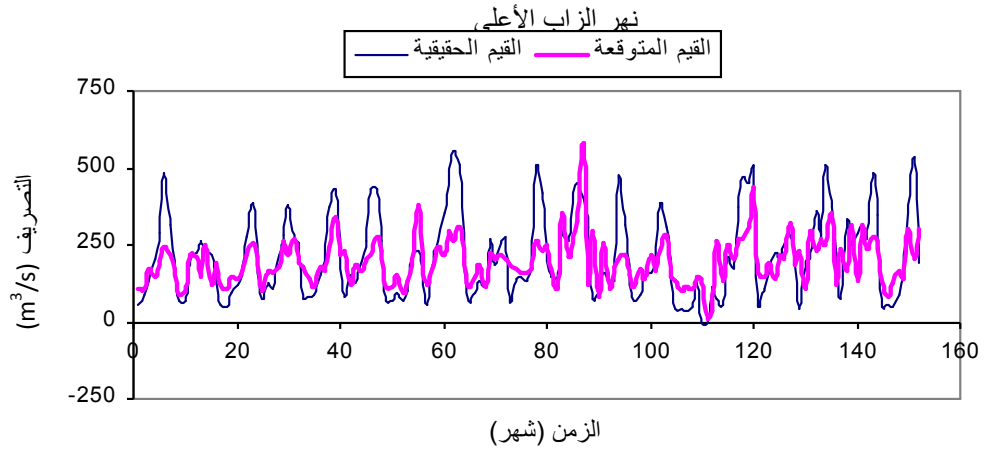


مناقشة النتائج:

تبين من البحث بان هناك اختلاف في مقدار استجابة الجريان لسقوط الأمطار في كلا النهرين حيث لوحظ تاثر الجريان بالمطر الساقط لنهر العظيم يمتد لفترة ثلاثة اشهر (المعادلة ١٩) وللزاب الاعلى يمتد لمدة شهر واحد فقط (معادلة ٢٠) حيث ان الغاية من ايجاد المعادلتين هي لمعرفة مقدار الاستجابة فقط وليس لتطبيق قيم عليها وايجاد نتائج . ان المعاملات تأخذ بالزيادة التدريجية إلا أن تأثير الأمطار يكاد يكون قليل في الشهر الأخير من السنة المائية والسبب في ذلك يعود إلى مقدار سعة حوض التغذية وخواصه الفيزيائية من حيث الطبوغرافية ودرجة الميل والخصائص الميكانيكية للتربة والتي من أهمها مقدار النفاذية، حيث أن الأخير يعتبر عامل مهم في تحديد كمية المياه المتغلغلة داخل التربة وزمن وصولها إلى المجرى المائي إضافة إلى السيح السطحي الذي يؤثر بشكل مباشر على الجريان في النهر، وتبين من الدراسة أيضا أن هناك عوامل أخرى تؤثر على مقدار استجابة الجريان للأمطار والتي منها درجة الحرارة والرطوبة النسبية والمياه الجوفية وذلك هو سبب وجود سلسلة الاضطراب (N_t) في نموذج الانحدار الحركي، حيث أن هذه السلسلة تمثل تلك العوامل التي تؤثر على الجريان.



الشكل (7-a): السلسلة الزمنية الحقيقية والمتنبأ بها للجريان في



الشكل (7-b): السلسلة الزمنية الحقيقية والمتنبأ بها للجريان

فى نهر العظيم

References:

1- Chow, V.T. ,1964. “Hand Book of Hydrology”, McGraw-Hill, 8-12, 8-45, 8-79.
2- Khua, T., Keedwell, E. and Pollard, D. ,2003. "An Evolutionary-based Real-time Updating Technique for an Operational Rainfall-Runoff Forecasting Model ".. http://www.iemss.org.
3- Ledolter, J.,1978."A general class of stochastic models for hydrologic sequences" Journal of Hydrol. Vol. (36): 309-325.
4- Mandel, J., 1964. “The Statistical Analysis of Experimental Data”, John Wiley and Sons, Inc.
5- Novotny ,V.and Zheng , S., 1989. “Rainfall-Runoff Transfer Function By ARMA

Modeling .”, Journal of Hydraulic Engineering , 115 (10) : 1386-1400

6- Pankratz A., 1983."Forecasting with univariate Box – Jenkins models", John

Wiley and Sons. Inc. New York.

7- Richard H.,1989. "Effect of Length of Record on Estimates of Annual Precipitation in Nevada" Journal of Hydraulic Engineering, 115 (4): 493 -506.
8- West, D. and Dellana, S. ,2002. "Transfer Function Modeling of Processes With Dynamic Inputs", Journal of Quality Technology, 34 (3).