

## التنبؤ بالهطل المطري في محطة طرطوس الواقعة في القسم الجنوبي من الساحل السوري

الدكتور شريف بدر حايك\*  
الدكتور غطفان عبد الكريم عمّار\*\*

(تاريخ الإيداع 23 / 2 / 2015. قُبِلَ للنشر في 18 / 3 / 2015)

### □ ملخص □

يعدّ الهطل المطري أحد أكثر عناصر الدورة الهيدرولوجية صعوبة وتعقيداً من حيث الفهم والنمذجة، بسبب تعقيد العمليات الجوية التي تولد الأمطار. تأتي أهمية البحث من العلاقة المباشرة لكميات الأمطار الهاطلة بالأنشطة الاقتصادية والاجتماعية للسكان، ومجالات التخطيط لإدارة الموارد المائية، لا سيما ما يتعلق منها بعملية التنمية الزراعية. يهدف البحث إلى إلقاء الضوء على كميات الأمطار الهاطلة في محطة طرطوس الواقعة في الجزء الجنوبي من الساحل السوري، وتطبيق نموذج من نماذج بوكس-جنكنز للتنبؤ بكمياتها المستقبلية. تم اختبار نماذج متعددة لـ ARIMA، وأخضعت النماذج لجميع الاختبارات المطلوبة، وقد تبين أن أفضلها كان النموذج ذي المعالم  $ARIMA(3,0,4)$ . جرى أثناء الاختبار تقسيم البيانات إلى 43 سنة لبناء النموذج، وثمان سنوات لاختباره، وقد أعطت نتائج الاختبار دقةً عاليةً في الأداء، كما استخدم النموذج للتنبؤ بقيم الأمطار السنوية لعشرين سنة قادمة.

الكلمات المفتاحية: الهطل المطري، التنبؤ، نماذج ARIMA، نماذج بوكس-جنكنز.

\*أستاذ مساعد - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين-اللاذقية-سورية .  
\*\*أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Rainfall Prediction in Tartous Station Located in the Southern Part of the Syrian Coast

Dr. Sharif Hayek\*  
Dr. Ghatfan Ammar\*\*

(Received 23 / 2 / 2015. Accepted 18 / 3 / 2015)

### □ ABSTRACT □

Rainfall is considered as one of the most difficult and complex elements of the hydrological cycle, to understand and model, due to the complexity of air operations that generate rain. The importance of research comes from the direct relationship between the rainfall amount and economic & social activities of the population, planning scopes of the water resources management, particularly with respect to the agricultural development.

The research aims to highlight the rainfall amounts in Tartous station which is located in the southern part of the Syrian coast, and applying one model of Box-Jenkins models for the purpose of predicting future rainfall amounts. Multiple Arima models have been tested. The results showed that the model SARIMA (3,0,4) was the best one. Data were divided into 43 years to build the model and eight years to test it. The test results gave high accuracy in the performance, and the model was used to predict the values of annual rainfall for the next twenty years.

**Keywords:** Rainfall, Prediction, Arima models, Box-Jenkins models

---

\*Associated Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\*Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**مقدمة:**

يعد التنبؤ بالسلوك المستقبلي للسلاسل الزمنية، من الموضوعات المهمة في العلوم الإحصائية وذلك للحاجة إليه في جميع مجالات الحياة، مثل التنبؤ بالحالة الجوية ودرجات الحرارة، وكميات الأمطار الهائلة، وغيرها [1]. وتعد عملية التنبؤ أساساً لكل عمليات التخطيط العلمي، بوصفه سمةً من سمات العصر الحديث، إذ إنه يساعد المختصين على اتخاذ القرارات اللازمة، ووضع الخطط المستقبلية، لتفادي المشكلات القائمة، لاسيما تلك التي تمس حياة الإنسان على سطح الأرض [2].

**أهمية البحث وأهدافه:**

يعد الهطل المطري أحد أكثر عناصر الدورة الهيدرولوجية صعوبة وتعقيداً من حيث الفهم والنمذجة، بسبب تعقيد العمليات الجوية التي تولد الأمطار، بالإضافة إلى مجموعة كبيرة من الاختلافات على نطاق واسع من المقاييس، سواء في المكان والزمان [3].

وعلى الرغم من التطور الذي شهدته السنوات الأخيرة في مجال التنبؤ بالطقس، ظلّ التنبؤ الدقيق بالهطل المطري واحداً من أكبر التحديات في الهيدرولوجيا التطبيقية [4].

تأتي أهمية البحث من العلاقة المباشرة لكميات الأمطار الهائلة بالأنشطة الاقتصادية والاجتماعية للسكان، ومجالات التخطيط لإدارة الموارد المائية، لاسيما ما يتعلق منها بعملية التنمية الزراعية.

لذا يعد التنبؤ بكميات الأمطار المستقبلية عنصراً فاعلاً في مساعدة الإنسان على وضع الخطط المستقبلية لمختلف نواحي الحياة، البشرية والنباتية والحيوانية [2].

يهدف البحث إلى إلقاء الضوء على كميات الأمطار الهائلة في الجزء الشمالي من الساحل السوري، وتطبيق نموذج من نماذج بوكس-جنكنز للتنبؤ بكمياتها المستقبلية.

بعد نشر الورقة العلمية [5]، أصبحت نماذج Box-Jenkins نموذجاً عاماً للسلاسل الزمنية المستخدمة في التنبؤ الهيدرولوجي، وتتضمن هذه النماذج: تكامل الانحدار الذاتي - المتوسط المتحرك (ARIMA)، الانحدار الذاتي - المتوسط المتحرك (ARMA)، الانحدار الذاتي (AR)، والمتوسط المتحرك (MA)، وتعتبر هذه النماذج على درجة عالية من الأهمية للتنبؤ بالتغيرات قيد الحدوث [6].

تطبق نماذج تحليل السلاسل الزمنية (Box-Jenkins models) على نطاق واسع في مجال الهيدرولوجيا والتنبؤ بالهطل المطري، وسنستعرض فيما يأتي بعضاً منها:

استخدم (Al-Suhaili, 1986) نموذج (AR(1))، و نموذج تكامل الانحدار الذاتي - المتوسط المتحرك (ARMA)، ونموذج ماتاناس لأربع محطات جريان نهري [7].

كما قام (Burlando et al., 1993) باستخدام نماذج ARMA للتنبؤ بالهطل المطري قصير المدى، حيث تم استخدام قيم الهطل المطري الساعي في محطتي قياس في كولورادو في الولايات المتحدة الأمريكية، وعدة محطات في وسط إيطاليا [8].

طبق (Mahmood, 2000) نماذج (AR(1), AR(2), ARIMA (1,1,1))، لتحليل السلاسل الزمنية الشهرية لبيانات نوعية مياه نهر الفرات في مدينة الكوفة [9].

طبق (Abed, 2007) نموذج Box-Jenkis الموسمي مضاعف من المرتبة  $(0,1,1)_2 \times (0,1,1)_1$  للسجلات الشهرية لبعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه النهر في محافظات بابل، النجف والديوانية [10].

طبق (Al-Ta'ee, 2009) نماذج ARIMA على سجلات الهطل المطري والتبخر في محافظة بابل [11].

كما قام (Ali, 2010) بمعايرة ثلاثة نماذج موسمية مضاعفة Box-Jenkis لوصف التدفق الشهري من حوض بيخيم في العراق [12].

بينما قام (Al-masudi, 2011) بمعايرة سبعة نماذج موسمية مضاعفة لوصف التدفق الشهري من حوض دوكان [13].

وقد قامت (S. Abdulmuttaleb, 2014) بالتنبؤ بالأمطار الشهرية لمدينة كركوك باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية ونماذج السلاسل الزمنية [14].

وقد أعطت جميع هذه النماذج دقة عالية، تؤهلها للقيام بالغرض الذي صممت من أجله.

### الطرائق والمواد المستخدمة

تعد نماذج بوكس-جنكنز من الأساليب الإحصائية المهمة لتحليل السلسلة الزمنية، وتستخدم هذه النماذج لتمثيل سلسلة زمنية تشكل ظاهرة معينة، وكذلك في التنبؤ بقيم الظاهرة في المستقبل. ولها تطبيقات كثيرة في المجالات الاقتصادية والأرصاء الجوية، وقبل التطرق إلى تفاصيل هذه النماذج لابد من ذكر بعض التعاريف الأساسية [15]:

- السلسلة الزمنية: هي مجموعة من القيم المشاهدة لظاهرة معينة مرتبة وفق حدوثها في الزمن، كالسنين والأشهر والأسابيع والأيام، أو أية وحدة زمنية، أي أنها عبارة عن سجل تاريخي لظاهرة معينة.

- السكون: تعد السلسلة الزمنية ساكنة من الدرجة الثانية إذا كان لها وسط حسابي ثابت تتجمع حوله البيانات، أي خالية من تأثير الاتجاه العام ومن التأثيرات الموسمية. وللسلسلة الزمنية الساكنة وسط حسابي ثابت، وتباين وتغاير مشترك ثابتان أي أن:

$$\mu = E(X_t)$$

$$\sigma_x^2 = \text{Var}(X_t) = E(X_t - \mu)^2$$

$$\gamma_k = \text{Cov}(X_t, X_{t+k}) = E(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu), \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

فإذا كانت  $X_1, X_2, \dots, X_n$  هي قيم ملاحظة من السلسلة الزمنية  $\{X_t\}$  وكانت  $C_k, \hat{\sigma}_x^2, \bar{X}$  هي تقديرات  $\mu, \sigma_x^2, \gamma_k$  على التوالي فإن:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N X_t \quad \dots\dots(1)$$

$$\hat{\sigma}_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^N (X_t - \bar{X})^2 \quad \dots\dots(2)$$

$$C_k = \frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^N (X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu) \quad \dots\dots(3)$$

- الموسمية: تعد السلسلة الزمنية سلسلة موسمية عندما تعيد نفسها كل فترة زمنية ثابتة، أي أن:

$$X_t = X_t + S$$

حيث تمثل S طول الموسم، ويمكن معرفتها وتمييزها من خلال قيم معاملات الارتباط الذاتي التي تكون موجبة وأكبر ما يمكن وتختلف معنوياً عن الصفر عند الفترات الزمنية S, 2S, 3S, ... .

- معامل الارتباط الذاتي: هو مقياس يحدد قوة الارتباط بين قيم الظاهرة  $\{X_t\}$  في فترات زمنية مختلفة، ويحسب من العلاقة الآتية:

$$\rho_k = \frac{Cov(X_t, X_{t+k})}{\sqrt{Var(X_t)Var(X_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}, \quad k = 1, 2, \dots, \frac{N}{4} \quad \dots\dots(4)$$

حيث إن التباين للسلسلة الزمنية الساكنة ثابت ومتساوٍ لكل الفترات الزمنية المختلفة ويحسب من العلاقة:

$$r_k = \frac{C_k}{C_0} \quad \dots\dots(5)$$

نماذج بوكس-جنكنز: هناك نوعان من هذه النماذج:

النماذج اللاموسمية: تستخدم لتمثيل نوعين من السلاسل: الساكنة وغير الساكنة ومن هذه النماذج [16]:

- نموذج الانحدار الذاتي: ومعادلته من الشكل الآتي:

$$X_t = \mu + \theta_1 X_{t-1} + \theta_2 X_{t-2} + \dots + \theta_p X_{t-p} + Z_t \quad \dots\dots(6)$$

حيث أن معالم النموذج  $Z_t$  و  $\mu, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p$  متغيرات عشوائية غير مرتبطة مع بعضها (white noise) بوسط حسابي صفر وتباين  $\sigma_Z^2$  أي أن:

$$E(Z_t) = 0$$

$$E(Z_t Z_{t+k}) = \begin{cases} 0 & k \neq 0 \\ \sigma_Z^2 & k = 0 \end{cases}$$

ويرمز لهذا النموذج بـ  $AR(p)$  حيث  $p$  تمثل درجة النموذج.

- نموذج المتوسطات المتحركة: ومعادلته من الشكل الآتي:

$$X_t = \mu + Z_t - \phi_1 Z_{t-1} - \phi_2 Z_{t-2} - \dots - \phi_q Z_{t-q} \quad \dots\dots(7)$$

ويرمز لهذا النموذج بـ  $MA(q)$  حيث  $q$  تمثل درجة النموذج.

- نموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة: وتكتب معادلته بالشكل الآتي:

$$X_t = \mu + \theta_1 X_{t-1} + \theta_2 X_{t-2} + \dots + \theta_p X_{t-p} + Z_t - \phi_1 Z_{t-1} - \phi_2 Z_{t-2} - \dots - \phi_q Z_{t-q} \quad \dots\dots(8)$$

ويرمز لهذا النموذج بـ  $ARMA(p, q)$  حيث  $p, q$  تمثلان درجته.

وعندما تكون السلسلة غير ساكنة، فإنه يمكن بأخذ الفروق المناسبة، تحويلها إلى سلسلة ساكنة، ويؤخذ الفرق الأول وفقاً للمعادلة الآتية:

$$W_t = X_t - X_{t-1} \quad \dots\dots(9)$$

ثم تمثل بنفس النماذج السابقة ولكن تضاف فقط كلمة *integrated* إلى اسم النموذج للدلالة على أن هذا النموذج استخدم لتمثيل سلسلة زمنية غير ساكنة.

النماذج الموسمية: تستخدم لتمثيل السلاسل الزمنية الموسمية ومن هذه النماذج [16]:

- نموذج الانحدار الذاتي الموسمي: ومعادلته من الشكل الآتي:

$$X_t = \mu + \theta_S X_{t-S} + \theta_{2S} X_{t-2S} + \dots + \theta_{PS} X_{t-PS} + Z_t \quad \dots\dots(10)$$

ويرمز لهذا النموذج بـ  $SAR(P)$  حيث  $P$  تمثل درجة النموذج.

- نموذج المتوسطات المتحركة الموسمي: وتكتب معادلته كما يأتي:

$$X_t = \mu + Z_t - \phi_S Z_{t-S} - \phi_{2S} Z_{t-2S} - \dots - \phi_{QS} Z_{t-QS} \quad \dots(11)$$

ويرمز لهذا النموذج بـ  $SMA(Q)$  حيث  $Q$  تمثل درجة النموذج.

- نموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة الموسمي: ومعادلته من الشكل الآتي:

$$X_t = \mu + \theta_S X_{t-S} + \theta_{2S} X_{t-2S} + \dots + \theta_{PS} X_{t-PS} + Z_t - \phi_S Z_{t-S} - \phi_{2S} Z_{t-2S} - \dots - \phi_{QS} Z_{t-QS} \quad \dots(12)$$

ويرمز لهذا النموذج بـ  $SARMA(P, Q)$  حيث  $P, Q$  تمثلان درجته.

وعندما تكون السلاسل الزمنية غير ساكنة، فإنه يمكن تحويلها إلى سلاسل ساكنة، بأخذ الفرق الموسمي وفق

المعادلة الآتية:

$$W_t = X_t - X_{t-S} \quad \dots(13)$$

ثم تمثل بنفس النماذج السابقة ولكن تضاف فقط كلمة *integrated* وإلى اسم النموذج للدلالة على أن هذا

النموذج استخدم لتمثيل سلسلة زمنية غير ساكنة.

النموذج الموسمي المضاعف: هو خليط من النماذج اللا موسمية والموسمية ويكتب بالشكل الآتي:

$$\theta_p(B) \theta_q(B^S) \nabla^d \nabla^D X_t = \phi_q(B) \phi_Q(B^S) Z_t \quad \dots(14)$$

حيث إن:  $p$  درجة الانحدار الذاتي الاعتيادي،  $P$  درجة الانحدار الذاتي الموسمي

$q$  درجة المتوسط المتحرك الاعتيادي،  $Q$  درجة المتوسط المتحرك الموسمي

$d$  درجة الفروق الاعتيادية،  $D$  درجة الفروق الموسمية

$S$  طول فترة الموسم

ويرمز للنموذج أعلاه بـ  $ARIMA(p, q, d) \times (P, Q, D)_S$ .

**مراحل بناء النموذج:** هناك ثلاث مراحل بهدف بناء نموذج لتمثيل سلسلة زمنية ساكنة وتشمل:

**التشخيص:** يتم تشخيص النموذج وتحديد درجته من خلال دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الجزئي.

**التقدير:** بعد أن يحدد النموذج وتحدد درجته يتم تقدير معالمه، وهناك عدة طرائق تستخدم في التقدير أهمها:

**طريقة الاحتمال الأعظم:** لتقدير معالم النموذج المختلط *ARMA* تستخدم طريقة الاحتمال الأعظم فالدالة

التجميعية بثبات البيانات هي:

$$L(\theta, \phi, \sigma_Z^2 | X_t) = (2\pi)^{-\frac{N}{2}} (\sigma_Z^2)^{-\frac{N}{2}} \text{Exp} \left[ -\frac{1}{2\sigma_Z^2} S(\theta, \phi) \right]$$

حيث إن  $S(\theta, \phi)$  تمثل مجموع مربعات الأخطاء أي:

$$S(\theta, \phi) = \sum_{t=1}^N \hat{Z}_t^2(\theta, \phi)$$

$$\text{Ln}L(\theta, \phi, \sigma_Z^2) = -\frac{N}{2} \text{Ln}(2\pi\sigma_Z^2) - \frac{S(\theta, \phi)}{2\sigma_Z^2}$$

وبأخذ التفاضل الجزئي للدالة الأخيرة بالنسبة لكل من  $\sigma_Z^2, \theta, \phi$  ومساواة التفاضلات بالصفر نحصل على

التقديرات  $\hat{\sigma}_Z^2, \hat{\theta}, \hat{\phi}$  على التوالي.

**تدقيق التشخيص:** قبل استخدام النموذج لحساب التنبؤات المستقبلية يجب اختباره للتأكد من صحته وكفاءته

ويتم ذلك باستخدام معاملات الارتباط الذاتي للبواقي حيث:

$$r_k(\hat{Z}_t) = \frac{\sum_{t=1}^N \hat{Z}_t \hat{Z}_{t+k}}{\sum_{t=1}^N \hat{Z}_t^2} \quad \dots\dots\dots(15)$$

وقد أثبت كل من (Box&Pierce1970), أن معاملات الارتباط الذاتي للوقاي تتوزع توزيعاً طبيعياً بمتوسط صفر وتباين  $\frac{1}{N}$  حيث  $N$  تمثل حجم العينة، وعليه فإن [17] :

$$Q = N \sum_{t=1}^m r_k^2(\hat{Z}_t) \quad \dots\dots\dots(16)$$

تتوزع  $\chi^2$  بدرجة حرية  $(m - p - q)$  حيث تمثل  $m$  أكبر عدد لمعاملات الارتباط الذاتي، فإذا كانت قيمة  $Q$  المحسوبة أقل من  $\chi^2$  الجدولية فهذا يشير إلى كفاءة وملائمة النموذج للبيانات. ومن أجل الوصول إلى هدف البحث، تم اعتماد كميات الهطل السنوية في محطة طرطوس الواقعة على ارتفاع 7 m عن سطح البحر، في الجزء الجنوبي من الساحل السوري، حيث يبلغ متوسط الهطل السنوي فيها (857 mm)، وتمتد فترة المراقبة من عام 1959 وحتى عام 2010، الشكل (1).



الشكل (1): موقع المحطة المدروسة

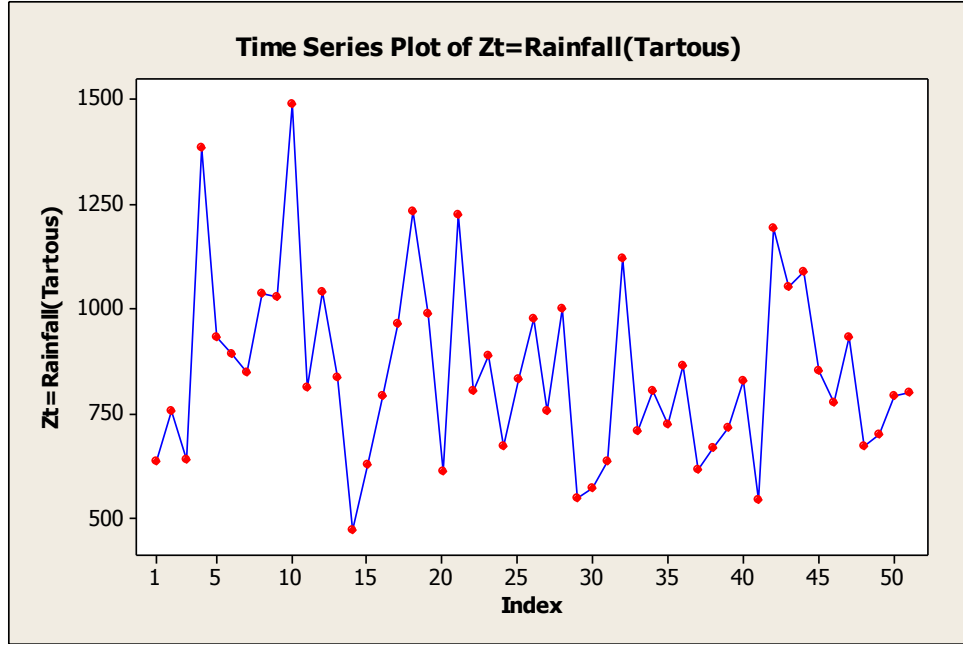
ومن أجل إجراء الدراسة ومعالجة المعطيات، وبناء النموذج واختباره ، ورسم المنحنيات وغيرها من العمليات اللازمة للوصول إلى المطلوب، تم استخدام برنامج الـ Minitab، وسنوضح كل هذا في الفقرة الآتية.

### النتائج والمناقشة:

سلسلة الهطل المطري السنوي في محطة طرطوس

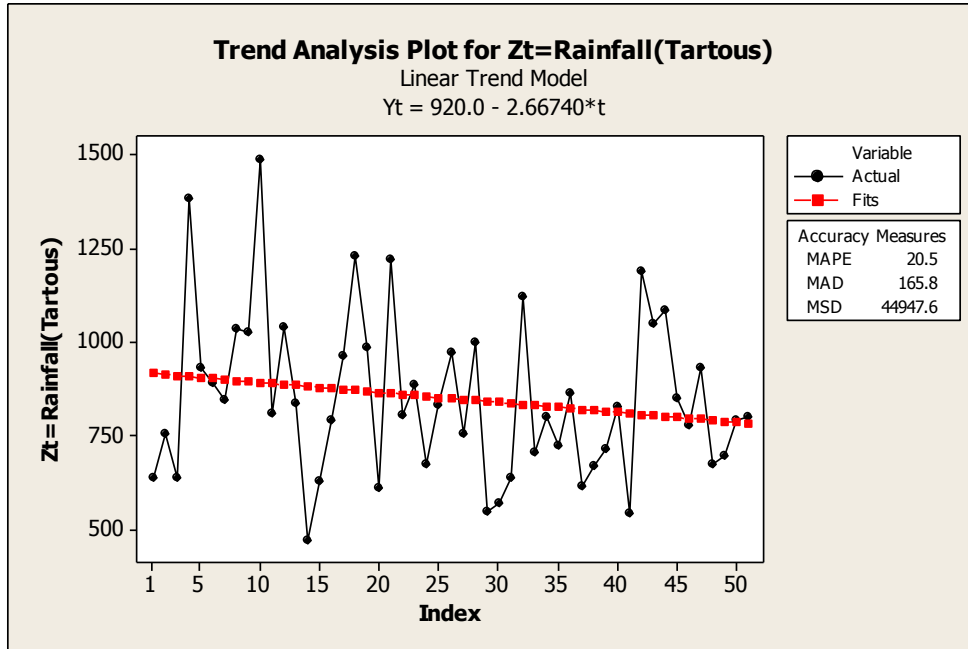
دراسة سلسلة الهطل المطري السنوي لمحطة طرطوس  $Z(t)$ :

بعد إدخال البيانات لمدة 51 سنة بدءاً من العام الهيدرولوجي 1959-1960 حتى العام الهيدرولوجي 2009-2010 في برنامج Minitab نقوم برسم السلسلة الزمنية للهطل في الشكل (2).



الشكل (2) السلسلة الزمنية لقيم الهطل المطري

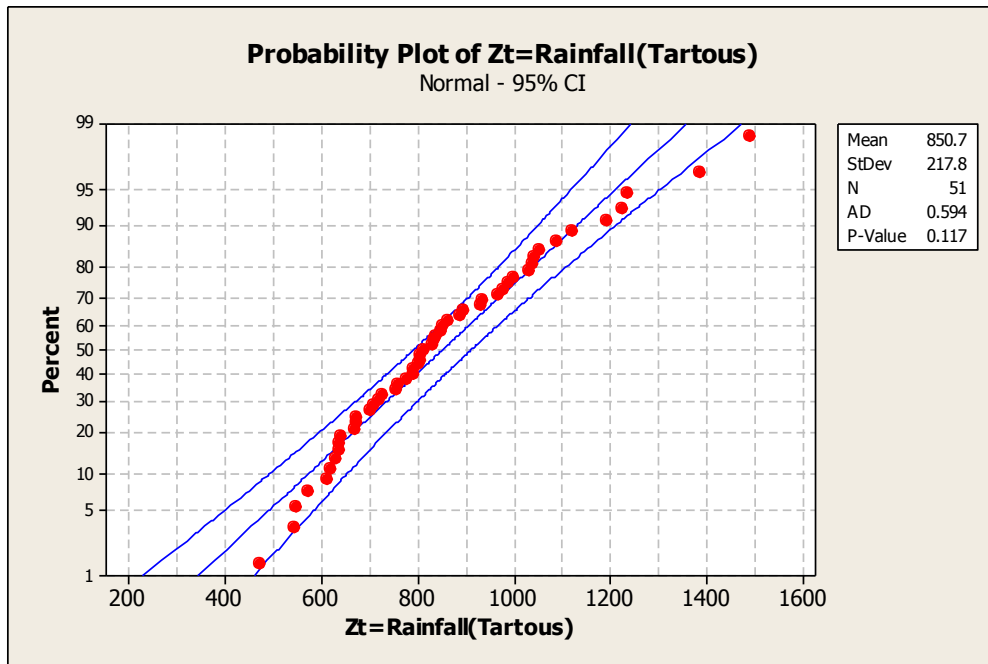
نوضح الاتجاه العام للسلسلة ومعادلته كما يبين الشكل (3).



الشكل (3) الاتجاه العام ومعادلته للسلسلة الزمنية لقيم الهطل المطري السنوي

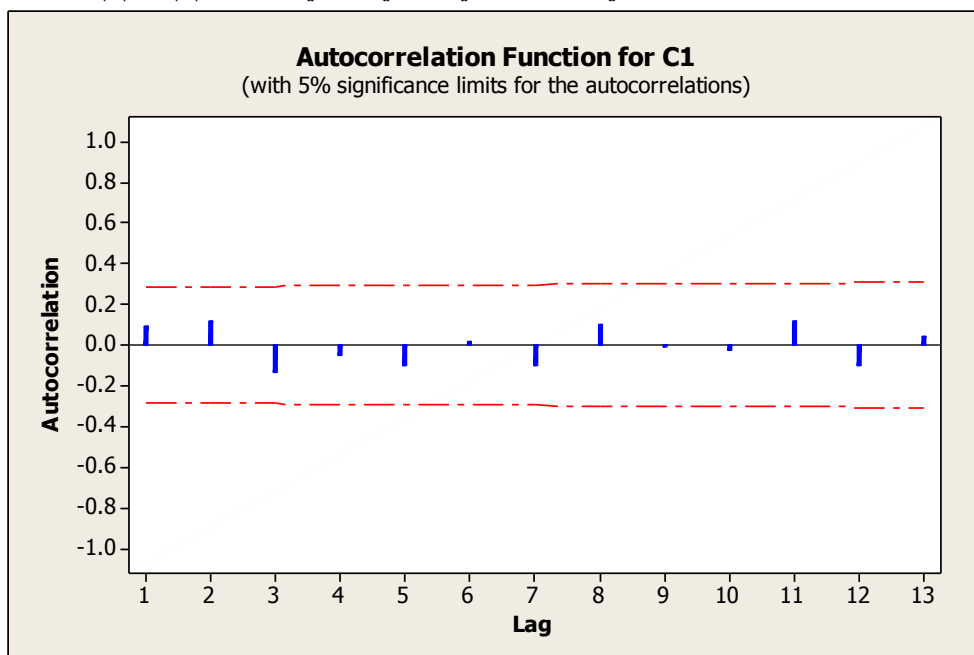
نلاحظ وجود اتجاه عام متناقص، فالسلسلة غير مستقرة في المتوسط، لذلك نقوم باختبار تثبيت التباين أي اختبار التوزيع الطبيعي من خلال طريقة (Kolmogorov - Smirnov) كما هو موضح في الشكل (4).



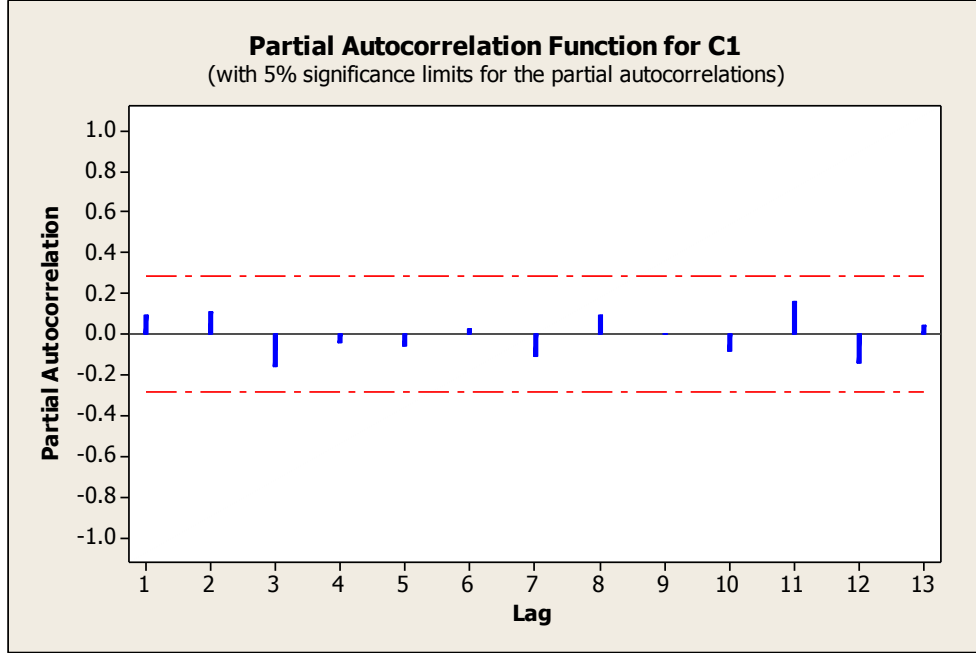


الشكل (4) اختبار التوزيع الطبيعي لسلسلة الهطل المطري

نلاحظ بوضوح انطباق القيم إلى حدٍ ما على الخط المستقيم (الممثل للتوزيع الطبيعي)، وهذا يعني أن السلسلة مستقرة في التباين، لذلك نوجد دوال الترابط الذاتي والترابط الذاتي الجزئي لها في الشكلين (5) و (6).



الشكل (5) دالة الترابط الذاتي لسلسلة الهطل المطري



الشكل (6) دالة الترابط الذاتي العيني لسلسلة الهطل المطري

نلاحظ الآن استقرار السلسلة، وبالتالي أصبحت السلسلة مستقرة وجاهزة لبناء النموذج.

#### بناء النموذج لسلسلة الهطل المطري السنوي لمحطة طرطوس $Z(t)$

تم اقتراح العديد من النماذج، بعد إجراء الاختبارات المختلفة على البواقي، وتوصلنا إلى عددٍ من النماذج المناسبة، لذلك نلجأ إلى معيار أكاي  $AIC$ ، لتحديد النموذج المناسب، حيث يعطى المعيار بالعلاقة:

$$AIC(m) = n * \ln(\sigma^2) + 2 * m$$

يبين الجدول (1)، نتائج اختبار معيار أكاي.

الجدول (1) نتائج اختبار معيار أكاي .

Model	$\sigma^2$	$m$	$AIC$
ARIMA (3,0,4)	45156.25	7	1085.788
ARIMA (3,1,4)	43974.09	8	1085.135

نختار النموذج الذي يحقق أقل قيمة لمعيار أكاي، وبالتالي يكون النموذج الأنسب  $ARIMA (3,1,4)$ ، وهو

$$Z_t = \delta + (1 - \theta_1 . B) a_t$$

وبعد تطبيق النموذج كانت معالمه كما هي موضحة في الجدول (2).

الجدول (2) معالم النموذج المقترح  $ARIMA (3,1,4)$ .

$\phi$	$\delta$
-0.4016	-2.542

وبالتالي يكون النموذج :

$$Z_t = -2.543 + a_t + 0.4016.a_{t-1}a_t, a_t \approx WN(0, 43974.09)$$

### تشخيص النموذج:

نقوم الآن بتشخيص النموذج وفق الاختبارات الآتية :

(1) اختبار متوسط البواقي : نبين النتائج في الجدول (3).

الجدول (3) المتوسط الصفري للبواقي .

<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>StDev</i>	<i>SEMean</i>	95% <i>CI</i>	<i>Z</i>	<i>P</i>
50	13.7	209.7	29.7	-44.4 , 71.9	+0.46	0.643

بما أن :  $0.643 > 0.05$  فلا نرفض الفرضية الصفرية .

(2) اختبار عشوائية البواقي : نبين النتائج في الجدول (4).

الجدول (4) نتائج اختبار عشوائية البواقي .

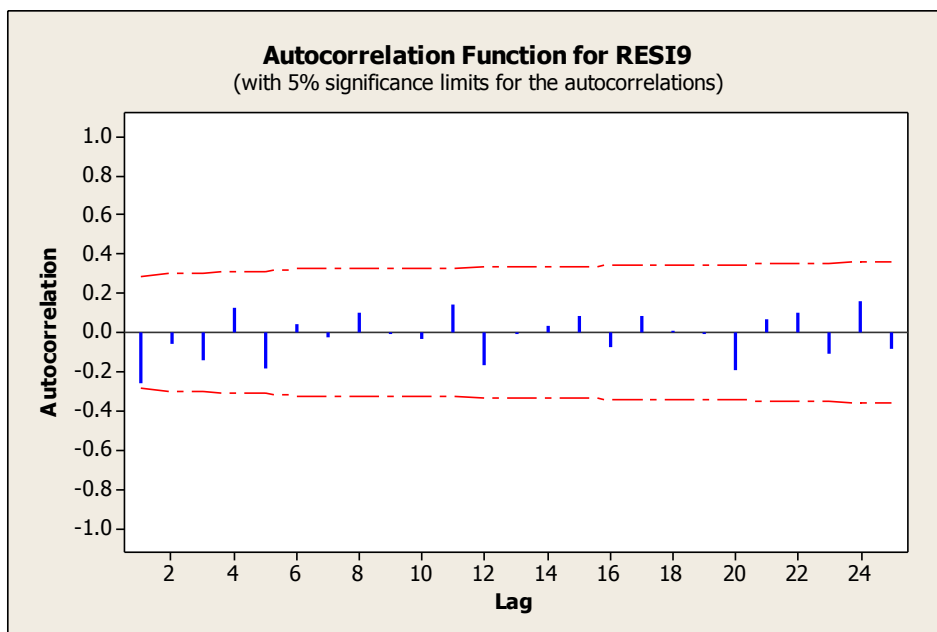
27	العدد الملاحظ للتعاقيات
26	عدد التعاقيات المتوقع
24	عدد المشاهدات الأكبر من المتوسط
26	عدد المشاهدات الأصغر من المتوسط
0.766	قيمة <i>P</i>

بما أن :  $0.766 > 0.05$  فالبواقي عشوائية.

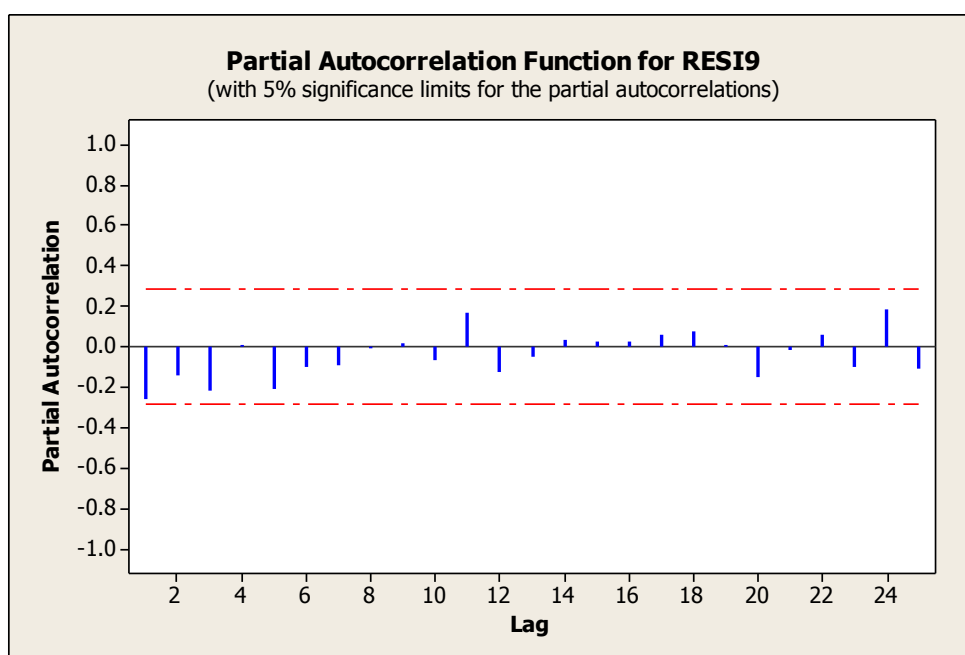
(3) استقلال البواقي: من خلال فحص دالتي الترابط الذاتي والترابط الذاتي الجزئي للبواقي في الشكلين

(7) و (8)، نلاحظ أن المعاملات تقع ضمن حدود الثقة ومعظم قيمها تقارب الصفر، وهذا يعني أن السلسلة مستقرة،

ولا يوجد ترابط بين عناصرها، أي أنها تتبع أنماط متسلسلة الضجة البيضاء.



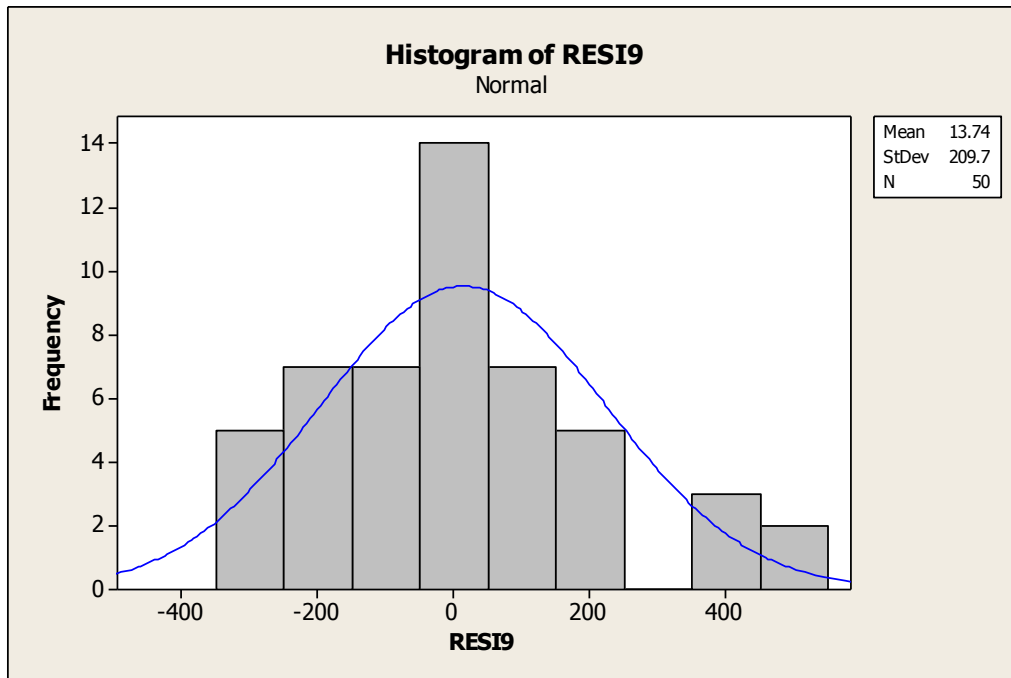
الشكل (7) دالة الترابط الذاتي لبواقى النموذج



الشكل (8) دالة الترابط الذاتي الجزئي لبواقى النموذج

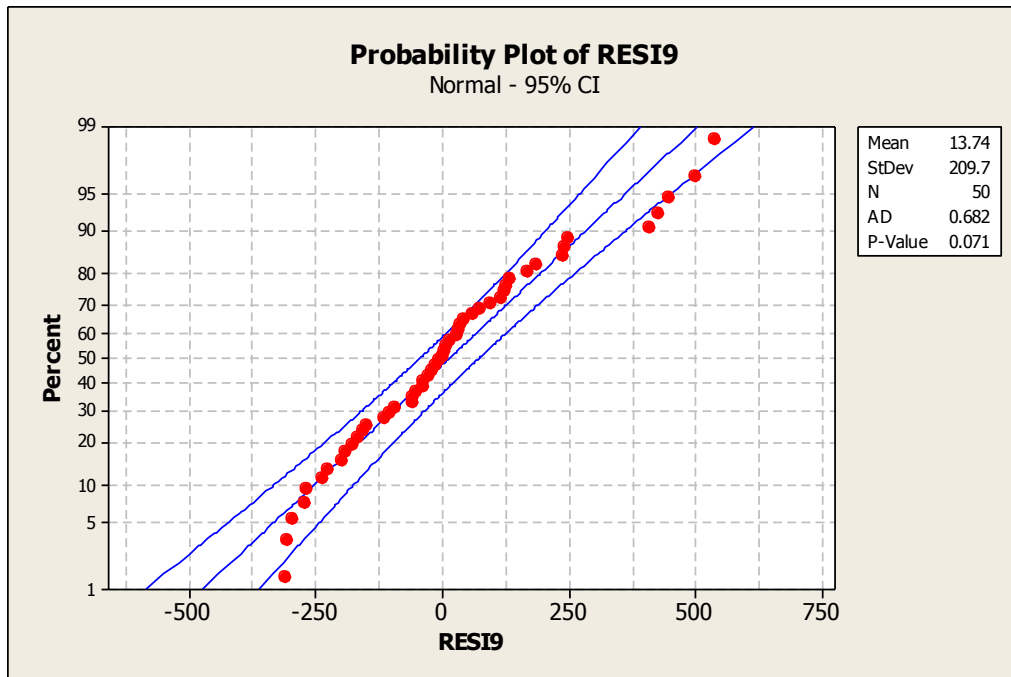
(4) اختبار طبيعة البواقى: ويشمل ثلاث مراحل:

أ) نرسم المضلع التكراري للبواقى في الشكل (9)، ونلاحظ أنه متناظر وله شكل التوزيع الطبيعي تقريباً.



الشكل (9) المضلع التكراري لبواقي النموذج

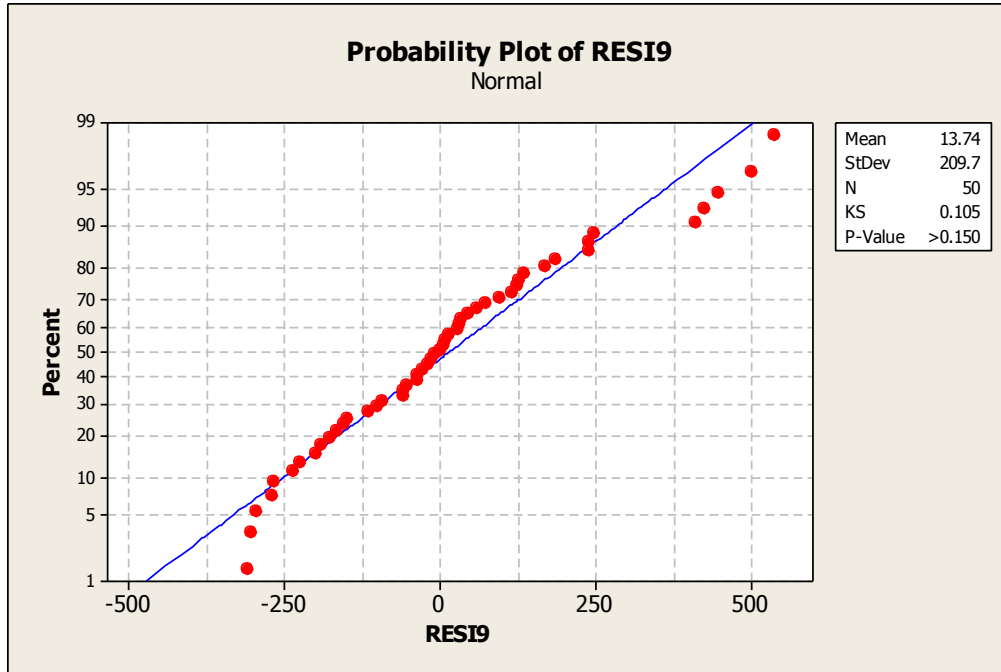
(ب) للتأكد من التوزيع الطبيعي للبواقي نرسم الاحتمال الطبيعي كما هو موضح في الشكل (10).



الشكل (10) الاحتمال الطبيعي لبواقي النموذج

يتضح من الشكل (10) أن البواقي طبيعية وللتأكد نجري المرحلة الثالثة.

(ج) اختبار  $(K - S)$  لطبيعة البواقي ونوضحه في الشكل (11).

الشكل (11) اختبار  $(K - S)$  لبواقي النموذج

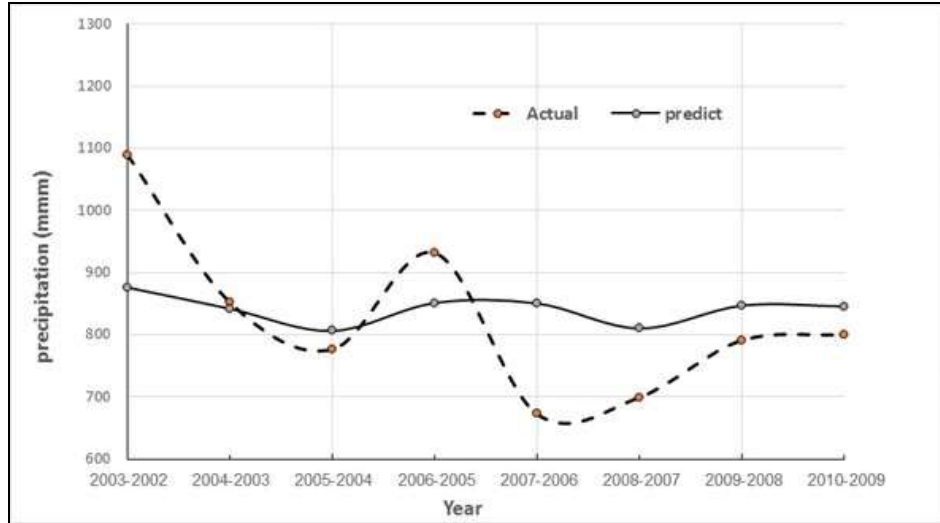
بما أن قيمة ال  $P-Value$  هي أكبر من 0.150 وهي أكبر من  $\alpha = 0.05$ ، فلا نرفض الفرضية الصفرية والبواقي موزعة طبيعياً .

بعد نجاح الاختبارات، أصبح النموذج المقترح ملائماً لسلسلة الهطل المطري السنوي في محطة طرطوس.

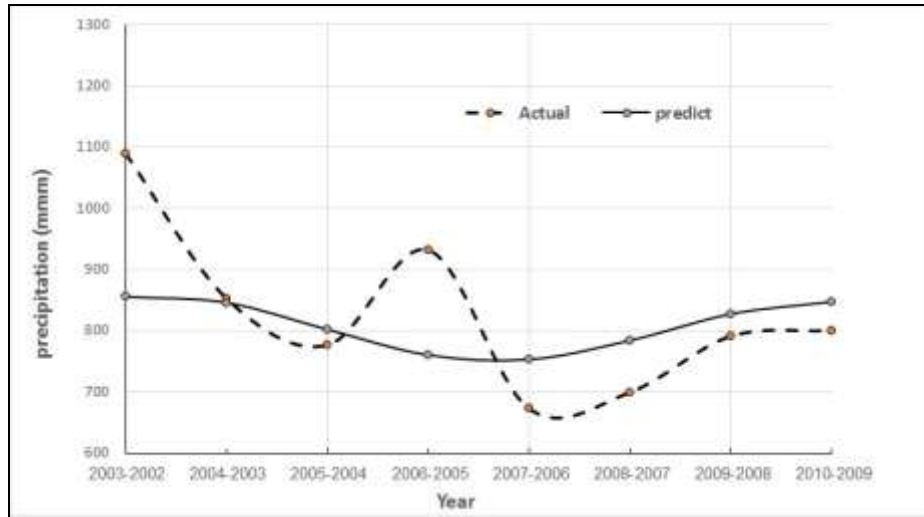
#### بناء النموذج التنبؤي لسلسلة الهطل المطري السنوي لمحطة طرطوس $Z(t)$

تم إدخال بيانات الهطل المطري السنوي لمدة 51 عاماً، بدءاً من العام الهيدرولوجي (1960-1959) وحتى العام الهيدرولوجي (2010-2009)، تم تقسيم البيانات إلى مجموعتين، الأولى لبناء النموذج وعددها 43 عاماً، بدءاً من العام الهيدرولوجي (1960-1959) وحتى العام الهيدرولوجي (2003-2002)، والثانية لاختبار النموذج ثمانية أعوام، بدءاً من العام الهيدرولوجي (2003-2002) وحتى العام الهيدرولوجي (2010-2009) .

بعد إجراء عدتجارب توصلنا إلى أن النموذجين  $ARIMA(4,1,4)$  و  $ARIMA(3,0,4)$  هما الأقدر على التنبؤ من بين جميع النماذج المختبرة. ويبين الشكلان (12) و (13) مقارنة بين القيم المقيسة والقيم المحسوبة لمجموعة الاختبار لكلا النموذجين على الترتيب.



الشكل (11) مقارنة بين القيم المقيسة والقيم المحوية للنموذج ARIMA (4,1,4)



الشكل (12) مقارنة بين القيم المقيسة والقيم المحوية للنموذج ARIMA (3,0,4)

تم اقتراح عدة معايير لتقويم التنبؤ في السلاسل الزمنية المستقبلية، وهي RMSE, MAP, MAE:

$$\text{RMSE (Root mean squared error)} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{t=1}^m (x_t - \bar{x}_t)^2}$$

الجذر التربيعي لمتوسط الأخطاء

$$\text{MAPE (Mean absolute percent error)} = \left[ \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m \frac{|x_t - \bar{x}_t|}{x_t} \right] \cdot 100\%$$

متوسط نسبة الخطأ المطلق

$$\text{MAE (Mean absolute error)} = \left[ \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m |x_t - \bar{x}_t| \right]$$

متوسط الخطأ المطلق

يبين الجدول (5) قيم المعاملات السابقة لكلا النموذجين قيد الاختبار:

الجدول (5) قيم معايير تقويم النماذج .

Model	RMSE	MAPE	MAE
(4,1,4)	247,11	552,35	484,91
(3,0,4)	237,51	546,37	464,87

تم اقتراح المتوسط الموزون Weighted mean الذي يربط بين المعايير الثلاثة السابقة بالشكل الآتي:

$$\text{Weighted mean} = \frac{(RMSE + 4.MAPE + MAE)}{6}$$

$$\text{Weighted mean} = \frac{(4.RMSE + .MAPE + MAE)}{6}$$

$$\text{Weighted mean} = \frac{(RMSE + .MAPE + 4.MAE)}{6}$$

إن أصغر قيمة للمتوسط الموزون من المعادلات الثلاث السابقة، تعطي النموذج الأمثل للتنبؤ بالقيم المستقبلية للسلاسل الزمنية. يبين الجدول (6) قيم المتوسط الموزون للنموذجين قيد الاختبار.

الجدول (6) قيم المتوسط الموزون للنماذج .

Model	W.M (1)	W.M (2)	W.M (3)
(4,1,4)	41,19	92,06	80,82
(3,0,4)	39,58	91,06	77,48

نلاحظ من الجدول السابق أن النموذج الأفضل للتنبؤ بالقيم المستقبلية للسلاسل الزمنية هو النموذج ARIMA (3,0,4).

ويبين الجدول (7) القيم الحقيقية والمنتبأ بها للنموذج المذكور والفرق بينهما.

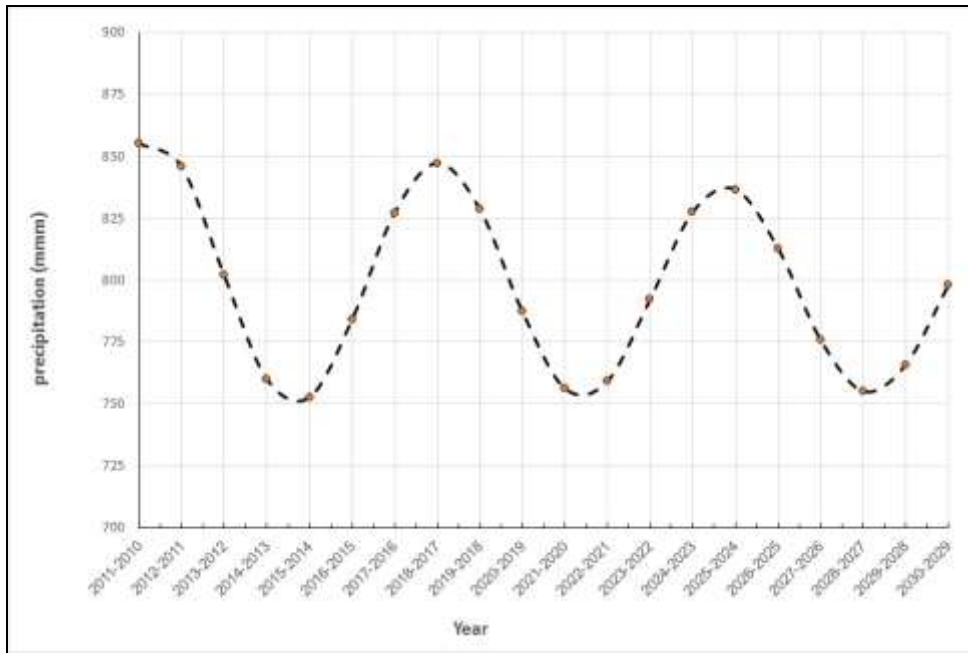
الجدول (7) مقارنة بين القيم الحقيقية والمنتبأ بها لمجموعة الاختبار

القيم المقيسة	القيم المنتبأ بها	الفرق	النسبة المئوية للفرق
1088.7	855.3	233.4	21.43
851.9	845.7	6.2	0.73
776.5	801.9	-25.4	-3.26
931.5	760.1	171.4	18.401
672.4	752.8	-80.4	-11.96
699.4	784	-84.6	-12.09
790.9	827.2	-36.3	-4.58
800.4	847.3	-46.9	-5.85

نلاحظ من الجدول (7) تطابقاً كبيراً بين القيم التي تتبأ بها النموذج والقيم الحقيقية ولذلك يمكن اعتماد النموذج ARIMA (3,0,4) من أجل التنبؤات المستقبلية لكميات الهطل في محطة طرطوس.

وبناء عليه تم التنبؤ بكميات الهطل المطري في محطة طرطوس لمدة 20 عاماً اعتباراً من العام الهيدرولوجي (2010-2011) حتى العام الهيدرولوجي (2029-2030). كما هو مبين على الشكل (13).





الشكل (13) التنبؤ المستقبلي لقيم الهطل المطري لمدة 20 عاماً في محطة طرطوس

### الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- تشكل كميات الأمطار السنوية الهائلة في محافظة طرطوس سلسلة زمنية غير ساكنة، وموسمية، تعيد نفسها كل 12 شهراً، كما بينت قيم معاملات الارتباط الذاتي.
- 2- النموذج الذي يصف البيانات هو النموذج ذو المعالم SARIMA(3,1,4)، والنموذج الذي تم اعتماده للتنبؤ هو النموذج ذو المعالم SARIMA(3,0,4) ، وقد أعطى تنبؤات قريبة جداً من كميات الهطل المطري المقاسة فعلياً.
- 3- يمكن استخدام هذا النموذج من أجل استكمال البيانات المفقودة في محطة طرطوس.
- 4- يوصى باستخدام الشبكة العصبية الصناعية، لإنشاء نماذج للتنبؤ بكميات الهطل المطري في مناطق مختلفة في سورية.

### المراجع:

1. محمود، أسيل سمير محمد (2005) "مقارنة بين طرائق وتنبؤ السلاسل الزمنية وتطبيقها على مبيعات الشركة العامة لتوزيع للكهرباء - بغداد"، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة بغداد، العراق.
2. عبد الناصر، خديجة. ، المالكي، عبد الله. (2009) "تنبؤ محوَّسب لكميات الامطار المتساقطة في ايران للفترة (2004 - 2033)"، مجلة الدراسات الايرانية، 31-61.
3. FRENCH, M. N., KRAJEWSKI, W. F., AND CUYKENDALL, R. R., 1992, "Rainfall forecasting in space and time using neural network", J. Hydrol., 137, 1-31.
4. GWANGSEOB, K. AND ANA, P. B., 2001, "Quantitative flood forecasting using multi sensor data and neural networks", Journal of Hydrology, 246, 45-62.
5. BOX, G.E.P., G.M., JENKINS, 1976, "Series Analysis Forecasting and Control", Prentice-Hall Inc., London.

6. KARAMOUZ, M., ARAGHINEJAD SH., 2012, "Advance Hydrology", Amirkabir University of Technology Press.
7. AL-SUHAILI, R.H.,(1986):"*Stochastic Analysis of Daily Streamflow of Tigris River*", M. Sc. Thesis , College of Engineering, University of Baghdad.
8. BURLANDO, C., R., ROSSO, L. G., CADAVID AND J. D., SALAS, 1993, "*Forecasting of short-term rainfall using ARMA models*", Journal of Hydrology, 144(1-4), pp: 193–211.
9. MAHMOOD, H.S.,(2000):"*Time Series Analysis of Hydrochemical Pollutant: Application of Box-Jenkins Models on Euphrates River at Kufa*", M. Sc. Thesis College of Engineering, University of Babylon.
10. ABED, Z.A. AL-RIDAH,(2007):"*Stochastic Models of Some Properties of water in the middle of Euphrates Region in Iraq*", M. Sc. Thesis ,College of Engineering, University of Babylon.
11. AL-TA'EE, M.H.A.,(2009):"*Analysis of Records of Rainfall and Evaporation in Babylon*", M. Sc. Thesis, College of Engineering, University of Baghdad.
12. ALI, S.T.,(2009):"*Fitting Seasonal Stochastic Models to Inflow of Bekhme Reservoir*", The Iraqi Journal for Mechanical and Material Engineering , Special Issue(A), College of Engineering, University of Babylon.
13. AL-MASUDI, R. K.M.,(2011): "*Fitting ARIMA Models for Forecasting to inflow of Dokan Reservoir*", Journal of Babylon University, Vol.19, No.4.
14. عبد المطلب، شيماء(2014). التنبؤ بالأمطار الشهرية لمدينة كركوك باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية ونماذج السلاسل الزمنية. مجلة الهندسة والتنمية، المجلد 18، العدد 1، 129-143. العراق.
15. ابراهيم، بسام (2004). التنبؤ بدرجات الحرارة في ولاية الخرطوم باستخدام أحد نماذج بوكس- جنكنز للسلاسل الزمنية. مجلة السودان للعلوم والتقانة. السودان.
16. NELSON, G. R. (1973), "Applied Time Series Analysis For Managerial Forecasting", Holden-Day, Inc.
17. Box, G. M. P. and PIERCE, D. A. (1970), "Distribution of Residual Autocorrelation in Autoregressive Integrated Moving Average Time Series Models", John Wiley & Sons.