

التنبؤ بالتبخر باستخدام النماذج الاحصائية (محطة حمص المناخية نموذجاً)

م. رزان محمود الزير* أ.د. إيهاب خالد**

(الإيداع: 22 آب 2021، 9 كانون الثاني 2022)

الملخص:

يعد التنبؤ بالسلوك المستقبلي للسلاسل الزمنية من الموضوعات المهمة في العلوم الاحصائية، وذلك للحاجة إليه في مجالات الحياة جميعاً، وقد تزايد الاهتمام بموضوع التنبؤ خلال السنوات الأخيرة. وتأتي أهمية هذه الدراسة من الحاجة إلى وضع نماذج قادرة على التنبؤ بقيم التبخر الذي يعد عنصراً مهماً من العناصر المناخية . استعين في هذه الدراسة ببرنامج Minitab 16 لإيجاد النموذج المناسب للتنبؤ بالتبخر باستخدام النماذج الاحصائية ، فقد تبين وجود اتجاه عام متزايد والسلسلة غير مستقرة . و استخدام أسلوب بوكس - جنكنز (Box - Jenkines) في تحليل السلاسل الزمنية، وتحديد نماذج الانحدار الذاتي و المتوسطات المتحركة التكاملية الموسمية SARIMA $(p,d,q) (P,D,Q)_s$ المناسبة للبيانات المتوفرة، وقد تبين باختبار وتحليل عدة نماذج أن النموذج $SARIMA(2,0,2)(0,1,0)_{12}$ هو النموذج المناسب لسلسلة القياسات الشهرية للتبخر والتي تم الحصول عليها من محطة حمص المناخية نوع سينوب في مدينة حمص.

الكلمات المفتاحية: سلاسل زمنية ، التبخر ، نموذج الانحدار الذاتي، الارتباط الذاتي ، نموذج احصائي .

*طالبة دراسات عليا (دكتورة) في قسم الموارد المائية كلية الهندسة المدنية جامعة البعث

**عبدالله أستاذ في قسم الموارد المائية كلية الهندسة المدنية جامعة البعث

Prediction of Evaporation using statistical models (case study of Homs climate station)

Eng. Razan Al Zir*

Prof. Eng. Ehab Abdullah**

(Received: 22 August 2021 , Accepted: 9 January 2022)

ABSTRACT:

Forecasting of future behavior of time series is one of the important subjects in statistical sciences, due to its important need in different areas of life. As the Interest in forecasting had increased in the recent years. And since the Evaporation is an important climate element , so that this research aims to find appropriate predictive model for Evaporation

This study aims to find appropriate predictive model for Evaporation using statistical models depending on Minitab 16 program and we noticed that there is an increasing trend and the time series is not stable. In this study , We used (box- jenkins) method in time series analysis and definition Seasonal Autoregressive integrated Moving Average Models (SARIMA) (p,d,q) (P,D,Q)_S for available data, and we find out that the model SARIMA(2,0,2)(0,1,0)₁₂ is the appropriate model for monthly Data were obtained from Homs climate station.

Keywords: time series, Evaporation , auto regression model, autocorrelation, statistical model .

* Graduate Student (PHD) in Water Resources Management and Engineering, Faculty of Civil Engineering, AlBaath University

** Professor in Water Resources Management and Engineering, Faculty of Civil Engineering, AlBaath University

1- مقدمة :

تعد عملية التنبؤ من المسائل الشائعة في العديد من مجالات العلوم ، وبالنظر لأهمية السلاسل الزمنية فان العديد من الأعمال يمكن ملاحظتها في الأدبيات حول هذه المواضيع، وبصورة خاصة تلك التي تعتمد على النماذج الإحصائية **Statistical Models** ، ويوجد العديد من الأساليب الممكنة لوصف السلوك الزمني، ويعد أسلوب بوكس - جنكنز أسلوبًا جذابًا في تحليل السلاسل الزمنية، إذ يزودنا بمنهجية نمذجة إحصائية شاملة ويغطي تنوعًا واسعًا من الأنماط، تمتد من الاستقرارية إلى عدم الاستقرارية والموسمية للسلاسل الزمنية [عرباوي (2016)].

ويُعزى الاهتمام الكبير بموضوع المتسلسلات الزمنية إلى الحاجة الماسة لنظام تنبؤ موثوق به، بحيث يمكن الاعتماد عليه في تفسير كثير من الظواهر في مختلف مجالات الحياة، وهذا النظام يتطلب بناء نماذج دقيقة تسمى بنماذج المتسلسلات الزمنية التي يمكن تصنيفها بناءً على عدد متغيرات النموذج، فنموذج المتسلسلة الزمنية الذي يحتوي على متغير واحد فقط يسمى بنموذج متسلسلة زمنية ذي متغير واحد **Univariate Time Series Model**، وهذا النوع من النماذج تستخدم فيه البيانات الحالية والسابقة عن متغير واحد فقط، فمثلاً للتنبؤ بمعدل الجريان الشهري في الشهر القادم أو بعد شهرين من الآن باستخدام نموذج ذي متغير واحد تستخدم فقط البيانات الحالية والسابقة عن الجريان، وعند صياغة هذا النموذج يفترض ضمناً عدم تغير العوامل الأخرى التي تؤثر في الجريان أو توقع تغيرها. أما نموذج المتسلسلة الزمنية الذي يستخدم متغيرات أخرى لوصف سلوك المتسلسلة الزمنية محل الدراسة فيسمى بنموذج متسلسلة زمنية متعدد المتغيرات **Multivariate Time Series Model** ويسمى النموذج الذي يصف العلاقة الحركية **Dynamic Relation** بين المتغيرات بنموذج دالة التحويل **Transfer Function Model** ، وتوجد عدة طرائق لتحليل السلاسل الزمنية **Time Series Analyses Method** و صياغة نماذج التنبؤ منها:

- أسلوب التحليل التجريبي **Huang;Shen,Z,Long, S., Wu,] The empirical mode decomposition** [M.,Shin, H.,Zheng, Q., Yen, N.-C, Tung, C.,Liu H. (1998) .
- تحليل السلاسل الزمنية باستخدام النماذج الهيدرولوجية الإحصائية **Time Series Analyses by Stochastic Hydrology Models**.

وسناقش في هذا البحث أسلوب بوكس - جنكنز (**Box - Jenkin**) في تحليل السلاسل الزمنية.

2- أهداف البحث:

تأتي أهمية هذه الدراسة من الحاجة إلى وضع نماذج قادرة على التنبؤ بقيم التبخر، وتعتبر القدرة على التقدير والتنبؤ الدقيق بالظواهر الهيدرولوجية من العوامل الأساسية في تنمية وإدارة الموارد المائية ووضع الخطط المائية المستقبلية وفق سيناريوهات التغيرات المناخية المختلفة ، ويعد التبخر أحد أهم العوامل في الدورة الهيدرولوجية ، كما أن القدرة على التنبؤ الدقيق بقيم هذه الظاهرة هي من العوامل المهمة في العديد من تطبيقات الموارد المائية وعليه فإن هذا البحث يهدف إلى :

- تحديد نموذج مناسب من نماذج **ARIMA** لسلسلة القياسات الشهرية للتبخر .
- تقدير معالم النماذج من البيانات المشاهدة باستخدام طرائق التقدير الإحصائي الخاصة بالمتسلسلات الزمنية.

- تشخيص واختبار النماذج بإجراء اختبارات تفحصيه على أخطاء التطبيق Fitting Errors لمعرفة مدى تطابق المشاهدات مع القيم المحسوبة من النموذج المرشح، للوصول إلى نماذج تحقق كل الخصائص الإحصائية المطلوبة.
- توليد سلسلة مستقبلية للتبخر .

3 - مواد وطرائق البحث :

3-1 - مفهوم تحليل السلاسل الزمنية Time Series Analyses :

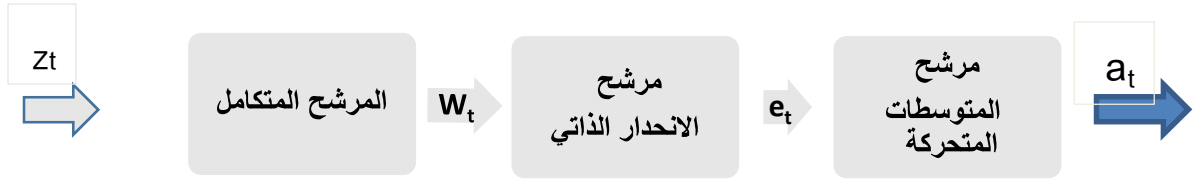
السلسلة الزمنية هي متوالية من القيم المشاهدة مرتبة تبعاً للزمن، وإن المشاهدات المتتالية تكون عادة غير مستقلة أي تعتمد على بعضها البعض، وتكون المتسلسلة الزمنية على نوعين، متقطعة Discrete ومستمرة Continuous، فإذا كانت الظاهرة مقاسه بفترات زمنية متقطعة عندئذ تسمى بالمتسلسلة الزمنية المتقطعة، وإذا كانت قيم الظاهرة مقاسه بفترات زمنية مستمرة فتسمى بالمتسلسلة الزمنية المستمرة [خالد(2006)].

يعتبر تحليل السلاسل الزمنية من الأساليب الإحصائية الهامة التي تُستخدم في التنبؤ بقيم الظواهر العشوائية في المستقبل، من خلال إيجاد نظام تنبؤ موثوق به يمكن الاعتماد عليه، وتمثل العملية في نمذجة المشاهدات الزمنية المترابطة، وكيفية التنبؤ عن المشاهدات المستقبلية باستخدام البيانات السابقة، ويهدف تحليل السلاسل إلى [بري (2002)]:

- الحصول على وصف دقيق للملامح الخاصة للطور العشوائي الذي سيولد المتسلسلة الزمنية.
- إنشاء نموذج لتفسير وشرح سلوك المتسلسلة الزمنية، وذلك بدلالة متغيرات أخرى تربط القيم المشاهدة ببعض قواعد هذا السلوك.
- استخدام النتائج التي نحصل عليها من البندين السابقين للتنبؤ بسلوك المتسلسلة الزمنية في المستقبل وذلك اعتماداً على معلومات الماضي، فالبنء الأول يفترض وجود قوة دافعة كافية من النظام تؤكد أن سلوك المتسلسلة الزمنية في الماضي هو نفس سلوكها الذي سيكون في المستقبل، وأما البند الثاني فيعطينا تبصراً أكبر بالقوة المؤثرة في الطور المولد للمتسلسلة الزمنية واستغلال ما سيبدو لنا للحصول على تنبؤات أكثر دقة .
- التحكم في الطور العشوائي الذي سيولد المتسلسلة الزمنية، وذلك من خلال فحص ما يمكن حدوثه عند تغير وسيط أو أكثر من وسطاء النموذج المفترض، ومن ثم البحث في التوصل إلى أساسيات واستراتيجيات تستخدم للتدخل عندما ينحرف الطور العشوائي المولد للمتسلسلة الزمنية عن الهدف المحدد بأكثر من مقدار معين مسموح به .

3-1-1 - أسلوب بوكس - جنكنز (Box - Jenkines) في تحليل السلاسل الزمنية:

يعتمد هذا الأسلوب على استنتاج التغيرات المتوقعة لبيانات المُشاهدة، وتتجزأ السلسلة الزمنية إلى ثلاثة مرشحات خطية هي: مرشح السكون (المتكامل)، مرشح الانحدار الذاتي، مرشح المتوسطات المتحركة. ويمكن اعتبار أسلوب بوكس - جنكنز سلسلة من المناخل تمر عبرها بيانات السلسلة الزمنية، وعند مرور البيانات خلالها فإنه يتبقى بعض العناصر المميزة للسلسلة [تمام (2013)].



3-1-1-1 نماذج السلاسل الزمنية غير المستقرة Nonstationary Time Series Models:

يمكن دراسة السلسلة الزمنية غير الساكنة باستخدام نماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة التكاملية

الموسمية S $ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s$ والتي لها الشكل [عدنان (2002)]:

$$\phi_t(B)\Phi(B^s)(1-B)^d(1-B)^D z_t = \delta + \theta_q(B)\Theta(B^s)a_t \quad (1)$$

- p : رتبة عملية الانحدار الذاتي.
- d : عدد الفروق اللازمة لتحقيق السكون.
- q : رتبة عملية المتوسطات المتحركة.
- P : رتبة عملية الانحدار الذاتي الموسمية.
- D : عدد الفروق الموسمية اللازمة لتحقيق السكون.
- Q : رتبة عملية المتوسطات المتحركة الموسمية.
- Θ : معالم المتوسط المتحرك الموسمي.
- Φ : معالم الانحدار الذاتي الموسمي.

يعتبر برنامج Minitab أحد البرامج الاحصائية الرائدة والتميزة في إطار مجال دراسة علوم الاحصاء وتقنيات صنع القرار والتخطيط والتحليل الاحصائي [ماسو (2008)] ، وقد تم تحليل السلسلة الزمنية لقيم التبخر باستخدام برنامج

Minitab16

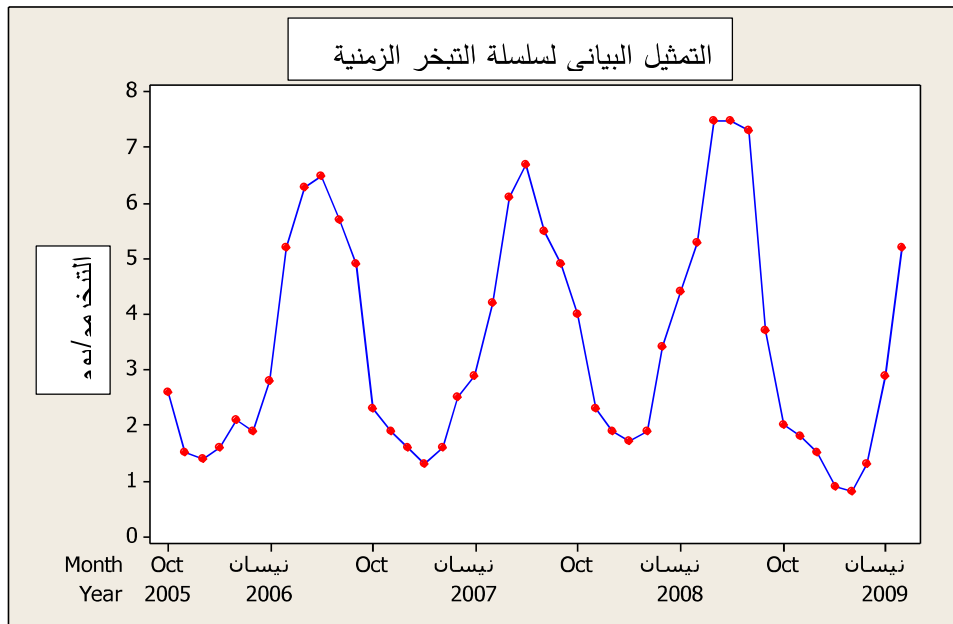
4- النتائج ومناقشتها:

- تحليل سلسلة التبخر :

تتكون السلسلة الزمنية من القيم الشهرية للتبخر اليومي في محطة حمص المناخية (نوع سينوب) في مدينة حمص للفترة من 2005/10 وحتى 2009/11 وذلك لعدم امكانية توفر بيانات أحدث وفق ماهو مبين في التالي:

التبخر مم/يوم	الشهر/العام	التبخر مم/يوم	الشهر/العام	التبخر مم/يوم	الشهر/العام
7.3	2008/8	2.5	2007/3	2.6	2005/10
3.7	2008/9	2.9	2007/4	1.5	2005/11
2	2008/10	4.2	2007/5	1.4	2005/12
1.8	2008/11	6.1	2007/6	1.6	2006/1
1.5	2008/12	6.7	2007/7	2.1	2006/2
0.9	2009/1	5.5	2007/8	1.9	2006/3
0.8	2009/2	4.9	2007/9	2.8	2006/4
1.3	2009/3	4	2007/10	5.2	2006/5
2.9	2009/4	2.3	2007/11	6.3	2006/6
5.2	2009/5	1.9	2007/12	6.5	2006/7
8.4	2009/6	1.7	2008/1	5.7	2006/8
7.9	2009/7	1.9	2008/2	4.9	2006/9
6.2	2009/8	3.4	2008/3	2.3	2006/10
4.3	2009/9	4.4	2008/4	1.9	2006/11
3.1	2009/10	5.3	2008/5	1.6	2006/12
1.4	2009/11	7.5	2008/6	1.3	2007/1
		7.5	2008/7	1.6	2007/2

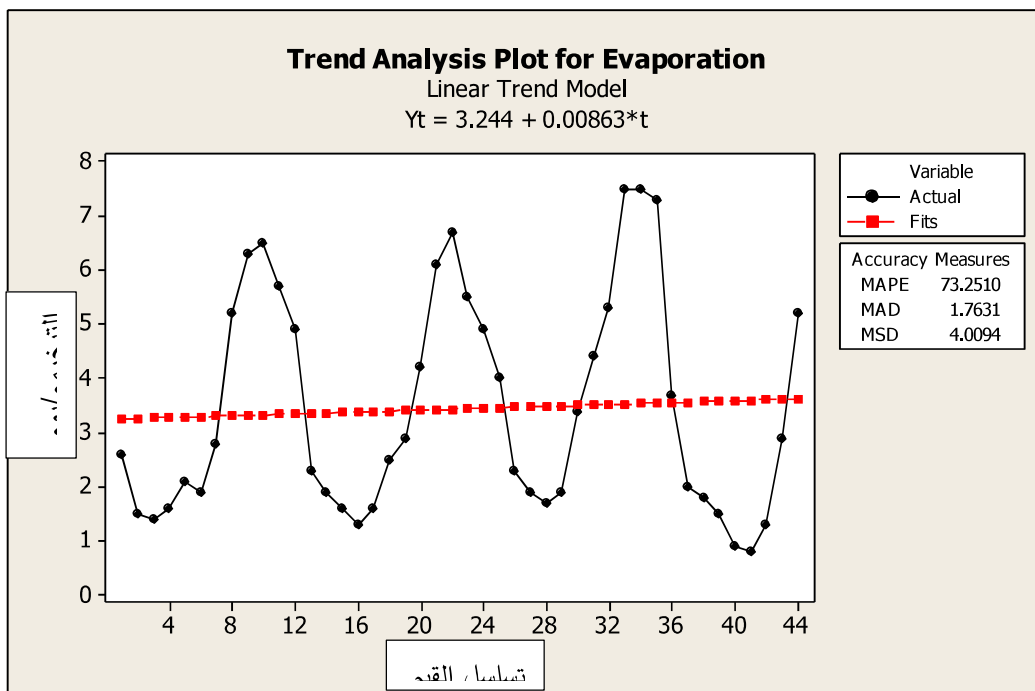
ويبين الشكل (1) الرسم البياني للسلسلة المدروسة .



الشكل رقم (1): سلسلة التبخر الشهرية

5-1- إزالة الاتجاه العام:

نوضح الاتجاه العام للسلسلة ومعادلته في الشكل رقم (2)

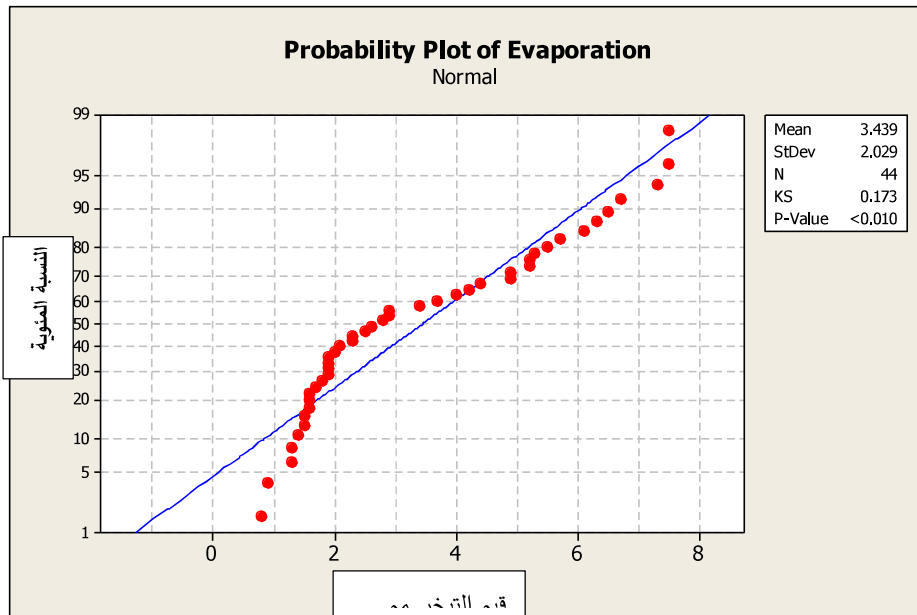


الشكل رقم (2): الاتجاه العام ومعادلته للسلسلة الزمنية لقيم التبخر

نلاحظ من الشكل (2) وجود اتجاه عام متزايد فالسلسلة غير مستقرة في المتوسط .

نقوم باختبار التوزيع الطبيعي للسلسلة من خلال طريقة (Kolmogorov - Smirnov) كما هو موضح

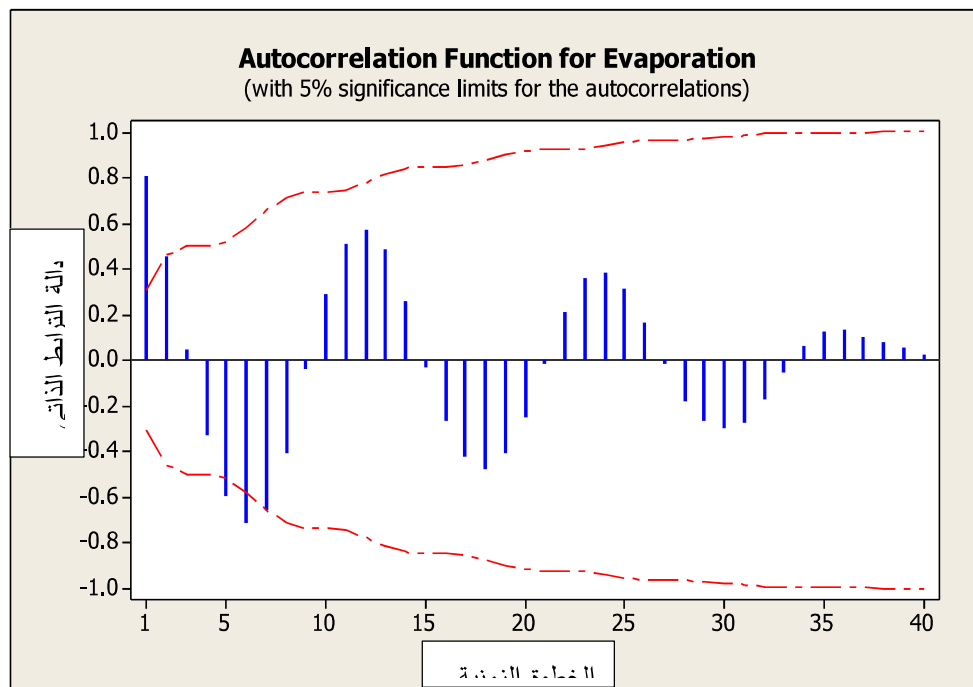
في الشكل (3)



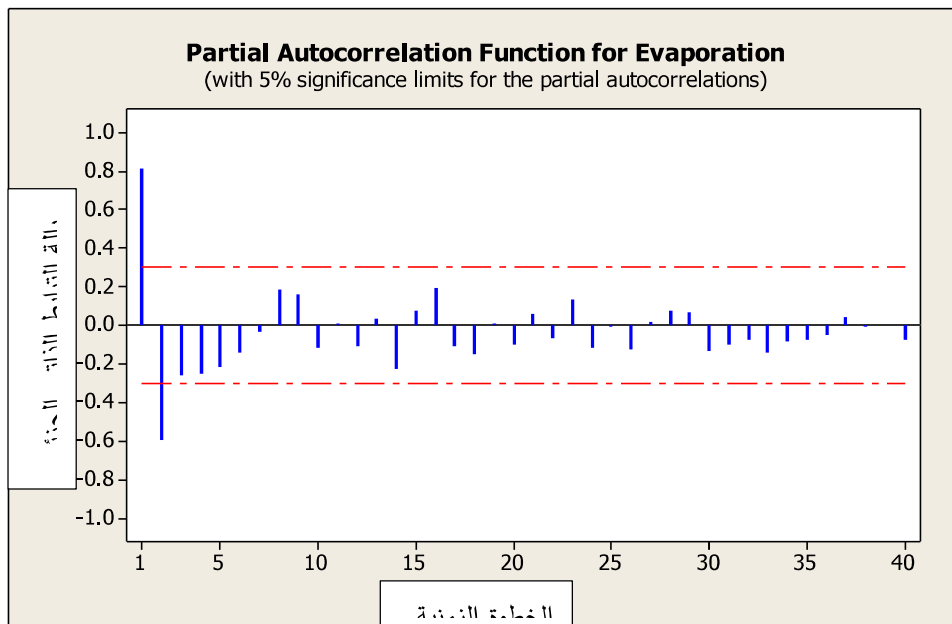
الشكل رقم (3): اختبار التوزيع الطبيعي لسلسلة التبخر

ونلاحظ أن السلسلة لا تخضع للتوزيع الطبيعي ($p\text{-value} < 0.05$) فالسلسلة غير مستقرة في التباين. ثم نوجد دالة الارتباط الذاتي (ACF) المبينة في الشكل (4) ودالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF) المبينة في

الشكل(5)



الشكل رقم(4): دالة الارتباط الذاتي لسلسلة التبخر

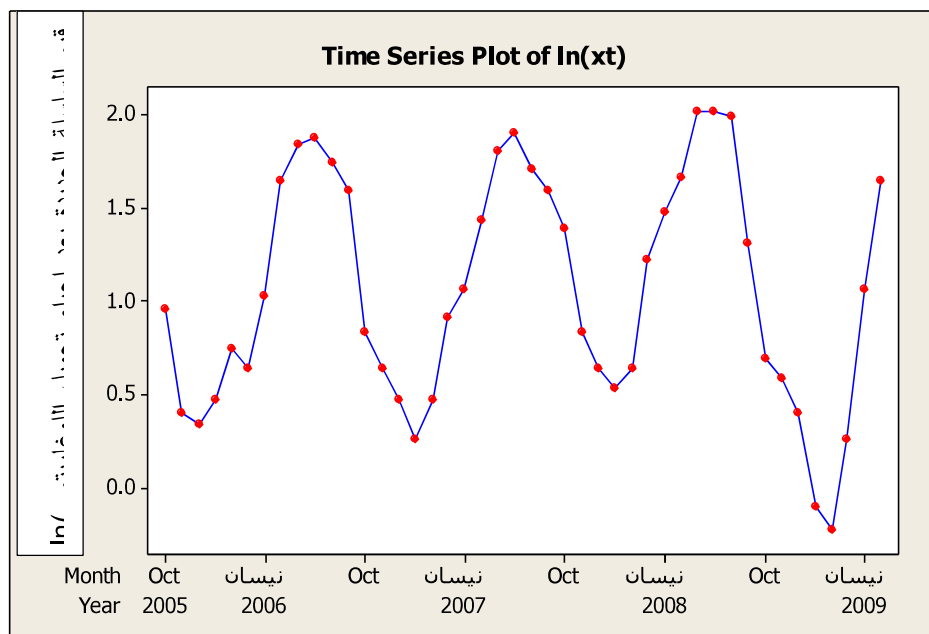


الشكل رقم (5): دالة الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة التبخر

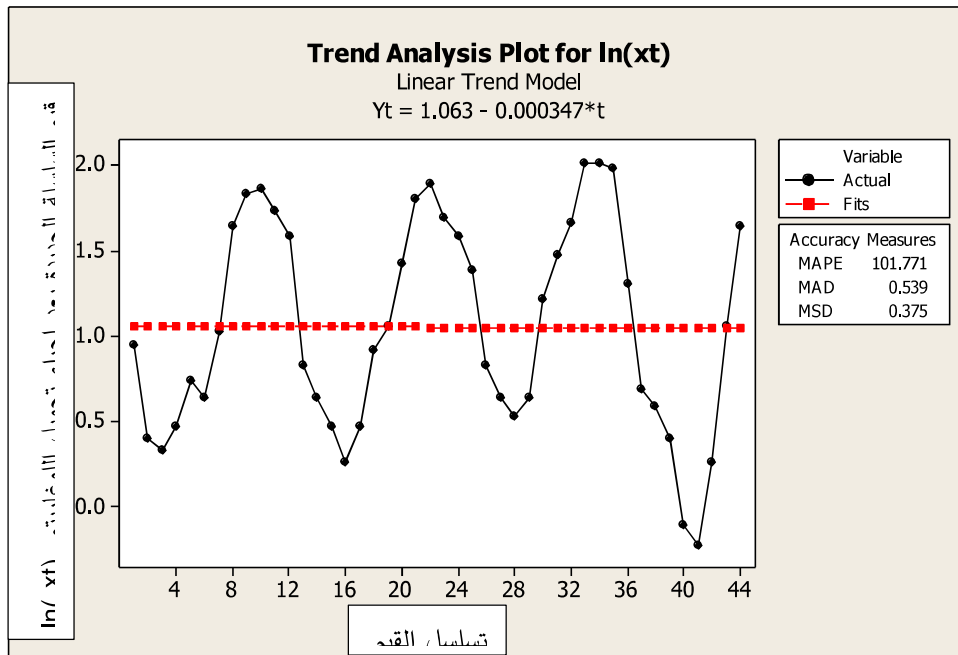
نلاحظ وجود دورية وموسمية واضحة فيها فهي سلسلة غير مستقرة .

نجري تحويل اللوغاريتم لتثبيت التباين $Y_t = \ln(x_t)$ ونوضح السلسلة الجديدة بعد اجراء التحويل في الشكل (6)،

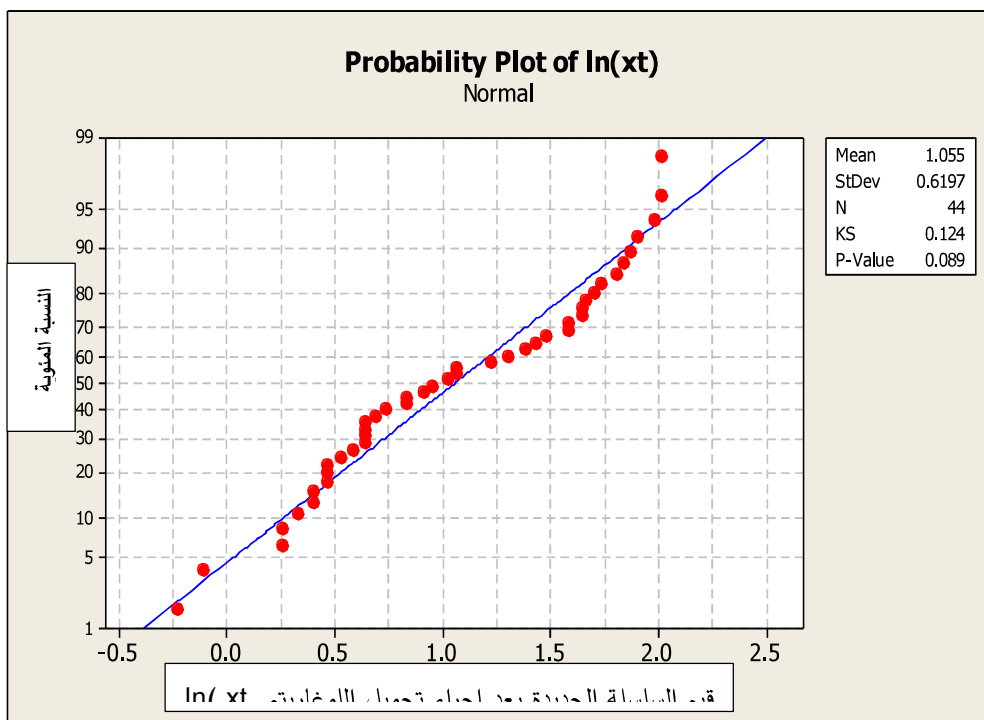
والاتجاه العام لها في الشكل (7)، واختبار التوزيع الطبيعي لها في الشكل (8)



الشكل رقم (6): السلسلة الجديدة بعد اجراء تحويل اللوغاريتم



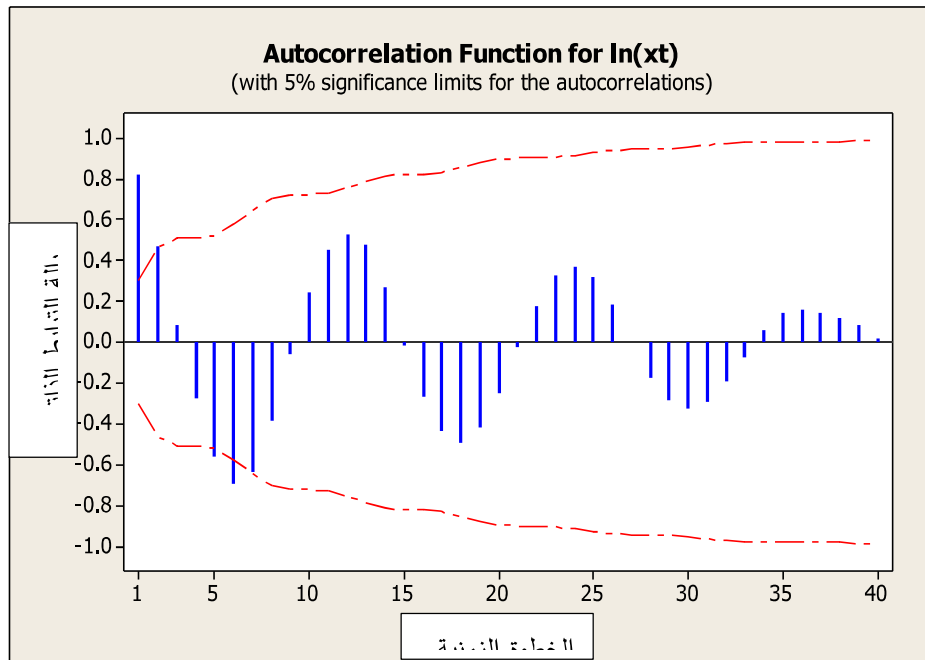
الشكل رقم (7): الاتجاه العام للسلسلة الجديدة بعد اجراء تحويل اللوغاريتم



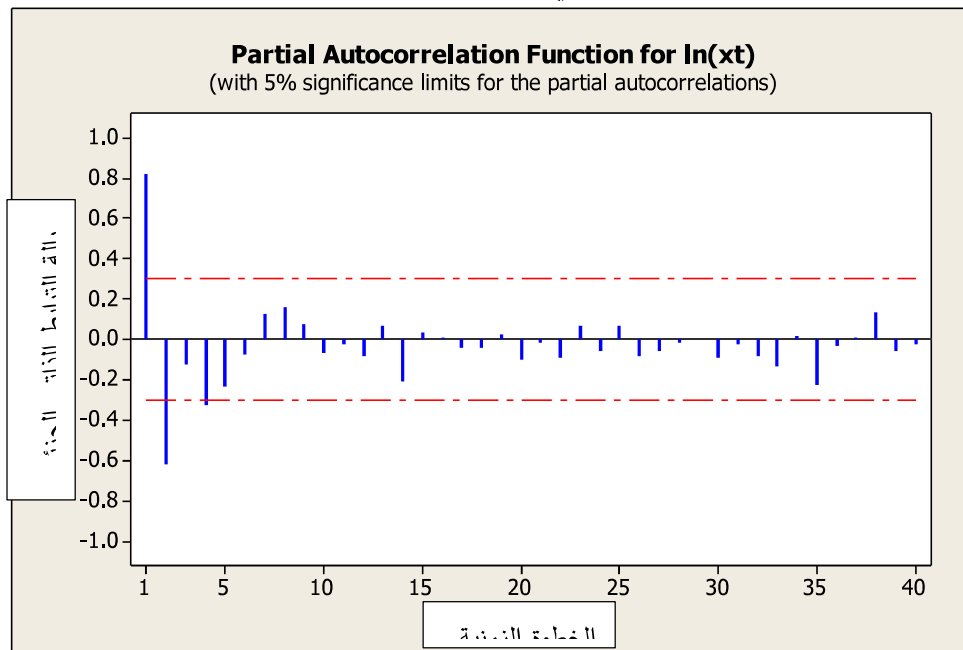
الشكل رقم (8): اختبار التوزيع الطبيعي للسلسلة الجديدة

نلاحظ أن تحويل اللوغاريتم أدى إلى تثبيت التباين حيث أن $(P\text{-value} > 0.05)$ و المتوسط .

نوجد دالة الارتباط الذاتي للسلسلة الجديدة الشكل (9) والذاتي الجزئي الشكل (10)

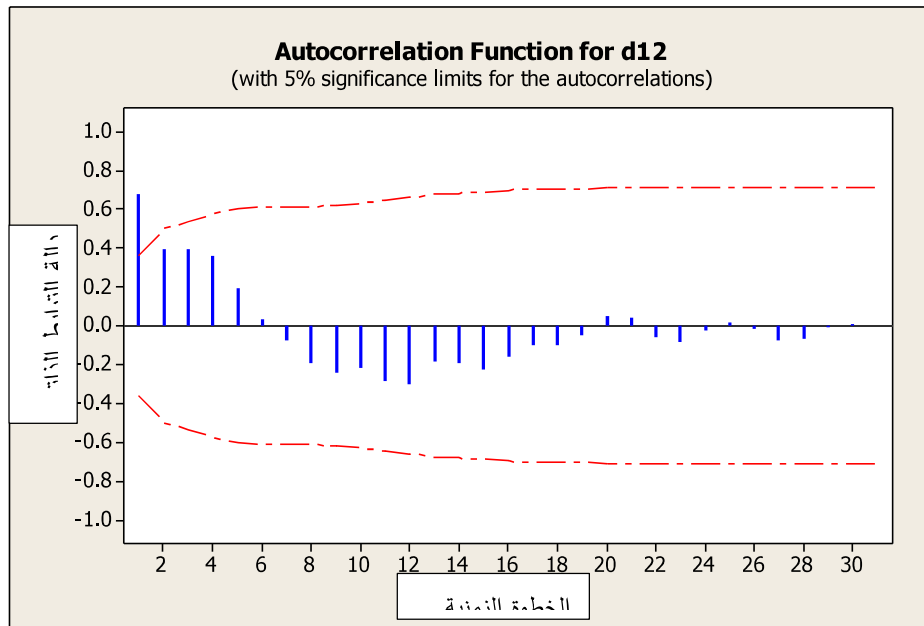


الشكل رقم (9): دالة الارتباط الذاتي للسلسلة الجديدة بعد إجراء تحويل اللوغاريتم

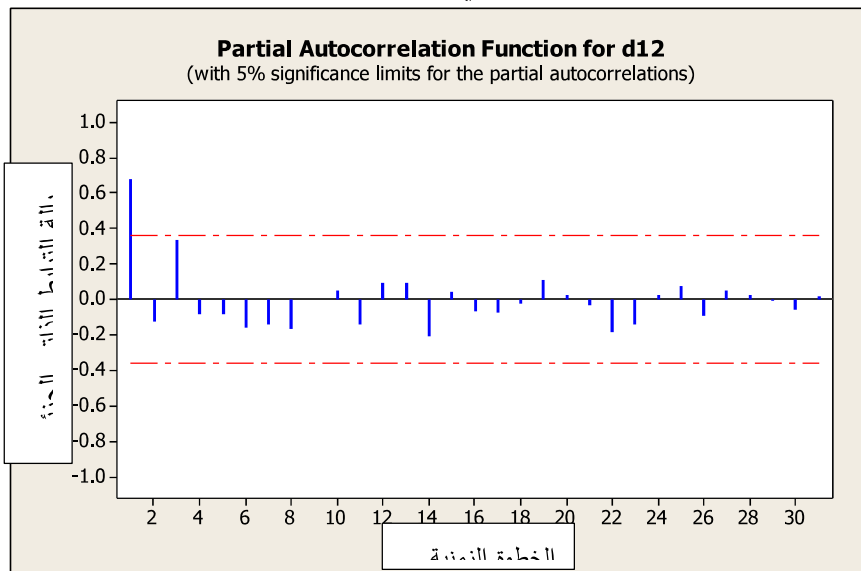


الشكل رقم (10): دالة الارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة الجديدة بعد إجراء تحويل اللوغاريتم

نلاحظ من دالة الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي أن السلسلة غير مستقرة موسمياً حيث يوجد تخامد بطيء بالإضافة إلى الدورية، مما يدل على وجود مركبة موسمية ضمن سلسلة البيانات، نجري التفريق 12 ونرسم الارتباط الذاتي الشكل (11)، والارتباط الذاتي الجزئي من جديد الشكل (12).



الشكل رقم (11): دالة الارتباط الذاتي للسلسلة الجديدة بعد اجراء التفريق 12



الشكل رقم (12): دالة الارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة الجديدة بعد اجراء التفريق 12

نلاحظ استقرار السلسلة موسمياً وبالتالي أصبحت السلسلة مستقرة وجاهزة لبناء النموذج.

5-2- بناء النموذج :

لقد تم اختيار عدة نماذج من نماذج ARIMA واختبارها بإجراء الاختبارات التشخيصية وبين الجدول (1) نتائج الاختبار.

الجدول رقم (1): نتائج اختبار نماذج ARIMA

النموذج	σ^2	m	معيار أكاكي AIC
$(0,0,4)(0,1,0)_{12}$	0.0603	5	-111.5342
$(1,0,4)(0,1,0)_{12}$	0.0559	6	-112.8886
$(2,0,3)(0,1,0)_{12}$	0.0553	6	-113.3872
$(4,0,2)(0,1,0)_{12}$	0.0551	7	-111.5706
$(2,0,2)(0,1,0)_{12}$	0.7196	5	- 2.5043

وباستخدام معيار إعلام أكاكي Akaiki Information Criteria ، يتبين أن النموذج المناسب

بالجدول السابق (1) وهذا النموذج من الشكل: $SARIMA(2,0,2)(0,1,0)_{12}$ لأن معيار أكاكي عنده أعطى القيمة الصغرى من بين النماذج المجربة المبينة

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2) (1 - B^{12}) x_t = \delta + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2) a_t$$

حيث:

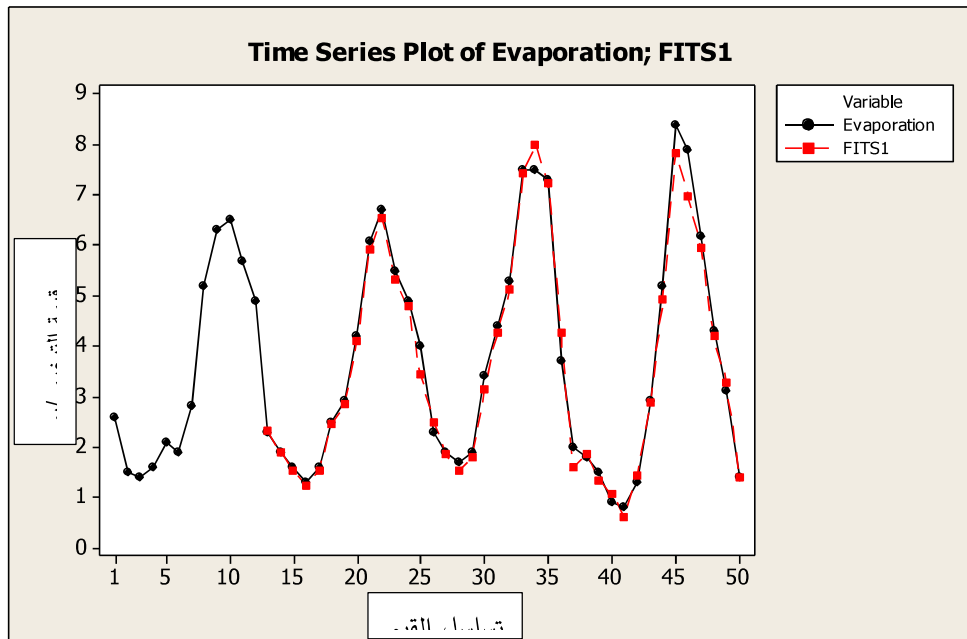
ϕ_1	ϕ_2	δ	θ_1	θ_2
0.5438	0.0947	-0.06981	-0.0545	0.3233

وبالتالي يكون النموذج:

$$(1 - 0.5438 B - 0.0947 B^2) (1 - B^{12}) x_t = -0.06981 + (1 + 0.0545 B - 0.3233 B^2) a_t$$

$$; a_t \approx (0, 0.037)$$

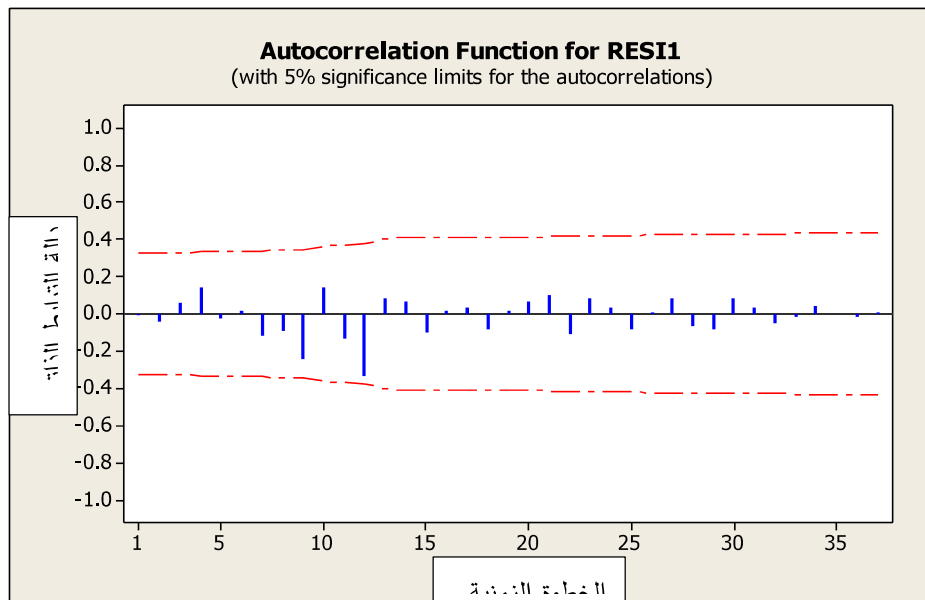
ومن أجل الحصول على القيم النهائية تجري التحويل $x_t = e^{yt}$ لتحويل القيم التي تم الحصول عليها من لوغاريتم إلى قيم تبخر، والشكل (13) يقارن بين القيم الحقيقية للتبخر والقيم المتنبأ بها باستخدام النموذج المقترح



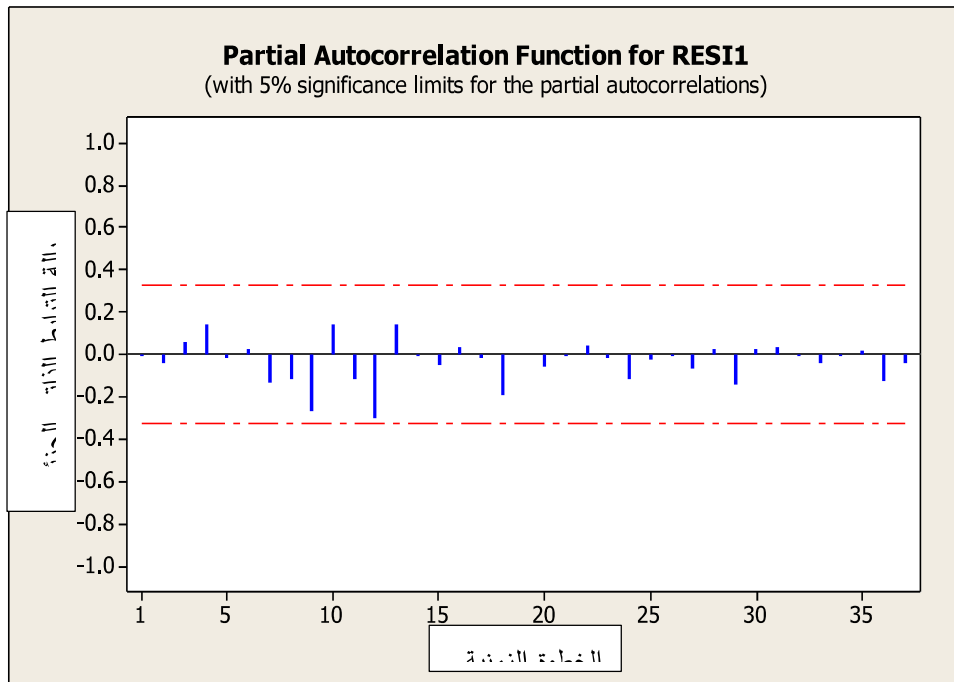
الشكل رقم(13): يقارن السلسلة الحقيقية والسلسلة الممتنبا بها باستخدام النموذج المقترح

3-5- تشخيص النموذج :

A. استقلال البواقي: بتفحص شكل دالتي الترابط الذاتي والترابط الذاتي الجزئي للبواقي (الشكلين 14 ، 15)، نلاحظ أن معاملات الارتباط الذاتي لسلسلة البواقي تقع أغلبها ضمن حدود الثقة، ولها شكل سلسلة الضجة البيضاء، وإن قيم معاملات الارتباط الذاتي لمعظم الفجوات الزمنية قريبة من الصفر وهذا يعني أن السلسلة مستقرة وأنه لا يوجد ترابط بين عناصر السلسلة.



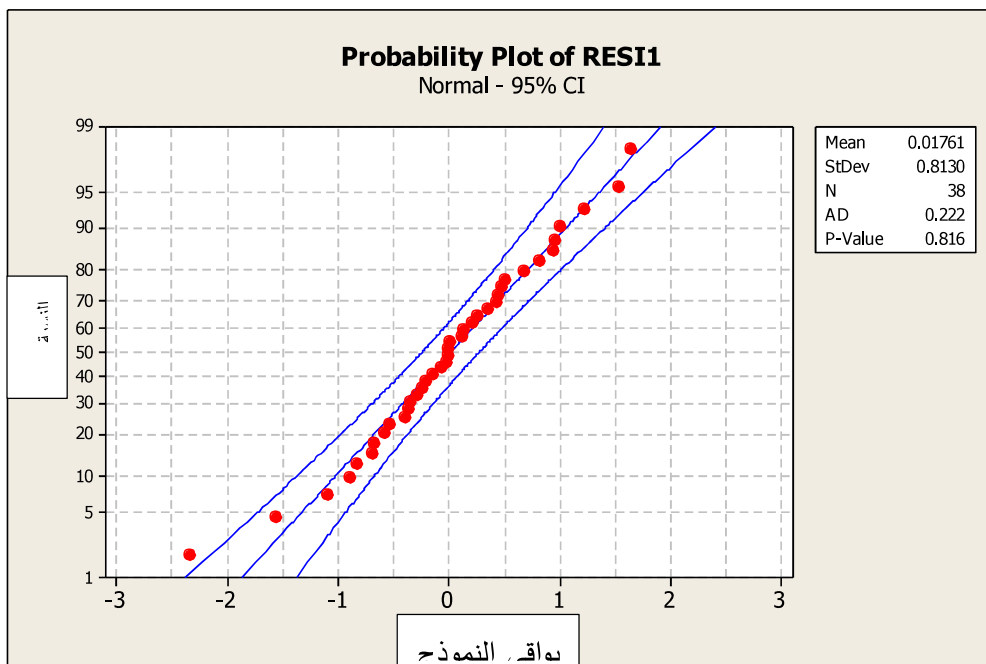
الشكل رقم (14) : الشكل دالة الترابط الذاتي لبواقي النموذج



الشكل رقم (15) : دالة الترابط الذاتي الجزئي لبواقي النموذج

B. بواقي ذات توزيع طبيعي :

لقد تم التأكد من ذلك باستخدام اختبار كولمغروف - سميرنوف كما يوضح الشكل (16).



الشكل رقم (16) : مخطط الاحتمال الطبيعي لبواقي نموذج SARIMA(2,0,2)(0,1,0)₁₂

C. للبواقي متوسط صفري:

لبيان أن متوسط بواقي النموذج مساوٍ للصفر، تم إجراء اختبار فرضية العدم $H_0 : \mu = 0$ ضد الفرضية البديلة $H_1 : \mu \neq 0$ ، وبين الجدول (2) نتائج الاختبار والذي يبين أنه يمكن اعتبار أن متوسط البواقي مساوٍ للصفر.

الجدول رقم (2):

N	Mean	SE Mean	95% CI	Z	P
38	0.0176	0.0162	(-0.0142; 0.0494)	1.09	0.278

D. بواقي النموذج SARIMA(2,0,2)(0,1,0)12 عشوائية :

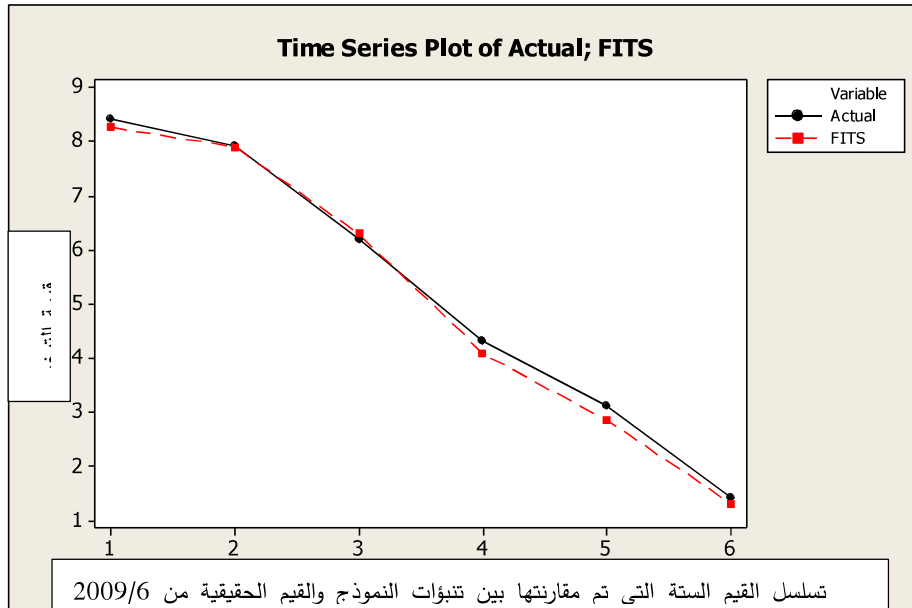
يبين الجدول (3) نتائج اختبار التعاقب على بواقي النموذج والذي يبين أن بواقي النموذج عشوائية.

الجدول رقم (3): نتائج اختبار التعاقب على بواقي النموذج

19	العدد الملاحظ للتعاقبات
19.9474	عدد التعاقبات المتوقع
18	عدد المشاهدات الأكبر من المتوسط
20	عدد المشاهدات الأصغر من المتوسط
$0.755 > 0.05$	قيمة P

5 - 4 التنبؤ بالسلسلة المستقبلية :

بعد نجاح الاختبارات على البواقي، أصبح النموذج المقترح ملائماً للتنبؤ بقيم التبخر في المحطة المدروسة وتوليد سلسلة مستقبلية، تم توليد التنبؤات لقيم التبخر لسته أشهر باستخدام النموذج المقترح ومقارنتها مع القيم المقاسة وبين الشكل (17) مقارنة بين القيم المقاسة والقيم المتنبأ بها لقيم التبخر باستخدام النموذج.



الشكل رقم (17): مقارنة بين تنبؤات النموذج والقيم الحقيقية لقيم التبخر

كما تم حساب النسب المئوية لأخطاء النموذج الجدول (4) ووجد أن أعلى قيمة للخطأ النسبي المئوي هي 8% وهي أقل من القيمة المسموحة .

الجدول رقم (4):النسبة المئوية لأخطاء النموذج

النسبة المئوية للخطأ	البواقي	قيم التبخر وفق نموذج التنبؤ	قيم التبخر الفعلية
2%	0.148158	8.251841973	8.40
0%	0.007912	7.892088414	7.90
-2%	-0.09668	6.296675504	6.20
5%	0.222622	4.077378463	4.30
8%	0.256739	2.843261337	3.10
8%	0.115348	1.284652007	1.40

5- النتائج والتوصيات:

- إن السلسلة الزمنية التي تمثل قيم التبخر الشهرية في محطة حمص المناخية للفترة (2005-2009) غير مستقرة في الوسط الحسابي بسبب وجود اتجاه عام متزايد فيها وبالتالي سيؤدي ذلك الى زيادة الاحتياجات المائية، لذلك نوصي باتخاذ اجراءات لتحسين إدارة المياه وتبني استراتيجيات التكيف مع هذه الزيادة ونشر التقانات لزيادة كفاءة استخدام المياه وزيادة كمية المياه المخزنة في قطاع التربة .
- تتحقق حالة الإستقرارية للسلسلة الزمنية بعد أخذ اللوغاريتم الطبيعي لقيمها .
- إن النموذج $SARIMA(2,0,2)(0,1,0)_{12}$ هو النموذج المناسب للبيانات (أعطى القيمة الصغرى لمعيار أكاي ونجح في اختبارات تشخيص النموذج) ويمكن الاعتماد عليه في إجراء تنبؤات لقيم التبخر في محطة حمص المناخية، ونوصي باستخدام النماذج الإحصائية في بناء نماذج تنبؤ دقيقة نظرا لأهميتها في العمل على تنمية وإدارة الموارد المائية ووضع الخطط المائية المستقبلية وفق سيناريوهات التغيرات المناخية المختلفة .

المراجع

- [1] عرباوي، عبد الستار (2016). التنبؤ بدرجات الحرارة لولاية ورقلة باستخدام طريقة بوكس-جنكز للسلاسل الزمنية للفترة (2004-2014) ، رسالة ماجستير ، جامعة قاصدي مرياح ورقلة .
- [2] الجعصي ،خالد (2006). تقنيات صنع القرار (تطبيقات حاسوبية) ، مركز البحوث والدراسات في كلية فهد الإمنية ، ص ، 1-2.
- [3] البكري ،نورية(2000)، بناء نماذج محاكاة متكاملة لاستخدامه كأداة مختبرة في تدريس مادة بناء النماذج في بحوث العمليات ، رسالة ماجستير ، جامعة بغداد، ص 22-28)
- [4] رعد، تمام (2013). التنبؤ عن الوضع المائي المستقبلي لحوض العاصي الأعلى باستخدام الطرق التحليلية الإحصائية ، أطروحة أعدت لنيل درجة الدكتوراة من جامعة البعث .
- [5] بري، عدنان (2002). طرق التنبؤ الإحصائي ، جامعة الملك سعود .
- [6] بلال، عادل؛ بدر، هدى(2012). التغير المناخي والموارد المائية في محافظة نينوى. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، المجلد 28، العدد 1 .

[7] ماسو، أمجد (2008). الاحصاء باستخدام MiniTab ، جامعة حلب .

[8] Huang;Shen,Z,Long, S., Wu, M.,Shin, H.,Zheng, Q., Yen, N.-C, Tung, C.,Liu H. (1998). The empirical mode decomposition and Hilbert spectrum for nonlinear and nonstationary time series analysis. Proc. Royal Soc. Mathematical, Phys. Eng.Science 454:903-995.