AL KUT JOURNAL OF ECONOMIC AND ADMINISTRATIVE SCIENCES
Publisher: College of Economics and Management - Wasit University

مقارنة النماذج الهجينة للتنبؤ بالسلاسل الزمنية مع تطبيق عملي

Comparison Hybrid Models for Time Series Forecasting with Application

أ.م. د. سعد صبر محمد[1] م .م. علا هادي صادق[2]

جامعة واسط / كلية الادارة والاقتصاد

Saadsabir455@Gmail.com ola.sadeq@uowasit.edu.iq

المستخلص:

يهدف البحث إلى تطبيق نماذج هجينة مركبة من التهجين بمعادلة الانحدار الخطية للأنموذج الخطي مع الصيغة التربيعية من الدرجة الثانية للأنموذج غير الخطي ونموذج اخر مركب من نماذج التمهيد الاسي والصيغة التربيعية .وبالتطبيق تم مقارنة النماذج الهجينة مع نماذج بوكس – جنكيز التكاملية ARIMA على بيانات اسعار النفط الخام السنوية (بالدولار) للأعوام من (1980-2023) والتنبؤ بها. وباستعمال معيار الدقة MSE . وبتطبيق نظام MANITAB(21) في التحليل تم اختيار الأنموذج الهجين بمعادلة الانحدار الخطية مع الصيغة التربيعية من الدرجة الثانية .

Abstract :

The research aims to apply hybrid models composed of hybridization with the linear regression equation of the linear models with the quadratic formula of the second degree of the nonlinear models and another model composed of exponential smoothing models and the quadratic formula. In the application، the hybrid models were compared with the(Box-Jenkins) integral models(ARIMA) on the annual crude oil price data (in dollars) for the years (1980-2023) and their forecast. Using the accuracy criterion MSE. By applying the MINITAB (21) system in the analysis، the hybrid model was chosen for the linear regression equation with the quadratic formula of the second degree.

مقارنة النماذج الهجينة للتنبؤ بالسلاسل الزمنية مع تطبيق عملي

اولاً : الجانب النظري

1.1 المقدمة Introduction

إنَّ ارتفاع اسعار النفط الخام يسهم في زيادة العائدات النفطية الذي يزيد من الناتج المحلي الاجمالي في العراق، وتلك العلاقة تمثل علاقة طردية. ومن المعلوم أن العراق بلد ريعي يعتمد على النفط الخام بوصفه منتجاُ رئيساً لتمويل ميزانية العراق. وعليه، فإن ارتفاع اسعار النفط من شانه ان يزيد من الناتج المحلي الاجمالي مما يتيح للدولة من الانتعاش الاقتصادي والتنمية الاقتصادية. ومن الملاحظ، أن اسعار النفط تتزايد سنويا، وفي بعض الاحيان تتناقص بشكل مفاجئ وهذا ما يؤثر على ميزانية الدولة. علية يجب التخطيط المستقبلي والاخذ بنظر الاعتبار تلك السياسات النفطية من اجل مواجهة تلك الازمات. من هنا يأتي بحثنا للاهتمام ببناء نماذج قادرة على التنبؤ المستقبلي بأسعار النفط الخام. وهذه النماذج هجينة ومركبة تأخذ بنظر الاعتبار التغيرات الخطية وغير الخطية.

1.2هدف البحث The Aim of Research

يهدف البحث إلى تطبيق نماذج هجينة مركبة من النماذج الخطية بأحد صيغها والنماذج غير الخطية بأحد صيغها وذلك بسبب احتواء سلوك السلسلة على الاتجاه الخطي والاتجاه غير الخطي بنسب متفاوتة.

1.3 مشكلة البحث The Problem of Research

تأتي مشكلة البحث من ان سلوك بعض الظواهر الاقتصادية ومنها اسعار النفط الخام يتضمن فيه اتجاه خطي واتجاه غير خطي أحيانا. عليه فالأخذ بأحدهما قد لا يمثل السلسلة أحسن تمثيل. مما حدا بنا بتوفيق نماذج هجينة تجمع بين السلوكين في السلسلة الزمنية.

المبحث النظري

2.1 التمهيد Preface

يعد أسلوب تحليل السلاسل الزمنية Time Series Analysis احد الأساليب الإحصائية الجديرة بالاهتمام، والتي تطورت كثيراً وأصبح بالإمكان استعمالها لغرض التوقع المستقبلي كالعرض والطلب على الخدمة أو لسلعة ما، ويعتمد أسلوب تحليل السلاسل الزمنية على تتبع الظاهرة (أو المتغير) على مدى زمني معين (عدة سنوات مثلاً)، ثم يتوقع للمستقبل بناءً على القيم المختلفة التي ظهرت في السلسلة الزمنية وعلى نمط النمو في القيم ، ويعود التغير في قيم السلسلة الزمنية من فترة إلى اخرى بسبب تأثير عدد من المركبات ، اي ان قيمة السلسلة الزمنية في فترة زمنية معينة تتحدد نتيجة تأثرها بهذه المركبات وهي الاتجاه العام (T) التغيرات الموسمية (S) والتغيرات الدورية (C) و التغيرات العرضية (او العشوائية) (I) . ويمثل الهيكل الاحتمالي للسلوك المستقبلي للظاهرة بالسلسلة الزمنية العشوائية stochastic time series)).

وعليه يمكن اعتبار السلسلة الزمنية بانها سلسلة من القيم المتحققة للعملية العشوائية (Stochastic Process)، اي أنّ قيمة السلسلة الزمنية في فترة زمنية معينة Y_t هي قيمة متحققة للمتغير العشوائي Y_t وبدالة كثافة احتمالية $P(Y_t)$ ، وإنّ اية مجموعة من قيم السلسلة الزمنية ولتكن Y_{t1}، Y_{t2}، ...، Y_{tr} لها دالة كثافة احتمالية مشتركة $P(Y_{t1}$، ... ، $Y_{tr})$ *بحسب نوعية متغير الزمن (t) ان كان منفصلا او متصلا* .ويعد تأثير الاتجاه العام من التأثيرات الاساسية في السلسلة الزمنية . وان تحديد تأثيراته يتم من خلال توفيق عدة نماذج خطية وغير خطية وكالاتي:

2.2. نماذج الاتجاه العام الخطية [6،1]

من النماذج المهمة والشائعة الاستعمال ما يلي :

2.1 2. انموذج الانحدار الخطي البسيط : هو انموذج رياضي يُستخدم لتحليل العلاقة بين متغيرين، ويُعبَّر عنه بالصيغة الاتية:

$$Y_i = B_0 + B_1 xi + ei \qquad i = 1،2، \dots .،n \qquad \dots \dots (1)$$

حيث يتم تقدير مركبة الاتجاه العام للسلسلة الزمنية باستعمال طريقة المربعات الصغرى الاعتيادية(OLS) ؛ إذ تعتمد على إيجاد خط انحدار يصف بيانات الزمن(t) ، الذي نرمز له بـ X مقابل المشاهدة أو القيم الفعلية Y . حيث تعدُّ هذه الطريقة واحدة من أدق الأساليب لقياس خط الاتجاه العام وتثبيت خط مستقيم أو منحنى يمثل نقاط القيم للظاهرة عبر الفترات الزمنية المعنية بدقة عالية. وتعتمد هذه الطريقة على ان الخط الذي يمثل نقاط قيم الظاهرة بشكل دقيق ، وعلى افتراض ان خط الاتجاه العام مستقيم فان معادلته هي :

$$Y_i = B_0 + B_1 Xi$$

B_0 : ثابت يمثل المسافة المحصورة بين نقطة تقاطع خط الانحدار مع المحور الراسي

B_1 : تمثل معامل المتغير (X) او الميل (Slop)

ويتميز الانموذج اعلاه بالصيغة الخطية بالمعاملات وليس في المتغير كما ان (X) يعدُّ مستقلا استقلالا احصائيا، أي ان القيمة التي تكون بدون أخطاء وبما أن (ei) متغير عشوائي فان (Yi) متغير عشوائي، ومن ثم، فإن (Xi) هو ليس متغيراً عشوائياً.

والهدف الاساسي هو تقدير المعالم (parameters)

$$\widehat{Y_i} = \beta_0 + \beta_1 X_i \qquad \dots\dots (2)$$

اذ ان :(b_0) و (b_1) تمثل مقدرات معادلة الانحدار اعلاه موضوع البحث فان (X) يمثل السنة وان (Y) يمثل الظاهرة قيد البحث او المتغير المعتمد. اما البواقي (او الاخطاء) فكالاتي:

$$ei = Yi - \widehat{Y\imath}$$

$$ei = Yi - \hat{B}o + \hat{B}1Xi$$

ويمكن اعتماد طريقة المربعات الصغرى (OLS) بوصفها إحدى أهم الطرائق التي تساعدنا في توفيق (fitting) معادلة خط الانحدار حيث تجعل مجموع مربعات الفروق (او البواقي) بين القيم الحقيقية والتقديرية اقل ما يمكن وبالاشتقاق بالنسبة للمعالم نحصل على مقدراتهم وكالاتي:

$$b_0 = \bar{Y} - b_1\bar{X} \qquad ... (3)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} Xi\ \ Yi - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - n\bar{\bar{X}}^2} \qquad ..... (4)$$

وباستعمال الزمن t فان معادلة التقدير عند عرضها بيانيا تكون على شكل خط مستقيم لعلاقة معينة والتي تكتب كالآتي:

$$\hat{Y}_t = b_0 + b_1 t \qquad .....(5)$$

التي تشير إلى أن المتغير y يتغير على مدى الزمن t بمقدار ثابت هو (b_0) ويزداد أو يقل بنسبة قدرها (b_1) .

2.2.2 نماذج التمهيد الأسي ***Exponential Smoothing Method***

في هذه النماذج يتم إعطاء المشاهدات السابقة أوزان ذات قيم غير متساوية، طالما أن هذه الأوزان تتناقص أسياً من نقاط البيانات الأكثر حداثة إلى الأكثر تباعداً، سميت هذه النماذج بنماذج التمهيد الأسي؛ لأنها تأخذ المتوسط الموزون للمشاهدات السابقة باستعمال الأوزان التي تتناقص أسياً. تتطلب هذه النماذج تقدير المعلمات المحددة التي تمثل الأوزان غير المتساوية التي يتم إعطاؤها إلى المشاهدات السابقة وتتراوح قيم هذه المعلمات ما بين الصفر والواحد ويتم إعطاؤها قيم أولية لغرض البدء بعملية التنبؤ، ولاختيار قيمها المثلى يتم ذلك أما عن طريق تصغير متوسط مربعات الخطأ MSE أو المتوسط النسبي المطلق للأخطاء MAPE .

1. نموذج التمهيد الأسي البسيط ***Simple Exponential Smoothing Method***

يمتاز هذا الانموذج بقلة الحسابات والخزن حيث تكون مفيدة عندما يتم التنبؤ لعدد كبير من المشاهدات على الرغم من أنها تطبق على السلسلة الزمنية التي لا تتضمن اتجاه ولا موسمية حيث يأخذ هذا الانموذج التنبؤ للفترة السابقة وتعدله باستعمال خطأ التنبؤ بموجب المعادلة الآتية :

$$S_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha) S_{t-1} \qquad \textbf{.....(6)}$$

اذ ان

S_{t+1} : التنبؤ للفترة القادمة

S_{t-1} :القيمة المتنبئ بها السابقة والتي تم تقديرها

α : ثابت التمهيد الاسي للبيانات($0 < \alpha < 1$)

y_t : القيمة الحقيقية الحالية للسلسلة الزمنية

2. نموذج التمهيد الاسي المزدوج

Double Exponential Smoothing model

توسِّع انموذج التمهيد الأسي البسيط من قبل Holt في عام (1957) إلى انموذج التمهيد الأسي الخطي لكي يتم التنبؤ بالبيانات المتضمنة اتجاه بمعنى أن القيمة الجديدة تكون أما أكبر أو أقل من القيم السابقة. ويعرف ايضا باسم انموذج اتجاه هولت(***Holt's Linear model***)أو التمهيد الأسي من الدرجة الثانية. يُستخدم التمهيد الأسي المزدوج في التنبؤ بالسلاسل الزمنية عندما يكون للبيانات اتجاه خطي ولكن بدون نمط موسمي. الفكرة الأساسية هنا هي تقديم مصطلح يمكنه النظر في إمكانية إظهار السلسلة لبعض الاتجاهات. فضلاً عن أن معامل(α) يحتاج التمهيد الأسي المزدوج إلى عامل تمهيد آخر يُسمى بيتا (β)، والذي يتحكم في اضمحلال تأثير التغير في الاتجاه. تدعم الطريقة الاتجاهات التي تتغير بطرائق إضافية (التنعيم بالاتجاه الخطي) والاتجاهات التي تتغير بطرائق مضاعفة (التنعيم بالاتجاه الأسي). والمعادلات الخاصة بهذه الطريقة هي:

$$L_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)\,(L_{t-1} + b_{t-1}) \qquad \ldots\ldots (7)$$

$$b_t = \beta\,(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)\, b_{t-1} \qquad \ldots\ldots (8)$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t \,.\, m \qquad \ldots\ldots (9)$$

حيث :

L_t = قيم التمهيد (مستوى السلسلة) .

y_t = قيم المشاهدات للفترة t .

b_t = تمثل تقدير ميل السلسلة عند الزمن t .

α ، β = قيم ثابتة تقع بين1، 0 .

3نماذج التمهيد الاسي الثلاثية Triple Exponential Smoothing models

توجد في هذا الانموذج الاختلاف الأكثر تقدمًا في التمهيد الأسي، وتُستخدم في التنبؤ بالسلاسل الزمنية عندما تحتوي البيانات على اتجاهات خطية وأنماط موسمية. وتطبق هذه التقنية التمهيد الأسي ثلاث مرات وهي- تمهيد المستوى، وتمهيد الاتجاه، وتمهيد الموسم. اذ تتم إضافة معلمة تمهيد جديدة تسمى جاما (γ) للتحكم في تأثير المكون الموسمي. وتسمى ايضا طريقة التمهيد الأسي الثلاثية بالتمهيد الأسي لهولت-وينتر، التي سميت على اسم المشاركين فيها، تشارلز هولت وبيتر وينتر . ففي عام (1960) قام Winter بتوسيع طريقة Holt لكي تأخذ بنظر الاعتبار

الموسمية ، حيث تتضمن طريقة Holt-Winter ثلاث معادلات تمهيدية واحدة إلى المستوى وثانية إلى الاتجاه وثالثة وأخيرة إلى الموسمية فهي مشابهة إلى معادلات طريقة Holt مع معادلة تجميعية واحدة تتعلق بالموسمية.

ولطريقة التمهيد هولت-وينتر الأسية فئتان بحسب طبيعة المكون الموسمي :

أ. طريقة هولت-وينتر المضاعفة ـ للموسمية الضربية

ب.طريقة هولت-وينتر الإضافية ـ للموسمية الجمعية.

أ. الموسمية الضربـــية ***Multiplicative Seasonal***

$$\text{Level : } L_t = \alpha \frac{y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad \ldots\ldots(10)$$

$$\text{Trend : } b_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1} \quad \ldots\ldots(11)$$

$$\text{Seasonal : } S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma) S_{t-s} \quad \ldots\ldots(12)$$

$$\text{Forecast : } F_{t+m} = (L_t + b_t.m)\, S_{t-s+m} \quad \ldots\ldots(13)$$

حيث يمثل s طول الموسمية

L_t يمثل مستوى السلسلة

b_t يمثل الاتجاه

S_t تمثل المركبة الموسمية

F_{t+m} يمثل التنبؤ إلى الفترة القادمة m

γ ، β ، α = قيم ثابتة تقع بين1، 0 .

ب. الموسمية الجمعية ***Additive Seasonality***

في هذه الطريقة تعامل مركبة الموسمية جميعاً، على الرغم من أنها قليلة الشيوع، حيث تكون معادلاتها الرئيسة هي الآتية:

$$\text{Level : } L_t = \alpha(y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad \ldots\ldots(14)$$

$$\text{Trend : } b_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) b_t \quad \ldots\ldots(15)$$

Seasonal : $S_t = \gamma(y_t - L_t) + (1 - \gamma)\, S_{t-s}$ ……(16)

Forecast : $F_{t+m} = L_t + b_t.m + S_{t-s+m}$ ……(17)

2.2.3 نماذج بوكس وجنكيز المستقرة وغير المستقرة[1،6،7]

Stationary & Nonstationary Box – Jenkins models

تم ايجاد نماذج بوكس- جينكينـز من قبل الباحثان الالمانيان بوكس وزميله جينكينـز (Box and Jenkins، عام 1970 وذلك للحصول على نماذج لها مرونة أكبر في تمثيلها لبيانات السلسلة الزمنية؛ إذ من المفيد احياناً دمج أنموذج AR(p) مع أنموذج MA(q) للحصول على أنموذج جديد يسمى بالأنموذج المختلط والذي يرمز له بـ ARMA(p،(q غير المستقر .ويمكن كتابته بالصيغة الاتية:

$$Z_t = \varphi_1 Z_{t-1} + \varphi_2 Z_{t-2} + ... + \varphi_p Z_{t-p} + u_t - \theta_1 u_{t-1} - ... - \theta_q u_{t-q} \quad \text{……(18)}$$

او باستعمال عامل الازاحة الخلفية(β) تصبح المعادلة اعلاه كالاتي:

$$\varphi(\beta) Z_t = \theta(\beta) u_t \quad \text{…… (19)}$$

إذ إنَّ

$$\phi(\beta) = (1 - \phi_1\beta - \phi_2\beta^2 - ... - \phi_p\beta^p)$$

$$\theta(\beta) = (1 - \theta_1\beta - \theta_2\beta^2 - ... - \theta_q\beta^q)$$

إنَّ الأنموذج اعلاه يحتوي على *(p+q+2)* من المعالم وهي $\phi_1, \phi_2, ..., \phi_p$ و μ و σ_u^2 و $\theta_1, ..., \theta_q$ التي تقدر من مشاهدات السلسلة الزمنية.

u_t هي سلسلة الاخطاء العشوائية المستقلة وذات توزيع طبيعي بمتوسط حسابي صفراً وتباين ثابت σ_u^2 . إنّ شرطي الاستقرارية والانعكاسية للأنموذج هي إنَّ جذور المعادلتين $\phi(\beta) = 0$ لنماذج الانحدار الذاتي، $\theta(\beta) = 0$ لنماذج المتوسطات المتحركة، يجب ان يكونا خارج دائرة الوحدة.

3.1. 2 خواص الأنموذج.

1. متوسط الأنموذج يساوي:

$$E(Z_t) = 0$$

2. دالة التغايرات الذاتية تساوي:

$$\gamma_k = \varphi_1 \gamma_{k-1} + ... + \varphi_p \gamma_{k-p} \qquad ,k > p \qquad .....(20)$$

3. دالة الارتباطات الذاتية تساوي :

$$\rho_k = \varphi \rho_{k-1} + ... + \varphi_p \rho_{k-p} \qquad ,k > p \qquad ... ... (21)$$

إنّ سلوك دالة الارتباطات الذاتية للأنموذج بعد الازاحة *(q-p)* يشهد سلوك دالة الارتباطات الذاتية لأنموذج AR(p) اي تتناقص بشكل أسي او بشكل موجات جيبية متضائلة، أما سلوك دالة الارتباطات الذاتية الجزئية بعد الازاحة *(p-q)* فإنّها تشبه سلوك دالة الارتباطات الذاتية الجزئية لأنموذج MA(q) اي تتناقص بشكل أسي او بشكل موجات جيبية متضائلة. أما انموذج المختلط غير المستقر والذي يرمز اليه بـ ARIMA(p،d،q) وصيغته:

$$\varphi(\beta)\nabla^d Z_t = \varphi(\beta)(1-\beta)^d Z_t = \theta(\beta)u_t \qquad ..... \ (22)$$

واذا عوضنا عن الفروق $\nabla^d Z_t$ بـ *(W_t)* فإنّ الانموذج ARIMA(p،d،q) للسلسلة *(Z_t)* يتحول إلى الانموذج ARMA(p،q) للسلسلة *(W_t) الجديدة المستقرة* ، اي ان

$$\varphi(\beta)W_t = \theta(\beta)u_t$$

لذلك فإنّ كافة المفاهيم النظرية لنماذج ARMA(p،q) نستطيع تطبيقها على نماذج ARIMA(p،d،q).

2.3. نماذج الاتجاه العام غير الخطية[8] Non Linear Trend Models

وفي اغلب الحالات يمكن تحويل المعادلات غير الخطية إلى معادلات خطية اما بأجراء عمليات رياضية عليها كأخاذ اللوغاريتم للطرفين أو بأعاده تعريف المتغيرات ثم يتم تقدير معالم المعادلة المجهولة بطريقة المربعات الصغرى الاعتيادية ، ومن هذه النماذج ما يلي :

2.3.1 انموذج الانحدار الاسي Exponential Regression Model

توجد مجموعة من العلاقات الآسية من خلال تمثيلها بمنحنى أسي وكالاتي:

$$Y_t = ab^t \qquad ..... \ (23)$$

حيث ان a، b معاملان يمكن تقديرها من المعطيات ، وبأخذ اللوغاريتم نحصل على معادلة الانحدار الخطية التالية:

$$\text{Log } Y_t = A + Bt$$

حيث يفترض B= Log b، A=Log a ويتم ايجاد المعاملانB، A باعتماد طريقة الانحدار الخطي طريقة المربعات الصغرى ومن ثم تحديد a،b بأخذ اللوغاريتم المقابل antilog .

2.3.2 ا نموذج دالة القوى Power Function Model

وهذه الطريقة مماثلة للدالة الاسية ولكن الزيادة أو النقصان في المنحنى يتم وفق نسبة مختلفة وتكتب كالآتي :

$$Y_t = at^b \quad \dots\dots(24)$$

$$lin\, Y_t = lin\, a + b\, lin\, t$$

حيث ان

Y_t= Lin Y_t ، ويتم ايضا ايجاد a=Lin a ، اما t=Lin t

$$b = \frac{n\sum lin\, t\ lin\, y - \sum lin\, t \sum lin\, y}{n\sum(lin\, t^2) - (\sum lin\, t)^2}$$

$$lin\, a = \frac{\sum\ lin\, y - b\sum lin\, t}{n}$$

2 .3.3 انموذج الانحدار اللوغاريتمي Logarithm Regression Model وهي مماثلة للدالة الاسية أيضا ولكنها تستخدم الصيغة اللوغاريتمية وتكتب كالآتي

$$y_t = a + b\log(t) \quad \dots\dots(25)$$

وباعتماد طريقة المربعات الصغرى يتم تقدير المعالم المجهولة b،a .

2.3 .4 انموذج الدالة المعكوسة Inverse model function

هو انموذج انحدار مع مقلوب (t) ويكتب:

$$Yt = a + b/t \quad \dots\dots(26)$$

اذ نعوض $\frac{1}{t}$ بدلا عن t ثم نقدر a، b بطريقة المربعات الصغرى الاعتيادية.

2.3.5.انموذج الصيغة التربيعية Quadratic Regression Model والصيغة لها تساوي المرتبة الثانية – second order polynomial وكما يلي:

$$Yt = a + bt + ct^2 \quad \dots\dots(27)$$

وبعد تحويل المعادلة إلى خطية وباستعمال طريقة المربعات الصغرى تقدّرُ المعالم c ، b،a .

2.3.6 انموذج الصيغة التكعيبية Cubic Regression Model

هي طريقة توفق منحني قطع مكافئ من المرتبة الثالثة وهو شكل مقعر وصيغته كالاتي:

$$y_t = a + bt + ct^2 + dt^3 \quad \ldots\ldots(28)$$

وبعد تحويل المعادلة إلى خطية وباستعمال طريقة المربعات الصغرى تقدّرُ المعالم a ،b ،c ، d .

2.3.7 انموذج منحني S

يعد هذا الانموذج توفيق منحني على شكل حرف S ويكتب بالشكل الاتي:

$$Y_t = e^{a+b/t} \quad \ldots\ldots (29)$$

وبعد تحويل المعادلة إلى خطية وباستعمال طريقة المربعات الصغرى تقدّرُ المعالم a ،b ، .

2.4 اسلوب التهجين [5،3] Hybrid method

تتصف بعض السلاسل الزمنية باحتوائها على سلوك الاتجاه الخطي وغير الخطي مما استدعى إلى توفيق نماذج تحمل الصفات الخطية وغير الخطية وهي ما تعرف بالنماذج الهجينة . ويعد انموذجي التمهيد الاسي و بوكس- جنكنز من النماذج الخطية الشائعة للسلسلة الزمنية بينما الصيغة التربيعية والانموذج الاسي من النماذج غير الخطية للسلسلة الزمنية . ولأجل التوصل إلى انموذج كفوء في التنبؤ استعمل الأسلوب الهجين من خلال دمج الانموذج الخطي مع الانموذج غير الخطي وكالاتي :

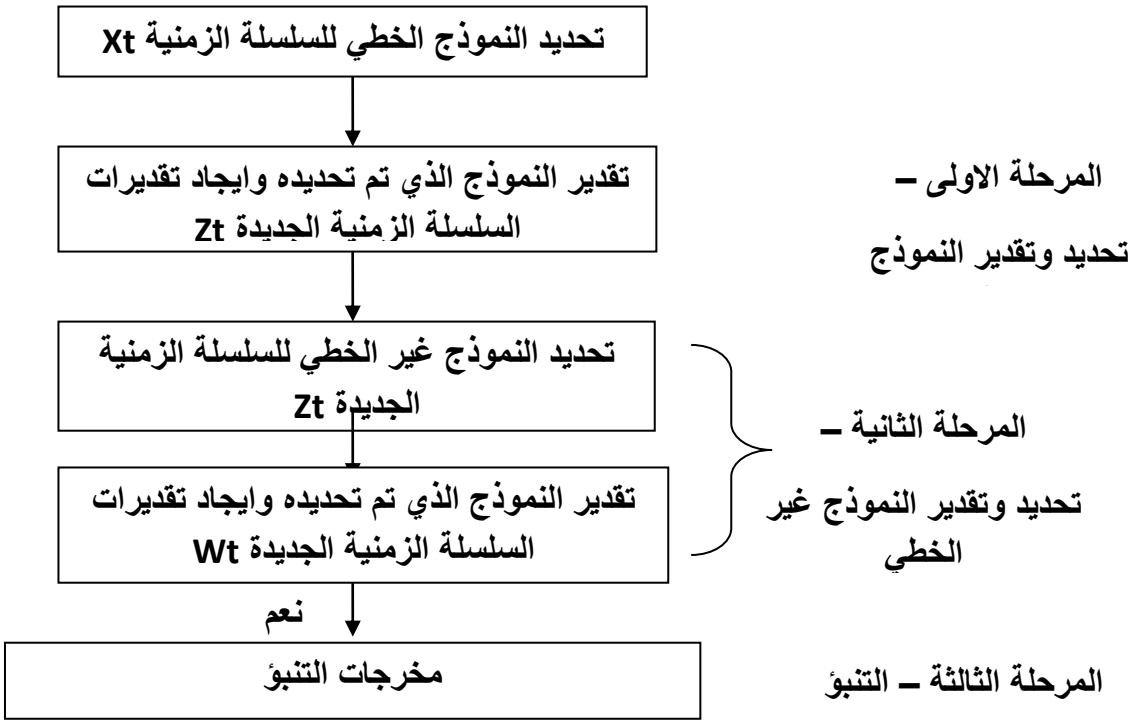
$$Yt = F1 + F2 \quad \ldots\ldots (30\ )$$

حيث إن:F1: يمثل الجزء الخطي من السلسلة . F2 يمثل الجزء غير الخطي من السلسلة

وان الاسلوب المقترح للمدمج هو انموذج بوكس جنكنز وانموذج التمهيد الاسي الخطي البسيط عن الجزء الخطي اما الجزء غير خطي فيكون باستعمال الصيغة التربيعية والانموذج الاسي واسلوب الدمج، كالاتي :

تجري عملية الدمج على مرحلتين، اذ من خلال المرحلة الأولى يستخدم الانموذج الخطي للسلسلة الاصلية Y_t ومن ثم ايجاد القيم التقديرية لها كسلسلة جديدة X_1، وفي المرحلة الثانية يتم تغذية الانموذج غير الخطي في مخرجات المرحلة الاولى X_1 ، فتكون مخرجات السلسلة الجديدة التي يمكن التنبؤ بها. والمخطط رقم (1) يوضح خطوات تهجين نماذج السلسلة الزمنية .

المخطط رقم (1) يوضح مراحل التهجين



2.5 مقاييس دقة النتائج التنبؤية [4]

هنالك عدة مقاييس تعتمد في تقييم النماذج المتنبئ بها وكالاتي:

أ- متوسط الخطأ المطلق **Mean Absolute Error**

هو مؤشر يجعل الأخطاء موجبة بأخذ القيمة المطلقة لها ثم يأخذ لها المعدل ، وهو عبارة عن معدل الانحرافات عن القيم الحقيقية. و صيغة المستعملة لمتوسط مطلق الخطأ:

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}|e_t| \text{.....} 2.31$$

ب - متوسط مربعات الخطأ **Mean Square Error**

كلما كانت كمية متوسط الخطأ قريبة من الصفر فهذا مؤشر أن القيم التقديرية للسلسلة هي قريبة من المشاهدات الحقيقية للسلسلة الزمنية ، وصيغته هي :

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} e_t{}^2 \cdots (2.32)$$

ويستخدم الاختبار الاول والثاني لمعرفة القوة التنبؤية للأنموذج المستخدم .

ج - الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ Root Mean Square Error

وهو مؤشر إحصائي لا يختلف عن MSE وصيغته هي :

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad \ldots (2.33)$$

3. الجانب العملي

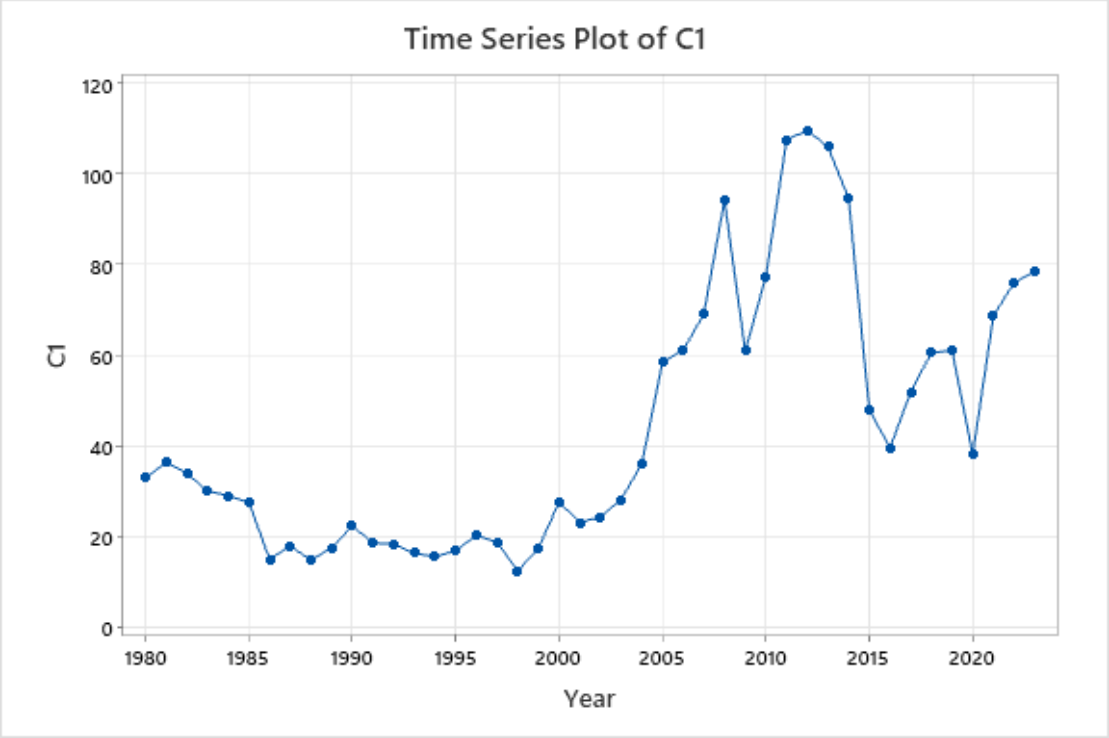
تناول الجانب العملي اخذ عينة من اسعار النفط العراقي الخام المصدر سنويا للفترة من (1980-2023) والبالغة 44 قيمة او مشاهدة ، والجدول (1) الاتي يبين ذلك . اما الشكل (1) فيوضح شكل السلسلة الزمنية وسلوكها المتزايد سنويا تقريبا

السنة	معدل سعر البرميل بالدولار بالسنة	السنة	معدل سعر البرميل بالدولار بالسنة	السنة	معدل سعر البرميل بالدولار بالسنة
1980	32.9	1999	17.44	2018	60.5
1981	36.3	2000	27.55	2019	61.006
1982	33.9	2001	23.09	2020	38.086
1983	30	2002	24.31	2021	68.637
1984	29	2003	28.17	2022	75.965
1985	27.5	2004	36	2023	78.310
1986	15	2005	58.50		
1987	17.9	2006	61.04		
1988	14.8	2007	69.07		
1989	17.5	2008	94.07		
1990	22.31	2009	60.86		
1991	18.56	2010	77.37		

		107.44	2011	18.34	1992
		109.49	2012	16.31	1993
		105.93	2013	15.51	1994
		94.45	2014	16.87	1995
		47.87	2015	20.23	1996
		39.53	2016	18.76	1997
		51.87	2017	12.33	1998

جدول (1) بأسعار النفط الخام السنوية(بالدولار) للفترة (1980-2023)

المصدر (2)



الشكل رقم (1) رسم السلسلة الزمنية لأسعار النفط الخام العراقي

اما نماذج التهجين المقترحة كالاتي :

ولإيجاد التحليل الاحصائي باستعمال برنامج MANITAB (21) للنماذج الهجينة المقترحة وكالاتي :

1. التهجين بمعادلة الانحدار الخطية للأنموذج الخطي مع الصيغة التربيعية من الدرجة الثانية للأنموذج غير الخطي(انموذج **Hybrid-1**)

تقدير معادلة الانحدار يساوي:

$$Y_t = 9.61 + 1.523X_t$$

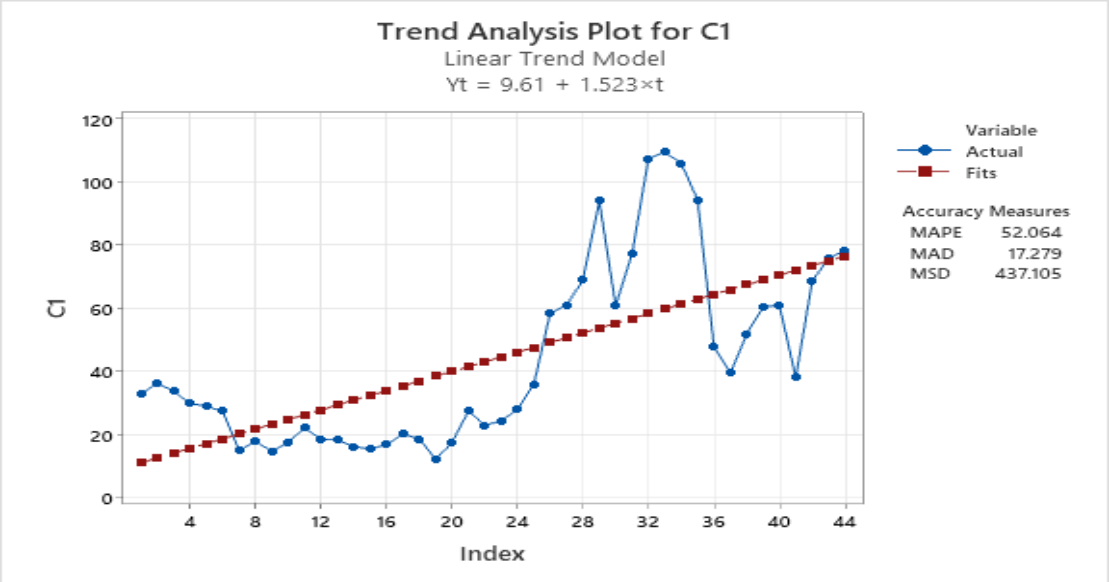
اما مقاييس الدقة فتساوي :

MAPE 52.064

MAD 17.279

MSD 437.105

والجدول الاتي يبين خلاصة التقديرات بأنموذج الانحدار الخطي البسيط كمخرجات للسلسلة الاصلية. والشكل (2) يوضح رسم معادلة الانحدار الخطي للسلسلة الزمنية الاصلية وكالاتي :



الشكل (2) يوضح رسم معادلة الانحدار الخطي للسلسلة الزمنية الاصلية

اما المعادلة غير الخطية للسلسلة الزمنية الجديدة X1 بالصيغة التربيعية Quadratic Trend Model كالاتي :

ادناه المعادلة التقديرية بالصيغة التربيعية للسلسلة الزمنية الجديدةX1 كالاتي:

$$Y_t = 9.60613 + 1.52313X_t + 0.000000X_{t^2}$$

وادناه مقاييس الدقة

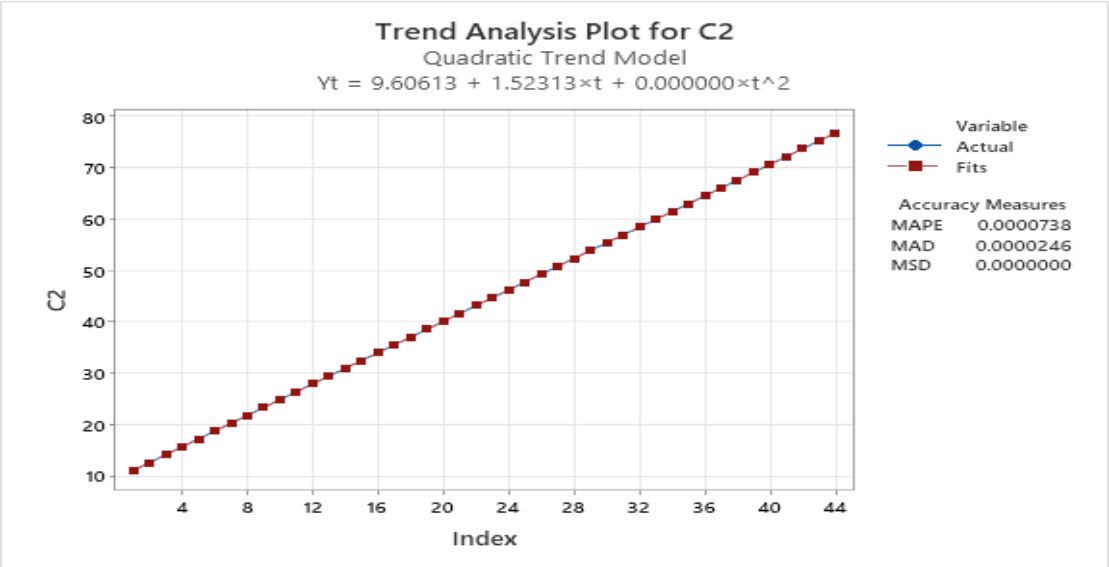
Accuracy Measures

MAPE 0.0000738

MAD 0.0000246

MSE 0.0000000

والشكل (3) ادناه يوضح رسم الصيغة التربيعية للسلسلة الزمنية الجديدة



2.التهجين بأنموذج التمهيد الاسي البسيط للأنموذج الخطي مع الصيغة التربيعية من الدرجة الثانية للأنموذج غير الخطي(انموذج Hybrid-2)

، وبذلك فان مقاييس الدقة تساوي : $\alpha = 0.6$ بافتراض ان ثابت التمهيد الاسي البسيط

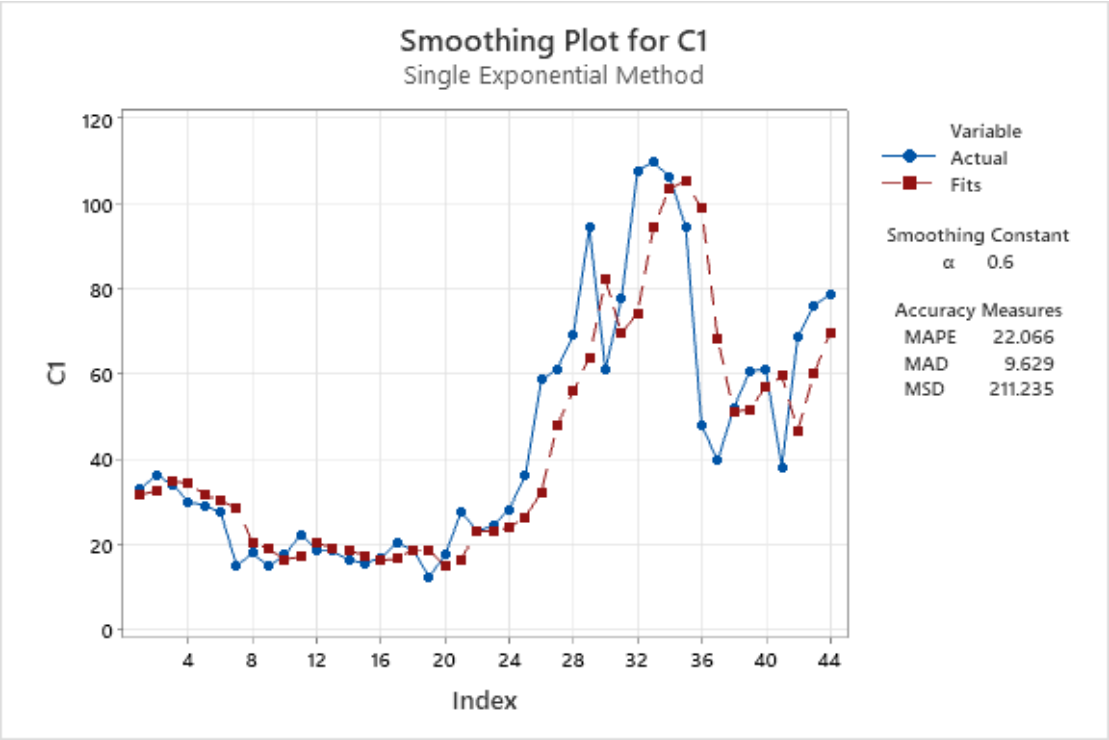
Accuracy Measures

MAPE 22.066

MAD 9.629

MSD 211.235

والشكل4) ادناه يوضح رسم السلسلة الزمنية الاصلية والتقديرية



الشكل (4) يوضح رسم السلسلة الزمنية الاصلية والتقديرية

أما المعادلة غير الخطية للسلسلة الجديدة فحسب الصيغة التربيعية لسلسلة المخرجات التمهيد الاسي التي نتائجها كالاتي.

والشكل (5) يوضح ذلك.

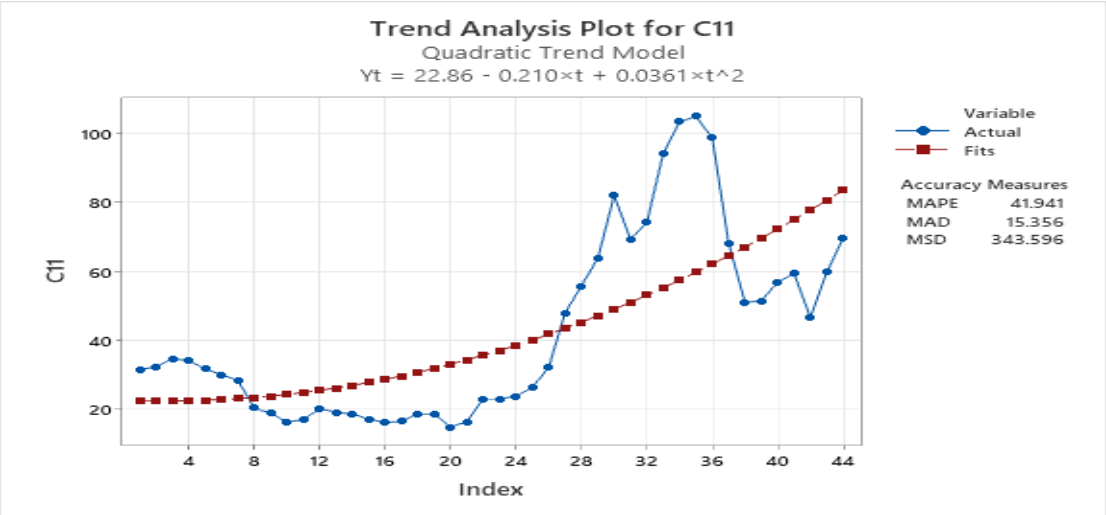
$$Y_t = 22.86 - 0.210X_t + 0.0361X_{t^2}$$

Accuracy Measures

MAPE 41.941

MAD 15.356

MSD 343.596



الشكل رقم (5) يوضح رسم الصيغة التربيعية للسلسلة الزمنية الجديدة

3. التهجين بأنموذج التمهيد الاسي المزدوج للأنموذج الخطي مع الصيغة التربيعية من الدرجة الثانية للأنموذج غير الخطي (انموذج 3 -Hybrid)

بافتراض ثوابت التمهيد الاسي المزدوج تساوي:

α (level)= 1.04586

γ (trend)= 0.05638

فان المعادلة التقديرية لأنموذج التمهيد الاسي المزدوج التمهيد الاسي المزدوج كما في ادناه

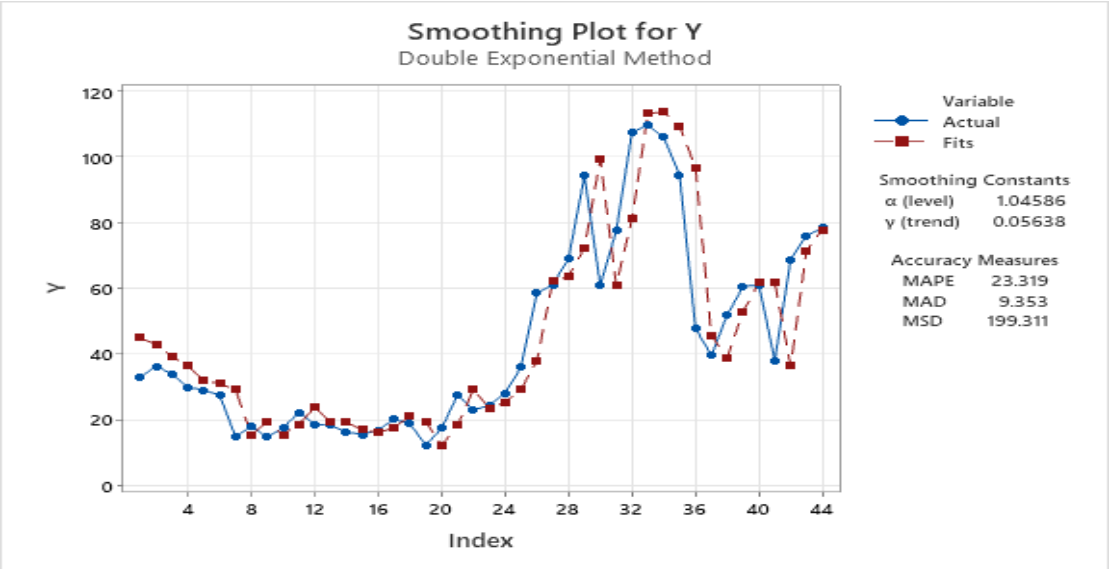
وان مقاييس الدقة تساوي

Accuracy Measures

MAPE 23.319

MAD 9.353

MSD 199.311



الشكل رقم (6) يوضح رسم التمهيد الاسي المزدوج للسلسلة الزمنية الاصلية

اما المعادلة غير الخطية للسلسلة الجديدة بحسب الصيغة التربيعية لسلسلة المخرجات لانموذج التمهيد الاسي المزدوج تساوي

Fitted Trend Equation

$$Yt = 26.1 - 0.25\times t + 0.0366X_{t^2}$$

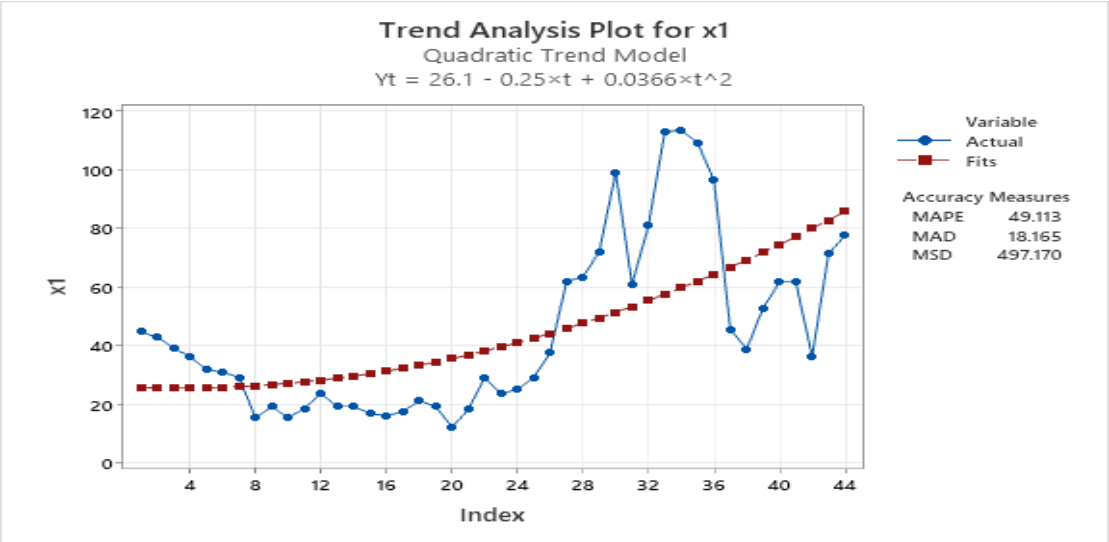
وان مقاييس الدقة تساوي

Accuracy Measures

MAPE 49.113

MAD 18.165

MSD 497.170



الشكل رقم (7) يوضح رسم الصيغة التربيعية للسلسلة الزمنية الجديدة

3.مقارنة النماذج الهجينة المقترحة مع نماذج بوكس وجنكيز التكاملية

ت	الانموذج	MSE	الحالة
1	ARIMA (1،0،0)	185.153	
2	ARIMA (0،0،1)	337.045	
3	ARIMA (1،0،1)	188.288	
4	ARIMA (1،0،1)	167.925	
5	ARIMA (2، 1،1)	190.618	
6	ARIMA (2، 1،0)	196.742	
7	ARIMA (2،1،2)	175.623	
8	Hybrid-1	0.00000	Best
9	Hybrid-2	343.596	
10	Hybrid-3	497.170	

4.الاستنتاجات والتوصيات

4.1 الاستنتاجات

من خلال الجانب العملي توصلنا إلى الاستنتاجات الاتية :-

1.ان الانموذج الهجين (**Hybrid-1**) والذي يمثل معادلة الانحدار الخطية مع الصيغة التربيعية يعدُّ افضل انموذج للسلسلة الزمنية لأنه باقل MSE من بين كل النماذج الهجينة ونماذج بوكس جنكيز.

2. من ناحية الأفضلية يأتي الانموذج**ARIMA (2 ،1، (2** بالدرجة الثانية .

3.ان النماذج الهجينة شانها شان نماذج **ARIMA** تعتمد على اختيار الانموذج المناسب للسلسلة الزمنية باقل MSE .

4.2 التوصيات

من خلال الاستنتاجات التي توصلنا اليها نوصي بالاتي:

1.نوصي باستعمال النموذج الهجين (**Hybrid-1**) وانموذج **ARIMA(2،1،(2** للتنبؤ بأسعار النفط الخام السنوية .

2.نقترح استعمال نماذج هجينة اخرى والمقارنة فيما بينها في الجانب النظري.

المصادر

1. الشعراوي ، سمير مصطفى. (2005)."مقدمة في التحليل الحديث للسلاسل الزمنية" جامعة الملك عبدالعزيز ، السعودية.
2. "التقارير الإحصائية السنوية، للسنوات (1980-2023)" ، جمهورية العراق، وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء .
3. الجراح ، نوال والحكاك ، ندى .(2013)." استعمال الطرق الهجينة في التنبؤ لسعر الصرف للدولار الامريكي مقابل الدينار العراقي" ، مجلة كلية بغداد للعلوم الاقتصادية الجامعة العدد الرابع و الثلاثون .

4. الكلابي ، صفاء و مجيد مطشر .(2018)."استعمال بعض طرائق التنبؤ المختلفة لتحليل اعداد المصابين بالاورام الخبيثة" . جامعة كربلاء

and Kadilar.(2009). Cem" Forecasting nonlinear ، Egrioglu Erol، 5 . Aladag Cagdas H. Applied Mathmatic ، Turkey،time series with a hybrid methodology". Hacettepe University Elsevier.،. Letters

، G. M. (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*، G. E. B. and Jenkins،6. Box (2^{nd} ed.). San Francisco: Holden-Day .

Forecasting Model ،7.Chaimongkol Watchareeporn and Tansathit Chutatip (2010) National Institute of Developing Administration .،for Automobile Sales in Thailand

8. Fariz Mikayilov، K. Çarman، Osman Özbek **(2018)**،" Non-linear modelling to describe the wind erosion ratein different tillage practices"،