

دراسة تنبؤ استهلاك الطاقة الكهربائية في الجزائر باستعمال منهجية
بوكس جنكينز وأسلوب التمهيد الأسّي
Forecasting Electricity Consumption in Algeria Using
Box-Jenkins Methodology and Exponential Smoothing

ملويي عبد الغاني نعمان محمد عبد الجليل صاري حسون*
Malioui Abdelghani Namane Mohamed Abdeldjalil Sari Hassoun Salaheddine
المركز الجامعي مغنية-الجزائر المركز الجامعي مغنية-الجزائر المركز الجامعي مغنية-الجزائر
مخبر LEPESE

malioui80@gmail.com namamemohammed@gmail.com Salah.poldeva08@gmail.com

تاريخ النشر: 2023/10/31 تاريخ القبول: 2023/10/30 تاريخ الاستلام: 2023/08/02

الملخص:

تعتبر الطاقة أحد العناصر الأساسية للاقتصاد العالمي وهي مدرجة كعنصر استراتيجي للتنمية الاقتصادية. في هذه الدراسة، تم استخدام طريقة بوكس جنكينز وطريقة التمهيد الأسّي للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في الجزائر للفترة 1980-2021. وقد أوضحت النتائج كل من أسلوبين التمهيد الأسّي والخاص بطريقة Brown بأن كمية الطاقة الكهربائية المتنبأ بها في السنة 2022 كانت بقيمة 76,41 مليار TWH وسنة 2023 بقيمة 79,85 مليار TWH، ثم في السنة 2024 كنت بقيمة 83,29 مليار TWH وسنة 2025 بقيمة 86,73 مليار TWH. أما بالنسبة طريقة Holt فان كمية الطاقة الكهربائية المتنبأ بها في السنة 2022 كانت بقيمة 74,81 مليار TWH و سنة 2023 بقيمة 78,21 مليار TWH، ثم في السنة 2024 كانت بقيمة 81,64 مليار TWH وسنة 2025 بقيمة 85,04 مليار TWH. بينما بطريقة بوكس جنكينز فكانت القيمة 75,82 في سنة 2022 ثم في سنة 2023 أصبحت 78,99 أما بالنسبة للسنة 2024 و 2025 فكانت القيم المتنبأ بها 82.98 و 87.07 مليار TWH على التوالي.

الكلمات المفتاحية: استهلاك الطاقة الكهربائية في الجزائر، التنبؤ، التمهيد الأسّي، منهجية بوكس جنكينز

تصنيف JEL: Q47, C53

Abstract :

Energy is one of the most significant economic factors in the world. In this paper, we use Box-Jenkins and exponential smoothing to forecast the electricity consumption in Algeria during the period 1980-2021. The outcomes of Brown method show that the predicted electricity consumption is estimated at 76.41 billion TWH in 2022, while in 2023 it is estimated at 79.85 billion TWH, besides in 2024 it is estimated at 83.29 billion TWH, while in 2025 it is estimated at 86.73 billion TWH. However, the findings of Holt method demonstrate that the predicted electricity consumption is estimated at 74.81 billion TWH in 2022, while in 2023 it is estimated at 78.21 billion TWH, moreover in 2024 it is estimated at 81.64 billion TWH, while in 2025 it is estimated at 85.04 billion TWH. Also, the Box-Jenkins results find the predicted electricity consumption at 75.82 billion TWH in 2022, while in 2023 it is estimated at 78.99 billion, but in 2024 and 2025 the predicted value are 82.98 and 87.07 billion TWH, respectively.

Key words: the electricity consumption in Algeria, forecasting, exponential smoothing, Box-Jenkins methodology

JEL classification codes: C53, Q47

1. مقدمة:

تعد الطاقة الكهربائية جزءًا لا غنى عنه من حياتنا اليومية وتلعب دورًا أساسيًا في تنمية وتقدم البشرية، منذ اكتشاف الكهرباء وتطور تكنولوجيا الطاقة الكهربائية جعلت المزايا العدة للطاقة الكهربائية مستخدمة بشكل تفضيلي في مختلف المجالات تنتشر بسرعة وكفاءة باستعراض الأسلاك والشبكات، مما يتيح توزيعها واستخدامها في مناطق ومجتمعات مختلفة. وهو إلى ذلك مورد متجدد حيث يمكن إنتاجه من مجموعة متنوعة من المصادر مثل الفحم والغاز الطبيعي وكذلك من مصادر متجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والمياه.

في حين، يعد التنبؤ في عصرنا اليوم من أهم العمليات التي لا يمكن للمنظمات وصناع القرار الاستغناء عنها، فهو مهم جدًا لتقليل عوامل الخطر وكذلك تطوير الاستراتيجيات والخطط المستقبلية. ومن المجالات المهمة التي تتطلب التنبؤ بالقيمة المستقبلية، نجد الطاقة التي هي ركيزة من ركائز الحياة العصرية ومن أهم القطاعات الاقتصادية، حيث أصبح رهنا لمستقبل اقتصاد الدولة، خاصة بعد الجائحة فيروس كوفيد-19 ثم بعد الحرب بين روسيا وأوكرانيا في فبراير 2022 الذي أدى إلى تفاقم أزمة الطاقة العالمية الناجمة، حيث عطلت الحرب تجارة الطاقة العالمية وتسببت في ارتفاع أسعار الطاقة.

تلعب الطاقة الكهربائية، على وجه الخصوص، دورًا متزايد الأهمية في التقدم الاقتصادي والاجتماعي، ثم أن للطاقة الكهربائية علاقة وطيدة وذات تأثير كبير على النمو الاقتصادي، بحيث يعتبر استهلاك الطاقة مؤشرًا اقتصاديًا مهمًا يعكس التنمية الاقتصادية.

كما طورت الجزائر بنيتها التحتية الخاص بالقطاع الطاقة للكهربائية والغاز الطبيعي لتحسين نسبة التوزيع والاستهلاك بالنسبة للمواطنين الجزائريين، ووفقًا لإحصاءات البنك الدولي في 2020، فإن 99.8٪ من الجزائريين يتحصلون على الكهرباء بصفة جيدة. حيث شهدت الجزائر في السنوات الأخيرة ارتفاع استهلاك الكهرباء نتيجة النمو السريع في عدد السكان وكون أسعار الكهرباء مدعمة، لكنه يرجع بصورة أكبر إلى زيادة الأخذ بأساليب التكنولوجيا الحديثة في كل مكان.

وخلال كل هذا، لا تولي الجزائر اهتمامًا كبيرًا للطاقة المتجددة، وأن المصدر الأساسي لإنتاج الكهرباء هو الغاز الطبيعي وعليه يتعين على أصحاب القرار تطوير خطط واستراتيجيات انطلاقًا من التنبؤ بكمية استهلاك الكهرباء في الجزائر للوصول إلى القيم التنبؤية الصحيحة التي

سيتم استخدامها في صنع القرار في المؤسسات الاقتصادية، في هذا السياق سنحاول أن نقترح نموذجاً للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في الجزائر بفضل تسليط الضوء على منهجية بوكس جنكينز وأسلوب التمليس الأسّي وطرح الإشكالية الآتية:

ما مدى فعالية استخدام منهجية بوكس جنكينز وأسلوب التمليس الأسّي للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في الجزائر خلال الفترة بين 1980 إلى 2021؟

من أجل الإجابة عن الإشكالية الرئيسية، تم صياغة الفرضية التالية بغية اختبارها:

تتميز منهجية بوكس جنكينز وأسلوب التمليس الأسّي بأداء فعال في عملية التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية

وعلى هذا الأساس تستمد هذه الدراسة أهمية بالغة في معرفة واقع استهلاك الطاقة الكهربائية في الجزائر وإبراز قدراتها في مجال الطاقة الكهربائية. وقد تم تقسيم الورقة العلمية الى مقدمة، الدراسات السابقة، تعريف بالدراسة والمنهجية البحث، النتائج الدراسة والخاتمة.

2. الدراسات السابقة

الطلب على الكهرباء هو مؤشر على الأداء الاقتصادي لبلد ما لأن الطلب على الكهرباء يرتبط ارتباطاً وثيقاً بجميع مراحل التنمية. لذلك، يعد التنبؤ بالطلب على الكهرباء أمراً بالغ الأهمية لإدارة نظام الطاقة والإرسال والتشغيل وتقييم سعة الشبكة. حيث أن التنبؤ باستهلاك الكهرباء أصبح أمراً ملحاً وهاماً لأي دولة (Shah et al., 2020 ; Li and Zhang, 2018)

في باكستان، قام الباحثين (Hussain et al. (2016 بتحليل كيفية قيام بالتنبؤ باستهلاك الكهرباء باستخدام بيانات الاستهلاك السنوية بين 1980 إلى 2011 التي شملت 31 مشاهدة، وقام الباحثين باستخدام نماذج ARIMA و Holt-Winter للتنبؤ حتى 2020 وقد أظهرت النتائج الدراسة أن النموذج التنبؤ Holt-Winter هو الأفضل في عملية التنبؤ بحيثله أدنى قيمة من RMSE و MAPE مقارنة بنموذج ARIMA وبالتالي فإن استهلاك الكهرباء في تزايد مستمر ويتوقع بلوغه حوالي 98598.5 GWh سنة 2020. بينما في البرازيل، قام الباحثين (Mattos et al. (2021 بنمذجة الطلب على الكهرباء التجارية في منطقة سانتا كاترينا، حيث ركز الباحثين على الطلب الشهر من جانفي 2004 إلى ديسمبر 2019 بعدد مشاهدات N=192. تم استعمال في هذه الدراسة طريقة Box-Jenkins، تحليل التباين بطريقة Friedman وتطبيق نموذج SARIMA، و قد أوضحت النتائج بأن

النموذج المثالي هو $Sarima(1,1,1)$ و بالتالي فإن الطلب على الطاقة الكهربائية في تلك المنطقة كانت بين $Mwh314,5$ و $Mwh411,72$ وأشهر التي لها أكبر طلب هي جانفي وفبراير.

في الدراسات التطبيقية حول التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في الجزائر، قام الباحث بن أحمد(2008) بالنموذج القياسي للاستهلاك الوطني للطاقة الكهربائية في الجزائر خلال الفترة من أكتوبر 1988 إلى مارس 2007 أي 222 مشاهدة. استعمل الباحث نموذج ARCH وتوصل إلى أن هناك اختلاف بين نماذج ARMA و ARCH والذي أظهر إمكانية تمثيل ظاهرة الاستهلاك الوطني للطاقة الكهربائية في الجزائر، وإمكانية التنبؤ بواسطة النمذجة الغير الخطية والتي كانت أفضل من نتائج النمذجة الخطية بواسطة نماذج ARMA. وبعد تحقق من النتائج تبين بأن النموذج الأمثل المتمثل في $ARMA(12,12)$ والنموذج الغير الخطي هو $ARCH(1)$ ، وحسب الدراسة فمن المتوقع أن يرتفع الاستهلاك الشهري للكهرباء لشهر أفريل بقيمة $2614,41 \text{ KWh}$ ثم يشهد تناقصا في شهر ماي وجوان ثم يرتفع في شهر أوت بحوالي $2260,23 \text{ KWh}$ في سنة 2007 وهذا راجع إلى التغيرات الموسمية لإستهلاك الكهرباء. ثم، ثم أوضحا زدون وعشوي (2015) في بحثهما فعالية النماذج القياسية في التنبؤ بالطلب على الطاقة الكهربائية في ولاية تلمسان، لهذا الغرض تم تطبيق ثلاث نماذج قياسية وهي نموذج Box-Jenkins ونموذج Holt Winters، والانحدار الخطي البسيط بالاعتماد على سلسلتين زمنيتين المتمثلتين في استهلاك الطاقة الكهربائية (CE) وعدد المشتركين في الشبكات الكهربائية (CL) باستخدام بيانات ثلاثية خلال الفترة (2007-2012) وعدد المشاهدات 24، وأظهرت النتائج الدراسة أن نموذج الأمثل هو Box-Jenkins وهذا وفق مؤشرات قياس دقة التنبؤ وقيم المتنبأ بها لثلاثي الأول والثاني لسنة 2013 هي $232,02 \text{ GWh}$ و $442,84 \text{ GWh}$ على التوالي. في حين، قام شرماطوبوعيشاوي(2019) بدراسة كيفية غدجة استهلاك الكهرباء في ولاية المدية، للفترة من جانفي 2011 إلى ديسمبر 2017 والتي تشمل 84 مشاهدة. قام الباحثين باستعمال نماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة من بينها اختبار ANOVA و-DICKEY و FULLER وبعد التأكد أن السلسلة (TBTS) مستقرة واختيار النموذج الأمثل حسب معيار أكايك (AIC) اتضح أن النموذج المثالي لطريقة Box-Jenkins هو $(4,0)$

SARIMA ومن خلاله تم التنبؤ بكمية استهلاك لسنة 2018 وأشهر التي لها أكبر كمية استهلاك هي أبريل وأكتوبر. ثم قام الباحثين **ساهد وقهوي (2020)** بدراسة مقارنة لكيفية التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في الجزائر خلال الفترة (1980-2019) المتمثلة في استهلاك السنوي حيث تم استعمال مشاهدة $N=40$. وللقيام بالمقارنة تم اعتماد على نماذج ARIMA وطريقة الجار الأقرب (KNN)، توصل الباحثان في المرحلة الأولى من الدراسة أن نموذج $ARIMA(0,1,3)$ هو الملائم وفق معيار أكايك (AIC) و شوارز (SC) وبعدها تم تطرق إلى تطبيق طريقة (KNN) حيث تم تحديد عدد جيران $K=3$ وحساب المسافة الاقليدية بين القيم المتنبأ بها وجيران الأقرب، وكنتيجة لهذه الدراسة تبين أن نموذج ARIMA أفضل من طريقة الجار الأقرب من خلال الاعتماد مقياس مربع متوسط الأخطاء (MSE) وجدر متوسط مربعات الاخطاء (RMSE). ثم في ولاية ورقلة، وضع الباحثين قريشي ومخلفي (2022) النموذج التنبؤ باستعمال طريقة Box-Jenkins لنمذجة الطلب العائلي على الكهرباء والتنبؤ به، لهذا الغرض تم استخدام بيانات السلسلة الزمنية الشهرية الطلب العائلي على الكهرباء في ولاية ورقلة في الفترة الزمنية الممتدة من جانفي 2014 إلى ديسمبر 2019 حيث تم استعمال 72 مشاهدة. كما أظهرت البيانات بوضوح نمطا موسميا منتظما واتجاها متزايدا طيلة فترة الدراسة، وبعد قيام بتحقيق من النتائج واختيار النموذج الأمثل حسب معياري Akaike و Schwarz النموذج المثالي هو $SARMA(1,1,5)$ ، وتوصلت النتائج الى أن هناك ارتفاع في استهلاك الكهرباء لشهر أوت 2021 حوالي $224134079,5$ KWh بارتفاع قدره 33٪ مقارنة بشهر أوت 2019 حوالي 167386730 KWh.

3. تعريف بالدراسة والمنهجية البحث

قبل دراسة كمية الاستهلاك السنوي للكهرباء في الجزائر والتنبؤ بقيمها المستقبلية، يجب أن نعرف المتغير الدراسة و المنهجية المتبعة.

1.1. تعريف بالدراسة

في هذه الورقة البحثية، تم استعمال السلسلة الزمنية (Cons) المتمثلة في الكمية المستهلكة السنوية من الكهرباء في الجزائر المقدرة بمليار (TWh) والمحددة بـ 42 مشاهدة خلال فترة 1980 إلى 2021 حيث تم الحصول على هذه المعطيات من خلال الجدول التالي:

الجدول 1: مصدر البيانات الكمية المستهلكة من الكهرباء في الجزائر المقدرة

المصدر	الموقع
OurWorld in Data	https://ourworldindata.org/
Ember	/https://ember-climate.org
British Petroleum	/https://www.bp.com
TheGlobalEconomy.com	/https://www.theglobaleconomy.com
international energyagency	/https://www.iea.org

المصدر: من إعداد الباحثين

2.3. المنهجية البحث

أ. نموذج التمهيد الأسّي المزدوج Brown ونموذج Holt

لقد استخدمت تقنيات التمهيد الأسّي لأول مرة عام 1957 من قبل الباحث Holt وكذلك للباحث Brown سنة 1962. وتعتمد على فكرة أن المعلومات القديمة أقل أهمية من المعلومات الحديثة وعليه يجب إعطاء أوزان أقل لها، بحيث يأخذ التنبؤ الخاص للفترة السابقة ويجري عليه تعديل للحصول على التنبؤ للفترة القادمة، ويعبر هذا التعديل على الخطأ التنبؤ في الفترة السابقة ويتم حسابه بضرب خطأ التنبؤ في الفترة السابقة في ثابت يتراوح بين 0 و1. (عتر وسوخنشور، 2015، صفحة 192)

تسمى بنماذج Brown ذو المعلمة الواحدة تعطي هذه الطريقة أوزانا نسبية متناقصة للبيانات التاريخية، حيث يتم استعمال هذا النموذج إذا كانت السلسلة تحتوي إضافة إلى مركبة عشوائية مركبة اتجاه عام، ويمكن التعبير عنها وفق الطريقة الانحدارية كما يلي:

$$Y_t = a_0 + a_1 t + \varepsilon_t$$

السلسلة y_t تحتوي على مركبة عشوائية والاتجاه العام حيث:

a_0 : تمثل الثابت بينما $a_1 t$: تمثل مركبة الاتجاه العام الخطي، في حين ε_t تمثل المركبة العشوائية، ويمكن تمهيدهما وفق هذا النموذج للتمهيد الأسّي الثنائي على مرحلتين:

$$\tilde{y}_t = \alpha y_t + (1 - \alpha) \tilde{y}_{t-1}$$

$$\bar{y}_t = \alpha (\tilde{y}_t) + (1 - \alpha) (\bar{y}_{t-1})$$

ويتم حساب المعلمتين كما يلي:

$$a_0 = 2\tilde{y}_t - \bar{y}_t$$

$$a_1 = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (\tilde{y}_t - \bar{y}_t)$$

والنموذج التنبؤي يكون: $\hat{Y}_{t+L} = a_0 + a_1 L$

حيث L يمثل أفق التنبؤ أي $L = 1 \dots L$

بينما، تعتبر الطريقة التمهيد الأسّي Holt ذات المعلمتين مناسبة في الحالة التي تكون فيها السلسلة الزمنية تحتوي على مركبة الاتجاه العام، أي أنها تستعمل في الظروف السابقة مثل نموذج التمهيد الأسّي الثنائي، ويتم التنبؤ باستخدام ثابتي التمهيد أحدهما خاص بالعشوائية والآخر بالاتجاه العام، وتكتب كما يلي:

$$\begin{aligned} \tilde{y}_t &= \alpha y_t + (1 - \alpha)(\tilde{y}_{t-1} + r_{t-1}) \\ r_t &= \gamma(\tilde{y}_t - \tilde{y}_{t-1}) + (1 - \gamma) r_{t-1} \end{aligned}$$

حيث:

- معامل التمليس α و γ محصور بين 0 و 1 .
- $\tilde{y}_t$: تمثل القيمة الممهدة عند الزمن t.
- r : تمثل الاتجاه العام.

تم اقتراح صيغتين لقيمة الانطلاق :

$$\begin{cases} \tilde{y}_1 = y_1 \\ r_2 = y_2 - y_1 \end{cases} \quad \text{أو} \quad \begin{cases} \tilde{y}_1 = y_1 \\ r = 0 \end{cases}$$

يكون التنبؤ للأفق l حسب المعادلة التالية: $\hat{y}_{t+l} = \hat{y}_t + l * r_T$

ب. منهجية **box-jenkins** في تحليل السلاسل الزمنية

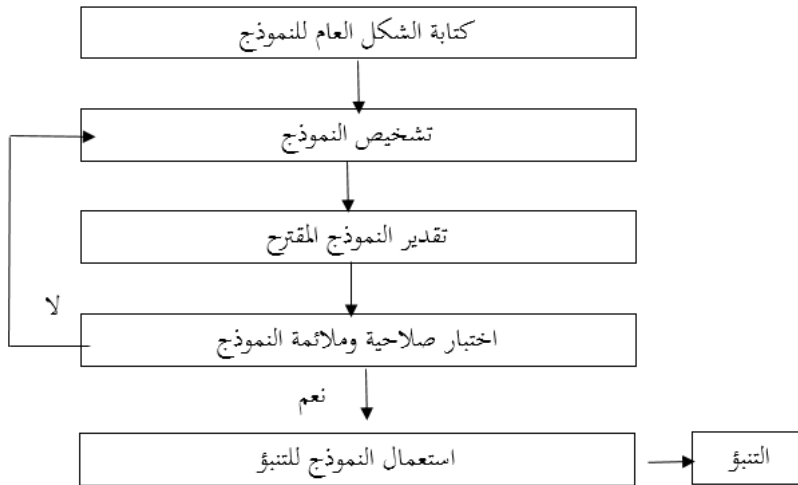
إن أهم الطرق المستعملة في عملية التنبؤ الظواهر الاقتصادية ضمن الأبحاث الأكاديمية، حيث ظهرت بفضل الباحثين Box.G و Jenkins. G واللذان كان لهما الفضل في إعطاء أسلوب للتنبؤ و التخطيط المستقبلي، وذلك في كتابهما تحت عنوان Time Series Analysis Forecasting and control عام 1970 بالاعتماد على نماذج ARIMA وكان بمثابة نقلة نوعية في مجال الاقتصاد الكمي والقياسي (تايمي ، 2016، صفحة 237). تميزت هذه الطريقة على سائر الطرق الأخرى في كونها أنها تدخل إلى جانب التغيرات الاتجاهية والتغيرات الموسمية، والتغيرات العشوائية عند حساب التنبؤ إذ اعتمدا في ذلك على نماذج الانحدار الذاتي AR(p) ونماذج المتوسطات المتحركة MA(q) ونماذج المختلطة ARMA(p, q). (قادري و مكيديش، 2017، صفحة 93)

إن استخدام منهجية box-jenkins لتحليل السلاسل الزمنية واستخدامها في التنبؤ يستدعي المرور بالمراحل التالية: (بختاوي ، 2019، صفحة 45)

- 1- مرحلة التعرف Identification: تعتبر مرحلة التعرف أهم وأصعب مرحلة في تحليل منهجية بوكس جنكينز ، إذ يتم على إثرها تحديد نوع النموذج الذي يجب استخدامه ضمن نماذج ARIMA(p, d, q) وأيضاً تحديد الدرجات p, d, q وهي درجات الانحدار

- الذاتي، عدد الفروق المطبقة لإرجاع السلسلة مستقرة، ودرجات المتوسطات المتحركة على الترتيب ويتم ذلك باستخدام ما يسمى بدالة الارتباط الذاتي البسيطة والجزئية.
- 2- مرحلة تقدير معلمات النموذج Estimation: التي تمكننا من تحديد معامل قسم الانحدار الذاتي AR وقسم المتوسطات المتحركة MA، لتشكيل نموذج مكتمل ل ARIMA، ويمكن الإستعانة بإحدى طرق التقدير التالية: طريقة الإمكان الأكبر، طريقة المربعات الصغرى أو طريقة الزوم.
- 3- مرحلة إختبار جودة النموذج هذه المرحلة ترتبط ارتباطاً مباشراً بمرحلة التعرف
- 4- إختبار معنوية المعلمات المقدرة: ويتم ذلك عن طريق استخدام اختبار استودنت ليتم الإبقاء فقط على المعلمات التي تختلف جوهرياً عن الصفر.
- 5- إختبار الاضطراب الأبيض: يجب التأكد من أن بواقي عملية التقدير ϵ_t تحاكي تشويشا أبيضاً (الأخطاء مستقلة فيما بينها)، وهذا معناه أنه قد تمت نمذجة جميع المركبات الجوهرية للسلسلة الزمنية.
- 6- مرحلة التنبؤ Forecasting: في هذه المرحلة يتم إيجاد القيم المستقبلية للسلسلة الزمنية عن طريق استعمال النموذج الحالي والمقدر في مدة زمنية معطاة وذلك تبعاً لأصغر خطأ ممكن.

الشكل 1: مراحل منهجية box-jenkins



Source: Pankratz, Alan. (1983). Forecasting With Univariate Box-jenkins Models: concepts and cases, John Wiley & Sons, Canada, p 17.

4. النتائج الدراسة

1.4. النتائج طريقة Brown

بعد القيام بمقارنة نتائج قيم α المختلفة تم اختيار النموذج الذي له أقل أخطاء عشوائية وهو عند $\alpha = 0,3$

الجدول 2: طريقة Brown للتنبؤ باستهلاك السنوي للطاقة الكهربائية في الجزائر

السنوات	t	$Cons_t$	$\overline{Cons}_t$	$\overline{Cons}_t$	a_{0t}	a_{1t}	$\widehat{Cons}_t$
1980	1	5,92	5,92	5,92	0	0	-
1981	2	6,49	5,92	5,92	5,92	0	5,92
1982	3	7,07	6,09	5,97	6,21	0,05	6,26
1983	4	7,65	6,39	6,09	6,68	0,12	6,80
1984	5	8,22	6,77	6,30	7,23	0,20	7,44
1985	6	8,80	7,20	6,57	7,84	0,27	8,11
1986	7	9,38	7,68	6,90	8,46	0,33	8,80
1987	8	9,96	8,19	7,29	9,10	0,39	9,48
1988	9	10,5	8,72	7,72	9,73	0,43	10,15
1989	10	11,1	9,26	8,18	10,35	0,46	10,82
1990	11	11,69	9,82	8,68	10,97	0,49	11,46
1991	12	12,27	10,38	9,19	11,58	0,51	12,09
1992	13	12,85	10,95	9,72	12,18	0,53	12,71
1993	14	13,42	11,52	10,25	12,78	0,54	13,32
1994	15	14	12,09	10,8	13,37	0,55	13,92
1995	16	14,58	12,66	11,36	13,96	0,55	14,52
1996	17	14	13,24	11,93	14,55	0,56	15,11
1997	18	14,58	13,47	12,39	14,54	0,46	15,007
1998	19	15,155	13,8	12,81	14,79	0,42	15,21
1999	20	15,73	14,2	13,23	15,18	0,42	15,6
2000	21	16,31	14,66	13,66	15,67	0,43	16,10
2001	22	16,89	15,16	14,11	16,2	0,45	16,65
2002	23	17,46	15,68	14,58	16,77	0,47	17,242
2003	24	18,04	16,21	15,06	17,35	0,49	17,84
2004	25	18,62	16,76	15,58	17,94	0,51	18,45
2005	26	19,19	17,32	16,1	18,54	0,52	19,06
2006	27	19,77	17,88	16,63	19,13	0,53	19,66
2007	28	20,35	18,45	17,18	19,72	0,54	20,26
2008	29	19	19,02	17,73	20,31	0,55	20,86
2009	30	24,97	19,01	18,11	19,91	0,38	20,29
2010	31	30,93	20,8	18,92	22,68	0,80	23,48
2011	32	36,9	23,84	20,40	27,28	1,47	28,76
2012	33	42,87	27,76	22,60	32,91	2,21	35,12

41,98	2,90	39,07	25,51	32,29	45,2	34	2013
46,82	3,196	43,62	28,71	36,16	49,21	35	2014
51,45	3,41	48,04	32,12	40,08	53,46	36	2015
56,07	3,59	52,47	35,71	44,09	55,82	37	2016
59,51	3,57	55,94	39,28	47,61	60,28	38	2017
63,54	3,64	59,9	42,92	51,41	62,11	39	2018
66,32	3,51	62,81	46,43	54,62	66,65	40	2019
70,03	3,54	66,49	49,97	58,23	69,63	41	2020
73,33	3,50	69,83	53,47	61,65	72,61	42	2021
76,41	3,44	72,97	56,91	64,94	-	43	2022
79,85						44	2023
83,29						45	2024
86,73						46	2025

المصدر: من إعداد الباحثين اعتمادا على مخرجات excel

اذن العملية التنبؤ في هذه الحالة لسنة 2022 و 2023 تعتمد على المعادلة الآتية:

$$\widehat{Cons}_{t+L} = a_0 + a_1 L \Leftrightarrow \widehat{Cons}_{42+1} = 72,97 + 3,44 * 1$$

$$\widehat{Cons}_{43} = 76,41$$

$$\widehat{Cons}_{42+2} = 72,97 + 3,44 * 2$$

$$\widehat{Cons}_{44} = 79,85$$

$$\widehat{Cons}_{42+3} = 72,97 + 3,44 * 3$$

$$\widehat{Cons}_{45} = 83,29$$

$$\widehat{Cons}_{42+4} = 72,97 + 3,44 * 4$$

$$\widehat{Cons}_{46} = 86,73$$

2.4. النتائج الطريقة Holt

بعد القيام بمقارنة نتائج قيم α و γ المختلفة تم اختيار النموذج الذي له أقل أخطاء عشوائية وهو

$$\text{عند } \alpha = 0,7 \text{ و } \gamma = 0,2$$

الجدول 3: طريقة Holt للتنبؤ باستهلاك السنوي للطاقة الكهربائية في الجزائر

السنوات	t	$Cons_t$	X_t	$\widehat{Cons}_t$	r_t	$\widehat{Cons}_t$
1980	1	5,92	5,92	5,92	0,00	-
1981	2	6,50	5,92	5,92	0,00	5,92
1982	3	7,07	6,32	6,20	0,06	6,26
1983	4	7,65	6,85	6,67	0,14	6,81
1984	5	8,23	7,41	7,23	0,22	7,45
1985	6	8,81	7,98	7,83	0,30	8,12
1986	7	9,38	8,56	8,43	0,36	8,79

9,44	0,41	9,03	9,14	9,96	8	1987
10,08	0,45	9,63	9,71	10,54	9	1988
10,70	0,48	10,23	10,29	11,12	10	1989
11,32	0,50	10,82	10,87	11,69	11	1990
11,92	0,52	11,41	11,45	12,27	12	1991
12,52	0,53	11,99	12,02	12,85	13	1992
13,12	0,54	12,58	12,60	13,43	14	1993
13,71	0,55	13,16	13,18	14,00	15	1994
14,30	0,56	13,74	13,76	14,58	16	1995
14,88	0,56	14,32	14,33	14,00	17	1996
14,79	0,45	14,33	14,10	14,58	18	1997
14,94	0,40	14,54	14,43	15,15	19	1998
15,34	0,40	14,94	14,94	15,73	20	1999
15,87	0,42	15,45	15,49	16,31	21	2000
16,46	0,45	16,01	16,06	16,89	22	2001
17,06	0,48	16,59	16,64	17,46	23	2002
17,67	0,50	17,17	17,22	18,04	24	2003
18,27	0,52	17,76	17,79	18,62	25	2004
18,87	0,53	18,34	18,37	19,20	26	2005
19,47	0,54	18,93	18,95	19,77	27	2006
20,06	0,55	19,51	19,53	20,35	28	2007
20,64	0,56	20,09	20,10	19,00	29	2008
20,10	0,37	19,73	19,33	24,97	30	2009
23,14	0,82	22,32	23,28	30,94	31	2010
28,57	1,59	26,99	28,64	36,90	32	2011
35,07	2,41	32,67	34,42	42,87	33	2012
41,90	3,14	38,76	40,34	45,20	34	2013
46,59	3,40	43,19	43,74	49,21	35	2014
50,81	3,54	47,27	47,57	53,46	36	2015
55,09	3,66	51,43	51,69	55,82	37	2016
58,32	3,59	54,73	54,58	60,28	38	2017
62,12	3,62	58,50	58,57	62,11	39	2018
64,84	3,47	61,37	61,05	66,65	40	2019
68,42	3,49	64,93	64,97	69,63	41	2020
71,76	3,47	68,29	68,23	72,62	42	2021
74,81	3,40	71,44	71,30		43	2022
78,21					44	2023
81,64					45	2024
85,04					46	2025

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات excel

اذن العملية التنبؤ في هذه الحالة لسنة 2022 و 2023 تعتمد على المعادلة الآتية:

$$\widehat{Cons}_{t+L} = \widehat{Cons}_t + l * r_t \Leftrightarrow \widehat{Cons}_{42+1} = 71,44 + 3,40 * 1$$

$$\widehat{Cons}_{43} = 74,81$$

$$\widehat{Cons}_{42+2} = 71,44 + 3,40 * 2$$

$$\widehat{Cons}_{44} = 78,21$$

$$\widehat{Cons}_{42+3} = 71,44 + 3,40 * 3$$

$$\widehat{Cons}_{45} = 81,64$$

$$\widehat{Cons}_{42+4} = 71,44 + 3,40 * 4$$

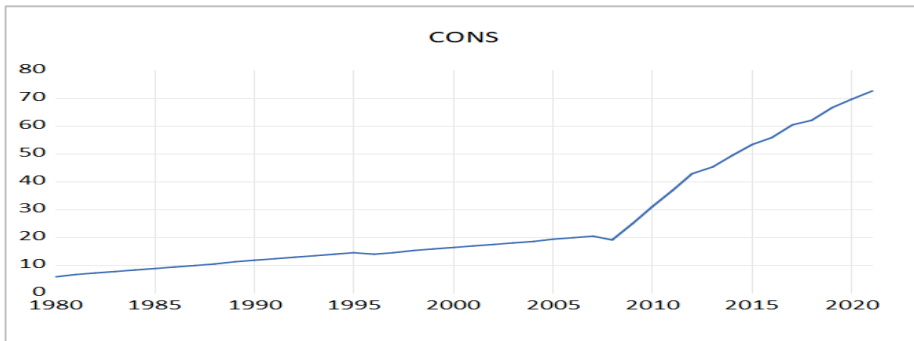
$$\widehat{Cons}_{46} = 85,04$$

أوضحت النتائج كل من أسلوبين التمهيد الأسّي والخاص بطريقة Brown بأن كمية الطاقة الكهربائية المتنبأ بها في السنة 2022 كانت بقيمة 76,41 مليار TWH وسنة 2023 بقيمة 79,85 مليار TWH، ثم في السنة 2024 كانت بقيمة 83,29 مليار TWH وسنة 2025 بقيمة 86,73 مليار TWH، أما بالنسبة طريقة Holt فان كمية الطاقة الكهربائية المتنبأ بها في السنة 2022 كانت بقيمة 74,81 مليار TWH وسنة 2023 بقيمة 78,21 مليار TWH، ثم في السنة 2024 كانت بقيمة 81,64 مليار TWH وسنة 2025 بقيمة 85,04 مليار TWH. ولكن، أساليب التنبؤ المتبعة في التلميس الأسّي تكون نتائجها تخضع للحتمية وهذا لا يتماشى مع الواقع الاقتصادي اذن دائما ما يكون يتأثر بالصدمات والإضطرابات المختلفة إضافة على عدم اتفاق على قيمة معاملات التمهيد وهذه العيوب تقلل من دقة القيم المتنبأ بها.

3.4. النتائج المنهجية Box-Jenkins

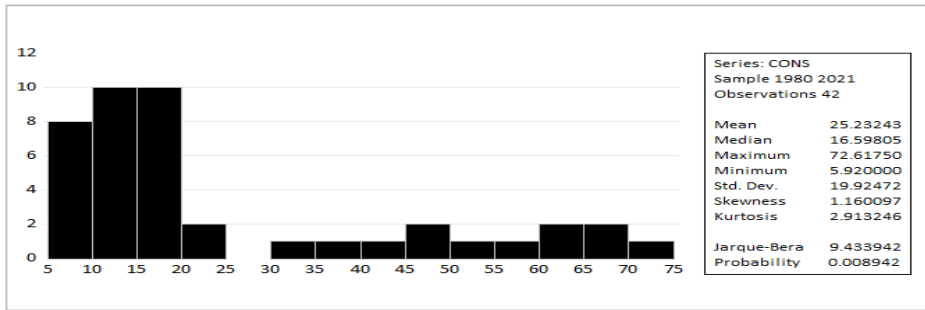
نبدأ بدراسة وصفية لسلسلة الزمنية لاستهلاك الطاقة الكهربائية في الجزائر بالشكل البياني الآتي:

الشكل 2: المنحنى البياني لتطور استهلاك الطاقة الكهربائية CONS



المصدر: من إعداد الباحثين اعتمادا على مخرجات EViews12

الشكل 3: نتائج البيانات الوصفية ونتائج تحليل اختبار Jarque-Bera



المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات EViews12

يتضح من الشكل البياني أن السلسلة الزمنية تتميز باتجاه عام متزايد مع مرور الزمن نظراً لزيادة كمية استهلاك الكهرباء من سنة لأخرى ويرجع هذا لزيادة النمو الديمغرافي والتطور التكنولوجي، ضف إلى ذلك الاحتباس الحراري الذي يؤثر على المناخ في الجزائر كارتفاع الحرارة مما يزيد من استهلاك الكهرباء على نطاق واسع، إضافة إلى ذلك وجود فترات إنخفاض استهلاك بين سنة 1995 و 1996 بنسبة 3,97 % وهذا بسبب الوضع الأمني ما سمي بال عشرية السوداء حيث تم استهداف وتدمير مراكز التوتر العالي وشبكات نقل الكهرباء التي معظمها تمر عبر الجبال وأيضاً بين سنة 2007 و 2008 تم انخفاض استهلاك الطاقة الكهربائية بنسبة 6,63% وهذا يرجع إلى مشكل في الإنتاج بسبب احتراق بعض مولدات على مستوى مراكز الإنتاج.

كما نلاحظ أن احتمالية Berra Jarque تساوي 0.0089 وهي أصغر من 5% وعليه فيتم قبول الفرضية العدمية التي تنص على أن السلسلة الزمنية لا تتبع التوزيع الطبيعي.

ثم يتم اختبار كشف عن مركبة الاتجاه العام باستخدام اختبار دانيال Daniel، بحيث نضع الفرضيات الأتية: H_0 : عدم وجود مركبة الاتجاه العام أما H_1 : وجود مركبة الاتجاه العام ثم حسب حجم العينة لدينا $n = 42$ و $30 < n$ بالتالي يمكن إيجاد قيمة الإحصائية الجدولية

$$Z^{\alpha/2} = 1,96 \text{ و } \alpha = 5\% \text{ للمستوى الاحصائي}$$

إيجاد قيمة الإحصائية المحسوبة

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{T(T^2 - 1)} \Leftrightarrow r_s = 0.993$$

$$z_{cal} = r_s \sqrt{T-1} \Leftrightarrow z_{cal} = 0.993 \sqrt{42-1}$$

$$z_{cal} = 6.363$$

اذن من خلال النتيجة الاختبار، نلاحظ بأن القيمة الإحصائية المحسوبة (6,363) أكبر من القيمة الإحصائية الجدولة (1,96) و بالتالي نقبل الفرضية البديلة التي تنص على وجود مركبة الاتجاه العام. ثم بعدها يتم دراسة الاستقرارية باختبار الجذور الوحيدة **Dickey – Fuller**

واختبار **Phillips–Perron**

الجدول 3: اختبار الاستقرارية

القرار	P.P			ADF		
	بالفروقات الأولى	على المستوى	النماذج	بالفروقات الأولى	على المستوى	النماذج
I(1)	-3,88***	1.641	النموذج 3	-3,80***	1.629	النموذج 3
I(1)	-4,54***	0.2617	النموذج 2	-4,71***	0.4491	النموذج 2
I(1)	-4,53***	5.55***	النموذج 1	-4,5***	2.64***	النموذج 1

المصدر: من إعداد الباحثين اعتمادا على مخرجات **EViews12**

***, **, * توضح بأن تم القبول الفرضية البديلة التي تنص على عدم وجود الجذور الوحيدة أو سلسلة مستقرة عند المستوى الاحصائي 1%, 5%, 10% من خلال الجدول، نلاحظ أنه تم رفض الفرضية البديلة وقبول الفرضية العدمية التي تنص على وجود الجذور الوحيدة أي السلسلة غير مستقرة على المستوى وبالتالي يجب تحويلها الى الفروقات الأولى، ولكن بعد هذا التحويل تأكدنا بأن هناك مركبة الاتجاه العام تؤثر على هذه السلسلة. اذن باستعمال البرنامج **EViews** تم تقدير النموذج بالفروقات الأولى والثابت و الاتجاه العام كما هو موضح في المعادلة الآتية:

$$D(Cons_t) = a_0 + a_1 * Trend + \varepsilon_t$$

$$D(Cons_t) = -0,6327 + 0,1027 * Trend + e_t$$

بعد عملية التقدير، يتم نزع تأثير هذه المركبة الاتجاه العام وبناء سلسلة جديدة مستقرة بالفروقات الأولى وخالية من الاتجاه العام والمتمثلة في $Dt(Cons_t)$

ثم بعدها يتم دراسة لنموذج التنبؤ الموافق لها أي اختيار **ARMA**، ونبدأ بتقدير النموذج

الانحدار الذاتي **AR(1)** الموضح في الجدول الآتي:

الجدول 4: تقدير النموذج AR(1)

DependentVariable: DCONS1				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	0.4412***	0.143183	3.081419	0.0038
R-squared	0.195570	Meandependent var		-0.025117
Adjusted R-squared	0.195570	S.D. dependent var		1.519004
S.E. of regression	1.362395	Akaike info criterion		3.481048
Sum squared resid	72.38869	Schwarz criterion		3.523270
Log likelihood	-68.62096	Hannan-Quinn criter.		3.496314
Inverted AR Roots	.44			

المصدر: من إعداد الباحثين اعتمادا على مخرجات EViews12

***, **, * توضح بأن تم القبول الفرضية البديلة التي تنص على معنوية المعلمة المقدرة عند

المستوى الاحصائي 1%, 5%, 10%

تم اختيار AR(1) فقط لأن بقية النماذج الانحدار الذاتي فيها معاملات إحصائية غير معنوية و لها نسبة الخطأ مرتفعة مقارنة مع هذا النموذج المقدر، كما نلاحظ أن المعلمة معنوية ولدينا Prob من 0.05 ما يؤكد معنوية النموذج عند مستوى المعنوية 5%. ثم في الجدول الموالي يتم تقدير النموذج المتوسطات المتحركة MA(2) فقط نظرا لنفس الأسباب الموجودة في النماذج AR:

DependentVariable: DCONS1				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(1)	0.3492***	0.125896	2.774058	0.0085
MA(2)	0.6316***	0.126065	5.010780	0.0000
R-squared	0.290187	Meandependent var		0.000000
Adjusted R-squared	0.271987	S.D. dependent var		1.508494
S.E. of regression	1.287103	Akaike info criterion		3.390215
Sum squared resid	64.60870	Schwarz criterion		3.473804
Log likelihood	-67.49941	Hannan-Quinn criter.		3.420653
Inverted MA Roots	-.17+.78i	-.17-.78i		

الجدول 5: تقدير النموذج MA(2)

المصدر: من إعداد الباحثين اعتمادا على مخرجات EViews12

***, **, * توضح بأن تم القبول الفرضية البديلة التي تنص على معنوية المعلمة المقدرة عند المستوى الاحصائي 1%, 5%, 10%، نلاحظ أن المعلمتين معنويتين ولدينا Prob من

0.05 ما يؤكد معنوية النموذج عند مستوى المعنوية 5%. ثم يتم تقدير النموذج المختلط ARMA في الجدول الأتي:

الجدول 6: تقدير النموذج ARMA(2,3)

Dependent Variable: DCONS1				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.849***	0.245457	-3.461378	0.0015
AR(2)	-0.495***	0.174446	-2.840181	0.0076
MA(1)	1.2729***	0.240143	5.300924	0.0000
MA(2)	1.3188***	0.145286	9.077784	0.0000
MA(3)	0.6485***	0.221889	2.923027	0.0061
R-squared	0.356337	Meandependent var		-0.048888
Adjusted R-squared	0.280612	S.D. dependent var		1.531305
S.E. of regression	1.298804	Akaike info criterion		3.479973
Sum squared resid	57.35429	Schwarz criterion		3.693250
Log likelihood	-62.85948	Hannan-Quinn criter.		3.556495
Inverted AR Roots	-.42+.56i	-.42-.56i		
Inverted MA Roots	-.28-.92i	-.28+.92i	-.71	

المصدر: من إعداد الباحثين اعتمادا على مخرجات EViews12

***, **, * توضح بأن تم القبول الفرضية البديلة التي تنص على معنوية المعلمة المقدرة عند المستوى الاحصائي 1%, 5%, 10%, نلاحظ أن جميع المعلمات معنوية ولدينا Prob من 0.05 ما يؤكد معنوية النموذج عند مستوى المعنوية 5%. ثم بعد تقدير النماذج الممكنة التي نستعملها في عملية التنبؤ، يتم اختيار النموذج المثالي حسب المعايير الاختيار النموذج الملائم في الجدول الأتي:

الجدول 7: معايير اختيار النموذج الملائم

LR	R ²	HQ	SC	AIC	المعايير
-68.6209	0.1955	3.4963	3.5232	3.4810	AR(1)
-67.4994	0.2901	3.4206	3.4738	3.3902	MA(2)
-62.8594	0.3563	3.5564	3.6932	3.4799	ARMA(2,3)

المصدر: من إعداد الباحثين اعتمادا على مخرجات EViews12

وعليه من خلال نتائج الجدول نجد أن النموذج الذي يقوم بتدنية قيم معايير (Akaike, Schwarz, Hannan-Quinn) وتعظيم قيمة Log likelihood هو النموذج المثالي MA(2). ثم يتم اختبار مصداقية هذا النموذج كما يلي:

الجدول 8: اختبار استقرارية البواقي النموذج (2)MA

	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.008	0.008	0.0029	
2	-0.098	-0.098	0.4351	
3	0.140	0.143	1.3414	0.247
4	-0.116	-0.134	1.9863	0.370
5	0.162	0.208	3.2741	0.351
6	-0.090	-0.173	3.6826	0.451
7	-0.136	-0.034	4.6462	0.461
8	0.056	-0.046	4.8159	0.568

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات EViews12

من خلال الجدول أعلاه يتضح أن احتمالات إحصائية Ljung-Box أكبر من 5% ونتيجة لذلك فإن سلسلة البواقي تتبع خطأ أبيض وأنها السلسلة مستقرة وقابلة للتنبؤ ولا تمتاز بذاكرة طويلة. ثم بعدها يتم عملية التنبؤ بمنهجية Box-Jenkins.

نعلم أن CONS تمثل السلسلة الزمنية الخام، D(CONS) تمثل السلسلة الفروق الأولى، بينما Dt(CONS) تمثل السلسلة الفروق الأولى خالية من التغيرات الاتجاه العام. وبالتالي يكتب النموذج على الشكل الآتي:

$$Dt(Cons) = 0,349e_{t-1} + 0,631e_{t-2}$$

$$Dt(\widehat{Cons})_{2022} = 0,349e_{2021} + 0,631e_{2020}$$

$$: et = Dt(cons) - Dt(\widehat{cons}) \Leftrightarrow et_{2020} = -0,5944 - (-0,2967) \text{ ولدينا}$$

$$et_{2020} = -0,298$$

$$et_{2021} = -0,6971 - 0,4326 \Leftrightarrow et_{2021} = -1,13$$

$Dt\widehat{cons}_{2022} = 0,349(-1,13) + 0,63(-0,298) \Leftrightarrow Dt\widehat{cons}_{2022} = -0,582$
ثم بالنسبة للسنة 2023، 2024 و 2025 نعلم بأن $E(\varepsilon_t) = 0$ أي التوقع الرياضي للأخطاء العشوائية يساوي 0 في المستقبل.

$$Dt\widehat{cons}_{2023} = 0,349(0) + 0,631(-0,298) \Leftrightarrow Dt\widehat{cons}_{2023} = -0,188$$

ثم بعدها نعكس كل التحولات التي قمنا بها ونستعين مجدداً بمعادلة تقدير الاتجاه العام:

$$D(Cons_t) = -0,6327 + 0,1027 * Trend + e_t$$

$$Dtcons = D(Cons_t) - (-0,6327 + 0,1027 * Trend) \text{ كما نعلم أن:}$$

$$D(Cons_t) = Dtcons + (-0,6327 + 0,1027 * Trend) \text{ وبالتالي:}$$

اذن يمكن التنبؤ بقيم السلسلة الفروق الأولى في السنة 2022 أو في اللحظة 43 كما يلي:

$$D(Cons_{2022}) = -0,582 + (-0,6327 + 0,1027 * 43) \Leftrightarrow D(Cons_{2022}) = 3,20$$

$$D(Cons_{2023}) = -0,188 + (-0,6327 + 0,1027 * 44) \Leftrightarrow D(Cons_{2023}) = 3,7$$

ثم يتم التعويض في السلسلة الزمنية الخام

$$Cons_{2022} = D(Cons_{2022}) + Cons_{2021} \Leftrightarrow Cons_{2022} = 75,82$$

$$Cons_{2023} = D(Cons_{2023}) + Cons_{2022} \Leftrightarrow Cons_{2023} = 78,99$$

$$Cons_{2024} = D(Cons_{2024}) + Cons_{2023} \Leftrightarrow Cons_{2024} = 82,98$$

$$Cons_{2025} = D(Cons_{2025}) + Cons_{2024} \Leftrightarrow Cons_{2025} = 87,07$$

استنادا إلى ما سبق يوجد ارتفاع في كمية الاستهلاك الكهربائي المتنبأ بها في سنة 2022 بنسبة 4.407% مقارنة مع سنة 2021، وأيضا بالنسبة لكمية الاستهلاك لسنة 2023 ارتفعت بنسبة 4.18% مقارنة مع سنة 2022، في حين الكمية الاستهلاك لسنة 2024 ارتفعت بنسبة 5.05% مقارنة مع سنة 2023، ثم الكمية الاستهلاك لسنة 2025 ارتفعت بنسبة 4.93% مقارنة مع سنة 2024.

5. خاتمة

تعتبر الطاقة الكهربائية إحدى الركائز الأساسية والقوة الدافعة الرئيسية للتنمية الاقتصادية والاجتماعية العالمية الحالية. غالبًا ما يتم إنتاج الطاقة، وخاصة الكهرباء، باستخدام الغاز الطبيعي، والذي يعتبر مصدراً غير متجدد للطاقة، لا سيما وأن الجزائر من الدول التي تنتج وتصدر الكهرباء. يعتبر التنبؤ باستهلاك الكهرباء من النشاطات المهمة جدا خاصة مع تزايد استهلاك الطاقة الكهربائية في الجزائر و هي عملية التي تسبق عملية تخطيط الإنتاج حيث هو نظرة مستقبلية لما ستكون عليه قيم الظاهرة المدروسة وهذا بالاعتماد على قيمها ماضية أو العوامل المؤثرة فيها وهنا تظهر بوضوح أهمية عملية التنبؤ من خلال استعمال الطرق الكمية لضمان فعالية في الإنتاج وتفادي الانقطاعات المتكررة لهذا المورد الاستراتيجي حاولنا التنبؤ بالاستهلاك السنوي للطاقة الكهربائية في الجزائر بالاعتماد النماذج مقترحة للقيام بالمفاضلة بينهم أين تم الإعتماد على نموذجين التمهيد الأسّي المزدوج (Brown) ونموذج Holt وكذلك منهجية Box-Jenkins بمراحله المعتدة لتحليل السلاسل الزمنية بتمثيل السلسلة محل الدراسة التي كانت تحتوي على مركبة إتجاه العام ودراسة استقراريتها ليتم بعد ذلك تشخيص النموذج الأمثل للقيام بالتنبؤ من خلال اختبارات المقدمة سابقا والذي هو MA(2).

اذن العملية التنبؤ لطاقة الكهرباء في الجزائر لسنة 2022، 2023، 2024 و 2025 باعتماد على طريقة Brown كانت بقيمة 76,41 مليار TWH وسنة 2023 بقيمة 79,85 مليار TWH، ثم في السنة 2024 كانت بقيمة 83,29 مليار TWH وسنة 2025 بقيمة 86,73 مليار TWH، أما بالنسبة طريقة Holt فان كمية الطاقة الكهربائية المتنبأ بها

في السنة 2022 كانت بقيمة 74,81 مليار TWH وسنة 2023 بقيمة 78,21 مليار TW، ثم في السنة 2024 كانت بقيمة 81,64 مليار TWH وسنة 2025 بقيمة 85,04 مليار TWH.

في حين بمنهجية Box-Jenkins قد كانت القيمة المتنبأ بها ومقدرة بقيمة 75,82 مليار TWH لسنة 2022 و78.99 مليار TWH لسنة 2023، أما بالنسبة للسنة 2024 و2025 فكانت القيم المتنبأ بها 82.98 و87.07 مليار TWH على التوالي.

6. قائمة المراجع.

- بختاوي، فاطيمة الزهراء، (2019)، تحليل فورييه وتقنية الشبكات العصبية الاصطناعية ونماذج *ARIMA* للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية -دراسة حالة مؤسسة سونلغاز -مقاطعة سعيدة-، العلوم الاقتصادية، أطروحة دكتوراه في العلوم الاقتصادية، جامعة أبي بكر بلقايد تلمسان.
- بخت، محمد، وعلي، محمد، (2017)، أنظمة التكاليف الحديثة ودورها في تحديد أساليب قياس تكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية بالسودان (أطروحة دكتوراه)، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.
- بن أحمد، أحمد، (2008)، النمذجة القياسية للاستهلاك الوطني للطاقة الكهربائية في الجزائر خلال الفترة (1988;10-2007;03)، رسالة ماجستير، جامعة الجزائر، الجزائر.
- بوريش، أحمد، (2022)، نماذج التنبؤ: محاضرات وتطبيقات، مطبوعة بيداغوجية من المركز الجامعي مغنية.
- تايمي، نادية، (2016)، تطبيق منهجية بوكس وجنكينز في تحليل السلاسل الزمنية والتنبؤ بمبيعات مطاحن الحنطة للفترة الممتدة من مارس 2016 إلى فيفري 2017، مجلة العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية، 10، ص 237.
- تروس، سهيلة، (2018)، استخدام منهجية جنكنز والشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية بمؤسسة سونلغاز - دراسة حالة ولاية بسكرة - . أطروحة دكتوراه في علوم التسيير، جامعة بسكرة، الجزائر.
- زدون، جمال، وعشوي، نصر الدين، (2013)، فعالية النماذج القياسية في التنبؤ بالطلب على الطاقة الكهربائية -دراسة حالة مؤسسة الكهرباء والغاز بتلمسان-، مجلة التكامل الاقتصادي، 3، 3، ص 246-265. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/75947>
- ساهد، عبد القادر، (2006)، طرق ونماذج التنبؤ في الميدان الصناعي مع وضع نظام التنبؤ -دراسة ميدانية بمركب تحويل الدرة بمغنية- (رسالة ماجستير)، جامعة أبي بكر بلقايد تلمسان.
- ساهد، عبد القادر، و قهوي، لحسن، (2020)، دراسة مقارنة بين نماذج *Arima* وطريقة الجار الاقرب k - للتنبؤ باستهلاك الكهرباء في الجزائر خلال الفترة (1980-2019)، مجلة النمو الاقتصادي والمقاولاتية، 3، 3، ص 73-83. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/128317>

شرمات، ط، وبوعيشاوي، ي، (2019)، دراسة تنبؤية لتقلبات استهلاك الكهرباء باستخدام نماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة دراسة حالة ولاية المدية للفترة (2011-2017)، مجلة بحوث الإدارة والاقتصاد 1،

ص 190-211. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/121856>

عتروس، سهيلة، وخنشور، جمال، (2015)، التنبؤ بالمبيعات بمؤسسة مطاحن الزيبان القنطرة -بسكرة- دراسة مقارنة باستخدام طريقتي التمهيد الأسّي الثلاثي *Holt-Winter* ومنهجية *box-jenkins* في التنبؤ بالمبيعات، مجلة رؤى اقتصادية، 5، 9، ص 189-211،

<https://www.asjp.cerist.dz/en/article/39888>

فادري، رياض، ومكيدش، محمد، (2017)، دراسة مقارنة بين طريقة الشبكات العصبية الاصطناعية ومنهجية بوكس جانكينس للتنبؤ بمبيعات الكهرباء: دراسة تطبيقية في شركة سونلغاز، مجلة الاقتصاد والمناجنت، 16، 1، ص 91-115. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/106590>

قرشي، و، ومخلفي، أ، (2022)، نمذجة الطلب العائلي على الكهرباء والتنبؤ به في ولاية ورقلة باستخدام منهجية *Box-jenkins*. مجلة أداء المؤسسات الجزائرية 11، 1، ص 71-88،

<https://www.asjp.cerist.dz/en/article/199472>

de Mattos Neto, Paulo S. G., João F. L. de Oliveira, Priscilla Bassetto, Hugo Valadares Siqueira, Luciano Barbosa, Emilly Pereira Alves, Manoel H. N. Marinho, Guilherme Ferretti Rissi, and Fu Li, (2021), Energy Consumption Forecasting for Smart Meters Using Extreme Learning Machine Ensemble, *Sensors*, 21, no. 23, 8096.

<https://doi.org/10.3390/s21238096>

Hussain, A, Rahman, M, Memon, J.A, (2016), *Forecasting Electricity Consumption in Pakistan: the way forward*, *Energy Policy*, 90, 73-80.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.11.028>

Li, Kai, and Tao Zhang, (2018), Forecasting Electricity Consumption Using an Improved Grey Prediction Model, *Information* 9, no. 8, 204.

<https://doi.org/10.3390/info9080204>

Pankratz, Alan, (1983), *Forecasting With Univariate Box-jenkins Models: concepts and cases*, John Wiley & Sons, Canada.

Shah, Ismail, Hasnain Iftikhar, and Sajid Ali, (2020), Modeling and Forecasting Medium-Term Electricity Consumption Using Component Estimation Technique, *Forecasting*, 2, no. 2, 163-179.

<https://doi.org/10.3390/forecast2020009>