

التنبؤ باستهلاك الطاقة المتجددة في الجزائر حتى أفق 2030

دراسة مقارنة بين منهجية بوكس جنكينز BOX-JENKINS والتمهيد الأسّي الثلاثي لـ HOLT WINTERS

Forecasting renewable energy consumption in Algeria until 2030: A comparative study between the BOX-JENKINS method and the HOLT WINTERS triple exponential smoothing.

بن رمضان انيسة

سطاح مصطفى*

هندسة التنمية المستدامة مسؤولية الجامعة والاندماج الاجتماعي
جامعة وهران 2 محمد بن احمد - الجزائر

هندسة التنمية المستدامة مسؤولية الجامعة والاندماج الاجتماعي
جامعة وهران 2 محمد بن احمد - الجزائر

dr.benra@gmail.com

settah.mustapha@univ-oran2.dz

تاريخ النشر: 2024/12/15

تاريخ القبول للنشر: 2024/10/02

تاريخ الاستلام: 2024/05/31

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى التنبؤ باستهلاك الطاقة المتجددة في الجزائر حتى عام 2030 من خلال مقارنة بين منهجية بوكس جنكينز Box-Jenkins واسلوب التمهيد الأسّي الثلاثي Holt-Winters على بيانات السلسلة الزمنية السنوية لنصيب الفرد من استهلاك الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة في الفترة من 1965 إلى 2022، بهدف تقييم دقتهم في التنبؤ بالاستهلاك المستقبلي، أظهرت النتائج، من خلال تقييم دقة التنبؤات باستخدام مؤشرات قياس جودة التنبؤ، أن نموذج التمهيد الأسّي الثلاثي لـ Holt-Winters يوفر توقعات أكثر دقة وأقرب إلى الواقع مقارنة بمنهجية بوكس جنكينز Box-Jenkins. كما تشير النتائج أيضا إلى أن استخدام نموذج التمهيد الأسّي الثلاثي لـ Holt-Winters يتفوق في تقديم تنبؤات موثوقة لاستهلاك الطاقة المتجددة في الفترة من 2023 إلى 2030، مما يساهم في تحسين استراتيجيات إدارة الطاقة المتجددة في الجزائر، ويدعم عملية التخطيط المستقبلي لتلبية الطلب على الطاقة بطريقة مستدامة وفعالة.

الكلمات المفتاحية: الطاقة المتجددة، التنبؤ، نماذج بوكس جنكينز Box-Jenkins، الاسلوب التمهيد الأسّي الثلاثي لـ holt winters
تصنيفات JEL: C150، C220، C530، Q420.

Abstract:

This study aims at forecasting renewable energy consumption in Algeria until 2030 by comparing the Box-Jenkins and Winters Holt triple exponential smoothing methods on annual time series data of per capita renewable energy consumption from 1965 to 2022, in order to assess their accuracy in forecasting future consumption.

Assessing the accuracy of the forecasts using forecast quality indicators, the results show that the Winters Holt triple exponential smoothing model provides more accurate and realistic forecasts than the Box-Jenkins method. The results also indicate that the Winters Holt tri-exponential bootstrap model is superior in providing reliable forecasts of renewable energy consumption from 2023 to 2030, contributing to the optimisation of renewable energy management strategies in Algeria and supporting future planning to meet energy demand in a sustainable and efficient manner.

Keywords: Renewable energy, forecasting, Box-Jenkins models, Holt Winters triple exponential smoothing method

Jel Classification Codes: C150, C220, C530, Q420

* المؤلف المراسل.

1. مقدمة:

في السنوات الأخيرة، شهد العالم تحولا كبيرا نحو استخدام مصادر الطاقة المتجددة كبديل مستدام لمصادر الطاقة التقليدية التي تعتمد على الوقود الأحفوري، تأتي هذه التحولات في إطار الجهود العالمية للحد من التغير المناخي وتقليل الانبعاثات الكربونية، في هذا السياق، تسعى الجزائر، باعتبارها واحدة من الدول ذات الإمكانيات الكبيرة في مجال الطاقة الشمسية والرياح، إلى تعزيز استخدام الطاقة المتجددة ضمن مزيج الطاقة الوطني.

إن التخطيط الفعال لتطوير قطاع الطاقة المتجددة يتطلب تنبؤا دقيقا للاستهلاك المستقبلي لهذه المصادر، وتعد منهجية بوكس جنكينز Box-Jenkins واسلوب التمهيد الأسي الثلاثي لـ Holt Winters من بين الأدوات الأكثر استخداما في تحليل وتنبؤ البيانات الزمنية، حيث تعتمد هذه النماذج على تحليل الأنماط التاريخية للبيانات لتقديم توقعات مستقبلية دقيقة.

تستند منهجية بوكس جنكينز Box-Jenkins إلى تحليل السلاسل الزمنية من خلال دمج عمليات الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة، مما يجعلها فعالة في التعامل مع البيانات غير المستقرة. في المقابل، يعتمد نموذج التمهيد الأسي الثلاثي لـ Holt Winters على تراكب ثلاثة مكونات: المستوى، الاتجاه، والموسمية، مما يجعله مناسباً بشكل خاص للبيانات ذات الأنماط الموسمية الواضحة.

تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة دقة وفعالية كلا النموذجين في تنبؤ استهلاك الطاقة المتجددة في الجزائر حتى عام 2030 من خلال تحليل البيانات التاريخية لنصيب الفرد من استهلاك الطاقة من المصادر المتجددة في الجزائر واستخدام كلا النموذجين لإجراء التنبؤات، ثم مقارنة النتائج لتحديد النموذج الأكثر دقة وملاءمة لاحتياجات التخطيط المستقبلي للطاقة في الجزائر.

1.1 إشكالية الدراسة

تكمن إشكالية هذه الدراسة في تقييم دقة النماذج المختلفة للتنبؤ باستهلاك الطاقة المتجددة في الجزائر بحلول

عام 2030، حيث تسعى الدراسة إلى الإجابة على السؤال الرئيسي التالي:

ما هي النماذج الأكثر فعالية في توفير تنبؤات دقيقة لاستهلاك الطاقة المتجددة في الجزائر في المستقبل حتى عام 2030؟
بناء على إشكالية الدراسة، يمكن طرح الأسئلة الفرعية التالية:

- ما هي المبادئ الأساسية لتطبيق منهجية بوكس جنكينز box-jenkins في التنبؤ بنصيب الفرد من استهلاك الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة؟
- كيف يمكننا الاستناد على طريقة التمهيد الأسي الثلاثي لـ holt winters في التنبؤ بنصيب الفرد من استهلاك الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة؟
- أي من الطريقتين يحقق أفضلية في تحقيق جودة التنبؤ بنصيب الفرد من استهلاك الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة؟

2.1 فرضيات الدراسة: للإجابة عن التساؤلات المطروحة، قمنا في دراستنا بالاعتماد على مجموعة من الفرضيات التي تتمثل:

- استخدام منهجية بوكس جنكينز Box-Jenkins وتقنية التمهيد الأسي الثلاثي لـ Holt Winters تجميعية يساهم في تحسين جودة التنبؤ بنصيب الفرد من استهلاك الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة في الجزائر بحلول عام 2030.

- تطبيق أسلوب التمهيد الأسّي الثلاثي لـ Holt Winters في تنبؤ بنصيب الفرد من استهلاك الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة في الجزائر آفاق 2030 يؤدي إلى تقديم تنبؤات ذات جودة أعلى من منهجية بوكس جنكينز. Box-Jenkins
- 2. تعريف بالدراسة والمنهجية البحث

1.2 تعريف بالدراسة

اعتمدت الدراسة على تحليل سلسلة زمنية تمتد من عام 1965 إلى عام 2022 للتنبؤ بالقيم المستقبلية لنصيب الفرد من استهلاك الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة في الجزائر حتى عام 2030 باستخدام منهجية بوكس جنكينز box-jenkins وطريقة التمهيد الأسّي الثلاثي لـ HOLT AND WINTERS، حيث استندت الدراسة إلى متغيرين أساسيين وهما متغير نصيب الفرد من استهلاك الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة (RENEW) ومتغير الزمن t .

2.2 المنهجية البحث

1.2.2 طريقة التمهيد الأسّي

تم استخدام طريقة التمهيد الأسّي لأول مرة في عام 1957 من قبل الباحث HOLT هولت وأيضاً في عام 1962 من قبل الباحث BROWN. (حسون، محمد عبد الجليل، وعبد الغاني، 2023، صفحة 384) تعتمد طرق التمهيد الأسّي على تمهيد البيانات كمرحلة أولى، ثم استخدام القيم الممهدة للتنبؤ خارج العينة. تتميز هذه الطريقة بسهولة حسابها وتوفير تنبؤات دقيقة خلال الفترة القصيرة، تشمل هذه الطرق عدة فروع، بما في ذلك التمهيد الأسّي البسيط "الأحادي" SINGLE ESMETHOD، وهو يتعامل مع سلاسل الزمنية المستقرة التي تحتوي على مركبة عشوائية ولا تحتوي على اتجاه عام RANDOM COMPONENT BUT NOT TREND، والتمهيد الأسّي المزدوج، وهو يتعامل مع سلاسل الزمنية التي تحتوي على مركبة عشوائية ومركبة اتجاه عام RANDOM COMPONENT AND TREND، بالإضافة إلى طرق HOLT WINTERS التي تختص بالتعامل مع البيانات التي تحتوي على مركبات موسمية SEASONAL COMPONENTS. (فرج الحويج، 2021، صفحة 5)

❖ تعريف التمهيد الأسّي الثلاثي لـ HOLT AND WINTERS:

تستخدم طرق التمهيد الأسّي البسيط والتمهيد الأسّي المضاعف للتنبؤ عندما تكون السلسلة الزمنية خالية من المركبة الموسمية، بينما في حالة وجود المركبة الموسمية (بالإضافة إلى المركبة العامة للاتجاه والمركبة العشوائية)، نلجأ إلى طريقة HOLT AND WINTERS. تستخدم في هذه الطريقة ثلاث معادلات للتمهيد، يصاحبها ثلاث معاملات مختلفة، وهي كالتالي: (سهيلة، 2014، صفحة 52)

- A_t وهي تمثل تمهيد المستوى أو المتوسط مع معامل تمهيد α حيث $\alpha \in [0,1]$

- B_t وهي تمثل تمهيد الاتجاه مع معامل تمهيد β حيث $\beta \in [0,1]$

- S_t وهي تمثل تمهيد الموسمية مع معامل تمهيد γ حيث $\gamma \in [0,1]$

❖ أشكال التمهيد الأسّي الثلاثي لـ HOLT AND WINTERS:

تتجلى هذه الطريقة في شكلين متباينين وفقاً لأسلوب نمذجة الموسمية، حيث يمكن أن تكون إما بطريقة خطية (موسمية مضافة) أو بطريقة غير خطية (موسمية مضاعفة). (عباس الطائي وصالح الكوراني، 2008، صفحة 182)

– طريقة HOLT AND WINTERS التجميعية (المضافة): وفقا لهذه الطريقة تأخذ المركبة الموسمية شكلا جمعيا في معادلة التنبؤ التي تتبع إحدى الصيغتين التاليتين: (عتروس وخنشور، صفحة 193):

$$\hat{X}_{n,h} = \hat{a}_1 + \hat{a}_2 * h + \hat{S}_{n+h-T} \text{ فان التنبؤ كالاتي: } 1 \leq h \leq T \text{ إذا كان لدينا:}$$

$$\hat{X}_{n,h} = \hat{a}_1 + \hat{a}_2 * h + \hat{S}_{n+h-2T} \text{ فان التنبؤ كالاتي: } T + 1 \leq h \leq 2T \text{ إذا كان لدينا}$$

حيث:

T: مدة المركبة الموسمية

h: أفق التنبؤ

$\hat{X}_{n,h}$: القيمة المتنبأ بها (Jacques, p. 12)

في سياق معادلة التنبؤ، يتم حساب معادلات التمهيد التي تعبر عن الثوابت \hat{a}_1 ، \hat{a}_2 ، \hat{S}_n باستخدام العلاقات التالية (عتروس وخنشور، صفحة 193):

$$\hat{a}_1 = \alpha(X_n - \check{S}_{n-T}) + (1-\alpha)(\hat{a}_{1n-1} + \hat{a}_{2n-1})$$

$$\hat{a}_2 = \beta(\hat{a}_1 - \hat{a}_{1n-1}) + (1-\beta)\hat{a}_{2n-1}$$

$$\hat{S}_n = \gamma(X_n - \hat{a}_1) + (1-\gamma)\check{S}_{n-T}$$

X_n : القيمة الحقيقية للسلسلة الزمنية.

\check{S}_n : معامل الموسمية في الفترة n. (Cowpertwait & V.Metcalf, 2009, p. 59)

– طريقة HOLT AND WINTERS المضاعفة: وفقا لهذه الطريقة، تتبع المركبة الموسمية نمطا ضربيا في المعادلة التنبؤية والتي يمكن أن تكون بأحد الصيغتين التاليتين (عتروس وخنشور، صفحة 193):

$$\hat{X}_{n,h} = [\hat{a}_1 + \hat{a}_2 * h] \hat{S}_{n+h-T} \text{ فان التنبؤ كالاتي: } 1 \leq h \leq T \text{ إذا كان لدينا:}$$

$$\hat{X}_{n,h} = [\hat{a}_1 + \hat{a}_2 * h] \hat{S}_{n+h-2T} \text{ فان التنبؤ كالاتي: } T + 1 \leq h \leq 2T \text{ إذا كان لدينا}$$

(Jacques, p. 12) وبناء على ذلك، فإن المعادلات الثوابت التي تمثل معادلات التمهيد هي كما يلي:

$$\hat{a}_{1(n)} = \alpha(X_n / \check{S}_{n-T}) + (1-\alpha)[\hat{a}_{1n-1} + \hat{a}_{2n-1}]$$

$$\hat{a}_{2(n)} = \beta[\hat{a}_1 - \hat{a}_{1n-1}] + (1-\beta)\hat{a}_{2n-1}$$

$$\check{S}_n = \gamma(X_n / \hat{a}_{1n}) + (1-\gamma)\check{S}_{n-T}$$

(Cowpertwait & V.Metcalf, 2009, p. 60)

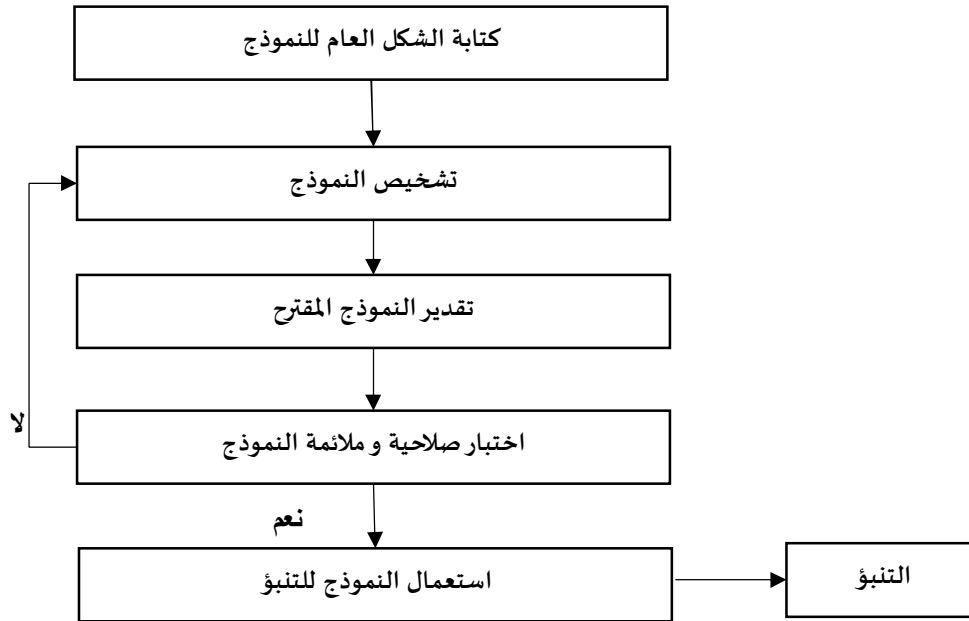
2.2.2 منهجية بوكس جنكينز box-jenkins في تحليل السلاسل الزمنية

❖ تعريف منهجية بوكس جنكينز box-jenkins

تعتبر طريقة بوكس جيكينز منهجا عمليا يستخدم لمعالجة مختلف الظواهر الزمنية بدقة، بهدف الوصول إلى نماذج محكمة تستند إلى نماذج ذات ذاكرة قصيرة وتصلح للتنبؤات قصيرة المدى. تشمل شروط هذه الطريقة على الاستقرار حيث تتذبذب السلاسل حول متوسط ثابت وتباین بشكل مستقل عن الزمن، تعتبر خاصية الاستقرار من بين الخصائص الأساسية التي تعتمد على مجموعة من الاختبارات لتحديد ما إذا كانت السلسلة مستقرة أم لا، وتشمل هذه الاختبارات التمثيل البياني والارتباط الذاتي واختبارات الجذر الأحادي. (بن سعدي، طويطي، وبن عبد الرحمان، 2023، صفحة 301).

- منهجية بوكس جينكينز **box-jenkins**: تتكون عملية تشكيل نماذج ARIMA الملائمة من اربع مراحل أساسية وهي:
 - مرحلة التعرف: في مرحلة التعرف، يتم اختيار الرتبة الفروق المناسبة لتحقيق استقراره السلسلة الزمنية المدروسة كما يتم تحديد درجة الحدود المناظرة لنماذج الانحدار الذاتي ونماذج المتوسطات المتحركة اللازمة لتمثيل النموذج بشكل صحيح.
 - أولاً، يتم التحقق من استقراره السلسلة الزمنية من خلال دراسة دالة الارتباط الذاتي وتحليل منحناها البياني. يتم التحقق من وجود مركبة الاتجاه العام أو المركبة الموسمية أو كليهما، ويتم إجراء مختلف الاختبارات الإحصائية. ثم يتم تحليل دالة الارتباط الذاتي. (بوهنة، 2021، صفحة 615)
 - مرحلة التقدير: تتم في هذه المرحلة تقدير معالم النموذج بعد تحديد درجات (p) و (q) لنموذجين (MA) و (AR). (دين و زرواط، 2019، صفحة 94)
 - مرحلة الاختبار والفحص: تهدف الى تشخيص وتقييم النموذج المقترح إذا كان صالح لعملية التنبؤ من عدمه حتى تكون العملية ناجحة. (بن عزة و اوبختي، 2019، صفحة 251 و 252)
 - مرحلة التنبؤ: وهي المرحلة النهائية لمنهجية بوكس-جينكينز، حيث نسعى من خلالها إلى تحديد القيم المستقبلية للسلسلة الزمنية باستخدام النموذج المناسب الذي تم الحصول عليه في المراحل السابقة، ويعتبر التنبؤ الأمثل هو الذي يتسم بأن يكون الخطأ الناتج عنه صغيراً جداً وتباينه أقل ما يمكن. (عتروس، بن زاوي، و عتروس، صفحة 594)

الشكل رقم (01): مراحل منهجية بوكس جينكينز



المصدر: (صاري، نعمان، و مليوني، 2023، صفحة 386)

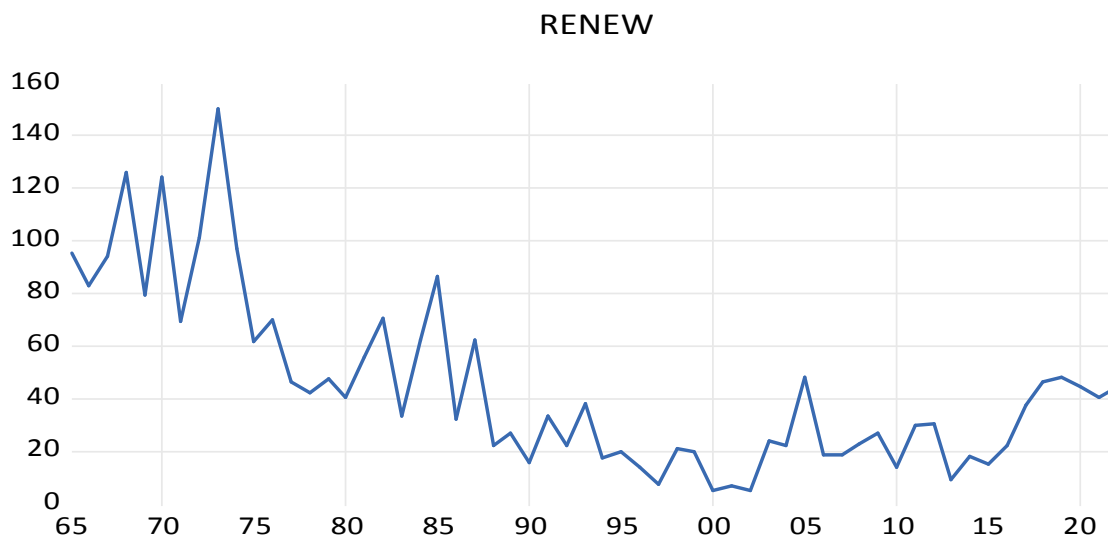
• نتائج الدراسة:

- قبل الشروع في عملية التنبؤ، نقوم بإجراء دراسة وصفية لسلسلة المتعلقة بنصيب الفرد من استهلاك الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة (RENEW) في الجزائر، وذلك من خلال تمثيلها بشكل بياني كما يلي:

التنبؤ باستهلاك الطاقة المتجددة في الجزائر حتى أفق 2030

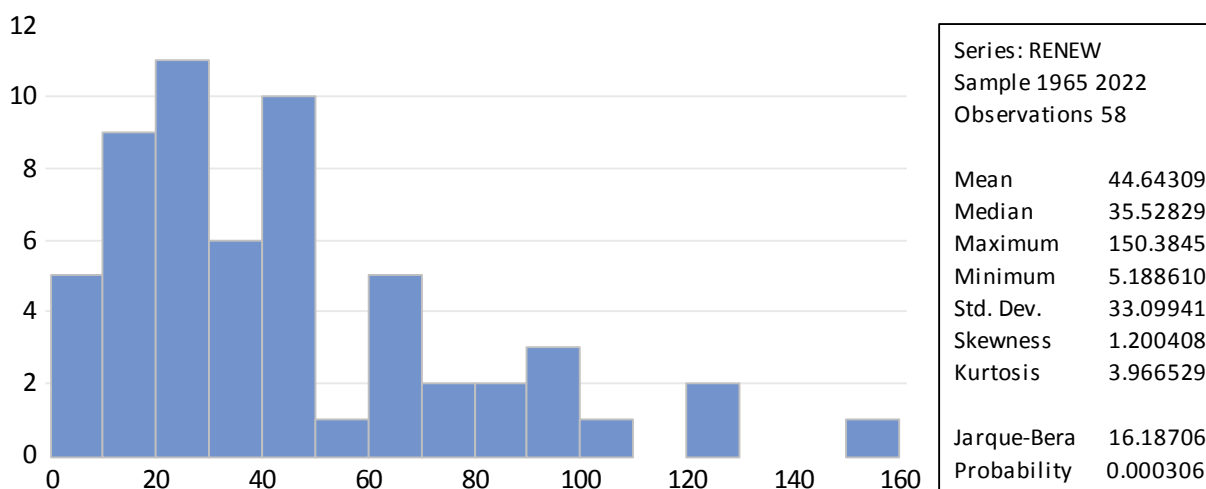
دراسة مقارنة بين منهجية بوكس جنكينز BOX-JENKINS والتمهيد الأسي الثلاثي لـ HOLT WINTERS

الشكل رقم (02): التمثيل البياني للسلسلة RENEW



من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات 13 EViews

الشكل رقم (03): البيانات الإحصائية للسلسلة RENEW



المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات 13 EViews

من خلال تحليل الشكل البياني رقم (02)، يتضح لنا أن حصة الفرد من استهلاك الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة في الجزائر تنخفض بشكل مستمر بمعدل سالب خلال فترة الدراسة، وهذا يشير إلى عدم استقرار السلسلة نظرا لوجود اتجاه عام.

كما نلاحظ من خلال الشكل رقم (03) أن احتمالية JARQUE-BERA تساوي 0.000306 وهي أقل من 5%، وبالتالي يتم قبول فرضية عدم H_0 التي تفيد بأن السلسلة الزمنية لا تتبع التوزيع الطبيعي.

1.3 دراسة الاستقرارية

1.1.3 دالة الارتباط الذاتي والجزئي لسلسلة RENEW

الشكل رقم (04): دالة الارتباط الذاتي والجزئي لسلسلة RENEW

Date: 05/18/24 Time: 20:49
Sample: 1965 2022
Included observations: 58

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.734	0.734	32.908	0.000
		2	0.712	0.376	64.445	0.000
		3	0.675	0.183	93.261	0.000
		4	0.538	-0.175	111.93	0.000
		5	0.528	0.052	130.25	0.000
		6	0.479	0.049	145.58	0.000
		7	0.382	-0.097	155.55	0.000
		8	0.378	0.024	165.50	0.000
		9	0.296	-0.066	171.72	0.000
		10	0.195	-0.162	174.48	0.000
		11	0.245	0.176	178.91	0.000
		12	0.240	0.226	183.29	0.000
		13	0.159	-0.166	185.24	0.000
		14	0.179	-0.097	187.77	0.000
		15	0.090	-0.108	188.42	0.000
		16	0.041	-0.039	188.56	0.000
		17	0.061	0.078	188.87	0.000
		18	-0.014	-0.015	188.89	0.000
		19	-0.016	-0.055	188.91	0.000
		20	-0.060	-0.197	189.24	0.000
		21	-0.138	-0.024	191.03	0.000
		22	-0.185	-0.023	194.35	0.000
		23	-0.199	0.012	198.30	0.000
		24	-0.230	0.003	203.73	0.000

من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات 13 EViews

يتبين من الشكل رقم 4 أن معاملات ارتباط الذاتي لها معنوية، أي أنها تختلف عن الصفر وتقع خارج مجال الثقة مما يشير إلى عدم استقرار السلسلة الزمنية RENEW. أما في دالة الارتباط الذاتي الجزئي عند الفترة t_1 و t_2 ، نلاحظ أن المعامل يختلف عن الصفر ويقع خارج مجال الثقة، وهذا ما يؤكد عدم استقرار السلسلة المدروسة. ويمكن استنتاج ذلك من قيمة PROB، فمن خلال مقارنة قيمة PROB مع 5%، نجد أن جميع القيم أقل من مستوى المعنوية، وهذا ما يشير إلى عدم استقرار السلسلة الزمنية.

2.1.3 اختبارات الاستقرارية لسلسلة RENEW

للتحقق من عدم الاستقرار لسلسلة زمنية لنصيب الفرد من الاستهلاك الطاقة من الطاقات المتجددة في الجزائر RENEW واحتوائها على جذر وحدوي، تم تنفيذ اختبار ديكي فولر المطور (ADF) و اختبار فليب بيرون (PP) باستخدام برنامج 13 Eviews كما هو موضح في الأشكال التالية:

الشكل رقم (5): اختبار ديكي فولر المطور لسلسلة RENEW

UNIT ROOT TEST RESULTS TABLE (ADF)
Null Hypothesis: the variable has a unit root

	At Level	RENEW
With Constant	t-Statistic	-1.9871
	Prob.	0.2916
	n0	
With Constant & Trend	t-Statistic	-2.1449
	Prob.	0.5101
	n0	
Without Constant & Trend	t-Statistic	-1.4774
	Prob.	0.1292
	n0	

من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات 13 EViews

التنبؤ باستهلاك الطاقة المتجددة في الجزائر حتى أفق 2030

دراسة مقارنة بين منهجية بوكس جنكينز BOX-JENKINS والتمهيد الأسّي الثلاثي لـ HOLT WINTERS

الشكل رقم (6): اختبار فليب بيرون لسلسلة RENEW

UNIT ROOT TEST RESULTS TABLE (PP)		
Null Hypothesis: the variable has a unit root		
At Level		
With Constant	t-Statistic	RENEW -2.8165
	Prob.	0.0623
With Constant & Trend	t-Statistic	-3.9077
	Prob.	0.0180
Without Constant & Trend	t-Statistic	-1.7411
	Prob.	0.0775

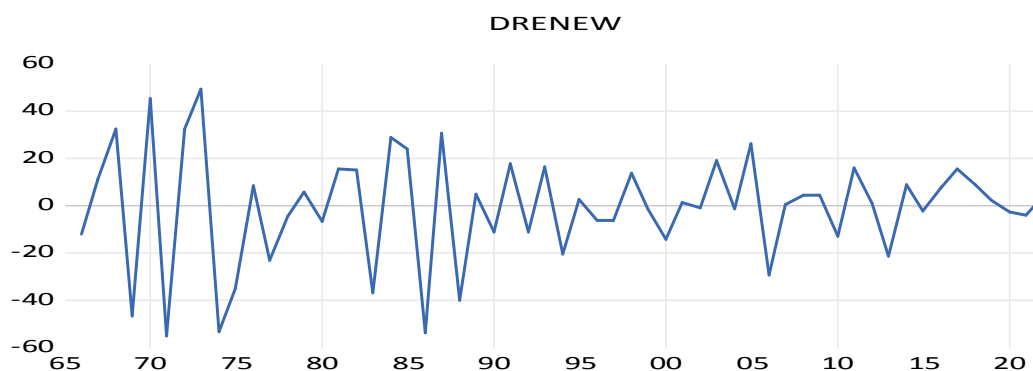
من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات 13 EViews

باستناد إلى تحليل النتائج، يتضح لنا أن جميع القيم الاحتمالية للنماذج الثلاثة تفوق قيمة 0.05، وهذا يشير إلى

وجود عدم استقرار في سلسلة الزمنية ووجود جذر وحدوي فيها.

3.1.3 إزالة اتجاه العام وعدم استقراره سلسلة RENEW

الشكل رقم (07): تمثيل البياني لسلسلة dRENEW



المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات 13 EViews

من خلال الرسم البياني للسلسلة المعدلة dRENEW، يتم إعطاء نظرة أولية حول استقرار السلسلة المعدلة ومن أجل

التأكد من صحة النتائج التي تم الحصول عليها يتم إجراء اختبارات الاستقرار.

4.1.3 اختبارات الاستقرار

لكي يتم إزالة اتجاه العام وتحقيق استقرار في السلسلة، يجب حساب الفروقات من الدرجة الأولى ومن ثم تطبيق

اختبار ديكي فولر المطور (ADF) واختبار فليب بيرون (PP) على سلسلة الفروقات من الدرجة الأولى (dRENEW) للحصول على

النتائج الموضحة في الأشكال التالية:

الشكل رقم (08): اختبار ديكي فولر المطور لسلسلة dRENEW

At First Difference		
d(RENEW)		
With Constant	t-Statistic	-12.4210
	Prob.	0.0000
With Constant & Trend	t-Statistic	-12.3837
	Prob.	0.0000
Without Constant & Trend	t-Statistic	-12.5088
	Prob.	0.0000

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات 13 EViews

الشكل رقم (09): اختبار فليب بيرون لسلسلة dRENEW

At First Difference		
		d(RENEW)
With Constant	t-Statistic	-13.6115
	Prob.	0.0000
With Constant & Trend	t-Statistic	-13.9423
	Prob.	0.0000
Without Constant & Trend	t-Statistic	-12.9556
	Prob.	0.0000

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات 13 EViews

نلاحظ من خلال نتائج اختبار المدونة في الأشكال السابقة أن جميع القيم الاحتمالية أقل من 5%، وهذا يشير إلى استقرار سلسلة نصيب الفرد من استهلاك الطاقة المتجددة في الجزائر dRENEW ذات الفروقات من الدرجة الأولى.

2.3 المفاضلة بين أسلوب التمهيد الاسي الثلاثي ل holt winters ومنهجية box-jenkins

في هذا الجزء سيتم تطبيق منهجية التمهيد الاسي الثلاثي لنموذج holt winters، بالإضافة إلى منهجية بوكس جينكينز box jenkins، للتنبؤ بنصيب الفرد من الاستهلاك الطاقة من الطاقات المتجددة خلال الفترة من عام 1965 إلى عام 2022، ثم سيتم اختيار الأسلوب الأنسب لتحقيق نتائج ذات جودة عالية ودقة.

2.2.3 التنبؤ باستهلاك الطاقة وفق منهجية بوكس جينكينز box jenkins

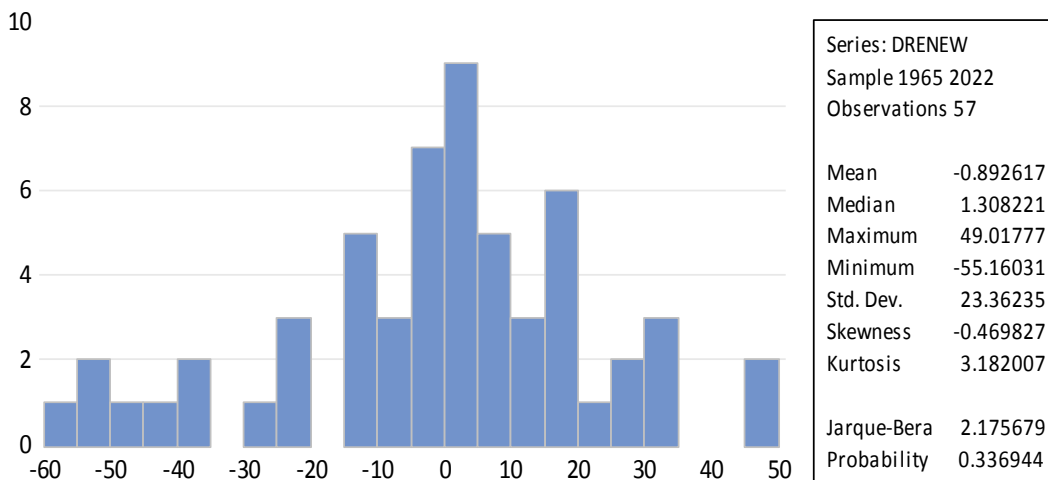
من أجل تنفيذ منهجية بوكس جينكينز box jenkins على البيانات الدراسية، هناك سلسلة من المراحل التي يجب اتباعها وسنقوم بتقديمها في العناصر التالية:

❖ المرحلة الأولى: مرحلة التعرف

بعد التحقق من استقرار سلسلة الزمن dRENEW، يأتي الآن الخطوة الأولى من منهجية بوكس جينكينز box jenkins وهي مرحلة التعرف، حيث يتم تحديد النماذج المناسبة التي يمكن تطبيقها على السلسلة الزمنية المستقرة.

- اختبار التوزيع الطبيعي لسلسلة dRENEW:

الشكل رقم (10) البيانات الإحصائية لسلسلة dRENEW



المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات 13 EViews

التنبؤ باستهلاك الطاقة المتجددة في الجزائر حتى أفق 2030

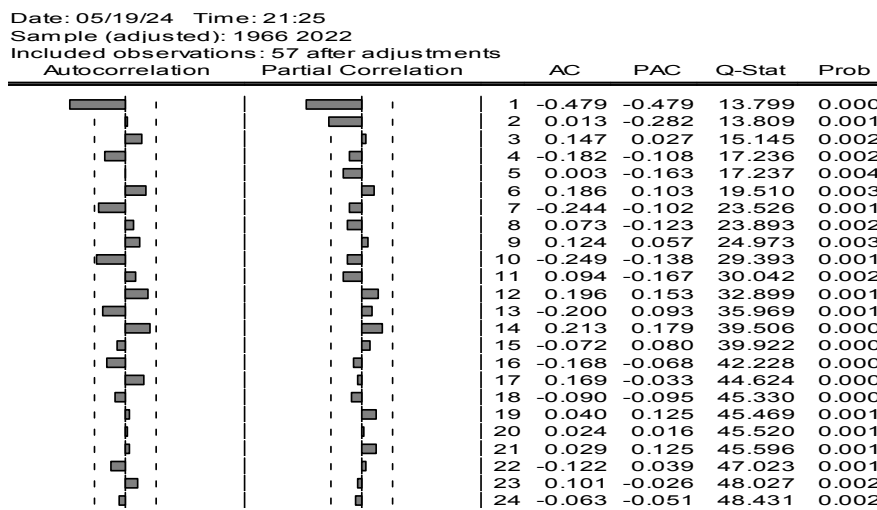
دراسة مقارنة بين منهجية بوكس جنكينز BOX-JENKINS والتهميد الأسي الثلاثي لـ HOLT WINTERS

من خلال النظر إلى الشكل المعروض أعلاه، يمكننا ملاحظة أن قيمة احتمالية ARQUE-BERA تساوي 0.336944 وهي

تفوق قيمة 5%. وبناء على ذلك، يمكن استنتاج أن سلسلة الزمنية dRENEW تتبع توزيعاً طبيعياً.

- تحليل دالة الارتباط الذاتي والجزئي لسلسلة dRENEW:

الشكل رقم (11): دالة الارتباط الذاتي والجزئي لسلسلة dRENEW



المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات EViews 13.

من خلال النظر إلى الشكل رقم 11، يمكننا أن نلاحظ وجود معاملات تختلف معنويًا عن الصفر في دالة الارتباط

الذاتي البسيطة AC، حيث يكون لدينا عدد واحد من المعاملات خارج نطاق الثقة عند t_1 أما فيما يتعلق بدالة الارتباط

الجزئي، فإننا نجد معامل واحد خارج نطاق الثقة عند t_1 من هنا، يمكننا أن نقول أن السلسلة تميل إلى نموذج ARIMA

حيث يمثل النموذج AR الانحدار الذاتي، بينما يمثل النموذج MA متوسطات المتحركة. ومن خلال مراقبة عدد التأخيرات

الظاهرة في السلسلتين السابقتين، نجد أن لدينا مجموعة من النماذج التي يتم مفاضلتها باستخدام معايير المقارنة HQ BIC

AIC، وذلك من خلال اختبار الفجوات الزمنية المثلى وتقليل المعايير المذكورة سابقًا كما هو موضح في الشكل التالي:

الشكل رقم (12): اختبار النموذج الملائم حسب معايير المفاضلة

Model Selection Criteria Table
Dependent Variable: D(RENEW)
Date: 05/21/24 Time: 20:35
Sample: 1965 2030
Included observations: 57

Model	LogL	AIC*	BIC	HQ
(0,1)(0,0)	-250.618763	8.898904	9.006433	8.940693
(2,3)(0,0)	-246.636757	8.899535	9.150436	8.997044
(3,3)(0,0)	-246.284570	8.922266	9.209010	9.033704
(2,0)(0,0)	-250.359400	8.924891	9.068263	8.980610
(2,4)(0,0)	-246.388148	8.925900	9.212644	9.037338
(1,1)(0,0)	-250.544745	8.931395	9.074767	8.987114
(0,2)(0,0)	-250.551796	8.931642	9.075014	8.987361
(3,4)(0,0)	-246.117068	8.951476	9.274063	9.076844
(2,1)(0,0)	-250.293229	8.957657	9.136872	9.027306
(3,0)(0,0)	-250.324320	8.958748	9.137963	9.028397
(4,3)(0,0)	-246.470966	8.963894	9.286481	9.089262
(0,3)(0,0)	-250.478297	8.964151	9.143366	9.033800
(1,2)(0,0)	-250.544739	8.966482	9.145697	9.036131
(1,0)(0,0)	-252.634416	8.969629	9.077158	9.011418
(0,4)(0,0)	-249.782867	8.974837	9.189895	9.058416
(4,0)(0,0)	-249.985112	8.981934	9.196992	9.065513
(4,4)(0,0)	-246.025295	8.983344	9.341774	9.122642
(2,2)(0,0)	-250.273964	8.992069	9.207127	9.075648
(3,1)(0,0)	-250.291265	8.992676	9.207734	9.076255
(4,1)(0,0)	-249.453322	8.998362	9.249263	9.095871
(1,3)(0,0)	-250.491636	8.999707	9.214765	9.083285
(1,4)(0,0)	-249.701209	9.007060	9.257961	9.104569
(3,2)(0,0)	-249.732358	9.008170	9.259071	9.105679
(4,2)(0,0)	-249.467366	9.033943	9.320687	9.145381
(0,0)(0,0)	-259.989223	9.192604	9.264290	9.220464

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات EViews 13

من خلال إجراء اختبار لتحديد الفجوة الزمنية المثلى، تم اكتشاف أن النموذج (0.0) (0.1) يتضمن أقل قيم لثلاثة معايير سابقة الذكر وأكبر قيمة Log L، مما يشير إلى أنه هو النموذج الأفضل.

❖ المرحلة الثانية: مرحلة التقدير

بعد الاطلاع على النموذج الأمثل والأكثر توافقاً وتحديد قيمتي (p,q). يأتي الآن مرحلة تقدير النموذج وتوضيحها كما يلي:

الشكل رقم (13): النموذج المقدر

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.964173	1.108929	-0.869463	0.3884
MA(1)	-0.597857	0.114991	-5.199170	0.0000
SIGMASQ	382.9883	67.91962	5.638846	0.0000
R-squared	0.285768	Mean dependent var	-0.892617	
Adjusted R-squared	0.259315	S.D. dependent var	23.36235	
S.E. of regression	20.10635	Akaike info criterion	8.898904	
Sum squared resid	21830.33	Schwarz criterion	9.006433	
Log likelihood	-250.6188	Hannan-Quinn criter.	8.940693	
F-statistic	10.80284	Durbin-Watson stat	2.062823	
Prob(F-statistic)	0.000113			
Inverted MA Roots	.60			

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات 13 EViews

وبناء على الشكل رقم 13، يمكن صياغة المعادلة النموذج على النحو التالي:

$$Drenew = -0.964173 - 0.597857 e_{t-1} + \epsilon_t$$

❖ المرحلة الثالثة: مرحلة الاختبار والتشخيص

في هذه المرحلة، يتم إجراء دراسة لتقييم مدى قبول النموذج المحدد بشكل نهائي، بهدف استخدامه في عملية التنبؤ.

يتم تحقيق ذلك من خلال تنفيذ مجموعة من الاختبارات:

- اختبار المعنوية الكلية: يتبين لنا أن القيمة الحرجة لإحصائية فيشر أقل من مستوى المعنوية 5%، مما يشير إلى أن النموذج له دلالة إحصائية وبالتالي نرفض فرضية العدم ونقبل الفرضية البديلة التي تفيد بأن النموذج له معنوية.
- اختبار معامل التحديد: يظهر أن النموذج لديه قدرة تفسيرية بنسبة 28%، وهذه النسبة تعتبر مقبولة، أما النسبة المتبقية التي تبلغ 72%، فتفسرها عوامل أخرى لم تتضمن في النموذج.
- تحليل دالة الارتباط الذاتي البسيط والجزئي لسلسلة البواقي: يتم في هذه الخطوة تحليل دالة الارتباط الذاتي البسيط والجزئي لسلسلة البواقي بهدف التحقق من استقرارها، إذا كانت جميع معاملات الارتباط الذاتي تقع ضمن مجال الثقة يمكن اعتبار سلسلة البواقي مستقرة، وإذا كانت خارج مجال الثقة، فإن السلسلة غير مستقرة، وهذا يشكل مشكلة للنموذج المختار سابقاً.

التنبؤ باستهلاك الطاقة المتجددة في الجزائر حتى أفق 2030

دراسة مقارنة بين منهجية بوكس جنكينز BOX-JENKINS والتهميد الأسي الثلاثي لـ HOLT WINTERS

الشكل رقم (13): دالة الارتباط الذاتي البسيط والجزئي للسلسلة البوآقي

Date: 05/22/24 Time: 19:35
Sample (adjusted): 1966 2022
Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARIMA term

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1		-0.034	-0.034	0.0709	
2		0.043	0.042	0.1841	0.666
3		0.101	0.104	0.8141	0.666
4		0.157	0.154	2.3837	0.497
5		-0.033	-0.053	2.4524	0.653
6		0.085	0.092	2.9343	0.710
7		-0.213	-0.182	5.9963	0.424
8		-0.001	-0.038	5.9964	0.540
9		0.047	0.047	6.1544	0.630
10		-0.177	-0.127	6.3904	0.495
11		0.128	0.075	9.5821	0.478
12		0.250	0.266	14.235	0.220
13		-0.015	0.044	14.252	0.285
14		0.184	0.074	16.898	0.204
15		0.064	0.090	17.225	0.244
16		-0.163	-0.102	19.409	0.196
17		0.088	0.029	20.063	0.217
18		-0.036	0.025	20.174	0.265
19		0.042	0.164	20.333	0.314
20		0.039	-0.025	20.474	0.367
21		-0.000	0.066	20.474	0.429
22		-0.109	-0.080	21.611	0.422
23		0.044	-0.068	21.798	0.472
24		-0.031	-0.037	21.898	0.526

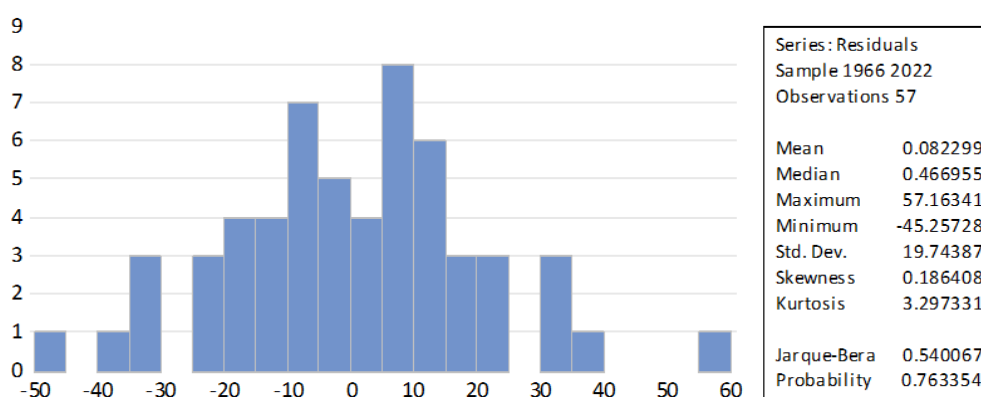
المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات EViews 13

من خلال الشكل المعروض أعلاه، يمكننا أن نستنتج أن سلسلة البوآقي مستقرة، وذلك بسبب وجود معاملات الارتباط الذاتي التي تقع ضمن مجال الثقة، بالإضافة إلى ذلك، نجد أن القيمة الاحتمالية أكبر من مستوى الدلالة 5% للفجوة الزمنية $k=24$ وهذا يعني أن سلسلة البوآقي تتميز بتباين ثابت.

- اختبار التوزيع الطبيعي لسلسلة البوآقي:

من خلال الشكل المعروض أدناه، يتضح أن قيمة الاحتمالية لجاك بيرا تبلغ 0.763354 وهي أكبر من مستوى المعنوية البالغ 0.05. وبالتالي، يمكن الاستدلال على أن بوآقي النموذج تتبع توزيعا طبيعيا، ومن خلال استنتاج هذه المرحلة، يتم تأكيد أن النموذج المقدر قادر على التنبؤ بالقيم المستقبلية لاستهلاك الطاقة المتجددة.

الشكل رقم (14) اختبار التوزيع الطبيعي لسلسلة البوآقي

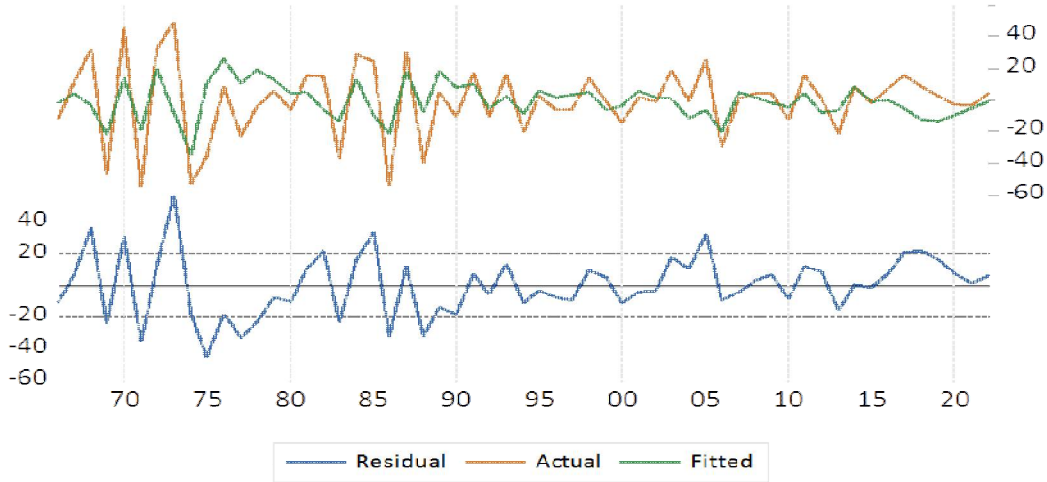


المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات EViews 13

❖ المرحلة الرابعة: مرحلة التنبؤ

بعد الانتهاء من عملية تشخيص واختبار النموذج المقدر $arima(0.1.1)$ ، يأتي الآن الدور على مرحلة التنبؤ والتي تعد المرحلة الأخيرة في منهجية بوكس وجنكينز، تهدف هذه المرحلة إلى إيجاد سلسلة القيم المستقبلية لاستهلاك الطاقة المتجددة.

الشكل رقم (15) السلسلة الحقيقية والمتوقعة وسلسلة البواقي لكمية المستهلكة من الطاقة المتجددة



المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات EViews 13

يوضح الشكل أعلاه تمثيل السلسلة الأصلية والمتوقعة وسلسلة البواقي، حيث يتضح أن السلسلة المتوقعة تتبع تقريبا مسار السلسلة الأصلية، مما يشير إلى دقة وجودة النموذج المستخدم في التنبؤ.

الجدول رقم(01): القيم التنبؤية لنصيب الفرد من استهلاك الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة في الجزائر خلال الفترة من سنة 2023 إلى غاية 2030

السنوات	القيم استهلاك من المصادر الطاقة المتجددة (KW/H)
2023	39,6
2024	38,6
2025	37,7
2026	36,7
2027	35,8
2028	34,8
2029	33,8
2030	32,9

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات EViews 13

يظهر الجدول انخفاضا تدريجيا في القيم المتنبأة لنصيب الفرد من استهلاك الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة في الجزائر خلال الفترة من 2023 إلى 2030، يتوقع أن يصل نصيب الفرد من استهلاك الطاقة من المصادر المتجددة إلى 32.9 كيلوواط/ساعة في عام 2030 ويمكن أن يكون ذلك نتيجة لقلّة الاستثمار في هذا المجال وزيادة تكلفة الطاقة المتجددة بالمقارنة مع مصادر الطاقة التقليدية، مما قد يثني بعض المستهلكين عن استخدامها.

3.2.3 التنبؤ باستهلاك الطاقة وفق طريقة تمهيد الاسي الثلاثي ل holt-winters

من خلال دراسة خصائص السلسلة الزمنية لنصيب الفرد من استهلاك الطاقة المتجددة في الجزائر للفترة من عام 1965 إلى عام 2022، يتبين أنها تتضمن مركبة الاتجاه العام، وهو ما يتوافق مع شروط تطبيق أسلوب التمهيد الأسّي الثلاثي holt-winters التجميعي.

وبناء على ذلك، يتم تطبيق هذا الأسلوب من خلال اختبار مجموعة من معاملات التمهيد، ثم اختيار تلك التي تحقق أدنى قيمة لمجموع مربعات الأخطاء وأدنى قيمة للجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ، وهي على النحو التالي:

$$0 = \hat{y}_0 = \beta \quad 0.41 = \alpha$$

التنبؤ باستهلاك الطاقة المتجددة في الجزائر حتى أفق 2030

دراسة مقارنة بين منهجية بوكس جنكينز BOX-JENKINS والتمهيد الأسّي الثلاثي لـ HOLT WINTERS

التنبؤ باستخدام نموذج التمهيد الأسّي الثلاثي لـ holt-winters التجميعية تستخدم المعادلة التالية التالية:

$$DRENEWSA_{n+h} = 39.92844 - 1.386076 * h + S_{n+h-2T}$$

DRENEWSA_{n+h}: تمثل كمية الاستهلاك الطاقة المتجددة المنتبأ بها للفترة h التي تأخذ قيمها من 2023 الى غاية 2030.

S_{n+h-2T}: تمثل معامل الموسمية الذي يختلف قيمه من سنة 2015 الى غاية 2022 كما هو مبين في شكل أذناه:

الشكل رقم (16): ثوابت معادلة التنبؤ باستخدام التمهيد الأسّي الثلاثي لـ holt-winters التجميعية

Date: 05/20/24 Time: 21:30

Sample: 1965 2022

Included observations: 58

Method: Holt-Winters Additive Seasonal

Original Series: RENEW

Forecast Series: RENEW_SM

Parameters:	Alpha	0.4100
	Beta	0.0000
	Gamma	0.0000
Sum of Squared Residuals		20751.51
Root Mean Squared Error		18.91520

End of Period Levels:	Mean	39.92844
	Trend	-1.386076
	Seasonals:	
	2015	-7.347841
	2016	1.859474
	2017	1.848357
	2018	-2.417819
	2019	1.742347
	2020	-0.477031
	2021	6.662466
	2022	-1.869953

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات EVIEWS 13

الجدول رقم (02): القيم المنتبأ بها باستخدام التمهيد الأسّي الثلاثي لـ holt-winters التجميعية

القيم استهلاك الطاقة المتجددة (KW/H)	السنوات
31,19	2023
39,02	2024
37,62	2025
31,97	2026
34,74	2027
31,13	2028
36,89	2029
26,97	2030

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات EVIEWS 13

يشير الجدول إلى وجود اتجاه عام لزيادة استهلاك الطاقة المتجددة خلال الفترة المتوقعة. من المتوقع أن يزداد الاستهلاك من 31.19 كيلووات في الساعة في عام 2023 إلى 39.02 كيلووات في الساعة في عام 2024، ومن المتوقع أن يستمر الارتفاع بشكل طردي حتى عام 2029، حيث من المتوقع أن يصل إلى 36.89 كيلووات في الساعة. بعد ذلك، ينخفض الاستهلاك قليلا في عام 2030 إلى 26.97 كيلووات في الساعة.

3.3 المفاضلة بين نموذجين

بعد تطبيق كل من أسلوب التمهيد الآسي الثلاثي Holt - Winters - التجميعي ومنهجية Box Jenkins على التوالي للتنبؤ بنصيب الفرد من استهلاك الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة في الجزائر خلال الفترة من عام 2023 إلى عام 2030، يتم اختيار الأسلوب الأكثر دقة من خلال حساب مؤشرات قياس جودة التنبؤ بالاستهلاك الطاقة الموضحة في الجدول رقم (03) واختيار الأسلوب الذي يحقق أقل قيمة لها.

الجدول رقم (03): مؤشرات قياس الجودة

	المؤشرات جودة التنبؤ					
	RMSE	MAE	MAPE	SMAPE	Theil U1	Theil U2
holt winters	18.91520	15.57455	49.27461	43.65518	0.172609	0.966089
box jenkins	34.56265	29.97714	166.6782	65.33235	0.279081	3.483041

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات EViews 13

تشير النتائج الموجودة في الجدول رقم (03) إلى أن كلامن الأساليب المدروسة يحقق نتائج ذات جودة عالية.

ومع ذلك، عند المقارنة بينهما، يتضح أن قيم مؤشرات جودة التنبؤ لأسلوب التمهيد الآسي الثلاثي Holt - Winters - التجميعي أقل من تلك التي يعطيها منهجية Box Jenkins. وبالتالي، يعتبر أسلوب التمهيد الآسي الثلاثي Holt - Winters - هو الأنسب، حيث يسمح بإعطاء تنبؤات ذات جودة أعلى وأقرب إلى القيم الفعلية للاستهلاك. وبمعنى آخر، يعطي هذا الأسلوب نتائج دقيقة عالية مقارنة بمنهجية Box Jenkins.

4. الخاتمة

حاولنا في هذه الدراسة التنبؤ باستهلاك السنوي لنصيب الفرد من الاستهلاك الطاقة من مصادر الطاقات المتجددة في الجزائر من خلال استخدام نماذج مقترحة للمفاضلة بينهما، أين تم الإعتماد على نموذجين التمهيد الآسي الثلاثي لـ Holt Winters ومنهجية بوكس جينكينز BOX-JENKINS بمراحله الأربعة، من خلال ما سبق يمكن استخلاص العديد من النتائج أهمها:

- كلا نموذجين قدما تنبؤات ذات دقة عالية من خلال مؤشرات جودة التنبؤ، مما يؤكد صحة وقبول الفرضية الأولى.
 - أسلوب التمهيد الثلاثي الآسي لـ Holt Winters أكثر فعالية من منهجية بوكس جينكينز Box-Jenkins، أي أنه يقدم نتائج أكثر دقة وجودة مما يجعله الخيار الأمثل للتنبؤ بالسلاسل الزمنية للطاقة المتجددة في الجزائر. وبناء على ذلك، نقبل الفرضية الثانية.
- في الختام، تساعد هذه الدراسة على فهم أهمية تطبيق نماذج تنبؤية دقيقة في قطاع الطاقة، مشددة على أن استخدام النموذج الأنسب يمكن أن يساهم بشكل كبير في تحقيق أهداف التنمية المستدامة وضمان استقرار وتنوع مصادر الطاقة في المستقبل.

5. قائمة المراجع:

المقالات:

- 1- حسون صاري، محمد عبد الجليل نعمان، وعبد الغاني مليوني. (2023). دراسة التنبؤ استهلاك الطاقة الكهربائية في الجزائر باستعمال منهجية بوكس جنكينز وأسلوب التلميس الأسي. مجلة الأصيل للبحوث الاقتصادية والادارية، 386.
- 2- حسين فرج الحويج. (2021). التنبؤ بمعدلات التضخم في الاقتصاد الليبي باستخدام طرق التمهيد الأسي. مجلة دراسات العدد الاقتصادي، 5.
- 3- سهيلة عتروس، عبد الرزاق بن زاوي، وصبرينة عتروس. (2019). منهجية box jenkins كأسلوب قياسي فعال للتنبؤ باستهلاك الطاقة دراسة حالة استهلاك النفط والغاز في الجزائر. مجلة الاستراتيجية و التنمية *JFBE*، 594.
- 4- سهيلة عتروس، وجمال خنشور. (2015). التنبؤ بالمبيعات بمؤسسة مطاحن الزيبان القنطرة-بسكرة-دراسة مقارنة باستخدام طريقتي التمهيد الأسي الثلاثي لـ holt-winters ومنهجية box-jenkins في التنبؤ بالمبيعات. مجلة *رؤى اقتصادية*، 193.
- 5- فاضل عباس الطائي، وجهاني فخري صالح الكوراني. (2008). التنبؤ بنماذج ARIMA الموسمية باستخدام طرق التمهيد الأسي مع التطبيق. المجلة العراقية للعلوم الاحصائية، 182.
- 6- فتيحة بن سعدي، مصطفى طويطي، وذهبية بن عبد الرحمان. (2023). التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية إلى غاية 2030 دراسة قياسية باستخدام منهجية بوكس وجنكينز. مجلة الإدارة و التنمية للبحوث و الدراسات، 301.
- 7- كلثوم بوهنة. (2021). التنبؤ بإنتاج الطاقة الكهربائية الحرارية في الجزائر أفق 2030 باستعمال منهجية بوكس جنكينز. مجلة الاقتصاد الصناعي(خزارتك)، 615.
- 8- محمد بن عزة، ونصيرة اوبختي. (2019). التنبؤ بالطلب العائلي على الطاقة الكهربائية في الجزائر الى غاية 2025 بإستعمال منهجية بوكس جنكز. مجلة الاستراتيجية و التنمية، 251 و 252.
- 9- مختارية دين، وفاطمة الزهراء زرواط. (2019). التنبؤ بالطاقة الكهربائية المنتجة عن طريق الطاقة الشمسية في الجزائر باستخدام منهجية بوكس جنكينز. المجلة الجزائرية للعلوم و السياسات الاقتصادية، 94.
- 10- سهيلة عتروس. (2014). مقارنة احصائية وقياسية في تحسين جودة التنبؤ بالمبيعات دراسة حالة مؤسسة مطاحن الزيبان القنطرة بسكرة. رسالة مقدمة كجزء من متطلبات نيل شهادة ماجستير في علوم التسيير تخصص اساليب الكمية في تسيير. بسكرة، جامعة محمد خيضر. الجزائر، الصفحة 52
- 11- Cowpertwait, P., & V.Metcalf, A. (2009). *Introductory time series with R. Springer Science+Business Media*, 58.
- 12- Jacques, J. (s.d). *Introduction aux séries temporelles. polycopie de 5 ème année*. Lille, département de GIS, France.