

التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية إلى غاية 2030 - دراسة قياسية
باستخدام منهجية بوكس وجنكيز -

**Forecasting electricity energy consumption in the kingdom of Saudi
Arabia until 2030 -Standard study using Box and Jenkins
methodology**

فتيحة بن سعدي^{1*}، مصطفى طويطي²، ذهيبية بن عبد الرحمان³

¹ مخبر التطبيقات الكمية والنوعية للإرتقاء الاقتصادي والاجتماعي والبيئي بالمؤسسات الجزائرية، جامعة غرداية
bensaadi.fatiha@univ-ghardaia.dz (الجزائر)

² مخبر التطبيقات الكمية والنوعية للإرتقاء الاقتصادي والاجتماعي والبيئي بالمؤسسات الجزائرية، جامعة غرداية
touaiti.mustapha@univ-ghardaia.dz (الجزائر)

³ مخبر التطبيقات الكمية والنوعية للإرتقاء الاقتصادي والاجتماعي والبيئي بالمؤسسات الجزائرية، جامعة غرداية
benabderrahmane.dehiba@univ-ghardaia.dz(الجزائر)

تاريخ النشر: 2023/12/ 01

تاريخ القبول: 2023/11/ 17

تاريخ الاستلام: 2023/09/ 17

ملخص: تهدف هذه الدراسة إلى استعمال التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في السعودية إلى غاية 2030 باستخدام منهجية بوكس وجنكيز لمعرفة تطور وتيرة استهلاك الطاقة الكهربائية، لهذا الغرض استخدمنا بيانات السلسلة الزمنية السنوية لاستهلاك الكهرباء من 1980 إلى غاية 2021. توصلت الدراسة إلى أن نموذج ARIMA(2,2,6) ملائم للتنبؤ باستهلاك الكهرباء في السعودية، كما خلصنا إلى أن الاستهلاك الكهربائي سوف يشهد تزايد مستمر في السنوات القادمة، مما يستدعي وضع استراتيجيات بغية ترشيد استهلاك الكهرباء والعمل على تنويع مصادر الطاقة لتحقيق الاكتفاء وتلبية احتياجات مختلف القطاعات بالسعودية وضمان نصيب الأجيال القادمة من موارد الطاقة.

* المؤلف المرسل

كلمات مفتاحية: طاقة كهربائية، استهلاك الكهرباء، انتاج الكهرباء، منهجية بوكس وجنكيز.

تصنيف JEL: C33، C53، L94، Q47.

Abstract: This study aims to forecast electrical energy consumption in Saudi Arabia until 2030 using the Box and Jenkins methodology to determine the development of the pace of electrical energy consumption, for his purpose, we used annual time series data for electricity consumption from 1980 to 2021.

The study concluded that the ARIMA (2,2,6) model is suitable for predicting electricity consumption in Saudi Arabia, we also concluded that electrical consumption will witness a continuous increase in the coming years, this requires developing strategies to rationalize electricity consumption and diversify its sources, and ensuring the share of future generations.

Keywords: Electrical power; Electricity consumption; Electricity consumption forecast; Box and Jenkins methodology.

JEL Classification Codes : C33, C53, L94, Q47.

1. مقدمة:

يعد قطاع الطاقة أحد الركائز الأساسية لتحقيق التنمية الاقتصادية، إذ تحتل الطاقة الكهربائية مكانة هامة كونها تشكل المحرك الرئيسي للنشاطات الاقتصادية وهو ما زاد اهتمام بها وتوسيع في امدادها بمختلف المصادر المتجددة والغير متجددة، من خلال بناء محطات متنوعة لتلبية الطلب المتزايد عليها وضمان استمرارية لتحقيق امن طاقي.

وفي هذه الورقة سوف يتم الاعتماد على الأساليب القياسية لدراسة التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية لدولة السعودية وتعرف على التطورات التي سوف يشهدها قطاع الكهرباء في السنوات القادمة من ناحية استهلاك السنوي، إذ تعد منهجية بوكس وجنكيز من أبرز الأساليب التي تم الاعتماد عليها بكثرة في مجال تحليل السلاسل الزمنية لأنها ذات كفاءة عالية بالمقارنة مع الأساليب القديمة، فهي تساعد أصحاب القرار لبناء استراتيجيات وخطط في المستقبل.

إشكالية الدراسة: ومما سبق يمكننا طرح الإشكالية التالية: ما مدى مساهمة طريقة Box-Jenkins للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في السعودية؟

الفرضيات:

- منهجية بوكس وجنكيز دور فعال وغير متحيز في عملية التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية اذ يعطي صورة مستقبلية لمتخذي القرار لمدى تطور وتيرة استهلاك الكهرباء.
- يشهد استهلاك الطاقة الكهربائية تزايد مستمر وغير عقلائي.
- يرجع ارتفاع استهلاك الطاقة الكهربائية إلى زيادة استثمارات والمؤسسات وزيادة عدد المشتركين في قطاع الكهرباء بالإضافة تغيرات المناخية.

اهداف الدراسة: تهدف هذه الدراسة إلى تحليل تطورات استهلاك الطاقة الكهربائية في السعودية لجميع القطاعات والتطرق إلى اهم المصادر المعتمدة في انتاج الطاقة الكهربائية، بالإضافة الى التعرف فعالية Box-Jenkins في عملية التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية.

المنهج المستخدم: اعتمدنا في الدراسة على المنهج الوصفي في الجانب النظري لتوضيح بعض الجوانب أساسية للبحث، بالإضافة إلى المنهج التحليلي من أجل تحليل احصائيات تطور استهلاك وإنتاج الطاقة الكهربائية في المناطق والقطاعات والوقوف على اهم المصادر المعتمدة بكثرة في انتاج الكهرباء، كما تم الاعتماد ايضا على المنهج الكمي باستخدام Box-Jenkins من أجل التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في السعودية.

حدود الدراسة: تحورت الدراسة حول تطورات استهلاك الطاقة الكهربائية في السعودية خلال الفترة من سنة 1980 إلى 2021 والتنبؤ بالقيم المستقبلية لاستهلاك الكهرباء إلى غاية سنة 2030.

2. أساسيات نظرية حول الطاقة الكهربائية:

1.2 مفهوم الطاقة الكهربائية: هي من أكثر أشكال الطاقة استخداماً وشيوعاً تعمل على تلبية واشباع الحاجيات، تنتج من مصادر أولية وهذا بعد تحويلها إلى جسيمات صغيرة تدعى بالإلكترونات، تدفقها يُكوّن التيار الكهربائي (عمورة وبن حسين، 2021، صفحة 59).

2.2 طرق توليد الطاقة الكهربائية: تعددت مصادر انتاج الطاقة الكهربائية فمنها التي تعتمد على مصادر ناضبة ومنها المتولدة من مصادر متجددة وسنورد بالتفصيل أهم هذه المصادر.

- **محطات توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية:** تستقبل الألواح الشمسية الأشعة من أجل توليد الطاقة الكهربائية بواسطة الخلايا الضوئية أو بواسطة الطاقة الشمسية المركزة، إلا أن مشكلة هذه الطاقة هي عدم القدرة على تخزينها (خبابه، خبابه، وكعرار، 2013، صفحة 46).

- محطات توليد الكهرباء من طاقة الرياح: تمثل طاقة الرياح طاقة نظيفة معتمدة من طرف العديد من الدول من أجل إنتاج الطاقة الكهربائية من خلال تحويل طاقة الرياح حيث تستخدم بشكل مباشر او عن طريق طاقة ميكانيكية (مومن والوافي، 2021، صفحة 467).

- محطات توليد الكهرباء من المياه ومجاري: تولد الكهرباء في هذا النوع من حركة المياه والمجاري الناجمة عن هبوطها من المرتفعات وصولاً إلى التوربينات التي تعمل على إنتاج الطاقة الميكانيكية تحول هذه الأخيرة إلى طاقة كهربائية (مومن والوافي، 2021، صفحة 466).

- محطات التوليد البخارية: تستخدم الوقود كمصدر أساسي يتم حرقه من أجل توليد حرارة تستعمل في تسخين المياه وتحويلها إلى بخار على مستوى توربينات بخارية لتوليد الطاقة. (تكواشت عماد، 2011-2012، ص 160).

- محطات توليد الكهرباء من الغاز: تعتمد محطات الغازية لإنتاج الكهرباء على الوقود كمادة أولية يتم حرقها مع الهواء المضغوط دون الحاجة إلى الماء (تكواشت عماد، 2011-2012، ص 161).

محطات توليد الكهرباء من المفاعلات النووية: تعتبر الطاقة النووية من أخطر الطاقات تستخدم لإنتاج الطاقة الكهربائية من خلال المفاعلات النووية ولإشارة توجد ثلاثة أنواع رئيسية لهذه المفاعلات تتمثل في مفاعلات الماء العادي ومفاعلات الماء الثقيل ومفاعلات التبريد الغازي، وبالرغم من المخلفات الإشعاعية التي تصدرها الطاقة النووية والتي تبقى على مدار السنين، إلا أن هناك العديد من الدول لازالت تستخدمها كمصدر لإنتاج الكهرباء (ميهوب، 2022، صفحة 175).

3.2 أهمية الطاقة الكهربائية:

تتمتع الطاقة الكهربائية بدور حيوي فعال في جميع نواحي الحياة نظراً لما تقدمه من فوائد وأهمية بالغة في تفعيل الأنشطة وتلبية احتياجات السكان والاقتصاد حيث نجد ان أهمية الطاقة الكهربائية تكمن فيما يلي:

- عامل محفز لاستمرار التنمية والنهوض بالاقتصاديات في مختلف المجالات وأداة فعالة في تحسن مستوى المعيشي (سهلي وصياغ، 2022، صفحة 137).

- تفعيل النشاطات الخدمائية والتجارية والاقتصادية والسكانية من خلال توفير الكهرباء في الإدارات والهيئات والمؤسسات من أجل ضمان سير الأعمال وتلبية احتياجات الأفراد من الإضاءة والطهي والتبريد وغيرها من الأمور الضرورية.

- وجود الطاقة الكهربائية في وقتنا الحالي ضرورة حتمية ليس كما هو الحال في السنوات السلفية التي كانت لا تعتمد على الكهرباء في تلبية احتياجاتها، فالعصر الحالي أصبح يعتمد على الكهرباء لتغطية احتياجات والنهوض بالاقتصاديات الدولة فلا يقتصر الامر فقط في استهلاك الطاقة الكهربائية وانما يشمل جميع الطاقات خاصة منها الطاقة الناضبة.

3. واقع استهلاك الطاقة الكهرباء في السعودية

1.3 تحليل استهلاك ونتاج الإجمالي للكهرباء:

عرفت الدولة السعودية نمو تصاعدي و ارتفاع ملحوظ في كمية الكهرباء المستهلكة من طرف الأفراد والقطاعات حيث نجد عند المقارنة بين 2020 و 2021 ان كمية انتاج الطاقة الكهربائية قد ارتفع وهذا ناتج عن تزايد الطلب عليها ، حيث بلغ انتاج في 2020 ما قيمة 347,028 جيجا واط ساعة ، اما في سنة 2021 وصل انتاج اجمالي للطاقة الكهربائية بقيمة 358,637 جيجا واط ساعة، اما عن استهلاك الكهرباء نجد انه في سنة 2020 قدر بقيمة 289,331 جيجا واط ساعة وفي سنة 2021 قدر بقيمة 301,561 جيجا واط ساعة حيث يفسر ارتفاع الكميات المستهلكة لارتفاع الطلب و زيادة المشاريع و زيادة عدد المشتركين و التغيرات المناخية (الهيئة العامة للإحصاء المملكة العربية السعودية ، 2021 جدول 5-9).

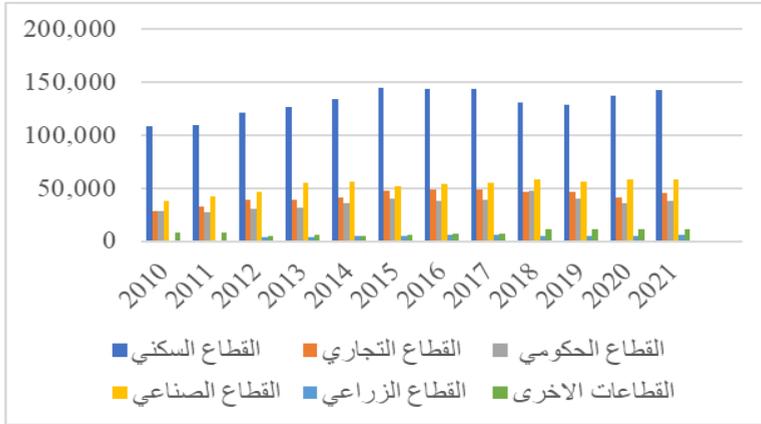
2.3 تحليل استهلاك الطاقة الكهربائية في مختلف قطاعات:

عند الوقوف على تحليل الاستهلاك الكهربائي في القطاعات نجد مدى أهمية الكهرباء في القطاع السكاني والصناعي بصفة كبيرة حيث يوضح (الشكل 1) تحليل استهلاك الكهربائي لمجموعة من قطاعات المتواجدة في السعودية خلال الفترة من 2010 الى 2021 والتي أظهرت استهلاك متزايد و مستمر مع اختلاف الكمية المستهلكة من قطاع لآخر، كما أظهرت الإحصائيات للسنوات الأخيرة ان القطاع السكاني هو أكثر استهلاكاً من بين القطاعات الأخرى وهذا يدل على أن عدد المشتركين في هذا القطاع أكبر من القطاعات الأخرى ، كذلك نجد أن وظائف القطاعات تختلف من قطاع لآخر وهذا حسب الاحتياجات ، حيث أن الكمية المستهلكة في سنة 2021 وصلت إلى 142,484 جيجا واط ساعة وعدد المشتركين 10521392 مشترك و هو ما يدل أن القطاع السكاني هو من أكثر القطاعات طالبا على الكهرباء ، ثم يليه القطاع الصناعي باستهلاك قدره 58704 جيجا واط ساعة، أما القطاع الزراعي هو الاقل استهلاكاً من بين جميع القطاعات خلال

الفترة 2010 إلى غاية 2021 (الهيئة العامة للإحصاء المملكة العربية السعودية ، 2021 جدول 11).

الشكل رقم 1: تطورات استهلاك الطاقة الكهربائية في قطاعات السعودية خلال الفترة 2010-2021 الوحدة

جيجا واط ساعة



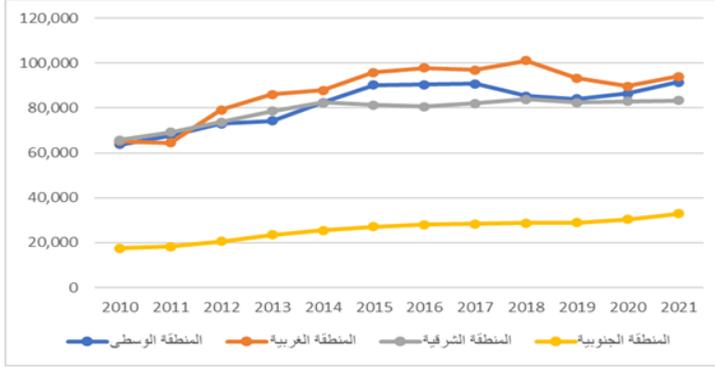
المصدر: من اعداد الباحثين (الهيئة العامة للإحصاء المملكة العربية السعودية، 2021 جدول 11)

3.3 تحليل استهلاك الطاقة الكهربائية حسب المناطق الأعمال:

يزيد استهلاك الطاقة الكهربائية من منطقة لأخرى حسب النشاطات والأعمال المتواجدة فيها حيث نجد في (الشكل 2) أربعة مناطق مصنفة حسب الاستهلاك الكهربائي لمناطق الأعمال والنشاطات.

تبين احصائيات استهلاك الطاقة الكهربائية لسعودية أن المناطق الغربية كانت الأكبر استهلاكاً حيث استهلكت 93920 جيجا واط ساعة في سنة 2021، ثم تليها المنطقة الوسطى باستهلاك قدره 91473 جيجا واط ساعة، ويرجع ذلك الارتفاع في هاتين المنطقتين إلى زيادة الأعمال والأنشطة، أما المناطق الجنوبية أقل استهلاكاً من المناطق الأخرى، حيث وصل استهلاكها إلى 32892 جيجا واط ساعة في سنة 2021، مما يرجع هذا الانخفاض إلى نقص عدد الأعمال والأنشطة (الهيئة العامة للإحصاء المملكة العربية السعودية، 2021 جدول 10).

الشكل رقم 2: استهلاك الطاقة الكهربائية حسب مناطق الأعمال في السعودية



المصدر: من اعداد الباحثين بناءً على (الهيئة العامة للإحصاء المملكة العربية السعودية، 2021 جدول 10)

4.3 محطات توليد الطاقة الكهربائية في السعودية:

تولد الطاقة الكهربائية من عدة محطات مختلفة وهذا حسب نوع كل محطة إذ نجد ان السعودية تركز وبشكل كبير على المحطات البخارية لإنتاج الكهرباء بالإضافة إلى المحطات الغازية ثم تليها وحدات الدورة المركبة التي تكون مزيج بين المحطة الغازية والمحطة البخارية، وهذا يدل على أن أغلب محطات توليد الطاقة الكهربائية مصدرها الموارد الناضبة (الهيئة العامة للإحصاء المملكة العربية السعودية ، 2021 جدول 6).

الشكل رقم 3: انتاج محطات توليد الشركة السعودية للكهرباء خلال الفترة 2010 الى غاية 2021



المصدر: من إعداد الباحثين بناءً على (الهيئة العامة للإحصاء المملكة العربية السعودية، 2021 جدول 6)

4. تطبيق منهجية بوكس وجنكيز لتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في السعودية: يعد المنهج القياسي من بين أهم المناهج المعتمدة بشكل كبير في أغلب المجالات خاصة في المجال الاقتصادي الذي شهد استعمال واسع للدراسات القياسية بغية الوصول إلى أفضل النماذج التي تساعد الباحثين ومتخذي القرار في رسم وإعطاء صورة لتخطيط المستقبلي حول استهلاك الطاقة الكهربائية، وهذا بالاستناد إلى نماذج التنبؤ التي تهدف من خلالها إلى التوصل للقيم المستقبلية اعتماداً على بيانات الفترات الماضية ضمن مجال الحدود الزمنية للدراسة.

1.4 الطريقة والأدوات القياسية المعتمد عليها في الدراسة:

ارتكزت الدراسة على سلسلة زمنية من سنة 1980 إلى سنة 2021 من أجل التنبؤ بالقيم المستقبلية لاستهلاك الطاقة الكهربائية في السعودية إلى غاية سنة 2030 بمنهجية بوكس وجنكيز، حيث اعتمدت الدراسة على متغيرين أساسيين يتمثلان في متغير استهلاك الطاقة الكهربائية Y (GWh) ومتغير الزمن T .

2.4 تطبيق منهجية بوكس جنكيز للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية خلال الفترة من 1980-2021:

1.2.4 تعريف منهجية بوكس وجنكيز: هي طريقة تطبيقية تعالج مختلف الظواهر الزمنية بشكل دقيقة بغية التوصل إلى نماذج محكمة تعتمد في تطبيقها على نماذج ذات ذاكرة قصيرة أي تصلح في التنبؤات قصيرة المدى، فمن بين شروطها هي الاستقرار حيث تكون السلسلة تتذبذب حول وسط حسابي ثابت وتباين مستقل عن الزمن، لأن خاصية استقرار تعتبر من أهم الخواص التي تعتمد على مجموعة من الاختبارات لمعرفة استقرار السلسلة من عدمه، ومن بين هذه الاختبارات التمثيل البياني والارتباط الذاتي واختبارات الجذر الأحادي (ميهوب، 2022، صفحة 181).

2.2.4 مراحل بوكس وجنكيز: تتمثل مراحل منهجية بوكس وجنكيز في مرحلة التعرف ومرحلة التقدير ومرحلة الاختبار والتشخيص وفي الأخير مرحلة التنبؤ (ساهد وقهوي، 2022، صفحة 499).

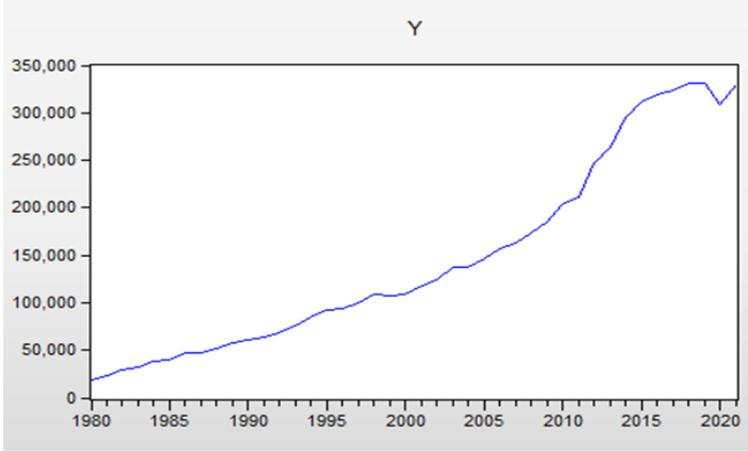
أولاً: مرحلة التعرف

في هذه المرحلة يتم الحكم على مدى استقرار السلسلة الزمنية من خلال التمثيل البياني لسلسلة والتعرف على مركبات السلسلة الزمنية فيما إذا كانت تحتوي على مركبة اتجاه العام أو مركبة موسمية أو

الدورية أو العشوائية بالإضافة إلى تحليل الارتباط الذاتي الجزئي والبسيط ثم تطبيق أحد اختبارات جذور الوحدة، والتي من بينها اختبار ADF, DF, KPSS, PH-P (دين وزرواط، 2019، صفحة 94).

- التمثيل البياني لسلسلة الزمنية لاستهلاك الكهرباء: تكمن الغاية من التمثيل البياني لسلسلة الزمنية في التعرف على مركبات السلسلة الزمنية فيما إذا كانت تحتوي على مركبة الاتجاه العام أو مركبة الفصلية أو مركبة الدورية أو مركبة العشوائية التي تجعل السلسلة في حالة عدم استقرار.

الشكل رقم 4: رسم بياني لسلسلة استهلاك الطاقة الكهربائية في السعودية من 1980-2021



المصدر: مخرجات برنامج Eviews نسخة 9

نلاحظ من الرسم البياني لسلسلة استهلاك الطاقة الكهربائية أنها في تزايد مستمر خلال فترة الدراسة، مما يدل مبدئياً إلى وجود اتجاه عام في السلسلة وبالتالي عدم استقرارها.

- اختبار معنوية معاملات الارتباط الذاتي البسيط (AC) **Auto correlation function (AC)** ودالة الارتباط الجزئية: **Partial correlation (PAC)** يوضح اختبار دالة الارتباط الذاتي الجزئي والبسيط للسلسلة مدى استقراريتها، حيث إذا كان معاملات الارتباط الذاتي ذات معنوية، أي تختلف عن الصفر فهي تقع خارج مجال الثقة نقول عن السلسلة غير مستقرة أما في حالة العكس نقول عن السلسلة أنها مستقرة.

الشكل رقم 5: دالة الارتباط الذاتي البسيط ودالة الارتباط الجزئي للسلسلة الاصلية قبل الفروقات

Correlogram of Y						
Date: 07/24/23 Time: 11:22						
Sample: 1980 2021						
Included observations: 42						
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
1		0.936	0.936	39.520	0.000	
2		0.876	-0.005	74.985	0.000	
3		0.800	-0.162	105.29	0.000	
4		0.718	-0.099	130.34	0.000	
5		0.634	-0.049	150.40	0.000	
6		0.548	0.061	165.79	0.000	
7		0.462	-0.050	177.05	0.000	
8		0.378	-0.038	184.82	0.000	
9		0.300	-0.030	190.82	0.000	
10		0.220	-0.030	193.27	0.000	
11		0.140	-0.030	195.21	0.000	
12		0.104	-0.025	196.16	0.000	
13		0.073	-0.026	196.50	0.000	
14		0.027	-0.026	196.55	0.000	
15		-0.015	-0.017	196.56	0.000	
16		-0.054	-0.040	196.77	0.000	
17		-0.082	-0.038	197.40	0.000	
18		-0.120	-0.025	198.52	0.000	
19		-0.161	-0.040	200.70	0.000	
20		-0.192	-0.035	203.81	0.000	

المصدر: مخرجات برنامج Eviews نسخة 9

يتضح من الشكل رقم 5 ان معاملات ارتباط الذاتي لها معنوية أي تختلف عن الصفر فهي تقع خارج مجال الثقة مما يدل على عدم استقرار السلسلة الزمنية ، حيث توضح السلسلة Y علاقتها بنفسها خلال الفترات السابقة في الارتباط الذاتي البسيط خلال الفترة $t-1=0,936$ الى غاية الفترة $t-8=0,378$ نجد أن معاملات الارتباط الذاتي تختلف عن الصفر فهي تقع خارج مجال الثقة مما يدل على عدم استقرار السلسلة، أما في دالة الارتباط الذاتي الجزئي عند الفترة $t-1=0,936$ نلاحظ ان معامل يختلف عن الصفر ويقع خارج مجال الثقة وهذا ما يؤكد عدم استقرار السلسلة محل الدراسة ،ويمكن استنتاج ذلك من قيم Prob ، فمن خلال مقارنة قيم Prob مع 5% نجد أن القيم كلها أقل من مستوى المعنوية وهذا ما يدل على ان السلسلة الزمنية غير مستقرة .

- اختبارات جذور الوحدة: تتعدد اختبارات جذور الوحدة من اختبار ADF و DF و KPSS و PH-P حيث يكون هدف منها هو معرفة احتواء السلسلة على جذر الوحدة من عدمه، فوجود جذر الوحدة يدل على عدم استقرار السلسلة من بين أشهر هذه الاختبارات وأكثرها استعمالا هو اختبار دكي فولير المطور والذي اعتمدنا عليه في دراستنا كونه يناسب حجم عينة الدراسة.

- اختبار **Augmented Dickey-Fuller (ADF)**: يعتبر اختبار ADF من اختبارات الجذر الوحدة كما ذكرنا سابقا، حيث يعتمد هذا الاختبار فيما إذا كان $P=1$ تحت فرضيتين هما:

قبول الفرضية الصفرية يدل على وجود جذر وحدوي ومنه الفرضية البديلة وبالتالي السلسلة غير

$$H_0: P = 1 \text{ مستقرة}$$

قبول الفرضية البديلة ورفض الفرضية الصفرية يدل على عدم وجود جذر الوحدوي ومنه السلسلة

$$H_0: P > 1 \text{ مستقرة}$$

نقارن إحصائية t المحسوبة مع t الجدولية في حالة وجود الحد الثابت أو اتجاه عام والحد الثابت، أو في حالة عدم وجود الحد الثابت واتجاه عام، أو من خلال مقارنة القيمة الحرجة مع مستوى المعنوية 5% (بن عزة واوبختي، 2019، صفحة 255).

نتائج هذا الاختبار ملخصة في الجدول التالي:

جدول رقم 1: ملخص اختبار ADF

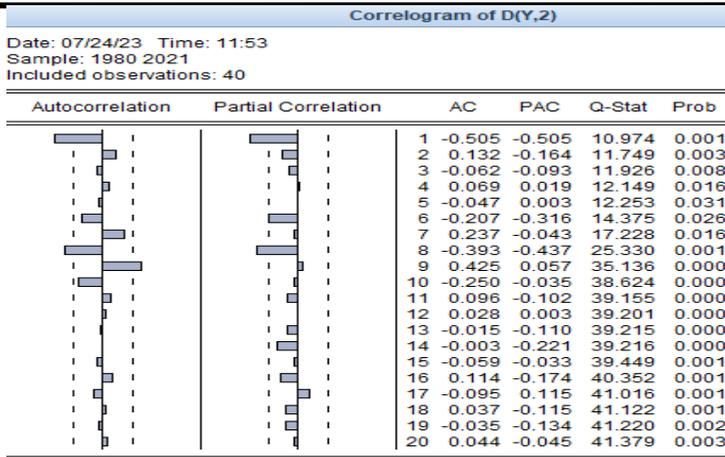
حالة النموذج	عند المستوى	الفرق الأول	الفرق الثاني
وجود القاطع	Prob=0.9988	Prob=0.1956	Prob=0.0017
وجود القاطع واتجاه العام	Prob=0.4412	Prob=0.6321	Prob=0.0109
عدم وجود القاطع واتجاه العام	Prob=0.9684	Prob=0.8142	Prob=0.000

المصدر: من اعداد الباحثين اعتمادا على مخرجات برنامج Eviews نسخة 9

يتوضح من الجدول رقم 1 ان السلسلة غير مستقرة في بداية الامر، وكذلك عند الفرق الأول لان $Prob > 0.05$ ، وبالتالي نقبل الفرضية الصفرية التي تنص على وجود جذر الوحدوي، اما عند الفرق الثاني نجد ان السلسلة مستقرة لان $Prob < 0.05$ وبالتالي قبول الفرضية البديلة التي تنص على عدم وجود جذر وحدوي.

- اختبار معنوية معاملات الارتباط الذاتي البسيط (AC) ودالة الارتباط الجزئية (PAC) بعد الفرق الثاني: يمكن تمثيل معاملات دالة الارتباط الذاتي البسيط والجزئي بعد الفرق الثاني لمعرفة إذا ما كانت السلسلة تساهم في تحديد درجة الانحدار الذاتي أي الفجوات الزمنية لدالة الارتباط الذاتي البسيط ودالة الارتباط الجزئي، بما ان السلسلة مستقرة من الدرجة الثانية يستوجب علينا حالياً تحديد كل من درجة $AR(P)$ و $MA(q)$.

الشكل رقم 6: دالة الارتباط الذاتي البسيط ودالة الارتباط الجزئي للسلسلة بعد الفرق الثاني



المصدر: مخرجات برنامج Eviews نسخة 9

نلاحظ من خلال الشكل رقم 6 ان هناك معاملات تختلف معنويًا على الصفر في دالة الارتباط الذاتي البسيط AC عددها 3 معاملات خارج مجال الثقة عند t-1 وعند t-8 وعند t-9، اما في دالة الارتباط الجزئي نجد معاملين خارج مجال الثقة عند t-1 و t-8 ومن هنا نقول أن السلسلة تميل إلى نموذج ARIMA. اعتمادًا على دالتي الارتباط فإن AR يمثل نموذج الانحدار الذاتي بينما MA يمثل نموذج متوسطات المتحركة ومن خلال تتبع عدد التأخيرات الظاهرة في السلسلتين السابقتين نجد أنه لدينا مجموعة من النماذج يتم المفاضلة بينها من خلال معيار المقارنة AIC، BIC، HQ وذلك باختبار الفجوات الزمنية المثلى و بتصغير المعايير السابقة كما هو موضح في الجدول التالي:

الجدول رقم 2: اختبار النموذج الملائم حسب معايير المفاضلة

ARMA Criteria Table

Model	LogL	AIC*	BIC	HQ
(2,6)(0,0)	-417.921262	20.377203	20.790934	20.528852
(1,4)(0,0)	-421.332840	20.396802	20.686414	20.502956
(0,5)(0,0)	-421.581882	20.408661	20.698273	20.514815
(6,4)(0,0)	-416.809989	20.409999	20.906477	20.591978
(7,5)(0,0)	-414.638339	20.411349	20.990573	20.623658
(0,8)(0,0)	-418.814908	20.419758	20.833488	20.571406
(4,7)(0,0)	-415.963834	20.426849	20.964699	20.623993
(6,1)(0,0)	-420.015776	20.429323	20.801680	20.565806
(4,6)(0,0)	-417.123971	20.434475	20.930952	20.616453
(2,4)(0,0)	-421.330061	20.444289	20.775273	20.565608
(1,5)(0,0)	-421.331216	20.444344	20.775328	20.565663
(6,7)(0,0)	-414.333079	20.444432	21.065029	20.671905
(3,7)(0,0)	-417.372659	20.446317	20.942794	20.628296
(8,2)(0,0)	-417.379949	20.446664	20.943141	20.628643
(1,7)(0,0)	-419.450051	20.450002	20.863733	20.601651
(1,6)(0,0)	-420.453253	20.450155	20.822513	20.586639
(0,4)(0,0)	-423.469323	20.450920	20.699159	20.541909
(8,5)(0,0)	-414.489967	20.451903	21.072499	20.679376
(7,4)(0,0)	-416.570534	20.455740	20.993590	20.652883
(4,4)(0,0)	-419.667986	20.460380	20.874111	20.612029
(1,2)(0,0)	-424.771632	20.465316	20.672181	20.541140

المصدر: مخرجات برنامج Eviews نسخة 9

من خلال اختبار تحديد الفجوة الزمنية المثلى نجد أن النموذج (0 0) (2 6) يحتوي على أقل قيم لمعايير ثلاثة سالفة الذكر وأكبر قيمة Log L مما ينص على أنه أفضل نموذج.

ثانيا: مرحلة تقدير معاملات النموذج المختار

بعد التعرف على النموذج الأفضل والأكثر توافقا وتحديد الدرجتين (p, q)، تأتي مرحلة تقدير النموذج والموضحة كما يلي:

الجدول رقم 3: النموذج المقدر

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	7271.697	2994.024	2.4268957	0.02030
AR(1)	-1.801492	0.3124251	-2.7564839	0.00693
AR(2)	-0.917492	0.37160741	-0.0957821	0.92943
MA(1)	2.174505	37.160741	0.057822	0.9778
MA(2)	1.850157	23.102541	0.0614527	0.9514
MA(3)	1.843597	65.32534	0.028345	0.97257
MA(4)	1.401171	45.57822	0.030742	0.97257
MA(5)	0.375500	15.58451	0.024101	0.9805
SIGMASQ	33583248	1.66E+09	0.020265	0.9840
R-squared	0.578928	Mean dependent var	7558.034	
Adjusted R-squared	0.450581	S.D. dependent var	8041.592	
S.E. of regression	5664.575	Akaike info criterion	20.97419	
Sum squared resid	1.39E+09	Schwarz criterion	21.29513	
Log likelihood	-417.9207	Hannan-Quinn criter.	21.02637	
F-statistic	4.735728	Durbin-Watson stat	1.944329	
Prob(F-statistic)	0.000524			
Inverted AR Roots	-.90-.33i	-.90+.33i	-.46	-.62-.57i
Inverted MA Roots	.45-.79i	.45+.96i		

المصدر: مخرجات برنامج Eviews نسخة 9

ثالثا: مرحلة اختبار وتشخيص النموذج

نتأكد في هذه المرحلة من مصداقية النموذج من الناحية المعنوية الكلية من خلال اختبار فيشر او بمقارنة القيمة الحرجة مع مستوى المعنوية 5%، بالإضافة إلى ذلك نتأكد من المعنوية الجزئية للمقدرات باختبار t او مقارنة القيم الحرجة للمقدرات مع 15 نتأكد من معامل التحديد R^2 وتحليل بواقي السلسلة (قريشي ومخلفي، 2022، صفحة 75).

- اختبار المعنوية الجزئية والكلية لنموذج الدراسة: نجد في اختبار المعنوية الإحصائية الجزئية لنموذج أن هناك مقدرات ذات دلالة إحصائية لان القيمة الحرجة اقل من مستوى معنوية 5% أي أننا نرفض فرضية العدم ونقبل الفرضية البديلة، أما عن اختبار المعنوية الكلية للنموذج نجد أن القيمة الحرجة لاحصائية فيشر أقل من مستوى المعنوية، مما يدل على ان النموذج ذو دلالة إحصائية ومنه نرفض فرضية العدم ونقبل الفرضية البديلة التي تنص على ان النموذج ذو معنوية.

- اختبار معامل التحديد R^2 : قدرت القوة التفسيرية للنموذج بنسبة 57% وهي معتبرة، اما عن النسبة المتبقية 43% تفسرها عوامل اخرى لم تدرج في النموذج.

- تحليل دالة الارتباط الذاتي البسيط والجزئي لسلسلة البواقى: نتأكد في هذه الخطوة من مدى استقرار سلسلة البواقى، فإذا كانت معاملات الارتباط الذاتي تقع جميعها داخل مجال الثقة نقول على أن سلسلة البواقى مستقرة، أما إذا كانت خارج مجال الثقة تكون السلسلة غير مستقرة، مما يشكل مشكلة على النموذج المختار سابقاً.

الشكل رقم 7: دالة الارتباط الذاتي البسيط والجزئي لسلسلة البواقى

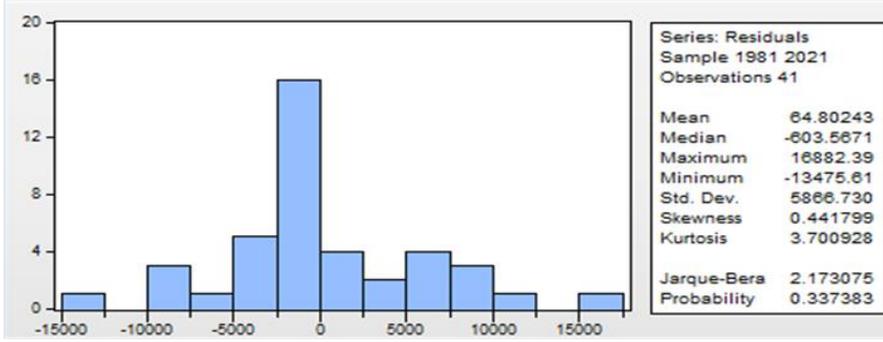
Correlogram of Residuals						
Date: 07/25/23 Time: 01:24						
Sample: 1980 2021						
Included observations: 41						
Q-statistic probabilities adjusted for 8 ARMA terms						
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.004	0.004	0.0006	
		2	0.025	0.025	0.0279	
		3	0.050	0.049	0.1420	
		4	0.009	0.008	0.1461	
		5	-0.105	-0.108	0.6893	
		6	-0.033	-0.036	0.7431	
		7	-0.068	-0.064	0.9840	
		8	-0.169	-0.160	2.5162	
		9	0.117	0.129	3.2718	0.070
		10	-0.071	-0.071	3.5574	0.169
		11	-0.019	-0.014	3.5791	0.311
		12	0.084	0.072	4.0049	0.405
		13	-0.041	-0.086	4.1087	0.534
		14	-0.094	-0.086	4.6825	0.585
		15	0.005	-0.023	4.6844	0.698
		16	-0.025	-0.046	4.7295	0.786
		17	-0.091	-0.038	5.3364	0.804
		18	0.053	0.017	5.5542	0.851
		19	-0.025	-0.026	5.6057	0.898
		20	0.142	0.169	7.3011	0.837

المصدر: مخرجات برنامج Eviews نسخة 9

من خلال الشكل أعلاه نجد أن سلسلة البواقى مستقرة لأن معاملات الارتباط الذاتي تقع داخل مجال الثقة، كذلك نجد أن القيمة الاحتمالية أكبر من مستوى الدلالة 5% من أجل الفجوة الزمنية $k=20$ وهذا يعني ان سلسلة البواقى تتميز بتباين ثابت.

- اختبار التوزيع الطبيعي لسلسلة البواقى: للتوزيع الطبيعي عدة اختبارات ولعل من أشهرها اختبار Jaque-bear الذي يعتمد على معاملين هما معامل الالتواء Skewness ومعامل التفلطح Kurtosis إذا كانت إحصائية Jaque-bear أكبر من القيمة المحدولة لتوزيع كاي تربيع بدرجة حرية 2 ونسبة معنوية 5% نقول ان السلسلة لا تتبع توزيع طبيعي (شيخي، 2011، صفحة 219) ، أما إذا كانت قيمة جاك بيرا اقل من القيمة المحدولة فإنها تتبع توزيع طبيعي او من خلال مقارنة قيمة (JB) Probability مع مستوى المعنوية 0,05 حيث اذا كانت القيمة الاحتمالية المرفقة لإحصائية جاك بيرا (JB) Probability أكبر من 0,05 نقبل فرضية التوزيع الطبيعي ونقول عن السلسلة انها تتوزع توزيع طبيعي.

الشكل رقم 8: اختبار التوزيع الطبيعي للبواقى

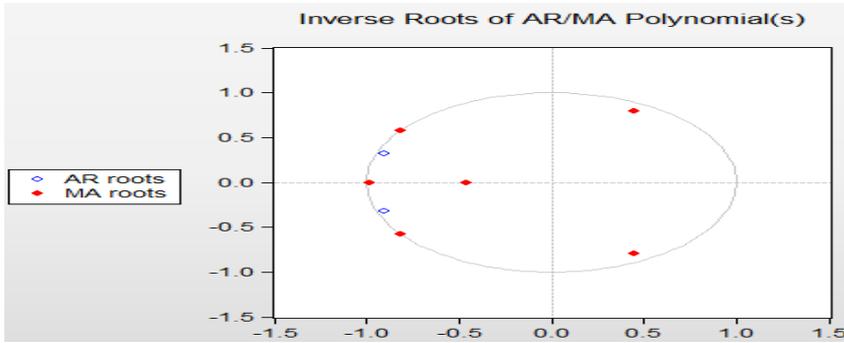


المصدر: مخرجات برنامج EViews 9

من خلال الشكل أعلى أن القيمة الاحتمالية لجناك بيرا $Probability (JB) = 0,337$ أكبر من مستوى المعنوية $0,05$ وعليه بواقى النموذج تتبع التوزيع الطبيعي، ومنه حوصلة هذه المرحلة تؤكد على أن النموذج المقدر قابل للتنبؤ بالقيم المستقبلية لاستهلاك الطاقة الكهربائية.

- جذور كثير الحدود المميز: من خلال اختبار مقلوب جذور كثير الحدود المميز للنموذج المقدر يتضح مدى استقرار النموذج، ففي حالة وجود جذور النموذج داخل الدائرة الأحادية فهذا يدل على ان النموذج المختار مناسب لتنبؤ (قرشي ومخلفي، 2022، صفحة 81).

الشكل رقم 9: نتائج جذور كثير الحدود للنموذج



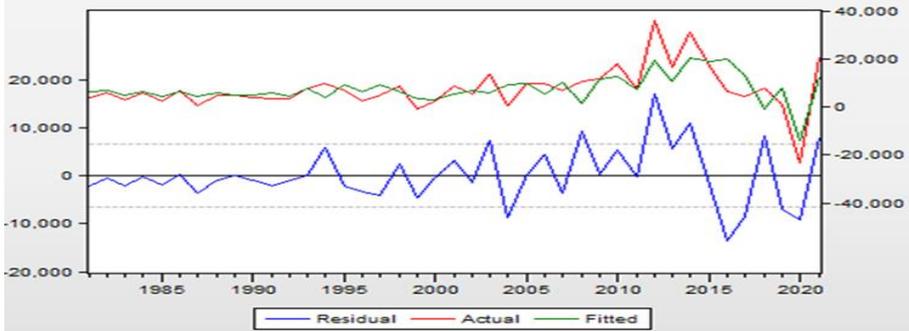
المصدر: مخرجات برنامج EViews نسخة 9

يوضح الشكل رقم 9 جذور كثير الحدود المميز للنموذج حيث نلاحظ ان جميع جذور النموذج تقع داخل الدائرة الأحادية مما يؤكد ان النموذج المقدر مستقر.

رابعاً: التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية من سنة 2022 إلى غاية 2030

بعد الانتهاء من عملية تشخيص واختبار النموذج المقدر (ARIMA (2 2 6)، تأتي مرحلة التنبؤ التي تعد آخر مرحلة في منهجية بوكس وجنكيز المستخدمة (بن عزة واوبختي، 2019، صفحة 252)، والتي تهدف من خلالها إلى إيجاد سلسلة القيم المستقبلية لاستهلاك الكهرباء ومعرفة مدى تطابق وتناسق القيم السابقة مع السلسلة الجديدة.

الشكل رقم 10: التمثيل البياني لكمية المستهلكة من الطاقة الكهربائية لسلسلة الحقيقية والمتوقعة وسلسلة البواقي



المصدر: مخرجات برنامج Eviews نسخة 9

يوضح الشكل رقم 10 تمثيل السلسلة الأصلية والمتوقعة وسلسلة البواقي، حيث نجد ان السلسلة المتوقعة تتبع مسار السلسلة الأصلية تقريبا، مما يدل على دقة وجودة النموذج المستعمل في التنبؤ.

الجدول رقم 4: القيم التنبؤية من سنة 2022 إلى سنة 2030

Y	YF	Y
2008	174236.0	174236
2009	186092.0	186092
2010	204273.0	204273
2011	221149.5	221149.5
2012	224765.5	224765.5
2013	295083.0	295083
2014	295083.0	295083
2015	310088.5	310088.5
2016	318604.0	318604
2017	323066.0	323066
2018	330566.0	330566
2019	331574.0	331574
2020	330834.0	330834
2021	313583.0	313583
2022	310640.5	310640.5
2023	311782.5	311782.5
2024	337378.5	337378.5
2025	337904.5	337904.5
2026	347004.5	347004.5
2027	350040.5	350040.5
2028	350040.5	350040.5
2029	350040.5	350040.5
2030	350040.5	350040.5

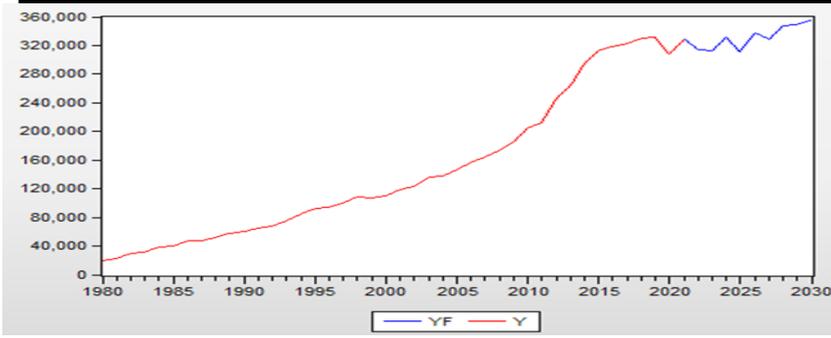
المصدر: مخرجات برنامج Eviews نسخة 9

يبين الجدول أعلاه القيم التنبؤية لاستهلاك الطاقة الكهربائية خلال الفترة من سنة 2022 إلى

غاية 2030 ويمكن تمثيل هذه القيم التي تم التنبؤ بها في الشكل التالي:

الشكل رقم 11: التمثيل البياني للكمية المستهلكة من الطاقة الكهربائية للسلسلة

فتيحة بن سعدي واخرون



المصدر: مخرجات برنامج Eviews نسخة 9

نلاحظ من الشكل أعلاه أن استهلاك الطاقة الكهربائية في تزايد مستمر، ويرجع هذا التزايد إلى الزيادة في عدد المشتركين وفي احتياجات مختلف القطاعات، خاصة القطاع السكني والصناعي، لأنه بعد تحليل استهلاك القطاعات وجدنا أن القطاع السكني هو الأكبر استهلاكاً، كما يعود سبب الاستهلاك المتزايد إلى عدم ترشيد استهلاك الكهرباء.

الخاتمة:

لمنهجية بوكس وجنكيز دور فعال في عملية التنبؤ بالقيم المستقبلية التي تعطي صورة واضحة وغير متحيزة حول كمية المستهلكة من الطاقة الكهربائية في السعودية إلى غاية 2030، ومن خلال الدراسة النظرية والتطبيقية توصلنا إلى النتائج التالية:

- السلسلة الزمنية لاستهلاك الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية خلال الفترة الممتدة ما بين 1980-2021 مستقرة عند الفرق الثاني وهذا بعد إجراء مختلف اختبارات الاستقرار عليها.

- أظهرت نتائج التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية أن نموذج $ARIMA(2,2,6)$ هو الملائم لتنبؤ حيث وجدنا تناسق بين قيم السلسلة الأصلية والسلسلة الجديدة وهذا ما يؤكد صحة النموذج المختار.

- الكمية الإنتاجية للكهرباء في تزايد مستمر وهذا ما يدل على تزايد في خطوط امدادات الطاقة الكهربائية من أجل تغطية الطلب والاحتياجات والذي سيقابله استهلاك متزايد في السنوات القادمة وهذا ما أظهرته نتائج التنبؤ.

- احتل القطاع السكني نصيب الأكبر من استهلاك الكهرباء حيث شهد تزايد مستمر من سنة لسنة أخرى ويعود سبب ذلك الى التزايد المستمر في عدد المشتركين، وعند تحليل استهلاك القطاعات وجدنا أن قطاع السكني الأكثر استهلاكاً ثم يليه قطاع الصناعي وهذا يدل على أهمية الكهرباء في القطاعين.

- عند تحليل المصادر التي تعتمد عليها السعودية في إنتاج الطاقة الكهربائية خلصنا الى انها تتركز بشكل كبير على الموارد الناضبة التي يتم استخدامها في المحطات البخارية والغازية والدورية المركبة التي تستعمل الوقود والغاز كمصدر اولي من أجل الحصول على كهرباء وتلبية الاحتياجات.

التوصيات: بناء على نتائج الدراسة، يمكننا تقديم التوصيات التالية:

- العمل على تنويع مصادر الأولية لإنتاج الكهرباء دون الاكتفاء بالمصادر الناضبة لأن المصادر البديلة أقل كلفة وأكثر استدامة.
- تنمية الطاقات المتجددة والتشجيع عليها باعتبارها طاقات نظيفة من شأنها ان تحافظ على البيئة.
- تحسين كفاءة إنتاج الكهرباء من خلال استعمال تقنيات أفضل لتجنب الضياع في عمليات النقل وفي خطوط الامداد لشبكات الكهربائية.

قائمة المراجع:

1. الهيئة العامة للإحصاء المملكة العربية السعودية. (2021). تاريخ الاسترداد 07 08, 2023، من <https://www.stats.gov.sa/1042> احصاءات الطاقة الكهربائية:
2. خالد سهلي ، و احمد رمزي صياغ. (2022). واقع تعريفه سعر الكهرباء الموجه للقطاع العائلي في الجزائر مديرية امتياز توزيع الكهرباء والغاز ورقلة. المجلة الجزائرية للتنمية الاقتصادية، 09(02)، 135-148.
3. سماح ميهوب . (2022). دراسة قياسية تنبؤية لإنتاج الطاقة الكهرباء من الطاقة النووية باستخدام منهجية بوكس جنكيز دراسة حالة فرنسا. مجلة العلوم الانسانية والاجتماعية، 08(03)، 171-191.
4. سميرة بن عمورة، و ناجي بن حسين . (2021). اثر استهلاك الطاقة الكهربائية على تحقيق البعد الاجتماعي للتنمية المستدامة في الجزائر للفترة 2018-2000. مجلة نماء للاقتصاد والتجارة، 5(2)، 73-77.
5. سميرة مومن ، و الطيب الوافي . (2021). دور مشروعات الطاقات المتجددة في تعزيز إنتاج الطاقة الكهربائية بالجزائر. مجلة دراسات في الاقتصاد وادارة الاعمال، 04(01)، 463-482.
6. عبد القادر ساهد ، و حسن قهوي. (2022). التهجين بين شبكة دالة الاساس الشعاعية RBFN ونماذج ARIMA في التنبؤ باستهلاك الكهرباء في الجزائر للفترة 1980-2019. مجلة وحدة البحث في تنمية الموارد البشرية، 17(02)، 495-514.

7. عبد الله خبابه، صهيب خبابه، و احمد كعرار. (2013). تطوير الطاقات المتجددة بين الاهداف الطموحة وتحديات التنفيذ دراسة حالة برنامج التحول الطاقوي لمانيا. مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية(10)، 43-57.
8. عماد تكواشت . (2012). واقع وافاق الطاقة المتجددة و دورها في التنمية المستدامة في الجزائر(رسالة ماجستير). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، باتنة: الحاج لخضر.
9. محمد بن عزة ، و نصيرة اوبختي . (2019). التنبؤ بالطالب العائلي على الطاقة الكهربائية في الجزائر الى غاية 2025 باستعمال منهجية بوكس و جنكيز. مجلة الاستراتيجية والتنمية، 09(03)، 242-262.
10. محمد شيخي. (2011). طرق الاقتصاد القياسي محاضرات و تطبيقات. عمان (الاردن): دار الحامد.
11. مختارية دين ، و فاطمة الزهراء زرواط. (2019). التنبؤ بالطاقة الكهربائية المنتجة عن طريق الطاقة الشمسية في الجزائر باستخدام منهجية بوكس جينكيز. المجلة الجزائرية للعملة والسياسات الاقتصادية، 10، 87-109.
12. وفاء قريشي ، و امينة مخلفي. (2022). نمذجة الطلب العائلي على الكهرباء والتنبؤ به في ولاية ورقلة باستخدام Box-Jenkins. مجلة اداء المؤسسات الجزائرية(ABPR)، 11(01)، 71-88.