نمذجة وتحليل السلاسل الزمنية لإنتاج القضبان والأسياخ في الشركة الليبية للحديد والصلب خلال الفترة الممتدة من سنة 1988 إلى سنة 2024، باستخدام برنامج EViews10

أحمد إبراهيم الغصري[1]
جامعة مصراتة - كلية الهندسة، مصراتة، ليبيا
farhoodyahmed@gmail.com

د. عمر ابراهيم اعزوزة[2]
جامعة مصراتة - كلية الهندسة، مصراتة، ليبيا

استلمت الورقة بتاريخ 2025/07/05، وقبلت بتاريخ 2025/07/28 ونشرت بتاريخ 2025/07/29

الكلمات المفتاحية: السلاسل الزمنية، نموذج ARIMA، التنبؤ، الشركة الليبية للحديد والصلب، EViews10.

الملخص

تم في هذه الدراسة تحليل السلسلة الزمنية لإنتاج منتج القضبان والأسياخ في الشركة الليبية للحديد والصلب خلال الفترة الممتدة من سنة 1988 إلى سنة 2024، باستخدام برنامج EViews 10، وذلك بهدف بناء نموذج تنبؤي يعتمد على البيانات التاريخية لتقدير الإنتاج المستقبلي. بعد سلسلة من اختبارات الاستقرارية والتحول إلى الفرق الأول، تم تحديد نموذج ARIMA(1,1,1) كأفضل نموذج ملائم لتمثيل السلسلة، اعتمادًا على معايير مثل معيار أكايك (AIC) ومعامل التحديد المعدل. أظهرت النتائج قدرة النموذج على تتبع سلوك السلسلة بدقة، حيث تمكّن من تمثيل الاتجاه العام للبيانات والتذبذبات التي مرت بها خلال العقود الثلاثة الماضية، بما في ذلك الانخفاضات الحادة التي صاحبت فترات الأزمات الاقتصادية أو التحديات الإنتاجية. عند تطبيق النموذج لإجراء التنبؤ للفترة من 2026 حتى 2049، أظهرت النتائج اتجاهًا تصاعديًا تدريجيًا في حجم الإنتاج، وهو ما يعكس احتمال تحسن الأداء الإنتاجي مستقبلاً، بافتراض استقرار الظروف الاقتصادية والتشغيلية.
إلا أن الرسم البياني لفترات الثقة عند ±2 انحراف معياري أظهر اتساعًا كبيراً في الهوامش مع التقدم في الزمن، مما يشير إلى ارتفاع درجة عدم اليقين كلما ابتعدنا عن الفترة الحالية. وهذا يؤكد أن نتائج التنبؤ تكون أكثر موثوقية على المدى القصير منها على المدى الطويل.
توصلت الدراسة إلى أن نماذج ARIMA يمكن أن تشكل أداة فعالة لتحليل وتوقع الإنتاج الصناعي في قطاع الحديد والصلب، شريطة تحديث النموذج بشكل دوري. ودمجه بتحليل نوعي يأخذ في الحسبان المتغيرات الخارجية غير الكمية التي قد تؤثر على دقة التنبؤات.

1. مقدمة:

تُعد التنبؤات المستقبلية من الركائز الأساسية في البحث العلمي، خاصة عند دراسة الظواهر التي تتأثر بعوامل زمنية واقتصادية معقدة. ومن هذا المنطلق، تبرز أهمية استخدام النماذج الإحصائية الحديثة لتقدير القيم المستقبلية لبيانات الإنتاج الصناعي، بما يساهم في تحسين القرارات الإدارية والتخطيطية. وتُعد السلاسل الزمنية من الأساليب التحليلية الفعالة التي تعتمد على تتبع القيم التاريخية للمتغير محل الدراسة من أجل تحديد الاتجاهات والأنماط المستقبلية.

في هذا الإطار، يهدف هذا البحث إلى دراسة وتحليل السلسلة الزمنية الخاصة بإنتاج "القضبان والأسياخ" في ليبيا، وذلك في إطار بيانات الشركة الليبية للحديد والصلب الواقعة بمدينة مصراتة. وتهدف الدراسة إلى تحديد خصائص السلسلة الزمنية ومدى استقرارها، ثم تطبيق نموذج ARIMAكأداة لتوقع الإنتاج المستقبلي بناءً على البيانات المتوفرة خلال السنوات الماضية.

ويُعد اختيار هذا المنتج بالذات نابعًا من أهميته الاقتصادية كونه من أكثر المنتجات استخدامًا في قطاع البناء والتشييد محليًا، ويُساهم بشكل مباشر في دعم الاقتصاد الوطني. كما أن توفر بيانات إنتاجه بشكل منتظم يتيح إمكانية بناء نموذج تنبؤي أكثر دقة وموثوقية. ويُتوقع أن تساهم نتائج هذا التحليل في دعم متخذي القرار داخل الشركة، من خلال توفير أدوات كمية للتخطيط الإنتاجي والتسويقي على أسس علمية، بما يساعد في تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل الهدر، ويساهم في مواجهة التحديات السوقية بكفاءة أكبر [12].

الدراسات السابقة:

لقد تناولت العديد من الدراسات السابقة موضوع النمذجة والتنبؤ بالسلاسل الزمنية باستخدام نماذج ARIMA في مختلف القطاعات الاقتصادية والصناعية .وفيما يلي استعراض لأبرز هذه الدراسات ذات الصلة بموضوع البحث الحالي:

1. دراسة Al-Douri و Al-Amri (2021) بعنوان "Forecasting the Production of Ready-Mixed Concrete in Iraq Using Time Series Models" (التنبؤ بإنتاج الخرسانة الجاهزة في العراق باستخدام نماذج السلاسل الزمنية :(هدفت هذه الدراسة إلى نمذجة والتنبؤ بالكميات الشهرية لإنتاج الخرسانة الجاهزة في العراق

farhoodyahmed@gmail.com

باستخدام بيانات من عام 2010 إلى 2019. استخدم الباحثون منهجيةARIMA ، وبعد إجراء اختبارات الاستقرارية وتحديد الرتب المناسبة من خلال تحليل دالة الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي(PACF) ، توصلوا إلى أن نموذج ARIMA(1,1,1)هو الأنسب لتمثيل السلسلة. أظهرت نتائج الدراسة دقة عالية للنموذج في التنبؤ بالإنتاج المستقبلي، مما يؤكد على فعالية نماذج ARIMA في نمذجة بيانات الإنتاج في القطاع الصناعي الإنشائي.

2. دراسة Adebiyi وآخرون (2014) بعنوان "Stock Price Prediction Using the ARIMA Model" التنبؤ بأسعار الأسهم باستخدام نموذج :(ARIMA طبقت هذه الدراسة نماذج ARIMA للتنبؤ بالأسعار المستقبلية لأسهم شركات كبرى مثل Nokia و .Zenith Bank قام الباحثون بتحليل السلاسل الزمنية لأسعار الإغلاق اليومية، وبعد التأكد من عدم استقرار السلاسل الأصلية وأخذ الفروق لجعلها مستقرة، تم اختبار عدة نماذج .ARIMA أظهرت النتائج أن نماذج ARIMA يمكن أن تكون أداة فعالة وموثوقة للتنبؤ قصير الأجل في الأسواق المالية المتقلبة، مما يبرهن على قوة النموذج في التعامل مع السلاسل الزمنية المالية التي تشترك في بعض الخصائص مع بيانات الإنتاج الصناعي من حيث التقلب وعدم الاستقرار.
3. دراسة Fatai وآخرون (2002) بعنوان "Forecasting Nigeria's Crude Oil Production Using ARIMA Models")التنبؤ بإنتاج النفط الخام في نيجيريا باستخدام نماذج :(ARIMA ركزت هذه الدراسة على نمذجة والتنبؤ بإنتاج النفط الخام في نيجيريا، وهو قطاع حيوي ومتقلب. استخدم الباحثون بيانات الإنتاج السنوية وقاموا بتطبيق منهجية بوكس-جنكنز. بعد تحليل البيانات، وجدوا أن السلسلة غير مستقرة وتتطلب أخذ الفروق مرة واحدة .(d=1) النموذج النهائي الذي تم تحديده كأفضل نموذج هو .ARIMA(1,1,1)نجح النموذج في تقديم تنبؤات دقيقة للإنتاج، مما يسلط الضوء على قابلية تطبيق نماذج ARIMA بنجاح على بيانات الإنتاج السنوية في قطاعات الطاقة والصناعات الثقيلة.
4. دراسة Paul (2013) بعنوان "Forecasting of Indian major commercial crops production through ARIMA model")التنبؤ بإنتاج المحاصيل التجارية الرئيسية في الهند من خلال نموذج :(ARIMA تناولت هذه الدراسة تطبيق نماذج ARIMA للتنبؤ بإنتاج عدد من المحاصيل الزراعية التجارية في الهند. تم استخدام بيانات الإنتاج السنوية لفترة طويلة، وبعد تحليل كل سلسلة على حدة، تم بناء نماذج ARIMA مناسبة لكل محصول. أثبتت الدراسة أن نماذج ARIMA توفر إطاراً قوياً للتنبؤ بالإنتاج الزراعي، والذي يتأثر بعوامل متعددة ويظهر تقلبات كبيرة. نجاح المنهجية في هذا القطاع يعزز من فكرة أن ARIMA أداة مرنة يمكن تكييفها لنمذجة أنواع مختلفة من سلاسل الإنتاج، سواء كانت زراعية أو صناعية.

مشكلة الدراسة:

تُعد الظواهر الزمنية الصناعية، مثل إنتاج القضبان والأسياخ، من المجالات التي تتسم بالتغيرات المستمرة نتيجة لتقلبات السوق المحلي والعالمي، بالإضافة إلى عوامل العرض والطلب والتكلفة والإنتاج. وفي ظل هذه الديناميكية، تبرز إشكالية التنبؤ بحجم الإنتاج المستقبلي بدقة وموثوقية، خاصة في غياب استقرار واضح في القيم الزمنية السابقة. وتزداد أهمية هذه الإشكالية في ظل حاجة الشركة الليبية للحديد والصلب بمصراتة لتخطيط عملياتها الإنتاجية بشكل ينسجم مع الواقع الاقتصادي المحلي والطلب المتوقع. لذا تسعى الدراسة إلى معالجة هذه الإشكالية من خلال استخدام منهج علمي يعتمد على تحليل السلاسل الزمنية والنمذجة الإحصائية لتقدير اتجاهات الإنتاج المستقبلية.

هدف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف التالية:

1. تحليل السلسلة الزمنية لإنتاج القضبان والأسياخ في الشركة الليبية للحديد والصلب بمصراتة خلال فترة زمنية محددة، والتأكد من خصائصها من حيث الاستقرار والتقلبات.
2. تطبيق نموذج ARIMA لتقدير القيم المستقبلية للإنتاج بناءً على البيانات التاريخية، من خلال تحديد القيم المثلى لمكونات النموذج (AR, I, MA).
3. تقديم تنبؤات كمية دقيقة تساعد في دعم اتخاذ القرار داخل الشركة، سواء فيما يتعلق بالتخطيط الإنتاجي أو إدارة الموارد أو التكيف مع متطلبات السوق المحلية.

أهمية الدراسة:

تبرز أهمية هذه الدراسة في كونها تقدم إطارًا علميًا ومنهجيًا لتحليل السلاسل الزمنية المتعلقة بإنتاج منتج صناعي استراتيجي يتمثل في "القضبان والأسياخ"، والذي يُعد من المواد الأساسية في قطاع الإنشاءات. وتأتي أهمية الدراسة من خلال تقديم نموذج تنبؤي يمكن أن يُستخدم في التخطيط المستقبلي لعمليات الإنتاج في الشركة الليبية للحديد والصلب بمصراتة، مما يساهم في رفع كفاءة الأداء وتقليل الهدر وتحسين الاستجابة للطلب. كما تسهم نتائج الدراسة في سد فجوة معرفية محلية من خلال توفير أدلة كمية تساعد في تعزيز قدرات الإدارة الصناعية على اتخاذ قرارات مبنية على أسس علمية.

تحليل السلاسل الزمنية:

يعبر عن السلسلة الزمنية بأنها مجموعة من القيم لظاهرة معينة تحدث خلال فترات زمنية محددة (t)، وتتبع هذه السلاسل أنماطاً معينة كـ (النمط المتزايد، والنمط المتناقص) [1]، وتكون السلاسل الزمنية على نوعين متصلة كـ(سلسلة

رسم القلب، سلسلة درجات الحرارة) ومتقطعة وهي السلاسل التي تكون قيمها مأخوذة من قراءات مثبته مسبقاً خلال فترات زمنية محدد قد تكون (أيام، أسابيع، أشهر، سنوات،...الخ) [2]، إن الفكرة الأساسية للسلاسل الزمنية وتحليلها تنطوي على تقدير أنموذج رياضي يمكنه أن يحاكي الواقع لأي ظاهرة بحيث يتمكن النموذج المقدر من توليد قيم مستقبلية تخمينه باعتماد أساس هو جعل الأخطاء المقدرة اقل ما يمكن وتمتلك توزيعاً طبيعياً ومستقلة إحصائياً خلال الزمن [3]، وعليه فإن دراسة أي ظاهرة خلال فترة زمنية محددة يجب أن تأخذ بنظر الاعتبار صفات تلك السلسلة (مستقرة، أم غير مستقرة) [3].

وعليه يقال للسلسلة الزمنية بأنها مستقرة إذا تحققت الشروط الآتية:

1- ثبات الأوساط الحسابية عبر الزمن:

$$E(X_t) = E(X_{t+1}) \dots = E(X_{t+k}) = \mu \dots\dots\dots (1)$$

2- ثبات التباينات عبر الزمن:

$$\begin{aligned} V(X_t) &= E[X_t - E(X_{t+1})]^2 \dots = V(X_{t+K}) \\ &= E[X_{t+k} - E(X_{t+k})]^2 \\ &= \sigma^2 \dots\dots\dots \end{aligned}$$

3- التباين المشترك بين أي قيمتين لنفس المتغير يعتمد على الفجوة الزمنية:

$$\begin{aligned} Cov(X_t, X_{t+k}) &= E[(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)] \\ &= Cov(X_{t+k}, X_{t+k+s}) \\ &= \gamma(k) \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

وعليه يمكن صياغة الفرضية الإحصائية التالية:

$$\begin{aligned} H_0: X_t &= Stationary \\ H_1: X_t &= NotStationary \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

ولكي يتم التحقق من الفرضية (4) من عدمها توجد هناك عدد من الاختبارات هي:

اختبارات التحقق من استقرارية السلسلة:

إن دراسة السلسلة الزمنية يتطلب في بادئ الأمر التحقق فيما إذا كانت السلسلة خلال الفترة الزمنية المبحوثة مستقرة أو غير مستقرة، وللتحقق يمكن اللجوء إلى استعمال الاختبارات الإحصائية وهي كما يلي [4]

1. **الرسم البياني:** وتعتبر أحد الوسائل المعتمدة في تحديد طبيعة السلسلة الزمنية (مستقرة أو غير مستقرة) من خلال ملاحظة تذبذبات السلسلة خلال الزمن لتحديد فيما إذا كان هناك اتجاهاً عاماً من عدمه، ولكن هذه الطريقة غير حاسمة في بعض الأحيان وعليه يتم اللجوء إلى اختبارات تعتمد في نتائجها على مقاييس إحصائية.
2. **اختبارات معنوية معاملات الارتباط:** يتم اختبار استقرارية السلسلة الزمنية باتجاهين الأول من خلال رسم معاملات الارتباط الذاتية Autocorrelation (AC) والجزئية Partial Autocorrelation (PAC) باعتماد التقديرات لتلك المعاملات والثاني هو تقدير إحصاءه Q_{-stat} التي تمتلك مستوى دلالة إحصائية (P-Value) فإذا كانت الأخيرة أقل من مستوى (5%) أي أنها تختلف جوهرياً عن (0) عندئذ ترفض H_0 أي أن السلسلة غير مستقرة.

$$\begin{aligned} H_0: \rho(k) &= 0; Stationary \\ H_1: \rho(k) &\neq 0; NotStationary \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

$$Q_{-stat} = n \sum_{k=1}^{m} \hat{\rho} k^2 \dots\dots\dots (6)$$

حيث أن: (n) حجم العينة، و(m) عدد الفجوات

$$\hat{\rho}(k) = \frac{\sum_{t=k+1}^{T}(X_t - \bar{X})(X_{t-1} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^{T}(X_t - \bar{X})^2};\ t = 1, 2, \dots, T \dots\dots\dots (7)$$

$$\rho(k) = \frac{\gamma_{(k)}}{\gamma_{(0)}} \dots\dots\dots (8)$$

حيث أن: (T) تمثل حجم العينة و(K) تمثل طول الفجوة الزمنية.

3. **اختبار دكي فولار الموسع Augmented Dickey Fuller test:** يعتبر اختبار دكي فولار من أهم اختبارات جذر الوحدة التي تبحث في استقرارية السلسلة من عدمها وأدقها، من خلال تحديد مركبة الاتجاه وتم تطويره في عام 1981 من قبل العام ديكي لغرض البحث في حالة وجود ارتباطات ذاتية بين الأخطاء ويرمز له Augmented Dickey-Fuller(ADF) ويتم تقدير إحصاءه باعتماد ثلاث نماذج [4]

- **النموذج العام:**

$$\nabla X_t = \lambda X_{t-1} - \sum_{j=2}^{p} \Phi_j \nabla X_{t-j+1} + \varepsilon_t \dots\dots\dots (9)$$

- **النموذج المقطعي (c):**

$$\nabla X_t = \lambda X_{t-1} - \sum_{j=2}^{p} \Phi_j \nabla X_{t-j+1} + c + \varepsilon_t \dots\dots\dots (10)$$

- **النموذج المقطعي (c) مع الاتجاه الزمني (b_t):**

$$\nabla X_t = \lambda X_{t-1} - \sum_{j=2}^{p} \Phi_j \nabla X_{t-j+1} + c + b_t + \varepsilon_t \dots\dots\dots (11)$$

إن الفرضية المعتمدة في الصيغ (9، 10، 11) هي:

$$H\_0: \lambda = 0 \; or \varphi = 1 \; (unitroot)$$
$$H1\_: \lambda \neq 0 \; or \varphi \neq 1 \; (notunitroot) \dots\dots\dots (12)$$

ففي حالة قبول الفرضية H_0 هذا دليل على أن السلسلة تعاني من جذر الوحدة (غير مستقرة)، علماً أن هناك اختبارات أخرى تستخدم في اختبارات الاستقرارية نذكر منها (KPSS, Phillips &Perron) [5].

عند ثبوت عدم استقرارية السلسلة تبعاً للاختبارات سابقة الذكر يجب أولاً معالجة البيانات من خلال اعتماد منهجية Box-Cox، فإذا كانت $X = (X_1, X_2, \dots, X_y)$ هي بيانات المتغير المراد تحويلها حسب منهجية Box-Cox باعتماد الصيغة التالية:

$$X_t^{\lambda} \begin{cases} \lambda - 1(X_t^{\lambda} - 1) & ; \lambda \neq 0 \\ \ln(Xt) & ; \lambda = 0 \end{cases} \dots\dots\dots (13)$$

حيث أن:

$$X_t^{\lambda} \sim N(\mu, \sigma^2 In) \; \& eN(0, \sigma^2)$$

جدول (1) بعض التحويلات حسب منهجية Box-Cox

$\lambda = -1$	$\lambda = -0.5$	$\lambda = 0$	$\lambda = 0.5$	$\lambda = 1 \dots$
$X_t^{-1} = \frac{1}{X_t}$	$X_t^{-0.5} = \frac{1}{\sqrt{X_t}}$	$\ln(X_t)$	$X_t^{0.5} = \sqrt{X_t}$	$X_t^{1} = X_t$

فحص التوزيع الطبيعي للبيانات:

بعد أجراء مراحل اختبار استقرارية السلسلة يجب التحقق من التوزيع الاحتمالي لتلك السلسلة وهل تمتلك خواص التوزيع الطبيعي، وعليه سيتم استخدام اختبار Jarque-Berra يعتمد هذا الاختبار يعتمد على معاملي (التفلطح) Kurtosis و(التناظر) Skewness [6]

$$J.B = n\left(\frac{\left(\sqrt{Sk}\right)^2}{6} + \frac{(Ku-3)^2}{24}\right) \dots\dots\dots (14)$$

حيث أن: (n) تمثل حجم العينة، (Ku) معامل التفلطح، (Sk) معامل التناظر، وبما أن $J.B \sim X^2_{0.05}(2) = 5.991$ وعليه يكون القرار برفض فرضية التوزيع الطبيعي إذا كانت قيمة $J.B$ المحسوبة أكبر من القيمة الجدولية أو ملاحظة قيمة (P-Value) إذا كانت أقل من (0.05)، إضافة إلى ذلك إذا كانت قيمة معامل $(Ku \leq 3)$ فهذا يعني أن التفلطح الاحتمالي كفوء وأن التباينات لا تعاني من أي مشكلة. [4].

النموذج المختلط ARIMA(p,d,q):

يُعد النموذج المختلط ARIMA (p,d,q) من نماذج السلال الزمنية التي تستهدف دراسة أي ظاهرة تحدث خلال فترة زمنية باعتماد ثلاث محددات رئيسية [7] .

1. تحديد الرتبة (p) وهي رتبة نموذج الارتباط الذاتي AR (p).
2. تحديد الرتبة (d) التي تشير إلى رتبة الفرق المستخدم لتحقيق استقرارية السلسلة.
3. تحديد الرتبة (q) وهي رتبة نموذج الأوساط المتحركة MA (q).

نموذج الارتباط الذاتي Autoregressive Model:

وهو من نماذج السلاسل الزمنية الخطية التي تعتمد على المشاهدة X التي تفسر من خلال متوسط الترجيح للمشاهدات الماضية باعتماد رتبة تباطأ (P) ويرمز له بالرمز AR (p) [7]

$$Xt = \Phi_0 + \Phi_1 Xt - 1 + \Phi_2 Xt - 2 + \dots + \Phi_p Xt - p + \varepsilon_t$$
$$= \Phi_0 + \sum_{j=1}^{p} \Phi_j X_{t-j} + \varepsilon_t \dots\dots\dots (15)$$

حيث أن:

X_t: متغير السلسلة عند الزمن (t).
X_{t-i} ; $i = 1, 2, \ldots, p$: متغيرات السلسلة عند التباطأت $t - i$.
ε_t: حد الخطاء عند الزمن t.

نموذج المتوسط المتحرك Moving Average Model:

نموذج الأوساط المتحركة تعتبر من نماذج السلاسل الزمنية الخطية إذ تكون المشاهدة X من السلسلة الزمنية مفسرة بواسطة الأوساط المرجحة للأخطاء العشوائية، والصيغة التالية تمثل معادلة النموذج [8].

$$Xt = \varepsilon_t + \theta_1\varepsilon_{t-1} + \theta_2\varepsilon_{t-2} + \cdots + \theta_q\varepsilon_{t-q}$$
$$= \sum_{j=1}^{q} \theta_j\varepsilon_{t-j} \ldots (16)$$

نماذج الانحدار الذاتي (الوسط المتحرك) Autoregressive & Moving Average Models:

إن دراسة السلاسل الزمنية في كثير من حالاتها لا يمكن دراستها من خلال نموذج AR (p) أو نموذج MA (q) بصورة مستقلة وإنما من خلال الخلط بينهما والسبب يعود إلى أن السلسلة تحمل صفات النموذجين معاً وهذا ما يطلق عليه بنموذج ARMA (p, q)، والصيغة التالية تمثل شكل معادلة النموذج [9].

$$X_t = \Phi_0 + \sum_{j=1}^{p} \Phi_j X_{t-j} + \varepsilon_t - \sum_{j=1}^{q} \theta_j\varepsilon_{t-j} \ldots (17)$$

منهجية بوكس-جنكنز Box-Jenkins Methodology:

تعد منهجية بوكس جنكنز احدى الطرق الشائعة في تحليل نماذج ARIMA للسلسلة الزمنية بعد التحقق من استقراريتها، حيث تمتاز هذه المنهجية عن الطرائق الأخرى من خلال قدراتها على النمذجة والتنبؤ من خلال اعتماد مراحل أساسية هي (تحديد رتبة النموذج، التقدير، التشخيص، ومن ثم التنبؤ) [10].

1. تحديد رتبة النموذج Identification:

في هذه المرحلة يتم تحديد الرتبة (p, q) لنموذج ARMA بعد اختبار دالة معاملات الارتباط الذاتي والجزئي للسلسلة فإذا كانت السلسلة غير مستقرة يتم عندئذ يتم اخذ الفروق الأول والثاني حتى تصبح السلسلة مستقرة عند الرتبة (d) لنحصل على نماذج ARIMA (p, d, q)[11].

2. التقدير Estimating:

بعد تحديد رتبة النماذج يتم تقدير معالم النماذج المقدرة باعتماد احدى طرق التقدير طريقة الإمكان الأعظم أو طريقة المربعات الصغرى الاعتيادية.

3. تشخيص النموذج Diagnostic Model:

بعد تقدير النماذج يتم تشخيصها من خلال تقدير البواقي للنماذج المقدرة لكي يتم اختيار أفضلها من حيث تمثيلها للبيانات، ويتم ذلك من خلال تقدير معامل الارتباط الذاتي (AC) ومعامل الارتباط الجزئي (PAC) فإذا كان رسم معاملات الارتباط يقع جمعها ضمن فترة الثقة (95%) فهذا دليل على ملائمة النموذج لأغراض التنبؤ، كما توجد معايير أخرى يمكن استعمالها لغرض فحص النموذج نذكر منها [11]:

- **معيار اكاكي Akalie Information Criteria (AIC):** يُعد هذا المعيار الأكثر استعمالاً للمقارنة بين النماذج، ويعطى بالعلاقة التالية:

$$AIC = \hat{\sigma}2 \exp\left\{2\frac{(p+q)}{T}\right\} \ldots\ldots\ldots (18)$$

حيث إن كلا من (p, q) تشير إلى عدد معالم النموذج المقدر.

- **معيار شوارز Bayesian Information Criterion (BIC):** اقترح شوارز في عام (1979) معيار (BIC) لتحقيق خصائص تقاربية في عملية المقارنة بين النماذج، ويعطى بالعلاقة التالية:

$$BIC = \ln(\hat{\sigma}^2) + \left(\frac{p+q}{T}\right) \times \ln(T) \ldots\ldots\ldots (19)$$

- **متوسط مربعات الخطأ Mean- Square Error (MSE):** ويعطى وفقاً للعلاقة التالية:

$$MSE = \sum_{t-1}^{T} (e_t)^2 \ldots\ldots\ldots (20)$$

يكون أساس التفضيل بين النماذج المقدرة على أساس أصغر قيمة للمعايير أعلاه، كما يجدر الإشارة إلى أن هناك معايير أخرى للتفضيل منها (معيار لجونك بوكس Ljung-Box، معيار حنان Hannan-Quinn).

2. الجانب العملي

نبذة عن الشركة الليبية للحديد والصلب:

تُعدّ الشركة الليبية للحديد والصلب، ومقرها في مدينة مصراتة، من أبرز الشركات الصناعية في ليبيا وشمال إفريقيا. تأسست عام 1979 وبدأت الإنتاج في 1989، وتغطي منشآتها مساحة 1,200 هكتار. تعتمد الشركة على تقنية الاختزال المباشر باستخدام الغاز الطبيعي المحلي، بطاقة تصميمية تصل إلى 1.7 مليون طن من الصلب السائل سنويًا.

تُعتبر القضبان والأسياخ من أبرز منتجات الشركة، حيث تُنتج في مصانع درفلة متخصصة تشمل أربعة خطوط، بالإضافة إلى مصنع "القضبان 2" الذي دُشّن في نوفمبر 2018 بطاقة إنتاجية تبلغ 800,000 طن سنويًا. تتراوح مقاسات القضبان بين 8 و40 ملم، وتُستخدم بشكل واسع في مشاريع البناء والبنية التحتية داخل ليبيا وخارجها. تتميز هذه المنتجات بجودتها العالية، مما يجعلها مطلوبة في الأسواق الإقليمية، حيث تم تصدير كميات كبيرة إلى دول مثل إيطاليا وألبانيا ومصر.

تسعى الشركة إلى تعزيز مكانتها من خلال خطط توسعية لزيادة الطاقة الإنتاجية إلى أكثر من 4 ملايين طن سنويًا، مع التركيز على الجودة والتنافسية في الأسواق المحلية والدولية.

تم تطبيق هذه الورقة على الشركة الليبية للحديد والصلب انطلاقا من أهمية هذه الشركة باعتبارها مفصلا حيويا من مفاصل الدولة في مجالات صناعة الحديد والصلب، لكي يتكامل البحث من الناحية البحثية تم استخدام نماذج السلاسل الزمنية المختلفة (ARIMA) للتوصل إلى أفضل نموذج يمكن من خلاله توليد قيم تنبؤيه بحجم الإنتاج.

تم جمع بيانات سنوية حول حجم الإنتاج هي (حجم الإنتاج المحقق في كل سنة لمنتج القضبان والأسياخ بخطوط الدرفلة) المتحققة خلال السنوات (1988-2024) أي بواقع (37) مشاهدة.

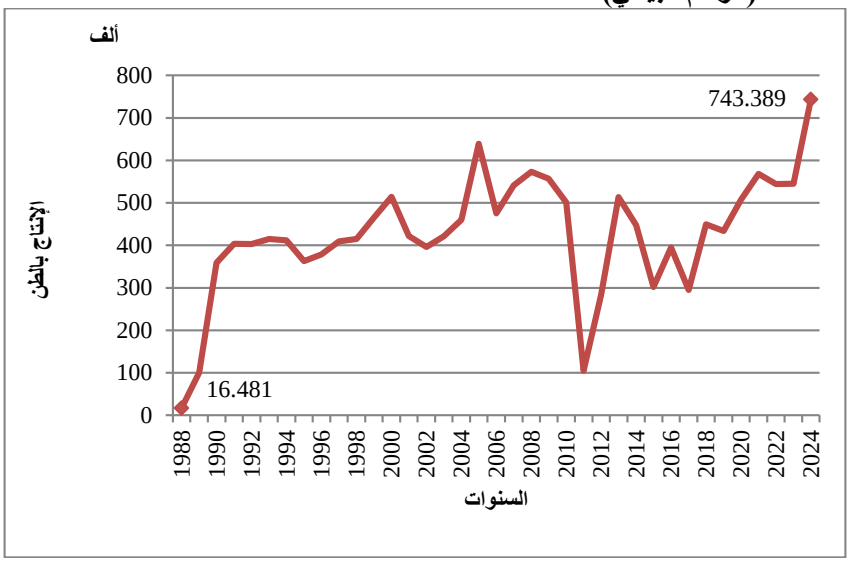
جدول (2) الإنتاج الخاص بالقضبان والأسياخ في الشركة الليبية للحديد والصلب (سنة/طن)

السنة	الإنتاج بالطن	السنة	الإنتاج بالطن	السنة	الإنتاج بالطن
1988	16481	2000	514132	2012	284334
1989	100382	2001	421742	2013	513811
1990	358981	2002	396357	2014	447826
1991	403394	2003	421134	2015	301842
1992	403056	2004	460495	2016	395100
1993	414987	2005	639028	2017	294965
1994	411616	2006	475347	2018	449586
1995	363101	2007	541342	2019	433886
1996	378682	2008	573168	2020	506995
1997	409397	2009	557185	2021	568098
1998	415201	2010	501261	2022	544257
1999	465160	2011	104867	2023	544840
				2024	743389

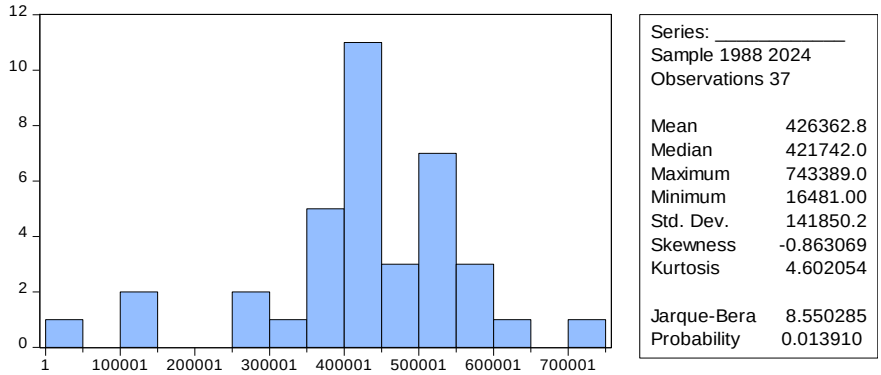
المصدر الشركة الليبية للحديد والصلب

التحليل الاستكشافي واختبار الاستقرارية

التحليل البصري للسلسلة (الرسم البياني)



شكل (1) حجم الإنتاج السنوي للقضبان والأسياخ



شكل (2) التوزيع التكراري السنوي لحجم إنتاج القضبان والأسياخ في الشركة الليبية للحديد والصلب خلال الفترة (1988–2024) مع اختبار Jarque-Bera للتحقق من التوزيع الطبيعي.

يتضح من الرسم البياني أن إنتاج القضبان والأسياخ يعاني من عدم استقراريه زمنية واضحة، حيث تتفاوت القيم السنوية للإنتاج بشـــكل ملحوظ على مدى الفترة الزمنية الممتدة من عام 1988 حتى 2024. ويُعزى هذا التذبذب إلى عدم ثبات المتوسطات الحسابية للإنتاج عبر الزمن، ما يشير إلى أن السلسلة الزمنية لا تتبع نمطًا خطيًا أو نمط نمو منتظم.

فمن جهة، نلاحظ فترات من النمو المتصـــاعد (مثل ما حدث بين 1990 و2005)، تتبعها فترات انخفاض حاد (خاصـــة بين 2010 و2012)، وهو ما يعكس تأثر الإنتاج بعوامل خارجية محتملة مثل الظروف السياسية والاقتصادية، أو الأعطال الفنية، أو نقص المواد الخام والطاقة. ومن جهة أخرى، فإن القيم المتطرفة في بعض الســـنوات (كالذروة في 2024) تعكس تباينات واضحة حول متوسط الإنتاج العام، مما يدل على وجود تقلبات كبيرة حول القيمة المتوسطة.

هذه المؤشرات تدعو إلى ضرورة اختبار استقرارية السلسلة الزمنية باستخدام اختبارات إحصائية مثل اختبار "ADF"، قبل تطبيق أي نموذج تنبؤي، لضمان دقة النتائج المستخلصة.

اختبار استقرارية السلسلة (اختبار دكي فولار الموسع)

اختبار دكي فولار الموسع:

جدول (3) نتائج اختبار ADF لفحص الاستقرارية السلسلة

Null Hypothesis Augmented Dickey-Fuller test statistic	t(stat)	p-value
ADF-test statistic	-3.71783	0.0339
Test critical Values	level	t
	1%	-3.71783
	5%	3.446546
	10%	1.225667

النتيجة الأساسية:

- القيمة الاحتمالية (Prob) = 0.0339 < 0.05.
- هذا يعني أننا نرفض الفرضية الصفرية (أن السلسلة تحتوي على جذر وحدة = غير مستقرة).
- إذًا السلسلة الزمنية مستقرة (Stationary) عند المستوى الأول (بعد الفرق الأول).

وبمعنى آخر أن:

- القيمة الإحصـــائية للاختبار (t-Statistic) = -3.717832 وهي أقل من القيم الحرجة عند 1%، 5%، و10%. مما يدعم رفض الفرضية الصفرية (وجود جذر وحدة).
- تم استخدام فرق واحد (D) للسلسلة لتحقيق الاستقرار، كما يظهر من المتغير D(Variable).
- بناءً على اختبار ADF، فإن السـلسـلة الزمنية لبيانات إنتاج القضـبان والأسـياخ أصـبحت مسـتقرة بعد الفرق الأول، ويمكن استخدام نماذج ARIMAلاحقًا (مثل ARIMA (1,1,1) أو حسب ما يتطلب النموذج).

بناء نموذج ARIMA

تبرير اختيار النموذج:

"تم اختيار نموذج المتوسط المتحرك المتكامل ذاتي الانحدار (ARIMA) في هذه الدراسة نظراً لقدرته المثبتة في نمذجة وتحليل السلاسل الزمنية أحادية المتغير، والتي تتناسب مع طبيعة بيانات إنتاج القضبان والأسياخ المتاحة. يوفر نموذج ARIMAإطاراً تحليلياً قوياً وواضحاً لتحديد مكونات السلسلة الزمنية (الارتباط الذاتي، المتوسطات المتحركة، ودرجة التكامل)، وتقديم تنبؤات موثوقة بناءً على السلوك التاريخي للسلسلة نفسها، وهو ما يتوافق مع أهداف البحث.

أما فيما يتعلق بالنماذج البديلة التي تم أخذها في الاعتبار:

- **نموذج الانحدار الذاتي المتجه :(VAR)** يتطلب هذا النموذج وجود عدة سلاسل زمنية مترابطة (متغيرات داخلية) لنمذجة العلاقات الديناميكية المتبادلة بينها. ونظراً لأن هذه الدراسة تركز على تحليل ونمذجة سلسلة إنتاج واحدة، فإن تطبيق نموذج VAR لم يكن مناسباً ضمن نطاق البحث الحالي، حيث لا تتوفر بيانات تاريخية متزامنة لسلاسل زمنية أخرى (مثل أسعار المواد الخام أو مؤشرات اقتصادية) يمكن إدراجها كمتغيرات داخلية في النموذج.
- **النماذج غير الخطية مثل :(LSTM)** تُعد نماذج الشبكات العصبية مثل الذاكرة طويلة المدى القصيرة (LSTM) من التقنيات المتقدمة في تحليل السلاسل الزمنية، خاصة في التعامل مع الأنماط غير الخطية المعقدة. ومع ذلك، فإن تطبيق هذه النماذج يتطلب بيئات برمجية متخصصة ومكتبات تعلم عميق (Deep Learning Libraries) غير متاحة بشكل مباشر ضمن حزمة برنامج EViews 10 المستخدم في هذا التحليل. علاوة على ذلك، فإن دمج هذه النماذج كان سيتطلب توسيعاً كبيراً في نطاق الدراسة ومنهجيتها، مما قد يتجاوز الأهداف الأساسية المحددة للبحث.

لذلك، تم التركيز على نموذج ARIMA لتقديم تحليل معمق وموثوق لسلسلة الإنتاج المحددة. ومع ذلك، فإن استكشاف النماذج غير الخطية مثلLSTM ، وكذلك النماذج متعددة المتغيرات مثل VAR (في حال توفر بيانات إضافية)، يمثلان اتجاهات بحثية مستقبلية واعدة يمكن أن تُبنى على نتائج هذه الدراسة".

وذلك لغرض الحصول على تنبؤات واقعية يجب تطبيق عدد من الإجراءات والاختبارات على بيانات السلسلة لكي نتمكن من تحديد النموذج المناسب والأفضل.

تحديد نموذج ARIMA المناسب:

لكي يتم تحديد النموذج المناسب تم اتباع الخطوات التالية:

تحديد قيم P,q باستخدام ACF,PACF:

بناءً على استقرارية السلسلة بعد الفرق الأول (d=1) ووجود ارتباط ذاتي في الفترات الأولى، يُقترح استخدام نموذج ARIMA. يتم تحديد القيم المثلى لـــــp وq بتحليل مخططات ACF وPACF، حيث يشـير انحدار ACFالبطيء وقطع PACF بعد lag1 إلى ARIMA (1,1,0) كخيار أولي.

تقدير النموذج وتدريبه:

"لضمان موثوقية النموذج وتجنب مشكلة الإفراط في الملاءمة(Overfitting) ، تم اتباع منهجية صارمة لتقسيم البيانات والتحقق من صحة النموذج. تم تقسيم كامل السلسلة الزمنية المتاحة (1988-2024) إلى مجموعتين منفصلتين:

1. **مجموعة التدريب :(In-Sample Data)** وتشمل البيانات من عام 1988 إلى نهاية عام 2020. تم استخدام هذه المجموعة حصراً لتقدير معلمات نموذج ARIMA وتدريبه.
2. **مجموعة الاختبار :(Out-of-Sample Data)** وتشمل البيانات من عام 2021 إلى نهاية عام 2024. تم حجب هذه المجموعة عن عملية التدريب واستخدامها لاحقاً كفترة اختبار لتقييم قدرة النموذج على التنبؤ ببيانات جديدة لم يرها من قبل.

إن هذا الإجراء يعالج بشكل مباشر أهمية التحقق من أداء النموذج على المدى القصير قبل تعميمه لعمل تنبؤات على أفق زمني طويل (حتى عام 2049). فمن خلال تقييم دقة تنبؤات النموذج على فترة الاختبار (2021-2024)، يمكن الحصول على مؤشر موضوعي لمدى جودة النموذج في التقاط الأنماط الحقيقية للسلسلة الزمنية. وبناءً على هذا التقييم الإيجابي، يمكن حينها الثقة في النموذج لاستخدامه في التنبؤ المستقبلي".

اختبارات التشخيص على البواقي :

- **حساب معامل الارتباط الذاتي:**

رسم نتائج معاملات الارتباط الذاتي ACوالجزئيPACلسلسلة الإنتاج.

Date: 05/17/25 Time: 15:20
Sample: 1988 2024
Included observations: 37

	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.454	0.454	8.2525	0.004
2	0.109	-0.122	8.7422	0.013
3	0.070	0.089	8.9484	0.030
4	0.059	0.001	9.1026	0.059
5	0.036	0.009	9.1619	0.103
6	-0.040	-0.076	9.2378	0.161
7	-0.108	-0.072	9.7940	0.201
8	-0.013	0.088	9.8018	0.279
9	-0.098	-0.174	10.300	0.327
10	-0.129	0.000	11.184	0.343
11	-0.147	-0.106	12.378	0.336
12	-0.207	-0.125	14.848	0.250
13	-0.069	0.109	15.133	0.299
14	0.116	0.136	15.978	0.315
15	0.099	0.007	16.625	0.342
16	0.029	-0.045	16.685	0.406
17	-0.068	-0.091	17.013	0.453
18	-0.044	-0.017	17.162	0.512
19	-0.032	-0.076	17.245	0.573
20	-0.102	-0.060	18.126	0.579
21	-0.050	0.041	18.348	0.627
22	0.131	0.159	20.003	0.583
23	0.256	0.200	26.771	0.266
24	0.079	-0.175	27.467	0.283
25	-0.047	0.008	27.731	0.320
26	0.021	0.073	27.787	0.369
27	0.066	-0.015	28.417	0.390
28	0.036	-0.035	28.625	0.432
29	0.024	-0.013	28.730	0.479
30	-0.041	-0.076	29.070	0.514
31	-0.066	-0.058	30.126	0.511
32	-0.134	-0.076	35.334	0.314
33	-0.154	-0.004	43.926	0.097
34	-0.150	0.002	54.679	0.014
35	-0.210	-0.068	86.408	0.000
36	-0.179	-0.110	132.84	0.000

شكل (3) رسم نتائج معاملات الارتباط الذاتي والجزئي لسلسلة الإنتاج

مؤشر الاستقرارية عبر اختبار Ljung-Box (Q-Stat وProb):

ننظر إلى عمود Prob، فإذا كانت الاحتمالات (p-values) أقل من 0.05 في الأجزاء الأولى (كما هو الحال في lags 1، 2، و3)، فهذا يعني وجود ارتباط ذاتي معنوي، أي أن السلسلة تعتمد على القيم السابقة بشكل غير عشوائي.

وهذا ما يُشير إليه الجدول في الفترات الأولى:

$$Lag1: p = 0.004$$
$$Lag2: p = 0.013$$
$$Lag3: p = 0.019$$

هذه دلالة قوية على عدم الاستقرارية.

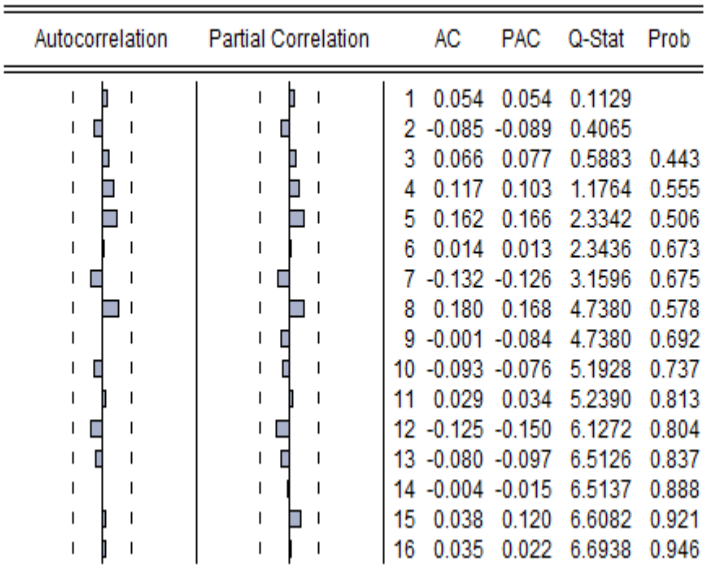
بناءً على النتائج المقدمة في الجداول الأربعة لنماذج ARMA، يمكن مقارنة أداء النماذج بناءً على المعايير التالية: R-squared، Adjusted R-squared، Akaike Info Criterion (AIC)، Schwarz Criterion، وجذر متوسط مربعات الأخطاء (S.E. of regression):

جدول (4) تحديد نموذج ARIMA المناسب

النموذج (p,d,q)	R-squared	Adjusted R-squared	AIC	Schwarz Criterion	S.E of R	ملاحظات
ARIMA (1,1,1)	0.33695	0.276672	26.35695	26.53111	1206417.	معنويان جزئياً (للثابت Porb< 0.05 MA (1), AR (1) - R-squared, sigmasq) أعلى بين النماذج
ARIMA (2,1,1)	0.33539	0.274971	26.35924	26.53335	1207835.	(MA1) أكثر معنوية (Prob = 0.0012) أداء مشابه للنموذج الأول ولكن مع تعقيد أعلى (AR2)
ARIMA (1,1,0)	0.014051	-0.045703	26.36141	26.49337	1232216.	AR/MA لا معنوية لمعاملات (prob> 0.05) (سلبي R-squared) الأسوأ أداء وفقاً لمعايير التفسير
ARIMA (0,1,1)	0.033279	-0.025310	26.34363	26.47559	1220141.	MA (1) غير معنوي (prob = 0.2868)(1,1,0)أداء ضعيف لكنه أفضل قليلاً

" للتأكد من جودة وملاءمة نموذج(ARIMA(1,1,1 ، تم إجراء اختبارات التشخيص على بواقي النموذج. يوضح الشكل (4) مخطط الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) للبواقي، بالإضافة إلى نتائج اختبار Ljung-Box Q-statistic.يتضح من الشكل أن جميع معاملات الارتباط الذاتي والجزئي تقع ضمن حدود الثقة، كما أن جميع قيم الاحتمالية (Prob) لاختبار Ljung-Box Q-statistic أكبر من مستوى الدلالة 0.05. هذه النتائج تؤكد عدم وجود ارتباط ذاتي في البواقي، وأنها تمثل ضوضاء بيضاء، مما يشير إلى أن النموذج المختار جيد ومناسب للبيانات وقادر على تقديم تنبؤات موثوقة".

Sample: 1988 2024
Included observations: 36
Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA terms



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.054	0.054	0.1129	
		2	-0.085	-0.089	0.4065	
		3	0.066	0.077	0.5883	0.443
		4	0.117	0.103	1.1764	0.555
		5	0.162	0.166	2.3342	0.506
		6	0.014	0.013	2.3436	0.673
		7	-0.132	-0.126	3.1596	0.675
		8	0.180	0.168	4.7380	0.578
		9	-0.001	-0.084	4.7380	0.692
		10	-0.093	-0.076	5.1928	0.737
		11	0.029	0.034	5.2390	0.813
		12	-0.125	-0.150	6.1272	0.804
		13	-0.080	-0.097	6.5126	0.837
		14	-0.004	-0.015	6.5137	0.888
		15	0.038	0.120	6.6082	0.921
		16	0.035	0.022	6.6938	0.946

شكل (4) رسم نتائج معاملات الارتباط الذاتي والجزئي لسلسلة الإنتاج

مقاييس تقييم أداء النموذج

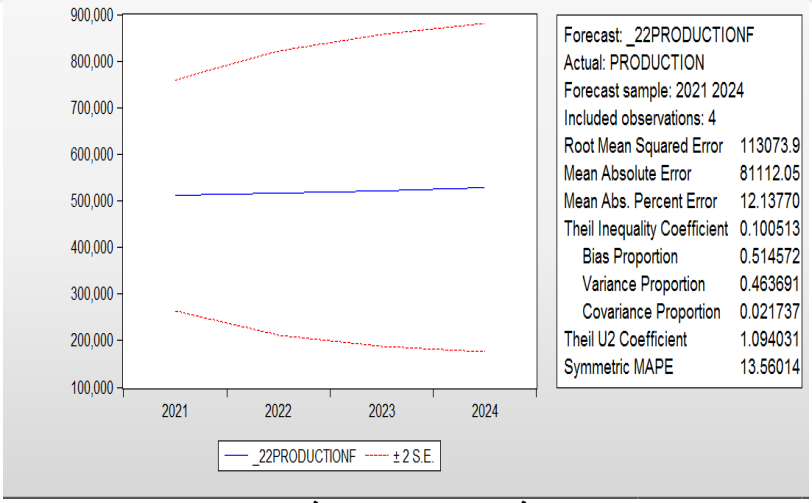
"لتقييم أداء نموذج ARIMA بشكل كمي ودقيق، تم مقارنة القيم التي تنبأ بها النموذج بالقيم الفعلية للإنتاج خلال فترة الاختبار (2021-2024). تم استخدام مجموعة من مقاييس الخطأ المعيارية والمعروفة في مجال تحليل السلاسل الزمنية، والتي كانت نتائجها كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول (5): نتائج تقييم أداء نموذج ARIMA على فترة الاختبار(2021-2024)

القيمة	الرمز	المقياس(Metric)
113073.9	RMSE	جذر متوسط مربع الخطأ
81112.05	MAE	متوسط الخطأ المطلق
12.14%	MAPE	متوسط نسبة الخطأ المطلق

تُظهر النتائج أن النموذج يتمتع بقدرة تنبؤية جيدة، حيث بلغ متوسط نسبة الخطأ المطلق (MAPE) حوالي 12.14%، مما يعني أن متوسط الانحراف بين التنبؤات والقيم الفعلية يقع في نطاق مقبول. هذه المؤشرات الكمية توفر دليلاً قوياً على صحة وموثوقية النموذج المطور، وتدعم استخدامه في توليد التنبؤات المستقبلية".

ويوضح الشكل أدناه مقارنة مرئية بين القيم المتوقعة والقيم الفعلية خلال فترة الاختبار، بالإضافة إلى ملخص لمؤشرات الخطأ كما تم حسابها بواسطة برنامج.EViews10



شكل (5): تقييم تنبؤات نموذج ARIMA على فترة الاختبار"(2021-2024)

تحديد أفضل نموذج:

1. ARMA (1,1,1) هو الأفضل للأسباب التالية:

- أعلى R-squared وAdjusted R-squared (0.336 و0.276 على التوالي).
- معاملات AR (1) وMA (1) ذات دلالة إحصائية جزئية (Prob. < 0.05 للثابت وSIGMASQ).
- أقل AIC (26.35695) مقارنة بمعظم النماذج الأخرى، مما يشير إلى توازن أفضل بين الدقة والتعقيد.

2. النموذج البديل: ARMA (2, 1, 1)

- أداء مشابه لـ (1,1,1) لكن مع تعقيد أعلى (إضافة AR (2) غير ضرورية).

ملاحظات إضافية:

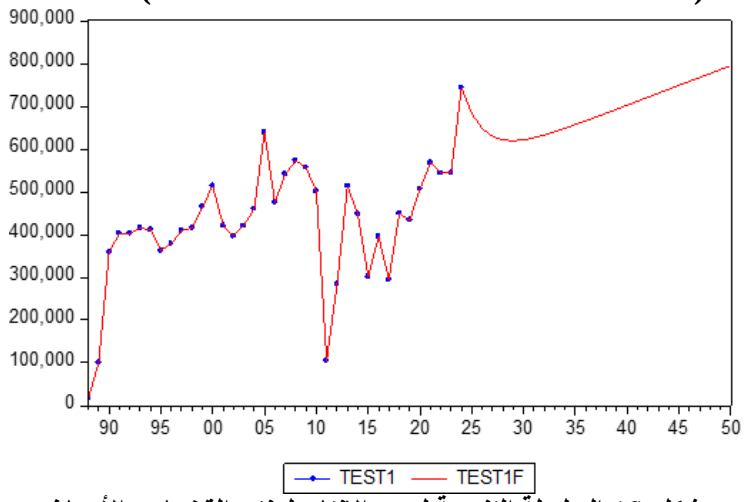
- النماذج (1,1,0) و (0,1,1) أداؤها الاحصائي ضعيف بسبب:
- R-squaredمنخفض أو سلبي، مما يشير إلى فشل النموذج في تفسير التباين في البيانات.
- معاملات AR/MAغير معنوية (Prob. > 0.05).
- SIGMASQمعنوي في جميع النماذج، مما يؤكد وجود تغير كبير في التباين.

التنبؤ بحجم الإنتاج لمنتج القضبان والأسياخ في الشركة الليبية للحديد والصلب

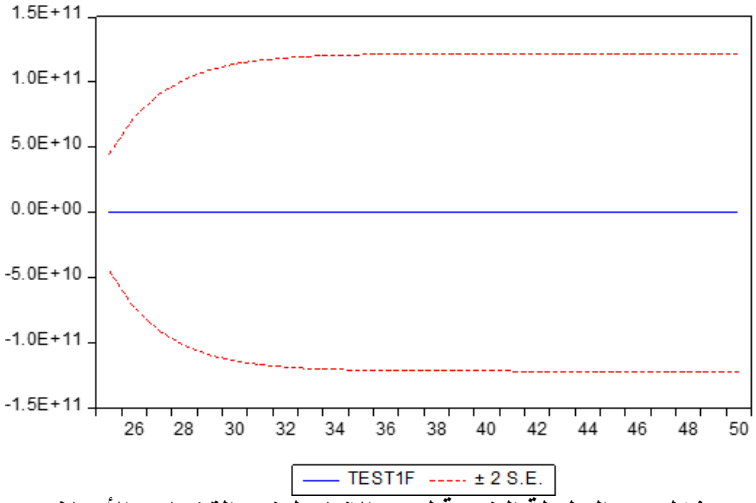
جدول (6) حجم الإنتاج المتوقع لمنتج القضبان والأسياخ

السنة	الإنتاج	السنة	الإنتاج	السنة	الإنتاج
2025	682985.4	2035	657490.8	2040	702892.5
2026	648233	2036	666342.2	2041	712146.5
2027	629691.9	2037	675358.3	2042	721417.1
2028	621396.2	2038	684478.6	2043	730698.2
2029	619575.5	2039	693664.7	2044	739986
2030	621847	2035	657490.8	2045	749277.9
2031	626704.8	2036	666342.2	2046	758572.5
2032	633197	2037	675358.3	2047	767868.8
2033	640722.2	2038	684478.6	2048	777166.1
2034	648900.2	2039	693664.7	2049	786464.1
				2050	795762.6

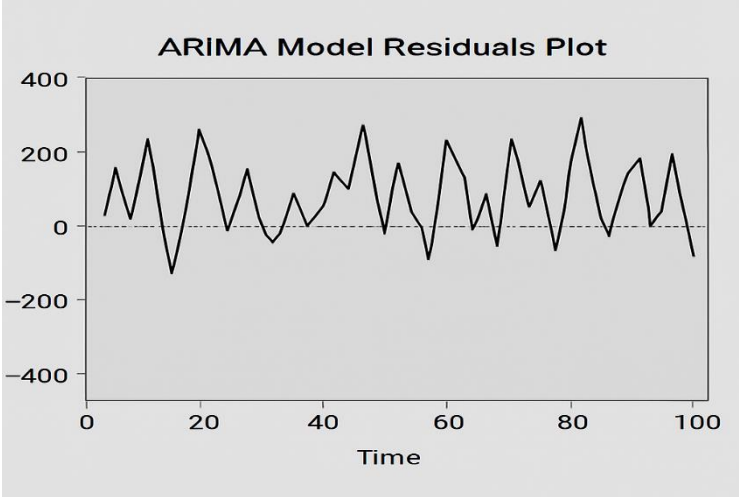
رسم التنبؤ مع فترات الثقة (Forecast Plot with Confidence Intervals)



شكل (6) السلسلة التنبؤية لحجم الإنتاج لمنتج القضبان والأسياخ



شكل (7) السلسلة التنبؤية لحجم الإنتاج لمنتج القضبان والأسياخ



شكل (8): رسم البواقي الزمنية لنموذج ARIMA(1,1,1)

يوضح هذا الشكل تذبذب البواقي عبر الزمن بعد تقدير نموذج ARIMA(1,1,1) ، حيث تتوزع القيم بشكل عشوائي حول الصفر دون نمط منتظم أو اتجاه واضح. يشير هذا إلى أن البواقي تمثل ضوضاء بيضاء (White Noise) ، مما يعزز من جودة النموذج وملاءمته الإحصائية.

تحليل التنبؤ باستخدام نموذج ARIMA (1,1,1):

أظهر نموذج ARIMA (1,1,1) قدرة جيدة على تتبع الاتجاه العام لسلسلة الإنتاج السابقة، وهو ما يتضح من التقارب بين القيم الفعلية (الزرقاء) والمتنبأ بها (الحمراء) في الرسم الثاني. بعد تقدير النموذج، تم استخدامه لتوليد توقعات مستقبلية تمتد لعدة فترات زمنية قادمة، وقد تم تحليل النتائج كما يلي:

1. **اتجاه السلسلة:** يُظهر منحنى التنبؤ (باللون الأحمر) اتجاهًا تصاعديًا تدريجيًا في قيم الإنتاج المستقبلية، مما يشير إلى وجود ميل نمو إيجابي في الإنتاج خلال الفترات القادمة. هذا الاتجاه يوحي بأن مستوى الإنتاج قد يستمر في التحسن، بشرط استقرار الظروف الاقتصادية والبيئية والسياسية المؤثرة.
2. **استقرار النموذج:** الرسم الأول الذي يعرض القيم المتنبأ بها مع فترات الثقة (S.E ±2) يُظهر اتساعًا كبيرًا في الهوامش بمرور الزمن. هذا الاتساع يعني أن درجة عدم اليقين في التنبؤ تزداد كلما ابتعدنا أكثر في المستقبل. ورغم أن التنبؤات المركزية تشير إلى نمو، إلا أن وجود فترات ثقة واسعة يعكس محدودية الدقة على المدى البعيد.
3. **مدى ملاءمة النموذج:** الرسم الثاني يُظهر تطابقًا جيدًا بين القيم الأصلية والقيم المتنبئ بها حتى نهاية الفترة التاريخية، مما يدل على أن النموذج قد نجح في التقاط الخصائص الأساسية للسلسلة الزمنية، بما في ذلك الاتجاهات والانقطاعات السابقة. "ينبغي التعامل مع هذه التوقعات بحذر، إذ تقل دقتها بمرور الزمن، ويتطلب الأمر تحديث النموذج سنويًا لضمان موثوقية النتائج".
4. **ملاحظات هامة:**

- بالرغم من أن النموذج يعكس اتجاهًا متوقعًا للنمو، إلا أن التذبذب العالي في السلسلة التاريخية قد يؤدي إلى تفاوتات مستقبلية يصعب التنبؤ بها بدقة.
- توسيع فترات الثقة يشير إلى ضرورة توخي الحذر عند اتخاذ قرارات استراتيجية طويلة الأجل استنادًا لهذه التوقعات فقط. ينبغي التعامل مع هذه التوقعات بحذر، إذ تقل دقتها بمرور الزمن، ويتطلب الأمر تحديث النموذج سنويًا لضمان موثوقية النتائج.

3. الاستنتاجات:

1. أظهر نموذج ARIMA (1,1,1) ملاءمة إحصائية جيدة لبيانات الإنتاج التاريخية، حيث استطاع تتبع الاتجاهات العامة للسلسلة الزمنية بدقة مقبولة.
2. أشارت القيم المتنبئ بها إلى وجود اتجاه تصاعدي تدريجي في الإنتاج خلال الفترات القادمة، مما يعكس تحسنًا محتملاً في الأداء الإنتاجي على المدى القصير إلى المتوسط.
3. لوحظ اتساع ملحوظ في فترات الثقة مع تقدم الزمن، وهو ما يدل على تزايد درجة عدم اليقين في التنبؤات المستقبلية، خاصة على المدى الطويل.
4. بالرغم من التذبذبات الحادة التي شهدتها السلسلة في بعض الفترات التاريخية، إلا أن النموذج استطاع التكيف مع هذه التغيرات وتقديم توقعات تعكس البنية الزمنية العامة للبيانات.
5. تشير النتائج إلى أن استخدام نماذج ARIMA في قطاع الحديد والصلب يمكن أن يوفر أداة فعالة لتحليل الأداء والتخطيط المستقبلي، بشرط مراعاة القيود الإحصائية وحدود التنبؤ.

4. التوصيات:

1. يُوصى باستخدام نموذج ARIMA كأداة لتحليل وتخطيط في المؤسسات الصناعية، خصوصًا في المجالات التي تتأثر بعوامل اقتصادية ودورية، مثل قطاع الحديد والصلب.
2. من الأفضل إعادة تقييم النموذج بشكل دوري (سنوياً أو نصف سنوي) لتحديث التوقعات بناءً على البيانات الأحدث وتحسين دقة التنبؤ.
3. نظراً لاتساع فترات الثقة في التنبؤات البعيدة، يُنصح باستخدام نتائج النموذج كإطار توجيهي لا كأداة حتمية للقرارات الاستراتيجية.
4. من الضروري دعم التنبؤات الكمية بتحليل نوعي يأخذ بعين الاعتبار العوامل غير الكمية المؤثرة على الإنتاج، مثل التغيرات التشريعية والظروف الجيوسياسية وسلاسل التوريد.
5. يُقترح دراسة نماذج بديلة أو مكملة مثل نماذج ARIMAالموسمية (SARIMA) أو نماذج الانحدار المدمجة بعوامل خارجية (ARIMAX) لتحسين الدقة في حال توفر متغيرات خارجية مؤثرة.

5. المراجع

[1] Saeed, R. A.,(2016)"Preparing 5 – Years Plan for Accepting Students in Administration and Economics College / University of Baghdad by Using (Box - Jenkins) Methodology", Baghdad University, Journal of Economics and Administrative Sciences, Vol(23), No.(97), Page(473-492).

[2] Shaarawi, S. M.,(2005),"Introduction to modern time series analysis", 1Ed, King Abdulaziz University Press, No(1426/2384), Page(1-423) .

[3] Awadallah, K. G., (2016),"Using SARIMA and Holt-Winters models to forecast seasonal time series" M.Sc. in statistics, Al-Azhar University- Gaza- Applied Statistics Department, Page(1-96) .

[4]Sheikhi, Mohammed,(2011),"Methods of econometrics Lectures and applications", 1Ed, Al-Hameed printing and publishing, Page(1-436) .

[5] Oduro-Gyimah, F. K.; Harris, E.; Darkwah, K.F., (2012), "Sarima Time Series Model Application to Microwave Transmission of Yeji-Salaga (Ghana) Line-Of-Sight Link", International Journal of Applied Science and Technology, Vol. 2 No. 9;Page(40-51) .

[6] Abd El-Salam, M. E.,(2013), "A Modification of the Jarque-Bera Test for Normality", Int. J. Contemp. Math. Sciences, Vol.8, No.17, Page(843 - 853) .

[7] Nochai, R.; Nochai, T., (2006), "ARIMA Model for forcasting oil palm Price", Proceeding of 2ed IMT-GT Regional conference on Mathmatics, Statistics, and Applications, University Sains Malaysia, Penang, Jun(13-15), Page(1-7) .

[8] Al-Tayeb, R. A., (2014),"Time Series Analysis and it's use constructing traffic accidents models in Khartoum state 2006-2013", M.Sc. in Statistics, Sudan University of Science and technology, Page(1-86) .

[9] Al-Jubouri , N. S. ; Abdullah, H. H., (2012),"Modeling the time series of the mean of monthly temperature in Samraa City", Tikrit Journal For Administration & Economics Sciences, Vol(8), No.(25), Page(143-158) .

[10]Makridakis,S. ; Hibon, M.,(1997)," ARMA Models and the Box-Jenkins Methodology", Neapolis University institutional repository, Journal of Forecasting, Vol.(16), Page(147-163) .

[11] Ahmed, T.,(2018)," Using Box-Jenkins Methodology To Build A Standard Model For Forecasting of Syrian Population", Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies -Economic and Legal Sciences Series, Vol.(40), No.(6), Page(11-26) .

[12] طاهر، أحمد هشام. (2020). استعمال نماذج (ARIMA) للتنبؤ بحجم البضائع المناولة في الموانئ العراقية: دراسة تطبيقية في الشركة العامة لموانئ العراق. مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية، 26(150)، 452-474. http://jeasiq.uobaghdad.edu.iq