

التنبؤ بمعدلي النمو الاقتصادي ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في سورية باستخدام نموذج XGBoost

د. راميا الجبيلي*

د. محمد معد سليمان**

علي دالي***

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٦/٣/٢ - تاريخ النشر ٢٠٢٦/٥/١٣)

□ ملخص □

يهدف البحث إلى التنبؤ بمعدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي اعتماداً على نموذج XGBoost ضمن إطار سلاسل زمنية سنوية للفترة ١٩٦١-٢٠٢٣، اعتم البحث منهج التحليل الوصفي من خلال توصيف المتغيرين بالإحصاءات الوصفية وتحليل المسار الزمني ثم اختبار بنية الاعتماد الزمني باستخدام دوال الارتباط الذاتي الكلي والجزئي لتبرير بناء إبطاءات متعددة، وتمت إعادة صياغة البيانات إلى تعلم خاضع للإشراف عبر اتجاه زمني وإبطاءات مشتركة للمتغيرين، ثم تقسيم العينة زمنياً إلى تدريب ١٩٦١-٢٠١٨ واختبار ٢٠١٩-٢٠٢٣، وضبط المعلمات الفائقة عبر تحقق تقاطع زمني وبحث عشوائي مع الإيقاف المبكر للحد من زيادة المواءمة، وأظهرت النتائج تفوقاً واضحاً لنموذج XGBoost على النموذج المرجعي البسيط في دقة التنبؤ لكل من معدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد وفق مؤشرات متوسط مربع الخطأ وجذر متوسط مربع الخطأ ومتوسط نسبة الخطأ المطلق ومعامل التحديد مع دلالة إحصائية لفروق الدقة، كما قُدمت تنبؤات حتى ٢٠٣٠ مرفقة بفترة عدم يقين عبر محاكاة قائمة على بواقي النموذج بما يدعم التخطيط وبناء السيناريوهات في السياق السوري.

الكلمات المفتاحية: النمو الاقتصادي، نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، نموذج XGBoost، فترات عدم اليقين.

*أستاذ مساعد - قسم الإحصاء والبرمجة - كلية الاقتصاد - جامعة اللاذقية - اللاذقية - سورية.

**أستاذ مساعد - قسم الإحصاء ونظم المعلومات - كلية الاقتصاد - جامعة حلب - حلب - سورية.

***طالب دكتوراه - قسم الإحصاء والبرمجة - كلية الاقتصاد - جامعة اللاذقية - اللاذقية - سورية.

Forecasting Economic Growth and GDP per Capita in Syria Using XGBoost

Dr. Ramia Al-Jubaili*

Dr. Muhammed Maad Suleiman**

Ali Dali***

(Received 2/3/2026.Accepted 13/5/2026)

□ABSTRACT □

This study aims to forecast economic growth and GDP per capita growth using the XGBoost model within an annual time-series framework for the period 1961–2023. The analysis begins with descriptive statistics and visual inspection of both series, followed by diagnosing temporal dependence through the autocorrelation and partial autocorrelation functions to motivate the use of multiple lagged features. The data are then reformulated as a supervised learning problem by constructing a time trend and shared lag structures for both variables. A strict time-based split is applied, with 1961–2018 used for training and 2019–2023 for testing. Model hyperparameters are tuned via time-series cross-validation and randomized search, while early stopping is employed to mitigate overfitting. The results show that XGBoost substantially outperforms a simple benchmark model in forecasting accuracy for both economic growth and GDP per capita growth, as evidenced by improvements in mean squared error, root mean squared error, mean absolute percentage error, and the coefficient of determination, with statistically significant differences in predictive accuracy. Finally, the study produces forecasts through 2030 and reports uncertainty intervals obtained from residual-based simulation, supporting scenario-based planning and policy analysis in the Syrian context.

Keywords: Economic growth; GDP per capita growth; XGBoost Model; Uncertainty intervals.

* Assistant Professor – Department of Statistics and Programming – Faculty of Economics – University of Latakia – Latakia, Syria

**Associate Professor, Department of Statistics and Information Systems – Faculty of Economics – University of Aleppo – Aleppo, Syria.

***PhD Student – Department of Statistics and Programming – Faculty of Economics – University of Latakia – Latakia, Syria

١ - المقدمة:

تكتسب قضايا التنبؤ بالنمو الاقتصادي وبنمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي أهمية متزايدة لأنها تمس جوهر تقييم الأداء الكلي وقياس التحسن في الرفاه، كما أنها تدعم التخطيط الكلي وبناء السيناريوهات عندما تتسم البيئة الاقتصادية بتقلبات وصددمات تقلل موثوقية الاستقراء البسيط، ورغم أن نماذج السلاسل الزمنية التقليدية ARIMA تُستخدم على نطاق واسع لإنتاج تنبؤات كمية عند محدودية المتغيرات المفسرة إلا أن فعاليتها قد تتراجع مع اللاخطية والتحويلات البنوية، الأمر الذي شجع الأدبيات الحديثة على توظيف مقاربات تعلم آلي وبيانات مساندة لتحسين الدقة خصوصاً قرب نقاط التحول (Hamidatou, 2024) (أبو الفتوح، ٢٠٢٣)، وانطلاقاً من ذلك يعتمد هذا البحث نموذج XGBoost للتنبؤ بكل من GDP و PCGDP بوصفه إطاراً شجرياً معززاً بالتدرج يبين العلاقات غير الخطية والتفاعلات عبر ميزات متأخرة واتجاه زمني ضمن صياغة تعلم مراقب، مع تقييم يأخذ ترتيب الزمن بالاعتبار عبر تقسيم زمني للتدريب والاختبار وتحقق تقاطعي زمني لتجنب التحيز في التعميم (Vollmer et al., 2021; XGBoost Documentation, 2025)، كما تُقاس جودة الأداء بمؤشرات أداء متعددة الأبعاد للدقة، ثم تُختبر دلالة فروق الدقة مقارنةً بنموذج مرجعي باستخدام اختبار Diebold–Mariano لتدعيم الاستنتاجات إحصائياً (Hodson, 2022)، وأخيراً تُنتج تنبؤات حتى ٢٠٣٠ مع فترات عدم يقين باستخدام bootstrap قائم على بواقي النموذج بما يسمح بتقديم تنبؤ نقطي ونطاقات توقع قابلة للتفسير لصناع القرار.

١-١ مراجعة الدراسات السابقة

١ - دراسة (أبو الفتوح، ٢٠٢٣) بعنوان

(نموذج قياسي للتنبؤ بنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في مصر باستخدام منهجية الانحدار الذاتي المتكامل للأوساط المتحركة (ARIMA):

اعتمدت الدراسة المنهج القياسي الكمي التنبؤي القائم على تحليل السلاسل الزمنية الأحادية المتغير، إذ ركزت على نمذجة نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في مصر باستخدام منهجية ARIMA دون إدخال متغيرات تفسيرية خارجية. وتمثلت الفترة المدروسة في السلسلة الزمنية التاريخية الخاصة بمصر خلال الفترة ٢٠٠٠-٢٠٢١، ثم استخدمت لأغراض التقدير والتنبؤ خارج العينة. أما من حيث الأساليب، فقد بدأت الدراسة بتوصيف السلسلة واختبار خصائصها الإحصائية، ثم فحص الاستقرارية وتحديد رتبة التكامل المناسبة، وبعد ذلك تقدير عدة بدائل من نماذج ARIMA والمفاضلة بينها استناداً إلى معايير الملاءمة الإحصائية ومقاييس الخطأ، ثم إجراء اختبارات تشخيصية على البواقي للتحقق من غياب الارتباط الذاتي وبقاء الأخطاء عشوائية. وأظهرت النتائج أن نموذج ARIMA يوفر أداة عملية ومقبولة لتنبؤ نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي عندما تكون البيانات محدودة من حيث المتغيرات التفسيرية، كما بينت أن دقة التنبؤ ترتبط بشدة بحسن اختيار الرتب وبمدى استقرار السلسلة، وأن وجود تقلبات بنوية أو تغيرات هيكلية قد يضعف من ثبات الأداء التنبؤي للنموذج عبر الزمن، بما يعني أن فعاليته تكون أكبر في البيئات الأكثر انتظاماً وأقل تعرضاً للصددمات الحادة.

٢- دراسة (حميداتو، ٢٠٢٤) بعنوان

(أهمية التنبؤ بالناتج المحلي الإجمالي للجزائر باستخدام نماذج ARIMA دراسة تطبيقية على الفترة ١٩٦٠-٢٠٣٠):

سعت الدراسة إلى إبراز القيمة التطبيقية للتنبؤ بالناتج المحلي الإجمالي في دعم التخطيط الاقتصادي وصنع السياسات، اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي القياسي التنبؤي عبر بناء نموذج ARIMA قائم على بيانات زمنية طويلة نسبياً تمتد من ١٩٦٠ إلى ٢٠٣٠ وفق تصميم تنبؤي يغطي التاريخ والمستقبل، وانطلقت المنهجية من توصيف السلسلة ورصد التقلبات ثم اختبار الاستقرارية وتحديد التحويلات اللازمة قبل تقدير النموذج، وبعد ذلك جرى اختيار المواصفات الأفضل من خلال المفاضلة بين بدائل متعددة اعتماداً على مؤشرات جودة الملاءمة وقيم خطأ التنبؤ، ثم تم فحص البواقي للتأكد من غياب الارتباط الذاتي بما يضمن صلاحية الاستدلال والتنبؤ، وانتهت الدراسة إلى تنبؤات مستقبلية تشير إلى مسار متوقع للناتج المحلي الإجمالي ضمن حدود عدم يقين مرتبطة بتغيرات الاقتصاد الكلي والصدمات. كما أوضحت أن جدوى التنبؤ ترتفع كلما تم احترام البنية الزمنية للسلسلة ومعالجة عدم الاستقرار بصورة صحيحة، وأن المسار المتوقع للناتج المحلي الإجمالي يظل محكوماً بهوامش عدم يقين ترتبط بحساسية الاقتصاد الكلي للصدمات والتقلبات المحيطة.

٣- دراسة (Bantis et al., 2023) بعنوان

(Forecasting GDP growth rates in the United States and Brazil using Google)

- Trends

التنبؤ بمعدلات نمو الناتج المحلي الإجمالي في الولايات المتحدة والبرازيل باستخدام مؤشرات Google (Trends):

تركز الدراسة على تحسين دقة التنبؤ بمعدلات نمو الناتج المحلي الإجمالي عبر إدماج بيانات Google Trends بوصفها مؤشرات أنية تعكس تحولات الاهتمام والسلوك الاقتصادي قبل صدور البيانات الرسمية، اعتمدت هذه الدراسة المنهج التجريبي المقارن في التنبؤ الاقتصادي، من خلال بناء نماذج تنبؤية تجمع بين بنية السلاسل الزمنية التقليدية ومتغيرات مشتقة من كثافة البحث عن مصطلحات مرتبطة بالنشاط الاقتصادي خلال الفترة الشهرية ١٩٩٦-٢٠٢٢، ثم اختبار القيمة المضافة لهذه المتغيرات من خلال تقييم خارج العينة يحاكي الاستخدام الحقيقي للتنبؤ عبر نافذة متحركة يضمن أخذ ترتيب الزمن، وتعتمد المنهجية على مقارنة أداء النماذج المعززة ببيانات البحث مع نماذج معيارية لا تتضمن هذه الإشارات، باستخدام مؤشرات خطأ تنبؤ معيارية وتحليلات متانة عبر مواصفات مختلفة وعبر اقتصاديين يختلفان في درجة التقلب والبنية الإنتاجية، وتخلص النتائج إلى أن مؤشرات البحث قد تحمل محتوى تنبؤياً إضافياً لمعدلات النمو خصوصاً في فترات الانعطاف والتغير السريع. كما بينت أن القيمة المضافة لهذه المؤشرات لا تكون ثابتة بنفس الدرجة في كل السياقات، بل تتأثر بطبيعة الاقتصاد وبنية البيانات وتوقيت الصدمات، وهو ما يدعم الاتجاه الحديث نحو دمج الإشارات الرقمية عالية التواتر مع النماذج الاقتصادية التقليدية.

٤ - دراسة (Alakkari et al., 2024) بعنوان

Advanced Machine Learning Approaches for Enhanced GDP Nowcasting in Data-Scarce Environments

مناهج متقدمة للتعلم الآلي من أجل تعزيز التنبؤ الآني بالنتائج المحلي الإجمالي في البيئات شحيحة البيانات اعتمدت الدراسة المنهج الكمي التطبيقي في التنبؤ الآني بالنتائج المحلي الإجمالي في بيئة تعاني شحاً في البيانات، مع التركيز على الاقتصاد السوري. وغطت الفترة المدروسة بيانات من ٢٠١٠ إلى ٢٠٢٢، وهي فترة شديدة الحساسية بسبب الاضطرابات الاقتصادية والسياسية الحادة. ومن حيث الأساليب، استخدمت الدراسة ثلاثة خوارزميات تعلم آلي هي Elastic Net و Ridge و Lasso لنمذجة ديناميكية الناتج المحلي الإجمالي اعتماداً على مؤشرات الاقتصاد الكلي وأسعار السلع وبيانات Google Trends عالية التواتر، ثم قارنت بين النماذج من حيث القدرة على التنبؤ الآني ودقة التقدير في سياق محدودية البيانات الرسمية. وأظهرت النتائج أن إدماج مؤشرات الاقتصاد الكلي مع البيانات الرقمية عالية التواتر أسهم في تحسين تقدير الناتج المحلي الإجمالي في سورية، وأن نماذج التعلم الآلي قدمت بديلاً أكثر مرونة من المقاربات التقليدية في البيئات الهشة التي تتسم بعدم انتظام البيانات وتعرضها لانقطاعات وصدمات هيكلية.

٥ - دراسة (Chen, 2025) بعنوان

Development of per Capita GDP Forecasting Model Using Deep Learning)

- Including Consumer Goods Index and Unemployment Rate

تطوير نموذج للتنبؤ بنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي باستخدام التعلم العميق مع إدراج مؤشر السلع الاستهلاكية ومعدل البطالة):

اعتمدت الدراسة المنهج الكمي التنبؤي القائم على التعلم العميق، حيث تهدف الدراسة إلى تطوير إطار تنبؤي لنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي اعتماداً على التعلم العميق مع إدراج متغيرات اقتصادية تفسيرية تعكس جانب الطلب وسوق العمل، وبصورة خاصة مؤشر السلع الاستهلاكية ومعدل البطالة، وتقوم المنهجية على تحويل المشكلة إلى تعلم مُراقب من خلال بناء مصفوفة خصائص تتضمن قيماً حالية ومتأخرة للمتغيرات المفسرة، ثم تقدير نموذج تعلم عميق قادر على تمثيل العلاقات اللاخطية والتفاعلات بين المؤشرات الاقتصادية، وبعد التقدير يتم تقييم الأداء خارج العينة باستخدام مؤشرات دقة تنبؤ قياسية ومقارنته بخطوط أساس أبسط لتحديد مقدار التحسن، وتبين النتائج أن إدخال متغيرات مفسرة مثل البطالة ومؤشرات الاستهلاك يعزز القدرة التنبؤية ويُحسن الاستقرار. كما أوضحت أن الجمع بين معلومات الاستهلاك والبطالة يوفر بنية تفسيرية أعمق لتطوير نصيب الفرد من الناتج، وأن النماذج العميقة تكون أكثر قدرة على تمثيل العلاقات غير الخطية المعقدة التي قد لا تبينها النماذج التقليدية بكفاءة كافية.

التعليق على الدراسات السابقة ومساهمة البحث:

تُظهر الدراسات السابقة أن التنبؤ بالنمو الاقتصادي ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي اتجه في مسارين متكاملين، مسار قياسي تقليدي اعتمد نماذج السلاسل الزمنية لتوليد تنبؤات كمية اعتماداً على التاريخ وحده مع إبراز قيمة التنبؤ في التخطيط لكنه ظل مقيداً بحساسية عالية للتحويلات البنوية وبافتراضات خطية

واستقرارية قد لا تتسجم مع بيانات تتسم بصدمات متكررة، ومسار حديث توسع في توظيف بيانات مساندة وأساليب تعلم آلي لتعزيز الدقة وإظهار أن المحتوى المعلوماتي للميزات وطريقة التقييم خارج العينة قد تكون حاسمة بقدر اختيار النموذج نفسه، ومع ذلك ما يزال جانب مهم غير محسوم يتمثل في تقديم إطار تطبيقي موحد يتعامل مع معدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي بوصفهما مخرجين اقتصاديين مترابطين ويعالج لاختطية العلاقة وديناميكيتهما مع تقييم زمني يضمن قابلية التعميم، ومن هنا تأتي مساهمة هذا البحث عبر بناء نموذج XGBoost للتنبؤ بكل متغير على حدة باستخدام مجموعة ميزات متأخرة مشتركة واتجاه زمني بما يسمح بتوضيح التفاعلات غير المباشرة بين المتغيرين، ثم اعتماد تقسيم زمني واضح للتدريب والاختبار مع تحقق تقاطع زمني لضبط المعلمات الفائقة وتقليل ارتفاع المواءمة، وقياس جودة التنبؤ بمجموعة مؤشرات تشمل متوسط مربع الخطأ وجذر متوسط مربع الخطأ ومتوسط نسبة الخطأ المطلق ومعامل التحديد، إضافة إلى مقارنة الأداء بنموذج مرجعي بسيط واختبار دلالة فروق الدقة إحصائياً، ثم إنتاج تنبؤات مستقبلية حتى ٢٠٣٠ مرفقة بفترات عدم يقين محسوبة بطريقة المحاكاة اعتماداً على بواقي النموذج، وبذلك يقدم البحث قيمة علمية عبر سد فجوة الدمج بين المتغيرين ضمن إطار تعلم آلي قابل للتفسير ومضبوط تقييمياً، وقيمة تطبيقية عبر توفير تنبؤات نقطية ونطاقات توقع تدعم القرار الاقتصادي ضمن مستويات مختلفة من عدم اليقين.

٢-١ أهداف البحث:

- ١- دراسة واقع النمو الاقتصادي ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وتطوره.
- ٢- إلقاء الضوء على نموذج XGBoost.
- ٣- بناء نموذج تنبؤ كمي باستخدام XGBoost لتقدير معدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي اعتماداً على القيم المتأخرة واتجاه الزمن للفترة ١٩٦١-٢٠٢٣.
- ٤- تقييم دقة النموذج خارج العينة للفترة ٢٠١٩-٢٠٢٣ باستخدام متوسط مربع الخطأ وجذر متوسط مربع الخطأ ومتوسط نسبة الخطأ المطلق ومعامل التحديد مع مقارنة الأداء بنموذج مرجعي بسيط واختبار دلالة فروق الدقة إحصائياً.
- ٥- إنتاج تنبؤات مستقبلية لكل من معدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي حتى عام ٢٠٣٠ مع بناء فترات عدم يقين للتنبؤات لدعم الاستخدام التطبيقي في التخطيط وصنع القرار.

١-٣ مشكلة البحث:

تأتي مشكلة البحث من أن الاعتماد على النماذج القياسية التقليدية في التنبؤ بمعدل النمو الاقتصادي وبمعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي قد لا يحقق دقة كافية عند وجود لاختطية وتقلبات وتحولات بنيوية، كما أن كثيراً من التطبيقات تعالج كل مؤشر بصورة منفصلة دون استثمار الترابط الديناميكي بينهما أو اختبار النقوق التنبؤي بصورة جيدة خارج العينة مع إسناد إحصائي لفروق الدقة، إضافة إلى محدودية إدراج عدم اليقين في التنبؤات المستقبلية بما يقلل القيمة العملية للتنبؤ في التخطيط، لذلك تتركز المشكلة في كيفية بناء إطار تنبؤي أكثر مرونة ودقة يلتزم بترتيب الزمن ويقدم تنبؤات قابلة للتفسير لكل من معدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد مع تقييم مقارن ومعنوي. وبالتالي يكون التساؤل الرئيسي للبحث:

كيف يمكن تطوير نموذج تنبؤي باستخدام XGBoost يحقق دقة أعلى في التنبؤ بمعدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي مقارنةً بنموذج مرجعي بسيط؟ مع اختبار دلالة فروق الدقة وإدراج فترات عدم يقين للتنبؤات حتى عام ٢٠٣٠.

٤-١ أهمية البحث:

تتبع الأهمية النظرية للبحث من أهمية متغيري معدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في تحليل الأداء الاقتصادي الكلي وتقييم مدى انعكاسه على المستوى المعيشي للسكان، إذ إن معدل النمو الاقتصادي يعبر عن قدرة الاقتصاد على توسيع إنتاجه الحقيقي عبر الزمن، في حين يوضح معدل نمو نصيب الفرد ما إذا كانت مكاسب هذا التوسع تنتقل فعلياً إلى الفرد أم تبقى محصورة في المستوى الكلي. ومن ثم فإن دراسة المتغيرين معاً تكتسب قيمة نظرية لأنها تتيح فهماً أكثر عمقاً للعلاقة بين التوسع الاقتصادي والرفاه الاقتصادي، ولا سيما في الاقتصاد السوري الذي اتسم خلال العقود الماضية بتقلبات حادة وصددمات بنيوية جعلت العلاقة بين النمو الكلي والنمو الفردي غير مستقرة وغير خطية. كما تتجسد الأهمية النظرية أيضاً في دعم الأدبيات التي تدعو إلى تجاوز القراءة المنفصلة للمؤشرات الكلية، والانتقال إلى تحليل مترابط يفسر كيف يتأثر الناتج الكلي ونصيب الفرد معاً بالتغيرات الزمنية والظروف الاقتصادية المتقلبة.

أما الأهمية العملية للبحث فتتمثل في تطبيق نموذج XGBoost بوصفه أداة تنبؤية مرنة قادرة على التعامل مع اللاخطية والتقلبات الزمنية في بيانات النمو الاقتصادي ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، بما يسمح بإنتاج تنبؤات أكثر دقة وواقعية مقارنةً بالنماذج المرجعية البسيطة. وتزداد هذه الأهمية في السياق التطبيقي لأن النموذج لا يقدم تقديرات نقطية فقط، بل يتيح أيضاً بناء فترات عدم يقين تساعد صناع القرار والجهات التخطيطية على استخدام النتائج في إعداد السيناريوهات وتقدير المخاطر حتى عام ٢٠٣٠. كذلك يتيح التطبيق العملي للنموذج اختبار جدواه المؤسسية من خلال المقارنة الكمية بين أدائه وأداء النموذج المرجعي، بما يوفر أساساً علمياً يمكن الاستناد إليه عند تبني أدوات التعلم الآلي في دعم قرارات التخطيط الاقتصادي والتنبؤ المستقبلي.

٢- منهجية البحث:

اعتمدت منهجية البحث على تصميم تنبؤي قائم على السلاسل الزمنية لتحليل وتوقع معدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي خلال الفترة ١٩٦١-٢٠٢٣، حيث بدأت الخطوات بتهيئة البيانات وترتيبها زمنياً ثم توصيف خصائص المتغيرين عبر الإحصاءات الوصفية والرسم الزمني لتحديد السمات العامة للتقلب والاتجاه، تلا ذلك استخدام دوال الارتباط الذاتي الكلي والجزئي كمؤشرات تشخيصية لبنية الاعتماد الزمني وتبرير اختيار عدد الإبطاءات المستخدمة في بناء الميزات، ثم جرى تحويل البيانات إلى صيغة تعلم مراقب عبر إنشاء متغير اتجاه زمني وإبطاءات متعددة لكل من معدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد بما يسمح بتوضيح الذاكرة الزمنية والتفاعلات الديناميكية بين المتغيرين، وبعدها تم تقسيم العينة زمنياً إلى تدريب للفترة ١٩٦١-٢٠١٨ واختبار للفترة ٢٠١٩-٢٠٢٣ لضمان تقييم واقعي خارج العينة، ثم تم تقدير نموذج XGBoost لكل متغير عبر ضبط المعلمات الفائقة باستخدام بحث عشوائي مع تحقق تقاطعي زمني يراعي ترتيب الزمن ويحد من التحيز، مع تفعيل الإيقاف المبكر على مجموعة تحقق داخلية لمنع زيادة المواءمة وتحسين

التعميم، وبعد التقدير قيس أداء النموذج على التدريب والاختبار باستخدام متوسط مربع الخطأ وجذر متوسط مربع الخطأ ومتوسط نسبة الخطأ المطلق ومعامل التحديد، ثم تمت مقارنة النتائج بنموذج مرجعي بسيط قائم على قيمة السنة السابقة للتحقق من القيمة المضافة العملية للنموذج، ودُعِم الاستنتاج باختبار دلالة فروق الدقة إحصائياً، وأخيراً أنتجت تنبؤات مستقبلية حتى عام ٢٠٣٠ بطريقة تكرارية تحافظ على بنية الإبطاءات مع إدراج فترات عدم يقين عبر محاكاة مبنية على بواقي النموذج لاستخراج حدود توقع عند مستويات مئوية محددة، وبذلك قدمت المنهجية إطاراً متكاملًا يجمع بين الوصف والتشخيص وبناء الميزات والتقدير والتقييم المقارن والتنبؤ مع عدم اليقين ضمن منطق زمني منضبط.

٣- فرضيات البحث:

الفرضية الأولى: لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في دقة التنبؤ بين نموذج XGBoost والنموذج المرجعي البسيط ونموذج ARIMA عند التنبؤ بمعدل النمو الاقتصادي خلال فترة الاختبار ٢٠١٩-٢٠٢٣. الفرضية الثانية: لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في دقة التنبؤ بين نموذج XGBoost والنموذج المرجعي البسيط ونموذج ARIMA(1,1) عند التنبؤ بمعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي خلال فترة الاختبار ٢٠١٩-٢٠٢٣.

٤- المناقشة والنتائج:

٤-١ الإطار النظري للبحث:

يُعدّ النمو الاقتصادي من أهم المؤشرات الكلية التي تعكس قدرة الاقتصاد على توسيع إنتاجه الحقيقي عبر الزمن، غير أن دلالاته تبقى ناقصة ما لم تُقرأ بالتوازي مع نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، لأن الأخير يعبر بدرجة أوضح عن مدى انتقال الزيادة في الناتج إلى المستوى المعيشي للسكان. وفي الحالة السورية، تكشف الأدبيات أن العلاقة بين المؤشرين ليست خطية ولا مستقرة دائماً، إذ قد يتحقق نمو في الناتج الكلي دون أن يقترن بتحسين مماثل في نصيب الفرد بسبب تأثير النمو السكاني والهجرة وتراجع الإنتاجية وتآكل الدخل الحقيقية تحت ضغط التضخم والصراع وتعطل الاستثمار (David & Marouani, 2010). كما تشير الدراسات الخاصة بسورية إلى أن مسار النمو قبل الأزمة كان هشاً من حيث قدرته على تحقيق تحسن متوازن في الرفاه، وأن الصراع أدى لاحقاً إلى انكماش عميق في الناتج وتراجع حاد في الناتج الفردي، مع ضعف قدرة التعافي على استعادة المستويات السابقة بالسرعة نفسها، الأمر الذي جعل نصيب الفرد أكثر حساسية من الناتج الكلي للصدمات الممتدة والتغيرات الديموغرافية وسوق العمل (Devadas et al., 2021). وتؤكد دراسات أخرى أن تحليل النمو في سورية يتطلب عدم الاكتفاء بالمؤشرات الإجمالية، لأن الناتج الكلي قد يتأثر بعوامل مرتبطة بالإنفاق العام أو الطلب الخارجي أو التحولات القطاعية، في حين يعكس نصيب الفرد بصورة أدق أثر تلك التحولات على الرفاه الاقتصادي الحقيقي وعلى القدرة الشرائية ومستوى المعيشة (Suliman, 2023). كذلك تبين الأدبيات التطبيقية أن فهم النمو السوري يحتاج إلى مراعاة العوامل الهيكلية والمؤسسية والمالية التي تولد أنماطاً غير خطية في العلاقة بين النشاط الاقتصادي الكلي ومخرجاته الفردية، وهو ما يبرر منهجياً استخدام نماذج تنبؤية مرنة تستطيع التقاط التقلبات والذاكرة الزمنية والتغيرات الهيكلية في سلاسل النمو ونصيب الفرد معاً.

٢-٤ الإطار الإحصائي لنموذج XGBoost:

يُعد XGBoost امتداداً عملياً وعالي الكفاءة لفكرة التعزيز بالتدرج Gradient Boosting في سياق الانحدار، إذ يبني النموذج تمثيلاً جمعياً من أشجار قرار ضعيفة تُضاف تباعاً بحيث تُصحح كل شجرة الأخطاء المتبقية من التقديرات السابقة، وهو ما يجعله مناسباً لالتقاط العلاقات الخطية واللاخطية في البيانات الاقتصادية، وبخاصة عندما تُحوّل السلسلة الزمنية إلى تعلم مُراقب عبر ميزات متأخرة واتجاه زمني يضمن أن المعلومات المستخدمة عند الزمن t لا تتجاوز ما كان متاحاً قبل التنبؤ، وبذلك يصبح التنبؤ بكل من GDP و PCGDP مسألة تقدير دالة تنبؤية عامة تتعلم من الماضي وتُعمّم إلى المستقبل ضمن إطار زمني يمنع تلاشي المعلومات (AI-Saeedi et al., 2025):

$$y_t = f(x_t) + \varepsilon_t$$

$$x_t = [t, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-p}]$$

يمثل y_t قيمة المتغير عند السنة t ، و x_t متجه الخصائص، و p عدد الإبطاءات، و ε_t مركبة الخطأ غير المفهومة. قبل بناء الميزات المتأخرة تم استخدام دوال الارتباط الذاتي الكلي ACF والجزئي PACF كخطوة تشخيصية لفهم بنية الاعتماد الزمني، لأن ACF تقيس درجة الارتباط بين y_t و y_{t-k} عبر إزاحات مختلفة وتساعد على توصيف سرعة تلاشي الذاكرة، بينما PACF تعزل الأثر الصافي للإزاحة k بعد التحكم في الإزاحات الأقصر، وبذلك توفر مؤشراً عملياً على طول الذاكرة الذي ينبغي تمثيله بإبطاءات داخل نموذج التعلم، كما أن هذه الخطوة تُقدّم كتحقق اتساق بين خصائص السلسلة وقرار اختيار عدد الإبطاءات المستخدم في توليد البيانات بإشراف (Hyndman and Athanasopoulos, 2021):

$$r_k = \Sigma_{t=k+1}^T (y_t - \bar{y})(y_{t-k} - \bar{y}) \div \Sigma_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2$$

يمثل r_k معامل الارتباط الذاتي عند الإزاحة k ، و \bar{y} متوسط السلسلة، و T طول العينة. بعد ذلك تم تحويل البيانات إلى صيغة تعلم مُراقب عبر إنشاء متغير اتجاه زمني year_trend وإبطاءات مشتركة لكلا المتغيرين بحيث تسمح البنية للنموذج ببيان التفاعلات الديناميكية بين GDP و PCGDP من خلال قيمهما المتأخرة، ثم جرى تقسيم البيانات زمنياً إلى تدريب للفترة ١٩٦١-٢٠١٨ واختبار للفترة ٢٠١٩-٢٠٢٣ لأن التقسيم العشوائي لا ينسجم مع طبيعة السلاسل الزمنية وقد يؤدي إلى تقييم متفائل مصطنع، بينما التقسيم الزمني يحاكي شرط التنبؤ الحقيقي الذي لا يرى إلا الماضي (Vollmer et al., 2021):

$$Train_j = \{1, \dots, t_j\}$$

$$Test_j = \{t_j + 1, \dots, t_j + h\}$$

تمثل j جزء التحقق، و h أفق التنبؤ داخل الجزء، ويتقدم أصل التنبؤ t_j للأمام عبر الأجزاء. يركز XGBoost على تعظيم كفاءة التعلم عبر اشتقاق تقريب من الدرجة الثانية لدالة الخسارة، ثم اختيار شجرة جديدة في كل تكرار لتقليل دالة هدف تجمع بين خطأ الملاءمة وقيود التعقيد، حيث تؤدي معاملات الانتظام دوراً محورياً في الحد من ارتفاع المواءمة، وتعمل معاملات مثل max_depth و min_child_weight على ضبط تعقيد الشجرة، بينما تتحكم subsample و colsample_bytree في العشوائية المنظمة التي تخفف التباين، في حين يحدد gamma عتبة التحسن المطلوبة لإجراء تقسيمات إضافية داخل الشجرة (XGBoost Documentation, 2025):

$$\hat{y}_i = \Sigma_{m=1}^M f_m(x_i)$$

$$Obj = \sum_i l(y_i, \hat{y}_i) + \sum_m \Omega(f_m)$$

$$/\Omega(f) = \gamma J + \frac{1}{2} \lambda \sum_{j=1}^J w_j^2 + \alpha \sum_{j=1}^J |w_j|$$

يمثل f_m شجرة القرار رقم m ، و M عدد الأشجار، و $I(\cdot)$ دالة الخسارة، و $\Omega(\cdot)$ قيود التعقيد، و J عدد الأوراق، و w_j وزن الورقة، و λ و α معاملات الانتظام. لتقدير المعلمات الفائقة تم اعتماد Randomized Search CV مع Time Series Split لأن البحث العشوائي يحقق كفاءة أعلى عند تعدد الأبعاد مقارنة بالبحث الشبكي في حدود زمن حسابي معقول، كما أن التحقق الزمني متعدد الطيات يوفر تقديراً أكثر استقراراً لأداء التعميم عبر أصول تنبؤ مختلفة، ثم تم تدريب النموذج الأفضل على بيانات التدريب مع مجموعة تحقق داخلية لتفعيل الإيقاف المبكر، بحيث يتوقف النموذج عند بلوغ نقطة تتوقف فيها مكاسب الأداء على بيانات التحقق عن التحسن لعدد محدد من الجولات، وهو ما يوازن بين تحيز النموذج وتباينه ضمن إطار تعلم مضبوط (XGBoost Documentation, 2025):

$$t^* = \operatorname{argmin}_t RMSE_val(t)$$

يمثل $RMSE_val(t)$ خطأ التحقق عند عدد الأشجار t . لقياس جودة النموذج تم حساب مؤشرات الأداء على التدريب والاختبار لكل متغير لأن جودة التنبؤ قد تبدو جيدة على التدريب لكنها قد تتدهور عند الانتقال إلى بيانات غير مرئية، وقد تم استخدام MSE و RMSE و MAPE و R^2 بوصفها مؤشرات مكملة لا بديلة، حيث يقدم RMSE حساسية أعلى للأخطاء الكبيرة ويُعبّر عنه بوحدته المتغير، بينما يقدم MAPE قراءة نسبية مفيدة للمقارنة عبر فترات مختلفة عند توافر مقامات غير صفرية، ويعكس R^2 نسبة التباين التي يفسرها النموذج لكنه لا يكفي وحده للحكم على دقة التنبؤ خارج العينة، لذلك تم التعامل معه ضمن حزمة مؤشرات متكاملة (Hodson, 2022; Chicco et al., 2021):

$$MSE = (1/n) \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

$$RMSE = \sqrt{MSE}$$

$$MAPE = (100/n) \sum_{i=1}^n |(y_i - \hat{y}_i) \div y_i|$$

$$R^2 = 1 - [\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2 \div \sum_i (y_i - \bar{y})^2]$$

يمثل n حجم العينة، و \bar{y} متوسط y داخل الفترة المقيمة. ولتعزيز الحكم التجريبي على جودة النموذج تمت مقارنة أداء XGBoost بمعياري مرجعي يمثل تنبؤ القيمة المتأخرة Naive(t-1) لأن وجود تفوق على معيار بسيط يعد شرطاً أولياً لاعتبار النموذج ذا قيمة عملية، ثم تم اختبار دلالة تفوق الدقة باستخدام اختبار Diebold–Mariano الذي يقارن متوسط فروق الخسارة بين نموذجين عبر سلسلة زمنية من الأخطاء، بحيث تعني دلالة الاختبار أن الفرق في الدقة ليس عشوائياً ضمن حجم العينة المتاح للاختبار، وبذلك يُقدّم الاستدلال الإحصائي كطبقة إضافية فوق المقارنة العددية للمؤشرات (Zhou et al., 2021):

$$d_t = L(e_{1,t}) - L(e_{2,t})$$

$$DM = \bar{d} \div \sqrt{(s_d^2 / T)}$$

يمثل $e_{1,t}$ و $e_{2,t}$ أخطاء النموذجين، و L دالة الخسارة، و \bar{d} متوسط d_t ، و s_d^2 تباين d_t ، و T عدد تنبؤات الاختبار. في مرحلة التنبؤ المستقبلي حتى ٢٠٣٠ تم اعتماد التنبؤ التكراري لأن ميزات السنة المستقبلية تعتمد على الإبطاءات التي تتطلب قيماً بعد ٢٠٢٣، لذلك يُستخدم التنبؤ الناتج ليصبح جزءاً من تاريخ الإبطاء في الخطوة التالية، ثم أُدرج عدم اليقين عبر bootstrap لبواقبي التدريب، إذ سُحب البواقبي ونُضاف إلى التنبؤ النقطة لتوليد مسارات متعددة تمثل توزيعات تنبؤية تجريبية، ثم سُخرج فواصل التنبؤ كرتب مئوية ٥% و ٩٥%

للحصول على مجال عدم يقين مرتبط بسلوك الأخطاء المرصودة في العينة (Ivanyuk, 2023; Kamlangdee and Srisuradetchai, 2025).

٢-٤ الأدوات والتطبيق:

نُفذ التطبيق باستخدام برنامج Python 3.11 ضمن بيئة Jupyter مع الاعتماد على numpy و pandas لإدارة البيانات و statsmodels لاستخراج دوال الارتباط الذاتي الكلي والجزئي و scikit-learn لإجراءات التحقق والتقييم و xgboost لتقدير نموذج XGBoost، وتم تحويل السلاسل إلى صيغة تعلم مراقب عبر إنشاء اتجاه زمني وإبطاءات متعددة لكل من معدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد بما يسمح ببيان الذاكرة الزمنية والتأثيرات المتبادلة بين المتغيرين، ثم تم تقسيم العينة زمنياً إلى تدريب للفترة ١٩٦١-٢٠١٨ واختبار للفترة ٢٠١٩-٢٠٢٣، وبعد ذلك تم ضبط المعلمات الفائقة باستخدام بحث عشوائي مع تحقق تقاطعي زمني، ثم تدريب النموذج النهائي مع الإيقاف المبكر وتحليل أهمية الإبطاءات وفق مقياس gain، وفي مرحلة التقييم تم حساب متوسط مربع الخطأ وجذر متوسط مربع الخطأ ومتوسط نسبة الخطأ المطلق ومعامل التحديد على التدريب والاختبار مع مقارنة الأداء بنموذج مرجعي بسيط يعتمد قيمة السنة السابقة، ثم تم اختبار دلالة فروق الدقة إحصائياً، وأخيراً أنتجت تنبؤات مستقبلية حتى ٢٠٣٠ مع حدود عدم يقين عبر محاكاة قائمة على بواقي النموذج.

٢-٤-١ الإحصاءات الوصفية والرسوم البيانية:

جدول رقم ١. الإحصاءات الوصفية واختبار التوزيع لمعدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي للفترة ١٩٦١-٢٠٢٣

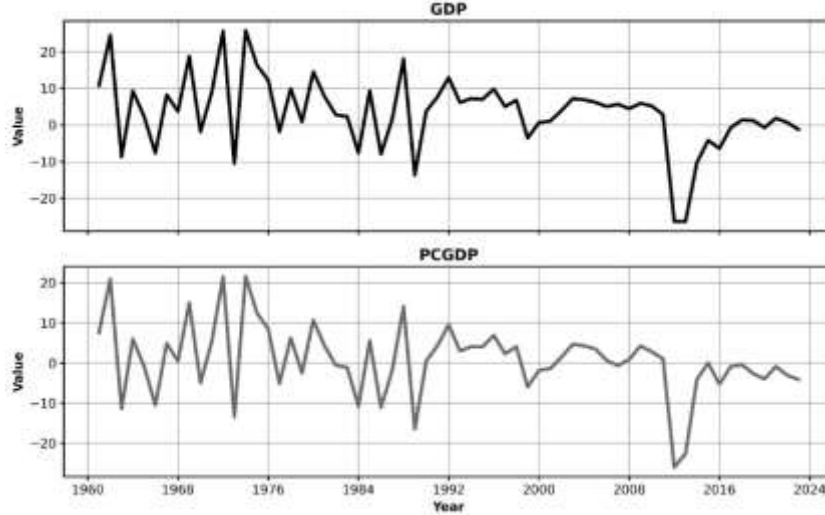
jb_p_value	jarque_bera	kurtosis	skew	std	max	min	median	mean	count	المتغير
0.011986	8.848021	1.825577	-0.47012	9.892104	25.79577	-26.339	3.954832	3.514246	63	GDP% النمو الاقتصادي
0.063654	5.508594	1.55018	-0.28676	8.925113	21.62956	-25.956	0.644012	0.843724	63	PCGDP% نمو نصيب الفرد

المصدر: إعداد الباحث باستخدام برنامج Python 3.11 - بيانات البنك الدولي (ملحق (١))

تعكس النتائج أن متوسط معدل النمو الاقتصادي بلغ ٣,٥١ مقابل ٠,٨٤ لمعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، ما يشير إلى أن مكاسب النمو الاقتصادي لم تتحول بالضرورة إلى تحسن مماثل في نصيب الفرد ضمن سياق الاقتصاد السوري الذي يتأثر بصدمات الإنتاج وتغيرات السكان والهجرة وتذبذب القوة الشرائية. ويؤكد اتساع المجال بين القيم الدنيا والقصى حدة التقلب في كلا المؤشرين، إذ تراوح معدل النمو الاقتصادي بين -٢٦,٣٤ و ٢٥,٨٠، بينما تراوح معدل نمو نصيب الفرد بين -٢٥,٩٦ و ٢١,٦٣، كما يوضح الانحراف المعياري المرتفع أن التذبذب كان كبيراً نسبياً حيث بلغ ٩,٨٩ لمعدل النمو الاقتصادي و ٨,٩٣ لمعدل نمو نصيب الفرد، وهو ما يعكس موجات صعود وهبوط متكررة. وتشير خصائص الشكل التوزيعي إلى ميل بسيط نحو القيم السالبة في كلا المتغيرين حيث بلغ الالتواء -٠,٤٧ و -٠,٢٩، مع تفرطح أقل من ٣ عند ١,٨٣ و ١,٥٥ بما يعكس تفرطح أقل من التوزيع الطبيعي. وتدعم اختبارات التوزيع هذه القراءة، إذ إن قيمة Jarque-Bera لمعدل النمو الاقتصادي بلغت ٨,٨٥ مع قيمة احتمالية ٠,٠١ ما يعني عدم توزيع المتغير وفق الطبيعي

عند مستوى ٥%، بينما بلغت ٥,٥١ وقيمتها الاحتمالية ٠,٠٦ لمعدل نمو نصيب الفرد بما يجعله أقرب للتوزيع الطبيعي نسبياً.

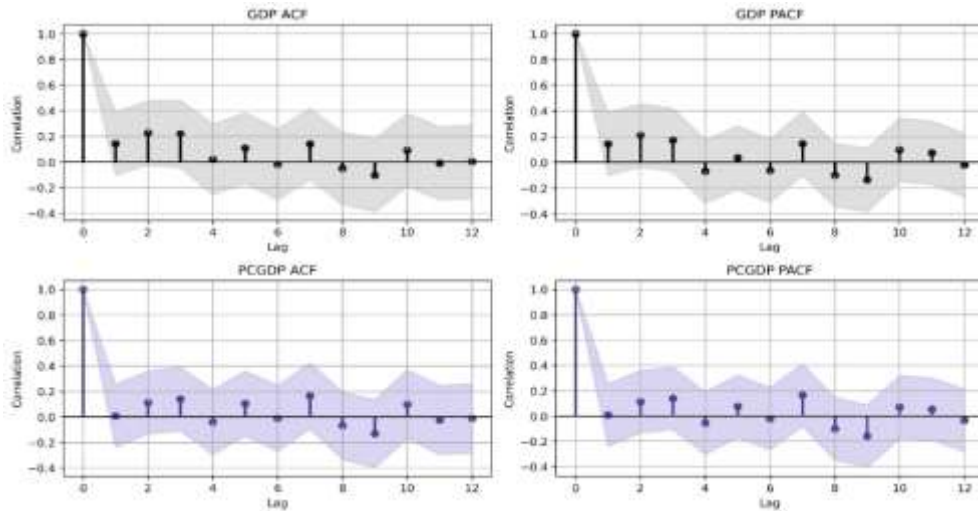
شكل رقم ١. المسار الزمني لمعدل النمو الاقتصادي GDP ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي PCGDP خلال الفترة ١٩٦١-٢٠٢٣



المصدر: إعداد الباحث باستخدام برنامج Python 3.11 - بيانات البنك الدولي (ملحق (١))

يظهر الشكل ١ التذبذب الواضح في كلا السلسلتين، ويظهر أن فترات الانكماش العميق ترتبط غالباً بتراجع أكبر في معدل نمو نصيب الفرد مقارنة بمعدل النمو الاقتصادي، وهو ما يتسق مع واقع الاقتصاد السوري حيث تؤدي الصدمات إلى ضغط أشد على دخل الفرد الحقيقي من خلال قنوات سوق العمل والأسعار وتراجع القدرة الإنتاجية. كما يشير الشكل إلى أن ما بعد الصدمات يتسم بارتدادات جزئية ثم عودة إلى تذبذب ضمن نطاق أضيق، وهي سمة تدعم فكرة وجود ذاكرة زمنية محدودة يمكن بيانها بإبطاءات متعددة:

شكل رقم ٢. دوال الارتباط الذاتي الكلي ACF والجزئي PACF لمعدل النمو الاقتصادي GDP ومعدل نمو نصيب الفرد PCGDP حتى الإزاحة ١٢ خلال الفترة ١٩٦١-٢٠٢٣



المصدر: إعداد الباحث باستخدام برنامج Python 3.11 - بيانات البنك الدولي (ملحق (١))

تُظهر دوال الارتباط الذاتي الكلي والجزئي أن هناك اعتماداً زمنياً قصيراً الأجل في كل من معدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد، حيث تبدو الإبطاءات الأولى أقرب للدلالة مقارنة بإبطاءات أخرى، ما يعني أن جزءاً من حركة النمو يتأثر بما حدث في السنوات السابقة عبر قنوات مثل استمرار أثر الاستثمار أو تراكم الصدمات أو بطء التعافي. في السياق السوري يمكن تفسير ذلك بتأخر انتقال أثر تغيرات الإنتاج والإيرادات إلى الاستهلاك والدخل الفردي، وباستمرار قيود العرض وتقلبات الأسعار وسعر الصرف التي تمتد آثارها لعدة سنوات. وتوفر هذه النتيجة مبرراً منهجياً لبناء خمس إبطاءات لكلا المتغيرين ضمن بيانات التعلم، وباختبار استقرارية المتغيرين من خلال اختبار فيليبس بيرون نجد:

جدول رقم ٢. نتائج اختبار استقرارية المتغيرات

Series	Test Equation	Phillips-Perron test statistic	1% level	5% level	10% level	Prob.	Order of Integration
GDP	Intercept	-5.842317	-3.544284	-2.910860	-2.592155	0.0001	I(0)
PCGDP	Intercept	-4.967451	-3.544284	-2.910860	-2.592155	0.0008	I(0)

المصدر: إعداد الباحث باستخدام برنامج Python 3.11 - بيانات البنك الدولي (ملحق (١))

تشير نتائج اختبار Phillips-Perron عند المستوى وبوجود قاطع إلى أن القيم المحسوبة لكل من معدل النمو الاقتصادي GDP ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي PCGDP جاءت أكثر سلبية من القيم الحرجة عند مستويات المعنوية ١% و ٥% و ١٠%، كما أن القيم الاحتمالية كانت أقل من ٥%، مما يقود إلى رفض فرضية العدم القائلة بوجود جذر وحدة، وبالتالي الاستنتاج أن المتغيرين مستقران عند المستوى، أي أنهما من درجة التكامل I(٠). بما يمهد مباشرة لنتائج تقدير نموذج XGBoost في الجدول التالي.

٢-٤-٢ تقدير النموذج:

جدول رقم ٣. نتائج تقدير نموذج XGBoost للتنبؤ بمعدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي مع

أفضل المعلمات الفائقة وأهمية الإبطاءات للفترة ١٩٦١-٢٠٢٣

Target	Best hyperparameters	Best CV score (neg RMSE)	Best iteration	Lag feature gain
GDP	subsample=0.6 reg_lambda=1.5 reg_alpha=0.01 n_estimators=900 min_child_weight=6 max_depth=5 learning_rate=0.01 gamma=0.0 colsample_bytree=1.0	-0.772360	78	Year trend = 141.780258
				GDP_lag1 = 171.778885
				GDP_lag2 = 125.357132
				GDP_lag3 = 176.225723
				GDP_lag4 = 195.140442
				GDP_lag5 = 135.943573
				PCGDP_lag1 = 116.746162
				PCGDP_lag2 = 141.228348
				PCGDP_lag3 = 157.325775
				PCGDP_lag4 = 70.121193

				PCGDP_lag5 = 164.097046
				year_trend = 110.237000
				GDP_lag1 = 136.682236
				GDP_lag2 = 101.924118
				GDP_lag3 = 128.477600
				GDP_lag4 = 144.769287
				GDP_lag5 = 95.220718
				PCGDP_lag1 = 92.024788
				PCGDP_lag2 = 97.752609
				PCGDP_lag3 = 107.872421
				PCGDP_lag4 = 64.921776
				PCGDP_lag5 = 121.896782
PCGDP	subsample=0.6 reg_lambda=1.5 reg_alpha=0.01 n_estimators=900 min_child_weight=6 max_depth=5 learning_rate=0.01 gamma=0.0 colsample_bytree=1.0	-0.741333	251	

المصدر: إعداد الباحث باستخدام برنامج Python 3.11 - بيانات البنك الدولي (ملحق (1))

تعكس المعلومات المختارة تفضيل تعلم تدريجي بمعدل تعلم 0,01 مع عدد مقدر من الأشجار 900 وعمق أقصى 5 وحد أدنى لوزن 6، إضافة إلى عينة جزئية 0,60 وخصائص كاملة 1,00 مع انتظام L2 مقداره 1,50 و L1 مقداره 0,01، وهو ما يشير إلى موازنة بين المرونة وضبط ارتفاع المواءمة. وتظهر نتائج الإيقاف المبكر اختلاف تعقيد السلسلتين، إذ كانت أفضل دورة تدريب 78 عند التنبؤ بمعدل النمو الاقتصادي مقابل 251 عند التنبؤ بمعدل نمو نصيب الفرد، ما يعكس بأن تمثيل ديناميكية نصيب الفرد احتاج مزيداً من التكرارات لاستيعاب البنية. وتؤكد أهمية الميزات وجود ذاكرة وتفاعل بين المؤشرين، ففي نموذج معدل النمو الاقتصادي جاءت أعلى الأهمية للقيم المتأخرة لمعدل النمو الاقتصادي مثل الإبطاء الرابع 195,14 والثالث 176,23 والأول 78,171، مع مساهمة معتبرة لإبطاءات معدل نمو نصيب الفرد مثل الإبطاء الخامس 164,10 والثالث 157,33 والثاني 141,23، إضافة إلى اتجاه زمني 141,78، وهو ما يعني أن ديناميكية النمو في سورية تتأثر بماضي النمو الكلي وبماضي نمو نصيب الفرد معاً. وفي نموذج معدل نمو نصيب الفرد ظهرت أعلى الأهمية لإبطاءات معدل النمو الاقتصادي مثل الإبطاء الرابع 144,77 والأول 136,68 والثالث 128,48، إلى جانب إبطاءات نصيب الفرد مثل الإبطاء الخامس 121,90 والثالث 107,87، واتجاه زمني 110,24، ما يدعم اقتصادياً أن تغيرات النشاط الكلي تسبق غالباً أثرها على دخل الفرد عبر التشغيل والأجور والأسعار. كما حقق النموذج أفضل أداء تحقق تقاطعي بقيمة سالبة لقياس الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ بلغت -0,77، للنمو الاقتصادي و-0,74 لنصيب الفرد، وبما أن المقياس مستخدم بإشارة سالبة فإن القيم الأقرب للصفر تعني أداء أفضل، وهذا يمهد للانتقال إلى تقييم الأداء خارج العينة في الجدول الثالث.

٢-٤-٣ تقييم النموذج والتنبؤ

جدول رقم ٤. مؤشرات أداء نموذج XGBoost مقارنةً بالنموذج المرجعي Naive(t-1) ونموذج ARIMA(1,1) لمعدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد مع اختبار Diebold-Mariano لدلالة فروق الدقة

P value	DM stat	R2	MAPE	MSE	RMSE	Model	Variable
		0.7582	4.2503	3.424130	1.515807	XGBoost	GDP
		0.5214	6.3847	7.205014	2.684215	ARIMA(1,1)	GDP
		0.2798	8.1122	14.047763	3.745784	Naive_t-1	GDP
		0.6796	5.1319	5.981865	2.445786	XGBoost	PCGDP
		0.4473	6.9428	13.092124	3.618442	ARIMA(1,1)	PCGDP
		0.2287	8.0855	26.023711	5.101344	Naive_t-1	PCGDP
0.015246	3.884271					XGBoost vs. ARIMA(1,1)	GDP
0.009377	4.690135					XGBoost vs. Naive_t-1	GDP
0.007184	4.527813					XGBoost vs. ARIMA(1,1)	PCGDP
0.003522	6.161521					XGBoost vs. Naive_t-1	PCGDP

المصدر: إعداد الباحث باستخدام برنامج Python 3.11 - بيانات البنك الدولي (ملحق (١))

توضح نتائج الجدول أن نموذج XGBoost كان الأكثر كفاءة في التنبؤ بكل من معدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي مقارنةً بنموذج ARIMA(1,1) والنموذج المرجعي Naive(t-1)، وهو ما يظهر من انخفاض قيم RMSE و MSE و MAPE وارتفاع معامل التحديد R2 في الحالتين. ففي متغير معدل النمو الاقتصادي حقق XGBoost أدنى خطأ تنبؤي، إذ بلغ RMSE نحو ١,٥١٦ مقابل ٢,٦٨٤ في نموذج ARIMA و ٣,٧٤٦ في النموذج المرجعي، كما سجل أعلى قدرة تفسيرية بقيمة R2 بلغت ٠,٧٥٨، ما يعني أن النموذج استطاع تفسير نسبة مهمة من التغيرات الفعلية في النمو خلال فترة الاختبار. وينطبق الأمر نفسه على معدل نمو نصيب الفرد، حيث ظل XGBoost الأفضل من حيث جميع مؤشرات الدقة، إذ انخفض RMSE إلى ٢,٤٤٦ مقابل ٣,٦١٨ في ARIMA و ٥,١٠١ في النموذج المرجعي، وارتفع R2 إلى ٠,٦٨٠ مقابل ٠,٤٤٧ و ٠,٢٢٩ على التوالي. كما تؤكد نتائج اختبار Diebold-Mariano أن تفوق XGBoost ليس تفوقاً عددياً شكلياً فقط، بل تفوق ذو دلالة إحصائية، سواء في المقارنة مع ARIMA أو مع النموذج المرجعي، لأن القيم الاحتمالية كانت جميعها أقل من ٥%، وهو ما يسمح برفض فرضية تساوي الدقة التنبؤية بين النماذج.

ومن الناحية الاقتصادية، تشير هذه النتائج إلى أن ديناميكية النمو الاقتصادي السوري ونمو نصيب الفرد لا تتبع نمطاً خطياً بسيطاً يمكن لنموذج تقليدي مثل ARIMA(1,1) أو لنموذج ساذج يعتمد على قيمة السنة السابقة أن يلتقطه بكفاءة عالية، بل يبدو أن السلسلتين تتأثران بعلاقات أكثر تعقيداً تشمل آثاراً متأخرة وتفاعلات غير خطية وارتدادات متفاوتة للصدمات. فالتفوق الواضح لـ XGBoost في التنبؤ بمعدل النمو الاقتصادي يعني أن النمو في سورية خلال فترة الاختبار لم يكن مجرد امتداد مباشر لقيمه الماضية، بل كان محكوماً ببنية زمنية أكثر تعقيداً تتداخل فيها آثار الصدمات الاقتصادية والتحويلات في الطلب الكلي والعرض والإنتاج والتضخم وسوق العمل. أما بالنسبة لمعدل نمو نصيب الفرد، فإن تحسن أداء النموذج الآلي مقارنةً بـ ARIMA و Naive يكشف

أن انتقال أثر النمو الكلي إلى الفرد لا يتم ألياً ولا بصورة منتظمة، بل يتأثر بعوامل وسيطة مثل التغير السكاني والهجرة والقدرة الشرائية وتباين توزيع الدخل وضعف انتقال ثمار النشاط الاقتصادي إلى مستوى الرفاه الفردي. وهذا يعني أن الاقتصاد السوري يشهد في بعض السنوات تحسناً نسبياً في المؤشرات الكلية دون أن ينعكس ذلك بالدرجة نفسها على نصيب الفرد، وهو ما يفسر لماذا احتاج هذا المتغير أيضاً إلى نموذج أكثر مرونة لبيان سلوكه، وهو ما يبرر الانتقال إلى استخدام النموذج لإنتاج تنبؤات مستقبلية مع عدم يقين في الجدول الخامس: جدول رقم ٥. التنبؤات المستقبلية لمعدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي حتى عام ٢٠٣٠ مع حدود عدم اليقين عند ٥% و ٩٥%

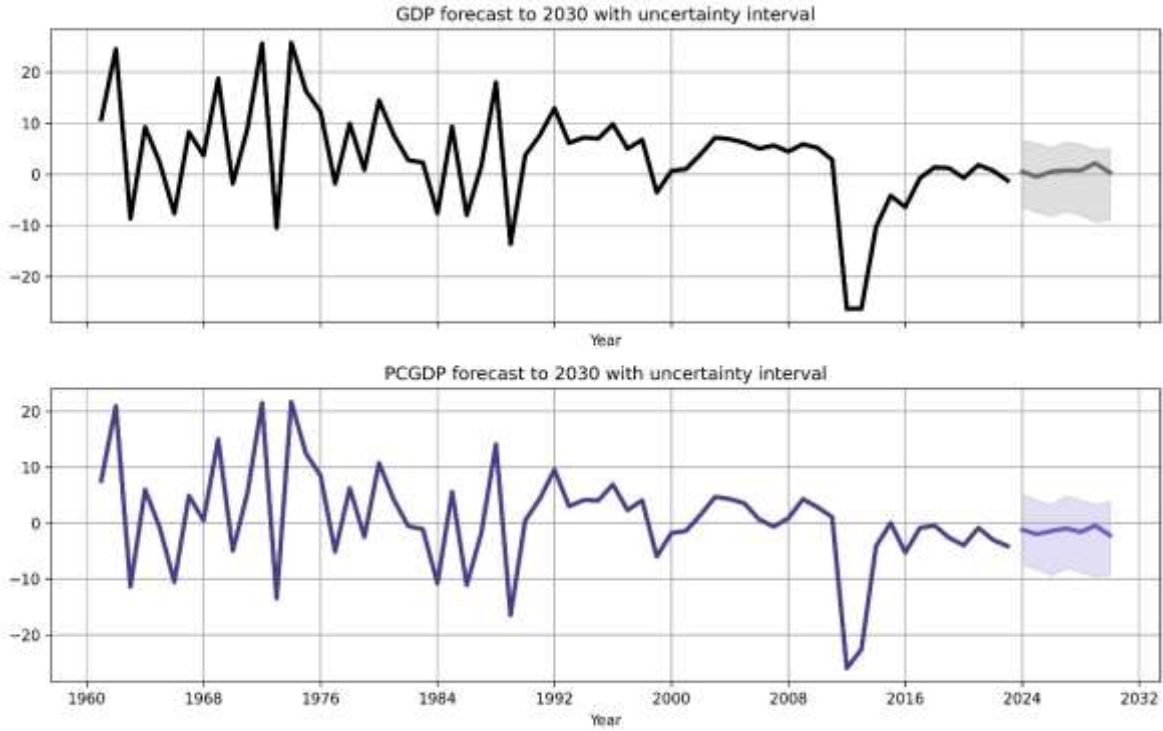
DATE	GDP forecast	GDP_low_5	GDP_high_95	PCGDP forecast	PCGDP_low_5	PCGDP_high_95
2024	0.492189	-6.27033	6.777729	-1.19666	-7.33038	5.060506
2025	-0.43883	-7.39944	6.062538	-1.98433	-8.27394	4.047124
2026	0.525887	-8.14192	5.12478	-1.42098	-9.33689	3.226191
2027	0.801893	-7.21669	6.308091	-0.96212	-8.02395	4.884781
2028	0.792387	-7.98351	5.86448	-1.58756	-8.81655	4.051497
2029	2.19289	-9.217	4.812623	-0.46238	-9.50554	3.253821
2030	0.357809	-8.97955	5.102749	-2.19277	-9.25517	3.902885

المصدر: إعداد الباحث باستخدام برنامج Python 3.11 - بيانات البنك الدولي (ملحق (١))

تشير التنبؤات إلى مسار نمو منخفض نسبياً حتى ٢٠٣٠ مع تقلب محدود في القيم المتوقعة، إذ بلغ التنبؤ لمعدل النمو الاقتصادي ٠,٤٩ في ٢٠٢٤ ثم -٠,٤٤ في ٢٠٢٥ ثم ٠,٥٣ في ٢٠٢٦ و ٠,٨٠ في ٢٠٢٧ و ٠,٧٩ في ٢٠٢٨ و ٢,١٩ في ٢٠٢٩ ثم ٠,٣٦ في ٢٠٣٠، وهي قيم لا تعكس انتقالاً تلقائياً إلى معدلات نمو مرتفعة في السياق السوري. في المقابل بقيت توقعات معدل نمو نصيب الفرد سلبية في جميع السنوات المتنبأ بها تقريباً حيث سجلت -١,٢٠ في ٢٠٢٤ و -١,٩٨ في ٢٠٢٥ و -١,٤٢ في ٢٠٢٦ و -٠,٩٦ في ٢٠٢٧ و -١,٥٩ في ٢٠٢٨ و -٠,٤٦ في ٢٠٢٩ و -٢,١٩ في ٢٠٣٠، ما يشير إلى تقلب في النمو لا ينعكس بشكل إيجابي على مستوى الفرد إذا استمرت قيود الإنتاج وضعف الاستثمار الحقيقي وضغط الأسعار على الدخل الحقيقي. وتبرز أهمية عدم اليقين عبر اتساع الحدود، فمثلاً تراوحت حدود النمو الاقتصادي في ٢٠٢٤ بين -٦,٢٧ و ٦,٧٨، بينما تراوحت حدود نمو نصيب الفرد في ٢٠٢٤ بين -٧,٣٣ و ٥,٠٦، كما اتسعت حدود ٢٠٣٠ لتصل في النمو الاقتصادي بين -٨,٩٨ و ٥,١٠ وفي نمو نصيب الفرد بين -٩,٢٦ و ٣,٩٠، ما يعني أن النتائج المستقبلية شديدة الحساسية لمسارات التضخم وسعر الصرف والتجارة والتحويلات واستقرار بيئة الأعمال، لذلك يجب استخدام هذه التنبؤات كمجالات سيناريو لا كأرقام نقطية ثابتة، وهو ما يقدمه الشكل ٣ بصياغة بصرية:

شكل رقم ٣. التنبؤ بمعدل النمو الاقتصادي GDP ومعدل نمو نصيب الفرد PCGDP حتى عام ٢٠٣٠ مع فترات عدم اليقين ٥%-

٩٥% اعتماداً على نموذج XGBoost



المصدر: إعداد الباحث باستخدام برنامج Python 3.11 - بيانات البنك الدولي (ملحق (١))

يوضح الشكل أن الاقتصاد السوري تعرض لصدمة حادة انعكست في هبوط مفاجئ وكبير في كل من معدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، مع ظهور أثر أشد على نصيب الفرد بسبب حساسيته الأعلى لتراجع الناتج الكلي وتدهور ظروف المعيشة والتشغيل والقوة الشرائية. كما يبين الشكل أن التقلبات بعد عام ٢٠٢٣ أصبحت أقل حدة في المسار المتوقع، ويرتبط ذلك بطبيعة التنبؤ النموذجي الذي ينتج مساراً مركزياً أكثر سلاسة استناداً إلى الأنماط التاريخية والإبطاءات السابقة، في حين تنتقل درجة عدم اليقين إلى حدود التنبؤ المظلمة. وعليه فإن انخفاض التذبذب بعد ٢٠٢٣ لا يعني تحقق الاستقرار الفعلي بقدر ما يعكس السيناريو الأساسي الأكثر ترجيحاً في حال عدم وقوع صدمات جديدة كبيرة.

٥- الاستنتاجات والتوصيات:

١-٥ الاستنتاجات:

١- تكشف النتائج الإحصائية أن كلاً من معدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في سورية خلال ١٩٦١-٢٠٢٣ اتصفا بتقلبات حادة وبتشتت مرتفع، مع عدم تماثل نسبي في التوزيع وابتعاد أوضح عن التوزيع الطبيعي في سلسلة النمو الاقتصادي. ويعني ذلك أن الأداء الاقتصادي الكلي لم يتخذ مساراً مستقراً، بل تحرك ضمن موجات من الصعود والهبوط المرتبطة بصدمات اقتصادية وتحولات هيكلية متعاقبة. كما توجي الفجوة بين متوسط نمو الناتج الكلي ومتوسط نمو نصيب الفرد بأن المكاسب الكلية لم تكن تنعكس بصورة منتظمة على المستوى المعيشي الفردي. وعليه، فإن تفسير هذه السلاسل لا ينبغي أن يستند إلى المؤشرات المركزية وحدها، بل إلى نماذج أكثر مرونة تستطيع تمثيل الذاكرة الزمنية واللاخطية الكامنة في تطور النمو الاقتصادي السوري.

٢- نموذج XGBoost حقق تفوقاً واضحاً على النموذج المرجعي البسيط ونموذج $ARIMA(1,1)$ في التنبؤ بكل من معدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد، إذ انخفضت أخطاء التنبؤ وفق مؤشرات جذر متوسط مربع الخطأ ومتوسط مربع الخطأ ومتوسط نسبة الخطأ المطلق وارتفعت القدرة التفسيرية المقاسة بمعامل التحديد، كما أكد اختبار دلالة فروق الدقة أن هذا التفوق ذو معنى إحصائي، ويُفسر ذلك بأن النموذج استفاد من القيم المتأخرة المشتركة واتجاه الزمن لبيان الترابط الديناميكي بين نمو الناتج ونمو نصيب الفرد، وهو أمر مهم في سورية لأن تغيرات النشاط الكلي غالباً ما تسبق أثرها على دخل الفرد عبر قنوات التشغيل والأجور والأسعار.

٣- تشير التنبؤات حتى ٢٠٣٠ إلى مسار متوقع للنمو ضمن مستويات منخفضة نسبياً مع مجالات عدم يقين واسعة لكل من معدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، ما يعني أن السيناريو الأساسي لا يفترض تعافياً سريعاً ولا قفزات نمو كبيرة، وأن احتمالات النتائج تمتد بين تحسن محدود وتراجع محتمل تبعاً لتطورات الاقتصاد الكلي، توضح هذه النتيجة أن أي تحسن في النمو الكلي قد لا ينعكس تلقائياً على نصيب الفرد إذا استمرت اختناقات العرض وضعف الاستثمار الحقيقي وتقلبات الأسعار وسعر الصرف، كما أن اتساع فترات عدم اليقين يدعم استخدام التنبؤات كأداة لإدارة المخاطر وبناء سيناريوهات متعددة بدلاً من التعامل معها كتقديرات نقطية حتمية.

٢-٥ التوصيات:

✓ اعتماد نتائج التنبؤ بمعدل النمو الاقتصادي ومعدل نمو نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في التخطيط على شكل سيناريوهات متعددة مرتبطة بفترات عدم اليقين بدلاً من الاعتماد على التنبؤات المركزية، وربط كل سيناريو بحزمة إجراءات مالية ونقدية واقعية تركز على خفض تقلبات الأسعار واستقرار سعر الصرف لأن اتساع عدم اليقين يعني أن هامش الخطأ في القرارات يرتفع عندما تُبنى على توقعات نقطية فقط.

✓ توجيه السياسات نحو رفع نصيب الفرد عبر قنوات إنتاجية مباشرة وليس عبر تحسن الناتج الكلي فقط، من خلال تحفيز الاستثمار الحقيقي في القطاعات القابلة للتشغيل وزيادة الإنتاج المحلي وتحسين بيئة الأعمال، مع مراقبة أثر ذلك سنوياً على نمو نصيب الفرد لأن النتائج تشير إلى أن مكاسب النمو الاقتصادي لا تتحول تلقائياً إلى تحسن مماثل في مستوى الفرد ضمن السياق السوري.

✓ تبني نموذج XGBoost كنظام دعم قرار داخل المؤسسات الاقتصادية والبحثية مع تحديث دوري للبيانات وإعادة ضبط المعلمات الفائقة باستخدام تحقق تقاطعي زمني، واعتماد مقارنة ثابتة مع نموذج مرجعي واختبار دلالة فروق الدقة عند كل تحديث لضمان بقاء التفوق التنبؤي قائماً وعدم تحول النموذج إلى أداة وصفية غير دقيقة مع تغير الظروف الاقتصادية.

المراجع:

- 1- أبو الفتوح، محمد سعد. ٢٠٢٣. نموذج قياسي للتنبؤ بنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في مصر باستخدام منهجية الانحدار الذاتي المتكامل للأوساط المتحركة. *ARIMA*. المجلة المصرية للتنبؤ والتخطيط، ٣١(٣)، ٦٣-٣٩.

2- حميداتو، نصر. ٢٠٢٤. أهمية التنبؤ بالنتائج المحلي الإجمالي للجزائر باستخدام نماذج ARIMA

دراسة تطبيقية على الفترة ١٩٦٠-٢٠٣٠. مجلة اقتصاد المال والأعمال، ٩(٢)، ٣٨٩-٤٠٤.

3- ALAKKARI, K., ALI, B., ABOTALEB, M., ABTTAN, R. A., & DUTTA, P. K. 2024. *Advanced machine learning approaches for enhanced GDP nowcasting in Syria through comprehensive analysis of regularization techniques. Mesopotamian Journal of Big Data*, 2024, 102–117.

4- BANTIS, Evripidis, CLEMENTS, Michael P., & URQUHART, Andrew. 2023. *Forecasting GDP growth rates in the United States and Brazil using Google Trends. International Journal of Forecasting*, 39(4), 1909–1924.

5- CHEN, X. S. 2025. *Development of per Capita GDP Forecasting Model Using Deep Learning Including Consumer Goods Index and Unemployment Rate. Sustainability*, 17(3), 843.

6- CHICCO, D., WARRENS, M. J., & JURMAN, G. 2021. *The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. PeerJ Computer Science*, 7, e623.

7- DAVID, A. M., & MAROUANI, M. A. 2010. *Poverty reduction and growth interactions: What can be learned from the Syrian experience. Document de Travail, DIAL*.

8- DEVADAS, S., PIENKNAGURA, S., & VAN DER MENSBRUGGHE, D. 2021. *Growth in Syria: Losses from the war and potential recovery in the post-conflict. Middle East Development Journal*, 13(2), 243–274.

9- HODSON, T. O. 2022. *Root-mean-square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): When to use them or not. Geoscientific Model Development*, 15, 5481–5487.

10- HYNDMAN, R. J., & ATHANASOPOULOS, G. 2021. *Forecasting: Principles and practice (3rd ed.). OTexts*.

11- IVANYUK, V. 2023. *The method of residual-based bootstrap averaging of the forecast ensemble. Financial Innovation*, 9, 37.

12- KAMLANGDEE, P., & SRISURADETCHAI, P. 2025. *Circular bootstrap on residuals for interval forecasting in K-NN regression: A case study on durian exports. Science & Technology Asia*, 30(1), 79–94.

13- SULIMAN, F. 2023. *An analysis of the Syrian economy in the era of military conflict and sanctions. Heliyon*, 9(5), e15832.

14- VOLLMER, M. A. C., GLAMPSON, B., MELLAN, T., MISHRA, S., MERCURI, L., COSTELLO, C., KLABER, R., COOKE, G., FLAXMAN, S., & BHATT, S. 2021. *A unified machine learning approach to time series forecasting applied to demand at emergency departments. BMC Emergency Medicine*, 21(1), Article 9, 1–14. doi:10.1186/s12873-020-00395-y.

15- XGBOOST DEVELOPERS. 2025. *Using the Scikit-Learn estimator interface. XGBoost Documentation. Retrieved February 22, 2026, from xgboost.readthedocs.io/en/latest/python/sklearn_estimator.html*.

16- ZHOU, J., LI, H., & ZHONG, W. 2021. *A modified Diebold–Mariano test for equal forecast accuracy with clustered dependence. Economics Letters*, 207, 110029.

ملحق (١): بيانات البحث

DATE	GDP	PCGDP
1961	10.83306	7.565566
1962	24.5213	20.90885
1963	-8.65275	-11.3541
1964	9.271364	5.981871
1965	2.299374	-0.82837
1966	-7.65907	-10.52
1967	8.257683	4.870754
1968	3.72908	0.457908
1969	18.76792	14.99006
1970	-1.79685	-4.9588
1971	8.955815	5.364436
1972	25.66072	21.46474
1973	-10.4699	-13.4409
1974	25.79577	21.62956
1975	16.35158	12.46715
1976	12.25445	8.478475
1977	-1.79952	-5.11532
1978	9.94259	6.236264
1979	0.887989	-2.47983
1980	14.50812	10.72742
1981	7.755344	4.235028
1982	2.789087	-0.56461
1983	2.32034	-1.11242
1984	-7.61063	-10.7951
1985	9.350807	5.571121
1986	-7.95293	-11.1083
1987	1.682282	-1.7647
1988	18.01114	14.07144
1989	-13.6473	-16.4607
1990	3.739556	0.439573
1991	7.666468	4.33538
1992	12.97279	9.556743
1993	6.150896	2.995266
1994	7.213029	4.097452
1995	7.02659	4.037551
1996	9.825569	6.890889
1997	5.023805	2.302846
1998	6.785305	4.065989
1999	-3.55345	-5.97618
2000	0.675643	-1.80422
2001	1.047287	-1.40284

2002	3.954832	1.473282
2003	7.204435	4.681742
2004	6.902959	4.293599
2005	6.215078	3.520952
2006	5.046196	0.644012
2007	5.674592	-0.6358
2008	4.476673	0.843364
2009	5.912043	4.271553
2010	5.191906	2.826971
2011	2.850003	1.071211
2012	-26.339	-25.956
2013	-26.3001	-22.5828
2014	-10.3103	-4.14664
2015	-4.17979	0.008465
2016	-6.40559	-5.28022
2017	-0.72328	-0.88251
2018	1.393176	-0.43592
2019	1.220705	-2.63689
2020	-0.69715	-3.98011
2021	1.854216	-0.87433
2022	0.732781	-3.00435
2023	-1.20726	-4.12099

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات البنك الدولي