



دراسة مقارنة بين منهجيتي بوكس جنكينز والشبكات العصبونية في نمذجة سلوك سعر البتكوين

A comparative study between Box Jenkins' methodology and neural networks in modeling Bitcoin price behavior

طهراوي مختار

قادري رياض*

مختار LEPESE، المركز الجامعي مغنية،

مختار LEPESE، المركز الجامعي مغنية،

الجزائر

الجزائر

tahraoui.mokhtar.enssea@gmail.com

kadri.riadh@yahoo.fr

تاريخ النشر: 2022/04/22

تاريخ القبول: 2022/04/10

تاريخ الإرسال: 2022/01/09

ملخص:

تهدف هذه الدراسة لنمذجة سعر البتكوين من جهة، والمقارنة بين دقة النمذجة في هذه الحالة لكل من منهجيتي: الشبكة العصبونية نموذج (NAR) ومنهجية بوكس جنكينز (ARIMA-ARCH)، ولبولوج هذا الهدف تم تقسيم هذه الدراسة إلى قسمين، حيث تطرقنا في القسم الأول إلى مفاهيم حول البتكوين، بالإضافة إلى تحليل لبيانات الدراسة المتمثلة في سعر البتكوين بالدولار الأمريكي، أما في القسم الثاني فقمنا بتطبيق كلتا الطريقتين على بيانات سعر البتكوين الممتدة من 2009/03/01 إلى 2021/02/12 بالاعتماد على كل من برنامج Eviews10 وبرنامج Matlab2016، وفي الأخير قمنا بالمقارنة بين دقة النموذجين بالاعتماد على مقاييس جودة التقدير (MSE، RMSE، MAE)، وكانت هذه الأخيرة بمقدار أقل لمنهجية الشبكات العصبونية (NAR)، ما أدى بنا لإجابة واضحة على إشكالية الدراسة و قبول فرضية أن الشبكات العصبونية نموذج NAR هي الأمثل في نمذجت سلوك سعر البتكوين

الكلمات المفتاحية: البتكوين، نمذجة، شبكة عصبونية، نماذج ARIMA-ARCH، NAR

Abstract :

This study aims to model the price of Bitcoin and compare the accuracy of the modeling in this case for each of the two methods: the neural network model (NAR) and the ARIMA-ARCH models, and to achieve this goal, this study was divided into two parts, first part concepts about bitcoin, and an analysis of the study data represented in the price of bitcoin in US dollars. In the second part, we applied both methods to the bitcoin price data extending from 01/03/2009 to 12/02/2021 depending on both Eviews10 and Matlab2016 program, Finally, we compared the accuracy of the two models based on the measures of modelling quality (MSE, RMSE, MAE), and the latter was a lesser extent for the Neural Networks (NAR) methodology, which led us to answer the problem of the study and accept the hypothesis that the NAR model is optimal in modeling Bitcoin price behavior

Key Words: Bitcoin ; modeling ; neural network ; ARIMA-ARCH;NAR

JEL Classification: E42, C52.

*مرسل المقال: قادري رياض (kadri.riadh@yahoo.fr)



المقدمة:

في الآونة الأخيرة ما يلفت انتباه العالم بشقيه الافتراضي والحقيقي، ظاهرة البتكوين بصفة خاصة والعملات الرقمية المشفرة بصفة عامة، حيث كانت هذه الأخيرة مجرد عملة رقمية يتم تداولها عبر الأنترنت لا يتجاوز سعرها 0.1 دولار إلا أنه في السنوات الأخيرة قفز سعرها ليتجاوز 60 ألف دولار، ما أثار ضجة كبيرة وأسأل لعاب المتداولين والمستثمرين، وخبراء الاقتصاد الذين يسعون جاهدا لنمذجة سلوك هذه الظاهرة التي يتغير سعرها بين اليوم والآخر ومحاولة فهم توجهاتها من خلال نماذج قياسية ورياضية، لما فيه من فائدة للمستثمرين، والمتداولين، ومتخذي القرارات في هذا المجال.

إشكالية الدراسة: على اثر ما سبق سنسعى في دراستنا لتسليط الضوء على الإشكالية التالية: ماهو النموذج الأمثل لتقدير ونمذجة سعر البتكوين مقارنة بين كل من نماذج الشبكات العصبونية (نموذج NAR) ومنهجية بوكس جنكينز (نموذج ARCH و ARIMA) ؟

فرضيات الدراسة: تتمثل الفرضيات فيما يلي :

- نماذج ARIMA بالاضافة لنماذج ARCH هي الأنجع في نمذجة سلوك سعر البتكوين ؛
- نماذج الشبكات العصبونية (نموذج NAR) هو الأنجع في نمذجة سلوك سعر البتكوين .

منهجية الدراسة: وللتعريج والإمام بمختلف جوانب الموضوع والتطرق لمختلف جوانبه، والإجابة على إشكالية الدراسة إتبعنا المنهج الوصفي التحليلي والذي يقوم على جمع المعلومات ودراستها بهدف استيعاب الجانب النظري، وكذلك تحليل الدراسات السابقة للتعرف على مختلف النماذج القياسية المستخدمة في موضوعنا سابقا، وكذلك الإمام بشتى مراحل هذه النماذج وتحديد المعايير التي على أساسها يتم المفاضلة بين نموذجين قياسيين، أما في دراسة الحالة فتم الاعتماد على كل من نموذج بوكس جنكينز (ARCH-ARIMA) ونموذج الشبكات العصبونية (NAR) باستخدام كل من برنامج Eviews10 و برنامج Matlab2016.

وقد تم تقسيم هذه الدراسة إلى قسمين: القسم النظري الذي حاولنا من خلاله التطرق لمفهوم البتكوين وأهم مصطلحاته التي يجب الإمام بها، ثم القسم التطبيقي، الذي هو لب دراستنا حيث تطرقنا فيه باختصار لمراحل المنهجيتين المراد المقارنة بينهما من حيث دقة نمذجة سلوك سعر البتكوين خلال الفترة الممتدة من 2009/03/01 إلى 2021/02/12 اعتمادا على كل من نموذجي: (ARCH و ARIMA) مقابل (NAR)

أهمية الدراسة: تتبلور أهمية هذه الدراسة في أنها تتناول موضوعا يعد موضوع الساعة، والذي يشرح أن يكون منعكسا للنظام النقدي العالمي، وكذلك تظهر الأهمية في أنه يحاول معالجة أحد أهم المشاكل التي تواجه متداولي هذه العملة عبر العالم بما فيه العالم العربي والذي يتمثل في نمذجة سلوك تغيرات سعر هذه العملة ما يسهل عملية اتخاذ القرار، ومن هنا تشرق أهمية أخرى تتمثل المقارنة بين أحد أبرز النماذج الرائدة في السلاسل المالية نماذج ARCH مقابل أحد النماذج الحديثة في معالجة البيانات الضخمة والتي تحاكي عملية عقل الإنسان نموذج الشبكات العصبونية NAR

أهداف الدراسة: تتمثل أهداف الدراسة فيما يلي :



- التعريف بعملية البتكوين وبأهم مصطلحاتها؛
- المقارنة بين دقة كل من منهجيتي الشبكات العصبونية (NAR) و منهجية بوكس جنكينز نموذج (ARIMA+ARCH)، في نمذجة سلوك هذه العملة .

الدراسات السابقة :

- دراسة (Darley, 2021) وهي عبارة عن مقال بعنوان "تحليل الأسعار والتنبؤ بالبتكوين باستخدام نموذج المتوسط المتحرك الانحداري المتكامل"، سعى الباحث للتنبؤ بسعر البتكوين بالاعتماد على بيانات لمدة خمس سنوات ممتدة من (1 جانفي 2016 إلى ماي 2021) وبتطبيق منهجية بوكس جنكينز توصل الباحث إلى أن النموذج الأمثل هو $ARIMA(6,1,2)$ وتم تحديده بناء على معياري المعلومات (AIC) و Bayesian (BIC) وبعد اختبار دقة التنبؤ لمدة شهرين، توصل إلى أنه هناك انخفاض في دقة التنبؤ مع زيادة عدد أيام فترة الاختبار حيث تهبط من 99.94 % في سبعة الأيام الأولى إلى 99.59 % لمدة 14 يوم، ثم إلى 95.84 % لمدة 30 يوما، أما بالنسبة لفترة الاختبار التي استمرت شهرين فقد قدرت بـ 84.75 %، وعلى اثر هذه النتائج استنتج الباحث أنه يمكن الاعتماد على النموذج المحصل عليه للتنبؤ في المدى القصير .
- دراسة (Liantoni, 2020) وهي عبارة عن مقال بعنوان "توقع عملة البتكوين باستخدام طريقة التجانس الأسّي المزدوجة بناء على متوسط الخطأ النسبي المطلق"، حيث حاول الباحث التنبؤ بسعر البتكوين بالاعتماد على طريقة التجانس الأسّي المزدوج، بالإضافة إلى متوسط نسبة الخطأ (MPAE) للعشور على أفضل معامل لألفا، وقد طبقت بيانات لسعر البتكوين ممتدة من 2017 إلى 2019، وقد تحصل على أفضل قيمة لألفا تقدر بـ 0.9 مقابلها أصغر قيمة لـ MAPE بـ 2.89 %، وبعد التنبؤ بسعر البتكوين ليناير 2018، ومعاينة معدل الخطأ الناتج عن التوقع، تم استنتاج أنه يمكن الارتكاز على هذه الطريقة كدعم لاتخاذ القرار عند تداول البتكوين.
- دراسة (Olvera-Juarez, 2019) وهي عبارة عن مقال بعنوان "التنبؤ بسعر البتكوين باستخدام النماذج الهجينة: مراجعة الأدبيات"، حيث هدف فيها الباحث لتسليط الضوء على مختلف النماذج التي استخدمت في التنبؤ بسعر البتكوين بين الفترة 2015 - 2018، وقد توصل إلى النماذج التالية : نماذج منهجية بوكس جنكينز ($MA, AR, ARIMA$)، الشبكات العصبونية (RNN)، و التعليم الآلي (LM)، وتوصل للنتائج التالية: أن سلوك البتكوين غير ثابت خلال الفترات الزمنية ما يصعب العثور على نموذج لـ $ARIMA$ مناسب، وأن تقنية الشبكات العصبونية و التعليم الآلي تمكنت بنسبة كبيرة في محاكات سلوك سعر البتكوين.
- دراسة (Yenidoğan, 2018) وهي عبارة عن مقال بعنوان "التنبؤ بالبتكوين باستخدام نماذج $ARIMA$ ونماذج Prophet"، حيث اعتمد الباحث في هذه الدراسة على منهجية $ARIMA$ ومنهجية نموذج الرسول Prophet facebook، بالاعتماد على برنامج R، وقد تم تطبيق كلا النموذجين على بيانات لسعر البتكوين ممتدة من ماي 2016 إلى مارس 2018، وبعد تطبيق مختلف مراحل النموذجين



على بيانات الدراسة توصل الباحث إلى تفوق نموذج الرسول بمعامل ارتباط $R^2=0.94$ على نموذج ARIMA بمعامل ارتباط يقدر بـ $R^2=0.68$.

- دراسة (Sutiksno, 2018) وهي عبارة عن مقال بعنوان "التنبؤ بالبيانات التاريخية للبتكوين باستخدام ARIMA ومؤشر α -Sutte"، سعى الباحث من خلالها للتنبؤ بسعر البتكوين، من خلال تطبيق كل من منهجية ARIMA وكذا منهجية α -sutte التي طورت سنة 2017، وبعد تطبيق كلتا المنهجيتين على بيانات ممتدة من جانفي 2016 إلى ماي 2018، وبناء على مقياسي MSE (متوسط مربع الخطأ) و MAE (متوسط الخطأ المطلق) حيث كانت أصغر قيمة لهذين المقياسين مقابلة لمنهجية α -sutte وعلى اثره استنتجت دقة هذا الأخير مقارنة بنظيره ARIMA.
- دراسة (Tun, 2018) وهي عبارة عن مقال بعنوان "مقارنة بين الشبكة العصبية الاصطناعية ونموذج المتوسط المتحرك المتكامل ذاتي الانحدار في التنبؤ بسعر البتكوين"، هدف الباحث للمقارنة بين دقة منهجيتي بوكس جنكينز نماذج ARIMA ومنهجية الشبكة العصبونية نموذج NARX، وقد طبقت كلتا المنهجيتين على بيانات سعر البتكوين ممتدة من 01 جانفي 2012 إلى 28 فيفري 2018، وقد توصل الباحث إلى أن النموذج الأمثل لمنهجية بوكس جنكينز هو $ARIMA(3,1,2)$ ، وقد تم الاعتماد على نوعين للتنبؤ: OSA و 31-Step، وبعد تطبيق مختلف النوعين على كلا المنهجيتين، توصل الباحث إلى أن منهجية الشبكة العصبونية بالاعتماد على كلتا النوعين هي الأفضل و الأدق اعتمادا على مقياس MAPE الذي كان منخفض مقارنة بنظيره لنموذج ARIMA.

I. مفاهيم حول البتكوين:

1. تعريف البتكوين :

كتعريف بسيط هو عملة رقمية مشفرة يتم تداولها عبر الأنترنت لا تحتاج إلى وسيط مالي كالبنوك، تعتمد على تقنيات دفع وتحويل جديدة كتقنية البلوكشين، التي تعرف بمصطلح دفتر الأستاذ، حيث تسمح لك بحفظ أموالك التي هي عبارة عن بتكوين كذلك تداولها و الدفع بها، ينقسم مصطلح بتكوين الذي يعبر عليه بالإنجليزية Bitcoin إلى قسمين : Bit وتعني وحدة المعلومات في النظام الثنائي 0 أو 1، أما Coin فتعني العملة، كذلك كلمة بتكوين تشير إلى مفهومين حيث عند كتابتها بحرف b صغير تعني العملة، وعند كتابتها بحرف B كبير تعني نظام التداول (Brito, 2014, p. 147)

2. من الذي أنشأ البتكوين:

تم تقديم عملة البتكوين لأول مرة في عام 2009 من طرف شخص مجهول يدعى ساتوشي ناكاموتو، وتم إطلاق هذه العملة على شكل برنامج مفتوح المصدر، يقوم مبدأ هذه العملة على تقنية التحويلات الند بالند، أي إرسال المدفوعات عبر الأنترنت مباشرة إلى الطرف الثاني دون المرور عبر المؤسسات المالية، وعلى اثر هذا نذكر خصائص



البتكوين : اللامركزية؛ لا يوجد بنك؛ لا توجد حكومة؛ لا يوجد حد رأس المال؛ لا يمكن حظر الحساب؛ تأمين المعاملات و التخزين لجميع أنواع البيانات؛ إخفاء الهوية والسرية. (Rahardja, 2021, p. 2)

3. المفاهيم المختلفة لنظام البتكوين:

يعتمد نظام البتكوين بالكامل على نموذج رياضي معقد للغاية، ويعمل بفضل الخوارزميات التي تم انشاؤها بواسطة أجهزة الكمبيوتر الخاصة بالمستخدمين، هناك ثلاثة مفاهيم رئيسية أساسية لفهم عملية وخصائص البتكوين: التشفير، وسلسلة البلوك، ونشاط التعدين

1.3. التشفير: تعتمد عملة البتكوين في معاملاتها على نظام التشفير القائم على مفتاحين: العام والخاص، وتقوم العملية حسب المثال التالي: مستخدم "أ" يريد إرسال 5 بتكوين لمستخدم "ب"، فتأخذ المعاملة شكل ملف الذي يتم إنشاؤه من طرف محفظة المتعامل "أ"، ويتم نشر هذا الملف على الشبكة، يتم تحديد هوية المتعاملين بواسطة مفتاحين على شكل مجموعة من الحروف والأرقام، والتي على أساسها يتم توليد رسالة المشفرة الحاملة لـ 5 بتكوين، ثم يتم العودة إلى معاملات المستخدم "أ" السابقة حتى يتم التأكد من واقعية امتلاكه للمبلغ السابق، وبعد التأكد يتم تشفير الرسالة بواسطة المفتاح العام، وعند وصولها للمستقبل "ب" يتم إزالة التشفير بواسطة المفتاح الخاص بحوزة المتعامل "ب" (Peng, 2013, p. 8)

2.3. سلسلة البلوك (بلوكشين): هي تقنية مجانية مفتوحة المصدر، وتقوم على شبكة نظير لنظير، أي دون العبر عبر سلطة مركزية (المؤسسات المالية)، وتسمح هذه التقنية أو المنصة بالقيام بكل المعاملات المالية بواسطة عملة البتكوين: الدفع، التبادل، الاستقبال...، ويتم تسجيل هذه المعاملات و تفاصيلها في دفتر يطلق عليه دفتر الأستاذ، يستحيل التعديل عليه من أي متعامل (GHIRO, 2021, p. 2)

3.3. عملية التعدين: يعد التعدين أحد أهم الأنشطة لخلق عملة البتكوين، ولتوضيح معنى كلمة تعدين البتكوين، لها نفس معنى التنقيب لاستخراج الذهب مثلا أو أحد المعادن، اذن التعدين هو عملية استخراج عملة البتكوين بالاعتماد على جهاز الكمبيوتر وبالأخص معالج الكمبيوتر، الذي يقوم بفك تشفيرات عبارة عن معادلات رياضية جد معقدة، ويزيد تعقيد هذه المعادلات كلما كثر الاقبال عليها (DUPONT, 2014, p. 11).

4. أسباب تغير سعر البتكوين:

1.4. قانون العرض و الطلب:

يعتبر مبدأ اقتصاديا محضاً، حيث إذا كانت هناك وفرة في البتكوين على مستوى الشبكة مع قلة في الطلب من طرف التجار والمستخدمين، فسوف تنخفض سعر العملة، وبالعكس، إذا كان عرض عملة البتكوين محدودا وكان الطلب مرتفعاً فسيؤدي إلى ارتفاع قيمة هذه العملة (AMSYAR, 2020, p. 156)

2.4. الترويج الإعلامي: يعد الترويج الإعلامي الإيجابي أحد العوامل الأساسية التي تؤثر على سعر البتكوين بالإيجاب أي بزيادة سعر هذه الأخيرة والعكس صحيح، وكمثال على ذلك سعر البتكوين خلال أيامه الأولى كان لا



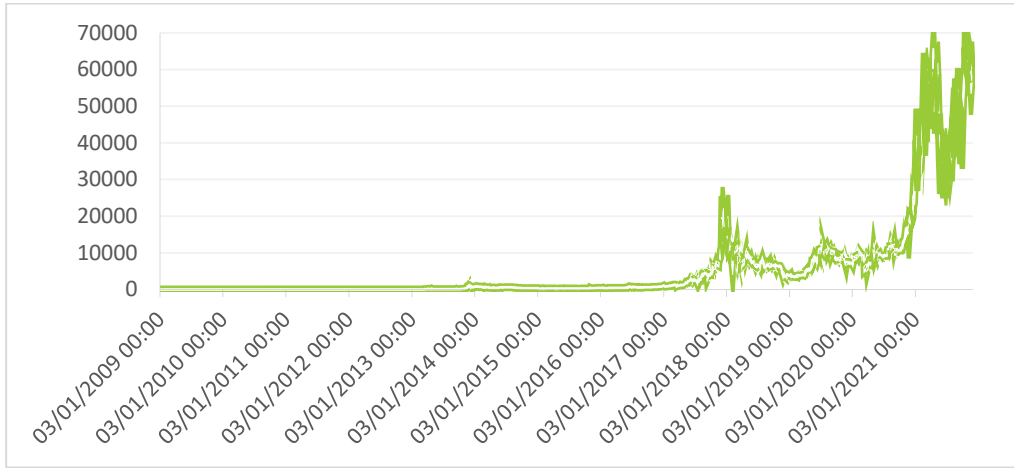
يتجاوز 0.1 دولار، وذلك لتجاهل الوسائل الإعلامية له، ثم أخذ سعره في التزايد تزامنا مع تناقل أخباره من خلال مختلف الوسائل الإعلامية من تلفزيون، نشرات، ومنصات التواصل الاجتماعي

3.4. قانون Metcalfe 1990 : ويعود هذا القانون لصاحبه Robert Metcalfe والذي يثبت أن فائدة الشبكة تتناسب مع مربع عدد مستخدميها، بمعنى أدق، ستزداد قيمة الشبكة بشكل كبير مع زيادة عدد الأفراد الذين يستخدمونها، ويعطي مثالا للهاتف الثابت عند ظهوره وامتلاكه من طرف مجموعة معينة ومحدودة من الأفراد لم تكن له ضرورة وأهمية كبيرة، ولكن بعد انتشاره واستخدامه من عدد كبير من الأفراد زادت أهميته وضروريته، وكذلك يستشهد بمثال الفيس بوك: عندما كان للشبكة الاجتماعية مليون مستخدم فقط في عام 2004 كانت قيمته 5 ملايين دولار، ولما تزايد عدد المستخدمين ليبلغ 2 مليار مستخدم في عام 2017 بلغت قيمته 520 مليار دولار، وهذا ما ينطبق على البتكوين بصفته شبكة ونظام أيضا وليس عملة فقط (SABALIONIS, 2021, p. 3)

5. تطور سعر البتكوين خلال الفترة 2009-2021:

من أجل تحقيق هذه الدراسة أخذنا بيانات يومية لكل 3 أيام لسعر البتكوين بالدولار الأمريكي حسب توفرها على منصة البلوكشين الرسمية، ونعبر عليها بـ Y، وكانت هذه البيانات ممتدة من 2009/03/01 إلى 2021/02/12 (blockchain explorer, 2022)

الشكل 1: "التمثيل البياني لسعر البتكوين"



المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج Excel

حيث أول قيمة كانت 2009/03/01 وكان سعر البتكوين بالدولار يقارب الصفر، نلاحظ من الشكل السابق بعض النقاط البارزة أولها كانت 2017/12/20 حيث تجاوز البتكوين عتبة 10 آلاف دولار وبلغ أكبر قيمة له بـ 17 ألف و383 دولار، ليعود بعد ذلك سعره في الانخفاض، ثم ثاني نقطة بارزة كانت 2021/04/15 حيث بلغ سعر البتكوين سعر قياسي بقيمة 62 ألف و969 دولار أمريكي، ليعود بعدها في التراجع إلى غاية 2021/10/21 حيث سجل مستوى قياسي ليس بالبعيد على السابق بـ 66 ألف و64 دولار أمريكي.

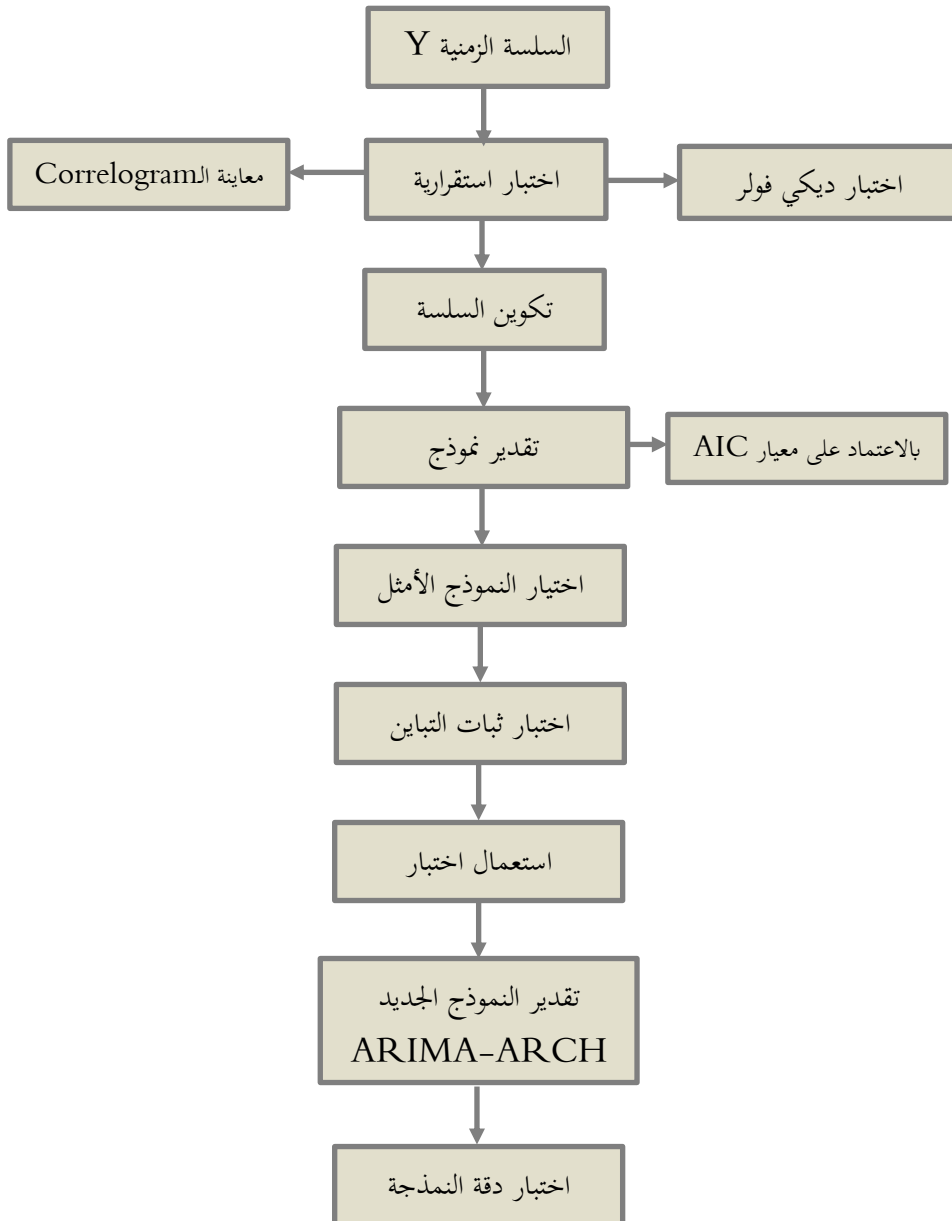
الدراسة التطبيقية:

1. نمذجة سعر البتكوين باستخدام منهجية بوكس جنكينز

1.1. منهجية بوكس جنكينز (ARIMA و ARCH)

للقيام بهذه الدراسة اعتمدنا على برنامج Eviews 10، وتتمثل مراحل المنهجية المذكورة سابقا فيما يلي:

الشكل 2: "مراحل منهجية بوكس جنكينز" نماذج ARCH و ARIMA



المصدر: (Chen, 2011, p. 609)

1.1. نتائج الدراسة:

بالاعتماد على اختبار ديكي فولر وفيليب بيرون، لاختبار استقرارية السلسلة و تأثير جذر الوحدة، كانت النتائج كالتالي :

الجدول 1: "نتائج اختبار ديكي فولر على سلسلة Y"

الاحتمالات	T_{cal}	النموذج
0.999	1.38	مع الثابت (c)
0.996	0.02	مع الثابت والاتجاه (Trend)
0.987	1.90	دون ثابت (c) ودون اتجاه (Trend)

المصدر: مخرجات برنامج Eviews10

يتبين من النتائج السابقة حيث الاحتمالات لكل من النماذج الثلاثة أكبر من 0.05 ما يؤدي بنا لقبول فرضية أن السلسلة غير مستقرة وأن بها جذر وحدة، ولإثبات النتيجة نستعين باختبار فيليب بيرون

الجدول 2: "نتائج اختبار فيليب بيرون على السلسلة Y"

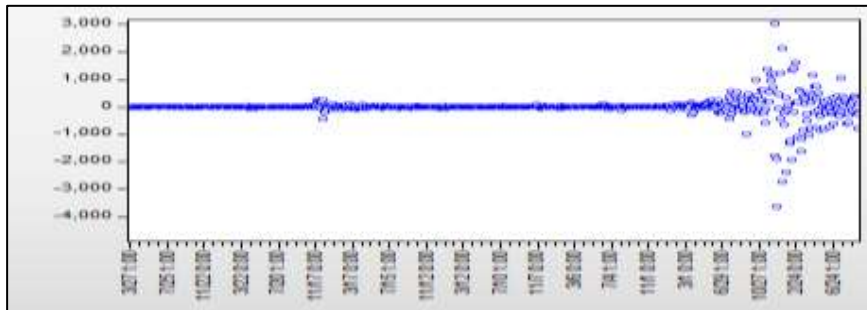
الاحتمالات	T_{cal}	النموذج
0.997	1.15	مع الثابت (c)
0.993	-0.19	مع الثابت والاتجاه (Trend)
0.977	1.67	دون ثابت (c) ودون اتجاه (Trend)

المصدر: مخرجات برنامج Eviews10

وهذا ما يتأكد من اختبار فيليب بيرون كذلك أن السلسلة غير مستقرة عند المستوى، وبعد اجراء الفرق الأول

نعيد نفس الاختبارات على السلسلة الجديدة DY

الشكل 3: "التمثيل البياني لسلسلة DY (الفرق الأول لسلسلة سعر البتكوين الأصلية)"



المصدر: مخرجات برنامج Eviews10

يمثل الشكل السابق التمثيل البياني للسلسلة بعد الفرق الأول DY ولاختبار استقرارية هذه الأخيرة، نر لإعادة كل

من اختبار فيليب بيرون و ديكي فولر وكذلك التمثيل البياني للCorrelogram



الجدول 3: "نتائج اختبار فيليب بيرون وديكي فولر على السلسلة بعد الفرق الأول DY"

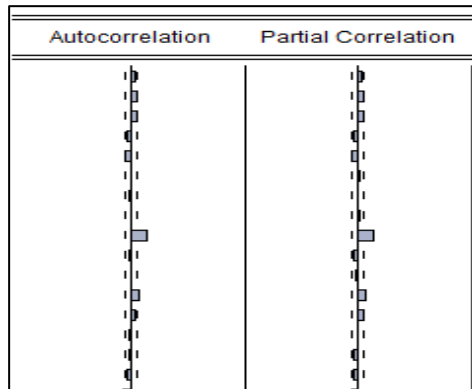
النموذج	اختبار فيليب بيرون		اختبار ديكي فولر	
	T _{cal}	الاحتمالات	T _{cal}	الاحتمالات
مع الثابت	-38.34	0.00	-38.26	0.00
مع الثابت والاتجاه	-38.40	0.00	-38.36	0.00
دون ثابت (c) ودون اتجاه (Trend)	-38.31	0.00	-6.71	0.00

المصدر: مخرجات برنامج Eviews10

يبين الجدول رقم 3 نتائج اختبار كل من ديكي فولر و اختبار فيليب بيرون لاختبار استقرارية السلسلة الجديدة DY أي بعد إجراء الفرق الأول على السلسلة Y وتبين النتائج؛ كل الاحتمالات أصغر من 0.05 ما يمكن من رفض الفرضية الصفرية التي تقول أنه يوجد جذر وحدة، وقبول الفرضية العكسية أي غياب جذر الوحدة وبالتالي السلسلة

DY مستقرة ولتأكيد النتائج نمر إلى منحني الCorrelogram

الشكل 4: "الرسم البياني للارتباط الذاتي الكلي والجزئي"



المصدر: مخرجات برنامج Eviews 10

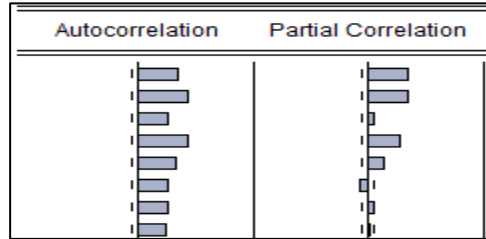
نلاحظ أن أغلبية الأعمدة داخل مجال الثقة و هذا ما يؤكد استقرارية السلسلة عند الفرق الأول وغياب جذر الوحدة، نمر إلى مرحلة تقدير النموذج، وبالاتماد على برنامج ايفيوز 10 توصنا أوتوماتيكيا إلى النموذج الأمثل لARIMA حيث يحدد البرنامج بناء على أصغر قيمة لمعيار AIC النموذج الأمثل وكانت النتيجة كالتالي :

- تحصلنا على 169 نموذج، وكان النموذج الأمثل هو ARIMA(12,1,11) الذي يحقق أصغر قيمة

AIC .

نمر إلى دراسة جودة النموذج المحصل عليه، وذلك بمعاينة مخطط الارتباط الذاتي الكلي والجزئي للبواقي (correlogram) وكانت النتائج كما في الشكل البياني :

الشكل 5: "الارتباط الذاتي الكلي والجزئي للبواقي"



المصدر: مخرجات برنامج Eviews 10

نلاحظ أن الارتباط الذاتي للبواقي، وكذلك الجزئي خارج مجال الثقة ما يشير إلى أن النموذج المحصل عليه ليس جيدا، يمكن أن يكون هناك مشكل عدم ثبات التباين، فنمر لاختبار ARCH من أجل دراسة ثبات التباين و تحصلنا على النتيجة التالية :

الجدول 4: "نتائج اختبار ARCH لثبات التباين"

Heteroskedasticity Test: ARCH			
F-statistic	226.1928	Prob. F(1,1569)	0.0000
Obs*R-squared	197.9447	Prob. Chi-Square(1)	0.0000

المصدر: مخرجات برنامج Eviews 10

واعتمادا على احتمال إحصائية فيشر التي تساوي الصفر، ما يؤدي إلى رفض فرضية ثبات التباين وقبول فرضية عدم ثبات التباين، إذن النموذج المحصل عليه ليس جيد إذ يتخلله مشكل عدم ثبات التباين، ولهذا لتحسين النموذج سنعتمد في تقديره على نماذج ARCH و GARCH من أجل تصحيح عدم ثبات التباين، وبعد تقدير النموذج بعد أخذ قيمة 1 لـ ARCH و قيمة 1 لـ GARCH تحصلنا على النموذج النهائي

ARIMA(12,1,11) GARCH(1,1) ويكتب على الشكل التالي:

$$\begin{aligned} DY = & 1.7058DY_{t-1} - 1.7078DY_{t-2} + 0.5480DY_{t-3} - 0.1716DY_{t-4} + \\ & 0.2309DY_{t-5} - 0.1472DY_{t-6} + 0.1257DY_{t-7} - 0.5670DY_{t-8} + \\ & 1.7032DY_{t-9} - 1.6619DY_{t-10} + 0.9900DY_{t-11} - 0.0686DY_{t-12} - \\ & 1.6722\varepsilon_{t-1} + 1.7374\varepsilon_{t-2} - 0.5627\varepsilon_{t-3} + 0.2026\varepsilon_{t-4} - 0.2422\varepsilon_{t-5} + \\ & 0.1998\varepsilon_{t-6} - 0.2107\varepsilon_{t-7} + 0.6397\varepsilon_{t-8} - 1.7873\varepsilon_{t-9} + 1.6334\varepsilon_{t-10} + \\ & 0.9067\varepsilon_{t-11} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (1)$$

$$GARCH = 0.0001076 + 0.4120\varepsilon_{t-1}^2 + 0.6548GARCH_{t-1} \quad (2)$$

اعتمادا على اختبار wald ندرس المعنوية الإجمالية لمعاملات النموذج المحصل عليه:

المصدر: مخرجات برنامج Eviews 10

- باعادة اختبار ARCH على النموذج الجديد تحصلنا على ما يلي :

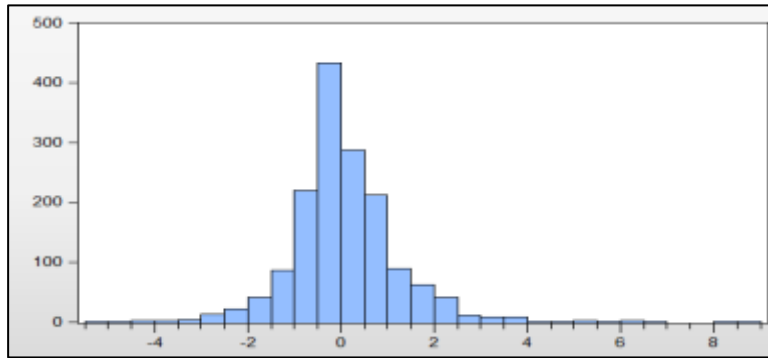
Heteroskedasticity Test: ARCH			
F-statistic	0.504677	Prob. F(1,1557)	0.4776
Obs*R-squared	0.505162	Prob. Chi-Square(1)	0.4772

نلاحظ أننا احتمال إحصائية فيشر تساوي 0.477 أكبر من 0.05 وبالتالي نقبل فرضية ثبات التباين، ومنه لدينا نموذج خال من مشكل عدم ثبات التباين، ولتعزيز النتيجة نتأكد باستعمال بيان الارتباط الذاتي والجزئي للبواقي كما في الشكل الموالي :

Autocorrelation	Partial Correlation
1.00	1.00
.99	.99
.98	.98
.97	.97
.96	.96
.95	.95
.94	.94
.93	.93
.92	.92
.91	.91
.90	.90
.89	.89
.88	.88
.87	.87
.86	.86
.85	.85
.84	.84
.83	.83
.82	.82
.81	.81
.80	.80
.79	.79
.78	.78
.77	.77
.76	.76
.75	.75
.74	.74
.73	.73
.72	.72
.71	.71
.70	.70
.69	.69
.68	.68
.67	.67
.66	.66
.65	.65
.64	.64
.63	.63
.62	.62
.61	.61
.60	.60
.59	.59
.58	.58
.57	.57
.56	.56
.55	.55
.54	.54
.53	.53
.52	.52
.51	.51
.50	.50
.49	.49
.48	.48
.47	.47
.46	.46
.45	.45
.44	.44
.43	.43
.42	.42
.41	.41
.40	.40
.39	.39
.38	.38
.37	.37
.36	.36
.35	.35
.34	.34
.33	.33
.32	.32
.31	.31
.30	.30
.29	.29
.28	.28
.27	.27
.26	.26
.25	.25
.24	.24
.23	.23
.22	.22
.21	.21
.20	.20
.19	.19
.18	.18
.17	.17
.16	.16
.15	.15
.14	.14
.13	.13
.12	.12
.11	.11
.10	.10
.09	.09
.08	.08
.07	.07
.06	.06
.05	.05
.04	.04
.03	.03
.02	.02
.01	.01
.00	.00
-.01	-.01
-.02	-.02
-.03	-.03
-.04	-.04
-.05	-.05
-.06	-.06
-.07	-.07
-.08	-.08
-.09	-.09
-.10	-.10
-.11	-.11
-.12	-.12
-.13	-.13
-.14	-.14
-.15	-.15
-.16	-.16
-.17	-.17
-.18	-.18
-.19	-.19
-.20	-.20
-.21	-.21
-.22	-.22
-.23	-.23
-.24	-.24
-.25	-.25
-.26	-.26
-.27	-.27
-.28	-.28
-.29	-.29
-.30	-.30
-.31	-.31
-.32	-.32
-.33	-.33
-.34	-.34
-.35	-.35
-.36	-.36
-.37	-.37
-.38	-.38
-.39	-.39
-.40	-.40
-.41	-.41
-.42	-.42
-.43	-.43
-.44	-.44
-.45	-.45
-.46	-.46
-.47	-.47
-.48	-.48
-.49	-.49
-.50	-.50
-.51	-.51
-.52	-.52
-.53	-.53
-.54	-.54
-.55	-.55
-.56	-.56
-.57	-.57
-.58	-.58
-.59	-.59
-.60	-.60
-.61	-.61
-.62	-.62
-.63	-.63
-.64	-.64
-.65	-.65
-.66	-.66
-.67	-.67
-.68	-.68
-.69	-.69
-.70	-.70
-.71	-.71
-.72	-.72
-.73	-.73
-.74	-.74
-.75	-.75
-.76	-.76
-.77	-.77
-.78	-.78
-.79	-.79
-.80	-.80
-.81	-.81
-.82	-.82
-.83	-.83
-.84	-.84
-.85	-.85
-.86	-.86
-.87	-.87
-.88	-.88
-.89	-.89
-.90	-.90
-.91	-.91
-.92	-.92
-.93	-.93
-.94	-.94
-.95	-.95
-.96	-.96
-.97	-.97
-.98	-.98
-.99	-.99
-1.00	-1.00

64

الشكل 7: " الرسم البياني لطبيعة توزيع البواقي "



المصدر: مخرجات برنامج Eviews10

كمشاهدة أولية للرسم البياني لتوزيع البواقي يتبادر إلينا أنها تتبع التوزيع الطبيعي ولتأكيد النتيجة نستعين بالاختبارات

التالية: Jarque-bera و Kurtosis,skewness

الجدول 7: "نتائج اختبارات توزيع البواقي"

الاختبارات	النتائج	الملاحظات
skewness	$T_c = 0.94 < 1.96$	نقبل فرضية تناظر البواقي
Kurtosis	$T_c = 9.08 > 1.96$	نرفض فرضية التفلطح
Jarque-bera	$T_c = 1.884 < 1.96$	نقبل فرضية التوزيع الطبيعي

المصدر: مخرجات برنامج Eviews10

استنادا لنتائج الاختبارات المبينة في الجدول السابق، يتبين لنا أن البواقي تتبع التوزيع الطبيعي وبالتالي يمكن الاعتماد على النموذج في نمذجة سلوك الظاهرة

2. نمذجة سعر البتكوين اعتمادا على منهجية الشبكة العصبونية نموذج NAR

1.2. منهجية الشبكات العصبونية نموذج NAR

للقيام بهذه الدراسة اعتمدنا على برنامج MATLAB 2016، بالاعتماد على أداة السلاسل الزمنية، التي من خلالها طبقنا منهجية الشبكات العصبونية بالاعتماد على نموذج NAR (الشبكة العصبونية الانحدارية غير الخطية)، فيما يلي المراحل التي تمر بها الدراسة:

الشكل 8: "مراحل منهجية الشبكة العصبونية نموذج NAR"

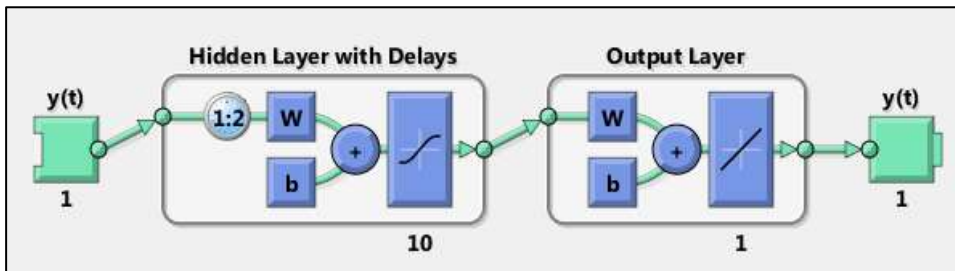


المصدر : (Bukhari, 2020, p. 3329)

1.2. نتائج الدراسة:

مخطط الشبكة العصبونية المستخدم في هذه الحالة كان كما يلي:

الشكل 9: "مخطط الشبكة العصبونية"



المصدر: مخرجات برنامج matlab2016



كما يتبين من المخطط السابق كانت المدخلات Y عبارة عن سعر البتكوين بالدولار الأمريكي بينما تم تحديد 10 عصبونات مخفية، أما عدد التأخيرات فقد حدد بـ 2، وعلى اثره w و b تمثل لنا الأوزان، أما بالنسبة لدالة التحويل فتم الاعتماد على دالة $\log\text{-simoid}$ ، وقد تم تقسيم السلسلة الزمنية لسعر البتكوين إلى 3 فئات:

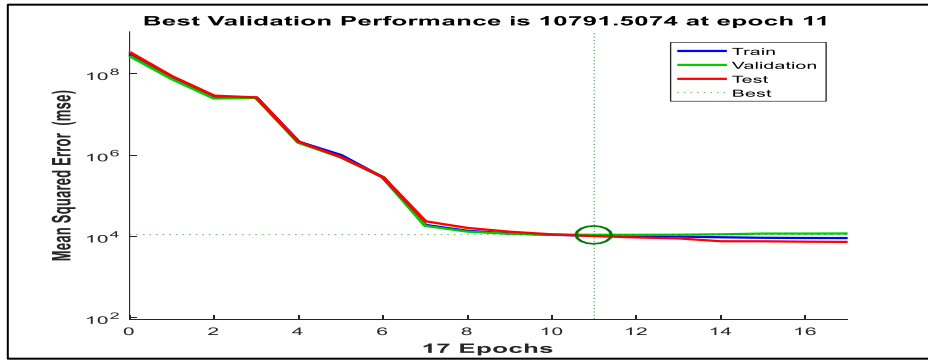
- 70 % لفئة التدريب بقدر : 1095 مشاهدة بهدف تدريب الشبكة على سلوك سعر البتكوين؛

- 15 % لفئة التحقق بقدر: 234 مشاهدة بهدف التأكد من استطاعة الشبكة لمحاكاة سلوك السلسلة؛

- 15 % لفئة الاختبار بقدر: 234 مشاهدة بهدف اختبار الشبكة في التنبؤ بالقيم المستقبلية.

واعتمادا على خوارزمية التدريب $\text{levenberg-Marquardt}$ ، التي تطبق عادة في حالة بيانات ضخمة، يتوقف التدريب فيها تلقاها عندما يتوقف التعميم عن التحسن، كما يتضح من زيادة متوسط الخطأ التربيعي لعينات التحقق من الصحة (Gavin، 2019، صفحة 1)، وبتطبيق هذه المنهجية على بيانات دراستنا توصلنا للنتائج التالية:

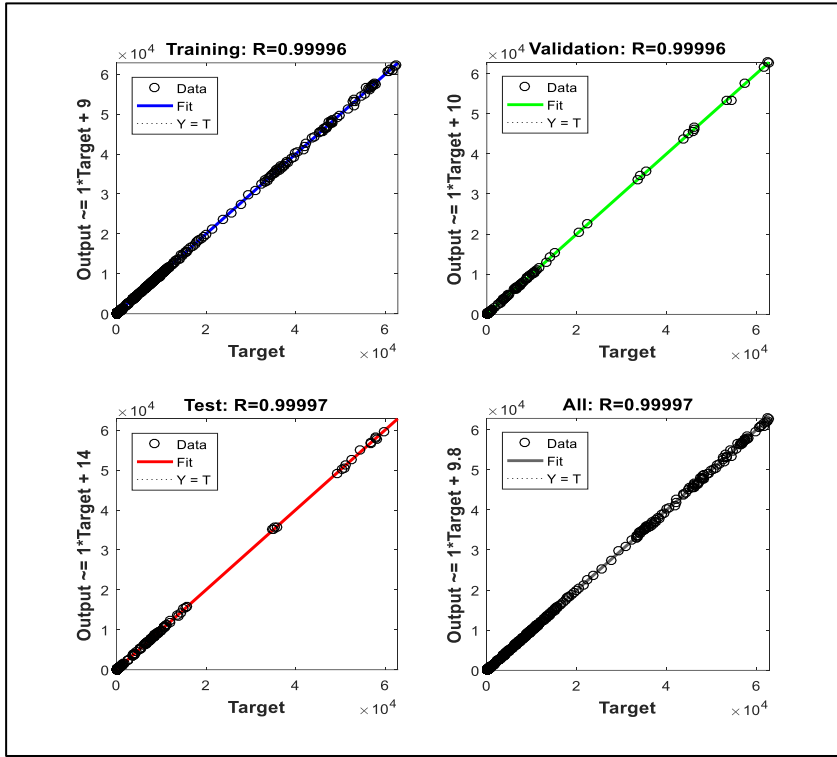
الشكل 10: "منحنى كفاءة أداء النموذج"



المصدر: مخرجات برنامج MATLAB 2016

بعد 17 فترة من التدريب، توقفت الخوارزمية لوصولها لأحسن النتائج و أصغر قيمة للخطأ، حيث نلاحظ من المنحنى السابق الذي يمثل أداء الخوارزمية، نلاحظ تطابق تام بين مختلف فئات السلسلة المخصصة للتدريب، للتحقيق، وكذلك للاختبار، وخاصة عند اللحظة 11 حيث يوجد تطابق تام أي قيمة الخطأ منعدمة تقريبا، نمر فيما يلي إلى منحنى الارتباط الخطي لانحدارات مختلف الفئات (التدريب، الاختبار والتأكيد).

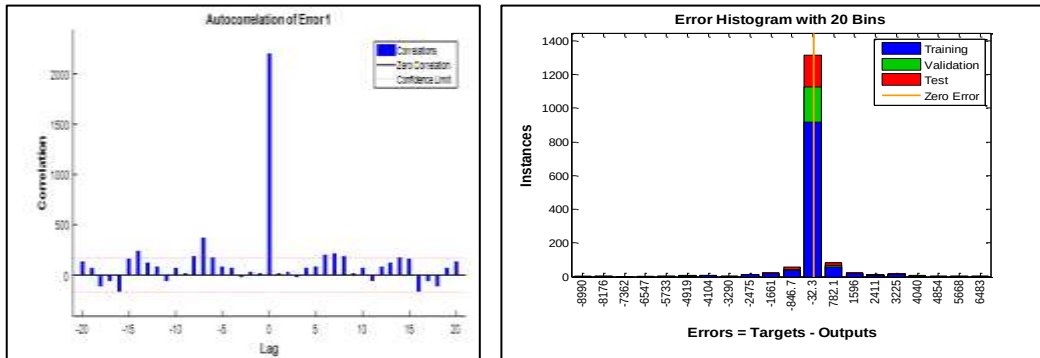
الشكل 11: "منحنيات الانحدار لمختلف فئات الدراسة "



المصدر: مخرجات برنامج MATLAB2016

بالاعتماد على المنحنى البياني للانحدار لمختلف فئات السلسلة، نلاحظ تطابق كبير بين القيم الحقيقية و القيم المقدرة حيث بلغ معامل الارتباط للانحدار الخاص بفئة التدريب: 0.99996 وكذلك في فئة التحقق، أما بالنسبة لانحدار فئة الاختبار فنقدر بـ: 0.99997 وهو ما يدل على مرونة ونجاعة النموذج بالتنبؤ بالقيم المستقبلية وفي شروط مختلفة، في ما يلي نمر لمعابنة المدرج التكراري ومنحنى الارتباط الذاتي الخاص بالبواقي

الشكل 12: "المدرج التكراري ومنحنى الارتباط الذاتي للبواقي "



المصدر: مخرجات برنامج MATLAB2016



تظهر الأشكال البيانية السابقة ومن خلال ملاحظة المدرج التكراري للبواقي أنه متناظر وبالتالي فإن البواقي تتبع التوزيع الطبيعي، كما أن الرسم البياني لدالة الارتباط الذاتي تظهر أن البواقي في حالة استقرار، حيث أن غالبية الرؤوس داخل مجال الثقة.

3. المقارنة بين النموذجين:

للمقارنة بين النموذجين سنعتمد على المقارنة بين مقاييس جودة النموذج التالية:

- **MSE**: متوسط الخطأ التربيعي: يشير هذا المقياس إلى مدى اقتراب مجموعة من النقاط من خط الانحدار، ويتم عن طريق أخذ مسافات النقاط إلى خط الانحدار، تربيعها وذلك لإزالة أي علامة سلبية ومن ثم قسمتها على عدد النقاط، وتعطى عبارته بالشكل التالي:

$$MSE = \sum_1^n \frac{(Y_t - Y_{pt})^2}{n} \quad (3)$$

- **RMSE**: الجذر المتوسط لمربع الخطأ: ويعرف أيضا بالمتوسط من الدرجة الثانية، وهو مقياس إحصائي للكميات المتفاوتة، وعبارته كما يلي:

$$RMSE = \sqrt{\sum_1^n \frac{(Y_t - Y_{pt})^2}{n}} \quad (4)$$

- **MAE**: متوسط الخطأ المطلق: وهو مؤشر على عدم اليقين في القياس، ويعبر عنه بالعبرة الموالية:

$$MAE = \sum_1^n \frac{|Y_t - Y_{pt}|}{n} \quad (5)$$

الجدول الموالي يمثل نتائج المقاييس لكلا النموذجين:

الجدول 8 : "مقاييس جودة النموذج"

المقاييس	نموذج $ARIMA(12,1,11)+GARCH(1,1)$	منهجية الشبكات العصبونية نموذج (NAR)
MSE	3434468.8458	10009.0874
RMSE	1853.232	100.04
MAE	10999.865	35.4823

المصدر: من اعداد الباحثين

بالنظر إلى نتائج المقاييس لكلا النموذجين NAR و ARIMA نلاحظ أن نتائج المقاييس بالنسبة لمنهجية الشبكات العصبونية منخفضة مقارنة بنظيرتها لمنهجية بوكس جنكينز، وانطلاقاً من هذا نستنتج أنه في هذه الحالة، منهجية الشبكات العصبونية (NAR) أكثر نجاعة ودقة في تقدير ونمذجة سلوك سعر البتكوين.



الخلاصة

أصبحت العملات الرقمية المشفرة (البتكوين) الشكل الجديد والحديث للعملة من جهة والمعاملات المالية من جهة أخرى، وما يميز هذه العملة التغير السريع والدوري في سعرها كما شاهدنا في منحى سعر البتكوين بالدولار حيث بدأ سعرها من ما يقارب الصفر وتجاوز عتبة 60 ألف دولار، وهذا ما دفع بنا لمحاولة نمذجة سلوك هذه العملة و المقارنة في نفس الوقت بين أداء منهجيتين رائدتين في هذا المجال: منهجية الشبكات العصبونية ومنهجية بوكس جنكينز، وبعد إجراء مختلف أطوار الدراسة بشقيها النظري والتطبيقي توصلنا للنتائج التالية:

- بعد تعقينا على الدراسات السابقة لاحظنا تركيز الباحثين على المنهجيتين السابق ذكرهما في معظم بحوثهم للتنبؤ بسلوك عملة البتكوين، وكذلك اعتماد الباحثين على مقاييس جودة التقدير؛
- بعد تطرقنا للجزء النظري توصلنا إلى أن البتكوين هو عملة رقمية يقوم على مفاهيم خاصة كالشفير، التعدين وتقنية البلوكتشين، وتوصلنا إلى أن التغيرات في سعره ناتجة عن عدة عوامل كقانون العرض والطلب، التوزيع الإعلامي، وقانون Metcalfe 1990؛
- بعد إجراء مختلف مراحل المنهجيتين المراد المقارنة بينهما على بيانات لسعر البتكوين ممتدة من 2009/03/01 إلى 2021/02/12 لكل 3 أيام، توصلنا إلى أن السلسلة غير مستقرة اعتمادا على اختباري ديكي فولر وفيليب بيرون وأن هذه الأخيرة تستقر بعد الفرق الأول؛
- النموذج المحصل عليه من خلال دراستنا اعتمادا على منهجية بوكس جنكينز، واعتمادا على برنامج views10 هو $GARCH(1,1)$ $ARIMA(12,1,11)$ ؛
- من خلال الاعتماد على برنامج matlab2016 طبقنا مختلف مراحل منهجية الشبكات العصبونية نموذج الانحدار الذاتي الغير خطي أوتوماتيكيا، وتم توظيف خوارزمية التدريب "Levenber-Marquardt"، استمرت مدة التدريب ل 17 فترة وكانت أحسن فترة عند الفترة 11 حيث كان هناك تطابق شبه كلي بين منحنيات مختلف فئات: التدريب، الاختبار والتحقق؛
- قارنا بين المنهجيتين اعتمادا على مقاييس جودة التقدير: متوسط الخطأ التربيعي (MSE)، الجذر المتوسط لمربع الخطأ (RMSE)، متوسط الخطأ (MAE) كانت هذه الأخيرة بقيمة أقل لمنهجية الشبكات العصبونية. وبهذا نكون قد توصلنا لإجابة على إشكالية دراستنا، أن منهجية الشبكات العصبونية هي الأمثل في تقدير سلوك سعر البتكوين، ونكون بهذا قبلنا الفرضية الثانية، وعلى اثر هذا نترك بعض التوصيات والتي تتمثل في:
- أسعار البتكوين شديدة التقلب وقد قارنا في دراستنا بين منهجيتين رائدتين، وقد كان التفوق لمنهجية الشبكات العصبونية لذلك نقترح العمل على تمجيد كل من نموذج الشبكات العصبونية ونماذج ARIMA حتى يتولد لدينا نموذج يجمع بين نقاط قوة كل من النموذجين ونتحصل على نتائج أكثر دقة.



قائمة المراجع:

- Amsyar, I. C. (2020). The Challenge of Cryptocurrency in the Era of the Digital Revolution: A Review of Systematic Literature. *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, 2(2), 153-159.
- Blockchain Explorer. (2022,03,09). from: <https://www.blockchain.com>
- Bukhari, A.H. (2020). Design of a hybrid NAR-RBFs neural network for nonlinear dusty plasma system. *Alexandria Engineering Journal*, 59(5), 3325-3345.
- Brito, J. S. (2014). Bitcoin financial regulation: Securities, derivatives, prediction markets, and gambling. *Colum. Sci. & Tech. L. Rev*, 144-221.
- Chen, C. M. (2011). Short-time traffic flow prediction with ARIMA-GARCH model. *2011 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (pp. 607-612). IEEE.
- Dupont, Q. (2014). The politics of cryptography: Bitcoin and the ordering machines. *Journal of Peer Production*, 1(4), 1-10.
- Darley, O. G. (2021). Price Analysis and Forecasting for Bitcoin Using Auto Regressive Integrated Moving Average Model. *Annals of Science and Technology*, 6(2), 47-56.
- Gavin, H. P. (2019). The Levenberg-Marquardt algorithm for nonlinear least squares curve-fitting problems. *Department of Civil and Environmental Engineering, Duke University*, 1(1), 1-19.
- Ghio, L. R. (2021). What is a Blockchain? A Definition to Clarify the Role of the Blockchain in the Internet of Things. *arXiv*, 1-20.
- Liantoni, F. &. (2020). Forecasting Bitcoin using Double Exponential Smoothing Method Based on Mean Absolute Percentage Error. *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, 4(2), 91-95.
- Rahardja, U. A. (2021). Good, Bad And Dark Bitcoin: A Systematic Literature Review. *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, 3(2), 1-5.
- Sabalionis, A. W. (2021). What affects the price movements in Bitcoin and Ethereum? *The Manchester School*, 102-127.
- Olvera-Juarez, D. &. -M. (2019). Forecasting bitcoin pricing with hybrid models: A review of the literature. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 6(9), 161-164.
- Sutiksno, D. U. (2018). Forecasting historical data of Bitcoin using ARIMA and α -Sutte indicator. *Journal of Physics: Conference Series* (pp. 1-4). IOP Publishing.
- Tun, C. C. (2018). Comparison between artificial neural network and autoregressive integrated moving average model in bitcoin price forecasting. *Journal of Quality Measurement and Analysis JQMA*, 14(2), 45-53.
- Yenidoğan, I. Ç. (2018). Bitcoin forecasting using ARIMA and prophet. *International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)* (pp. 621-624). IEEE.
- Peng, S. (2013). BITCOIN: Cryptography, Economics, and the Future. *Senior Capstone Thesis School of Engineering and Applied Science*, 1-60.