

دراسة مقارنة بين نماذج ARIMA-MLP الهجينة للتنبؤ بأسعار السكر العالمية

خلال الفترة (2000-2020)

A Comparative study of Arima-MPL Hybrid Models for international sugar prices forecasting during the period (2000-2020)

حسن قهوي*، المركز الجامعي مغنية، الجزائر، مخبر MIFMA، البريد الإلكتروني:

hacenkahwi@gmail.com

عبد القادر ساهد، المركز الجامعي مغنية، الجزائر، مخبر LEPPSE، البريد الإلكتروني:

sahed14@yahoo.fr

تاريخ القبول: 2022/03/20

تاريخ الاستلام: 2021/12/07

ملخص: تهدف هذه الدراسة إلى اختبار القدرة التنبؤية لنماذج MLP-ARIMA الهجينة للتنبؤ بأسعار السكر العالمية ومقارنتها بنماذج ARIMA ونموذج الشبكة العصبية MLP، ولتحقيق ذلك تم أخذ بيانات سلسلة أسعار السكر العالمية للفترة الممتدة من جانفي 2000 إلى ديسمبر 2020. وتوصلت الدراسة إلى أن نمذجة سلوك السلسلة قيد دراسة يخضع لنموذج ARIMA-MLP الهجين، كما أظهرت الدراسة أن النموذج الهجين أكثر دقة وكفاءة من نموذج شبكة العصبية متعددة الطبقات MLP ونموذج ARIMA في التنبؤ بأسعار السكر العالمية.

الكلمات المفتاحية: أسعار السكر العالمية؛ التنبؤ؛ التهجين؛ ARIMA؛ MLP.

تصنيفات JEL: C22; C53; C45

Abstract: This study aims to examine the ability and efficiency of ARIMA-MLP hybrid models for international sugar prices forecasting, to achieve this, the sugar price series data were taken from the period extending from January 2000 to December 2020. Modeling of the series behavior under study using ARIMA-MLP hybrid model, the study also showed that the hybrid model is more accurate and efficient than MLP and ARIMA models for international sugar prices forecasting.

Keywords: International sugar prices; Forecasting; Hybrid; ARIMA; MLP.

JEL classifications codes: C22; C53; C45

مقدمة:

يعتبر السكر من بين السلع الغذائية المهمة في الجزائر والذي يدخل في تركيب العديد من الأغذية، حيث أشارت آخر الإحصائيات أن الفرد الجزائري الواحد يستهلك ما بين 40 و 50 كغ سنوياً.

حيث يصنف السكر كسلعة استراتيجية في الجزائر مما يلزم على أصحاب القرار وضع الخطط اللازمة من أجل الحصول على الاكتفاء الذاتي، وكون هذا الأخير لا ينتج محلياً وإنما يستورد من الخارج . فالجزائر تستورد ما يقارب مليوني طن سنوياً، الأمر الذي جعلها تفقد المراتب الأولى من ضمن الدول الأكثر استيراداً له، ولهذا فإن التنبؤ المستقبلي لأسعار السكر العالمي من الموضوعات المهمة في المجال الاقتصادي، حيث من خلاله يتم وضع الخطط اللازمة من أجل تفادي الخسائر الناجمة عن التقلبات التي تحدث في أسعاره كون السكر يتأثر بتقلبات السياسية والاقتصادية (Xu, 2009, p. 12).

من أجل الحصول على نماذج التنبؤ تتميز بالدقة وبالأداء الأفضل دفع العديد من الباحثين تطوير العديد من الأساليب المستخدمة في التنبؤ، وتعتبر نماذج ARIMA المعروفة بمنهجية BOX-JINKINS من أشهر النماذج حيث تأتي شعبية هذا النموذج أساساً من مرونته وجودته لأنه يعطي نتائج مرضية في التنبؤ ورغم كل هذا فهي تواجه بيض العقبات عند تطبيقه على السلسلة الزمنية التي تتميز بالنمط الغير الخطي لان القيد الرئيسي لنموذج ARIMA هو الشكل الخطي المفترض مسبقاً للنموذج (Fathi, 2009, p. 1). مما دفع الباحثين في هذا المجال إلى تطوير أساليب أخرى يمكنها من التقاط مثل هذه الأنماط العشوائية وغير الخطية.

تعد الشبكات العصبية الاصطناعية واحدة من الأدوات الفعالة في هذا المجال كونها لها القدرة على النمذجة غير الخطية المرنة، كما يمكنها تقريب أي وظيفة مستمرة بدقة مرغوبة بشكل تعسفي، مما تم اعتمادها كطريقة بديلة في التنبؤ بدلاً من الأساليب التقليدية الأخرى

(Kumar, 2012, p. 2). ومع ذلك فإن الإفراط في التعلم بسبب عملية التعلم هو العيب الرئيسي للشبكات العصبية الاصطناعية (Wongsatha, 2016, p. 38). ومع الحاجة المستمرة إلى تنبؤات أكثر دقة بالظواهر المختلفة، اقترحت كل من النتائج النظرية والتجريبية أن الجمع بين النماذج المختلفة يمكن أن يكون كذلك طريقة فعالة لتحسين الأداء التنبؤي، حيث يأتي الدافع لدمج النماذج كون أن نموذجا واحدا قد لا يكون كافيا لتحديد جميع خصائص السلاسل الزمنية. على سبيل المثال، قد تعرض سلسلة زمنية كلا من الأنماط الخطية وغير الخطية خلال نفس الفترة الزمنية. في مثل هذه الحالات، لا يستطيع النموذج الخطي والنموذج الغير الخطي إلى نمذجة كلا المركبتين في وقت واحد. ولهذا اعتبر التقنيات الهجينة التي تحلل السلاسل الزمنية إلى مكوناتها الخطية وغير الخطية مؤخرا أنها تعطي أداء أفضل مقارنة مع النماذج الفردية (Taskaya-Temizel, 2005, p. 781).

ومن خلال هذه الدراسة سنقوم باقتراح نهجا هجيناً يعتمد على كل من MLP و ARIMA لنمذجة المركبة الخطية وغير الخطية للسلسلة الزمنية للأسعار السكر العالمية للفترة الزمنية الممتدة من 2000 إلى 2020، وهذه الطريقة الهجينة المقترحة مستوحاة من مفهوم ابتكره Zhang والذي يشير إلى أن السلاسل الزمنية في الحقيقة تحتوي عموماً على أنماط خطية وغير خطية.

ومن خلال ما تم التطرق إليه فنتمحوّر مشكلة الدراسة في السؤال التالي:

ما مدى فعالية نموذج (ARIMA-MLP) الهجين للتنبؤ بأسعار السكر العالمية خلال الفترة (2000-2020)؟

ومن خلال ما سبق ذكره، تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف التالية :

- تحديد نموذج الأمثل من نماذج ARIMA.
- تحديد نموذج الأمثل من نماذج الشبكات العصبية MLP .
- تحديد نموذج (ARIMA-MLP) الهجين الأمثل.

- المقارنة بين النماذج السابقة من أجل الحصول على النموذج الأمثل الذي يستخدم للتنبؤ بأسعار السكر العالمية.

وتكمن أهمية هذه الدراسة في الحصول بناء نماذج يمكن من خلالها الحصول على معلومات تساعد أصحاب القرار بناء خططهم المستقبلية وكذلك من أجل دعم اتخاذ القرار هذا من ناحية ومن ناحية أخرى في التعرف على أسلوب جديد يستعمل في التنبؤ ألا وهو النموذج الهجين الذي يجمع بين ARIMA- MLP، والذي يكمل دوره في معالجة النقص في كل نموذج إذا تم استخدامه منفردا.

أولاً- التأصيل النظري للدراسة:

1- الدراسات السابقة:

دراسة (MOGHADASI, 2013)، هدفت هذه الدراسة إلى تصميم المنهجية التي تجمع بين نماذج السلاسل الزمنية ARIMA و GARCH و EGARCH و ANN، ومن أجل المقارنة تم استخدام المعايير المعتادة مثل RMSE و MAD و MAPE و Theil Coefficient مع إدخال إحصاء Granger و Newbold، أظهرت النتائج الرئيسية لأسعار المنتجات الثلاثة المستوردة القمح والذرة والسكر، إلى أن النموذج الهجين يعطي أداء ودقة كبيرة في التنبؤ، ويوصى بتطبيق النماذج الهجينة للتنبؤ بالأسعار الزراعية .

دراسة (Fauziah, 2017)، هدفت هذه الدراسة إلى مقارنة نموذج التنبؤ لطريقة التمهيد الأسّي المزدوجة والنموذج الاصطناعي باستخدام سعر البيانات الثانوية للسكر أسبوعياً عن طريق حساب متوسط سعر السكر في سبعة أسواق تقليدية في ديبوك للفترة الزمنية الممتدة من 2014 إلى 2016. أظهرت النتائج أن طريقة الشبكة العصبية الاصطناعية أكثر ملائمة لتوقع متوسط سعر السكر.

دراسة (Pechrová, 2017)، هدفت هذه الدراسة إلى التنبؤ بالتطور المستقبلي لأسعار السكر المبلور بالنسبة للمستهلك في جمهورية التشيك للفترة الزمنية الممتدة من 2016/09 إلى 2017/08 باستخدام نموذج ARIMA بناء على قاعدة بيانات سعر المستهلك الشهري للسكر للفترة 2000-2016، على أساس الاختبارات التشخيصية، تم اختيار نموذج ARIMA (1,1,1) للنمذجة. أظهرت النتائج أن نماذج ARIMA تعطي أداء أفضل في التنبؤ ويوصى بها للأصحاب القرار العمل بها.

دراسة (الحنجوري، 2018)، هدفت هذه الدراسة إلى التنبؤ بأسعار السكر العالمية باستخدام نماذج بوكس وجنكينز ونماذج الشبكات العصبية الاصطناعية ANN وهذا خلال الفترة الزمنية الممتدة من يناير 1988 إلى يناير 2018 وتم استخدام خمسة معايير إحصائية من أجل المقارنة، أظهرت النتائج أن نماذج ARIMA أعطت تنبؤات أكثر دقة مقارنة بنماذج الشبكات العصبية الاصطناعية ANN ولذا يوصى باستخدام أكثر من نموذج واحد للتنبؤ بالقيم المستقبلية لأي سلسلة.

دراسة (Russo, 2013)، هدفت هذه الدراسة إلى تحليل إنتاج السكر، وهذا من خلال التحليل الوصفي للبيانات باستخدام الرسوم البيانية والجدول، والتحقق من وجود الارتباط التلقائي. ومن أجل تحديد أفضل تنبؤ على المدى القصير لقصص السكر تم تطبيق نماذج ARIMA، تم استخدام MAPE لاختيار أفضل نموذج للسلسلة قيد الدراسة. بعد عدة دراسات وجدت أن ARIMA (2,1,0) مع أدنى قيمة لمعيار (MAPE 10.73%)، والتي تعتبر الأنسب من بين النماذج في عملية التنبؤ بإنتاج السكر.

2- الطرق والادوات:

1-2- نموذج ARIMA:

تعرف نماذج ARIMA على أنها مزيج من جزء من نماذج الانحدار الذاتي الذي ترتبط فيه قيم بيانات السلاسل الزمنية الماضية بالقيم المستقبلية، وجزء يسمى بالفروق ويشير إلى تحول غير مستقر لسلسلة البيانات زمنية إلى سلسلة مستقرة، وجزء يعبر عن المتوسط المتحرك والذي ترتبط أخطاء قيمة البيانات السابقة بأخطاء قيمة البيانات المستقبلية (Din, 2016). يعطى نموذج ARIMA بالمعادلة (1):

$$y_t = c + \sum_{i=1}^p \phi_i y_{t-i} - \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t (1)$$

وتقوم نماذج ARIMA على ثلاث مراحل: التعرف والتقدير والفحص التشخيصي، ففي مرحلة التعريف يجب التأكد من أن البيانات مستقرة (لا توجد جذور الوحدة)، وهذا بالاعتماد على دالة الارتباط الذاتي واختبار ADF واختبار PP واختبار KPSS، إذ تؤدي البيانات غير مستقرة إلى الزيادة في خطأ التنبؤ (Bahareh, 2019). وبعد ذلك يتم تحديد معاملات ARIMA (p,d,q) باستخدام الرسم البياني لدالة معامل الارتباط الذاتي، (ACF) والرسم البياني لدالة معامل الارتباط الذاتي الجزئي (PACF)، وهذا يعني أن من خلال الرسم البياني لـ ACF و PACF تحدد قيمة q و p على التوالي، ولتقدير معالم النموذج p و q نتبع إما طريق المربعات الصغرى أو طريقة الامكان الاكبر، ليتم بعد ذلك المفاضلة بين النماذج المقترحة، والتي تعتمد على تدنية معيار Akaike Info Criterion (AIC) ومعيار Schwarz (SCH). ومن أجل التحقق من جودة نموذج ARIMA، يجب أن تتبع سلسلة البواقي توزيعاً طبيعياً، بمتوسط يساوي الصفر وتباين ثابت، أي أنها تشويش أبيض، وبالتالي

نتأكد من أن مركبات السلاسل الزمنية قد تم نمذجتها. ليتم بعد ذلك عملة التنبؤ بالقيم المستقبلية للظاهرة المدروسة (Mengjiao, 2017).

2-2- نموذج MLP:

يتكون نموذج البيروسيبترون متعدد الطبقات من طبقة المدخلات والتي بدورها تحتوى على عقد متعددة تعبر عن مصدر المدخلات، وطبقة واحدة أو أكثر من طبقات المخفية وطبقة المخرجات. بحيث يعتمد عدد العقد في طبقة المدخلات والمخرجات على عدد متغيرات المستقلة ومتغير التابع على التوالي. وتكون العلاقة بين هذه الطبقات عن طريق انتشار الإشارة من طبقة إلى أخرى.

يتم حساب مخرجات نموذج MLP على النحو التالي (Shiblee, 2008) :

- حساب قيمة الصافية للخلية العصبية j th للطبقة المخفية وفق المعادلة التالية:

$$net_{hj} = \sum_{i=1}^{ni} (wh_{ji} \cdot x_i + bh_j) ; j = 1, 2, \dots, nh \quad (2)$$

- حساب مخرجات الخلية العصبية ith للطبقة المخفية وفق الصيغة التالية:

$$h_j = \phi(net_{hj}) = \frac{1}{1 + e^{-net_{hj}}} \quad (3)$$

- حساب قيمة الصافية للخلية العصبية kth لطبقة المخرجات وفق المعادلة التالية:

$$net_{yk} = \sum_{j=1}^{nk} (wok_j \cdot h_j + bo_k) ; k = 1, 2, \dots, no \quad (4)$$

- حساب مخرجات الخلية العصبية kth لطبقة المخرجات وفق المعادلة التالية:

$$y_k = \phi(net_{yk}) = \frac{1}{1 + e^{-net_{yk}}} \quad (5)$$

3-2- النموذج الهجين ARIMA-MLP:

تتميز نماذج ARIMA والشبكة العصبية البيروسيبترون متعدد الطبقات بمزايا في أنماطها الخطية وغير الخطية. ومع ذلك، ليست كل أنواع السلاسل الزمنية مناسبة لكل منها على حدة والسبب وراء ذلك أنها غالباً ما تحدث هياكل الارتباط الخطية وغير الخطية بين الملاحظات في السلاسل الزمنية. حيث توجد طرق أخرى للتغلب على قيود السلسلة الزمنية الخطية أو غير الخطية ممثلة في نماذج التهجين، والتي تقوم على الجمع بين نموذج ARIMA والشبكة العصبية MLP، حيث تقوم المنهجية الهجينة على نموذج ARIMA الخطي ونموذج MLP غير الخطية للتنبؤ بالسلاسل الزمنية، بنفس المنهجية التي طورها (Zhang, 2003)، بحيث تعمل على النحو التالي (Khashei, 2019, p. 2630)

- بناء نموذج ARIMA من أجل الحصول على القيم المقدرة والبواقي، حيث تحتوي البواقي على العلاقات غير خطية التي لم يستطيع نموذج ARIMA نمذجتها، حيث يتم الحصول على البواقي e_t عند الزمن t من خلال العلاقة الآتية:

$$e_t = y_t - \hat{L}_t \quad (6)$$

حيث تشير $\hat{L}_t$ إلى القيم المقدرة

- بناء نموذج ARIMA-MLP الهجين، من خلال نمذجة القيم المتبقية من نموذج ARIMA وقيم الانحدار الذاتي ذو التباطؤ الزمني باستخدام نموذج MLP، بحيث يمكن الكشف عن العلاقات الخطية وغير الخطية، من خلال المعادلة التالية (بديع أحمد محمد حمدان، 2015، ص. 99):

$$\hat{y}_t = f(y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-p}, e_{t-1}, \dots, e_{t-n}) \quad (7)$$

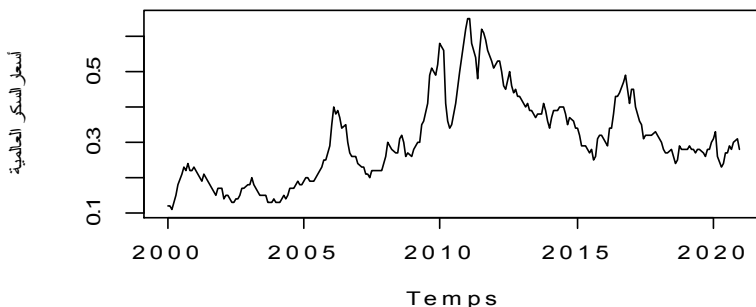
حيث :

f : تشير إلى الدالة غير الخطية من نوع Sigmoid.

ثانيا- منهجية الدراسة الميدانية ومناقشة النتائج:

من أجل اسقاط الجانب النظري والمتمثل في نماذج MLP و ARIMA و ARIAM- MLP على الجانب التطبيقي، فقد تم اختبار السلسلة الشهرية لأسعار السكر العالمية بوحدة الدولار لكل كغ، خلال الفترة الزمنية ما بين جانفي 2000 إلى ديسمبر 2020. يوضح الشكل (1) تطور أسعار السكر العالمية خلال فترة الدراسة، إذ نلاحظ تدببب في حركة الاسعار والتي تبلغ في المتوسط 0.3071 دولار للكغ، وبقيمة دنيا تقدر بـ 0.1100 وبقيمة عليا تعطى بـ 0.6500. وقبل البدء في عملية النمذجة والتنبؤ، تم تقسيم السلسلة قيد الدراسة إلى جزئية، المجموعة الاولى تقدر بـ 70% من المعطيات الغرض منها التدريب، أما المجموعة الثانية تقدر بـ 30% من المعطيات الغرض منها اختبار النماذج المقترحة للتنبؤ بأسعار السكر العالمية.

شكل 1: رسم بياني للسلسلة أسعار السكر العالمية



المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على:

<https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=sugar&months=360>

لدراسة استقرارية السلسلة قيد الدراسة، تم استخدام كل من اختبار ADF و PP و KPSS والجدول (1) يظهر نتائج اختبار الاستقرارية في المستوى، إذ نلاحظ أن القيمة الاحتمالية للاختبار ADF و PP أكبر من 5% وبالتالي نقبل الفرضية العدمية والتي تنص على أن

السلسلة غير مستقرة في المستوى، وهذا ما يؤكد اختبار KPSS. ولجعل السلسلة السلسلة مستقرة فقد تم استخدام طريقة الفروق ليتم اختبار سلسلة الفروق بنفس الاختبارات السابقة، والتي تبين أن السلسلة مستقرة من الدرجة الاولى.

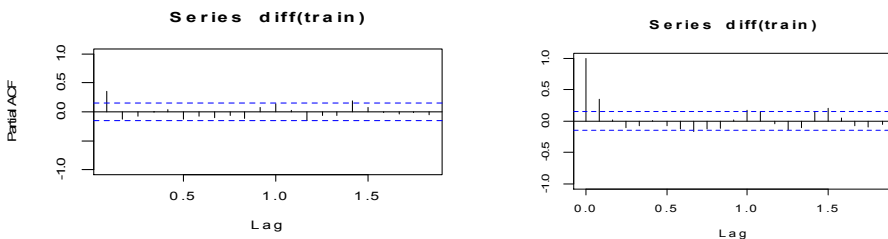
الجدول 1: نتائج اختبار الاستقرار

الاختبار	p-value of level	القرار	p-value of diff	القرار
ADF	0.591	غير مستقرة	0.01	مستقرة
PP	0.362	غير مستقرة	0.01	مستقرة
KPSS	0.01	غير مستقرة	0.1	مستقرة

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على البرنامج R

وللتعرف على النموذج فقد تم استخدام كلا من الرسم البياني لدالة الارتباط الذاتي البسيطة والجزئية، والشكل (2) يوضح ذلك، ومن بين النماذج المقترحة هي $ARIMA(1,1,1)$ ، $ARIMA(1,1,2)$ ، $ARIMA(0,1,2)$ وبالاعتماد على معيار Akaike لكمية المعلومات، فقد تحصل النموذج $ARIMA(0,1,2)$ على أدنى قيمة لمعيار Akaike تقدر بـ -775.48. وبناء على ذلك، يتم تقدير معلمات النموذج $ARIMA(0,1,2)$ باستخدام طريقة الامكان الاكبر، أما عملية التشخيص فسوف نتطرق إليها في عملية المقارنة بين النماذج المقترحة.

شكل 2: رسم دالة الارتباط الذاتي البسيطة والجزئية للسلسلة الفروق



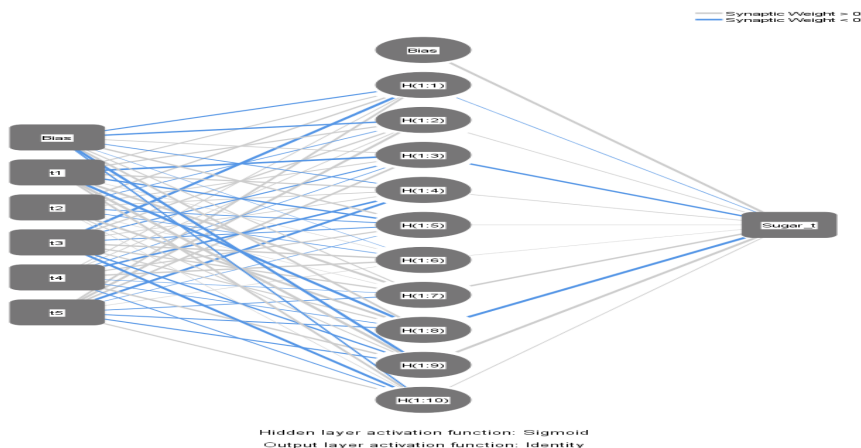
المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على البرنامج R

ومن أجل القيام بعملية المقارنة، فقد تم استخدام نماذج شبكات العصبية البيروستون متعددة الطبقات ذات الانتشار العكسي (MLP) للتنبؤ بأسعار السكر العالمية، وفق الخطوات:

1- تقسيم السلسلة قيد الدراسة إلى قسمين، جزء يحتوى على 70% الغرض منه التدريب وجزء المتبقي 30% الغرض منه الاختبار.

2- يوضح الشكل (3) معمارية الشبكة، والمكونة من خمسة مدخلات والتي تعبر فترات الابطاء للسلسلة أسعار السكر العالمية، وطبقة خفية مكونة من عشرة عقد ودالة التنشيط Sigmoid ومخرج واحد بدالة تنشيط خطية، وذلك بالاعتماد على تدنية مجموع مربعات الاخطاء.

شكل 3: معمارية الشبكة العصبية متعددة الطبقات MLP



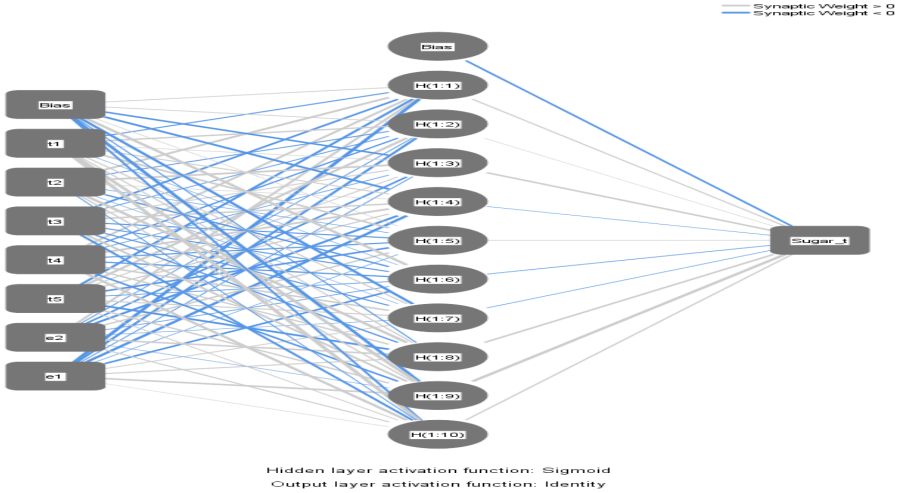
المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على البرنامج SPSS

وبعد تدريب الشبكة، تأتي مرحلة الاختبار بحيث يتم إدخال الجزء المتبقي من السلسلة (30%).

ولتطبيق النموذج الهجين تم الاعتماد على كل من البواقي المستخرجة من نموذج ARIMA(0,1,2) بتأخر زمني يقدر بـ 2 وقيم الانحدار الذاتي بتباطؤ زمني يقدر بـ 5 عقد

وبطبقة خفية واحدة ذات 10 عقد ودالة تحويل من نوع Sigmoid وبمخرج واحد يعبر عن قيم أسعار السكر العالمية، أنظر الشكل رقم (4).

شكل 4: معمارية نموذج ARIMA-MLP الهجين



المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على البرنامج SPSS

للمقارنة بين نموذج $ARIMA(0,1,2)$ ونموذج $MLP(5,10,1)$ ونموذج $ARIMA-MLP(5,10,1)$ فقد تم حساب قيمة جذر متوسط مربعات الاخطاء (RMSE) في مرحلة التدريب ومرحلة الاختبار، وبالنظر إلى الجدول (2) نلاحظ أن نموذج $ARIMA-MLP(5,10,1)$ قد توفيق على نموذج $ARIMA(0,1,2)$ ونموذج $MLP(5,10,1)$ وذلك لحصوله على أدنى قيمة لمعيار RMSE في مرحلة الاختبار.

وفي الاخير فقد تم حساب القيم المتنبأ بها لأسعار السكر العالمية لسنة 2020 والمبينة في الجدول (3) ورسم سلسلة أسعار السكر الحقيقية والمتنبأ بها في معلم واحد، حيث يتضح

من الشكل (5) أن السلسلة المتنبأ بها تسلك نفس سلوك السلسلة الحقيقية وهذا مؤشر على جودة نموذج $ARIMA-MLP(0,1,2)(7,10,1)$ في التنبؤ بأسعار السكر العالمية.

الجدول 2: نتائج المقارنة بين MLP و ARIMA و ARIMA-MLP

النماذج	قيمة RMSE في مرحلة التدريب	قيمة RMSE في مرحلة الاختبار
ARIMA(0,1,2)	0.02520047	0.10021226
MLP(5,10,1)	0.01434860	0.0362172
ARIMA- MLP(0,1,2)(7,10,1)	0.01589996	0.01142084

المصدر: من إعداد الباحثين

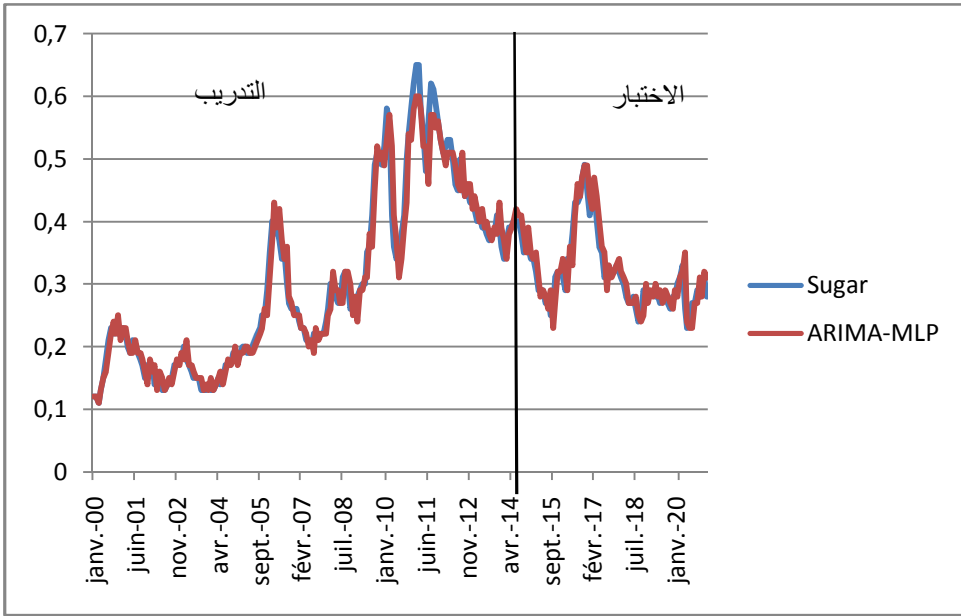
الجدول 3: القيم المتنبأ بها لأسعار السكر العالمية لسنة 2020 باستخدام النموذج

الهجين

التاريخ	ARIMA- MLP(0,1,2)(7,10,1)
Jan-20	0.31
Feb-20	0.32
Mar-20	0.35
Apr-20	0.24
May-20	0.23
Jun-20	0.23
Jul-20	0.27
Aug-20	0.27
Sep-20	0.31
Oct-20	0.28
Nov-20	0.32
Dec-20	0.31

المصدر: من إعداد الباحثين

شكل 5: رسم سلسلة أسعار السكر العالمية والمنتبأ بها باستخدام النموذج الهجين



المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على البرنامج EXCEL

خاتمة:

في هذه الدراسة، تم التطرق إلى تحليل سلسلة أسعار السكر عن طريق نماذج ARIMA، حيث تبين أن السلسلة مستقرة من الدرجة الأولى، وأنها تأخذ رتبة $ARIMA(0,1,2)$ ، بعد ذلك تم نمذجة سلسلة أسعار السكر العالمية باستخدام نموذج MLP وبعد تدريب النموذج تم التوصل إلى بيئة النموذج $MLP(5,10,1)$ ، بعد ذلك تم نمذجة سلسلة أسعار السكر العالمية باستخدام نموذج $ARIMA-MLP(0,1,2)(7,10,1)$ ، بالإضافة إلى ذلك تم المقارنة بين النماذج المقترحة للمفاضلة بينها، حيث توصلنا لنموذج الهجين إلى إعطاء نتائج أدق من نموذج السلاسل الزمنية ARIMA ونموذج الشبكة العصبية MLP وذلك بالاعتماد على معيار تدنية RSME.

قائمة المراجع:

- مؤمن محمد الحنجوري، احمد فتحي أبو قمر، "دراسة مقارنة لنموذج ARIMA و ANN للتنبؤ بأسعار السكر العالمية"، مجلة جامعة الازهر-غزة- سلسلة العلوم الانسانية 2018، المجلد 20، عدد خاص A ص 211 - 230.
- بديع أحمد محمد حمدان، "التنبؤ بأسعار صرف الدولار مقابل الشيكل USD/ILS باستخدام نموذج ARIMA-ANN الهجين"، مذكر ماجستير في الحياء، جامعة الازهر، غزة، 2015.

- Moghadasi, r., & Zhale, r. m. (2013). "forecasting power comparison of hybrid and conventional models" (case study of wheat, corn and sugar world prices), 1-12.
- Fauziah, F. N., Gunaryati, A., & Sari, R. T. K. (2017). "Comparison forecasting with double exponential smoothing and artificial neural network to predict the price of sugar". International Journal of Simulation--Systems, Science & Technology, 18(4), 13-1.
- Pechrová, M., & Šimpach, O. (2017). "Modelling the development of the consumer price of sugar". In Proceedings of the 35th International Conference Mathematical Methods in Economics (MME) (pp. 527-531).
- Russo, S. L., Machado, I. A. G., Santana, L. V., & Fabris, J. P. (2013). "Employment of ARIMA models for prediction of sugar cane in Sergipe, Brazil". Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 7(11), 139-147.
- Din, M.A. (2016). "ARIMA by Box Jenkins Methodology for Estimation and Forecasting Models in Higher Education", Athens: ATINER'S Conference Paper Series, No: EMS2015-1846.
- Bahareh Fanoodi, Behnam Malmir, Farzad Firouzi Jahantigh. (2019). "Reducing demand uncertainty in the platelet supply chain through artificial neural networks and ARIMA models". Computers in Biology and Medicine. PP 1-10.

- Mengjiao Qin, Zhihang Li, Zhenhong Du. (2017). "Red tide time series forecasting by combining ARIMA and deep belief network". Knowledge-Based Systems. 03(027), PP 01-23.
- Shiblee, M., Kalra, P. K., & Chandra, B. (2008, November). "Time series prediction with multilayer perceptron (MLP): a new generalized error based approach". In International Conference on Neural Information Processing (pp. 37-44). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Fathi, O. (2019). "Time series forecasting using a hybrid ARIMA and LSTM model". In Velvet Consulting.p1.
- Kumar, M., & Thenmozhi, M. (2012). "Stock Index Return Forecasting and Trading Strategy Using Hybrid ARIMA-Neural Network Model". International Journal of Financial Management, 2(1).p2.
- Taskaya-Temizel, T., & Casey, M. C. (2005). "A comparative study of autoregressive neural network hybrids". Neural Networks, 18(5-6), 781-789.p781.
- Zhang, G. P. (2003). "Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model". Neurocomputing, 50, 159-175.
- Khashei, M., & Hajirahimi, Z. (2019). "A comparative study of series arima/mlp hybrid models for stock price forecasting". Communications in Statistics-Simulation and Computation, 48(9), 2625-2640.p2630.