

استعمال تقنية التعلم الالي الهجينة لتحسين التنبؤ بقيمة الذهب  
دراسة تحليلية

Using Hybrid Machine Learning Techniques to  
Improve Gold Price Prediction  
An Analytical Study

ا.م.د. سمير عبد الصاحب ياره

جامعة اشور

الباحثة سالي باسم محمد

الجامعة المستنصرية/كلية الادارة والاقتصاد

sallybasim25@gamil.com

samir.abdulsahib@au.edu.iq

رقم التصنيف الدولي ISSN 2709-2852

تاريخ قبول النشر: ٢٠٢٦/٣/١٥

تاريخ استلام البحث : ٢٠٢٦/٢/١٨

المستخلص

تعد عملية التنبؤ بأسعار الذهب واحدة من المواضيع المهمة في تخصص الادارة المالية، خاصة وان الذهب يعد واحد من اهم الاستثمارات في السوق المالي فضلاً عن كونه ملاذاً امنياً اوقات الازمات. وبالتالي ظهرت العديد من الطرق منها التقليدية والمستندة الى التحليل الفني والاساسي، ومنها الطرق الحديثة المستندة الى التعلم الالي، وتماشياً مع التطور التكنولوجي ظهرت مجموعة من الخوارزميات يمكن من خلالها التنبؤ بأسعار الذهب، كما يمكن تحسين هذه التنبؤات من خلال دمج مجموعة من تلك الخوارزميات وهنا تمثل هدف البحث الحالي، اذ يهدف الى دمج خوارزميتين لتحسين دقة التنبؤ



بحث مستل من رسالة ماجستير

باسعار الذهب. استند البحث على مشكلة مفادها " هل يمكن للخوارزميات الهجينة من تحسين التنبؤ بأسعار الذهب"، ولتحقيق هدف البحث اعتمد البحث على سلسلة زمنية لاسعار الذهب امتدت من (٢٠٠٠/١/١) ولغاية (٢٠٢٥/٨/٣١) فضلاً عن التنبؤ بالاسعار لنفس المدة، مع التنبؤ المستقبلي بأسعارها لغاية (٢٠٢٥/١٢/٣١). كما استخدم البحث اربعة مقاييس احصائية لفحص دقة التنبؤ هي ( $RMSE$ ,  $MAE$ ,  $MAPE$ ,  $R^2$ ) وتوصل البحث الى مجموعة من الاستنتاجات والتوصيات اهمها "استخدام الخوارزميات الهجينة تحسن من دقة التنبؤ بأسعار الذهب".

الكلمات الافتتاحية : التنبؤ ، التعلم الآلي ، الخوارزميات الهجينة، الذهب .

### Abstract

Tracking gold prices is one of the most important topics in the field of financial management, especially since gold is considered one of the most significant investments in financial markets. Accordingly, many approaches have emerged—both traditional methods based on technical and fundamental analysis, and modern methods based on machine learning. In line with technological development, a set of algorithms has been developed through which gold prices can be predicted. These predictions can be further improved by integrating (hybridizing) multiple algorithms, which represents the objective of the present study. This research aims to combine two algorithms to improve the accuracy of gold price forecasting .The study is based on the following research problem: “Can hybrid algorithms improve the forecasting of gold prices?” To achieve the research objective, the study relied on a sample consisting of gold stock prices over the period from 1/1/2000 to 31/8/2025, in addition to generating forecasts for the same period and producing future forecasts up to 31/12/2025. The research used four statistical measures to examine forecasting accuracy:  $RMSE$ ,  $MAE$ ,  $MAPE$ , and  $R^2$ . The study reached a set of conclusions and recommendations, the most important of which

is that “using hybrid algorithms improves the accuracy of gold price forecasting.”

**Keywords:** Forecasting, Machine Learning, Gold .

### المقدمة:

في ظل التطور السريع للأسواق المالية وزيادة حجم البيانات المتاحة، أصبح التنبؤ بقيمة الموجودات المالية ومنها الذهب تحديًا كبيرًا يتطلب أدوات تحليلية متقدمة. إذ برز تعلم الآلة كأحد الحلول الفعالة، وبالأخص عند تهجين الخوارزميات وذلك للحصول على دقة أعلى، وركزت الدراسة على خوارزميتان هما (POS) و (XGBoost)، ليكون هدف البحث دراسة وفهم هاتان الخوارزميتان والتنبؤ بأسعار الذهب. ولتحقيق أهداف البحث والإحاطة بالموضوع فقد تم تقسيم محتويات البحث إلى أربعة مباحث اختص الأول منه لعرض منهجية الدراسة ودراسات سابقة، أما المبحث الثاني فقد اختص بالإطار النظري للبحث إذ حمل عنوان التنبؤ بالذهب ليوضح مفهوم الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي ومفهومه ومن ثم التركيز على شرح خوارزميتي (POS) و (XGBoost). كما تناول المبحث الثالث الإطار العملي والذي تضمن التحليل المالي لأسعار الذهب، وضم طريقة عمل الخوارزميتان وأيضا اختص بالتنبؤ بأسعار الذهب وتناول المبحث الرابع والذي اختص بعرض أهم الاستنتاجات و التوصيات التي توصل إليها البحث فضلاً عن التوصيات المتعلقة بها.

### ١ - المبحث الأول/ منهجية البحث

#### ١.١ - مشكلة البحث :

تتوعد طرق التنبؤ بأسعار الذهب في الاسواق المالية المختلفة منها التقليدية المستندة الى التحليل الفني والتحليل الاساسي ومنها من استند الى التطور التكنولوجي التي شهدته العالم المعاصر مثل التعلم الآلي. وبالمقابل تطورت الاساليب المستندة الى الذكاء الاصطناعي للقيام بعملية التنبؤ ومن خلالها ظهرت عدة خورزميات ممكن استخدامها لنفس الغرض، وبالتالي فان دمج بعض تلك الخوارزميات مع بعضها

البعض ليطلق عليها الخوارزمية الهجينة قد تؤدي الى تحسين دقة التنبؤ، وهنا يمكن صياغة مشكلة البحث بالاتي: "مدى امكانية التعلم الالي الهجين من تحسين التنبؤ باسعار الذهب".

### ٢.١ - أهمية البحث

تكمن اهمية البحث من اهمية الموضوع الذي تناولة اذ تناول موضوع استخدام ادوات الذكاء الاصطناعي والتي تمثلت بالتعلم الالي من خلال تهجين خوارزميتين من خوارزميات التعلم الالي فضلا عن اهمية موضوع التنبؤ الذي يعد واحد من اهم اساسيات ومتطلبات وضع خطط العمل في منظمات الاعمال وخاصة في القطاع المالي والمصرفي.

### ٣.١ - أهداف البحث

١. التعرف على الاطر المفاهيمي للخوارزميات والتعلم الالي الهجين .
٢. تحليل اسعار الذهب خلال مدة البحث.
٣. التنبؤ باسعار الذهب من خلال استخدام الخورزميات الهجينة.

### ٤.١ - فرضية البحث

تستند فرضية البحث على فرضية رئيسة مفادها : يمكن للخوارزميات الهجينة من تحسين التنبؤ باسعار الذهب ؟.

### ٥.١ - عينة البحث

تم اختيار اسعار الذهب في الاسواق المالية كعينة للبحث، للمدة (٢٠٠٠/١/١) لغايه ٢٠٢٥/٨/٣١ وبشكل يومي اذ بلغت عدد المشاهدات الحقيقيه (٦٤٦٣) مشاهده وعدد المشاهدات المتنبأ بها (٩٢٥٤) مشاهده اي ان اجمالي المشاهدات بلغت (١٥٧١٧) مشاهده .

### ٦.١ - الاساليب الاحصائية والمقاييس المالية المستخدمة في البحث

استند البحث على مجموعة من الادوات المالية والاحصائية لاثبات دقة التنبؤ تمثلت ب (  $RMSE$ ,  $MAE$ ,  $MAPE$ ,  $R^2$  ) . وتم استخدام كل من خوارزمية (POS)

وخوارزمية (XGBoost) حيث تم استخدام خوارزمية (XGBoost) وتحسينها باستخدام (POS).

#### ٧.١- بعض الدراسات السابقة

#### ١-دراسة (Addai – 2016) ( Financial Forecasting Using Machine Learning )

( Learning ) التنبؤ المالي باستخدام التعلم الآلي: تهدف الدراسة إلى استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) للتنبؤ باتجاه العوائد اليومية لمؤشر S&P ٥٠٠ و أظهرت النتائج أن أداء ANN أفضل نسبياً في تصنيفات حركات العائدات لأعلى ولأسفل مقارنة بالتقنيات الأخرى. وعلى وجه التحديد، حققت ANN ما يقرب من ٦١٪ في التنبؤ بالعوائد باستخدام أسعار الافتتاح.

#### ٢-دراسة (Khalil – 2024) ( Using Hybrid Machine learning )

( Models for Stock Price Forecasting and Trading ) هدفت الدراسة إلى استخدام أربعة نماذج هجينة من التعلم الآلي للتنبؤ بأسعار الأسهم وتنفيذ استراتيجيات تداول بناءً على هذه التوقعات، مع مقارنة دقة النماذج بقدرتها الفعلية على تحقيق أرباح، وذلك لمعالجة الفجوة البحثية التي تركز على الدقة فقط دون اختبار الأداء في التداول الفعلي.

٣- دراسة (صالح-٢٠٢٥) بعنوان : أثر تطبيق خوارزميات التعلم الآلي على التنبؤ باتجاه أسعار الأسهم: دراسة تطبيقية على الشركات المدرجة في سوق الأوراق المالية بمصر:

هدفت الدراسة إلى تحليل أثر تطبيق خوارزميات التعلم الآلي في التنبؤ باتجاه أسعار الأسهم في سوق الأوراق المالية المصري، من خلال تطبيق عدة خوارزميات (آلة ناقلات الدعم SVM، الانحدار الخطي LR، الغابات العشوائية RF، والذاكرة الطويلة والقصيرة المدى LSTM)، ومقارنة كفاءتها في تحسين دقة التنبؤ باتجاهات الأسعار. وايضا توصل الباحث (Khalil) سنة (٢٠٢٤) نموذج LSTM-ARO حقق أفضل دقة تنبؤ اذ قام باستخدام أربعة نماذج هجينة من التعلم الآلي للتنبؤ بأسعار الأسهم

وتنفيذ استراتيجيات تداول بناءً على هذه التوقعات، مع مقارنة دقة النماذج بقدرتها الفعلية على تحقيق أرباح

## ٢- المبحث الثاني/ الجانب النظري

من المعلوم بأنه لا يمكن وضع الخطط الطويلة والقصيرة الاجل دون تنبؤ صحيح ودقيق، فالتنبؤ يعد احد الاسس المهمة التي يبنى عليها التخطيط السليم، فالتنبؤ يزود التخطيط بالمعلومات والتقديرات المستقبلية بينما يقوم التخطيط بتحويل تلك التوقعات الى اهداف وخطط عملية قابلة للتنفيذ. وبالتالي فان عملية تحقيق اهداف منظمة الاعمال لا يتم الا من خلال التنبؤ العلمي السليم، اي ان التنبؤ يعد من اهم الوسائل التي تعتمد عليها المنظمة لتحقيق اهدافها (Thompson,2013:15).

### ١.٢- مفهوم التنبؤ **Concept of forecasting**

عادة ما يحتاج مديري منظمات الاعمال الى تحديد الاتجاه الذي ستتحرك فيه المنظمة وهذا يعد من المسائل الصعبة جداً خاصة في المجال المالي وبالتحديد الاسواق المالية كون هذا المجال يتصف او يستند الى فرضية السير العشوائي والتي تعني " لا يمكن استخدام التحركات السابقة للتنبؤ بالتحركات المستقبلية"، لذلك باتت عملية التنبؤ من اساسيات العمل المالي والذي يساعد على التخطيط للمستقبل والمساعدة على اتخاذ القرار بشأن استراتيجيات معينة أو بين الاستراتيجيات المختلفة (Davidson,2018:4)، فالتنبؤ لغوياً جمعها تنبؤات وتعني " التكهّن أو التوقع" (الفيروز، ٢٠٠٥:٢٢)، وتعني كذلك " التكهّن أو استشراف او توقع النتائج أو الاحداث المستقبلية قبل وقوعها عن طريق التخمين أو دراسة الماضي. (Nugus,1997:1) اما اصطلاحاً فهي " عملية بناء التوقعات المدروسة لما سيحدث في المستقبل من قبل المتخصصين وذلك على وفق عدة معايير ومعلومات أولية"، لذلك فالتنبؤ له دور كبير وفاعل في بناء الخطط المستقبلية مما يسهل مسيرة الرؤيا المستقبلية لكل قرار قد تتخذه الادارة، وعرف التنبؤ بأنه " عملية توقع لما سيحدث مستقبلاً لظاهرة ما اعتماداً على اتجاه الظاهرة في الماضي باستخدام أحد نماذج التنبؤ المعروفة" ، بعبارة أخرى هو " معرفة سلوك ظاهرة

ما في المستقبل انطلاقاً من سلوكها في المدة الماضية ". كما يمكن تعريفها بأنها عملية عرض حالي لقيم مستقبلية باستخدام مشاهدات تاريخية بعد دراسة سلوكها في الماضي" (يونس، ٢٠٢٣: ١٧). لذلك فان التنبؤ هو ترجمة للمعلومات البيئية والاستراتيجية المقترحة للشركة. (Armstrong,2000:13)

ولإيزال التنبؤ في الأسواق المالية الدولية بأسعار الذهب أحد أكثر المشكلات تحدياً وإثارة لممارسي التمويل الكمي والأكاديميين على حد سواء . إضافةً الى الزيادة الهائلة في قوة البيانات و الحوسبة ، ويشير الباحثون وشركات الاستثمار إلى التقنيات التي توجد في علوم الكمبيوتر، وهي المجالات الواعدة لعلوم البيانات والذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي (Ndikum,2020:2).

## ٢.٢ - الذهب Gold

أصبحت أسواق المال في أي بلد أكثر حساسية للعوامل المحلية والخارجية، ومن بين هذه العوامل سعر الذهب (Bhunia&Das,2012:1), والذي جذب الكثير من الاهتمام مؤخراً في الأسواق المالية فضلاً عن تزايد الطلب الاستثماري عليه في العقود الماضية القريبة خاصة بعد التقلبات الكبيرة في اسعار الموجودات المالية الاخرى وكونه يعد الملاذ الامن واداة مهمة للتحوط. وبالتالي ارتفعت اسعار الذهب بشكل اعلى نسبياً من الاتجاه التاريخي لاسعارها منذ العام ٢٠٠٠ (Shafiee,2010:1) اذ تجاوز سعرها ٢٠٠٠ دولار للاونصة الواحدة لأول مرة في تاريخه وذلك خلال ازمة كورونا مقابل انهيار الاسواق وتراجع ثقة المستثمرين بالموجودات المالية الاخرى. فالذهب ليس مجرد معدن اصفر غالي الثمن يستخدم للزينة او انه عنصر كيميائي عدده الذري (٧٩) وانما هو أداة مالية تحمل خصائص العملة والسلع في نفس الوقت جنباً إلى جنب مع ميزة السيولة التي يمتلكها كونه من الموجودات التي يمكن تحويلها الى نقد بسرعة فضلاً عن كونه اداة مهمة للاستثمار والادخار وموجود للتبادل وكمخزن للقيمة لانه يحتفظ بقيمته على المدى الطويل (AI- Ameer,et.al,2018:357)، وتحافظ على قيمتها حتى في مواجهة تآكل الأنظمة

النقدية أو المصرفية لتكون موجودا جذاباً للمستثمرين (Białkowski,et.al,2015:1). فضلاً عن ذلك، فإن الذهب يعد واحد من اهم الاحتياطات النقدية في البنوك المركزية في جميع دول العالم. يتداول الذهب في العديد من الاسواق المالية العالمية اهمها بورصة نيويورك التجارية (NYMEX COMEX) والذي يعد من اكثر الاسواق سيولة في العالم، وبورصة لندن (LBMA) وبورصة شنغهاي للذهب (SGE) وبورصة السلع المتعددة في الهند (MCX)، فضلاً عن منصات تداول الذهب عبر الانترنت (Gokmenoglu,2015:3). ومن الجدير بالذكر انه قد يختلف سعر الذهب بين الاسواق العالمية ولكن بشكل طفيف بسبب التوقيت او الرسوم او فروق العرض والطلب. كما تختلف اسعار الذهب حسب النقاوة والتي تعني " نسبة الذهب الخالص الموجود في السبيكة ويقاس اما بوحدة العيار (Karat) او بنسبة الذهب الخالص (%).

### ٣.٢ - التعلم الآلي الهجين Hybrid Machine Learning

يعد التعلم الآلي احد فروع الذكاء الاصطناعي والذي يعتمد على فكرة ان الالات يمكن ان تتعلم بطرق مشابهة لكيفية تفكير البشر. (Bhavsar,et.al,2017:283) اذ يستخدم التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي في تحليل الأعمال للمؤسسات بمعالجة كميات كبيرة من البيانات بكفاءة، واكتشاف الأنماط المخفية، وإجراء تنبؤات دقيقة (Fang,2024:39).

### ١.٣.٢ - مفهوم التعلم الآلي The Concept of Machine Learning

عادة ما يتعلم البشر من تجاربه السابقة لمساعدته على اتخاذ القرارات الصائبة، وعلى اساس هذا تم طرح سؤال مهم في العقود الاخيرة " هل تستطيع اجهزة الكمبيوتر ان تفعل الشيء نفسه؟" اي هل تستطيع حل مشكلة ما من خلال امثلة مماثلة سابقة، وكان الجواب نعم من خلال التعلم الآلي. فالفكرة الاساسية للتعلم الآلي هو انشاء برامج على اجهزة الكمبيوتر لديها القدرة على التعلم من خلال امثلة مماثلة سابقة (البيانات) لبناء قدراتها اي تدريبها، وبالتالي فهي تستند على فكرة ان الالات يمكن ان تتعلم بطرق مشابهة لكيفية تفكير البشر (Bhavsar,et.al,2017:283). فالتعلم الآلي

"هو نظام يستلم البيانات ويجمعها بأدوات إحصائية معينة ثم يطرح مخرجات باستخدام طرق مختلفة". بعبارة أخرى تتعلم أنظمة التعلم الآلي بشكل كاف البنية المعقدة للسلسلة من قيمها السابقة وفقاً للطريقة المحددة وتتنبأ بدقة بالبيانات المستقبلية، اي ان الهدف الرئيسي من التعلم الآلي هو إنشاء إنموذج رياضي او احصائي عندما يستلم أي بيانات كمدخلات يعطي مخرجات ذات معنى (Sayin,2021:13).

## ٢.٣.٢ - اهم خوارزميات التعلم الآلي

تقدم خوارزميات التعلم الآلي مجموعة من الطرق الاحصائية والحسابية التي تمكن الالة من التعلم من البيانات دون ان تكون مبرمجة، من اهم تلك الخوارزميات:

### ١. خوارزمية سرب الجسيمات (Particle Swarm Optimization - PSO)

وهي خوارزمية مستوحاة من سلوك اسراب الطيور او اسراب الاسماك في البحث عن الطعام، يعود أصل تحسين خوارزمية سرب الجسيمات (PSO) إلى كينيدي وإيبر هارت (١٩٩٥) وشي وإيبر هارت (١٩٩٨) (Xie,2003:1). تعد هذه الخوارزمية خوارزمية بحث عددية احتمالية حظيت باهتمام واسع في الأوساط الأكاديمية عبر مختلف التخصصات، اذ استلهمت فكرتها من سلوك الأسراب البيولوجية للطيور، والتي تتسم بقدرتها على البحث عن الغذاء بطريقة منسقة وعالية الكفاءة دون الحاجة إلى قائد مركزي اذ يجسد PSO هذا السلوك التكيفي بدقة في نهجه الحسابي (Shao,et.al,2024:1)، تمثل خوارزمية (PSO) تقنية تحسين عشوائية تعتمد على مفهوم الأسراب لتحاكي هذه الخوارزمية السلوك الاجتماعي للحيوانات، بما في ذلك الحشرات والقطعان والطيور والأسماك، اذ تعتمد هذه الأسراب على آلية تعاونية للبحث عن الغذاء، ويقوم كل فرد في السرب بتعديل نمط البحث الخاص به استناداً إلى خبراته الذاتية وخبرات الأفراد الآخرين في السرب (wang,2018:387).

### ❖ طريقة عمل خوارزمية سرب الجسيمات

تعد خوارزمية سرب الجسيمات من النماذج غير الخاضعة للاشراف اذ يتحرك الجسيم في فضاء البحث متأثراً بافضل موقع وجده بنفسه وفضل موقع وجده السرب ككل،

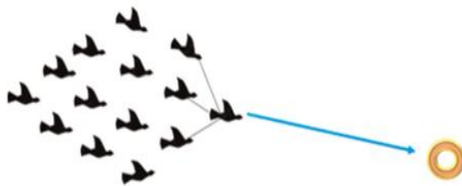
وهي مستلهمة من السلوك الاجتماعي للكائنات الحية مثل الأسماك والطيور والزواحف وغيرها من الكائنات الحية. هنا يأتي تحسين سرب الجسيمات (PSO) من سلوك البحث عن الطعام المستوحى من الطبيعة من قبل الأسماك والطيور للحصول على أفضل طريقة لتحقيق الهدف، إذ تعتبر الأسماك والطيور بمثابة الجسيمات في الخوارزمية (Yin,2023:3). يعمل كل جسيم كوكيل مستقل في هذه الخوارزمية يستكشف مساحة المشكلة بناءً على خبراته الخاصة وتفاعلاته مع الجسيمات الأخرى (Ab.Aziz,et.al,2023:5). كما يمثل حجم السرب عدد المشاهدات المستخدمة في البحث، حيث يشير إلى عدد الحلول التي يتم تحليلها في كل تكرار (Koçak&Örkçü,2024:882). ويمكن توضيح التفسير البصري لخوارزمية (POS) من خلال الشكل الاتي :



الشكل (١) الحركة العشوائية للطيور



الشكل (٢) الطيور تتحرك نحو الطعام



الشكل (٣) العثور على افضل مسار للطعام للشكل

Yin, K. (2023). Particle Swarm Optimization. Artificial Intelligence. <https://doi.org/10.5772/intechopen.107156> (page:11-12) .

كما تم ذكره، فإن خوارزمية PSO مستوحاة من سلوك سرب الطيور أو الاسماك في البحث عن الطعام، لذلك نلاحظ من خلال الشكل (١) ان بداية طيران السرب يكون بصورة عشوائية عند بحثها عن الطعام اذ لا يعرف أي طائر الموقع الدقيق للطعام، لكنه يستطيع قياس مدى قربته منه عند كل تكرار كما في الشكل (٢)، كما لا تملك الطيور معرفة مسبقة بأفضل مسار للوصول إلى الغذاء، ولكن إذا تمكن أحد الأفراد من العثور على المسار المثالي، فإن بقية السرب ستتبع هذا الفرد بسرعة (٣)، اذ يقوم كل جسيم في السرب بتحديث سرعته باستخدام القيم المحسوبة لأفضل حل فردي وأفضل حل جماعي، بالإضافة إلى موقعه الحالي. وعلى وفق الصيغة الرياضية (Gad,2022:2534) فإن المعاملات  $c_1, c_2$  تُعرف بمعاملات الثقة وتمثل التأثير الشخصي والاجتماعي، كما توضح هذه الصيغة كيف يقوم كل جسيم (particle) في السرب بتحديث سرعته.

## ٢. خوارزمية (XG Boost -Extreme Gradient Boosting) XG Boost

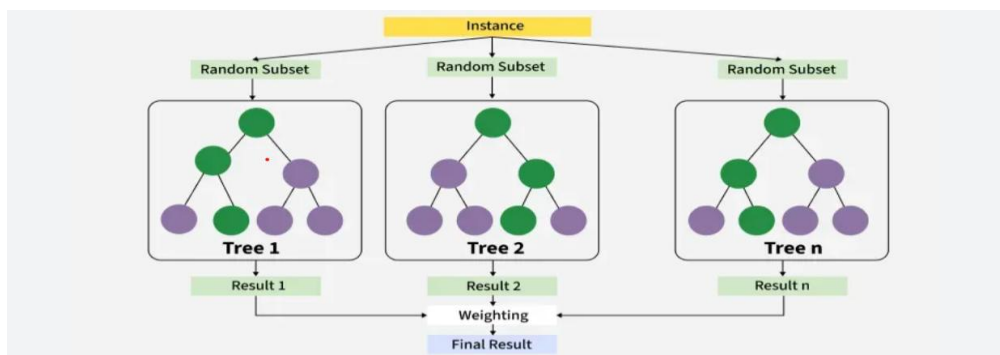
يعد انموذج (XG Boost) احدى خوارزميات التعلم الآلي المعروفة بدقتها العالية وكفاءتها في مختلف التطبيقات والتي تنتمي الى فرع التعلم الجماعي وتحديدًا التعزيز التدريجي (Boosting). فيعتمد على فكرة Boosting، وهي طريقة تجمع عدّة نماذج ضعيفة (عادةً أشجار قرار بسيطة) لتحصل على إنموذج قوي. اذ تهدف هذه الخوارزمية في كل تكرار إلى تقليل الخطأ المتبقي من التكرار السابق من خلال بناء إنموذج شجري جديد في اتجاه التدرج السالب (Negative Gradient)، حيث يمكن تعريف XG Boost على انه " نهج تعزيز يقوم بتدريب المتعلمين الضعفاء بشكل متكرر، عادةً نماذج الشجرة، مع استخدام كل من المشتق الأول والثاني لدالة الخسارة " وهو مايميزه عن غيره من النماذج ومن هنا جاء اسم (Extreme Gradient (Sluijterman,et.al,2024:3). ويتمتع انموذج XG Boost بدقة أعلى في نفس الوقت الذي تخفض فيه الوقت بشكل عام، اذ يعمل الانموذج باستمرار على تحسين أداء التنبؤ للانموذج من خلال تدريب إنموذج أشجار التعزيز التدريجي (Gradient Boosting Trees) بشكل متكرر وتحسين دالة الخسارة. (Fang,2024:400). تُعتبر XG Boost طريقة تجميعية اي انها لا تعتمد على انموذج واحد وانما تعتمد على تجميع عدة نماذج بسيطة وكل انموذج يتعلم من

أخطاء السابق وذلك لتكوين افضل واغوى انموذج, حيث يُظهر الانموذج أداءً أفضل في التجارب من العديد من مصنفات التجميع الأخرى (Emima&George Amalarethnam,2025:74).

### ❖ طريقة عمل خوارزمية XG Boost

يستخدم XG Boost عادةً في حل المشكلات مثل التصنيف والانحدار والترتيب، اذ يحقق ذلك من خلال تدريب العديد من المتعلمين الضعفاء بشكل تكراري، وهم أشجار القرار تحديداً. في كل تكرار، يقوم الانموذج بتصحيح الخطأ استناداً إلى نتائج التنبؤ من التكرار السابق. تتكون دالة الهدف (Objective Function) في XG Boost من دالة خسارة (Loss Function) ودالة تنظيم (Regularization Term)، (Tian,2024:266). يتميز XG Boost بأداء عالٍ، وقابلية توسع، ومرونة، بالإضافة إلى ميزات مثل تقييم أهمية الميزات والحوسبة المتوازية، مما يمكنه من التعامل مع مجموعات البيانات الكبيرة ويمنع فرط التكيف (Overfitting) (Tian,2024:266). بشكل عام، يعتمد انموذج XG Boost على بناء الأشجار بطريقة متسلسلة بحيث تستفيد كل شجرة جديدة من أخطاء الشجرة السابقة وتتعلم من أخطائها، مما يجعله أحد أقوى النماذج المستخدمة في التنبؤات المعتمدة على البيانات الجدولية (Ha&Zhou,2023:549). ويبين الشكل (٤) المخطط الانسيابي لخوارزمية XGBoost

### الشكل (٤) مخطط انسيابي لخوارزمية XG Boost



<https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning/xgboost/>

وبالتالي يمكن اعتبار خوارزمية XG Boost كعملية تكرارية (Iterative) تبدأ بتنبؤ أولي غالباً ما يكون صفراً، ثم يتم إضافة كل شجرة لاحقة لتقليل الأخطاء.

### ٣- المبحث الثالث/ الجانب العملي

#### ١.٣- التحليل المالي لاسعار الذهب عينة البحث:

شهدت اسعار الذهب تقلبات كبيرة خلال مدة البحث الممتدة (٢٠٠٠/١/١-٢٠٢٥/٨/٣١) اذ بلغ سعر الاونصة الواحدة من الذهب في عام (٢٠٠٠) حوالي (٢٨٣.٧) دولار وذلك بتاريخ (٤/٠١/٢٠٠٠) لترتفع قيمته الى (٢٦٤١) دولار في نهاية العام (٢٠٢٤) اي ارتفعت قيمة الذهب خلال مدة البحث بنسبة (٨٣٣٪)، اذ يعكس هذا التصاعد في اسعار الذهب على انه يعد الملاذ الامن للمستثمرين في فترات عدم الاستقرار الاقتصادي والسياسي.

جدول (١) معدل اسعار الذهب خلال المدة (٢٠٠٠/١/١) ولغاية (٢٠٢٥/٨/٣١).

السنة	الذهب (دولار)	السنة	الذهب (دولار)	السنة	الذهب (دولار)
2000	281.1	2009	975	2018	1,271.2
2001	272.1	2010	1,228.3	2019	1,397.4
2002	311.2	2011	1,573.3	2020	1,779.2
2003	364.3	2012	1,670.5	2021	1,799
2004	410.4	2013	1,408.7	2022	1,805.6
2005	447.1	2014	1,266.3	2023	1,955.2
2006	608.1	2015	1,158.8	2024-31/8/2025	2,392.8
2007	701.3	2016	1,251.6	AVERAGE	1,141
2008	874.2	2017	1,260.3		

## ١.١.٣ - تحليل اسعار الذهب

ان اسعار الذهب بدأت بالارتفاع الملحوظ منذ العام (٢٠٠٧) اذ وصل معدل سعر الذهب الى (٧٠١.٣) دولار ، وفي ازمه العام (٢٠٠٨) سجل الذهب ارتفاعاً ملحوظاً في قيمته كونه يمثل الامان بعد فقدان الثقة في الاسواق المالية اذ وصل الى (٨٧٤.٢) دولار. كما شهدت الفترة (٢٠٠٩-٢٠١٢) قمة التحولات في سوق الذهب العالمي ويُعزى هذا الارتفاع الحاد إلى تفاعل عدة عوامل مالية واقتصادية كبرى، أبرزها سياسات البنوك المركزية العالمية في مواجهة ما بعد الأزمة المالية حيث وصل معدل سعر الذهب في العام (٢٠١٢) الى (١٦٧٠.٥) دولار. لتشهد بعدها حركة تصحيحية اذ تراجعت اسعاره في المدة (٢٠١٣-٢٠١٥) وخاصة في العام (٢٠١٥) حيث بلغ السعر (١١٥٨.٨) دولار ، اذ ان احد اهم العوامل المؤثرة في هذا التراجع كان تحسن الاقتصاد الامريكي التدريجي بعد الازمة المالية، وقد ساهم هذا التحسن في زيادة ثقة المستثمرين بالدولار الامريكي بالمقابل انخفضت جاذبية الذهب. كما كانت المدة ما بين (٢٠١٦-٢٠١٩) بمثابة فترة استقرار نسبي لاسعار الذهب. ويعد العام (٢٠٢٠) محطة فاصلة في اسعار الذهب العالمي حيث شهد ازدياد ملحوظ في اسعاره وخاصة في شهر اغسطس، اذ سجل اعلى سعر له انذاك ليصل الى (٢٠٦٩.٤٠) دولار للاونصة الواحدة وذلك في (٢٠٢٠/٠٨/٠٦)، وقد سبب هذا الارتفاع الاستثنائي هو تفشي جائحة كوفيد-١٩ وما فيها من اضطرابات على الاسواق العالمية. تلت هذه المدة تذبذبات في سعر الذهب، اذ ان المدة الممتدة ما بين (٢٠٢٣-٢٠٢٤) شهدت قيمة الذهب صعود قوي، وكان أحد المحركات الرئيسية لصعود الذهب خلال هذه المرحلة هو النشاط الاستثنائي للبنوك المركزية العالمية في شراء الذهب، اذ بلغ حجم المشتريات خلال المدة المذكورة (٢٠٨١) طن. ومن الجدير بالذكر ان ادنى معدل سعر سجل خلال المدة بلغ (٢٧٢.١) دولار للاونصة

الواحدة في سنة (٢٠٠٢)، اما الاعلى فقد بلغ (٢٣٩٢.٨) دولار وذلك سنة (٢٠٢٤-٢٠٢٥).

### ٢.٣ - التنبؤ بأسعار الذهب:

تم التنبؤ بأسعار الذهب المستقبلية وذلك باستخدام خوارزميتان هما خورزمية (Pos) وخوارزمية (GX-Boost)، وبتطبيق طريقة (Fold cv-5) وهي الية تعمل على تقسيم مجموعة البيانات الى خمسة اقسام متساوية، وفي كل اختبار يستخدم احد الاقسام الخمسة كبيانات اختبار (Test Set)، بينما تستخدم الاقسام الاربعة الاخرى كبيانات تدريب (Training Set)، اي القيام باستخدام الاقسام الاربعة للتدريب للتنبؤ بالقسم الخام، وتكرر هذه العملية، وعند الانتهاء من كل مرحلة يتم استبدال القسم المخصص للاختبار بقسم اخر حتى يتم استخدام جميع الاقسام للاختبار. فبدل من تقسيم البيانات مرة واحدة الى تدريب واختبار تم تقسيمها بشكل منظم حتى نستفيد من كل الاقسام في التدريب والاختبار معاً وباوقات مختلفة. وبهذه الطريقة ضمن الانموذج التعلم من مختلف اجزاء البيانات كما يختبر على جميعها مما قد يعطي نتائج اكثر دقة في التنبؤ. كما تم استخدام اربعة مقاييس احصائية لاختبار دقة التنبؤ، وهي متوسط الجذر التربيعي للخطأ (RMSE)، متوسط مطلق الخطأ (MAE)، متوسط النسبة المئوية للخطأ المطلق (MAPE)، ومعامل التحديد ( $R^2$ ) الذي يقيس جودة الانموذج ودقته في تفسير التغيرات في الأسعار.

### جدول (٢)

معدلات اسعار الذهب المتنبأ بها خلال المدة (٢٠٠٠/١/١) ولغاية (٢٠٢٥/٨/٣١).

السنة	الذهب (دولار)	السنة	الذهب (دولار)	السنة	الذهب (دولار)
2000	281.3	2009	975.8	2018	1271.2
2001	272.5	2010	1228.2	2019	1396.9
2002	311.3	2011	1573.9	2020	1779
2003	364.9	2012	1671.3	2021	1798.3

1806.1	2022	1407.6	2013	410.6	2004
1955.3	2023	1227	2014	447.2	2005
2,797.9	2024- 31/8/2025	1160	2015	608.8	2006
1193.6	AVERAGE	1252.9	2016	701.4	2007
		1261.5	2017	874.5	2008

اذ نلاحظ من الجدول (٣) معدلات اسعار الذهب المتنبأ بها باستعمال الخوارزميتين اذ يتضح من خلاله ان اعلى معدل سجله الذهب كان (٢٧٩٧.٩) واقل معدل سعر كان (٢٧٢.٥) في سنة (٢٠٠٢) وعند مقارنه هذه النتائج مع جدول رقم (٢) يتضح ان اعلى معدل لسعر سهم كان سنة (٢٠٢٤-٢٠٢٥) ايضا اذ بلغ (٢٣٩٢.٨) واقل معدل للسهم كان سنة (٢٠٠٢) اذ بلغ (٢٧٢.١) وهذا يدل على تقارب النتائج ودقة الانموذج في التنبؤ.

### ١.٢.٣- فحص دقة التنبؤ باسعار الذهب خلال مدة البحث

تم التنبؤ باسعار الذهب العالمية من خلال استخدام الخوارزمية الهجينة الموضحة اعلاه للمدة (٢٠٠٠/١/١) لغاية (٢٠٢٥/٨/٣١)، وظهرت نتائج التنبؤ باسعار الذهب كما موضحة في الملحق (٢). وعند مقارنتها بالاسعار الفعلية المتحققة لنفس المدة والموضحة في الملحق (١) ظهرت النتائج متقاربة جداً وهذا ما يدل على قدرة الخوارزمية الهجينة على التنبؤ باسعار الذهب. ويمكن التأكد من قدرة الخوارزمية على التنبؤ من خلال الجدول (٤) والذي يوضح المقاييس المستخدمة لدقة التنبؤ.

### جدول رقم (٣)

وصف التحليل الاحصائي لدقة التنبؤ باسعار الذهب للمدة (٢٠٠٠/١/١) لغاية (٢٠٢٥/٨/٣١)

النسبة	معدل السعر المتنبأ به	القيمة	المقياس
٠.٠١٠٦٦	1193.6	12.73282	RMSA
٠.٠٠٠٦٢٠	1193.6	7.403191	MAE
----	1193.6	0.63073	MAE(%)
-----	1193.6	0.999683	$R^2$

المصدر : من اعداد الباحثة بالاعتماد على الخوارزمية الهجينة

ومن خلال نتائج الجدول (٣) يتبين الاتي :

#### ١- مقياس RMSE

ظهرت قيمة معيار (RMSE) وحسب ما موضح في الجدول (12.73282)، اي ان معدل الخطأ بلغ تقريباً (12.7) وحدة وهذا يدل على ان الفرق بين السعر الحقيقي والسعر المتنبأ به بلغ (12.7) دولار فقط، وبالتالي فان نسبة الانحراف او الخطأ بين السعر الحقيقي والسعر المتنبأ به بلغ (١.١٪) من القيمة المتوسطة للذهب وهذا يعني ان التنبؤ عالي جداً وذلك لان نسبة الخطا اقل من ٥٪ وهذا يعتبر مستوى دقة عالي بالانماذج التنبؤية

#### ٢- مقياس MAE

يختلف MAE عن RMSA بانه يقيس الخطا بشكل مباشر وبسيط من دون تربيع الاخطاء حيث ظهرت النتيجة (٧.٤٠٣١٩١) وهذا يعني ان القيمة المتنبأ بها انحرفت عن القيمة الحقيقية بمقدار (٧.٤) دولار، وبالتالي ظهرت نسبة الخطأ على وفق هذا المعيار بلغ (٠.٦٢٪) وهذا يعني ان دقة الانموذج (٩٩.٣٨٪) تقريبا وبما ان نسبة الخطا كانت اقل من (٥٪) فهذا دليل على دقة عالية للتنبؤات، اذ ان معدل الخطأ الاقل من (٥٪) يوضح بان التنبؤ ممتاز.

#### ٣- مقياس MAPE

يقيس هذا المقياس متوسط نسبة الخطا المئوية وهذا يعني انه يقيس الخطا بين القيم الحقيقية والقيم المتنبأ بها كنسبة مئوية اي ان هذا المقياس يرد على سؤال (التنبؤ يختلف عن الحقيقة بنسبة كم ؟)، اذ ظهرت قيمته (٠.٦٣٠٧٣) وهذا يعني ان نسبة الخطا بين القيمه الحقيقية والقيمة المتنبأ بها هي (٠.٦٣٪) فقط وهذا دليل على قوة التنبؤات باسعار الذهب كون النتيجة اقل من (5٪).

#### ٤- مقياس $R^2$

يمثل هذا المقياس معامل التحديد ويقيس مدى قدرة الانموذج على تفسير البيانات،

ويوضح نسبة التباين بين الاسعار الحقيقية والاسعار المتنبأ بها، اذ ظهرت قيمته (٠.٩٩٩٦٨٣) وبنفس الاتجاه، وهذا يعني ان (٩٩.٩٦%) من التغيرات الحقيقية في اسعار الذهب الحقيقية مطابقة لاسعار المتنبأ بها، مما يدل على ان الانموذج فهم جميع التغيرات الحقيقية للذهب ولديه قدره عالية في التنبؤ بدرجة عالية من الموثوقية . يوضح الشكل (٥) الاتجاه العام للتوقعات بين عامي ٢٠٠٠ و ٢٠٢٥ كما أنتجها الانموذج الإحصائي

Gold Prices: Actual vs Predicted (Up to 2025-09-01)



شكل (٥) الاتجاه العام لاسعار الذهب لاسعار الحقيقية والاسعار المتنبأ بها للمدة (٢٠٠٠/١/١ - ٢٠٢٥/٨/٣١)

يتضح من الشكل (٥) ان الفروقات بين الاسعار الحقيقية (اللون البني) والاسعار المتنبأ بها (اللون الازرق) طفيفة جداً بحيث لا يمكن رؤيتها بشكل واضح. من خلال التحليل يتبين ان قدرة الخوارزمية الهجينة عالية جداً في التنبؤ باسعار الذهب. ومن الجدير بالذكر ان معدل سعر الذهب للقيم المتنبأ بها خلال المدة بلغت (١١٩٣.٦) دولار بينما معدل سعر القيم الحقيقية فقد بلغت (١١٤١) دولار، اي ان الفرق بين المعدلين بلغ بحدود (٥٢) دولار فقط خلال المدة، وتعد هذه القيمة ضعيفة جداً قياساً بسعر الذهب ومدة البحث.

#### ٤- المبحث الرابع/ الاستنتاجات والتوصيات

##### ١.٤- الاستنتاجات :

١- أثبتت نتائج الانموذج الهجين (POS) و(XGBoost) كفاءه عالية في التنبؤ بأسعار الذهب، اذ أظهرت المقارنة بين القيم الحقيقية والمتنبأ بها تطابقاً كبيراً، مما دل على قدرة الانموذج على تمثيل الانماط السلوكية المعقدة في الأسواق المالية. إن استخدام هاتين الخوارزميتين سوياً مكن النظام من تحقيق توازنٍ دقيق بين الدقة في التنبؤ وسرعة التعلم، الأمر الذي يجعلها من أكثر النماذج فعالية في تحليل البيانات الزمنية المالية.

٢- أثبت تحليل الأداء الزمني للانموذج أن استخدام بيانات يومية تمتد لـ ٢٥ سنة ساهم في تعزيز الدقة الإحصائية والاستقرار التنبؤي، وذلك لان التنبؤ يحتاج الى سلاسل زمنية طويلة الامد إذ مكن النموذج من التعرف على الأنماط الدورية الطويلة ومواسم التقلب في الأسواق المالية.

٣- أظهرت النتائج المقارنة بين النماذج أن الدمج بين XGBoost وخوارزمية POS حقق أفضل توازن بين مؤشرات الدقة (RMSE، MAE، MAPE، R<sup>2</sup>) مقارنة بالنماذج الفردية، مما يدل على أن الجمع بين قدرات التحسين والتعلم التعزيزي يؤدي إلى تحسين الأداء العام للنموذج .

٤- يمكن القول في ضوء ما تقدم أن الخوارزمية الهجينة المقترحة تمثل نهجاً متطوراً

لتحليل الأسواق المالية والتنبؤ بها، كونها تجمع بين العمق الإحصائي والمرونة الحسابية، مما يجعلها أداة فعالة في بناء استراتيجيات استثمار قائمة على البيانات والتعلم الآلي.

#### ٢.٤ - التوصيات :

١- استخدام النماذج الهجينة في التنبؤ المالي، لما أظهرته خوارزميتا (POS) و (XGBoost) من كفاءة عالية في تحليل البيانات الزمنية والتنبؤ بأسعار الذهب بدقة مرتفعة. إذ أثبتت النتائج أن الدمج بين الخوارزميتين يُنتج نموذجًا متينًا قادرًا على التعامل مع التذبذبات السعرية المعقدة في الأسواق المالية .

١- استخدام المؤسسات المالية والمصارف تقنيات التنبؤ المالي المعتمدة على الذكاء الاصطناعي والخوارزميات الهجينة في مجالات إدارة المحافظ الاستثمارية، وتقدير المخاطر، وتحليل الاتجاهات المستقبلية للأسواق. إذ يمكن لهذه النماذج أن تساهم في تحسين عملية اتخاذ القرار وتقليل الخسائر الناتجة عن التقلبات غير المتوقعة.

٢- تعميم نتائج البحث على قطاعات مالية مختلفة مثل أسواق السلع والطاقة والعملات الرقمية، لاختبار مدى مرونة النموذج الهجين في بيئات متنوعة ومتقلبة، مما يعزز من مصداقيته ويوسع من نطاق تطبيقه العملي.

٣- اعتماد الخوارزميات الهجينة (POS) و (XGBoost) كأحدى الأدوات القياسية في النمذجة المالية المستقبلية، لما تتميز به من دقة عالية وسرعة في المعالجة وقابلية للتعميم على مختلف الأسواق المالية، وبخاصة عند توفر بيانات تاريخية غنية ومنظمة .

#### المصادر والمراجع:

#### أولاً : المصادر العربية :

#### أ-الكتب:

١. الفيروز آبادي ، مجد الدين أبو طاهر محمد بن يعقوب (٢٠٠٥)، تحقيق، تحقيق مكتب تحقيق التراث في مؤسسة الرسالة بإشراف محمد

نعين العرقسوسي مؤسسة الرسالة للطباعة والنشر والتوزيع، بيروت - لبنان، الطبعة الثامنة.

#### ب- الرسائل والاطاريح والبحوث:

٢. صالح, صافيناز محمود محمد محمود, (٢٠٢٥), اثر تطبيق خوارزميات التعلم الالي على التنبؤ باتجاه اسعار الاسهم: دراسة تطبيقية على الشركات المدرجة في سوق الأوراق المالية بمصر, مجلة البحوث الإدارية والمالية والكمية, ٥(٢), ٤٦-٣.

٣. يونس، نور الدين محمد, (٢٠٢٣), التنبؤ بالقيمة السوقية للاسهم باستخدام سلاسل ماركوف دراسة تحليلية في سوقي العراق ونيويورك للاوراق المالية، رسالة ماجستير.

المصادر باللغة الانكليزية

#### A-books:

4. Thompson, S. (2016). The Authority Guide to Financial Forecasting for SMEs: Pain-Free Financials for Finance and Planning. United Kingdom: SRA.

5. Davidson, W. (2018). Financial Forecasting and Decision Making. United Kingdom: Wiley.

6. Nugus, (1997), financial planning using spread sheets: forecasting, planning and budgets techniques, kogan pag press ltd., 1st ed.

7. Armstrong, J. Scott, Green, (2017), Forecasting Methods And Principles: Evidence-Based Checklists.

8. Bhavsar, P., Safro, I., Bouaynaya, N., Polikar, R., & Dera, D. (2017). Machine learning in transportation data analytics. In Data analytics for intelligent transportation systems. (pp. 283-307). Elsevier.

9. Bhavsar, P., Safro, I., Bouaynaya, N., Polikar, R., & Dera, D. (2017). Machine learning in transportation data analytics. In Data

analytics for intelligent transportation systems. (pp. 283-307). Elsevier.

10. Yin, K. (2023). Particle Swarm Optimization. Artificial Intelligence. <https://doi.org/10.5772/intechopen.107156>

### **B-Journal & Periodicals:**

11. Gokmenoglu, K. K., & Fazlollahi, N. (2015), The interactions among gold, oil, and stock market: Evidence from S&P500, *Procedia Economics and Finance*, 25, 478-488.

12. Białkowski, J., Bohl, M. T., Stephan, P. M., & Wisniewski, T. P. (2015). The gold price in times of crisis. *International Review of Financial Analysis*, 41, 329-339.

13. Al-Ameer, M., Hammad, W., Ismail, A., & Hamdan, A. (2018). The relationship of gold price with the stock market: The case of Frankfurt Stock Exchange. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(5), 357-371.

14. Shafiee, S., & Topal, E. (2010). An overview of global gold market and gold price forecasting. *Resources policy*, 35(3), 178-189.

15. Bhunia, A., & Das, A. (2012). Association between gold prices and stock market returns: Empirical evidence from NSE. *Journal of Exclusive Management Science*, 1(2), 1-7.

16. Ndikum, P. (2020). Machine learning algorithms for financial asset price forecasting. arXiv preprint arXiv:2004.01504.

17. Fang, Y. (2024). Application of Xgboost Model to Predict Bank Loan. *Highlights in Science Engineering and Technology*, 115, 397-403. <https://doi.org/10.54097/ja9pva49>

18. Xie, X., Zhang, W., & Yang, L. (2003). Particle swarm optimization. *Control and Decision*, 18, 129-134.

19. Shao, S., Park, J. H., & Wong, W. K. (2024). Particle swarm optimization with Applications to Maximum Likelihood Estimation and Penalized Negative Binomial Regression. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2405.12386>

20. Wang, D., Tan, D., Liu, L. (2018). Particle swarm optimization algorithm: an overview. *Soft computing*, 22(2), 387-408.
21. Ab. Aziz, K., Siang, T. G., & Abd Aziz, N. A. (2023). Particle Swarm Optimisation for Emotion Recognition Systems: A Decade Review of the Literature. *Applied Sciences*, 13(12), 7054. <https://doi.org/10.3390/app13127054>
22. Koçak Maciejuskaitė, M., & Miliuskaitė, J. (2024). The efficiency of machine learning algorithms in classifying non-functional requirements. *New Trends in Computer Sciences*, 2(1), 46-56.
23. Gad, A. G. (2022). Particle swarm optimization algorithm and its applications: A systematic review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 29(5), 2531–2561. <https://doi.org/10.1007/s11831-021-09694-4>
24. Emima, A., & George Amalarethnam, D. I. (2025). Integrative Ensemble Learning Algorithm for Predicting Students' Performance. *Indian Journal of Science and Technology*, 18(1), 72–84. <https://doi.org/10.17485/ijst/v18i1.3718>
25. Tian, P. (2024). Research On Laptop Price Predictive Model Based on Linear Regression, Random Forest and Xgboost. *Highlights in Science Engineering and Technology*, 85, 265–271. <https://doi.org/10.54097/9nx5ad16>
26. Ha, J., & Zhou, Z. (2023). Subway Energy Consumption Prediction based on XGBoost Model. *Highlights in Science Engineering and Technology*, 70, 548–552. <https://doi.org/10.54097/hset.v70i.13958>

### **C- THESIS**

27. Addai ,S .(2016) . Financial Forecasting Using Machine Learning . Oakland University.
28. Sayin, M . (2021) . PERFORMANCE OF HYBRID MACHINE LEARNING ALGORITHMS ON FINANCIAL

TIME SERIES DATA . MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY.

29. Sluijterman, L., Kreuwel, F., Cator, E., & Heskes, T. (2024). Composite Quantile Regression With XGBoost Using the Novel Arctan Pinball Loss. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2406.02293>