جامعة يحي فارس بالمدية

كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير

قسم العلوم الاقتصادية

الموضوع:

النمذجة والتنبؤ بأسعار النفط الخام في منظمة الأوبك (OPEC) باستخدام الشبكات المعقدة وخوارزميات الذكاء الاصطناعي

مذكرة مقدمة ضمن متطلبات الحصول على شهادة الماستر في العلوم الاقتصادية

تخصص: إقتصاد كمّي

من إعداد الطالبتين:

خليفة خولة

بوقوفالة فاطمة

تحت إشراف الأستاذ:

د. صغيري سيد علي

أعضاء لجنة المناقشة:

أ.د. جايدر حسان.....رئيسًا

د. صغيري سيد علي.....مشرفًا

د. شرفي جيلالي.....ممتحنًا

السنة الجامعية: 2023/2022

جامعة يحي فارس بالمدية

كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير

قسم العلوم الاقتصادية

الموضوع:

النمذجة والتنبؤ بأسعار النفط الخام في منظمة الأوبك (OPEC) باستخدام الشبكات المعقدة وخوارزميات الذكاء الاصطناعي

مذكرة مقدمة ضمن متطلبات الحصول على شهادة الماستر في العلوم الاقتصادية

تخصص: إقتصاد كمّي

من إعداد الطالبتين:

خليفة خولة

بوقوفالة فاطمة

تحت إشراف الأستاذ:

د. صغيري سيد علي

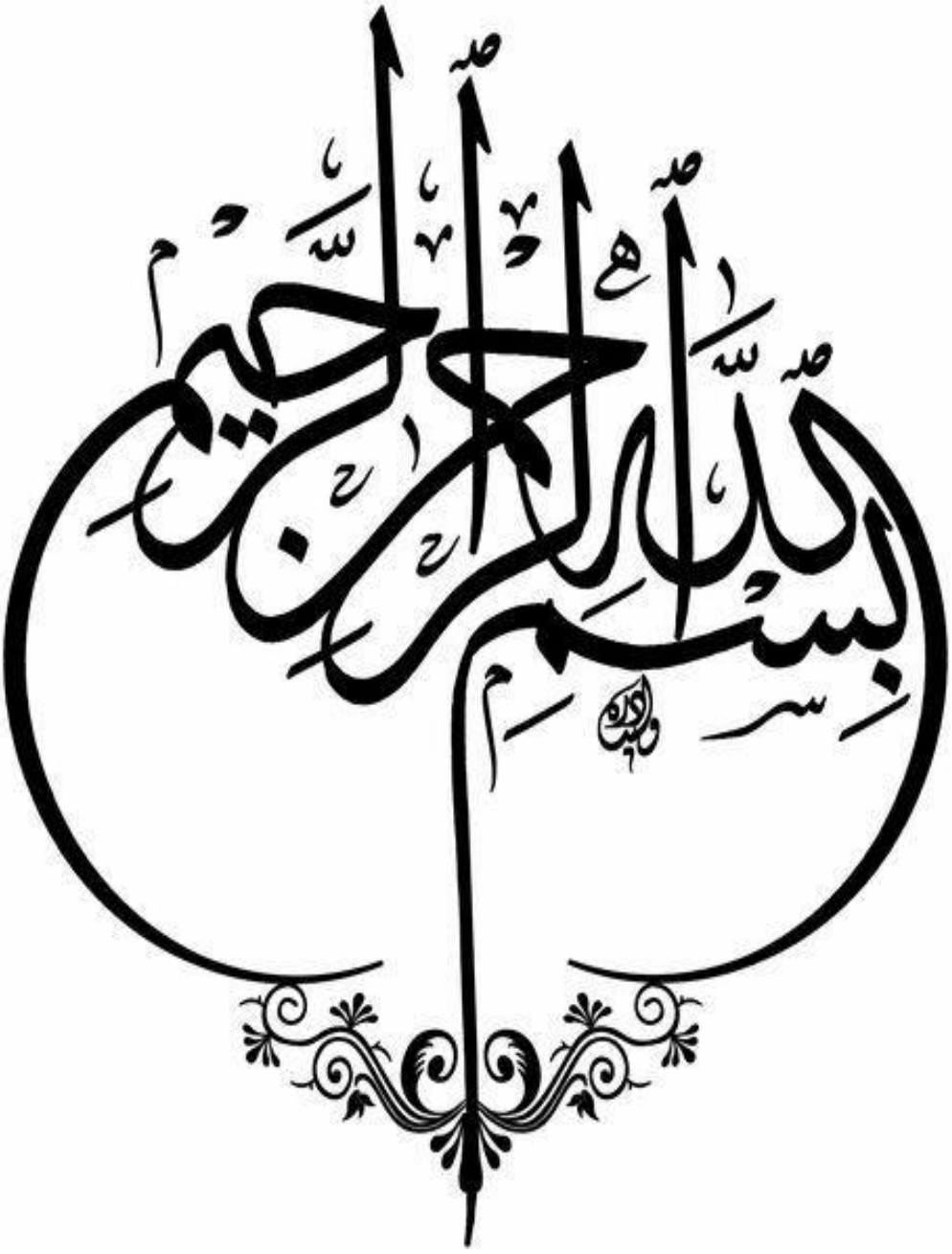
أعضاء لجنة المناقشة:

أ.د. جايدر حسان.....رئيسًا

د. صغيري سيد علي.....مشرفًا

د. شرفي جيلالي.....ممتحنًا

السنة الجامعية: 2023/2022


بسم الله الرحمن الرحيم

شكر وتقدير

لمن عجز التاريخ عن ذكر أسمائهم. ووقفت اللغة أمام أفضالهم، وجفّ اللسان عن تناقل إنجازاتهم.

لمعلّمي الحرف، ورثة الأنبياء، مبلّغي الرسالة ومؤدّي الأمانة، لمن كنا غراسهم وثمرة حياتهم، شكرا لكم.

لكل معلم، أستاذ وموجه خلال مسيرتنا العلمية، شكرا لكم.

شكرا للأستاذ الفاضل الدكتور "صغيري سيد علي" الراعي الرسمي لمسيرتنا، القدوة والناصح، غارس الأمل، على حسن إشرافه ومتابعته ومعاملته الطيبة وصبره معنا جزاك الله عنا خيرا.



الإهداء

إلى من لا يمكن للكلمات أن توفي حقهما، ولا يمكن للأرقام أن تحصي فضلهما، إلى من كان دعائهما سر نجاحي، إلى ينبوع الحنان و التضحية، إلى معنى الحب وبسمة الحياة

أمي الغالية وأبي العزيز أطال الله عمرهما

إلى من لا تحلو الحياة إلا بدونهم إخوتي حفظهم الله: رفيق دربي "محمد أمين"، المشاكس المرح "يونس" و الكتكوت "صهيب"

إلى أختي وصديقتي "أزهار فاطمة بوقوفالة" من شاركتني مشواري

إلى كل أصدقائي، أحبابي وأفراد عائلتي

أهدي لكم جميعا ثمرة جهدي



خولة

الإهداء

إلى من هما في الحياة حياة، أماني ومأمني من ينحني الحرف امتنانا لهما "والداي"

إلى نور يضيء عتمة الظروف والأيام إخوتي وعائلتي

إلى رفيقة دربي "فاطمة بسام"، وعزيزتي "خولة خليفة" من شاركتني حلو الأيام ومرها

إلى كل من علمني حرفا أضاء طريقي

إلى كل من له فضل عليّ

إليكم جميعا أهدي هذا العمل المتواضع



فاطمة

مستخلص:

هدفت الدراسة إلى معرفة مدى فعالية الشبكات العصبية المعقدة وخوارزميات الذكاء الاصطناعي في النمذجة والتنبؤ بأسعار النفط الخام في منظمة الأوبك (OPEC)، من خلال دراسة قياسية لبيانات أسبوعية للفترة الممتدة من 05 جانفي 2003 إلى 04 جوان 2023 باستخدام برمجية Python.

اقترحت هذه الدراسة مجموعة من النماذج المحسنة تم المقارنة بينها على أساس معياري RMSE وMAPE لينتج لنا من بينهم نموذج أمثل يستخدم تحليل شبكة الذاكرة القصيرة الطويلة المعقدة (LSTM) المدربة والمحسنة بواسطة خوارزمية Adam والتي تم تنشيطها باستخدام دالة tanh. كما أشارت النتائج إلى فعالية وكفاءة الشبكة العصبية المعقدة LSTM في التنبؤ الدقيق بأسعار النفط الخام.

الكلمات المفتاحية: أسعار النفط الخام، التنبؤ، منظمة الأوبك، شبكة LSTM، برمجية Python.

Abstract:

The study aimed to investigate the effectiveness of complex neural networks and artificial intelligence algorithms in modeling and forecasting crude oil prices in the Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC). A comprehensive analysis of weekly data for the period from January 5th, 2003, to June 4th, 2023, was conducted using Python software.

This study proposed a set of optimized models that were compared based on the RMSE and MAPE criteria. Among these models, an optimal model was identified, which utilized the Long Short-Term Memory (LSTM) network, trained and optimized using the Adam algorithm and activated with the tanh function. The results also indicated the effectiveness and efficiency of the complex LSTM neural network in accurately predicting crude oil prices.

Keywords: Crude oil prices, Forecasting, OPEC, LSTM network, Python software.

فهرس المحتويات

العنوان	الصفحة
شكر وتقدير	I
الإهداء	II
مستخلص	IV
فهرس المحتويات	V
فهرس الجداول والأشكال والملاحق	X
مقدّمة عامّة	أ – ك
الفصل الأول: الإطار النظري للنفط	1 ــ 32
تمهيد	2
المبحث الأول: عموميات حول النفط	3
المطلب الأول: مفهوم النفط وأهميته	3
المطلب الثاني: خصائص النفط وأنواعه	5
المطلب الثالث: مفهوم، خصائص وأنواع أسواق النفط العالمية	8
المطلب الرابع: الأطراف الفاعلة في السوق النفطية العالمية	10
المبحث الثاني: أسعار النفط: المفهوم والأنواع، التطور والعوامل المؤثرة فيها	14
المطلب الأول: مفهوم سعر النفط وأنواعه	14

المطلب الثاني: التطور التاريخي لأسعار النفط	16
المطلب الثالث: العوامل المؤثرة في أسعار النفط	18
المطلب الرابع: آثار تقلبات أسعار النفط على الاقتصاد العالمي	21
المبحث الثالث: مدخل لمنظمة الدول المصدرة للنفط "أوبك"	24
المطلب الأول: نشأة منظمة الأوبك و تعريفها	24
المطلب الثاني: أجهزة منظمة الأوبك وخصائصها	26
المطلب الثالث: أهداف منظمة الأوبك وشروط عضويتها	27
المطلب الرابع: الأوابك وعلاقتها بمنظمة الأوبك	29
خلاصة	32
الفصل الثاني: الإطار العام للذكاء الاصطناعي	33 ـ 67
تمهيد	34
المبحث الأول: مدخل عام إلى الذكاء الاصطناعي	35
المطلب الأول: نشأة، تطور ومفهوم الذكاء الاصطناعي	35
المطلب الثاني: خصائص وأهداف الذكاء الاصطناعي	39
المطلب الثالث: أنواع الذكاء الاصطناعي والفرق بينه وبين الذكاء البشري	41
المطلب الرابع: تطبيقات الذكاء الاصطناعي	45

المبحث الثاني: الشبكات العصبية الاصطناعية	47
المطلب الأول: لمحة تاريخية لنشأة وتطور الشبكات العصبية الاصطناعية	47
المطلب الثاني: مفهوم، خصائص وفوائد الشبكات العصبية الاصطناعية	49
المطلب الثالث: مكونات الشبكات العصبية الاصطناعية	51
المطلب الرابع: أنواع الشبكات العصبية الاصطناعية	55
المبحث الثالث: العلاقة بين خوارزميات الذكاء الاصطناعي، التعلم الآلي والتعلم العميق	59
المطلب الأول: لمحة تاريخية، مفهوم وأنواع الخوارزميات	59
المطلب الثاني: خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي	61
المطلب الثالث: التعلم العميق	63
المطلب الرابع: خوارزميات التعلم الأكثر شيوعا	65
خلاصة	67
الفصل الثالث: الدراسة القياسية للتنبؤ بأسعار النفط الخام باستخدام برمجية Python	68 ــ 96
تمهيد	69
المبحث الأول: الجوانب الإحصائية للشبكات العصبية الاصطناعية	70

المطلب الأول: مقارنة التحليل الإحصائي ومصطلحاته بالشبكات العصبية الاصطناعية	70
المطلب الثاني: التنبؤ وخطواته باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية	72
المبحث الثاني: برمجية Python	76
المطلب الأول: مقدمة عن برمجية Python وأهم مميزاتها	76
المطلب الثاني: المكتبات الرئيسية المخصصة لعلوم Python	77
المبحث الثالث: النمذجة والتنبؤ بأسعار النفط الخام	80
المطلب الأول: بيانات الدراسة ومعالجتها	80
المطلب الثاني: بناء نموذج الشبكة العصبية المعقدة لأسعار النفط الخام	83
المطلب الثالث: المقارنة بين نماذج LSTM ونموذج mlr	91
خلاصة	96
خاتمة عامّة	97
قائمة المراجع	100
الملاحق	134

فهرس الجداول والأشكال والملاحق

قائمة الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
(1.1)	تطور الأسعار الاسمية لسلة خامات أوبك خلال الفترة (1970-2019)	135
(1.2)	تاريخ الذكاء الاصطناعي	136
(2.2)	الفرق بين الذكاء الاصطناعي و الذكاء البشري	43
(3.2)	الفرق بين الذكاء الاصطناعي والذكاء الإنساني	44
(1.3)	مقارنة بعض المصطلحات الإحصائية وما يقابلها في الشبكات العصبية الاصطناعية	71
(2.3)	نتائج دورات التدريب للنموذج (lstm_9lags_5epochs)	86
(3.3)	نتائج المقارنة بين النماذج	93
(4.3)	التنبؤات الفعلية لمجموعة الاختبار للنماذج الأربعة	93
(5.3)	تنبؤات النماذج بالقيم المستقبلية	94
(6.3)	مقارنة نتائج النماذج عند استخدام البيانات الأسبوعية والشهرية	94

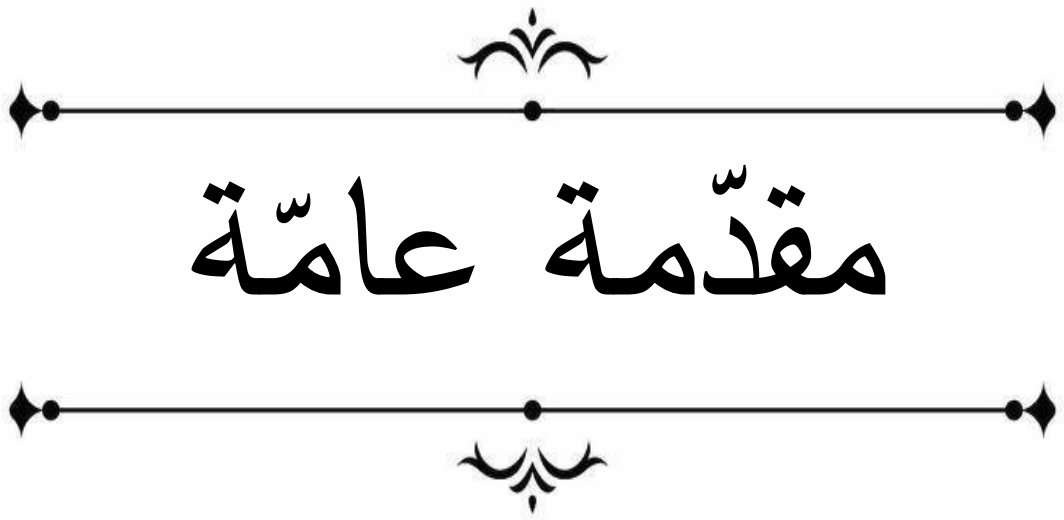
قائمة الأشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
(1.2)	التطبيقات الرئيسية للذكاء الاصطناعي	45
(2.2)	رسم يوضح الخلية العصبية الطبيعية	51
(3.2)	أشهر دوال التنشيط المستخدمة في الشبكات العصبية	53
(4.2)	مفهوم بسيط للشبكة العصبية الاصطناعية	54
(5.2)	شبكة عصبية وحيدة الطبقة	55
(6.2)	شبكة عصبية متعددة الطبقات	56
(7.2)	شبكة عصبية أمامية التغذية	56
(8.2)	شبكة عصبية عكسية التغذية	57
(9.2)	العلاقة بين الذكاء الاصطناعي، التعلم الآلي، والتعلم العميق	64
(1.3)	عملية تدريب الشبكة العصبية الاصطناعية	75
(2.3)	التمثيل البياني لأسعار النفط الخام الشهرية	80
(3.3)	أهم معلومات بيانات الدراسة	81
(4.3)	دالتي الارتباط الذاتي الجزئية والكلية (AC - PAC)	81
(5.3)	الاتجاه العام والمركبة الموسمية والبواقي	82
(6.3)	نتائج اختبار ADF	83
(7.3)	نتائج تدريب النموذج (lstm_default)	83

(8.3)	عرض أداء النموذج (lstm_default)	84
(9.3)	نتائج تدريب النموذج (lstm_9lags)	85
(10.3)	عرض أداء النموذجين (lstm_default) و(lstm_9lags)	85
(11.3)	عرض أداء النموذج الأول، الثاني والثالث	87
(12.3)	عرض أداء النماذج الأربعة	88
(13.3)	عرض أداء النموذجين الرابع والخامس	89
(14.3)	تغيرات الخسارة في مجموعتي التدريب والتحقق في التكرارين الأول والثاني للنموذج (lstm_best)	90
(15.3)	عرض أداء النموذج السادس ونموذج mlr	91
(16.3)	نتائج التنبؤ باستخدام النموذج السادس ونموذج mlr	92

قائمة الملاحق

الرقم	العنوان	الصفحة
الملحق 01	تطور الأسعار الاسمية لسلة خامات أوبك خلال الفترة (1970-2019)	135
الملحق 02	تاريخ الذكاء الاصطناعي	136
الملحق 03	نتائج تدريب وتعليم النموذج الثالث (lstm_9lags_5epochs)	136
الملحق 04	نتائج عملية تدريب النموذج الخامس (lstm_9lags_4layers_15epochs)	137
الملحق 05	المقارنة بين أداء النموذجين الرابع والخامس حسب معياري MAPE و RMSE	138
الملحق 06	أهمية ميزات تحليل البيانات الخاصة بنموذج mlr	139
الملحق 07	النموذج الأمثل في حالة البيانات الشهرية	139



مقدّمة عامّة

اكتسب النفط أهمية بالغة عبر التاريخ فاقت أهمية أي سلعة أخرى، بصفته المصدر الرئيس للطاقة والقوة المحركة للاقتصاد في ذات الوقت. ونتيجة للتوزيع غير المتوازن لهذا المورد من جهة، وللصراع القائم بين الدول العظمى لاحتكاره من جهة أخرى نشأت سوق عالمية احتكارية خاصة به خاضعة لقانون العرض والطلب، أين يتم فيها تحديد أسعار السلعة النفطية وتبادلها بين كل من الدول المنتجة والمستهلكة، مع السعي الحثيث لكل طرف منهما لخدمة مصالحه والسيطرة على هذا المورد.

وتماشيا مع ما تم ذكره، لعبت المنظمات العالمية دورا هاما في تحديد أسعار النفط، والتنسيق بين الدول، مع تحقيق الاستقرار في سوق النفط العالمية. على غرار منظمة الأوبك صاحبة الدور الريادي في دعم النمو الاقتصادي العالمي والمحافظة على مستوى الأسعار النفطية متوازنا لصالح كلا الطرفين.

في ظل التطور الذي يشهده العالم اليوم، سعى الخبراء للاستفادة من هذا التطور لصالح السوق النفطية، فأتوا بما يعرف بالذكاء الاصطناعي، الشبكات العصبية، والخوارزميات وقاموا باستغلالهم لتحديد أسعار النفط والتنبؤ بها، كوسيلة حديثة هادفة لتعزيز الثقة في السوق، وتجنب التقلبات المستمرة فيه مع إعطاء المستثمرين وأصحاب القرار معلومات دقيقة تجعل قراراتهم رشيدة قائمة على أسس سليمة.

بناء على ما سبق يمكن صياغة الإشكالية التالية:

ما مدى فعالية الشبكات العصبية المعقدة وخوارزميات الذكاء الاصطناعي في النمذجة والتنبؤ بأسعار النفط الخام؟

الأسئلة الفرعية: لدراسة إشكالية بحثنا، تم طرح الأسئلة الفرعية التالية:

- ما هو النموذج الأمثل من بين نماذج LSTM وmlr الأكثر دقة في التنبؤ؟
- هل يؤدي تحسين تدريب الشبكة العصبية LSTM باستخدام خوارزمية Adam إلى تحسين أدائها وقدرتها التنبئية؟
- هل يؤثر حجم البيانات في أداء وقدرة النموذج على التنبؤ؟

فرضيات الدراسة: للإجابة على الأسئلة المطروحة تم اقتراح الفرضيات التالية:

- تعتبر الشبكة العصبية LSTM أكثر دقة في التنبؤ بأسعار النفط الخام مقارنة بنموذج mlr.
- يؤدي تحسين الشبكة العصبية LSTM باستخدام خوارزمية Adam أي ما يعرف بالشبكة العصبية المعقدة إلى تحسن أدائها وقدرتها على التنبؤ.

- استخدام عدد بيانات أكثر يزيد من دقة نموذج الشبكة العصبية LSTM في التنبؤ.
- استخدام البيانات الأسبوعية، الشهرية يغير ويفصل في النتائج. حيث كلما ازداد حجم البيانات ازدادت جودة أداء النموذج وقدرته على التنبؤ.

أهمية الدراسة: تكمن أهمية هذه الدراسة في:

- إعطاء– المهتمين، المستثمرين وأصحاب القرار – مادة علمية ومعلومات مهمة حول النماذج التي تعطي أفضل نتائج في توقع أسعار النفط الخام. مما يجعل قراراتهم رشيدة، قائمة على أسس سليمة.
- إبراز أهمية الذكاء الاصطناعي ودوره الفعال في العديد من المجالات واسهامه في اتخاذ القرارات.

أهداف الدراسة: تهدف هذه الدراسة إلى توضيح جملة من النقاط نوجزها فيما يلي:

- محاولة التعرف على مصطلح النفط والإلمام ببيئته العلمية –المحيط العلمي والتاريخي له– (دون التطرق إلى طرق تكريره واستخراجه).
- محاولة الإحاطة بجوانب النفط، أنواعه، أسواقه، إضافة لأسعاره والعوامل المؤثرة فيها.
- استعراض جزء من بحر الذكاء الاصطناعي، تطوره، تطبيقاته، ومحاولة تسليط الضوء على أبرز المجالات المهمة فيه كالشبكات العصبية موضوع الساعة وخوارزميات الذكاء الاصطناعي....إلخ.
- استخدام نماذج الشبكات العصبية المعقدة LSTM للتنبؤ بأسعار النفط، والتحقق من فعاليتها، وعرض أهم نتائجها.

مبررات اختيار الموضوع: من أهم الدوافع التي أدت بنا إلى اختيار موضوع دراستنا ما يلي:

- تماشي الموضوع مع طبيعة التخصص، حيث يعتبر من المواضيع التي تدخل في صميم تخصص الاقتصاد الكمي.
- النفط من المواضيع المثيرة للاهتمام في الوقت الحاضر وذلك لما يلعبه من دور مهم في الاقتصاد.
- نقص الدراسات العربية التي تناولت هذا الموضوع باستخدام برمجيات حديثة، والمساهمة في إثراء الساحة العلمية.
- الاهتمام بالبرمجة والرغبة في البحث والاطلاع على مثل هذه المواضيع، اضافة إلى تشجيع الأستاذ لنا على اختيار الموضوع.

منهج الدراسة:

قصد دراسة الموضوع والإلمام بجوانبه المختلفة، وتحديد الروابط والوصول إلى نتائج وإعطاء تفسيرات لمختلف الأسئلة المطروحة تم استخدام المنهج الوصفي لملاءمته وطبيعة الموضوع من خلال وصف واستعراض المفاهيم الأساسية لهذه الدراسة. واستخدمنا المنهج القياسي في الجانب التطبيقي من أجل ترسيخ المفاهيم والاطلاع الشامل على المعلومات، حيث سيتم التنبؤ بأسعار النفط الخام باستخدام الشبكات المعقدة من خلال شبكة LSTM وبالاستعانة بخوارزمية Adam في التحسين ودالة Tanh في التنشيط، وذلك باستخدام برمجية Python.

حدود الدراسة: تنقسم حدود البحث إلى:

- **الحدود الزمانية:** اعتمدنا في دراستنا على متوسط أسعار النفط الأسبوعية للفترة الممتدة من 2003 إلى 2023 كفترة بناء النموذج.
- **الحدود المكانية:** منظمة الأوبك (مصدر قاعدة البيانات).

صعوبات الدراسة: تتمثل فيما يلي:

- حداثة الموضوع والبرمجية المستعملة "Python" وصعوبة العمل عليها.
- عدم توفر شبكة الأنترنت في الحرم الجامعي.

هيكل الدراسة:

لتحقيق أهداف البحث، وللإجابة عن الإشكالية المطروحة وإثبات مدى صحة الفرضيات المقدمة، فإن البحث تضمن إضافة إلى المقدمة العامة والخاتمة ثلاثة فصول، كما يلي:

جاء الفصل الأول تحت عنوان الإطار النظري للنفط، حيث تناولنا في المبحث الأول مفهوم النفط وأهميته، خصائصه وأنواعه، ضف إلى ذلك مفهوم وأنواع سوق النفط العالمية، والأطراف الفاعلة فيها، كما أبرزنا في المبحث الثاني مفهوم سعر النفط وأنواعه، التطور التاريخي لهذا السعر، العوامل المؤثرة فيه، وفي الأخير آثار تقلبات أسعار النفط على الاقتصاد العالمي. انتقلنا في المبحث الثالث إلى الإلمام بجوانب منظمة الأوبك من نشأة ومفهوم، أجهزة وخصائص، أهداف وشروط العضوية، وكذا علاقتها بمنظمة الأوابك.

أما بالنسبة للفصل الثاني الموسوم بالإطار العام للذكاء الاصطناعي، حيث اهتم المبحث الأول بتطور ومفهوم الذكاء الاصطناعي، خصائصه وأهدافه، واهتم أيضا بأنواعه والفرق بينه وبين الذكاء البشري، وإبراز

أهم تطبيقاته. أما المبحث الثاني فتم التطرق فيه إلى نشأة الشبكات العصبية الاصطناعية ومفهومها، خصائصها وفوائدها، وإبراز مكوناتها ومختلف أنواعها، يليه المبحث الثالث فتناولنا فيه مفهوم وأنواع الخوارزميات، كما تطرقنا إلى خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، ضف إلى ذلك أساسيات في التعلم العميق، وخوارزميات التعلم الأكثر شيوعا.

في الأخير تناولنا الفصل الثالث الخاص بالدراسة التطبيقية. من خلال المبحث الأول تطرقنا إلى الجوانب الإحصائية للشبكات العصبية الاصطناعية، التنبؤ وخطواته باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية، أما المبحث الثاني فخصص لبرمجية Python وأهم مميزاتها، إضافة للمكتبات الرئيسية المخصصة لها. في المبحث الثالث تم التطرق إلى التنبؤ بأسعار النفط الخام باستخدام الشبكات المعقدة من خلال شبكة LSTM في بناء ستة نماذج مختلفة إضافة إلى نموذج mlr والمقارنة بينها واختيار أفضل نموذج وفق معيار جذر متوسط الأخطاء(RMSE) ومعيار(MAPE)، وذلك بالاستعانة بخوارزمية Adam في التحسين ودالة Tanh في التنشيط. وبالتالي التوصل إلى النتائج التي سيتم على أساسها إثبات صحة أو نفي الفرضيات السابقة مع تقديم مجموعة من الاقتراحات والتوصيات.

الدراسات السابقة: لغرض تحليل ومناقشة مشكلة البحث، قمنا بالاستعانة بأهم الدراسات التي تناولت موضوع التنبؤ بأسعار النفط، منها العربية والأجنبية وذلك حسب التسلسل التاريخي لهذه الدراسات:

الدراسات باللغة الأجنبية:

1. دراسة (Lean, Shouyang, & Kin Keung, 2008) تحت عنوان " Forecasting crude oil price with an EMD-based neural network ensemble learning paradigm"، تهدف الدراسة إلى اقتراح نموذج تعلم لمجموعة شبكة عصبية قائمة على تحليل الوضع التجريبي (EMD) للتنبؤ بأسعار النفط الخام العالمية. لهذا الغرض، تم أولاً تحليل سلسلة الأسعار الفورية الأصلية للنفط الخام إلى عدد محدود، من وظائف الوضع الجوهري (IMFs). ثم تم استخدام نموذج الشبكة العصبية الأمامية (FNN) المكون من ثلاث طبقات لنمذجة كل من صناديق النقد الدولي المستخرجة، بحيث يمكن التنبؤ بدقة بميول هذه الصناديق. أخيرًا، يتم دمج نتائج التنبؤ لجميع صناديق النقد الدولي مع شبكة عصبية خطية متكيفة (ALNN)، لصياغة ناتج مجموعة لسلسلة أسعار النفط الخام الأصلية. للتحقق والاختبار، يتم استخدام سلسلتين رئيسيتين لأسعار النفط الخام، السعر الفوري للنفط الخام West Texas Intermediate(WTI) والسعر الفوري للنفط الخام Brent، لاختبار فعالية منهجية التعلم المقترحة لمجموعة الشبكة العصبية القائمة على EMD. تظهر النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها جاذبية نموذج التعلم لمجموعة الشبكة العصبية القائمة على EMD.

2. دراسة (Tehrani & Khodayar, 2011) بعنوان " A hybrid optimized artificial intelligent model to forecast crude oil using genetic algorithm"، هدفت الدراسة إلى التنبؤ بأسعار النفط الخام الفورية في العالم من خلال اقتراح نموذج هجين محسن للذكاء الاصطناعي، استخدم فيه نموذج شبكة عصبية ذات تغذية أمامية من ثلاث طبقات FNN. وللنمذجة تم استخدم خوارزمية جينية GA بهدف تحسين كل من خوارزمية التعلم وأوزان الاتصال بين الطبقات والعتبات في آن واحد، أضف إلى ذلك تقليل المساحة المميزة والقضاء على العوامل غير ذات الصلة. للتحقق واختبار فعالية الشبكة المقترحة تم اعتماد السعر الفوري لخام برنت والنفط الخام الإيراني. تظهر النتائج أن النموذج المحسن يتمتع بالدقة مقارنة والنماذج التقليدية أين كانت التنبئية قريبة من الأسعار الفعلية.
3. دراسة (Ani & Ruhaidah, 2014) تحت عنوان " Daily Crude Oil Price Forecasting Using Hybridizing Wavelet and Artificial Neural Network Model "، اقترحت الدراسة طريقة جديدة تعتمد على دمج التحويل المويجي المنفصل ونموذج الشبكات العصبية الاصطناعية (WANN) للتنبؤ اليومي لأسعار النفط الخام. يستخدم التحويل المويجي المنفصل لتحليل سلسلة أسعار الخام إلى سلسلة تقريبية واحدة وبعض سلاسل التفاصيل (DS). يتم استخدام السلسلة الجديدة التي تم الحصول عليها عن طريق إضافة سلسلة التقريب الفعالة ومكون DS كمدخل في نموذج ANN للتنبؤ بسعر النفط الخام. تمت مقارنة الأداء النسبي لنموذج WANN بنموذج ANN العادي للتنبؤ بالنفط الخام في فترات زمنية مدتها يوم واحد لسلسلتين رئيسيتين من أسعار النفط الخام، وهما(WTI) West Texas Intermediate وأسعار خام برنت الفورية. في كلتا الحالتين، تم العثور على نموذج WANN لتوفير توقعات أسعار النفط الخام أكثر دقة من نموذج ANN الفردي.
4. دراسة (Suleiman, Alabi, Suleman, Usman, & Adamu, 2015) بعنوان " Modeling and Forecasting the Crude Oil Price in Nigeria" هدفت هذه الدراسة إلى النمذجة والتنبؤ بأسعار النفط الخام في نيجيريا باستخدام نماذج ARIMA وGARCH للفترة الزمنية الممتدة من جانفي 1998 إلى سبتمبر 2013 ما يعادل 189 ملاحظة شهرية، تم اختيار أفضل نماذج ARIMA و GARCH باستخدام معايير مثل AIC وHQC وSIC. أظهرت النتائج أن النموذج (2,1) ARIMA(3,1,1)- GARCH هو أفضل نموذج للتنبؤ بسلسلة بيانات أسعار النفط الخام.
5. دراسة (Zhang, Zhang, & Zhang, 2015) تحت عنوان " A novel hybrid method for crude oil price forecasting "، اقترحت الدراسة طريقة هجينة جديدة للتنبؤ بأسعار النفط الخام. تم استخدام طريقة تحليل الوضع التجريبي للمجموعة (EEMD) لتحليل سعر النفط الخام إلى سلسلة

من وظائف مستقلة (IMFs). بعد ذلك، تم تطوير آلة متجه الدعم المربع الأقل مع طريقة تحسين سرب الجسيمات (LSSVM-PSO) ونموذج الانحدار التلقائي المتغاير الشرطي المعمم (GARCH) للتنبؤ بالمكونات غير الخطية والمتغيرة بمرور الوقت لأسعار النفط الخام. أظهرت النتائج أن الطريقة الهجينة المقترحة حديثًا تتمتع بقدرة قوية على التنبؤ بأسعار النفط الخام ، نظرًا لأدائها الممتاز في التكيف مع اختيار العينة العشوائي وتكرار البيانات والفواصل الهيكلية في العينات. علاوة على ذلك، تشير نتائج المقارنة أيضًا إلى أن الطريقة الجديدة أثبتت تفوقها في التنبؤ بدقة على تلك الطرق المعترف بها جيدًا للتنبؤ بأسعار النفط الخام.

6. دراسة (M. Mostafa & A. El-Masry, 2016) تحت عنوان " Oil price forecasting using gene expression programming and artificial neural networks" هدفت هذه الدراسة إلى التنبؤ بأسعار النفط باستخدام تقنيات تطورية مثل برمجة التعبير الجيني(GEP) ونماذج الشبكة العصبية الاصطناعية(NN) للتنبؤ بأسعار النفط خلال الفترة من 2 يناير 1986 إلى 12 يونيو 2012. تم استخدام نموذج (ARIMA) لقياس النماذج التطورية. تظهر النتائج أن تقنية GEP تتفوق في الأداء على الأساليب الإحصائية التقليدية في التنبؤ بأسعار النفط. علاوة على ذلك، يتفوق نموذج GEP على نماذج NN و ARIMA من حيث متوسط الخطأ التربيعي وجذر متوسط الخطأ التربيعي ومتوسط الخطأ المطلق. أخيرًا، يتمتع نموذج GEP أيضًا بأعلى قوة تفسيرية كما تم قياسها بواسطة معيار R-squared. نتائج هذه الدراسة لها آثار مهمة على كل من النظرية والتطبيق.

7. دراسة (Mahdiani & Khamehchi, 2016) بعنوان " A modified neural network model for predicting the crude oil price" اقترحت هذه الدراسة تعديل نموذج شبكة محايدة"ANN-GA"، بطريقة تعمل الخوارزمية الجينية على تحسين معلماتها أثناء تشغيلها. هذا النموذج قادر على التنبؤ بالأسعار المستقبلية للنفط الخام بدقة شديدة. وأكدت مقارنة نموذج هذه الدراسة مع الشبكة العصبية الصافية ANN في التنبؤ بأسعار النفط الخام اليومية (من 1جانفي 2014 إلى 31أكتوبر 2014) والشهرية (1ديسمبر 2006 إلى 1أكتوبر 2014) على حد سواء على أدائها الأكبر، خاصة في حالة قلة عدد بيانات الإدخال للتدريب أو التغيرات الكبيرة في المتغيرات.

8. دراسة (Makumbonori , Rajesh , & Adamu , 2020) بعنوان " CPPCNDL: Crude oil price prediction using complex network and deep learning algorithme"، بهدف التنبؤ بأسعار النفط الخام اقترحت هذه الدراسة نموذجا هجينا يستخدم تحليل الشبكة المعقدة والذاكرة قصيرة المدى(LSTM) لخوارزمية التعلم العميق، حيث تم استخدام أداة تحليل الشبكة المعقدة

المسماة الرسم البياني للرؤية لرسم خريطة لمجموعة البيانات على الشبكة. كما تم استخدام مركزية K-core لاستخراج الميزات غير الخطية للنفط الخام وإعادة بناء البيانات، ولنفس السبب ولإجراء المعالجة المسبقة للبيانات تم إجراء تحليل الشبكة المعقدة. بعد ذلك استخدمت (LSTM) لنمذجة البيانات المعاد بناؤها. أشارت النتائج التجريبية بعد مقارنتها مع أبحاث أخرى إلى قوة النموذج المقترح ودقته العالية.

9. دراسة (Daneshvar, Ebrahimi, & others, 2022) تحت عنوان " Brent Crude Oil Price Forecast Utilizing Deep Neural Network Architectures "، هدفت الدراسة إلى التنبؤ بسعر النفط الخام برنت باستخدام بنى الشبكات العصبية العميقة، تم تطبيق طرق LSTM و Bi-LSTM، وهي بنية الشبكة العصبية العودية، اضافة إلى استخدام التقنيات غير الخطية للشبكات العصبية الاصطناعية والتعلم العميق للنمذجة. استخدمت بيانات الفترة من جانفي 2015 إلى مارس 2021 من إشارات أسعار النفط الخام من برنت والبيانات اليومية من السوق المالية، حيث 90 ٪ من البيانات مخصصة للتدريب والباقي للتحقق من الصحة والمقارنة. تم تنفيذ عملية النمذجة باستخدام برنامج MATLAB. تم العمل على بنية الشبكة، وإضافة عدد الطبقات وتغيير المحاليل (SGDM و RMSProp و Adam) مع مقارنة أخطاء النماذج الثلاث. وتوصلت الدراسة أن النموذج الأفضل للتنبؤ بأسعار نفط خام برنت الذي يحتوي على طبقتين من LSTM و SGDM solver وبه أخطاء أقل ودقة أفضل.

الدراسات باللغة العربية:

1. دراسة (ساهد و مكيديش، دراسة مقارنة بين الانحدار المبهم باستخدام البرمجة بالأهداف والشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ بأسعار البترول، 2014)، تطرقت هذه الدراسة إلى المقارنة بين طريقة الشبكات العصبية الاصطناعية وطريقة استخدام البرمجة بالأهداف في تحليل الانحدار المبهم للتنبؤ بأسعار النفط، وذلك باستخدام سلسلة أسعار البترول الشهرية في الفترة من جانفي 2000 لغاية ديسمبر 2011، وتم الاعتماد على معيار متوسط القيم المطلقة لنسبة الخطأ (MAPE) للمفاضلة بين هاتين الطريقتين، وأثبتت طريقة استخدام البرمجة بالأهداف في تحليل الانحدار المبهم (طريقة GPFR) تفوقها على طريقة الشبكات العصبية الاصطناعية في تحقيق نتائج أفضل.

2. دراسة (الفرهود، بن ناصر، و العيسي، 2019) بعنوان "النمذجة والتنبؤ بأسعار النفط الخام لمنظمة أوبك باستخدام نموذجARIMA-GARCH الهجين"، حيث تناولت هذه الدارسة تطبيق نموذجا هجينا من خلال الجمع بين نموذج ARIMA ونموذج GARCH، وذلك باستخدام بواقي نموذج ARIMA كمدخلات لنموذج GARCH على بيانات شهرية لمعدلات أسعار برميل النفط الخام لمنظمة الدول

المصدرة للنفط (أوبك) خلال الفترة الزمنية (يناير2003- مايو2018)، وتوصلت الدارسة إلى أن نموذج ARIMA(2,2,1)-GARCH(1,1) الهجين هو النموذج الأنسب مقارنة بنموذج ARIMA وفقا لمعايير دقة التنبؤ MAPE وMAE.

3. دراسة (مرابطي س.، استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في التنبؤ بسعر البترول الخام برنت، 2019)، هدفت هذه الدراسة إلى التنبؤ بالقيم المستقبلية لأسعار النفط الخام برنت Brent Crude، وذلك باستخدام تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية على بيانات يومية لأسعار النفط للفترة من 16/05/2011 إلى غاية 01/04/2019، وقد تم الاعتماد على شبكة البيرسبترون متعدد الطبقات(MLP) لبناء معالم الشبكة العصبية للبيانات، واستخدام الدالة اللوجستية كدالة تحفيز في الطبقة الخفية وفي طبقات المخرجات وخوارزمية الانتشار السريع لتدريب هذه الشبكات، وذلك باستخدام برنامج Alyuda لتحليل المعطيات. توصلت الدراسة إلى أن استخدام نموذج الشبكات العصبية الاصطناعية له جودة عالية في التنبؤ بأسعار البترول محل الدراسة حسب معيار MAE.

4. دراسة (ساهد و قهوي، التنبؤ بأسعار البترول باستخدام النموذج الهجين ARIMA-GARCH للمدة (2000-2020)، 2020)، سعت هذه الدراسة إلى اختبار أداء نماذج التهجين للتنبؤ بأسعار النفط، باستخدام كل من نموذج ARIMA ونموذج ARIMA-GARCH خلال الفترة الممتدة من جانفي 2000 إلى جوان 2020، في البداية تم دراسة استقرارية السلسلة قيد الدراسة وتبين أنها مستقرة من الدرجة الأولى باستخدام كل من اختبار ADF واختبار PP واختبار KPSS لاختبار جذر الوحدة، بعد ذلك تم التعرف على النموذج ARIMA(1,1,0) وتقديره، ليتم بعد ذلك اختبار ARCH على سلسلة البواقي، حيث تبين أن تباين البواقي غير ثابت، ليتم نمذجة البواقي عن طريق نموذج-ARIMA GARCH، وقد توصلت نتائج الدارسة إلى أن النموذج الهجين ARIMA(1,1,0)-GARCH(0,1) هو النموذج الأمثل للتنبؤ بأسعار النفط مقارنة مع نموذج ARIMA(1,1,0) وهذا بالاعتماد على كل من معيار MSE ومعيار RMSE.

5. دراسة (ساهد و قهوي، دراسة مقارنة بين الشبكات العصبية الاصطناعية ونماذج الانحدار أشعة الدعم للتنبؤ بأسعار البترول خلال الفترة (1990- 2019)، 2022)، هدفت الدراسة إلى المقارنة بين نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية من نوع الشبكات المتعددة الطبقات ونماذج الانحدار أشعة الدعم للتنبؤ بأسعار البترول الخام الشهرية. لذلك، تم استخدام أسعار البترول للفترة من جانفي 1990 إلى ديسمبر 2019، حيث تم الاستناد في هذه المقارنة بين هاتين المقاربتين على كلا من معيار متوسط مربعات الأخطاء MSE ومعيار جذر متوسط مربعات الأخطاء RMSE. وقد أظهرت النتائج أن نماذج الانحدار

أشعة الدعم أكثر كفاءة وأداء للتنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة أسعار البترول من نماذج الشبكات العصبية متعددة الطبقات.

مقارنة بين دراستنا وبعض الدراسات السابقة:

		دراستنا	(Makumbonori , Rajesh , & Adamu , 2020)	(Lean, Shouyang, & Kin Keung, 2008)	(Tehrani & Khodayar, 2011)
وجه التشابه		التنبؤ بأسعار النفط الخام باستخدام شبكة عصبية			
أوجه الاختلاف	**التقنية**	شبكة LSTM	شبكة LSTM	شبكة EMD و نموذج ARIMA	FNN
	فترة الدراسة	2003/01/5إلى 2023/06/04	1983- 2013 و 2014- 2018	1987/05/20إلى 2006/09/30	1994 إلى 2008
	حجم البيانات	1066 أسبوع	360 و56 شهر	4933 أسبوع	168 شهر
	التحقق والاختبار	أسعار النفط الخام لمنظمة OPEC	86% تدريب و33% اختبار من مجموع عشرة أسعار للنفط الخام	السعر الفوري للنفط Brent. السعر الفوري للنفط الخام WTI.	السعر الفوري لخام برنت Brent. والنفط الخام الإيراني
	معيار التقييم	RMSE و MAPE	RMSE	RMSE	البارامترات TP/FP /FN/TN
	الخوارزمية	Adam	visibility) graph) و (k-core centrality)	خوارزمية الانتشار العكسي للخطأ	GA
	البرمجية	Python (3.10.11)	Python (2.7.14) و(3.7.1)	Matlab (5.0) و Eviews و	Matlab

مفاهيم الدراسة:

المحاكاة: هي أسلوب يهدف لإجراء تجارب باستخدام نماذج رياضية ومنطقية تصف سلوك النظم باستخدام الحاسبات الإلكترونية خلال فترات ممتدة من الزمن. أي هي محاولة لوضع شبيه للواقع العملي دون المساس به (بن واضح سنوسي و البشير ، صفحة 283).

النمذجة: لا تختلف كثيرا عن المحاكاة وإنما هي من أساسياتها، وتعني وصفا لموضوع أو موقف معين، حيث يتم التعبير عن هذا الموقف أو الموضوع بطريقة رياضية تضم في تكوينها مجموعة من المتغيرات. تعتمد عملية النمذجة على العديد من الأساليب والقوانين الإحصائية التي يجب على مستخدم النمذجة الإلمام بها (مهدي، 2019، صفحة 160).

البرميل: هو وحدة معتمدة من طرف الأمريكيين للحساب الكمي، وواحد برميل= 159 لتر (شكاكطة ، 2015، صفحة 11).

الصناعة النفطية: هي مجموعة النشاطات أو العمليات الإنتاجية ذات الطابع الفني والتكنولوجي والتنظيمي الإداري المتعلق باستغلال المادة النفطية أو المورد النفطي. (طيبي، أثر تغيرات أسعار النفط على التنمية الاقتصادية في البلدان العربية المصدرة للنفط دراسة حالة الجزائر(2000 – 2012)(أطروحة دكتوراه)، 2016، صفحة 93).

فيروس كورونا المستجد: هو مرض معدي من أصل حيواني، ظهر في ديسمبر 2019 في مدينة ووهان بمقاطعة هوبي في الصين. حيث ترمز عبارة "Covid-19" إلى "مرض فيروس كورونا 2019"، وهو الاسم الذي أطلقته منظمة الصحة العالمية في 11 فيفري 2020، والناجم عن فيروس من عائلة Coronaviridae. انتشر هذا الفيروس بسرعة أولا في جميع أنحاء الصين، ثم أصبح وباء عالمي، هذا ما أدى إلى تصنيفه من قبل منظمة الصحة العالمية في 30 جانفي 2020 كجائحة عالمية رسميا (عمرون و سماعلي، انعكاسات جائحة كوفيد19 على قطاع النفط في الجزائر، 2022، صفحة 5).

الانحدار اللوجستي: يعتبر أحد نماذج الانحدار التي تكون فيها العلاقة بين المتغير التابع والمتغيرات المستقلة غير خطية. ويستخدم في التنبؤ بقيم المتغيرات النوعية أو الكيفية أو الفئوية اعتمادا على مجموعة متغيرات مستقلة مختلطة كمية ونوعية. يعتبر هذا الانحدار اللوجستي من أهم النماذج المستخدمة في صياغة دالة التمييز. كما يستخدم في حالة لم تكن المتغيرات المستقلة تتبع التوزيع الطبيعي (سرار، 2017، صفحة 83).



الفصل الأول: الإطار النظري للنفط



تمهيد

عُرف النفط منذ القدم وتعاقبت على استعماله في صورته الخام عديد الحضارات، لكنه لم ينل مكانته التي هو عليها الآن، كونه استخدم لعدة أغراض. ومع مرور الوقت زادت الحاجة إليه في ظل التطور الاقتصادي، الاجتماعي والنمو الديمغرافي الذي تشهده الساحة العالمية. وباعتبار النفط ومشتقاته غير مقتصرة الاستخدام على مجتمع دون غيره. أضحى يعد عماد النهضة الصناعية وموردا من موارد الثروة الاقتصادية في عالمنا المعاصر.

هذه المكانة والأهمية اللتان حضي بهما النفط في الساحة العالمية لم تأت من العدم، بل نالهما من حاجة الإنسان له كونه مصدرا أساسيا للطاقة، موردا خام للعديد من فروع الصناعات التحويلية في الوقت ذاته، ومحرك ومحدد أساسي لأداء الاقتصادي العالمي. ولا تنحصر أهميته هذه في ظروف السلم وحسب بل تمتد بشكل أكثر فاعلية في أوقات الحروب والأزمات.

على هذا الأساس تم التطرق من خلال هذا الفصل إلى ثلاثة مباحث، تناولنا في المبحث الأول عموميات حول النفط، كما أبرزنا في المبحث الثاني أسعار النفط: المفهوم والأنواع، التطور والعوامل المؤثرة فيها، وفي المبحث الثالث تطرقنا إلى مدخل لمنظمة الدول المصدرة للنفط "أوبك".

المبحث الأول: عموميات حول النفط

يعتبر النفط موردا اقتصاديا ناضبا ذو أهمية استراتيجية في العالم، يؤثر في جوانب متعددة من النشاط الاقتصادي، السياسي، والعسكري. يساهم هذا المورد في تحقيق الازدهار وتنمية الاقتصاديات وتمويل التنمية من خلال بيعه والحصول على العملة الصعبة. لذا ومن خلال مبحثنا سنتطرق إلى مصطلح النفط وأهم المفاهيم المتعلقة به.

المطلب الأول: مفهوم النفط وأهميته

1. مفهوم النفط

قبل الخوض في موضوع النفط تجدر الإشارة أن النفط مصطلح غير موحد في الأوساط العلمية العربية والعالمية. فالغرب يستخدم مصطلح البترول باستثناء أوروبا الشرقية التي تعتمد على مصطلح النفط. في حين اعتادت المنطقة العربية على استعمال كلا المصطلحين (طاري، بالأطرش، و بلمختار، 2018، صفحة 2). وبالرجوع إلى معجم مصطلحات البترول والصناعات النفطية نجد أن النفط والبترول كلمتان مترادفتان ووجهان لعملة واحدة (al-Khatib, 1981, p. 323).

- **التعريف اللغوي:** يقصد بمصطلح **النفط** المأخوذ من اللغة الفارسية ب **نافثا** ويعني قابل للسريان. أما الكلمة اليونانية «**Petroleum**» المكونة من جزئيين فيعني الجزء الأول منها «**Petr**» الصخر، والجزء الثاني «**Oleum**» الذي يعني الزيت، وبذلك فمعنا الكلمة يدل على **زيت الصخر** (الزيت الخام)، أو كما يعرف أيضا **بالذهب الأسود** (خليفة الحمودي، 2016، صفحة 93).
- **التعريف الاصطلاحي:** وهو عبارة عن خليط مركبات معقدة، تعتمد أساسا على ذرتي الهيدروجين والكربون التي تعرف بالهيدروكربونات، إضافة إلى مركبات أخرى، ويختلف مظهره وتركيبته ونقاوته باختلاف مكان استخراجه (الكناني و الدريس، 2011، صفحة 5).
- **التعريف الاقتصادي:** البترول هو سلعة اقتصادية تباع وتشترى في الأسواق المحلية والدولية بأسعار تتحدد وفقا لقانون العرض والطلب، وهو سلعة نادرة قابلة للإنتاج، التوزيع، الاستهلاك والتخزين (مراس، 2016، صفحة 166). ويطلق عليه في حالته السائلة بالنفط الخام (**Crude Oil**) (مخلفي، 2014، صفحة 7).

2. أهمية النفط

باتت حياة الإنسان المعاصر محاطة بالنفط في وقت فاق كونه مصدرا للطاقة وسلعة استراتيجية إلى كونه ظاهرة بمكانة اقتصادية، سياسية، وعسكرية. وكما قال دانييل يرجين (Daniel Yergin): " **إن عصرنا عصر النفط، والمجتمعات الحديثة هي مجتمعات نفطية، والإنسان المعاصر هو أساس إنسان هيدروكربوني نسبة إلى المكونات الهيدروكربونية للنفط**" (موسي، 2021، صفحة 24). واستنادا لما سبق ذكره يمكن أن نجمل أهمية النفط في النقاط التالية:

- **النفط مصدر رئيسي وحيوي للطاقة:** على الرغم من تنوع مصادر الطاقة المتوفرة عالميا، ودخول بعض المصادر المتجددة منها حيز التطبيق. إلا أن النفط لازال المصدر الأول والأوفر للطاقة، وكل الدلائل تشير ببقائه كخيار رئيسي خلال العقود القادمة (زاوي، أثر تقلبات أسعار النفط على حجم الواردات– دراسة حالة الجزائر خلال الفترة(1970–2017)(أطروحة دكتوراه)، 2020، صفحة 68).
- **النفط مصدر تمويل للاقتصاد:** يمثل النفط مصدرا مهما لتمويل النشاط الاقتصادي وتتجلى أهميته في اقتصاديات الدول المنتجة والمصدرة له، إذ تعتمد الدول على إيراداته لتوليد الدخل الوطني، تجميع رأس المال وتمويل خطط التنمية الاقتصادية. يسهم النفط في تحقيق مكاسب عالية خاصة إذا كان في شكل مشتقات نفطية (علة، دراسة تقلبات أسعار النفط وأثرها في التنمية الاقتصادية–قراءة نظرية تحليلية في حالة الجزائر للفترة(2000– 2014)، 2017، صفحة 96).
- **النفط والقطاع الصناعي:** يعد النفط كمادة خام أساسا في العديد من فروع الصناعات التحويلية الكيميائية والبتروكيميائية خاصة وأن هذه الأخيرة استمدت اسمها منه، بالإضافة إلى بعض فروع الصناعات الغذائية (السماك، عبد الوهاب، و أزاد، 1981، صفحة 63).
- **النفط والقطاع الزراعي:** لزيادة الإنتاج الزراعي عمل النفط على تحويل الزراعة إلى عملية ميكانيكية فاستخدم في إدارة الآلات الزراعية. كما استخلص منه الأسمدة والمبيدات الحشرية (البراوي، 1953، صفحة 30).
- **النفط والقطاع التجاري:** يعد النفط سلعة تجارية دولية حيث تعمل الشركات الأجنبية على بيع منتجاته المصنعة بأسعار خيالية مقارنة وأسعار شرائها الضعيفة (حيدوشي و سفير، 2016، صفحة 182).
- **النفط وقطاع المواصلات:** أصبح يمثل شريان النقل الحديث، وتقدر الكميات المستخدمة من مجموعه المستهلك ما نسبته 35% (بوقطاية، بن زاير، و بن زاير ، 2018، صفحة 350).

- وعلى لسان التاريخ القائل بكون النفط هو الفيصل في تقرير مصائر الشعوب في الخريطة العالمية نذكر مقولة رئيس وزراء فرنسا "**كليمنصو**" التي استطرد بها برقيته الموجهة لأمريكا سنة 1918 قائلا: " **إذا كان الحلفاء يريدون أن تصمد فرنسا أمام الهجمات الألمانية في اللحظة الحاسمة من الحرب فيجب ألا يعوزنا النفط الذي كل قطرة منه هي قطرة من الدم**" (السماك، عبد الوهاب، و أزاد، 1981، صفحة 64).

المطلب الثاني: خصائص النفط وأنواعه

أولا: خصائص النفط

يتميز النفط بخصائص هامة تجعله يختلف عن باقي مصادر الطاقة الأخرى نظرا لما يلي:

- التركيبة الكيميائية المثالية للنفط حيث أن الهيدروجين المدمج مع الكربون يكسبه خواص تميزه عن مواد أخرى، هذا الدمج أو المحاولة فقط فيه كلفت الإنسان مبالغ طائلة كانت مجانية من الطبيعة.
- ارتفاع نسبة الكبريت في النفط الخام يؤدي إلى تقليل جودته وتخفيض سعره لأن احتراقه مع البنزين يلوث الهواء.
- النفط مادة استراتيجية تتأثر بالعوامل الاقتصادية، السياسية والاجتماعية مما يكسبه طبيعة دولية وأهمية خاصة (سالمي و علاق، 2018، صفحة 397).
- قوة محركة للاقتصاد لا مثيل لها، تعمل على تحريك الاقتصاد الصناعي باعتباره طاقة، مادة خام ورأسمال في الوقت نفسه (مرابطي ن.، 2016، صفحة 33).
- تبلغ المشتقات النفطية حوالي 80000 منتجا.
- النفط هو المصدر الرئيسي للطاقة حيث يعتمد عليه التطور التكنولوجي المعاصر والفن الإنتاجي السائد، مما أدى إلى تزايد الاعتماد عليه بدرجة كبيرة مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى (الدوري، 1993، صفحة 20).
- يعتبر النفط مورد ناضب حيث يوجد في الأرض بكميات محدودة تقل بزيادة الاستخدام.
- تزايد أهميته في النشاط الاقتصادي، حيث أن لاستخدامه علاقة طردية وثيقة بالتنمية الاقتصادية (دولاش، 2021، صفحة 114).
- وجوده بكميات كبيرة في الدول النامية التي تستهلك منه كميات قليلة، بينما يوجد بكميات ضئيلة في الدول الصناعية حيث تستهلكه هذه الأخيرة بكميات معتبرة (جميل، صيف 2010، صفحة 68).

- يعتبر النفط صناعة من الصناعات الضخمة التي تتضمن مخاطر عالية وتحتاج إلى رؤوس أموال كبيرة، نظرا لصعوبة وتشابك وتعقد مراحلها وكل مرحلة من مراحل الإنتاج تعتمد على سابقتها (بنين و موساوي، 2017، صفحة 93).

ثانيا: أنواع النفط

النفط الخام المتواجد في الطبيعة رغم كونه مادة متجانسة في عناصره المكونة له إلا أنه لا يكون على نوع واحد في العالم، فهو على أنواع متعددة تتأثر بالخصائص الطبيعية أو الكيميائية أو بالكثافة أو اللزوجة أو بحسب احتوائه على المادة الكبريتية (يوب، 2018، صفحة 5). فالنفط يتباين ويختلف في نوعه من بلد ومنطقة إلى أخرى وحتى داخل الحقل* الواحد، فالمنطقة الأوروبية تحتوي على نفط مختلف عن نفط القارة الافريقية، والنفط العربي في المنطقة الآسيوية مختلف عن النفط العربي في المنطقة الافريقية (بن سعدة، كبير، و بوعلاقة، 2020، صفحة 177). اذن يمكننا تصنيف النفط كما يلي:

1- حسب التركيبة الكيميائية:

استخدم هذا التصنيف مع ظهور الصناعة النفطية، فكان التركيز على المنتجات أو المشتقات الكيميائية التي يمكن استخلاصها من تكريره آنذاك (علة، دراسة تقلبات أسعار النفط وأثرها في التنمية الاقتصادية- قراءة نظرية تحليلية في حالة الجزائر للفترة(2000- 2014)، 2017، صفحة 95). والأنواع التي يضمها هذا التصنيف هي:

- **النفط البرافيني:** وهو الذي يحتوي على شمع البرافين ومجموعة من الزيوت الممتازة (مصطفى، نعمة الله، غزلان، و الفيل، 2007، صفحة 176)، ويستخدم في صناعة زيوت التشحيم عالية الجودة، وهو أسهل وأقل تكلفة في عملية التكرير (علة، دراسة تقلبات أسعار النفط وأثرها في التنمية الاقتصادية-قراءة نظرية تحليلية في حالة الجزائر للفترة(2000- 2014)، 2017، صفحة 95).
- **النفط النافثيني (الإسفلتي):** يحتوي على نسبة عالية من المواد الإسفلتية وكميات قليلة من شمع البرافين أو يكاد يخلو منها، وهو مناسب لإنتاج الغازولين (هواري، 2018، صفحة 6).
- **النفط الخليط (المتوسط):** هو عبارة عن مزيج من النوعين السابقين، حيث يحتوي على الشمع البرافيني والمواد الإسفلتية معا، ويندرج معظم نفط المنطقة العربية تحت هذا النوع (موسي، 2021، صفحة 7).

* الحقل: هو عبارة عن مجموعة من الآبار التي تحتوي على النفط (شكاكطة ، 2015، صفحة 11).

2- حسب درجة الكثافة :

تقاس كثافة النفط الخام عادة بالدرجات وفق مقياس وضعه معهد البترول الأمريكي (American Petroleum Instetute) "API" (سفيتلانا و شيفرين، 2005، صفحة 37)، وهو كالآتي:

$$API° = \frac{141.5}{\text{الوزن النوعي للنفط الخام عند درجة حرارة}(60\text{ فهرنهايت})} - 131.5$$

ويصنف مؤتمر الطاقة العالمي النفط الخام إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

- **النفط الثقيل:** تكون درجة كثافته أقل من 22 درجة (API) (كشيتي، 2019، صفحة 48).
- **النفط المتوسط:** تتراوح كثافته ما بين 22 و31 درجة (API).
- **النفط الخفيف:** كثافته تكون أكثر من 31 درجة (API) (بلهادف و يوسفي، 2015، صفحة 248).

3- حسب نسبة الكبريت:

إن ارتفاع هذه النسبة يقلل من جودة المنتجات الناتجة عن تكرير النفط، ووفق هذا التصنيف نميز بين ثلاثة أنواع من النفط هي:

- **النفط الحلو:** يحتوي على أقل من 0.5 % من الكبريت.
- **النفط الحامض المتوسط:** تتفاوت فيه نسبة الكبريت ما بين 0.5% و1.5% (اليوسف، 2015، صفحة 36).
- **النفط الحامض (المر):** تزيد نسبة الكبريت عن 1.5%.

وتعود هذه التسميات إلى بدايات اكتشاف النفط عندما كان العاملون في حقول النفط يقومون بتذوق النفط للتأكد من كمية الكبريت فيه (Maugeri, 2006, p. 234).

4- حسب حالة المادة:

وفق هذا المعيار يوجد النفط في ثلاث حالات هي:

- **الحالة السائلة:** وهي عبارة عن صورة النفط التقليدي المعروف، كما يطلق على النفط في حالته السائلة "بالنفط الخام"، ويتميز برائحة خاصة ويأخذ صفة الألوان التالية: الأسود، الأخضر، البني والأصفر (موسي، 2021، صفحة 6).
- **الحالة الصلبة:** يسمى النفط غير التقليدي ويتكون من عروق إسفلتية صلبة عبارة عن صخور القار، أو حجر السجيل أو رمال القار (طيبي، 2014، صفحة 141).

- **الحالة الغازية:** ويطلق عليه الغاز الطبيعي، والمتمثل في غازات متباينة كالميثان، الإيثان، البروبان، البوتان وغيرهم، ولم تبدأ صناعته الحديثة إلا في منتصف القرن التاسع عشر (ماحي، 2020، صفحة 6).

كما يصنف النفط الخام حسب مكان المنشأ إلى: "وسيط غرب تكساس" في شمال أمريكا، و"برنت" في بحر الشمال (إبراهيم، 2010، صفحة 132)، بالإضافة إلى خام "دبي" الذي يغطي كل من منطقة الشرق الأوسط وآسيا (مرابطي ن.، 2016، صفحة 28).

المطلب الثالث: مفهوم، خصائص وأنواع أسواق النفط العالمية

1. مفهوم السوق النفط العالمية

- **مفهوم السوق:** هو المكان الفعلي أو الاسمي لتفاعل (مباشر أو عبر وسطاء) لكل من المشترين والبائعين اللذان يمثلان أحد عناصره الأساسية، ويضاف لهما السلعة محل التداول. والاختلاف في أحد هذه العناصر يترتب عنه اختلاف في طبيعة السوق (مهيدي، 2019، صفحة 76). وقد حدد له الباحثون والمختصون نوعين هما: أسواق المنافسة التامة، وأسواق المنافسة غير التامة التي تنقسم بدورها إلى ثلاثة أنواع هي على التوالي: الاحتكار المطلق (Pure Monopoly)، المنافسة الاحتكارية (Monopolistic Competition)، واحتكار القلة (Oligopoly) (الجنابي و حسين، 2011، صفحة 4).
- **مفهوم السوق النفطية:** تستمد السوق النفطية العالمية مفهومها من مفهوم السوق بشكل عام، حيث يقصد بها تلك السوق التي يتم التعامل فيها بالمصدر الطاقوي –النفط–، والخاضعة لقانون العرض والطلب، ولمجموعة من العوامل الاقتصادية، السياسية، العسكرية، وحتى المناخية (بلقلة، دقوس، و دبخيت، 2020، صفحة 159).

2. خصائص أسواق النفط العالمية:

تتميز السوق النفطية بخصائص عدة يمكن أن نجملها فيما يلي:

- **سوق احتكار القلة:** أو سوق منافسة القلة، وهي إحدى خواص السوق النفطية التي تختلف بها عن أسواق السلع الأولية، أي أن السوق يحكمها ويحتكرها عدد قليل من المنتجين (دولاش، 2021، صفحة 134).

- **الاتجاه نحو التكامل الرأسي:** أين يتحكم منتجو القلة في إنتاج النفط، نقله، تكريره وتسويقه. فهذه العمليات بداية من الأولى القائمة على استخراج النفط وإلى غاية الأخيرة التي يكون فيها في شكل مشتقات يربطها نوع من التكامل الرأسي (المومن و عبد الرحمن، 2018، صفحة 253).
- **التوجه نحو التكتل:** تشير حركة الشركات في السوق النفطية إلى الاتفاقات المبرمة بينها، وكذا إلى الخطوات التي تتبعها كل منها إلى غاية وصول النفط ومختلف مشتقاته إلى الأسواق العالمية، مما يجعلها تتجه نحو التكامل المتكامل (خوميجة، 2018، صفحة 18).
- **تأثير السوق النفطية بالأسواق ذات الصلة الوثيقة:** تشير إلى أن السوق النفطية العالمية تتأثر بصورة مباشرة بشيئين اثنين هما سوق الناقلات وتكاليف الشحن. حيث نجد أن تقلبات الطلب العالمي على النفط منعكسة بصورة مباشرة بتكاليف ناقلات النفط الخام، الأمر الذي يجعلنا نعتبر الأسعار الفورية للناقلات هي أسعار نموذج المنافسة الكاملة (نجاعي، تقييم أداء البنك المركزي الجزائري في إدارة السياسة النقدية في ظل تقلبات أسعار النفط(أطروحة دكتوراه)، 2020، صفحة 70).

3. أنواع أسواق النفط العالمية:

يمكن أن نصنف أسواق النفط حسب المعايير التالية:

- **حسب معيار المكان:** سوق لندن، سوق الخليج العربي، ونيويورك بالولايات المتحدة الأمريكية.
- **حسب معيار السلعة:** حسب نوعية النفط المشترى إذ يوجد أسواق النفط الخام، وأسواق المشتقات النفطية الأخرى.
- **حسب معيار الزمان:** وتقسم إلى أسواق فورية وآجلة (مختاري ر.، 2022، صفحة 29):
  - ✓ **الأسواق الفورية أو كما تسمى بالأسواق المباشرة:** هي تلك الأسواق غير الخاضعة لعقود التسليم طويلة الأمد. يتم فيها تداول كميات من النفط الخام ومن المنتجات المكررة بشكل يومي، على أن يكون فيها التسليم فوريا (Lalumièra & Richard, 2022, p. 9). أو هي السوق التي يبحث فيها كلا المتعاملين على عقد صفقة لها وقت وسعر محددين، وكذا شحنة محددة ومتاحة بمكان مخصص.
  - ✓ **الأسواق الآجلة أو المستقبلية:** هي أسواق ذات أسعار ثابتة، وتسليم مؤجل. وضعت للتخلص من خطورة التقلبات والتغيرات السعرية الكبيرة للنفط. ولها شكلان هما:

- **السوق النفطية المادية الآجلة:** والتي يقصد بها تلك الأسواق الموازية للأسواق الفورية، والتي تعمل بالتدقيق مثلها ولكن بآجال أطول.
- **السوق النفطية المالية الآجلة:** هي عبارة عن سوق مالية مكملة للسوق المادية أي بورصة، تتم فيها المعاملات على كل من البضاعة العينية والأوراق المالية (مهيدي، 2019، الصفحات 78- 79).

المطلب الرابع: الأطراف الفاعلة في السوق النفطية العالمية

تتدخل أطراف عديدة في السوق النفطية، وتمارس هذه الأطراف تأثيرها في السوق بشكل أو بآخر وبأسلوب مباشر أو غير مباشر (سرايري، 2017، صفحة 208)، ويمكن تحديد أهم العناصر المتدخلة في الأسواق النفطية وفق ما يلي:

أولا: من ناحية الدول المنتجة للنفط

توجد عدة تصنيفات تدخل ضمن الدول المنتجة للنفط نبرزها فيما يلي:

1- منظمة الدول المصدرة للنفط "أوبك"

هي منظمة حكومية دولية دائمة تأسست في مؤتمر عقد في بغداد، العراق في سبتمبر 1960 بخمس دول مؤسسة هي: العراق، إيران، الكويت، السعودية وفنزويلا (سليتر، 2015، صفحة 59). وتعتبر تكتل لثلاث عشرة دولة غنية بالنفط تسيطر على ما يقارب 40% من إمدادات النفط العالمية، تمتد عبر منطقة الشرق الأوسط وإفريقيا وأمريكا الجنوبية (سيريبورابو، 2014، صفحة 3).

2- الدول المنتجة للنفط خارج الأوبك "أيبك"

هي مجموعة الدول المستقلة المصدرة للنفط "IPEC"*، تضم دول مصدرة للبترول غير أعضاء في أوبك، كانت تعرف دولها سابقا ب NON OPEC وهي منظمة غير رسمية ولم تسجل في الأمم المتحدة. ظهرت هذه الدول كطرف فاعل في السوق النفطية العالمية وأضحت منافسا قويا لدول الأوبك (شنوف، 2018- 2019، صفحة 11).

من أهم أهداف دول المنظمة هو التعاون والتشاور وتبادل المعلومات والتنسيق مع دول أوبك، تحقيق مستوى مناسب من الأسعار، بالإضافة إلى تحقيق الاستقرار في سوق النفط العالمية (الشمري، 2014، صفحة 395).

* Independent Petroleum Exporting Countries "IPEC"

تتكون الدول المنتجة غير الأعضاء في أوبك من ثلاث مجموعات رئيسية هي:

- الدول المنتجة الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية "OECD"*، ومنها الولايات المتحدة الأمريكية، كندا، بريطانيا والنرويج.
- مجموعة دول المعسكر الاشتراكي: وتضم دول الاتحاد السوفياتي سابقا، الصين وبعض دول أوروبا الشرقية كرومانيا والمجر.
- الدول النامية، وتقع في القارات الثلاث: أمريكا اللاتينية، آسيا وإفريقيا. ومن هذه الدول: المكسيك، كولومبيا، ترينيداد، طوباغو في منطقة الكاريبي، الأرجنتين والبرازيل في أمريكا اللاتينية، مصر، الكاميرون وتونس في قارة إفريقيا، عمان، سوريا، اليمن، الهند، ماليزيا وبروناي في قارة آسيا (لسبع، 2021، صفحة 80).

ثانيا: من ناحية الدول المستهلكة للنفط

يوجد مجموعتين من الدول المستهلكة والمتمثلة فيما يلي:

1- **وكالة الطاقة الدولية "IEA"** **

هي عبارة عن منظمة مستقلة تأسست عام 1974 لمساعدة البلدان على تنسيق استجابة جماعية لاختلالات كبيرة في المعروض النفطي، في حين أن هذا لا يزال يشكل جانبا أساسيا من جوانب عملها (إدريس ، 2016، صفحة 136). مقرها الرئيسي متواجد بباريس (لخضاري و غزازي، 2020، صفحة 472). تم إنشاء هذه الوكالة كرد فعل على أزمة السويس سنة 1956، وعلى ارتفاع أسعار النفط سنتي 1973م- 1974م لفرض توحيد وتنظيم جهود الدول المستهلكة في وجه OPEC، ومواجهة الاضطرابات الحاصلة في السوق النفطية (عراب ، 2022، صفحة 121).

إن الهدف الأساسي والعام لوكالة الطاقة الدولية هو تقوية موقف المستهلكين للنفط من خلال تشجيع أعضائها على الاحتفاظ بمخزون تجاري واستراتيجي كبير من النفط تستطيع من خلاله التأثير على سوق النفط عندما ينخفض إنتاج دول الأوبك ويقل العرض في السوق النفطية وطلب كبير (قاوي ، 2023، صفحة 22). وتتكون الوكالة من الأجهزة التالية:

- **المجلس الحاكم:** يمثل السلطة العليا ويتكون من واحد أو أكثر من وزراء الدول الأعضاء، يصدر مختلف القرارات والتوصيات اللازمة لوضع برنامج عمل الوكالة.

* Organization for Economic Cooperation and Development "OECD"

** International Energy Agency "IEA"

- **لجنة الإدارة:** تختص بالقيام بالدراسات، الإمداد بالمعلومات وتقييم كل ما يحال إليها من موضوعات.
- **المجموعة الدائمة:** تتكون من أربع مجموعات* تختص كل واحدة منها بقطاع معين.
- **السكرتارية** (مانع ، 2019، صفحة 37).

2- شركات النفط العالمية:

تعد أحد أنواع الشركات المتعددة الجنسيات** التي تنشط في قطاع الطاقة بالأخص في مجال النفط، غير أن سياساتها تختلف باختلاف طبيعتها (بودية ، 2019، صفحة 43)، نشأت في النصف الثاني من القرن التاسع عشر وهي مسيطرة على الصناعة النفطية منذ بدايتها من خلال الاستكشاف والبحث، وتعتبر شركة ستاندارد أويل أوف المملوكة من طرف ركفيلر والشركة النفطية البريطانية (BP) والشركة الهولندية (Schell) أولى الشركات النفطية العالمية (مختاري ر.، 2022، صفحة 34). تعددت شركات النفط العالمية وتباينت من شركات بترول كبرى خلال بداية القرن العشرين إلى شركات مستقلة ثم إلى شركات بترولية وطنية، وسنعرض ذلك فيما يلي:

- **الشركات العالمية الكبرى (الشقيقات السبع):**

تعتبر الشركات العملاقة السبع من أكبر الشركات البترولية في العالم التي كانت رائدة في اكتشاف وصناعة النفط وتسويقه، وهي: "إكسون (أيسو سابقا)، شوفرون، موبيل، تكساسو، غولف، بريتش بيتروليوم، وشل" الخمسة الأولى أمريكية، السادسة بريطانية والسابعة هولندية ـ بريطانية، فمنذ تأسيس هذه الشركات الضخمة سيطرت على السوق النفطية فيما يخص الإنتاج في مجمل مناطق العالم، الاستغلال والاستثمار، تكرير النفط، الصناعات البتروكيمياوية والتسويق، متضامنة مع بعضها البعض بحيث سميت بالشقيقات السبع" Les Septs Sœurs " (ختاوي، 2010، صفحة 99).

- **الشركات العالمية الكبرى الأخرى:** مثل الشركة الفرنسية للنفط في الشرق الأوسط "أكتيتين" في أوروبا، وكذلك شركة "فيلبس بيتروليوم"، وشركة "أوكسيدنتال"، وهذه الشركات تؤثر في سوق النفط مثل الشركات الكبرى السبع.

* المجموعة الدائمة لمسائل الطوارئ، المجموعة الدائمة لسوق النفط، المجموعة الدائمة للعلاقات مع الدول المنتجة والدول المستهلكة الأخرى للنفط، المجموعة الدائمة للتعاون طويل المدى (مانع ، 2019، صفحة 37).

** الشركات المتعددة الجنسيات: هي الشركات التي تستمد جزءا هاما من استثماراتها ومواردها وسوقها وقوة العمل بها من خارج البلد الذي يوجه فيه مركزها الرئيسي (خوميجة، 2018، صفحة 24).

- **الشركات الأمريكية المستقلة:** تمتاز بإنتاجها للنفط فقط، وهي شركات لا تعمل إلا في الولايات المتحدة وذات أحجام مختلفة (زمال، 2018، صفحة 34).
- **الشركات النفطية الوطنية:** تعرف على أنها شركات مملوكة بالكامل من الدولة التابعة لها، أو تملك أغلبية الأسهم مما يسمح لها بالتحكم في القرارات أي السيطرة (الزيتوني، خريف 2013، صفحة 94).

المبحث الثاني: أسعار النفط: المفهوم والأنواع، التطور والعوامل المؤثرة فيها

تعتبر دراسة أسعار النفط من أكثر الدراسات تعقيدا نظرا للمتغيرات الديناميكية المتعددة التي تحيط بهذه السلعة الإستراتيجية، ومن خلال طيات هذا المبحث سنبرز ذلك.

المطلب الأول: مفهوم سعر النفط وأنواعه

1. مفهوم سعر النفط (Oil prices)

أجمع الباحثون ومنظرو الاقتصاد على القول بأن السعر يشير للقيمة النقدية للسلعة (ريجوان و خمي، 2019، صفحة 189). وبهذا يكون سعر النفط تعبير عن الصورة النقدية للبرميل من هذه المادة، مقاسا في غالب الحالات بالدولار الأمريكي. وخاضع لتقلبات مستمرة بسبب عدم استقرار السوق النفطية من جهة، وبسبب طبيعتها الديناميكية من جهة أخرى (هويدي، 2017، صفحة 97).

وتأسيسا على ما سبق يعتبر السعر النفطي كذلك بأنه سعر مشتق، يحسب عكسيا كبواقي طرح التكاليف المختلفة (نقل، تكرير، توزيع ...إلى غاية الحصول على منتجات نفطية نهائية) من الأسعار القائمة قبل عملية خصم ضرائب المستهلكين على المنتجات. ويتألف سعر البيع من قسمين: أولهما سعر البيع إلى البئر والآخر يتمثل في رسوم النقل (بلعباس و قواوسي، 2022، صفحة 652).

2. أنواع أسعار النفط

بالحديث عن أسعار النفط يمكن ذكر أنواع منها:

- **السعر المعلن (Posted Price):** ويقصد به السعر الرسمي الذي تحدده الجهة العارضة لسلعة النفط، مجسدا لقيمة النفط الخام من خلال زمن ووحدة نقدية معلومين (علة، تطورات أسعار النفط في الأسواق العالمية دراسة تحليلة للفترة: (2000-2014)، صفحة 199). وهو السعر الذي يقرر في مستوى إنتاج معين إجمالي عوائد الأقطار المصدرة للنفط (عتيقة، 1991، صفحة 95).
- **السعر المتحقق (Actual Realized Prices):** هو ناتج طرح حسومات وتسهيلات البائع للمشتري من قيمة السعر المعلن (بن الزين و قرونقة، 2016، صفحة 87).
- **سعر الإشارة (Reference Price):** هو سعر متوسط للنفط الخام ما بين السعرين المعلن والمتحقق، حيث يقل عن المعلن ويزيد عن المتحقق (رزقه و غريب، 2020، صفحة 396).
- **السعر الفوري (Spot Price):** أو الآني، ويمثل قيمة الوحدة النفطية المتبادلة آنيا في السوق النفطية الحرة والمتأثر كثيرا بها (العمري، 2017، صفحة 19).

- **سعر الكلفة الضريبية (Tax Cost Price):** هو قاعدة ارتكاز الأسعار المتحققة في السوق النفطية. والتي تعبر عن الكلفة الحقيقة التي تدفعها شركات النفط الكبرى مقابل برميل النفط الخام المنتج وفق الاتفاقيات (امتيازات لمنتجي النفط من طرف الحكومة). إذ تشكل عملية البيع بأقل من هذا القدر خسارة (حركاتي ، 2022، صفحة 131). أو بعبارة أخرى يمثل كلفة البرميل النفطي المستخرج زائد الضرائب التي تضاف لتلك الكلفة (حفصي، 2022، صفحة 25).
- **سعر البرميل الورقي (Paper Barrel Price):** تسمية تطلق على سعر البرميل في سوق الصفقات الآنية (مصطفاي، 2020، صفحة 49).
- **سعر التحويل (Transfer Price):** هو سعر يتفق عليه بين الشركة الأم وفروعها، ويعرف بأنه سعر انتقال النفط الخام من قسم لآخر أو من نشاط لآخر ضمن الشركة الواحدة (نجف ابادي و كرار لفتة، 2020، صفحة 135).
- **السعر الآجل (Forward Price):** والمراد به السعر الذي بموجبه يكون التعاقد حاليا على أن يكون التسليم مستقبلا (Zghair Al Chnani & Al Jabiry, 2021, p. 40).
- **السعر الاسمي (Nominal Price):** قيمة برميل النفط الخام المقيمة بالدولار الأمريكي خلال لحظة معينة من الزمن (جابو و بوصبيع العايش، 2020، صفحة 301).
- **السعر الحقيقي (Actuel Price):** هو السعر الاسمي الحالي منسوبا إلى سنة الأساس ويقصد بهذا القيمة التي تجسد تطور السعر عبر الزمن. ويتم حسابه حسب السعر الاسمي الحالي بعد استبعاد تأثير عوامل التضخم أو التغير في سعر صرف الدولار الماثلة بين سنة الأساس المعتمدة والسنة الحالية (زاوي و مخفي، أثر انهيار أسعار النفط على رصيد الميزان التجاري في الجزائر: خلال(2010-2016)، 2018، صفحة 158).
- **السعر الارجاعي (Net Back Price):** ويشير إلى سعر النفط الذي من خلاله تتحدد أسعار النفط الأخرى، والذي يشكل مرجعا لدى منظمة الأوبك (شكاكطة ، 2015، صفحة 254).

المطلب الثاني: التطور التاريخي لأسعار النفط *

يجب أن نوضح أن التقلب الشديد في الأسعار هو سمة جوهرية في صناعة النفط. حيث شهدت أسعار النفط عصور متعددة القرارات من الاستقرار النسبي والتقلبات الجامحة والازدهار والركود (McNally, 2017, p. 21). بالإضافة إلى أن تاريخ أسعار النفط الخام يتسم بظاهرة الاستغلال الذي مارسته الشركات النفطية للدول المنتجة، وقد أدت هذه الظاهرة إلى بروز تطورات مهمة على الصعيد النفطي تمثلت في تكتل الدول المنتجة للدفاع عن حقوقها وكذا تحقيق المكاسب (عبد العزيز، 1983، صفحة 106). حيث يعد أول بئر نفطي حفر على يد أدوين دريك في الولايات المتحدة الأمريكية بولاية بنسلفانيا سنة 1858 أين تم بيع برميل الخام ب20 دولار، فكان ذلك فرصة للأفراد والمؤسسات للاستثمار في حفر الآبار النفطية لاستخراج البترول، الأمر الذي أدى إلى ارتفاع المعروض النفطي بشكل لا يتناسب مع الطلب المحلي المنخفض آنذاك، نتيجة لقلة استعمال المنتجات النفطية كوقود، ذلك أدى إلى تراجع الأسعار سنة 1860 بولاية بنسلفانيا إلى ما دون 9.59 د/ب (دولار للبرميل)، وبسبب كثرة المنتجين واستمرار المنافسة بينهم انخفضت الأسعار بشكل رهيب وبلغت 0.49 د/ب سنة 1861 (عية ، 2015، صفحة 27). تواصلت مسيرة الانخفاض ليبلغ نحو دولارين في نهاية الحرب العالمية الأولى، ولم يتجاوز 1.8 د/ب في نهاية الحرب العالمية الثانية واستمر على هذا النحو سنة 1970 (باهي ، 2019، صفحة 272)، إلى أن سجلت أول صدمة نفطية عام 1974 وذلك من خلال ارتفاع أسعار النفط من 3.05 د/ب عام 1973 إلى 10.73 دولار أمريكي للبرميل عام 1974، وكان السبب الرئيسي لهذه الصدمة هو قرار الدول العربية المصدرة للنفط بقطع الامدادات النفطية عن الدول المتقدمة المساندة للكيان الصهيوني في سنة 1974 (بوفليح، 2011، صفحة 38).

مرت أسعار النفط بتغيرات كبيرة، حيث بلغت 32.51 د/ب سنة 1981، لتنخفض بعد ذلك عام 1986 حيث سجلت أقل قيمة لها 13.53 د/ب، وهذا راجع إلى قرار منظمة الأوبك العالمية بتخفيض انتاجها، حيث انخفضت قيمة مساهمتها في الانتاج العالمي من 53.5% إلى 30% خلال سنة 1980 و 1985 على التوالي، مما أدى إلى وجود خسائر مالية معتبرة (مختاري و بن البار، 2021، صفحة 125).

بعدها ارتفعت الأسعار من جديد خلال حرب الخليج الثانية وذلك بسبب التوقف التام لصادرات البترول العراقي والكويتي إلى ما قيمته 22.26 د/ب، وسرعان ما تراجعت بعد نهاية هذه الحرب إلى 16-

* انظر الملحق 01: جدول رقم (1.1) تطور الأسعار الاسمية لسلة خامات أوبك خلال الفترة (1970- 2019)

18 د/ب في سنة 1995 (قرود، 29- 30 نوفمبر 2016، صفحة 5). وواصلت الأسعار انخفاضها حتى بلغت 12.28 د/ب سنة 1998 نتيجة لرفع دول الأوبك انتاجها دون دراسة مسبقة، كما ساهمت فيه الأزمة المالية التي ضربت دول جنوب شرق آسيا إلى تراجع الطلب العالمي على النفط، الأمر الذي أدى بالأوبك إلى خفض الانتاج بمقدار 3 ملايين برميل لتحقق ارتفاع في الأسعار وصل إلى 17.4 د/ب سنة 1999 ثم إلى 27.6 د/ب سنة 2000 (زاوي، أثر تقلبات أسعار النفط على حجم الواردات-دراسة حالة الجزائر خلال الفترة(1970-2017)(أطروحة دكتوراه)، 2020، صفحة 85).

بينما انخفضت أسعار النفط خلال سنة 2001 بمقدار 4.5 د/ب أي بنسبة 16.3% عن مستويات عام 2000 لتصل إلى 23.1 د/ب نتيجة التباطؤ الاقتصادي الذي شهده العالم وأحداث 11 سبتمبر في الولايات المتحدة الأمريكية (بلقلة ، سياسات الحد من الآثار الاقتصادية غير المرغوبة لتقلبات أسعار النفط على الموازنة العامة في الدول العربية المصدرة للنفط(مع الإشارة إلى حالة الجزائر)(أطروحة دكتوراه)، 2015، صفحة 35).

كما عرفت أسعار النفط تطورا ملحوظا خلال الفترة 2003-2008 حيث ارتفعت من 28.2 د/ب سنة 2003 إلى 94.4 د/ب سنة 2008 أي بمعدل سنوي بلغ 27.1% نتيجة زيادة الطلب العالمي على النفط خاصة في الولايات المتحدة والصين (غزازي، 2020، صفحة 98). ولكن سرعان ما انخفض سعر النفط سنة 2009 وبلغ 61 د/ب إثر أزمة الرهن العقاري في الولايات المتحدة الأمريكية سنة 2008 التي أدت إلى انخفاض الطلب على النفط الخام بسبب الركود الاقتصاد العالمي بشكل عام والاقتصاد الأمريكي بشكل خاص (صالح، 2017، صفحة 99). وبعدها استرد الاقتصاد العالمي عافيته بعد الأزمة المالية وعاد السعر إلى الارتفاع سنة 2010 حيث ارتفع بنسبة 26.9% مقارنة بسعر سنة 2009، واستمر السعر بالارتفاع وبلغ أعلى مستوى له 109.45 د/ب في سنة 2012، متأثرا بالانتعاش العالمي خلال هذه الفترة (عباس، 2021، صفحة 258).

أما في سنة 2013 فبلغت الأسعار في الربع الثاني ما قيمته 100.93 د/ب (قطوش، 2018، صفحة 35)، كما شهد النصف الأول من سنة 2014 تقلبات سعرية محدودة حيث تراوحت أسعار النفط بين 104 و 108 د/ب كمعدلات شهرية، وبدأت بالتراجع الحاد حتى بلغت في ديسمبر 59.5 د/ب، ليبلغ متوسطها السنوي قيمة 96.2 د/ب (بن سبع ، 2019، صفحة 14). كان هذا الانهيار مخالفا للتوقعات الاقتصادية بسبب الاضطرابات التي شهدتها الدول المنتجة للنفط وعدم وجود بدائل اقتصادية له (بوالشعور و قمري ، 2021، صفحة 263).

وصلت الأسعار إلى أدنى مستوى لها 40.7 دولار سنة 2016 حتى تبلغ ما قيمته 66.9 د/ب خلال شهر جانفي 2018 وهذا التحسن في الأسعار راجع إلى قرار خفض الإنتاج بين منظمة أوبك ومنتجي النفط من خارجها (زحافي، مناد ، و بوعلام، 2019). وسجلت بعدها ارتفاعات متتالية خلال ماي 2018 تزيد عن 70 د/ب بعد انسحاب الولايات المتحدة من الاتفاق النووي مع إيران بمتوسط إنتاج يومي بلغ 3.8 ملايين برميل (حوة، سالمي، و بوطالبي، صفحة 8).

عرف عام 2020 انخفاضا كبيرا لأسعار النفط بسبب الصدمة الناجمة عن جائحة كورونا حيث بلغت 65.1 د/ب في جانفي 2020 لتنخفض إلى 55.5 د/ب في فيفري و33.9 د/ب في شهر مارس، وصولا إلى أدنى مستوى لها 17.7 دولار في شهر أفريل بسبب الانخفاض الحاد في استهلاك النفط نتيجة التدابير الوقائية لوقف انتشار فيروس كورونا. وفي شهري نوفمبر وديسمبر 2020 ارتفعت أسعار النفط إلى 42.6 دولار و 49.2 د/ب على التوالي، ويعود ذلك للتخفيف من إجراءات الحجر الصحي (حموزروقي، 2021، الصفحات 258- 259).

بعد العودة التدريجية للحياة العادية، بدأت الأسعار تتصاعد تدريجيا تتخللها بعض التراجعات الطفيفة إلى أن تصل إلى أعلى سعر بلغ 122.8 د/ب خلال شهر ماي 2022 والخبراء يتوقعون استمرار الارتفاع لأعلى المستويات (حاجي و فكارشة، 2022، صفحة 115).

المطلب الثالث: العوامل المؤثرة في أسعار النفط

بالاعتماد على الأدبيات التاريخية وكذا تقلبات أسعار النفط، يمكننا أن نرى أن هناك عدم توازن بين العرض والطلب في سوق النفط العالمية. وبالتالي فإن التفاعل بين هاتين القوتين يعد بمثابة العامل المباشر والأوضح من حيث تأثيره على سعـر النفط العالمي (Yan, 2012, p. 41).

أولا: الطلب على النفط: ويقصد به الحاجة الإنسانية للسلعة النفطية كخام أو كمنتجات نفطية، بسعر معلوم وخلال فترة زمنية محدودة (عبادة، 2011، صفحة 123). ويتأثر الطلب على النفط بمجموعة من العوامل أهمها:

- **مستوى النمو الاقتصادي:** هو من أهم العوامل المؤثرة في الطلب على النفط، تربطهما علاقة طردية وثيقة، راجعة للتطور الذي بلغته الإنسانية اليوم والشامل للتطور الاقتصادي والصناعي. ومع هيمنة هذا الأخير على مختلف القطاعات الأخرى يتزايد الطلب على الطاقات وعلى النفط

بمختلف أنواعه (بنين و موساوي، استخدام نماذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بأسعار البترول– دراسة حالة اسعار بترول الجزائر –، 2017، صفحة 95).

- **أسعار النفط:** هو كذلك من العوامل المهمة والفعالة والمؤثرة على الطلب، فبانخفاض السعر يزيد الطلب على النفط ويتوسع، والعكس صحيح (بايزيد، 2021، صفحة 254).
- **النمو السكاني:** ونقصد بهذا العامل أن الزيادة السكانية تعكس الزيادة في الطلب على النفط (تومي و جمعة، 2016، صفحة 62). تجدر الإشارة هنا أن هذا العامل هو عامل ذو تأثير نسبي على الطلب، ومتكامل في ذات الوقت مع بقية العوامل الأخرى.
- **الاستقرار السياسي:** تلعب الاضطرابات والحروب ومختلف المشاكل الأمنية دورا محفزا في زيادة الطلب على النفط وهذا لكثرة استخدام مختلف المعدات الحربية (شباب، 2019، صفحة 95).
- **المناخ:** للتقلبات المناخية هي الأخرى دور في ارتفاع الطلب على النفط، على غرار المنتجات الموجهة للتدفئة من جهة. ومن جهة أخرى تشكل الأعاصير خطرا مؤثرا على مصافي النفط الأمر الذي يؤثر بدوره على الإمدادات النفطية وعلى أسعار هذا الأخير في ذات الوقت (عمراني و حاكمي، 2019، صفحة 917).
- **أسعار السلع البديلة:** إذ أن لها تأثيرا سلبيا وإيجابيا على الطلب النفطي استنادا لمدى منافستها لسعر النفط، فإذا تمكنت من منافسة السعر النفطي يكون لها تأثير سلبي على هذا الأخير والعكس صحيح. ولعل من أبرز السلع البديلة نجد الفحم الحجري، ومختلف الطاقات المتجددة... وغيرها (زعتر و غريس، 2022، صفحة 456).
- **متوسط دخل الفرد:** وواقع الأمر أن لهذا العامل أثرا كبير على استهلاك الطاقة، حيث كلما ارتفع دخل الفرد ارتفع معه حجم استهلاكه الطاقوي، أين أصبح يعتبر هذا الأخير مؤشرا لمستوى المعيشة.

ثانيا: العرض النفطي: ونعني به الكميات الممكن عرضها من النفط وتبادلها بين المتعاملين في السوق خلال فترة محددة (عبادة، 2011، صفحة 123). أين يعتبر صمام أمان استقرار الأسعار العالمية للنفط، فكلما انخفض المعروض منه تزايدت المخاوف من انخفاض الإمدادات وترتفع الأسعار كنتيجة لذلك، والعكس صحيح (بن شاعة، 2020، صفحة 24). ويتأثر المعروض النفطي بجملة عوامل أهمها:

- **الطلب النفطي:** باعتبار أن العرض النفطي هو استجابة لطلب المستهلكين عند الأسعار السائدة في السوق فإن العوامل المؤثرة في الطلب النفطي تصبح محددات للعرض النفطي. وانطلاقا من

العلاقة القوية بينهما فأي طلب يفوق العرض سيؤدي لارتفاع الأسعار، والعكس صحيح (شباب، 2019، صفحة 96).

- **السياسات النفطية للدول المنتجة:** ونقصد بالسياسة النفطية مجموع الإجراءات التي تهدف للاستغلال الأمثل للموارد النفطية المتاحة في زمن ومنطقة معينين (غجاتي، 2021، صفحة 121). وقد تعددت أنواعها عبر التاريخ الذي شهد تأثيرها على المعروض العالمي النفطي.
- **الاحتياطات والطاقة الإنتاجية:** وهي عامل مؤثر على العرض العالمي، فكلما كانت الاحتياطات المؤكدة* كبيرة كلما زاد اعتقاد إمكانية رفع الإنتاج، إما برفع إنتاج الآبار القديمة أو حفر آبار جديدة في مناطق المكتشفة، أو زيادة الطاقة الإنتاجية (بنين و موساوي، استخدام نماذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بأسعار البترول– دراسة حالة اسعار بترول الجزائر –، 2017، صفحة 96).
- **سعر السلعة النفطية:** حيث أن ارتفاعه يؤدي لزيادة العرض.
- **المستوى التكنولوجي والتقني لوسائل الإنتاج:** والذي بتطوره وتحسنه من خلال تطور وسائل ومعدات البحث، التنقيب، الاستخراج، النقل... يؤدي إلى زيادة عرض النفط الخام. وبذلك تتوفر بصورة اقتصادية سليمة وكفء القدرة العالية على تحقيق التوازن بين العرض والطلب (طيبي، أثر تغيرات أسعار النفط على التنمية الاقتصادية في البلدان العربية المصدرة للنفط دراسة حالة الجزائر(2000 – 2012)(أطروحة دكتوراه)، 2016، صفحة 117). أي التأثير الإيجابي على مجمل الأسعار.
- **سعر صرف الدولار الأمريكي:** ونظرا لقوة الدولار واستقراره يتم تسعير النفط به. فكلما انخفضت قيمة الدولار ترتفع أسعار النفط بالدولار (علي إسماعيل، صفحة 327).
- **المضاربة في الأسواق النفطية:** وتشكل المضاربة في الأسواق الحرة عاملا رئيسا لعدم استقرار أسعار النفط. إذ ترتفع الأسعار بفعل إقبال المضاربين المتفائلين على شراء العقود النفطية الآجلة (ماحي، 2020، صفحة 33).

* الاحتياطات المؤكدة: هي أحد أنواع الاحتياطات وتعني كميات النفط الخام التي تشير مختلف البيانات إلى إمكانية استخراجها مستقبلا من الحقل (نجف ابادي و كرار لفتة، 2020، صفحة 136).

المطلب الرابع: آثار تقلبات أسعار النفط على الاقتصاد العالمي

مفهوم تقلبات أسعار النفط: يعبر هذا المفهوم عن التغيرات المفاجئة وغير المتوقعة في السوق النفطية مما يسبب حدوث الارتفاع أو الانخفاض السريع في أسعار النفط العالمية، والتي تترك آثار اقتصادية واضحة سواء على المستهلك أو المنتج، ويسمي البعض الآخر هذه التقلبات بالصدمة النفطية (Jawad, 2022, p. 460). حيث تتأثر جميع دول العالم وبدرجات متفاوتة بتقلبات أسعار النفط سواء كانت دولا مصدرة أو مستوردة له على النحو التالي:

أولا: الآثار المترتبة في حالة ارتفاع أسعار النفط

ينعكس هذا الارتفاع على اقتصاديات دول العالم كما يأتي:

1- آثار ارتفاع أسعار النفط على اقتصاديات الدول المصدرة له: تتلخص أهمها في:

- الزيادة الهائلة في العوائد النفطية وانعكاس ذلك على معيشة الفرد وتطور مستواه، كما عززت من قدرات حكومات الدول المصدرة على تنفيذ خطط التنمية الاقتصادية.

- زيادة حجم الفوائض المالية النفطية، حيث توجه الدول المصدرة للنفط هذه الفوائض عن طريق منافذ عديدة كتقديم مساعدات مالية أو قروض للدول النامية، استثمارات في الدول الصناعية، إنشاء مؤسسات متنوعة للتمويل أو إيداعها في بنوك الدول الصناعية على شكل ودائع (نجاعي و شريط ، انعكاس تقلبات أسعار النفط على أداء السياسة النقدية في الجزائر خلال الفترة2000-2017، 2020، صفحة 302).

2- آثار ارتفاع أسعار النفط على اقتصاديات الدول المستوردة له: تتغير هذه الآثار حسب الدول الصناعية والنامية كما يلي:

❖ **بالنسبة لاقتصاديات الدول الصناعية:** ويمكن تلخيص آثار هذه المجموعة فيما يلي:

- تحمل ميزان المدفوعات في هذه الدول عبئا كبيرا جراء ارتفاع أسعار النفط مما يؤدي إلى الزيادة في قيمة وارداتها من النفط الخام، ضف إلى ذلك ارتفاع تكاليف البحث عن الطاقة البديلة.

- احتواء الفوائض المالية النفطية باعتبار أن معظم هذه الفوائض تتسرب من خارج الدول المصدرة للنفط سواء على شكل إيداعات أو استثمارات أو واردات متنوعة. إضافة إلى زيادة أسعار المواد والتجهيزات والسلع المصنعة، وعليه نجد أن الدول الصناعية المتقدمة تستفيد من زيادة العائدات المالية للدول الغنية بالنفط، ويعكس هذا الوضع مدى عجز الدول المصدرة للنفط عن استيعاب هذه الفوائض نتيجة ضعف فرص التوظيف لديها (موري ، 2015، الصفحات 25- 26).

❖ **بالنسبة لاقتصاديات الدول النامية:** إذ يمكن تلخيص تلك الآثار في:

- زيادة حجم التحويلات النقدية وهذا راجع إلى ارتفاع الطلب على الأيدي العاملة في هذه الدول.
- تفاقم عجز موازين مدفوعاتها بسبب زيادة أسعار وارداتها السلعية والخدماتية من الدول الصناعية.
- زيادة تكلفة وارداتها النفطية مما يؤدي إلى زيادة العجز في الميزان التجاري.
- انخفاض معدلات النمو الاقتصادي واستمرار العجز في موازين المدفوعات.
- زيادة أعباء خدمة القروض بسبب ارتفاع أسعار الفائدة عليها.
- ارتفاع حجم المساعدات التي تقدمها الدول المصدرة للنفط لهذه الدول سواء على شكل منح أو قروض (العدواني، 2021، صفحة 345).

ثانيا: الآثار المترتبة في حالة انخفاض أسعار النفط:

يتم دراسة هذا التأثير على الاقتصاد العالمي كما يلي:

1- آثار انخفاض أسعار النفط على الدول المصدرة له: تتلخص هذه الانعكاسات في:

- انخفاض معدل الناتج المحلي الإجمالي في الدول المصدرة للنفط.
- تفاقم عجز موازين المدفوعات، وظهور مشكلة المديونية الخارجية.
- ظهور مختلف الآفات الاجتماعية والاقتصادية كالتضخم، الفقر والبطالة.....إلخ.
- تقليص الإنفاق العام مما أدى إلى ظهور عجز في الموازنات العامة لهذه الدول بسبب تراجع الإيرادات النفطية (عدناني ، 2022، صفحة 34).

2- آثار انخفاض أسعار النفط على اقتصاديات الدول المستوردة له: يمكن تحديد هذه الانعكاسات على الدول الصناعية من جهة والنامية من جهة أخرى كما يلي:

❖ **بالنسبة لاقتصاديات الدول الصناعية:** تتمثل أهم آثار هذا الانخفاض في:

- انخفاض قيمة واردات النفط وتحسن موازين مدفوعات هذه الدول، إضافة إلى انخفاض تكاليف إنتاج السلع الصناعية.
- تقليل الاستثمارات المخصصة للبحث عن النفط.
- انخفاض صادرات هذه الدول نتيجة تراجع العوائد النفطية للدول المصدرة للنفط خاصة السلع الاستهلاكية والكمالية (فاضل، 2021، صفحة 339).
- تخفيض قدرة البنوك وأسواق المال على ممارسة أنشطتها، حيث أن تراجع عوائد النفط يؤدي إلى قيام الدول النفطية بتخفيض حجم القروض والتسهيلات والتوظيفات التي تقدمها إلى السوق المالية.
- ارتفاع الطلب على النفط نتيجة انخفاض أسعاره، وبالتالي زيادة الاستهلاك مما يؤدي إلى امتصاص العرض الفائض (العايب ع.، 2022، صفحة 117).

❖ **بالنسبة لاقتصاديات الدول النامية:** تتمثل هذه الآثار في:

- انخفاض تكاليف وارداتها النفطية.
- ارتفاع قيمة صادراتها للدول الصناعية التي تميزت بالازدهار بعد انخفاض الأسعار.
- ارتفاع معدلات النمو الاقتصادي والعمالة لهذه الدول.
- تقليص تحويلات العاملين من مواطنيها في الدول النفطية، بالإضافة إلى انخفاض عائدات شركاتها وعقود المقاولات والإنشاءات التي كانت تعمل في الدول النفطية قبل ظهور الأزمة (مصطفاي، 2020، صفحة 52).

المبحث الثالث: مدخل لمنظمة الدول المصدرة للنفط "أوبك"

تشكل منظمة الدول المصدرة للنفط "أوبك" الطرف الأهم في منظومة الدول المنتجة والمصدرة للنفط بشكل عام. سنحاول من خلال هذا المبحث التطرق إلى أهم ما يتعلق بهذه المنظمة.

المطلب الأول: نشأة منظمة الأوبك وتعريفها

1. النشأة والتأصيل

برزت فكرة إنشائها خلال الحرب العالمية الثانية، بالتحديد سنة 1940م. عندما أطلق وزير البترول والمفكر الفنزويلي "**ألفونسيو بيريس Pérez Alfonzo**" فكرة إنشاء إطار تنظيمي للدول المصدرة للنفط. لتثمر عقب عشرين سنة من ذلك ميلاد الأوبك. أين قامت الدول الخمس السابقة الذكر بعقد اجتماع بالعاصمة العراقية بغداد ما بين 10-14 سبتمبر 1960م، تم فيه إعلان إنشاء منظمة الدول المصدرة للنفط OPEC، تحديد لغتها الرسمية والمتمثلة في اللغة الإنجليزية، مع جعل سويسرا مركزا لها. ليتم عقب خمس سنوات تغيير المركز صوب فيينا (قصري و كرمة، 2019، صفحة 62).

خلال الاجتماع الأول للمنظمة تقرر جواز قبول أعضاء جدد شرط حيازة العضو المترشح للموافقة الجماعية للأعضاء الخمسة الرئيسين، وأن يكون مصدرا لكميات صافية كبيرة من النفط الخام (دعاس، 2012، صفحة 114). تولت هذه المنظمة إجراء المشاورات المنتظمة بين الأعضاء، وتوحيد وتنسيق سياساتها، وتقرير الوسائل والسبل للمحافظة على مصالح أعضائها.... وللعلم وبعد عام من تأسيسها بدأت الدول في الانضمام إليها والانسحاب منها، فضمت بذلك 13 دولة هي: قطر، أندونيسيا، ليبيا، الإمارات، الجزائر، نيجيريا، الإكوادور، الغابون، بالإضافة للخمس دول المؤسسة. ولكن في جانفي 2019 أصبح عددها 11 دولة بعد انسحاب كل من قطر، إندونيسيا والإكوادور (حموزروقي، 2021، صفحة 255).

شكلت منظمة الأوبك OPEC بتخصصها بالنفط آلية أرست أسس التعاون بين الدول، وكانت داعما اقتصاديا لها. ليكون السبب الرئيسي وراء نشأتها هو خلق تكتل لمواجهة الشركات النفطية الكبرى المهيمنة على أسعار النفط (الرميحي، 1978، صفحة 23). هذه الأخيرة التي كانت حريصة على عدم السماح لآليات السوق بخلق فائض يكبدها خسائر فادحة، عن طريق احتكار جميع مراحل الصناعة النفطية استهلالا بالهيمنة على احتياط النفط، إلى تنظيم الإنتاج، فاحتكار التكرير، ثم تملك الأنابيب، إلى التحم في عمليات التسويق. ليس هذا فقط بل كانت تلجأ إلى حكوماتها لتبني سياسات تقليص الإنتاج المحلي، وتقييد الواردات من الخارج، إما بفرض ضرائب أو بتحديد الحصص لحفظ صناعة النفط المحلية وتوليد إيرادات

الدولة (اليوسف، 2015، صفحة 51). ووقوفا ضد الامتيازات الاحتكارية للشركات الكبرى كان للمنظمة عوامل نشأة أخرى غير مباشرة منها:

- اقتناع الدول بضرورة إنشاء تنظيمات لحماية مصالحها وذلك نتيجة تنامي الوعي القومي فيها بلزوم حماية الشعوب لحقوقها الشرعية بعد الحرب العالمية الثانية. إضافة لقرارات الأمم المتحدة الخاصة بحق سيادة وهيمنة الدول على ثرواتها الوطنية.
- لزوم الدفاع عن مصالح الدول التي كانت ضحية الصراع الدولي بين المعسكرين الشرقي والغربي حول مناطق النفوذ، ومحل أطماعه.
- اقتناع الدول المصدرة بأن أهم العوامل التي مكنت الشركات الكبرى من السيطرة على الصناعة النفطية وعلى قنوات توزيعها يكمن في انقسامها وتشتتها (بن محاد، 2022، صفحة 110).
- التعاون بين بعض حكومات الدول المنتجة للنفط والذي أثمر عقد اتفاقيات سنة 1953م، تتعلق بإجراء مشاورات حول المستجدات النفطية، وتبادل المعلومات.
- تعاظم أهمية النفط الاقتصادية كمصدر رئيس للطاقة العالمية (قصابي، 2020، صفحة 37).

2. تعريف منظمة الدول المصدرة للنفط

هي منظمة دولية، قائمة بين الحكومات. تضم البلدان الرئيسية المصدرة للنفط الخام والمنتجة له من البلدان النامية (العبادي، 2013، صفحة 150). تعتمد اعتمادا كبيرا على صادراتها النفطية، ويختصر اسمها (Organization of the Petroleum Exporting Countries) إلى منظمة الأوبك(OPEC)، يعمل أعضاؤها على زيادة العائدات النفطية في السوق العالمية. تسطر دولها مجتمعة على ما يقارب 40% من إنتاج النفط العالمي، و70% من الاحتياطي العالمي للنفط (ماضي، 2016، صفحة 148).

ولا مناص من القول إنه وبالرغم مما ذكرناه آنفا، وما ورد على لسان التاريخ إلا أن الأدبيات الغربية المنحازة وكذلك الإعلام الجماهيري الغربي صور منظمة الأوبك على أنها وحش هائج، وسلاح الشعوب المتخلفة ضد المدنية الغربية. وصورة جشع أعضائها (الرميحي، 1978، صفحة 24).

المطلب الثاني: أجهزة منظمة الأوبك وخصائصها

1. أجهزة منظمة الأوبك

تتخذ المنظمة السياسات والقرارات في علاقاتها العالمية من خلال الأجهزة التالية:

- **المؤتمر الوزاري:** وهو السلطة العليا في المنظمة، ويتكون من وفود تمثل الدول الأعضاء (ويرأس كل وفد في العادة وزير النفط في الدولة العضو) ويعقد المؤتمر اجتماعين على الأقل كل عام ويكون الاجتماع صحيحا بحضور ثلاثة أرباع الأعضاء حيث لكل عضو صوت واحد، وتصدر جميع القرارات – باستثناء القرارات المتعلقة بالإجراءات – بالموافقة الجماعية لكل الدول الأعضاء، وهذه القرارات تتمثل في تحديد الإنتاج والموافقة على السعر المستهدف. وفي الآونة الأخيرة تقاربت اجتماعات المؤتمر وصارت تعقد كل ربع سنة وذلك من خلال التقلبات الحادة التي شهدتها السوق النفطية، وإذا اقتضى الأمر يمكن أن تعقد في دورات استثنائية (دريسي، 2013، صفحة 63).
- **مجلس المحافظين:** هو الذي يوجه ويدير شؤون المنظمة ويشرف على تنفيذ قرارات المؤتمر، ويتكون هذا المجلس من محافظين من الدول الأعضاء داخل المنظمة، حيث يقوم المحافظين بتمثيل دولهم، ويتم تعيين المحافظ عن كل دولة عضوة بموافقة المؤتمر، ويجتمع مرتين على الأقل في السنة وذلك بحضور ثلثي مجموع المحافظين على الأقل، وتتخذ القرارات فيه بالأغلبية المطلقة، ومن مهامه إدارة شؤون المنظمة وتنفيذ قرارات المؤتمر الوزاري (العايب م.، 2019، صفحة 242).
- **الأمانة العامة:** تقوم بتنفيذ أنشطة المنظمة وتعمل وفق تعليمات مجلس المحافظين، تتكون من الأمين العام، رؤساء الإدارات وبقية الموظفين المعارة خدماتهم من الدول الأعضاء، وتضم الأمانة العامة للمنظمة خمسة أقسام رئيسية، وتباشر نشاطها وأعمالها ضمن حدود المواد الخاصة بها في دستور المنظمة (بن عباس، 2020، صفحة 478).
- **اللجنة الاقتصادية:** وهي الجهة الفنية التي تختص بتحليل أوضاع السوق والتوقعات المستقبلية، وتتكون من خبراء يمثلون الدول الأعضاء، ويرأسها الأمين العام، وترفع تقريرها إلى المؤتمر الوزاري، وتنظر في الدراسات المتخصصة التي تقوم بها الأمانة العامة حول الموضوعات المهمة (المنيف، شتاء 2008، صفحة 75).
- **صندوق أوبك للتنمية:** تم تأسيسه خلال اجتماع عقد سنة 1976 في باريس، ضم وزراء مالية الدول الأعضاء بهدف تقديم العون المالي للدول النامية ومساعدتها بشروط ميسرة في إطار سعي

المنظمة لتحقيق التقدم الاجتماعي والاقتصادي، تنفيذا لمقررات القمة الأولى لمنظمة الأوبك التي عقدت عام 1975 بالجزائر، ومنذ ذلك التاريخ قدم الصندوق مساعدات مالية لعدد هام من الدول النامية، ويمثل اليوم كيانا قائما بذاته (دعاس، 2012، صفحة 116).

2. خصائص منظمة الأوبك

تتجلى في مجموعة من النقط منها:

- أنها منظمة على مستوى الحكومات لدول شديدة الاعتماد على صادرات النفط في تمويل التنمية.
- أنشئت منظمة الأوبك ككيان سياسي يتخذ القرارات على مستوى الوزراء والدبلوماسيين، والتي تتطلب إجماعا مع وجوب موافقة جميع الحكومات (بن عباس، 2020، الصفحات 278- 279).
- تمثل المنظمة هيئة حكومية دولية تضم دولا تعتمد بشدة على النفط كمورد رئيسي لتمويل التنمية*.
- تعمل المنظمة بعيدا عن الأمور السياسية التي تعتبر رسميا خارج نطاق المنظمة.
- تتميز الدول الأعضاء في المنظمة بتباين في البيئة الاقتصادية ومستوى النمو وحجم السكان والقدرات التمويلية الاستيعابية للاستثمار ومدى ارتباطها بالسياسات الدولية (مخلفي، 2012، صفحة 109).

المطلب الثالث: أهداف منظمة الأوبك وشروط عضويتها

1. أهداف منظمة الأوبك

تتلخص الأهداف الرئيسية لمنظمة الدول المصدرة للنفط "أوبك" فيما يلي:

- السعي الدائم إلى تنسيق السياسات البترولية للبلدان الأعضاء بهدف ضمان أسعار عادلة ومستقرة للدول المنتجة (خضر، صفحة 14).
- توحيد السياسة النفطية بين الدول الأعضاء وعمل أفضل الطرق التي تحمي مصالحهم الفردية والجماعية (السماك، عبد الوهاب، و أزاد، 1981، صفحة 273).
- العمل الجاد على توفير إمدادات نفطية منتظمة اقتصادية وذات كفاءة للدول المستهلكة مع ضمان تحقيق عائد عادل للمستثمرين في مجال صناعة النفط (محمود، صفحة 887).

* يرى Albert Paul أن التنمية الاقتصادية يمكن تعريفها من خلال الهدف العام منها والتي تسعى لتحقيقه، فهي عملية الاستغلال الكامل لجميع الموارد الإنتاجية في الدولة من أجل زيادة حجم الإنتاج من السلع والخدمات (موري ، 2015، صفحة 109).

- إيجاد الأساليب والوسائل التي تضمن استقرار الأسعار في الأسواق العالمية للنفط الخام، لغرض التخلص من التقلبات السعرية الضارة غير الضرورية (بورحلة، 2017، صفحة 41).
- المساواة في السيادة بين الدول الأعضاء، على أن تستوفي هذه البلدان السياسات والالتزامات المترتبة عليها وفق النظام الأساسي (قصري و كرمة، 2019، صفحة 63).
- مساعدة الأعضاء على تبادل المعلومات والخبرات وإتاحة الفرص للتدريب والعمل لمواطني الدول الأعضاء (العبادي ع.، 2013، صفحة 152).
- العمل على رفع أسعار النفط واستقرارها في السوق العالمية، وكذا تطوير الخبرات الفنية في مجال الاستغلال والتصنيع.
- تحسين شروط عقود الامتياز بين الشركات والحكومات (طويل ، 2014، صفحة 359).

2. شروط العضوية في منظمة الأوبك

يتفق الجميع على أن كل منظمة دولية تحدد معايير وشروط الانضمام لها استنادا لمصالحها ووفقا لأهدافها المسطرة التي أنشئت لأجلها، والتي تختلف باختلاف المنظمة. فنجد من الشروط قسمان: شروط شكلية وشروط موضوعية. أما الأولى فتمثل الشروط التي يجب استيفاؤها للانضمام للمنظمة، وتشمل تقديم طلب رسمي والحصول على موافقة الأجهزة المختصة. أما الشروط الموضوعية فهي الشروط التي يجب توافرها في الدولة التي ترغب بالانضمام لعضوية المنظمة. ومن أهمها ضرورة توفر ما يعرف برابطة التضامن، وهي الرابطة التي تجمع الدولة المتقدمة للانضمام بأعضاء المنظمة الدولية. وبالرجوع لميثاق منظمة الأوبك نجده يفوض جهاز المؤتمر بأمر الموافقة على طلب العضوية (محمود، صفحة 884). كما وأنه لا يحوي شروط والزامات تفصيلية تم فرضها على الدول الأعضاء. غير أنه يمكن ويمكن استنتاجها وإيجاز بعضها فيما يلي:

إن لمنظمة الأوبك صنفان من الأعضاء، كاملو العضوية والأعضاء المؤسسون. الأعضاء المؤسسون هم الأعضاء الخمس موقعو وثيقة إنشاء المنظمة، أما كاملو العضوية هم المؤسسون والدول الموافق على طلب انتسابها (ماضي، 2016، صفحة 152).

- ضرورة الالتزام بأهداف المنظمة من قبل الدول الأعضاء، والعمل على تحقيقها دون عرقلتها.

- يتوجب على الدول الأعضاء الامتناع عن تقبل أي محاباة من طرف الشركات الكبرى أو الأطراف الخارجية، التي تسعى لزيادة الصادرات أو الأسعار. وذلك تماشيا وقرارات منظمة الأوبك وتوجيهاتها (العايب م.، 2019، صفحة 244).
- وحسب ما ورد في المادة 7 الفقرة 03 التي نصت على إمكانية قبول عضوية أي دولة عضوية كاملة بشرط أن تكون مصدرة لكمية وفيرة من النفط الخام ولها مصالح مماثلة لمصالح الأعضاء. وأن يلقى طلبها بالعضوية موافقة كل الأعضاء المؤسسين وموافقة ثلاثة أرباع الأعضاء كاملي العضوية (شكاكطة ، 2015، صفحة 38).
- يسمح للأعضاء المشاركين حضور أي اجتماع يتم دعوتهم له من قبل المؤتمر أو مجلس المحافظين، وأيضا لأي اجتماع استشاري آخر. حيث يتمكنون من المشاركة في المداولات دون أن يتمتعوا بحق التصويت ولكن لها يحظون بالحق في الاستفادة من جميع التسهيلات التي توفرها الأمانة العامة (قصري و كرمة، 2019، صفحة 63).
- يمكن لدولة عضو المطالبة بعقد دورة استثنائية إضافة إلى الدورتين العاديتين للمؤتمر وذلك فقط عن طريق اشعار الأمانة والرئيس بموافقة الأغلبية من الأعضاء.
- يجب على أي عضو راغب في الانسحاب من عضوية المنظمة إبلاغ المؤتمر بذلك مسبقا (شكاكطة ، 2015، صفحة 37).

المطلب الرابع: الأوابك وعلاقتها بمنظمة الأوبك

سعيا من الدول العربية للحفاظ على الثروة النفطية واستثمارها في تحقيق التنمية باعتبارها مصدر رئيسي لدخل هذه الدول، قامت بانشاء منظمة متخصصة في المجال النفطي ذات طابع دولي تحت مسمى منظمة الدول العربية المصدرة للنفط.

أولا: نشأة منظمة الدول العربية المصدرة للنفط "أوابك" *

في أعقاب مؤتمر القمة العربي الذي عقد في 29 أوت 1967 بالخرطوم، أنشئت منظمة الدول العربية المصدرة للنفط "أوابك" كمنظمة عربية إقليمية ذات طابع دولي بموجب اتفاقية أبرمت في 9 جانفي 1968 ببيروت بين كل من: المملكة العربية السعودية، دولة الكويت ودولة ليبيا (المملكة الليبية آنذاك)، وتم الاتفاق على أن تكون دولة الكويت مقرا للمنظمة، وبعد تعديل الاتفاقية فسح المجال أمام دول عربية

* Organization of Arab Petroleum Exporting Countries "OAPEC"

أخرى للانضمام إلى عضويتها (سهلي، 2017، صفحة 109)، ففي سنة 1970 انضم إلى المنظمة كل من الجزائر، البحرين، قطر والامارات، ثم في سنة 1972 انضم كل من العراق وسوريا، وانضمت مصر سنة 1973، وتونس سنة 1982 ولكن عضويتها معلقة منذ سنة 1986 (لبعل، 2017، صفحة 86).

ثانيا: أهداف منظمة الأوابك

تكمن الأهداف الرئيسية وراء انشاء المنظمة فيما يلي:

- تحقيق التعاون بين الدول الأعضاء في مختلف أوجه النشاط الاقتصادي في صناعة النفط، وتوثيق العلاقات فيما بينهم.
- توحيد الجهود لتأمين وصول الامدادات النفطية إلى الأسواق العالمية بشروط عادلة ومعقولة.
- المحافظة على مصالح الدول الأعضاء في المنظمة وإقامة شركات في مجال الصناعة النفطية (عمراني، أثر تقلبات أسعار النفط على النمو الاقتصادي –دراسة مقارنة بين الجزائر و العراق– الفترة بين سنة 2000/ 2019(أطروحة دكتوراه)، 2020، الصفحات 52– 53).
- اتخاذ الاجراءات الكفيلة بتنسيق السياسات النفطية الاقتصادية لأعضاء المنظمة.
- مساعدة الأعضاء على تبادل الخبرات والمعلومات وترك فرص العمل والتدريب لمواطني الدول الأعضاء التي تتوفر فيها الامكانيات (بالقط ، 2022، صفحة 32).

ثالثا: أجهزة منظمة الأوابك

تمارس المنظمة اختصاصاتها من خلال أربعة أجهزة تتمثل في:

- **مجلس الوزراء:** يعتبر السلطة العليا في المنظمة، يقوم بتحديد السياسة العامة للمنظمة ووضع قواعد تسييرها وتوجيه نشاطها (أبواصبع، 2007، صفحة 44).
- **المكتب التنفيذي:** يتكون من ممثل واحد عن كل دولة من الدول الأعضاء تعينه الدولة المعنية، ويختص بالنظر في الشؤون المتعلقة بتطبيق اتفاقية انشاء المنظمة وممارسة هذه الأخيرة لنشاطاتها واختصاصاتها.
- **الأمانة العامة:** تتكون من الادارات واللجان التي تحددها اللوائح، وتضطلع بالجوانب التخطيطية والادارية والتنفيذية لنشاط المنظمة وفقا لتوجيهات مجلس الوزراء، ومقر الأمانة العامة هو مقر منظمة أوابك ويتولى ادارتها الأمين العام (النقي، 2016، الصفحات 16– 18).
- **الهيئة القضائية:** تنظر في المنازعات المتعلقة بتفسير وتطبيق اتفاقية المنظمة، وتنفيذ الالتزامات التي يمكن أن تنشأ عنها، وكذا النظر في المنازعات التي تنشأ بين أعضاء المنظمة في مجال

نشاط النفط على أن لا يتعلق ذلك بالسيادة الاقليمية لأي دولة من دول الأعضاء (شويب، 2021، صفحة 62).

رابعا: علاقة الأوبك بالأوابك

يتمثل الفرق بين منظمة الدول المصدرة للنفط "أوبك" ومنظمة الدول العربية المصدرة للنفط "أوابك" في الأهداف والاختصاصات، فالهدف الرئيسي لمنظمة الأوبك يتمثل في مجالي الانتاج والتسعير، حيث أنها تتابع مستويات الطلب بأسواق النفط والتنسيق في مجال الانتاج للعمل على استقرار الأسواق، كما تتكلف بتحويل النفط إلى موارد مالية، بينما الهدف الأساسي لمنظمة "أوابك" هو تحقيق التعاون بين الدول الأعضاء في مختلف النشاطات النفطية ولا تتدخل في سياسات التسعير والانتاج، ودعم الصناعة النفطية في دولها الأعضاء وتحقيق أوثق العلاقات فيما بينها في هذا المجال. إضافة إلى ذلك تنص المادة الثالثة من اتفاقية منظمة الأوابك على أن أهداف الأوابك لا تتعارض أبدا مع أهداف الأوبك حيث أن جميع أعضاء الأوابك ملتزمون بقرارات الأوبك المصادق عليها، وعليهم العمل بموجبها حتى إن لم يكونوا أعضاء فيها (ماضي، 2016، صفحة 169).

على الرغم من وجود فارق كبير بين أهداف كل منهما، يوجد علاقة تربط بين المنظمتين، تأتي هذه العلاقة لوجود سبعة أعضاء من منظمة "أوابك" هم أعضاء أيضا في منظمة "أوبك"، إضافة إلى مصر التي تشارك كمراقب في اجتماعات منظمة "أوبك". وقد شهدت صناعة النفط في دول المنظمة تطورات متلاحقة في مختلف المجالات، الأمر الذي ساهم في تدعيم مكانة المنظمة وتفعيل دورها في سوق النفط العالمي (دريسي، 2013، صفحة 65).

كما نصت المادة الثانية من نفس الاتفاقية على أن الأوابك تسعى إلى حماية مصالح أعضائها المشروعة في صناعة النفط ضد أي محتكرين سواء من الدول الصناعية أو الشركات الكبرى دون أن تضر بمصالح الأطراف الفاعلة الأخرى وهو نفس الأمر الذي تقوم عليه منظمة الأوبك.

في الأخير يمكن القول أن منظمة الأوابك هي جزء من الأوبك على الرغم من أنها تتمتع بصفة مستقلة وقانونية، فهي تعتبر امتدادا لها من خلال التزامها بقوانينها والمواد التي تنظمها (عمرون، أثر تقلبات أسعار النفط على الإنفاق الحكومي في الجزائر –دراسة قياسية(2000– 2020) (أطروحة دكتوراه)، 2023، صفحة 75).

خلاصة

يُعدّ النفط العمود الفقري لاقتصاد أغلب دول العالم ومن بين أهم مصادر الطاقة. إلا أنه كسلعة ذات مزايا وخصائص عديدة يعتبر الأكثر جدلا في التاريخ الاقتصادي الحديث. الأمر الذي جعله يحظى ويشهد إقبالا كبيرا على طلبه، خاصة مع بروز أطراف عالمية تنافست على احتكاره وفرض هيمنتها عليه. فتحكمت في استخراجه، توزيعه، انتاجه وأسعاره وغير ذلك. بهدف تشكيل قوة اقتصادية، سياسية وفرض السيطرة على مختلف المعاملات النفطية، مع الأخذ بالاعتبار فكرة المحافظة على الثروة للأجيال القادمة.

كل هذا كان يتم ولا يزال في موطن نزاع الأسواق العالمية، التي شكلت نظاما اقتصاديا معقدا خاضعا لقانون العرض والطلب، يتسم بالاضطرابات والتقلبات الشديدة في أسعاره الحساسة والمتأثرة بجملة عوامل اقتصادية، سياسية، مناخية ....إلخ.



الفصل الثاني: الإطار العام للذكاء الاصطناعي



تمهيد

شهدت السنوات الماضية تطورات جد ملحوظة في المجال التقني والتكنولوجي والتي تخدم بدورها مختلف المجالات والتخصصات الأخرى، حيث عرف حقل تكنولوجيا المعلومات تقدما هائلا، وأصبح عالمنا اليوم يتميز بكل ما هو جديد وعلمي. ويعتبر المجال الاقتصادي أكثر الميادين مسايرة لهذه التغيرات، ومن أبرز المداخل التي ظهرت في الآونة الأخيرة ما يسمى بالذكاء الاصطناعي الذي يعتبر نقطة تحول كبيرة في تاريخ البشرية، نظرا لما قدمه من طرق جديدة وحديثة في عمليات التسيير والإدارة في مختلف الميادين والتخصصات. وجاء نتيجة خبرات وأبحاث لكثير من المفكرين والذي يهدف في الأساس إلى تقديم كل ما يرغب به الفرد من معلومات وبرامج جد متطورة تمكنه من تحقيق الأفضل.

ومع تعمق الباحثين في فهم آلية التفكير البشري وكيفية معالجته للمعلومات وتخزينها واسترجاعها والاعتماد على أسلوب المحاكاة في حل هذه المشاكل، تمّ التوصل إلى هيكلة مترابطة لبنية برمجية سميت بالشبكات العصبية الاصطناعية. وهي أحد أهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي. وقد اكتسبت شعبية كبيرة بسبب قدرتها على التعلم والاستنتاج والتعميم من بيانات التدريب. سوف نستخدم مصطلح الشبكات العصبية للإشارة إلى الشبكات العصبية الاصطناعية بدلا من الشبكات البيولوجية. كما أسهم تطور خوارزميات التعلم الآلي والتعلم العميق في العقود الأخيرة في زيادة القدرة على معالجة أكبر قدر من البيانات.

عمدنا إلى تقسيم هذا الفصل إلى ثلاثة مباحث، حيث تناولنا في المبحث الأول مدخل عام إلى الذكاء الاصطناعي، وركّزنا في المبحث الثاني على الشبكات العصبية الاصطناعية وفي الأخير تطرقنا إلى إبراز العلاقة بين خوارزميات الذكاء الاصطناعي، التعلم الآلي والتعلم العميق في المبحث الثالث.

المبحث الأول: مدخل عام للذكاء الاصطناعي

إن التطورات المتلاحقة في علوم الحاسوب وبرمجياته خلال السنوات العشرين الأخيرة كانت ذات سرعة كبيرة فاقت باقي التطورات في العلوم الأخرى. فمن التطورات الكبيرة والحديثة في البرمجيات هو ما يطلق عليه الذكاء الاصطناعي وهذا ما سنتطرق له في مبحثنا هذا.

المطلب الأول: نشأة، تطور ومفهوم الذكاء الاصطناعي

1. نشأة وتطور الذكاء الاصطناعي

بالرغم من كون الذكاء الاصطناعي حقلا حديثا نسبيا، إلا أن حدوده ترجع للتطور التاريخي لجملة من الميادين كالفلسفة، الرياضيات، الحوسبة، اللسانيات...وغيرها. هذه الميادين المختلفة شكلت ركيزة لهذا العلم غرضها تطوير نظم حاسوبية تستطيع أن تفكر، ترى، تسمع، تمشي، تتحدث وتشعر (غالب، أساسيات نظم المعلومات الإدارية وتكنولوجيا المعلومات، 2008، صفحة 375).

ترجع أولى بدايات الذكاء الاصطناعي إلى الفلسفة والخيال، انطلاقا من "**هوميروس**" وفكرة طاولات بثلاث قوائم تتنقل وحدها لخدمة الآلهة على العشاء، " **فريني ديكارت**" واهتمامه بالرجل الميكانيكي كصورة بيانية أكثر من كونها احتمالا حقيقيا. كما طرح هؤلاء الفلاسفة وغيرهم فكرة إمكانية وجود آلات ذكية كأداة أدبية تحدد معنى الإنسانية (Bruce, 2006, p. 53).

انتقالا إلى القرن 16 ظهر حلم الآلات المحاكية للأنشطة الإنسانية ميكانيكيا. حيث اخترع "**باسكال**" (1623م- 1662م) أول آلة حاسبة تقوم بالعمليات الرياضية والهندسية. كما سعى فوكانسون (1709م-1782م) لخدمة الآمال الفلسفية، وجسد فكرة ديكارت " الحيوان الآلة" من خلال اخترعه لببغاء قادر على السباحة، تحريك الجناحين وأكل البذور سنة1738م (غازي، 2007، صفحة 52).

للعلم أشارت بعض الدراسات إلى تقسيم محدد لتاريخ الذكاء الاصطناعي وفقا للحقب الأساسية للتاريخ الأوروبي*، حيث شكلت فترة الخمسينيات أولى مراحل هذا العلم، وهذا بعد أن تم إعداد نماذج آلية قادرة على اصدار سلوك بسيط غير أنها لم تنجح في محاكاة السلوك المعقد للإنسان أو للحيوان (زين، 2000، صفحة 23). وكذا بعد ظهور أولى أعمال الذكاء الاصطناعي المتمثلة في نشاط كل

* أنظر الملحق 02: الجدول رقم (1.2) تاريخ الذكاء الاصطناعي

من**"Warren McCulloch"**و**"Walter Pitts"** سنة 1943م الذي اقترحا فيه نموذجا للخلايا العصبية الاصطناعية، التي تعمل وتتوقف وتستجيب للتحفيز من قبل عدد كاف من الخلايا العصبية المجاورة. وتمكنا كذلك من طرح فكرة أن الشبكات المحددة بدقة يمكنها التعلم (Russel & Norvig, 2016, p. 16). أما فيما يخص مصطلح " الذكاء الاصطناعي" فقد طرحه لأول مرة العالم **" John McCarthy"*** بالمؤتمر الذي عقد في كلية Dartmouth سنة 1956م (مالكي و شنيني، 2022، صفحة 344).

تليها فترة الستينات التي قدم فيها الباحثون توقعات تفاؤلية حول سيطرة الآلة أمثال سيمون سنة1965م، الذي توقع أن الآلة ستتمكن من القيام بأي عمل بشري بعد عشرين عاما (شنبي و بن لخضر، 2022، صفحة 460).كما أكد الباحثون بتطويرهم لخوارزميات لحل المسائل الرياضية والهندسية، وعملوا على تعلم رؤية الآلة** وتطوير التعلم الذاتي وتصميم الروبوتات (هذلي و شيخ، 2022، صفحة 849). ومن أمثلة ذلك برنامج Weizenbaum Eliza الذي صنع لإجراء حوار مع الناس بلغة طبيعية سنة 1969م (Wolfgang , 2017, p. 6).

في السبعينات ظهرت تقنيات حاسوبية جديدة تعالج تطبيقات مختلفة ساهمت في نقل الذكاء البشري للبرمجيات. وشملت هذه التقنيات النمذجة الرمزية (Symbolic Processing)، وميكانيكيات معالجة القوائم (List Processing Mechanisms) (الشرقاوي، الصفحات 27– 28).

أما ثمانينات القرن الماضي فقد شهدت ولادة التعلم العميق الذي يعد دماغ الذكاء الاصطناعي، ومحور معظم أبحاثه الحديثة. مع إحياء لأبحاث الشبكات العصبية من طرف كل من John Hopfield وDavid Rumelhart. لتعود أبحاث هذا العلم لمنحاها الصحيح بعد العديد من مبادرات التمويل اليابانية

---

* John McCarthy : هو عالم حاسوب أمريكي، حصل سنة 1971م على جائزة تيورينج لمساهمته الكبيرة في علم الذكاء الاصطناعي. يعتبر مخترع لغة LISP سنة 1958م. كما اخترع أسلوب جمع المواد غير المستخدمة سنة 1959م (عفيفي، 2014، صفحة 22).

** رؤية الآلة وعلم الرؤية هي الرؤية الحاسوبية وهي دراسة الطرق والتقنيات والأجهزة التي يمكن من خلالها بناء أنظمة الرؤية الاصطناعية للتطبيقات العلمية. وفي الآونة الأخيرة أدى التطور في أجهزة الحاسوب إلى تقارب في استخدام هذه المصطلحات (Davies, 2012, p. 13).

والأمريكية. لكنها لم تدم على وتيرتها مع نهاية هذه الحقبة نتيجة توقف مصنعي أجهزة الكومبيوتر المركزي عن إنتاج الأجهزة الموجهة للذكاء الاصطناعي (Smith, 2018, pp. 10- 11).

شهدت التسعينات تركيزا كبيرا للعلماء على الشبكات العصبية. كما لقيت مختلف مجالات الذكاء الاصطناعي تقدما كبيرا كمجال التعلم الآلي، واستخراج البيانات– زاحف الأنترنت(الويب) ويعرف هذا الأخير بكونه روبوت يستعرض الويب بشكل منهجي لاستخراج البيانات من الأنترنت. تم دعمه من طرف عدة شركات أمثال Google،Facebook .. (موسى و بلال، 2019، الصفحات 37– 40)

تسارعت وتيرة تطور الذكاء الاصطناعي مع بداية القرن الحادي والعشرين، ووصلت المركبات التفاعلية إلى المتاجر، في الوقت الذي أصبحت فيه الروبوتات قادرة على التفاعل مع المشاعر وتعابير الوجه والقيام بمهمات صعبة (ميرة و كاطع، 2019، صفحة 299). من أمثلة ذلك يد روبوتيك شبيهة باليد البشرية، دربتها شركة Open AI سنة 2019م للتعامل مع الأشياء المادية بمهارة غير مسبوقة. كما تم في نفس السنة طرح نموذج لغوي واسع النطاق غير خاضع للإشراف سمي بـGPT-25 يقوم بإنشاء فقرات متماسكة من النص، ويؤدي فهما أوليا للقراءة والترجمة الآلية والإجابة على الأسئلة، كل ذلك بدون تدريب خاص (Joint Research Centre (JRC), 2020, p. 14).

2. مفهوم الذكاء الاصطناعي:

يعد الذكاء الاصطناعي"Artificial Intelligence" (AI) دراسة للسلوك الذكي في البشر والحيوانات والآلات، كما يمثل محاولة لإيجاد طرق يمكن من خلالها إدخال مثل هذا السلوك على الآلات الاصطناعية (ويتباي، 2008، صفحة 15). ويختلف علماء الذكاء الاصطناعي حول تعريفهم لهذا العلم بسبب غموض مفهوم الذكاء (الكردي و العبد، 2003، صفحة 241).

يتكون مصطلح الذكاء الاصطناعي من كلمتين هما الذكاء والاصطناعي ولكل منهما معنى، فالذكاء حسب قاموس Webster هو القدرة على إدراك وفهم الظروف وتعلم الحالات الجديدة والمتغيرة. أي أن مفاتيح الذكاء هي الإدراك، الفهم والتعلم (غالب، 2008، صفحة 117). كما عرف الذكاء أيضا بأنه مجموع القدرات والإمكانيات التي يستخدمها الفرد لمواجهة المواقف أو الظروف الصعبة. فهو يتميز بالسرعة في ردود الأفعال واتخاذ القرار الأنسب بالاعتماد على الدقة في فرز المعلومات واختيار أفضلها (بتغة، 2017، صفحة 100). في حين تتعلق كلمة الاصطناعي بالفعل يصطنع وتشكيل الأشياء دون تدخل

الإنسان وبصورة طبيعية (كافي، 2016، صفحة 184). ويستخدم مصطلح "اصطناعي" وليس "صناعي" لأن الآلة سوف تصطنع الذكاء وتحاكيها ولا يمكنها صناعة هذا الذكاء، لذلك فالعملية هي اصطناع وليست صناعة (الصباح، 1998، صفحة 128). وعليه، فالذكاء الاصطناعي هو الذكاء الذي يصطنعه الإنسان في الآلة أو الحاسوب (كافي، 2016، صفحة 184).

يوجد العديد من العلماء الذين تطرقوا لتعريف الذكاء الاصطناعي نذكر من بينهم:

John McCarthy (جون مكارثي): عرف الذكاء الاصطناعي بأنه علم وهندسة صناعة الآلات الذكية "The science and engineering of making intelligent machine"، بالاعتماد على دراسة وتصميم أنظمة ذكية (سباع، يوسفي، و ملوكي، 2018، صفحة 33)، ليصف مقدرة الحاسب الآلي على القيام بوظائف تحاكي العقل البشري (موسى ن.، 2011، صفحة 197).

Elaine Rich:* الذكاء الاصطناعي هو دراسة تصميمية لغرض فهم الذكاء البشري من خلال برامج الحاسوب للقدرة على تقليد السلوك البشري (الجابر، 2008، صفحة 114).

Rolston (رولستون): الذكاء الاصطناعي عبارة عن حلول تعتمد على الكمبيوتر للمشاكل الأكثر تعقيدا من خلال عمليات تطبيقية مشابهة للتفكير البشري (ملوخية، 2006، صفحة 274).

حيث يتفق العديد من الخبراء على أن الذكاء الاصطناعي يهتم بفكرتين أساسيتين:

الأولى: أنه يشمل دراسة مراحل الفكر عند الإنسان، لفهم ماهية الذكاء.

الثانية: يتناول ما تمثله هذه العمليات من خلال أجهزة الكمبيوتر والروبوتات (الجبوري و سلمان، 2016، صفحة 420).

في الأخير يمكننا القول أن الذكاء الاصطناعي (AI) يشير إلى أنظمة الكمبيوتر أو الأجهزة أو الآلات التي تحاكي الذكاء البشري لأداء المهام، والقادرة على التفكير والفهم والتعلم والاستنتاج والتكيف

* Elaine Alice Rich: (17فيفري1928 – 31أكتوبر2012) إيلين أليس ريتش عالمة كمبيوتر أمريكية، اشتهرت بكتبها المدرسية حول الذكاء الاصطناعي ونظرية الأوتوماتا وأبحاثها حول نمذجة المستخدم، تحصلت على درجة الدكتوراه في علوم الكومبيوتر من جامعة Carnegie-Mellon سنة1979م، تقاعدت كمحاضر بارز متميز من جامعة تكساس في أوستن (Rich, Knight, & Nair, 2009, p. III).

واتخاذ القرارات بسرعة وصورة عالية الكفاءة بعد جمع ومعالجة وتحليل كميات هائلة من البيانات (بوبعاية و الوافي، 2021، صفحة 355).

المطلب الثاني: خصائص وأهداف الذكاء الاصطناعي

1. خصائص الذكاء الاصطناعي:

يتمتع الذكاء الاصطناعي بالعديد من الخصائص أهمها:

- **التمثيل الرمزي (symbolic representation):** عموما، برامج الذكاء الاصطناعي تستخدم أكواد غير رقمية وهو ما يتعارض مع حقيقة أن أجهزة الكمبيوتر تعتمد على الرقمين (0, 1)، لكن هذا لا يمنعها من القدرة على إجراء عمليات حسابية (جباري، 2017، صفحة 123).
- **الاجتهاد (heuristics):** تتصف برمجيات الذكاء الاصطناعي بعدم وجود حل خوارزمي محدد ومعروف للمشاكل التي تعالجها، لذلك يجب الاجتهاد والحرص على اختيار طرق الحل المناسبة مع إمكانية تغيير الحلول في حالة عدم كفاءة الطريقة الأولى (المنصوري و الطحيطاح، 2021، صفحة 88).
- **احتضان المعرفة وتمثيلها (Knowledge representation):** يجب أن يمتلك بناء برامج الذكاء الاصطناعي قاعدة كبيرة من المعرفة تعبر عن التطابق بين العالم الخارجي والعمليات الاستدلالية الرمزية بالحاسب (شنبي و بن لخضر، 2022، صفحة 463).
- **البيانات المتضاربة:** لعل أهم سمات برمجيات الذكاء الاصطناعي هي قدرتها على التعامل مع بيانات قد تتناقض بعضها ببعض، وهذا ما يسمى بالبيانات المتناقضة ونعني بها البيانات التي يشوبها بعض الأخطاء (بونيه، 1993، صفحة 17).
- **المعلومات غير الكاملة (imperfect information):** تتسم برامج الذكاء الاصطناعي بالوصول إلى حلول للمشكلات حتى في حالة عدم وجود المعلومات من لحفظ الأهداف وكذلك القدرة على اتخاذ القرارات في حالة عدم اليقين (جباري، طرق اتخاذ القرار باستخدام الذكاء الاصطناعي: دراسة مقارنة للتنبؤ بالطاقة الكهربائية لولاية تلمسان باستعمال الشبكات العصبية الاصطناعية(أطروحة دكتوراه)، 2016، صفحة 70).

- **البحث التجريبي:** هدف الذكاء الاصطناعي هو إيجاد حلول لمشاكل لا يمكن حلها تبعا لخطوات منطقية محددة، إذ يتبع فيها أسلوب البحث التجريبي، وتتطلب هذه الطريقة توفر سعة تخزين كبيرة في الحاسب، وتعد سرعة الحاسب أحد العوامل المهمة لعرض ودراسة الاحتمالات الكبيرة (المهندس، 1994، صفحة 33).
- **القدرة على التعلم (The ability to learn):** تعتبر إحدى مميزات السلوك الذكي، وسواء كان التعلم بالنسبة للبشر بالملاحظة أو بالاستفادة من أخطاء الماضي فإن برامج الذكاء الاصطناعي يجب أن تعتمد على استراتيجيات لتعلم الآلة (يعقوب اليونس، 2012، الصفحات 44- 45).
- **الاستجابة الآنية:** أي سرعة التحليل والاستجابة بغض النظر عن كمية وطبيعة وحجم البيانات (العاقل و قاشي، 2021، صفحة 43).

كما تتمثل بعض سمات الذكاء الاصطناعي في القدرة على القيام بما يلي:

- التعامل مع الحالات المعقدة والصعبة والمواقف الغامضة في حالة غياب المعلومات.
- التمكن من الإبداع والتصور وفهم الأمور المرئية وإدراكها.
- حل المشاكل عند نقصان المعلومات الهامة.
- استخدام التجربة والخطأ لاستكشاف الأمور المختلفة والتصرف بشكل سريع مع الحالات والظروف الجديدة (النجار، 2010، الصفحات 169- 170).
- تمييز الأهمية النسبية لعناصر الحالات المعروضة وتقديم المعلومة لدعم القرارات الإدارية.
- التعلم والاستفادة من التجارب السابقة (زهواني، 2022، الصفحات 13- 14).
- الإدراك والتفكير، اكتساب المعرفة وتطبيقها، و استخدام الخبرات القديمة وتوظيفها في مواقف جديدة (مقاتل و حسني، 2021، صفحة 114).

2. أهداف الذكاء الاصطناعي

يتباين هدف الذكاء الاصطناعي حسب استخداماته، فقد تخدم أهدافه المجال التكنولوجي، الزراعي، التعليمي، وحتى المجال الطبي...وغيرها، والتي جميعا تصب في غاية واحد هي خدمة الإنسان وتذليل الصعاب التي تعترضه في مختلف جوانب الحياة (الأسطل، عقل، و الأغا، 2021، صفحة 747).

من زاوية أخرى يكمن هدف هذا العلم في التمكن من محاكاة السلوك الإنساني المتسم بالذكاء باستخدام برامج الحاسب الآلي، ونعني بذلك قدرة تلك البرامج على حل مختلف المسائل واتخاذ القرارات

(عليه، 2021، صفحة 132). علاوة على ذلك يمكن أن نذكر هنا أهداف أخرى ذكرها بعض الباحثين تتمثل فيما يلي:

- خلق ذكاء بدون النظر في أي خصائص بشرية (Chowdhary, 2020, p. 4).
- فهم ماهية الذكاء وتحويله لتقنية حاسوبية (عثامنية، 2019، صفحة 14).
- جعل الأجهزة أكثر فائدة (السالمي، 1999، صفحة 56).
- فهم مختلف العمليات الذهنية المعقدة للعقل البشري خلال ممارسته للتفكير (سباع، يوسفي، و ملوكي، 2018، صفحة 33).
- تمثيل المعرفة، تخزينها وتحليلها (الراوي و الصراف، 2020، صفحة 195).
- العمل على تخزين القواعد المنهجية بغية التعامل مع هذه المعرفة والحصول على حقائقها.
- إنشاء خبرات ومعارف جديدة وتطويرها (الجابر، 2008، صفحة 114).
- الاستثمار الأمثل للمعرفة، للخبرات التطبيقية والعلمية، وتجاوز مختلف المشاكل من تلف ونقص ونسيان...إلخ.
- استخدامه كوسيلة لاكتساب المعارف الإنسانية المتراكمة، المحافظة عليها ومن ثم تحديثها واستثمارها في حل المشكلات (غالب، تحليل وتصميم نظم المعلومات، 2005، صفحة 21).

خلاصة القول، يذكر الباحثون أنه من الصعوبة بمكان تحديد هدف رئيس للذكاء الاصطناعي لكنهم أشاروا إلى أنه يتمثل في تقديم تفسير علمي كامل لذكاء البشر والحيوانات والآلات، مع توضيح المبادئ المشتركة المميزة في الأنواع الثلاث جميعها (ويتباي، 2008، صفحة 31).

المطلب الثالث: أنواع الذكاء الاصطناعي والفرق بينه وبين الذكاء البشري

أولا: أنواع الذكاء الاصطناعي

عامة يمكن تقسيم أنواع الذكاء الاصطناعي إلى ثلاثة أنواع رئيسية تتراوح ما بين رد الفعل البسيط إلى الإدراك إلى التفاعل الذاتي على النحو التالي:

1. **الذكاء الاصطناعي الضعيف (المحدود أو الضيق):** يعتبر أبسط الأنواع، يبرمج للقيام بوظائف معنية داخل البيئة المحددة له، ويتفاعل بشكل محدود والعالم الخارجي عن طريق ردود فعل مبرمجة

مسبقا (الطوخي، 2021، صفحة 80).من أمثلته خدمات الاستجابة الصوتية الفردية التي يقوم بها برنامج SIRI في شركة Apple وAlexa في شركة Amazon (Hussain, 2018, p. 838).

2. **الذكاء الاصطناعي القوي:** يمكن له محاكاة السلوك الحقيقي للإنسان بوعي والنجاح في أداء مهامه الفكرية، وأيضا يستطيع اتخاذ القرارات وحل المشكلات بشكل عام دون التقيد ببيئة محددة (الشريف و خشايمية، 2021، صفحة 235).يعمل هذا النوع على جمع البيانات وتحليلها وتحويلها إلى معلومات مفيدة تعكس ما اكتسبه من خبرات، وتؤهله لاتخاذ قرارات ذاتية مستقلة. من أمثلة ذلك روبوتات الدردشة الفورية، السيارات ذاتية القيادة (عقراوي و الفخري، 2019، صفحة 135).

3. **الذكاء الاصطناعي الخارق (الفائق):** وهو الذي من المتوقع وصوله لمراحل يتفوق فيها على الذكاء البشري انطلاقا من الإبداع، إلى الحكمة العامة، ثم حل المشكلات بفاعلية (أحمد، 2019، صفحة 28). ويمكن التمييز بين نمطين أساسيين هما:

- **الأول:** يركز على فهم الأفكار والانفعالات البشرية التي تؤثر على سلوك الإنسان، ويملك قدرة محدودة على التفاعل الاجتماعي (بوزرب و سحنون، 2019، صفحة 155). مثل روبوت صوفيا الذي يستطيع التحليل والاستنتاج وطرح الأسئلة والإجابة (شاكي و بوخاري، 2021، صفحة 217).
- **الثاني:** فهو نموذج لنظرية العقل، يمكنه التعبير عن حالته الداخلية والتنبؤ بمشاعر ومواقف الآخرين والتفاعل معهم. ويتوقع أن تكون هي الجيل القادم من الآلات فائقة الذكاء (شتوح و عمار، 2019، صفحة 134).

ويمكن أيضا تصنيف الذكاء الاصطناعي حسب وظائفه إلى أربعة أنواع:

- **الآلات التفاعلية:** وهو الأبسط ويفتقر للقدرة على التعلم.
- **الذاكرة المحدود:** يمكنه تخزين البيانات والمعلومات لكن لفترة محدودة.
- **نظرية العقل:** يركز على قدرة الآلة للمشاعر البشرية، والتفاعل والتواصل مع الأشخاص.
- **الإدراك الذاتي:** يعتبر من التوقعات المستقبلية، حيث يتكون لدى الآلة وعي ذاتي ومشاعر خاصة. الأمر الذي يمكنها من التفوق على الذكاء البشري (الشريد و السامرائي، 2021، صفحة 161).

ثانيا: الفرق بين الذكاء الاصطناعي والذكاء البشري

لمعرفة الفرق بين الذكاء الاصطناعي والذكاء البشري لابد من معرفة المقصود بالذكاء الإنساني، فهو قدرة الإنسان على التحليل والتخطيط والاستنتاج وسرعة التعلم، أي أنه مرتبط بالقدرات العقلية للبشر (صيهود، 2022، صفحة 78). و يعرف أيضا على أنه عبارة عن المعرفة والخبرة الكامنة لدى الإنسان التي اكتسبها من خلال التعلم والتجربة وقام بتنميتها وتطويرها بالإضافة إلى الميزة والقدرة الذهنية التي وهبه الله إياها (مذكور ، 2019، صفحة 92).

وعليه، يمكن توضيح الفرق بين الذكاء الاصطناعي والذكاء البشري في الجدول التالي:

الجدول رقم (2.2): الفرق بين الذكاء الاصطناعي و الذكاء البشري

الخصائص	الذكاء البشري	الذكاء الاصطناعي
القدرة على استخدام الحواس: اللمس، الشم، العيون....	عالية	منخفضة
القدرة على التخيل	عالية	منخفضة
القدرة على التعلم من الخبرة	عالية	منخفضة
القدرة على التكيف	عالية	منخفضة
القدرة على تحمل اكتساب الذكاء	عالية	منخفضة
القدرة على اكتساب مصادر مختلفة للمعلومات	عالية	منخفضة
القدرة على اكتساب مقدار كبير من المعلومات الخارجية	عالية	عالية
القدرة على القيام بالحسابات المعقدة	منخفضة	عالية
القدرة على نقل المعلومات	منخفضة	عالية
القدرة على القيام بسلسلة من الحسابات بسرعة ودقة	منخفضة	عالية

المصدر: (نجم، 2008، صفحة 377).

من خلال الجدول السابق نستنتج الفرق بين كل من الذكاء الإنساني والذكاء الاصطناعي، فالذكاء الإنساني يتميز بالقدرة على الحس والتخيل والإبداع، بينما الذكاء الاصطناعي له القدرة على القيام بالحسابات المعقدة ونقل المعلومات بكل سهولة وسرعة فائقة في حين يتطلب ذلك جهد ووقت لدى الإنسان.

ويمكننا أيضا التمييز بين الذكاءين من خلال الجدول الموالي:

الجدول رقم (3.2): الفرق بين الذكاء الاصطناعي والذكاء الإنساني

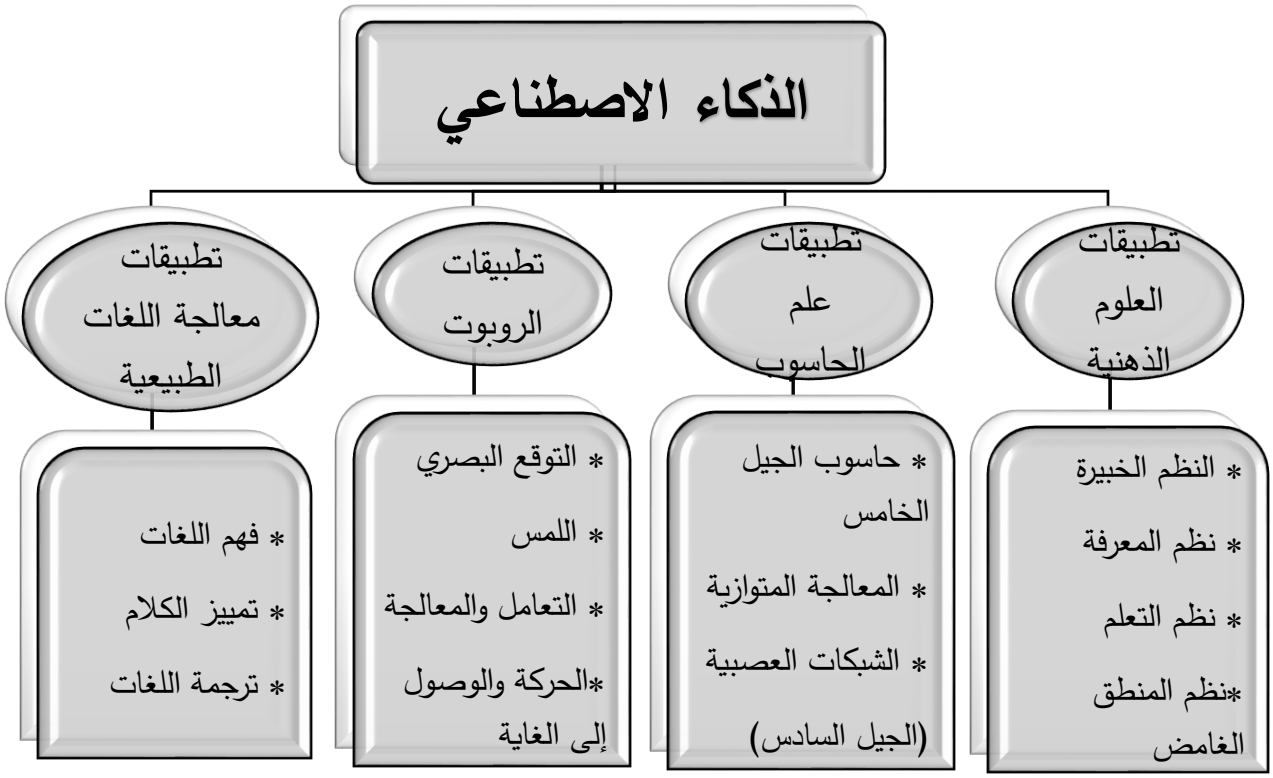
الذكاء الاصطناعي	**الذكاء الطبيعي البشري**
أكثر سرعة في تنفيذ المهمات الصعبة	أقل سرعة في تنفيذ المهمات الصعبة
قد يصبح أقل تكلفة في المستقبل	الاستثمار في تدريب قدرات الأفراد العقلية قد يحتاج تكلفة أكثر
تتحدد قدرته على معالجة المعلومات في ضوء مقارنة المدخلات مع ما تم تخزينه فقط من المعلومات	لديه القدرة على الربط والمقارنة والاستدلال والتعميم
سهولة خزن المعلومات الهائلة وتحديثها بوقت موجز	يحتاج الخزن إلى معالجة وترميز وهذا يتطلب وقتا أطول
يسعى إلى أن يكون خلاقا مبدعا	لديه القدرات بأن يكون خلاقا مبدعا لكنه يحتاج إلى تدريب وتنمية
لا يراعي العوامل الأخلاقية والإنسانية في التعامل مع الآخرين	يراعي العوامل الأخلاقية والإنسانية في التعامل مع الآخرين
قدرته على حل المشكلات الذهنية المعقدة لا زالت محدودة	قدرته على حل المشكلات الذهنية المعقدة ممكنة وتعتمد على الفروق الفردية بين الافراد

المصدر: (امين و جواد، 2019، صفحة 67)

المطلب الرابع: تطبيقات الذكاء الاصطناعي

تتمثل أهم مجالات وتطبيقات الذكاء الاصطناعي كما هو موضح في الشكل التالي:

الشكل رقم (1.2): التطبيقات الرئيسية للذكاء الاصطناعي



المصدر: (سباع، يوسفي، و ملوكي، 2018، صفحة 35).

من خلال الشكل يتضح أن الذكاء الاصطناعي يغطي مجموعة واسعة من المجالات الفرعية، كل منها أصبح أو سيصبح مجالا مستقلا للدراسة والبحث، بما في ذلك التعرف على الأنظمة المتخصصة، وتمثيل وهندسة المعرفة على الروبوتات، ومعالجة وفهم اللغة الطبيعية، والتفكير الآلي، وفهم الخطاب، وحل المشكلات والأنظمة التصحيحية، ومن منظور أوسع يعد الذكاء الاصطناعي أحد فروع المعرفة التي تهتم بالمكونات والمشاكل المشتركة والعلاقات الثنائية، والاعتماد المتبادل بين هذه المجالات الفرعية، مما ساعد على تعدد مجالات تطبيقات الذكاء الاصطناعي (سباع، يوسفي، و ملوكي، 2018، صفحة 35)، والمتمثلة فيما يلي:

- **تطبيقات العلوم الذهنية:** وتسمى أيضا تطبيقات العلوم الإدراكية وهي تطبيقات تحاكي طريقة الإدراك البشري لتقدير القيم والمراجع ذات الصلة من خلال بيانات غير كاملة، وهذا يعتمد على عدة تصنيفات احتمالية (النجار، 2010، صفحة 169). من بين هذه التطبيقات نجد نظم المنطق الغامض وهي نماذج حاسوبية تختص بمعالجة البيانات الوسيطة غير البنائية والغامضة التي لا تعالجها برامج الحاسوب التقليدية التي تعمل بالقيم البنائية"(0, 1)، (On, Off)، (No,Yes)،....وغيرها" (خوالد و بوزرب، 2020، صفحة 38)، حيث تقوم بتعديل وتحليل المعلومات غير المؤكدة والتعامل مع حالات عدم اليقين عن طريق قياس درجة صحة الفرضيات المختلفة استنادا للتفكير المنطقي للعقل البشري (Madahi, 2022, p. 426).
- **تطبيقات علم الحاسوب:** تختص هذه التطبيقات ببنية وظائف الدماغ وقدراته الأصلية في التفكير والتعلم والاستنتاج وتخزين ومعالجة المعلومات والمعرفة، وهذا على مستوى العتاد والبرمجيات (النجار ف.، 2005، صفحة 131). ومن أهم هذه التطبيقات الشبكات العصبية التي تعتبر نظام لمعالجة البيانات بنفس الطريقة التي تقوم بها الشبكة العصبية الطبيعية للإنسان أو الكائن الحي، وتساهم في إيجاد حلول ذات كفاءة عالية في العديد من المجالات (Saidi & Fellag, 2021, p. 274)، وتقوم بمعالجة المعلومات بأسلوب العقل البشري (الداود، صفحة 58).
- **تطبيقات الروبوت:** ويطلق عليها تطبيقات الآلات الذكية وتتضمن جهودا لدمج الذكاء في الآلة وتحسين أدائها من أجل تقريب السلوك البشري من أداء الإنسان واستجابته للتغيرات في الظروف التي تتطلب التكيف والتحديث (النجار، 2010، صفحة 168).
- **تطبيقات معالجة اللغات الطبيعية:** أو معالجة اللغة البشرية، وتهتم بتطوير البرامج والأنظمة التي لديها القدرة على فهم أو توليد اللغة البشرية، أي أن مستخدم هذه البرامج يدخل البيانات بشكل طبيعي ويفهمها الكمبيوتر ويستخلص منها (سعد الدين، 2012، الصفحات 88- 89).

المبحث الثاني: الشبكات العصبية الاصطناعية

تعد الشبكة العصبية الاصطناعية من أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي، فهي محاولة لمحاكاة وظيفة أو عمل الدماغ البشري، خصص هذا المبحث لتقديم نشأة ومفهوم هذه الشبكة وأهم خصائصها والتطرق إلى أنواعها وكذا تحديد مكونات الشبكة العصبية الاصطناعية.

المطلب الأول: لمحة تاريخية لنشأة وتطور الشبكات العصبية الاصطناعية

شهد تاريخ الذكاء الاصطناعي بمحطاته وتطوراته سعيا كبيرا ومحاولات عدة لإيجاد مصادر الإلهام في الأساس البيولوجي للذكاء. فاتخذ من علم الأحياء مصدرا للإلهام والتعلم، في الوقت ذاته الذي استفاد منه هذا الأخير وتمكن بواسطته من استكشاف مادته البحثية بطرق جديدة متطورة. فكانت بذلك العلاقة بين هذا العلم وعلم الأحياء علاقة تبادلية (ويتباي، 2008، صفحة 75).

خلال العصور القديمة، اقتصرت دراسة الدماغ في الإجابة على سؤال فلسفي حول علاقة العقل بالجسد. ومع بداية القرن التاسع عشر والتحسن التكنولوجي بدأ العلماء في النظر إلى كيفية عمل الدماغ، حيث نشر ويليام جيمس في عام 1890 نصًا حول نشاط هذا العضو يحوي أفكار عديدة ساهمت في ظهور العديد من النظريات الحديثة (Tan, 1997, p. 29). أما أولى بدايات التفكير في الشبكات العصبية الاصطناعية ترجع إلى القرن الماضي أين قام"Freud" بطرح الفكرة فلسفيا. ليكون أول تطبيق عملي بدائي لها على يد"Russel" سنة 1913م في شكل جهاز هيدروليكي يعتمد على الفكرة (الشرقاوي، صفحة 261). وينسب الفضل إلى"Hebb" سنة 1949م في كونه أول من حدد قاعدة التعلم لشرح سلوك الشبكات العصبية الاصطناعية (Walczak & Cerpa, 2003, p. 633). خلال ستينات القرن الماضي، شهد العالم ضجة إعلامية كان موضوعها شبكات العالم "Frank Rosenblatt" التي تعرف باسم "perceptron"* استخدمها في أجهزة كهروضوئية تعلمت التعرف على الحروف بشكل مستقل دون تعليمها (ايه بودين ، 2017، صفحة 75). وكان ذلك الاستخدام بالتحديد سنة 1957م. تسبب بيعها في انتكاسة

---

* Perceptron : سميت بالمدرك لأنها افترضت لتكون نموذج مبسط من التقنيات البيولوجية لمعالجة المعلومات ذات العلاقة بالإحساس، تحتوي على طبقتين: طبقة الإدخال وطبقة الإخراج، وهي أمامية التغذية (البكري و السيد، 2010، صفحة 1892). تعد هذه الشبكة من ابسط وأقدم نماذج الشبكات العصبية. صيغتها الرياضية :

$y_j = f(\sum_{i=1}^{n} w_{ij}x_i + b_j)$ ، حيث: x_i: مدخلات الشبكة. y_j: مخرجات الشبكة. w_{ij} : مصفوفة الأوزان. b_j: قيمة التحيز. f: وظيفة تنشيط الخلايا العصبية (AL –Thalabi, Heydari, & Tavakoli, 2023, p. 6).

طويلة لمجال الشبكات العصبية. وخلال سنة 1968م نشر"Minsky" و"Papert" كتاب عنوانه"perceptron" مشيرين فيه إلى بعض قيود هذا النموذج، مما أعقب تحويل التمويل من الشبكات إلى الذكاء الاصطناعي واستمرت موجة الجفاف حتى فترة الثمانينات (Olazaran, 1993, p. 342).

انتشر اعتقاد بأن عصر الشبكات العصبية الاصطناعية سينتهي قريبا. إلى أن نشر"Hopfield" سنة 1982م ورقة قدم من خلالها مفهومين رئيسيين سمحا بالتغلب على جميع القيود التي حدداها "Minsky" و"Papert". أدى هذا الإنجاز جنبا إلى جنب مع إدخال خوارزمية الانتشار الخلفي BP "Back Propagation" سنة 1986م إلى انفجار الاهتمام بهذا المجال (Marini, 2009, p. 122). أضف إلى جملة الإنجازات بدأ المعهد الأمريكي للفيزياء اجتماعا سنويا يعرف ب "شبكات الأعصاب للحوسبة" سنة 1985م، وفي عام 1987م عقد أول مؤتمر مفتوح عرف باسم المؤتمر الدولي للشبكات العصبية التابع لمعهد الهندسة الكهربائية والإلكترونية(IEEE).

في عام 1988م تأسست مجلة "Neural Networks" التابعة للجمعية العامة للشبكات العصبية (INNS) (Bohdan, 2016, p. 5). وخلال نفس السنة كذلك قدم"Pearl" نموذج شبكة Bayesian، والتي تعد أفضل نموذج رسومي في الذكاء الاصطناعي لوصف العلاقة بين العقد (وحدات المعالجة). كما تمتاز بوضعها لأساس لاستدلال الذكاء لاصطناعي الحديث وذلك لوصفها للعلاقة بين الإحصاء وتكون المعرفة في الشبكات العصبية الاصطناعية (الحميد أ.، 2020، صفحة 101).

خلال القرن الواحد والعشرين تم إحراز تقدم كبير في مجال الشبكات العصبية القدر الذي يؤهل هذا المجال لجذب الاهتمام والتمويل. والواضح أن الفترة الحالية هي فترة انتقال لتكنولوجيا الشبكات العصبية. ويمكن الإشارة إلى بعض إنجازات هذا القرن ما قدمه علماء شركة IBM المعالج "TrueNorth" ببنية تحاكي بنية الدماغ، وذلك سنة 2014م. وهي دائرة متكاملة بحجم طابع البريد تحاكي ملايين الخلايا العصبية و256 مليون اتصال عصبي في الوقت الفعلي. هذا النظام يمكنه تنفيذ ما بين 46 إلى 400 مليار عملية مشبكية في الثانية (Bohdan, 2016, pp. 5- 6).

المطلب الثاني: مفهوم، خصائص وفوائد الشبكات العصبية الاصطناعية

تعتبر الشبكات العصبية الاصطناعية Artificial Neural Networks (ANN) من أهم مجالات الذكاء الاصطناعي الذي يعكس تطورا هاما ملموسا في طريقة التفكير الإنساني، وتدور فكرتها حول محاكاة العقل البشري باستخدام الحاسب الآلي (الشوادفى و حجاج، 2013، صفحة 579).

1. مفهوم الشبكة العصبية الاصطناعية

سميت الشبكات العصبية الاصطناعية ANN بهذا الاسم كونها شبكة من وحدات الاتصالات الداخلية وهذه الوحدات مستوحاة من دراسة أنظمة الأعصاب الحيوية. إن فكرة عمل الشبكات العصبية هو عملية محاكاة البيانات للوصول إلى نموذج لهذه الأخيرة لغرض التحليل أو التصنيف أو التنبؤ أو أي معالجة أخرى دون الحاجة إلى نموذج مقترح لهذه البيانات (عاشور، 2014، صفحة 22).

وردت عدة تعاريف للشبكة العصبية الاصطناعية منها:

- نموذج لمعالجة البيانات يعتمد على الطريقة التي تعالج بها الأنظمة العصبية البيولوجية (Dastres & Soori, 2021, p. 13). وهي أحد النماذج غير الخطية (سيد أحمد، دراسة مقارنة للتنبؤ بالسلاسل الزمنية متعددة المتغيرات باستخدام نموذجي دالة التحويل والشبكات العصبية الاصطناعية(أطروحة دكتوراه)، 2015، صفحة 30).
- خوارزميات تحاكي كيفية عمل الخلايا العصبية والعقل البشري وتستند إلى معلومات التعلم مثل الدماغ البيولوجي وإنشاء معلومات جديدة تلقائيًا (Bozak & Aybek, 2020, p. 100).
- نموذج حسابي للبنى العصبية البيولوجية، والذي يحاكي الدماغ البشري من خلال التفكير بمعالجة متوازية بشكل كبير (Saud M & Saudi, 2021, p. 1).
- تقنيات حاسوبية تقلد البنية العصبية للكائنات الحية الذكية التي تكتسب المعرفة من خلال التجربة، بحيث تعالج خصائص معينة وتنتج ردود أفعال، يتم تطويرها باستخدام النماذج الرياضية (يخلف و رقايقية، 2019، صفحة 390).
- معالج ضخم موزع بالتوازي ومكون من وحدات معالجة بسيطة بحيث يقوم بتخزين المعرفة العملية لإتاحتها للمستخدم عن طريق ضبط الأوزان (معتوق و سبتي، 2018، صفحة 184).

من خلال التعاريف السابقة يمكن القول بأن الشبكة العصبية الاصطناعية عبارة عن نموذج رياضي يعتمد على الشبكات العصبية الموجودة في الجهاز العصبي للكائنات الحية. هذه الشبكة عبارة عن مجموعة من الخلايا العصبية المحاكاة المترابطة والتي تتكون من عدة إشارات إدخال ذات أوزان متشابكة (Okorie

E, Julius U, & Adewale, 2020, p. 342). تستخدم لمعالجة المعلومات بناءً على الطريقة الاتصالية في الحاسوب (سيد أحمد، صالح الأمين، و عباس، 2021، صفحة 87).

2. خصائص الشبكة العصبية الاصطناعية

تتميز الشبكات العصبية الاصطناعية بمجموعة من الخصائص نذكر منها ما يلي:

- القدرة على تمييز الأنماط، التعلم الذاتي، تقديم الحلول للمشكلات التي تستدعي حلولا غير خوارزمية، وذلك بعد تدريب الشبكة وتزويدها ببيانات تدريبية تمكنها من تحديد الأوزان وتعديلها بصورة مستمرة (غالب، نظم المعلومات الإدارية، 2009، الصفحات 233- 234).
- استخدامها لمنهج الاستكشاف وبحثها عن الحلول المثلى، تحسين الحل المقترح من خلال التدريب والتعلم، واستخدامها الواسع في حالات التنبؤ، النمذجة، المحاكاة، التصنيف، التجميع، التصفية، التجريد، تفسير الحلول، بالإضافة لاستخدامها في بناء نماذج محاكاة للمشكلات التي تستخدم فيها نظم وتقنيات الذكاء الاصطناعي (غالب، الإدارة الإلكترونية، 2017، صفحة 75).
- بمكانها إنشاء تنظيمها الخاص، وتمثيل البيانات التي تستلمها أثناء عملية التعلم.
- القدرة على تعلم كيفية أداء المهام المبنية على البيانات من خلال التدريب أو التجربة الأولية.
- القدرة على اشتقاق المعنى من البيانات المعقدة أو غير الدقيقة.
- يمكن تنفيذ حسابات الشبكات العصبية بشكل متوازي (ناجي و كاظم، 2016، صفحة 313).
- لديها القدرة على تخزين المعرفة المكتسبة من خلال الحالات التي يتم تشغيلها على الشبكة.
- تمثل إحدى تطبيقات تكنولوجيا التشغيل الذكي للمعلومات التي تعتمد على محاكاة العقل البشري.
- تقوم على أساس رياضي قوي (مراس، غربي، و بن عبد العزيز، 2020، صفحة 5).
- يمكن تطبيقها في العديد من المجالات العلمية المختلفة.
- تقبل أي نوع من البيانات الكمية أو النوعية (احمد، 2021، صفحة 79).
- توفر حلولا لا يمكن إيجادها بالطرق المنطقية أو الاعتيادية المستخدمة في البرامج التقليدية.
- معالجة سلوك اللاخطية، بحيث تتمكن من إيجاد العلاقات غير الخطية بين المتغيرات وأخذها بعين الاعتبار في إعطاء النتائج (العباسي، 2013، صفحة 3).

3. فوائد الشبكة العصبية الاصطناعية

تتمثل أهم فوائد استخدام الشبكة العصبية الاصطناعية فيما يلي:

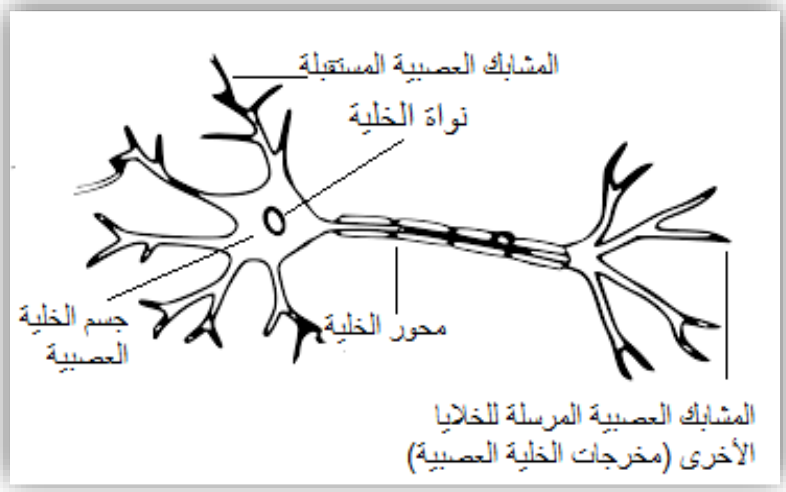
- التعامل مع اللاخطية الموجودة في الواقع، أي أنها تتعامل مع النماذج غير الخطية.

- تتعامل مع البيانات الناقصة أي غير الكاملة.
- العمل مع عدد كبير من المتغيرات.
- تقدم حلولا عامة ذات قدرة تنبئية عالية (مهدي، 2019، صفحة 157).
- التعرف على الأشخاص، المواقف والأنماط مثل الصور، الكتابة اليدوية، بصمة اليد أو التوقيع.
- التحكم ومحاكاة الأنظمة (بوادو و مداني، الصفحات 71- 72).

المطلب الثالث: مكونات الشبكات العصبية الاصطناعية

تم تطوير الخلايا العصبية الاصطناعية بناء على الخلايا العصبية الحيوية، من خلال محاكاة هيكلها ووظيفتها المتمثلة في إنتاج مُخرَج في حالة تجاوز مجموع مدخلاتها قيمة العتبة (Beale & Jackson, 1990, p. 40). إذ تقوم بعمل اتصالات مع 10 إلى 100000 خلية عصبية أخرى على مستوى المشابك.

الشكل رقم (2.2): رسم يوضح الخلية العصبية الطبيعية



المصدر: (الحميد أ.، 2020، صفحة 95)

لذا وقبل التطرق لأجزاء الخلايا العصبية الاصطناعية وجب الإشارة إلى أجزاء الشبكة الحيوية والتي تتمثل في:

جسم خلوي: يحوي نواة الخلية، ويتفرع منه عدد من الألياف تسمى التشعبات. وليف طويل يسمى المحور العصبي، يبلغ عادة طوله 1 سم (100 ضعف قطر جسم الخلية) كما يمكن أن يصل إلى 1 متر. ثم المشابك التي يتم على مستواها انتقال الإشارات التي تتحكم في نشاط الدماغ وتكون في شكل تفاعل كهروكيميائي معقد (Russel & Norvig, 2016, p. 11).

تتكون الشبكات العصبية الاصطناعية من مجموعة من العصبونات(العقد) متصلة معا في شكل طبقات، يعمل العصبون الاصطناعي على استقبال القيم من العصبونات المتصلة به ثم يقوم بمعالجتها ثم

تمرير النتائج للعقد الأخرى بطريقة مماثلة لعمل الشبكة العصبية الطبيعية (مكيديش و قادري، 2017، صفحة 95). وتتكون الشبكة العصبية الواحدة من ثلاث طبقات (مستويات) أساسية هي:

1. **طبقة الإدخال(التشجيرات) "Input Layer"**: هي الطبقة الأولى في الشبكات العصبية، وتحتوي على عدد من العقد، يمكن أن تكون في شكل بيانات كمية أو وصفية، أو حتى مخرجات لوحدات معالجة أخرى وهي تمثل عدد المتغيرات المستقلة (القرشي و المقدشي، 2019، صفحة 15).

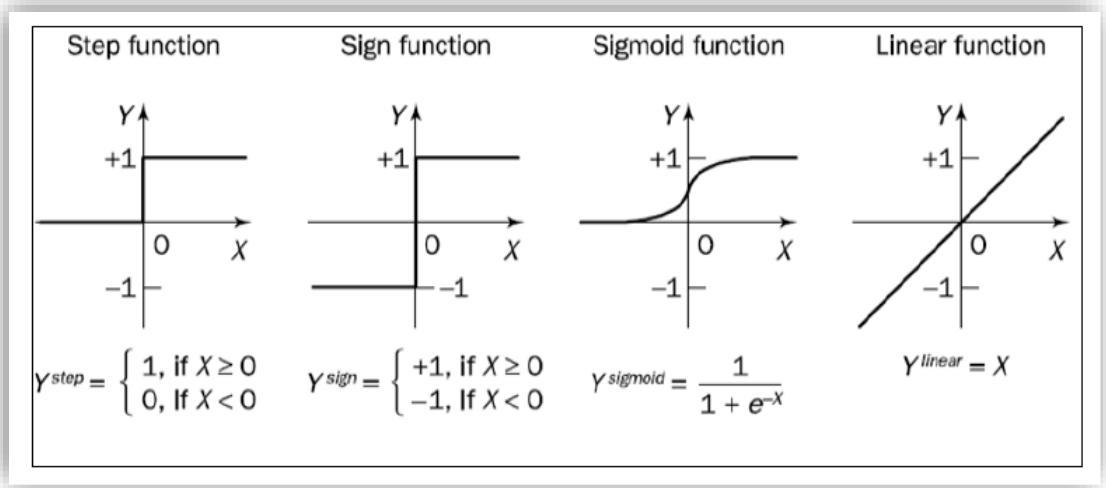
- **الطبقة الخفية (وحدات المعالجة) "Hidden Layer"**: تقع بين طبقتي المدخلات والمخرجات، أين تستقبل الإشارات الواردة لها من الأولى عبر الوصلات البينية وتقوم بمعالجتها ثم إرسالها إلى طبقة المخرجات عبر الوصلات. تواجدها في الشبكة ليس شرطا حيث من الممكن عدم تواجدها في تراكيب بعض الشبكات، كما من الوارد احتواء الشبكة على أكثر من طبقة خفية (بن العارية و ساوس، 2018، صفحة 15).

يعتمد عدد الخلايا العصبية في هذه الطبقة على المشكلة. إذا كان عدد الخلايا العصبية المخفية صغيرا، فقد لا تتمتع الشبكة بدرجة كافية من الحرية لتعلم العملية بشكل صحيح. وإذا كان العدد مرتفعا جدا فإن التدريب سيستغرق وقتا أطول وقد تزيد الشبكة من ملاءمة البيانات (Kunwar, Ankita, Amrita , & Gunja , 2009, p. 889). وتتكون الطبقة من:

- **معاملات الأوزان "Weights"**: تمثل الروابط التي يتم عبرها نقل البيانات بين الطبقات. لهذا يشكل الوزن العنصر الرئيس في الشبكة العصبية، ويعبر عن الأهمية أو القوة النسبية لكل مدخل لعنصر المعالجة. كما تمثل الأوزان الوسيلة الأساسية لذاكرة الشبكة العصبية من خلال ضبط الأوزان، ويرمز للوزن بين عنصري معالجة(i) و(j) ب(Wij) (مرابطي س.، 2019، صفحة 163).
- **دالة الجمع (Sum Function)**: وتحدد طريقة وصيغة إدخال المعلومات إلى الشبكة العصبية. غالبا ما يعبر عنها كتركيبة خطية بدلالة الأوزان بالشكل التالي: ($n = b + \sum_{j=1}^{R} w_j x_j$)، حيثx_i: متغيرات الإدخال. n: نتائج مدخلات التركيب. w_{ij} : الأوزان المرتبطة بالمدخلات وتقابل المعلمات في أنموذج الانحدار. b_j : الحد المطلق (عبد العزيز و حسن، استخدام نماذج السلاسل الزمنية الهجينة وغير الهجينة للتنبؤ بإعداد المسافرين لمطار بغداد الدولي، 2016، صفحة 303).

- **دالة التنشيط أو التحويل(Activation Function)** : تعمل هذه الدالة على المعالجة الأولية للبيانات بهدف تحديد ما إذا كانت الخلايا العصبية ستنشط أم لا، وذلك باستخدامها للمبادئ الرياضية الأساسية. في حالة لم يتم تنشيط الخلايا العصبية ستكون مخرجاتها هي مدخلاتها. تعتبر المعالجة الأولية مهمة بدونها سيضطر النظام إلى معالجة الكثير من المعلومات غير المؤثرة على المخرجات (يوسف، 2022، الصفحات 271- 272). وأكثر أشكال دوال التنشيط شيوعا:

الشكل رقم (3.2): أشهر دوال التنشيط المستخدمة في الشبكات العصبية



المصدر: (عتروس، 2018، صفحة 160)

- **الدالة الخطية(Linear):** مخرجاتها ضمن المجال] ∞ +،∞ − [.
- **الدالة Sin(x)**
- **دالة الظل الزائدية (Hyperbolic tanget):** تكتب من الشكل: $(e^x - e^{-x})/(e^x + e^{-x})$، ومجالها[1, 1−] (AL –Thalabi, Heydari, & Tavakoli, 2023, p. 5).
- **دالة الإشارة (Sign Function):** تكون صورة الإخراج فيها بين [1, 1−]، وتسمى كذلك (Hard Limit Function) تستخدم في التصنيف والتعرف على الأنماط (قاسم و رستم، 2013، صفحة 183).
- **الدالة السجماوية:** هي أكثر الدوال استخداما لسهولة اشتقاقها. تأخذ قيم المدخلات المحصورة بين∞ + و∞ −. نتائج مخرجاتها تكون محصورة بين 0 و1 (بن نور و نايت مرزوق،

2019، صفحة 74) أما الشكل الرياضي لها فهو كالتالي: $f(net) = \frac{1}{1+e^{-knet}}$. حيث K هو معامل الانحدار (قادري، مقاربة رياضية وقياسية للتنبؤ بالمبيعات –التنبؤ بمبيعات شركة سونلغاز من الكهرباء المنخفض التوتر لسنة 2016 باستخدام طريقة الشبكات العصبية الاصطناعية ومنهجية"JENKINS&BOX"(أطروحة دكتوراه)، 2017، صفحة 143).

❖ **دالة Tanh**: لها شكل مشابه للدالة السجماوية، باستثناء أنه يتم تحجيمها أفقيا وعموديا ضمن المجال [−1,1] (Charu C, 2018, p. 12).

2. **طبقة الإخراج "Output Layer"**: يمكن أن تشكل الحل لمشكلة الدراسة وهي آخر مستوى في الشبكة العصبية (بن قدور و كردودي ، 2016، صفحة 171). تقدم هذه الطبقة النتائج التي تم الحصول عليها من الطبقة السابقة للمستخدم النهائي، وبالتالي عرض النتائج النهائية للشبكات العصبية (محمد عثمان، 2022، صفحة 187).

الشكل رقم (4.2): مفهوم بسيط للشبكة العصبية الاصطناعية



المصدر: (عبد العزيز و حسن، استخدام نماذج السلاسل الزمنية الهجينة وغير الهجينة للتنبؤ بإعداد المسافرين لمطار بغداد الدولي، 2016، صفحة 303)

المطلب الرابع: أنواع الشبكات العصبية الاصطناعية

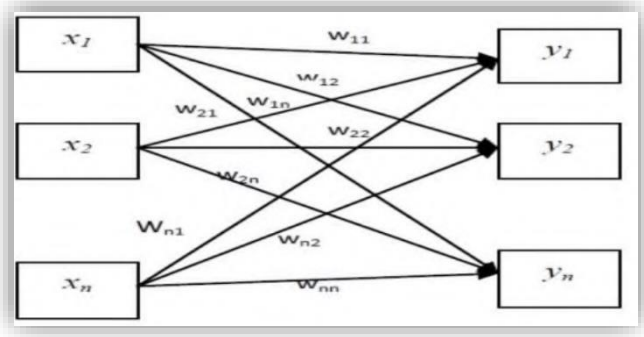
تصنف الشبكات العصبية الاصطناعية وفق عدة معايير نبرز أهمها فيما يلي:

أولا: حسب عدد طبقاتها: اعتمادا على هذا المعيار يمكن التمييز بين النوعين التاليين:

1. الشبكات وحيدة الطبقة (Single Layer Networks):

هي أبسط أنواع الشبكات العصبية تحتوي على طبقة واحدة من الأوزان ووحدة إدخال تستقبل الإشارات من العالم الخارجي. تتألف عادة من طبقة واحدة من عناصر المعالجة حيث ترتبط ارتباطا مباشرا بمدخلات الشبكة ومخرجاتها فتجرى جميع الحسابات في طبقة الإخراج (سرار، 2017، صفحة 110). كما لا يوجد ترابط بين قيم الأوزان بالنسبة لكل ترابط بين وحدات الإدخال ووحدات الإخراج (الحُسيني و المعموري، 2015، صفحة 80).

الشكل رقم (5.2): شبكة عصبية وحيدة الطبقة

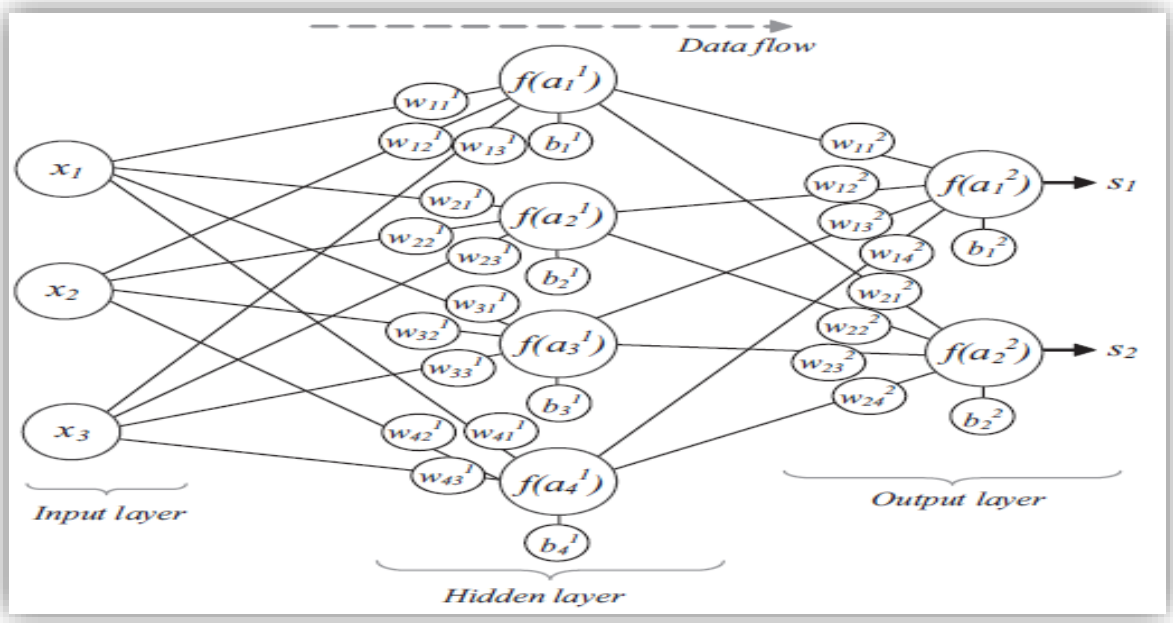


المصدر: (بختاوي، 2019، صفحة 29)

2. الشبكات متعددة الطبقات (Multi Layer Networks):

تحتوي على أكثر من طبقة للمعالجة وقد تكون بعض الطبقات مخفية، وتتمثل وظيفة هذه الطبقات في زيادة قوة الشبكة العصبية وتحسين أدائها، وقد تتكون الطبقة الخفية من عصبون واحد فقط، وتزيد هذه الأخيرة من قدرة الشبكة على معالجة البيانات. تستطيع هذه الشبكات حل العديد من المشاكل المعقدة ولكن تدريبها يستغرق وقتا طويلا. والجدير بالذكر أنه يجب أن تكون هناك طبقة خفية واحدة على الأقل (قنديل، 2016، صفحة 8). حيث طبقة المخرجات هي الطبقة الوحيدة المؤدية للحساب. تنقل طبقة الإدخال البيانات إلى طبقة الإخراج، وتكون جميع الحسابات مرئية تماما للمستخدم (Charu C, 2018, p. 17).

الشكل رقم (6.2): شبكة عصبية متعددة الطبقات

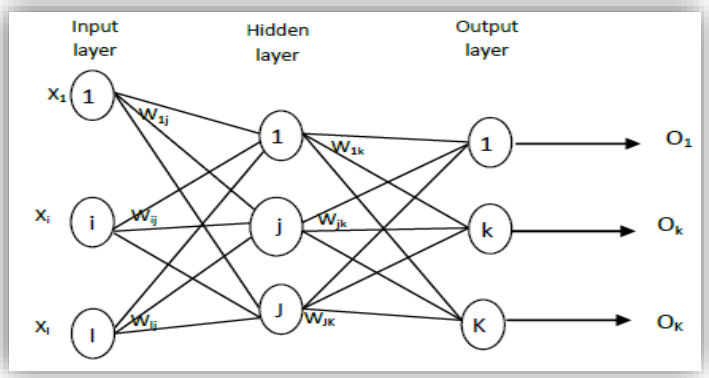


المصدر: (Chojaczyk, Teixeira, Neves, Cardoso, & Soares, 2015, p. 80)

ثانيا: حسب طرق تغذيتها وتعليمها: وفق هذا المعيار يمكن تمييز الأنواع التالية:

1. الشبكات أمامية التغذية (Feed Forward Networks):

الشكل رقم (7.2): شبكة عصبية أمامية التغذية



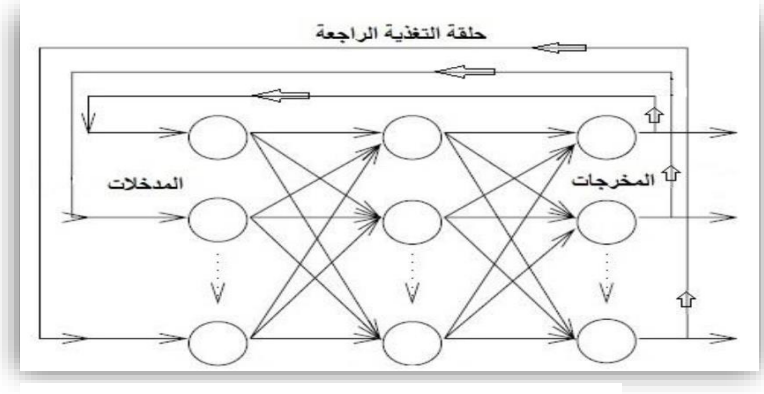
المصدر: (الجراح، 2011، صفحة 178)

هي شبكات يخلو تركيبها من وجود حلقة مغلقة من الترابطات بين الخلايا المكونة لها، حيث تتكون الشبكة من هذا النوع من طبقتين على الأقل، وغالبًا ما تكون هناك طبقات مخفية بين طبقة الإدخال وطبقة الإخراج، وتنتقل العمليات الحسابية في اتجاه واحد إلى الأمام (عبد الحفيظي، 2021، صفحة 8). كل طبقة في الشبكة متصلة بالطبقة التي تليها، وهذا يعني أن أي خلية في طبقة الإدخال ترسل مخرجاتها إلى جميع الخلايا في الطبقة الوسطى، وترسل خلايا الطبقة الوسطى مخرجاتها إلى كل خلية في طبقة الإخراج. ويعتمد عدد الخلايا في الطبقة الوسطى على درجة تعقيد المسألة وحجم معلومات الإدخال (سيد مجيد و قبع، 2013، صفحة 355).

2. الشبكات عكسية التغذية (Feed Back Networks):

تعتبر من أكثر الشبكات العصبية الاصطناعية استخدامًا نظرًا لسهولتها في التعامل مع المشكلات غير الخطية، ويمكن أن يتكون هذا النوع من الشبكات من طبقة واحدة أو عدة طبقات، ويتم نقل العمليات الحسابية عبر الطبقات المخفية باتجاه الأمام، ويمكن نقلها مرة أخرى نحو الخلف لتصبح مدخلات، والهدف من الشبكة هو تقليل الخطأ عن طريق ضبط الأوزان وإعطاء أفضل النتائج الممكنة (عبد العزيز و عبد المجيد، استخدام الانموذج الهجين SARIMA – ELMAN (ERNN) للتنبؤ بالمعدلات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى لمدينة بغداد، 2019، صفحة 276).

الشكل رقم (8.2): شبكة عصبية عكسية التغذية



المصدر: (الحميد أ.، 2020، صفحة 107)

3. الشبكات العصبية التنافسية (Competitive Neural Networks):

يطلق عليها شبكات التجميع (CNN)، وهذا النوع يكتشف العلاقات بين أنماط التدريب من خلال تنفيذ عملية تجميع أنماط التدريب في مجموعات من الأنماط المتشابهة، تمثل كل وحدة إخراج تجمعا وينسب النمط إلى أقرب تجمع عن طريق قياس المسافة بين النمط ومراكز التجمعات المختلفة، وتنتج الشبكة متجها نموذجا أو مثالا لكل تجمع. التعلم في هذه الشبكات غير خاضع للإشراف لذلك تسمى شبكات ذاتية التنظيم، ومن الأنواع الشهيرة لهذه الشبكات خرائط الصفات ذاتية التنظيم لكوهينين عام 1988 وشبكة اكتشاف التجمع (عتروس، 2018، الصفحات 164- 165).

4. الشبكات العصبية المتكررة (Recurrent Neural Networks):

يشار لها اختصارا (RNN) وتعد من أكثر البنى الهيكلية للشبكات العصبية الاصطناعية شيوعا في وقتنا الحاضر (لحلح، 2020، صفحة 102). في هذا النوع من الشبكات ترتبط مخرجات بعض العصبونات بنتائج الخلايا العصبية نفسها في لحظة سابقة أو بإخراج عصبونات أخرى، وبالتالي فإن الإشارة في هذا النوع من الشبكات تتجه أماما أي نحو الإخراج، وكذلك في الاتجاه المعاكس لتكون إدخالا في نفس

الوقت (بوعروري، 2019، صفحة 88). يطلق عليها الشبكات الديناميكية لأن الإخراج في لحظة ما يتعلق بالإدخال في اللحظة نفسها واللحظات السابقة أي أنها تحتوي على ذاكرة، ومن أنواعها نذكر Hopfield, Elman, Jordan (Abiodun & Sangki, 2021, p. 250).

المبحث الثالث: العلاقة بين خوارزميات الذكاء الاصطناعي، التعلم الآلي والتعلم العميق

مع التقدم المستمر في مجال علوم الحاسوب أصبحت خوارزميات الذكاء الاصطناعي، التعلم الآلي والتعلم العميق من أبرز المجالات البحثية التطبيقية القائمة على أسس رياضية وإحصائية. هذه التقنيات تهدف إلى تطوير نماذج ذكية قادرة على تحليل البيانات واتخاذ القرارات بشكل مشابه للذكاء البشري. سنتطرق من خلال مبحثنا لهذه المجالات مع تحديد العلاقة بينها.

المطلب الأول: لمحة تاريخية، مفهوم وأنواع الخوارزميات

كلمة خوارزمية مشتقة من اسم العالم العربي "محمد بن موسى الخوارزمي" الذي برع في الرياضيات والفلك، وترك بعده العديد من البصمات المؤثرة على تراث حضارة العالم، خاصة أنه مؤسس علم الجبر والحساب العشري (الكعبي، 2018، صفحة 45). لاسيما أنه ابتكر طريقة لحل المسائل الرياضية بشكل منظم ولها تعليمات محددة لحل المشكلة، ومنه جاءت فكرة الخوارزميات التي أصبحت حلا سحريا لمعظم المشكلات (دبيح و بن زروق ، 2021، صفحة 654).

تعود جذورها تاريخيا إلى هذا العالم الذي له الفضل في تأسيسها. وقد تطورت الخوارزميات من الاعتماد على الجبر المنطقي الذي يتم من خلاله الحكم على الأشياء بواسطة قيم الحقيقة أو الباطل، إلى الاعتماد على المنطق الغائم والمجموعات الضبابية التي تحاكي في عملها عمليات الاستدلال البشري ما جعله أقرب إلى تفكير الإنسان (مذكور، الذكاء الاصطناعي ومستقبل التعليم عن بعد، 2021، الصفحات 138- 139).

أُطلق اسم الخوارزميات على جداول الضرب والقسمة، والحساب العشري، وظل هذا الاسم متداولا في أوروبا لعدة قرون، حتى تطور ليحمل معنى جديدا متعلقا بالبرمجة (الكعبي، 2018، صفحة 46).

1. مفهوم الخوارزميات

وردت عدة تعاريف للخوارزمية "Algorithm" نذكر أهمها:

- تعني التعليمات البرمجية التي يكتبها مبرمج ويجمعها لإنتاج وحدة قابلة للتنفيذ (كريكط، 2022، صفحة 411)، وتتضمن مجموعة من الإجراءات المرتبة منطقيا والتي يتم تنفيذها للوصول إلى هدف أو ناتج مطلوب (الشمري ع.، 2021، صفحة 724).

- مجموعة من المراحل والتوجيهات المتسلسلة بشكل منطقي لإجراء بعض العمليات الحسابية المعقدة (الكعبي، 2018، صفحة 46)، المحددة في سلسلة من الأوامر الدقيقة القابلة للتنفيذ في أنظمة الكمبيوتر، تشكل هذه الخوارزميات قاعدة أساسية للاستنتاج واتخاذ القرارات.
- مجموعة من الخطوات الرياضية والمنطقية المتسلسلة التي تتسم بالوضوح والانضباط والتي تؤدي إلى حل مشكلة ما، وما يلزمها من خطوات إدخال وإخراج. في الواقع غالبا ما تكون الخوارزميات عبارة عن قيم مخرجة تمثل الحل لمشكلة مرتبطة بعلاقة رياضية ومنطقية مع القيم المدخلة (مذكور، الذكاء الاصطناعي ومستقبل التعليم عن بعد، 2021، صفحة 138).
- مجموعة من الإرشادات المتكررة لحل مسألة ما (عجام، 2018، صفحة 92). إنها عملية منظمة تتتابع في خطوات منطقية (مصبح، 2021، صفحة 237).

2. أنواع الخوارزميات

يمكن حصر أنواع الخوارزميات في نوعين رئيسيين هما:

الخوارزميات الحسابية: تتعامل هذه الخوارزميات مع الحسابات الرياضية، ولا يمكن أن تسمى أي عملية حسابية رياضية ما لم تكن مرتبطة بتسلسل في تنفيذ عملياتها، تبدأ من المدخلات وصولا إلى المخرجات أو حل المشكلة (فيران، 2021، صفحة 468). تهتم بالمسائل الرياضية مثل حل معادلة من الدرجة الأولى.

الخوارزميات غير الحسابية: ليست بالمسائل الرياضية لكنها تحتاج إلى حل منطقي (الكعبي، 2018، صفحة 46). وهي الخوارزميات الأكثر استخداما، ومنها تلك التي تقوم بمعالجة النصوص، وتخزين المعلومات واسترجاعها وإدارة قواعد البيانات، والمساعدة في اتخاذ القرار في جميع جوانب الحياة، فالخوارزمية التي تقوم بالتدقيق الاملائي لنص ما هي خوارزمية غير حسابية (فيران، 2021، صفحة 468).

المطلب الثاني: خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي

تطورت مجالات الذكاء الاصطناعي بشكل كبير في السنوات الأخيرة مما أدى إلى تحقيق تقدم هائل في العديد من المجالات. وتعد خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي من هذه المجالات وأدوات حاسمة تمكن الأنظمة من تحليل البيانات واستخلاص النتائج واتخاذ القرارات بشكل ذكي. ومن خلال مطلبنا سنكتشف المزيد عن هذين المجالين.

1. مفهوم خوارزميات الذكاء الاصطناعي

هي نوع خاص من التعلم الآلي تحاكي الشبكات العصبية، تتخذ طريقة العقل البشري في التعلم والحساب والتنبؤ، وتأخذ من الناحية الهندسية شكل المصفوفات من الخلايا الشبكية، مترابطة بشكل كثيف من خلال عدد كبير من الإرتباطات الشبيهة بالمشابك يعمل التعلم العميق على تعديلها وتقويمها لتحسين أدائها ومن ثم تدريبها على اتخاذ القرار، وتسمى "بيانات التدريب" (منسل و شاوش، 2021، صفحة 808). ضف إلى ذلك، إنها عملية تعلم ذاتي وتصبح أكثر ذكاء في تحديد أنماط معينة وأسرع في حل المسائل بمرور الوقت أثناء معالجة صلاحية كل تكرار وإجراء التعديلات قبل الدورة التالية من العملية (رشيد و أفرام، 2023، صفحة 434).

تختلف خوارزميات الذكاء الاصطناعي عن الخوارزميات المعروفة التقليدية كونها الجيل الجديد من "الشبكات العميقة". حيث تعتبر الخوارزمية بمثابة ملف مشفر ناتج عن تحويل بيانات الإدخال إلى مخرجات من خلال تحليل بيانات التدريب، وهنا تجدر الإشارة إلى أن خوارزميات الذكاء الاصطناعي تعمل على اكتشاف الروابط بين هذه البيانات باستخدام الشبكات العصبية فيها على نحو مماثل للإدراك البشري (منسل و شاوش، 2021، صفحة 808).

2. التعلم الآلي (Machine Learning)

على الرغم من أن التعلم الآلي لم يشهد ازدهارا حتى بداية التسعينات. إلا أنه سرعان ما أصبح يعد المجال الفرعي الأكثر شعبية ونجاحا في الذكاء الاصطناعي. وهذا التوجه والنجاح راجع لتوفر أجهزة أسرع ومجموعة بيانات أكبر. يرتبط هذا التعلم ارتباطا وثيقا بالإحصاء الرياضي، لكنه يختلف عنه من نواحي عدة، فالتعلم الآلي يميل إلى التعامل مع مجموعة البيانات الكبيرة والمعقدة (مثال: مجموعة بيانات من ملايين الصور) والتي يكون التحليل الإحصائي الكلاسيكي مثل تحليل بايز غير عملي فيها (CHOLLET, 2018, p. 6).

- **مفهوم التعلم الآلي:** ورد في الأدبيات جملة من المفاهيم نذكر منها:

❖ **حسب Andrew NG:** التعلم الآلي هو عملية تحفيز الذكاء في نظام أو آلة دون برمجة واضحة (Moolayil, 2019, p. 2).

❖ **ويعرف كذلك (ML):** بأنه تقنية مركزية للذكاء الاصطناعي، يشير إلى إنتاج المعرفة "الاصطناعية" التي تقوم بها الآلة بناء على كميات كبيرة من البيانات. والأمر المهم هنا أن خوارزميات الموجهة نحو النتائج لم تعد مبرمجة بواسطة البشر، بدلا من ذلك تتم المهام بواسطة التعلم الآلي بدءًا من بيانات الإدخال، حيث يتعرف على الأنماط والتنظيمات، يحلل البيانات، ويتخذ القرارات حسب الحاجة. تصمم خوارزميات التعلم الآلي بحيث تتحسن باستمرار بطريقة " تعلمية" وذلك عند تزويدها بمزيد من البيانات، الأمر الذي يجعل تكييف النموذج ممكنا. هنا يأتي الذكاء الاصطناعي إلى النقطة التي يتمتع فيها بميزة على الذكاء البشري. فقد يجد الدماغ البشري صعوبة في التعرف على أنماط ذات معنى لأكثر من 7−8 متغيرات في مجموعة بيانات شاملة، ويتمكن الكومبيوتر من ذلك بسهولة لمئات المتغيرات في وقت قصير (Cisek, 2021, p. 29).

يعتمد التعليم الآلي على ركيزتين أساسيتين على نفس القدر من الأهمية لا غنى عن أحدهما:

- **البيانات:** وهي الأمثلة التي ستتعلم منها الخوارزمية.
- **خوارزمية التعلم:** وهي الإجراء الذي يتم تشغيله على هذه البيانات لإنتاج نموذج (Azencott, 2018, p. 11).

تحول نماذج التعلم الآلي بيانات الإدخال الخاصة بها إلى مخرجات ذات مغزى، وهي عملية يتم تعلمها من التعرض لأمثلة من المدخلات والمخرجات. لذلك تكمن المشكلة المركزية في التعلم الآلي والتعلم العميق في تحويل البيانات بشكل هادف. بمعنى آخر، تعلم تمثيلات مفيدة لبيانات الإدخال المتاحة، تمثيلات تقربنا أكثر إلى النتائج المتوقعة (CHOLLET, 2018, p. 6).

المطلب الثالث: التعلم العميق

يعود ظهور التعلم العميق (Deep Learning) إلى الأربعينيات من العقد الماضي أين عرف باسم علم التحكم الآلي، ليستمر مع هذه التسمية إلى أن أصبح يعرف باسم الترابطية في الثمانينات والتسعينات. أما ظهوره الحالي بهذا الاسم (Deep Learning) فيرجع لسنة 2006م. هذا التنوع في التسمية عبر الزمن يعكس تأثير الباحثين المختلفين ووجهات نظرهم المختلفة (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016, p. 13). ووردت مجموعة من المفاهيم للتعريف بهذا المجال منها:

- هو حقل فرعي من التعلم الآلي(ML) في الذكاء الاصطناعي(AI)، يتعامل مع خوارزميات مستوحاة من التركيب البيولوجي وعمل الدماغ لمساعدة الآلات بذكاء (Moolayil, 2019, p. 1). انظر الشكل رقم (9.2).
- عبارة عن مجموعة من الخوارزميات التي تتعلم من خلال الطبقات. بمعنى آخر، فهو يتضمن التعلم من خلال الطبقات التي تمكن الخوارزمية من إنشاء تسلسل هرمي للمفاهيم المعقدة من مفاهيم أبسط (ميلاد ، 2022، صفحة 13).
- طريقة جديدة لتمثيلات التعلم من البيانات التي تركز على تعلم طبقات متتالية من التمثيلات ذات المعنى المتزايد. إن التعلم العميق ليس إشارة إلى أي نوع من الفهم العميق. بدلاً من ذلك، فهو يمثل فكرة الطبقات المتتالية للتمثيلات ويسمى عدد الطبقات المساهمة في نموذج البيانات بعمق النموذج. غالبًا ما يتضمن التعلم العميق الحديث عشرات أو حتى مئات الطبقات المتتالية من التمثيلات ويتم تعلمها جميعًا تلقائيًا من التعرض لبيانات التدريب. وفي الوقت نفسه، تميل المناهج الأخرى للتعلم الآلي إلى التركيز على تعلم طبقة واحدة أو طبقتين فقط من تمثيلات البيانات.

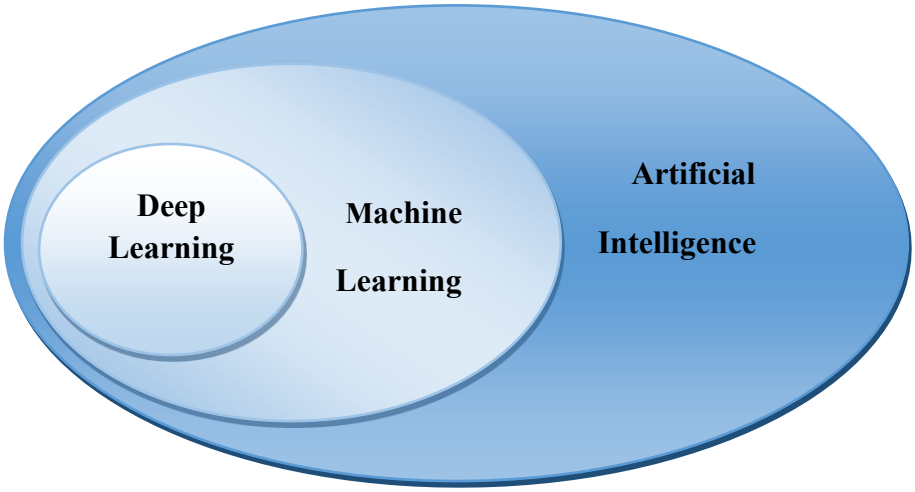
في التعلم العميق، يتم تعلم هذه التمثيلات الطبقية من خلال نماذج تسمى الشبكات العصبية، وهي منظمة في طبقات حرفية مكدسة فوق بعضها البعض. تجدر الإشارة إلى أن نماذج التعلم العميق ليست نماذج للدماغ، بل هي إطار رياضي لتعلم التمثيلات من البيانات (CHOLLET, 2018, p. 8).

السبب الرئيس لتضاؤل علم الأعصاب في أبحاث هذا المجال هو اننا ببساطة لا نملك معلومات كافية عن الدماغ واستخداماته كدليل. بعد كل شيء يحتوي الدماغ البشري على حوالي 86 مليار خلية عصبية، كما يبلغ طول المسالك العصبية في دماغ الإنسان البالغ حوالي 5.8 مليون كيلومتر وهو ما يعادل 145 ضعف محيط الأرض. هذه المليارات من الخلايا العصبية متصلة ببعضها البعض عبر

مشابك (1/4 أوزان اتصال) والتي تقدر ب 100 ترليون مشبك. لذا فمحاكاة الدماغ البشري أمر صعب إذا لم نقل مستحيل الآن (Cisek, 2021, p. 36).

يهتم مجال التعلم العميق بالعديد من البنى، نذكر على سبيل المثال الشبكات العصبية المتكررة(RNN) وبشكل خاص شبكات الذاكرة القصيرة الطويلة(LSTM) لنمذجة البيانات التسلسلية مثل النص أو البيانات الزمنية، وشبكات(CNN) وشبكات الكبسولات(CapsNets) لمعالجة الصور. في جميع الحالات يتعلق الأمر أساسًا باستخدام هذه التصاميم لإنشاء نماذج محددة (قد تكون معقدة للغاية) وتعلم الأوزان الخاصة باستخدام خوارزمية الانحدار (Azencott, 2018, p. 91).

الشكل رقم (9.2): العلاقة بين الذكاء الاصطناعي، التعلم الآلي، والتعلم العميق



المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على (CHOLLET, 2018, p. 4).

المطلب الرابع: خوارزميات التعلم الأكثر شيوعا

تعتبر خوارزميات التعلم من أبرز المفاهيم في مجال الذكاء الاصطناعي حيث تمكن الأنظمة الحاسوبية من تعلم الأنماط واكتساب المعرفة من البيانات. كما تعد من أهم أدوات تطوير النماذج واستخراج القواعد المخفية من البيانات وتحليلها لاتخاذ قرارات ذكية ودقيقة. ومن خلال مطلبنا سنكشف الستار عن أكثر خوارزميات التعلم انتشارا.

- **خوارزميات تدريب الشبكة العصبية:** نذكر منها:

❖ **خوارزمية الانتشار الخلفي(Backpropagation):** وهي الطريقة الأكثر استخداما لتدريب الشبكة العصبية الاصطناعية وتسمى بتقنية الانحدار المتدرج لتقليل دالة الخطأ (Chiroma, Khan, & Abubakarc, 2016, p. 52). تحسب هذه الطريقة الخطأ في الطبقة الخارجية وتنتشر بشكل عكسي حتى طبقة الإدخال، ثم تقوم بتحديث الأوزان كدالة لهذا الخطأ والإدخال ومعدل التعلم. النتيجة النهائية هي تقليل الخطأ إلى أقصى حد ممكن (Mukhopadhyay, 2018, p. 100).

قد تتعرض الشبكات العصبية إلى الإفراط في التدريب إذا لم يكن حجم مجموعة التدريب كبيرا بما فيه الكفاية. ويمكن تصنيف هذه الخوارزمية إلى نوعين:

- الانتشار العكسي الثابت (Static Backpropagation): تهدف هذه الخوارزمية إلى إنتاج تطابق لمدخل ثابت للإخراج الثابت مثل التعرف الضوئي على الحروف (OCR).
- الانتشار العكسي المتكرر (Recurrent Backpropagation): يتم تكرير هذا النوع حتى الحصول على قيمة ثابتة، ثم يتم تحديد الخطأ وانتشاره للخلف (Abdel-Jabe, Devassy, & Al Salam, 2022).

❖ **خوارزمية Levenberg-Marquardt:** تم تطويرها أوائل الستينات لحل مشاكل المربعات الصغرى غير الخطية، حيث يقوم مبدأ الخوارزمية على تصغير مجموع مربعات الأخطاء بين تقديرات النموذج ونقاط البيانات الأصلية من خلال سلسلة من التحديثات المختارة جيدا بهدف تقدير معلمات النموذج. هذه الخوارزمية تجمع أداء خوارزميتين للتصغير العددي هما: خوارزمية التدرج اللوني وخوارزمية Gauss-Newton. تقوم خوارزمية التدرج اللوني على تقليل مجموع الأخطاء التربيعية عن طريق تحديث المعلمات في الاتجاه شديد الانحدار. أما خوارزمية Gauss-Newton فتقوم على تقليل مجموع الأخطاء التربيعية بإيجاد الحد الأدنى لدالة المربعات.

- ❖ **خوارزمية Bayesian Regularization**: تقوم هذه الخوارزمية على تحويل الانحدار غير الخطي إلى مشكلة إحصائية موضوعة بشكل جيد بطريقة انحدار التلال. من خصائص التدريب بهذه الخوارزمية أنها تتوقف حالما تتحقق المعايير البايزية، وتستخدم عادة هذه الخوارزمية في حالة عينة البيانات صغيرة أو ذات تغيرات شديدة.
- ❖ **خوارزمية Scaled Conjugate Gradient:** خوارزمية التدرج المتقارن المقاسة، تم تطويرها من طرف مولر سنة 1993م، تتجنب استهلاك الوقت في البحث الخطي، كما تجمع هذه الخوارزمية بين نهج منطقة الثقة النموذجية المستخدمة في خوارزمية ML مع نهج التدرج المترافق في هذه الخوارزمية (قادري و طهراوي، مدى قدرة الشبكة العصبونية على محاكاة والتنبؤ بإصابات فيروس كورونا في الجزائر، 2022، صفحة 753).

- **خوارزمية التحسين (optimization algorithm):** هي عبارة عن خوارزمية لتقليل دالة الخطأ عن طريق تحديث أوزان الشبكة. وتلعب دورا مهما للغاية في عملية تدريب الشبكة، ولها تأثير مباشر على وقت التدريب. بمعنى آخر خوارزميات التحسين للتعلم العميق هي المسؤولة عن العمل المعقد لنماذج التعلم العميق للتعلم من البيانات (ميلاد ، 2022، صفحة 81). هناك العديد من الأنواع لها:
  - **خوارزمية Adam (Adaptive Moment Estimation):** هو المحسن الأكثر شعبية والأكثر استخدامًا في التعلم العميق في معظم الحالات.

هناك العديد من أدوات تحسين الأداء الشائعة الأخرى التي يمكن استخدامها أيضًا لنماذج التعلم العميق المختلفة والمتاحة في إحدى مكتبات python المسماة Keras، نذكر منها على سبيل المثال: خوارزمية Adagard، Adadelt، RMSProp، Adamax، Nadam (Moolayil, 2019, p. 38).

- **شجرة القرار (Decision Tree)**: هي خوارزمية التعلم الآلي لشجرة القرار، استخدمت بشكل متكرر ولديها القدرة على العمل على كل البيانات العددية والفئوية في النظام. تتكون الشجرة من فروع، يمثل كل منها مجموعة من الخيارات للاختيار من بينها، بالإضافة إلى عقد الأوراق المستخدمة في التصنيف. يستخدم قواعد الارتباط للتنبؤ بالتصنيفات المستهدفة وربطها (Malhotra & Malik, 2022).
- **الخوارزميات الجينية (Genetic Algorithms):** تعتبر أحد أساليب الذكاء الاصطناعي التي تستخدم في حل المشكلات المعقدة، وذلك لتوفرها على عدد كبير من الحلول التقريبية البديلة للحل الأمثل، كما تعتمد على نظام الجينات الطبيعية (زواوي و نعاس، 2015، صفحة 127). فهي عائلة من النماذج الحسابية ترتكز على مبادئ التطور وآلية الانتقاء الطبيعي (Bahaa, 2013, p. 212).

خلاصة

يعتبر الذكاء الاصطناعي أحد أهم العلوم الحديثة في المجال التكنولوجي، والذي جاء نتيجة خبرات وتجارب الإنسان بهدف جعل الحواسيب تفهم وتفكر وتستنتج مع التخفيض أو الحد من المشاكل المحتملة.

فمن خلال ما تناولناه في فصلنا هذا نكون قد توصلنا إلى معرفة ماهية هذا الذكاء مع التركيز على الشبكات العصبية الاصطناعية وعرض خصائص ومكونات هذه الشبكات وكذا أهم أنواعها. تم التطرق أيضا إلى خوارزميات الذكاء الاصطناعي، التعلم الآلي والتعلم العميق مع إبراز خوارزميات التعلم الأكثر شيوعا واستخداما.

ومن خلال الفصل الموالي سنحاول توضيح دور الشبكات العصبية الاصطناعية في عملية التنبؤ، التي تلعب دورا مهما وبارزا في عملية صنع القرارات من خلال دراسة قياسية للتنبؤ بأسعار النفط الخام.



الفصل الثالث: الدراسة القياسية

للتنبؤ بأسعار النفط الخام باستخدام

برمجية Python



تمهيد

أصبح التنبؤ اليوم عملية أكثر من ضرورية في مختلف الميادين، ومن بين أساليب التنبؤ التي أثارت اهتمام العديد من الباحثين وهذا نظرا لفعاليتها ونجاعتها في حل العديد من المشكلات نجد الشبكات العصبية الاصطناعية الذي يعتبر محور اهتمامنا.

وبالتالي فإنه سيتم تقسيم هذا الفصل إلى ثلاثة مباحث، حيث يغطي المبحث الأول مختلف الجوانب الإحصائية للشبكات العصبية الاصطناعية، ليتم في المبحث الثاني التطرق إلى برمجية Python، وفي المبحث الثالث القيام بالنمذجة والتنبؤ بأسعار النفط الخام.

المبحث الأول: الجوانب الإحصائية للشبكات العصبية الاصطناعية

تعد الشبكات العصبية الاصطناعية من بين الأساليب الفعالة للتنبؤ والنمذجة وهذا لما حققته من نتائج، فهي تدخل في العديد من المجالات. لذلك نهدف من خلال هذا المبحث إلى التطرق إلى أهم الجوانب الإحصائية الخاصة بالشبكات العصبية الاصطناعية.

المطلب الأول: مقارنة التحليل الإحصائي ومصطلحاته بالشبكات العصبية الاصطناعية

يعد التحليل الإحصائي والشبكات العصبية الاصطناعية منهاجين يستخدمان في مجال تحليل البيانات والتنبؤ. على الرغم من وجود العديد من أوجه التشابه بين الشبكات العصبية والتحليل الإحصائية، إلا أن المقارنة بينهما تكشف العديد من أوجه الاختلاف، نذكر منها:

في التحليل الاقتصادي التقليدي، يطلب من المحلل تحديد العلاقة بدقة بين المدخلات والمخرجات وأي قيود قد تنطوي عليها النظرية. وتختلف الشبكات العصبية الاصطناعية عن التقنية التقليدية في أن المحلل ليس مطالبا بتحديد طبيعة العلاقة المعنية. فالمحلل يحدد ببساطة المدخلات والمخرجات. وحسب رأي الكثيرين فإن استخدام الشبكات العصبية لا يتطلب أي معرفة بأساليب تدريبها مثل الانتشار الخلفي. بالإضافة لذلك فهم يرون أن النقطة القوية الرئيسية للشبكات العصبية متعددة الطبقات(MLP) تكمن في قدرتها على نمذجة مشكلات مختلفة من مستويات تعقيد متنوعة.

نموذج (perceptron) مع وظيفة النقل الخطي يكافئ نموذج الانحدار الخطي المتعدد.

نموذج (perceptron) مع وظيفة النقل اللوجستي هو نموذج الانحدار اللوجستي.

نموذج (perceptron) مع وظيفة نقل العتبة هو دالة التمييز* الخطي (Tan, 1997, pp. 73- 76).

* دالة التمييز (Discriminant Function): يستخدم التحليل التمييزي أو دالة التمييز في حالة المتغير التابع النوعي أو الفئوي إن كانت جميع المتغيرات المستقلة متغيرات مستمرة وأنها موزعة توزيعا طبيعيا. فالتحليل التمييزي وسيلة لبناء نموذج للانتماء إلى مجموعة معينة كمتغير تابع، من خلال خصائص المشاهدة الخاصة بالمتغيرات المستقلة. فإذا كانت لدينا مجموعتين تمثل المتغير التابع (أي أن المتغير التابع يأخذ قيمتين) فإن التحليل التمييزي سينشئ دالة تمييز واحدة فقط. وإذا كان لدين أكثر من مجموعتين، فستكون لدينا أكثر من دالة تمييزية (سرار، 2017، صفحة 83).

ومن أوجه الاختلاف، نذكر في الجدول رقم (1.3) بعضا من أكثر المصطلحات الإحصائية شيوعا، والتي لها ما يكافئها في أدبيات الشبكات العصبية الاصطناعية:

الجدول رقم (1.3): مقارنة بعض المصطلحات الإحصائية وما يقابلها في الشبكات العصبية الاصطناعية

المصطلحات الإحصائية	مصطلحات الشبكات العصبية الاصطناعية
متغيرات	سمات
المتغيرات المستقلة	المدخلات
أهداف أو قيم التدريب	المتغيرات التابعة
القيم المتوقعة	النتائج
البواقي	الأخطاء
الملاحظات، المشاهدات	الأنماط أو أزواج التدريب
تقدير	التدريب أو التعلم أو التكيف أو التنظيم الذاتي
معيار التقدير	دالة الخطأ، أو دالة التكلفة أو دالة Lyapunov
المعلمات المقدرة	الأوزان أو المشابك
تحليل الانحدار	التعليم الموجه (التعلم تحت الإشراف)
تقاطع	تحيز
التوقع	التنبؤ
تقليل البيانات	التنظيم الذاتي أو التعلم غي الخاضع للإشراف

المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على (Tan, 1997, p. 75) و (سرار، 2017، صفحة 120).

المطلب الثاني: التنبؤ و وخطواته باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية

سنحاول من خلال فروع هذا المطلب تقديم مفهوم للتنبؤ وإبراز مختلف خطواته باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية.

1. مفهوم التنبؤ

صيغت عدة مفاهيم للتنبؤ ومن بين تلك التعاريف نذكر مايلي:

- تقدير كمّي للقيم المتوقعة التابعة في المستقبل القريب بناء على ماهو متوفر عليه من معلومات عن الماضي والحاضر (عطية، 2000، صفحة 696).
- تقدير أو تخمين لأحداث مستقبلية بناء على متغيرات متوفرة من الماضي وكذا العوامل المؤثرة عليها (بن عبيد، 2019، صفحة 4).
- عملية عرض حالي لمعلومات مستقبلية باستخدام معلومات تاريخية بعد دراسة سلوكه الماضي (حشمان، 2002، صفحة 17).

2. خطوات التنبؤ باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية

يعتبر التنبؤ باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية أحد الأساليب الجيدة الحديثة التي لقيت اهتماما واسعا. استخدمت في عدة مجالات وفروع كونها لا تحتاج شروط صارمة ودقيقة للتنبؤ، كما تفسر سلوك البيانات غير الخطية (مرابطي س.، استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في التنبؤ بسعر البترول الخام برنت، 2019، صفحة 165)، ويمكن تلخيص خطوات التنبؤ وفقها كما يلي:

الخطوة 1: اختيار المتغيرات (Variable Selection) ومشاهداتها بحيث تمثل المشكلة أحسن تمثيل (مدوري و مكيديش، 2017، صفحة 165).

الخطوة 2: معالجة البيانات (Data Processing) وذلك بإجراء بعض العمليات على البيانات المستخدمة مثل إيجاد توزيع البيانات، تحديد الاتجاه العام (مكيديش و قادري، 2017، صفحة 97).

الخطوة 3: تقسيم البيانات إلى ثلاث مجاميع (Divide Data Into Sets):

- **مجموعة التدريب:** تستخدم لتعليم وتدريب الشبكة (بختاوي، 2019، صفحة 35).
- **مجموعة الاختبار:** من خلالها يتسنى لنا تقرير مهارة الشبكة وافتراض إمكانية استخدامها.

- **مجموعة الشرعية:** تترك لإجراء اختبار نهائي لأداء الشبكة والقيام بمعالجات قد تستدعيها عمليات تغيير جزئية في معمارية الشبكة (بوعروري، 2019، صفحة 124).

الخطوة 4: نموذج الشبكة العصبية والذي بتحديده يجب اختيار ما يلي:

- عدد العقد العصبية للإدخال وهو نفسه عدد المتغيرات المستقلة.
- عدد الطبقات الخفية والذي يرجع لقيمة الخطأ المستخدم في الشبكة.
- عدد العقد العصبية الخفية، والذي يحدد عن طريق التجربة. ويمكن حسابه من خلال $N_{hidden} \leq \frac{N_{train}\, E_{tolerance}}{N_{pts} + N_{output}}$ حيث:[N_{output}: عدد عقد المخرجات].

[N_{hidden}: عدد العقد المخفية].[$E_{tolerance}$: مقدار الخطأ الاحتمالي]. [N_{pts}: عدد البيانات التي تم إجراء التدريب عليها].

- طبقة الإخراج والتي عادة تساوي الواحد (ساهد و مكيديش، دراسة مقارنة بين الانحدار المبهم باستخدام البرمجة بالأهداف والشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ بأسعار البترول، 2014، الصفحات 112- 117).

الخطوة 5: معيار التقييم Evaluation Criteria حيث يفضل النموذج الذي له أقل قيمة للمعايير التالية:

- **معيار متوسط مربع الخطأ(Mean Square Error (MSE :** وهو متوسط حيث كلما صغر حجم MSE كلما اقتربت التوقعات من قيمة الهدف المرصود. من الناحية المثالية نود أن يكون MSE يساوي الصفر، أما من الناحية العملية سيكون دائما أكبر من الصفر (N.D , 2016, p. 64).
- **معيار جذر متوسط مربع الخطأ(Root Mean Square Error (RMSE :**

يقيس مقدار الخطأ في النماذج الإحصائية، حيث يقيم الفرق بين القيم الحقيقية والمتوقعة. وفي حالة عدم وجود خطأ في النموذج فإن **RMSE** يساوي الصفر. وكلما اقتربت نقاط البيانات من خط الانحدار فإن النموذج يكون به خطأ أقل، مما يقلل من جذر متوسط مربع الخطأ. وعليه فالنموذج ذو الخطأ الأقل ينتج تنبؤات أكثر دقة. وتجدر الإشارة أن هذا المؤشر حساس للقيم المتطرفة بعكس متوسط مربع الخطأ **(MSE)**، معادلته:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i-1}^{n}(\hat{y} - y_i)^2}{n}}$$

- **معامل التحديد R^2:** يقوم بتقييم تشتت نقاط البيانات حول خط الانحدار المناسب، تمثل قيمه الكبيرة اختلافات صغيرة بين المشاهدات والقيم المناسبة للنموذج. لا يشير وحده إلى أن نموذج الانحدار يوفر ملاءمة مناسبة للبيانات، يمكن أن يكون للنموذج الجيد قيمة معامل التحديد منخفضة (يوسف، 2022، الصفحات 273- 274).
- **معيار Akaike Information Criterion (AIC)** : $AIC = \ln(\hat{\sigma}^2) + 2p$
- **معيار Schwarz Criterion(SBS) :** $SBS = n\ \ln(\hat{\sigma}^2) + p + pln(n)$
- **معيار متوسط القيمة المطلقة للخطأ النسبي (Mean Absolute Percentage Error MAPE):**

$MAPE = \frac{1}{n}\ \sum_{t=1}^{n}|pe_t|$، حيث: [pe_t : هي نسبة الخطأ ($pe_t = \frac{X_t - e_t}{X_t}$)]

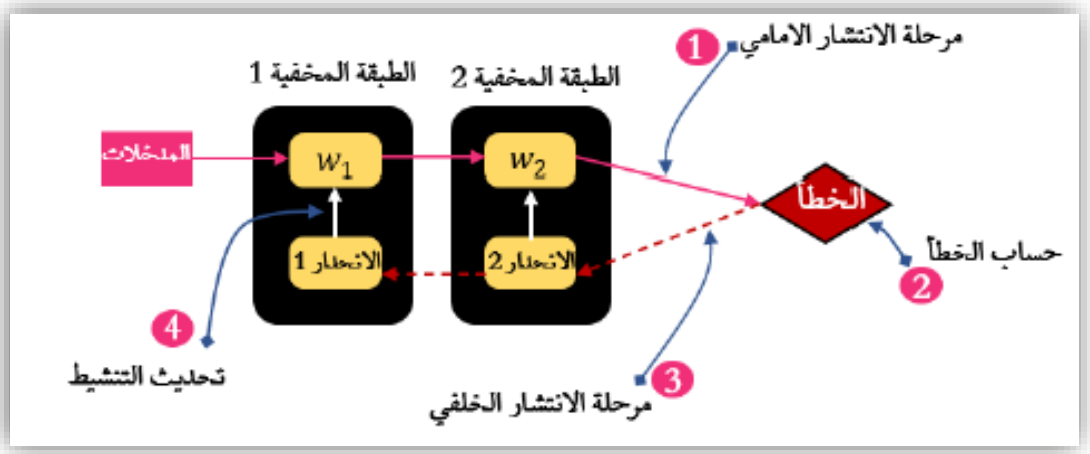
[n حجم عينة الأخطاء]. [X_t: مشاهدات السلسلة الزمنية]. [p: رتبة النموذج]. [$\hat{\sigma}^2$: تقدير تباين الأخطاء] (صاحب و الشاروط، 2014، صفحة 12).

الخطوة 6: تدريب الشبكة الذي يعني عملية تشغيل خوارزمية التعلم على مجموعة البيانات. ويضم:

- مرحلة الانتشار الأمامي لتوليد المخرجات بناء على المعاملات الحالية وبيانات الإدخال.
- مرحلة حساب دالة الخطأ* للفرق بين المخرجات الحالية والهدف (ميلاد ، 2022، صفحة 97).
- مرحلة الانتشار الخلفي التي تستخدم خوارزمية التدريب لتقلل الميل (التلباني و سالم، 2014، صفحة 313).
- مرحلة تحسين التدرجات لتحديث المعاملات لتقليل الخسائر للتكرار التالي (ميلاد ، 2022، صفحة 97).

* دالة الخطأ (Loss Function): أو دالة الخسارة، وهي المقياس الذي يساعد الشبكة على فهم ما إذا كانت تتعلم في الاتجاه الصحيح (Moolayil, 2019, p. 33). أو هي كمية يتم تقييمها بشكل دوري أثناء التدريب، وتعبر عن معدل تقدم التعلم (ميلاد ، 2022، صفحة 94).

الشكل رقم (1.3): عملية تدريب الشبكة العصبية الاصطناعية



المصدر: (ميلاد ، 2022، صفحة 97)

الخطوة 7: التنفيذ وهي من أهم الخطوات أين تختبر الشبكة من حيث القدرة على التكيف مع حالة التغير وإمكانية إعادة التدريب والوصول إلى أقل مربع خطأ عند تغير البيانات (قادري، مقاربة رياضية وقياسية للتنبؤ بالمبيعات –التنبؤ بمبيعات شركة سونلغاز من الكهرباء المنخفض التوتر لسنة 2016 باستخدام طريقة الشبكات العصبية الاصطناعية ومنهجية"JENKINS&BOX"(أطروحة دكتوراه)، 2017، صفحة 149).

المبحث الثاني: برمجية Python

تعد برمجية Python إحدى اللغات متعددة الاستخدام والتي تشهد إقبالا من طرف مختلف فئات المجتمع وذلك لسهولة تعلمها واستعمالها. كما تعتبر برمجية قوية، مرنة ومجانية أيضا. ومن خلال مبحثنا سنحيط بأبرز الجوانب النظرية لها.

المطلب الأول: مقدمة عن برمجية python وأهم مميزاتها

يرجع أول ظهور للغة Python لسنة 1991 في هولندا في النسخة (0.9.0) التي صممها **Guido Van Rossum** وهو مطور في مركز أبحاث هولندية (CWI). بدأ تطوير المشروع في أواخر الثمانينات، وكان يعتمد بشكل أساسي عل لغة البرمجة ABA التي تم تطويرها في نفس المركز، كما تعتمد كذلك على لغة C و3-Modula. أخذ Python اسمه من فرقة **Monty Python** الكوميدية، التي كان مصمم هذه البرمجية معجبا بها (Fuchs & Poulain, 2022, p. 9). تم إطلاق الإصدار 1.0 سنة 1994م، ليليها الإصدار 2.0 من Python سنة 2000م، ليستغرق الانتقال إلى الإصدار 3.0 الذي أحدث ضجة حوالي عشر سنوات. في سنة 2001م تم إنشاء مؤسسة Python Software Foundation (PSF) لتعزيز اللغة وحمايتها، والإشراف على تطويرها وجمع الأموال لتمويلها (entwanne, 2022, p. 24).

مفهوم برمجية python: هي لغة برمجة عالية المستوى، معيارية، مفسرة. **عالية المستوى**: لأنها تخفي تفاصيل الكمبيوتر بحيث يسهل للبشر فهم الأوامر. **معيارية:** مما يعني أنها تدعم الوحدات والحزم التي تسمح بمرونة البرنامج وإعادة استخدام الأوامر. يتكون Python من نواة تتعامل مع جميع العمليات، بالإضافة إلى نظام واسع من الحزم (المكتبات)* المتخصصة لأداء مهام محددة (Maurizio , 2021, p. 3).

* حزمة أو مكتبة Python: تمثل مجموعة من الوظائف والوحدات التي تسمح للمستخدم بإكمال المهام المتخصصة، وهي جزء قابل لإعادة الاستخدام في الأوامر (Maurizio , 2021, p. 3).

أهم مميزات برمجية Python:

- متعددة الإرسال، أي أنها تعمل على العديد من أنظمة التشغيل (Windows- Linux- Android) مع إمكانية التعديل عليها وتوزيعها، وهي مفتوح المصدر ليتمكن الجميع من استخدامها (Stewart, 2016, p. 9).
- مجانية، ويمكن تحميلها على جهاز الحاسوب أو الهاتف (Fuchs & Poulain, 2022, p. 9).
- جودة البرنامج بالنسبة للكثيرين مقارنة بالبرامج الأخرى في عالم البرمجة، كما صمم ليكون قابلا للقراءة ويسهل صيانته.
- رموز Python هي في الغالب من ثُلث إلى خُمس حجم رموز البرامج الأخرى أمثال C++ وJava.
- يأتي Python مع مجموعة كبيرة من الوظائف المبنية مسبقا والمحمولة، والمعروفة باسم المكتبة القياسية. تدعم هذه المكتبة مجموعة من مهام البرمجة على مستوى التطبيق، من مطابقة نمط النص إلى البرمجة النصية للشبكة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن توسيع Python مع كل المكتبات المحلية ومجموعة واسعة ومع برامج دعم التطبيقات التابعة لجهات أخرى (Lutz, 2009, pp. 3- 4).
- هي لغة قابلة للتوسيع، لذلك ستتمكن دائما من إنشاء رمز بلغة أخرى تستمد منها فوائد أخرى ثم توصلها ببرمجية Python (entwanne, 2022, p. 21).

المطلب الثاني: المكتبات الرئيسية المخصصة لعلوم Python

أهم حزم Python التي توفر أدوات مكتبية للعلوم والبحث العلمي نذكر ما يلي:

- **Numpy:** هي حزمة أساسية للحوسبة العلمية للبيانات، وأساس الكثير من حزم Python الرياضية والعلمية التي من بينها Pandas. هذه المكتبة متخصصة تماما في تحليل البيانات. تعد معرفة هذه المكتبة شرطا مسبقا رئيس لمواجهة جميع حزم Python والاستفادة منهم. نستدعي المكتبة بالأمر: import numpy as np. (Nelli, 2015, p. 35).
- **Pandas:** هي أداة معالجة البيانات الفعلية في نظام Python البيئي العلمي للبيانات الجدولية. يتيح كذلك سهولة معالجة البيانات غير المتجانسة باستخدام جداول مثل Excel، والمعروفة باسم DataFrames. كما له دعم قوي لعمليات السلاسل الزمنية (Gorelick & Ozsvald, 2020, p. 146). نستدعي المكتبة بالأمر: import pandas as pd.

❖ **Scipy:** هي حزمة مفتوحة المصدر، وتوفر مجموعة من الوظائف العلمية والرقمية السريعة، ويتم تنظيمها ل16 لبنة بناء رياضية (على سبيل المثال : الجبر الخطي، تحويلات فورية، والوظائف الخاصة). هياكل البيانات (مثال: المصفوفات النادرة، أشجار K-D.). الخوارزميات (مثل: التحسين العددي والتكامل، خوارزميات الرسم البياني، الهندسة الحسابية). تحليل البيانات على مستوى أعلى (معالجة الإشارة والصور، الطرق الإحصائية) (Virtanen, Gommers, & Oliphant, 2020, pp. 262- 263).

❖ **Sympy:** هي نظام جبر حاسوبي مجاني مفتوح المصدر يتم كتابته بلغة Python، مبني على قابلية التوسع وسهولة الاستخدام سواء عبر التطبيقات التفاعلية أو البرمجة. توفر هذه المكتبة جميع العمليات الأساسية للحساب، مثل حساب الحدود، المشتقات، التكاملات، الجمع (Meurer, Christopher , & Mateusz, 2017, pp. 1,2,7).

❖ **Matplotlib:** تسمح هذه المكتبة بجميع أنواع تمثيلات الرسم البياني ثنائي الأبعاد، وبعضها ثلاثي الأبعاد (Cordeau & Pointal, p. 52) . يتم استدعاؤها من خلال الأمر:

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

❖ **Keras :** هي حزمة عمل للتعلم العميق، حيث توفر طرقا مناسبة لتحديد وتدريب أي نوع تقريبا من نماذجه. تم تطوير Keras أول الأمر للباحثين بهدف تعزيز وتمكين التجارب السريعة. لدى هذه الحزمة أكثر من 200000 مستخدم من مختلف الشرائح عبر العالم. يتم استخدامها في Google، Netflix ... حتى في موقع مسابقة التعلم الآلي Kaggle. حيث تم الفوز تقريبا بكل مسابقة حديثة للتعلم العميق باستخدام نماذج Keras (CHOLLET, 2018, p. 61). توفر هذه المكتبة أنواع من الطبقات ووسائل ربطها نذكر منها:

- **طبقة Dense:** أو الطبقة الكثيفة، وهي طبقة عادية في الشبكة العصبية العميقة(DNN) تربط كل عصب من الطبقة المحددة بكل عصب من الطبقة السابقة. سمية بالكثيفة لأنها تتيح كل الاتصالات الممكنة بين الطبقات، على سبيل المثال، إذا كانت الطبقة 1 تحتوي على 5 أعصاب، والطبقة 2(الطبقة الكثيفة) تحتوي على 3أعصاب، فإن إجمالي عدد الروابط بين الطبقة 1 و2 سيكون 15 رابط (3*5).
- **طبقة Dropout:** أو طبقة التخفيض في التعلم العميق. والتي تساعد على تقليل الافراط في التحميل عن طريق إدخال إمكانيات التعميم والتعزيز في النموذج، في المعنى الحرفي، تقوم هذه

الطبقة بإسقاط عدد قليل من العصبونات أو تعيينها بقيمة 0 وتقليل العمليات الحسابية في عملية التدريب.

بناء على حالات الاستخدام المختلفة، توفر Keras طبقات محددة ومدمجة لمعظم الحالات. ففي حالة استخدام الرؤية الحاسوبية، يكون المدخل عادة صور، وهناك طبقات خاصة لاستخراج ميزات الصور وتسمى بطبقات التركيب (Convolutional layers). نضيف ذكر طبقات مهمة أخرى قدمتها هذه المكتبة على سبيل المثال:

- **طبقة التضمين** (Embedding layers).
- **طبقة التركيب** (Convolutional layers).
- **طبقات التجميع** (Pooling layers).
- **طبقات الدمج** (Merge layers).
- **طبقات التكرار** (Recurrent layers) (Moolayil, 2019, pp. 29- 31).

❖ **TrensorFolow:** هي أحد المنصات الأساسية للتعلم الآلي التعلم العميق اليوم، تم تطويرها أول مرة بواسطة فريق Google Brain سنة 2007م. من بين مزاياه أنه دعم ممتاز للرسوم البيانية الحسابية، كما يمكن تثبيته على أجهزة سطح المكتب والمتصفحات وحتى وحدات التحكم الدقيقة (ميلاد ، 2022، الصفحات 51- 52).

❖ **Scikit-learn:** مكتبة تعلم الآلة واستخراج وتحليل البيانات.

❖ **BioPython**: مكتبة موجهة للمشاكل البيولوجية كعلم الجينوم، النمذجة الجزيئية،...وغيرها.

❖ **Astropy:** مكتبة مجتمعية مخصصة لعلوم الفلك (Boileau & Legoll, p. 15).

المبحث الثالث: الدراسة التطبيقية

لتصميم نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية الذي يتنبأ بأسعار النفط الخام، تم اعتماد برمجية **Python** التي تسمح بتحديد أحسن معالم الشبكة العصبية المعقدة التي تتوافق مع خصائص متغير الدراسة وفترتها. أين تم استخدام شبكة **LSTM** وتدريبها استعانة بخوارزمية"**Adam**" كخوارزمية تحسين النموذج، إضافة إلى دالة التنشيط **tanh** لِتُشكل هذه التوليفة شبكة عصبية معقدة. تجدر الإشارة إلى أننا أدرجنا بعض الأوامر بغرض التعريف بطريقة البرمجة.

تم اعتماد الأمر التالي لتحديد إصدار برمجية Python (3.10.11)، حيث تشير النتائج إلى:

```
import sys
print(sys.version)
```

```
3.10.11 (main, Apr  5 2023, 14:15:10) [GCC 9.4.0]
```

- رقم 3: الإصدار الرئيسي.
- رقم 10: الإصدار الفرعي.
- رقم 11: الإصدار الصغير.

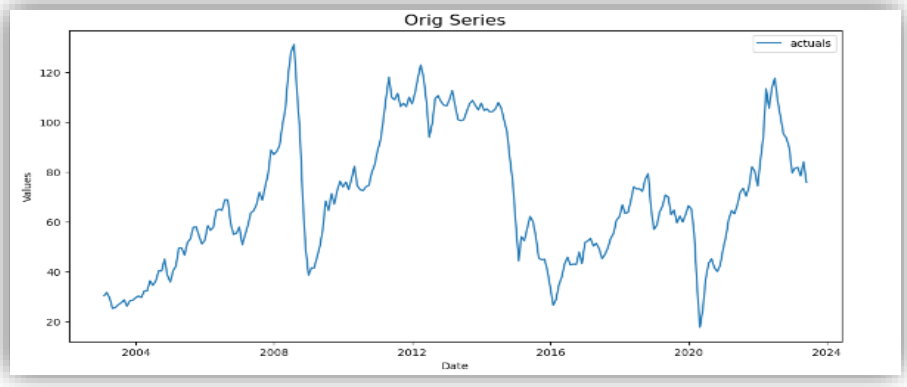
المطلب الأول: بيانات الدراسة ومعالجتها

1. البيانات المستخدمة وتقسيمها

لدينا سلسلة زمنية تمثل أسعار النفط الخام اليومية تم الحصول عليها من منظمة الأوبك، وهذا عبر فترة زمنية تمتد من 05 جانفي 2003 إلى غاية 04 جوان 2023. تم استئناف العمل على البيانات بعد تحويلها إلى بيانات أسبوعية لتصبح بمجموع مشاهدات1066 مشاهدة. وذلك باستخدام الأوامر التالية:

```
df.set_index('data', inplace=True)
df.index = pd.to_datetime(df.index)
data2 = df.resample('W').mean()
data2.head()
```

الشكل رقم (2.3): التمثيل البياني لأسعار النفط الخام الشهرية



تم تمثيل البيانات لتكون في شكل منحنى بياني يعكس تطور أسعار النفط خلال فترة الدراسة، والذي سبق شرحه في الفصل الأول (مطلب التطور التاريخي لأسعار النفط).

المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

كتقسيم للبيانات حددنا حجم مجموعة الاختبار ليكون 12 مشاهدة، و12 مشاهدة أيضا بالنسبة لمجموعة التوقع، ليمثل حجم البيانات المتبقي مجموعة التدريب. وللحصول على معلومات منظمة أكثر حول بياناتنا تجمل مدخلاتنا للبرنامج قمنا باعتماد الأمر التالي:

```
f
```

والتي كانت نتيجته ما يلي:

الشكل رقم (3.3): أهم معلومات بيانات الدراسة

```
Forecaster(
    DateStartActuals=2003-01-05T00:00:00.000000000
    DateEndActuals=2023-06-04T00:00:00.000000000
    Freq=W-SUN
    N_actuals=1066
    ForecastLength=12
    Xvars=[]
    TestLength=12
    ValidationMetric=rmse
    ForecastsEvaluated=[]
    CILevel=None
    CurrentEstimator=mlr
    GridsFile=Grids
)
```

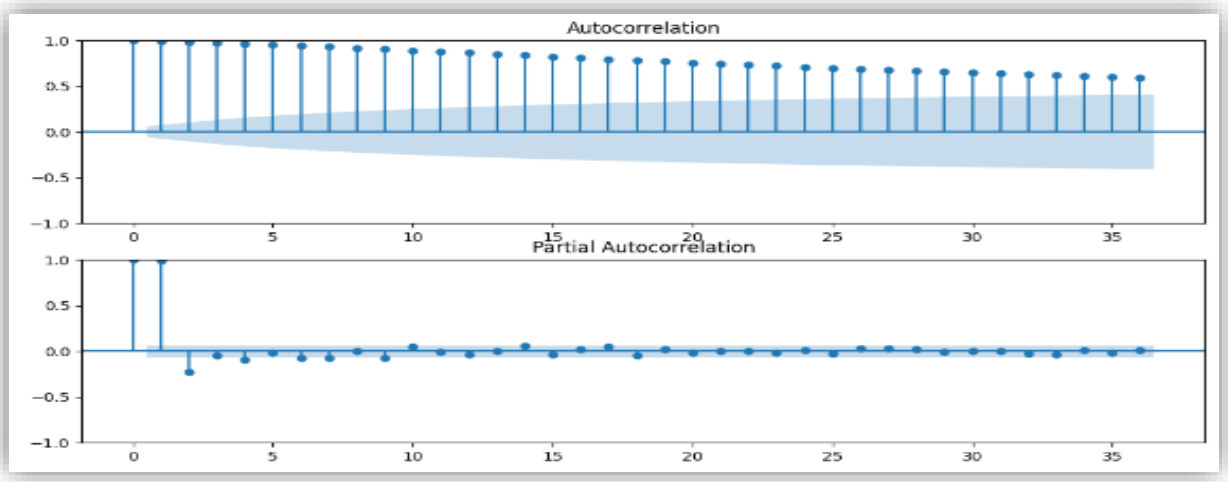
المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

أظهرت نتائج الأمر تاريخ البيانات الفعلي للبدء والانتهاء، ونوعها (أسبوعية)، عدد البيانات (1066 مشاهدة)، تقسيم البيانات، أهم معيار لتقييم النموذج (جذر متوسط الأخطاء RMSE)، طريقة تنبؤ إضافية (الانحدار الخطي المتعدد mlr)، GridsFile يمثل الملف الذي يحوي الشبكات المحتمل استخدامها في التنبؤ.

2. معالجة البيانات

أ. دالة الارتباط الذاتي الكلية والجزئية:

الشكل رقم (4.3): دالتي الارتباط الذاتي الجزئية والكلية (AC - PAC)

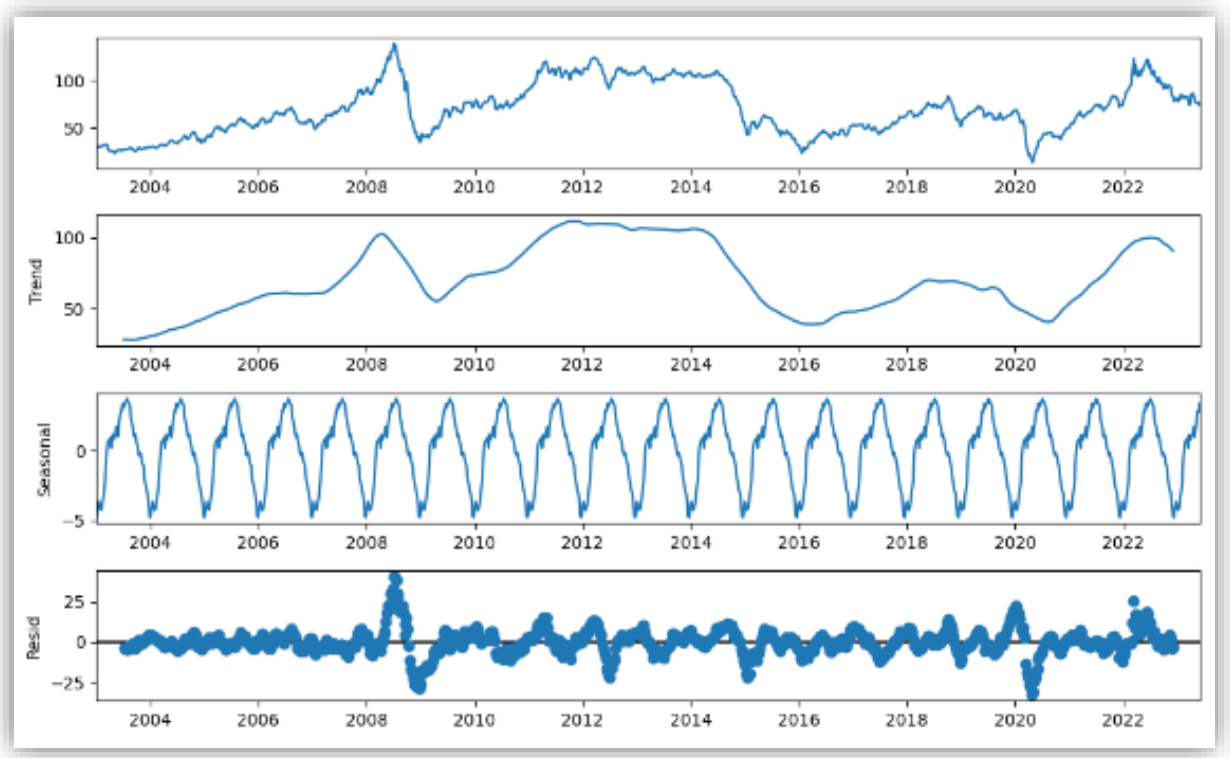


المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

من خلال دالة الارتباط الذاتي الجزئية نلاحظ: وجود علاقة ذات دلالة إحصائية قد تكون موجودة حتى الأسبوع التاسع في البيانات، ستكون هذه المعلومة جيدة للاستخدام عند النمذجة، والتي على أساسها اعتمدنا درجة التأخير 9.

ب. الاتجاه العام والمركبة الموسمية والبواقي

الشكل رقم (5.3): الاتجاه العام والمركبة الموسمية والبواقي



المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

من خلال الشكل رقم (5.3) نلاحظ: وجود اتجاه عام عشوائي، ووجود مركبة موسمية قوية في هذه البيانات، كما يظهر لنا أن البواقي تتبع توزيعا ما يصعب تحديده.

ج. دراسة الاستقرارية:

يعد التحقق من ثبات السلسلة أمرا مهما لأن معظم طرق السلاسل الزمنية لا تصمم البيانات غير الثابتة(المستقرة) بشكل فعال. لذا فهذه الخطوة مهمة لاستكشاف البيانات بدقة قبل محاولة تصميمها.

يتم استخدام اختبار (Augmented Dickey-Fuller test) لتحديد ما إذا كانت سلسلة البيانات الزمنية مستقرة أم لا. وذلك بتطبيق الأمر التالي:

```
critical_pval = 0.05
print('-'*100)
print('Augmented Dickey-Fuller results:')
stat, pval, _, _, _, _ = f.adf_test(full_res=True)
print('the test-stat value is: {:.2f}'.format(stat))
print('the p-value is {:.4f}'.format(pval))
print('the series is {}'.format('stationary' if pval < critical_pval else 'not stationary'))
print('-'*100)
```

كانت نتائج الأمر السابق كما يلي:

الشكل رقم (6.3): نتائج اختبار ADF

```
--------------------------------
Augmented Dickey-Fuller results:
the test-stat value is: -2.90
the p-value is 0.0449
the series is stationary
--------------------------------
```

المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

تُظهر النتائج قيمة (Pv=0.0449) وهي أقل من 0.05 وعليه فإننا نقبل الفرض البديل القائل بأن السلسلة مستقرة عند مستوى معنوية 5%، وهذا ما أظهرته الملاحظة المكتوبة آخر النتيجة المقدمة من طرف البرنامج.

المطلب الثاني: بناء نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية المعقدة لأسعار النفط الخام

- **التنبؤ باستخدام نموذج LSTM:**

تم اعتماد تقنية (نموذج أو شبكة) LSTM (Long Short-Term Memory) في عملية التنبؤ بالقيم المستقبلية لمتوسط الأسعار الأسبوعية للنفط الخام باعتبارها إحدى الشبكات العصبية وفق ست مراحل تطوير وفي كل مرحلة نشأ نموذج جديد، مع تدريب كل نموذج لمرتين متكررتين من أجل تعليمه. سيتم عرض النماذج فيما يلي:

1. النموذج الأول (lstm_default)

❖ **تدريب وتعليم النموذج:**

بادئ الأمر سمينا نموذجنا **(lstm_default)**، وللقيام بعملية التدريب والتنبؤ اعتمدنا الأمر:

```
f.set_estimator('lstm')
f.manual_forecast(call_me='lstm_default')
```

الشكل رقم (7.3): نتائج تدريب النموذج (lstm_default)

```
33/33 [==============================] - 2s 3ms/step - loss: 0.4220
1/1 [==============================] - 0s 408ms/step
33/33 [==============================] - 3s 4ms/step - loss: 0.4010
1/1 [==============================] - 1s 593ms/step
33/33 [==============================] - 0s 2ms/step
```

المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

من النتائج نلاحظ أنه خلال مرحلة تدريب وتقييم النموذج LSTM تم فيه معالجة دفعات (عينات) حجمها 33 مشاهدة لتكرارين متتاليين بهدف تحسين أداء النموذج. وتشير الخطوط المتوازية [====] إلى تقدم الدفعات في عملية التدريب. سجلنا قيم خسارة

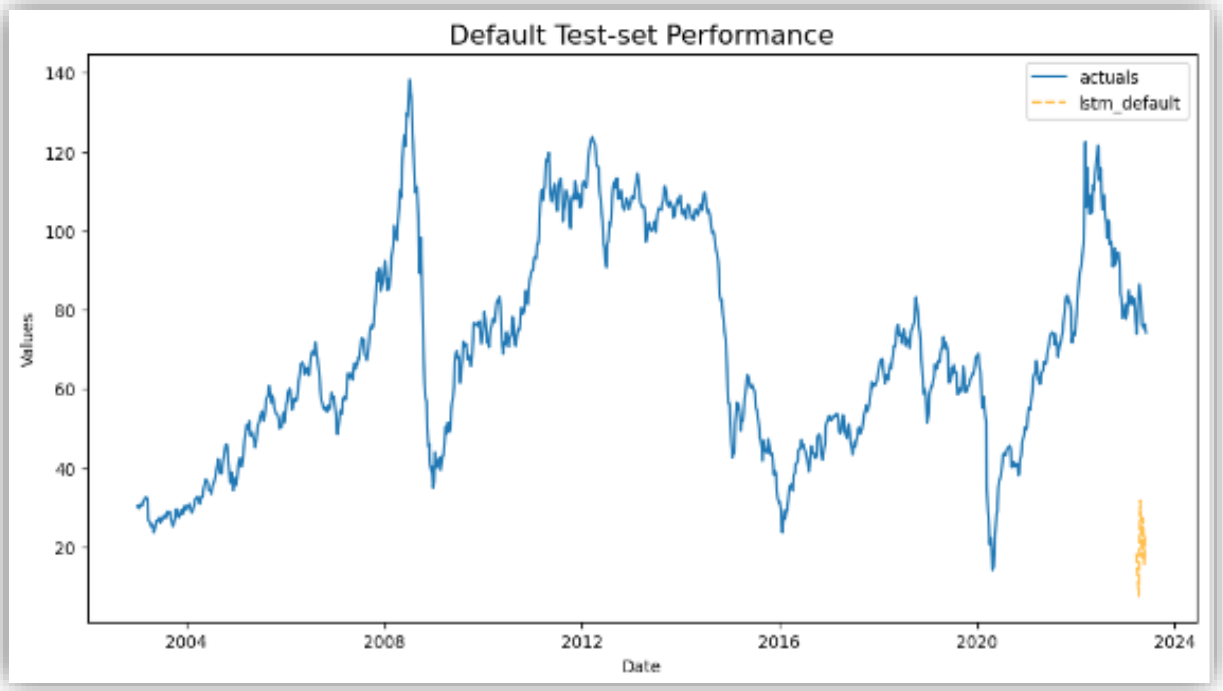
في التكرار الأول 0.4220 في وقت قدره 2 ثواني و3 ميلي ثانية، لنلاحظ بعدها انخفاضها في التكرار الثاني إلى 0.4010 والذي قد يشير إلى أن النموذج تحسن لكن لا يزال هناك مجال للتحسين لزيادة الدقة.

❖ **مرحلة اختبار أداء النموذج:** بهدف رسم أداء مجموعة الاختبار الإفتراضية بواسطة النموذج ومقارنتها والقيم الفعلية، قمنا باعتماد الأمر:

```
f.plot_test_set()
plt.title('Default Test-set Performance',size=16)
plt.show()
```

كانت النتائج كما يلي:

الشكل رقم (8.3): عرض أداء النموذج (lstm_default)



المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

كما هو متوقع، القيمة الفعلية والقيم التي قدمها نموذج lstm_default متباعدة. أي لم يكن أداء هذا النموذج جيدا. لكن مجرد حقيقة أننا تمكنا من الحصول على نتائج هي إنجاز معتبر.

2. النموذج الثاني (lstm_9lags)

❖ **تدريب وتعليم النموذج:**

من خلال تمثيل PAC لاحظنا وجود ارتباط ذاتي كبير حتى الأسبوع التاسع، لهذا سنمنح نموذجنا المزيد من التأخيرات للتنبؤ بها، وستكون الانطلاقة من درجة التأخير Lag=9 (أي أن قيمة سعر النفط الخام في الأسبوع الحالي معتمدة على قيمته قبل تسعة أسابيع) لتبدأ عملية تدريب النموذج الثاني. النتائج في الشكل التالي:

الشكل رقم (9.3): نتائج تدريب النموذج (lstm_9lags)

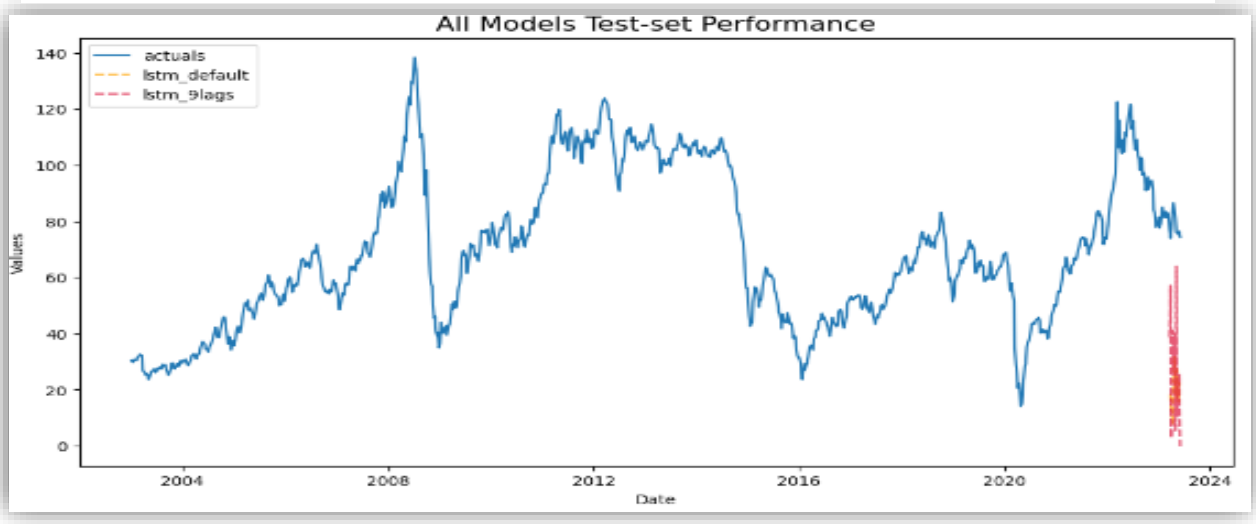
```
33/33 [==============================] - 2s 6ms/step - loss: 0.4100
1/1 [==============================] - 0s 410ms/step
33/33 [==============================] - 2s 5ms/step - loss: 0.4371
1/1 [==============================] - 0s 413ms/step
33/33 [==============================] - 0s 2ms/step
```

المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

تشير النتائج إلى أنه تم تنفيذ التنبؤ على دفعات حجمها 33، استغرقت العملية ثانيتين و6 ملي ثانية بتسجيل خسارة (Loss) قدرها 0.41. بعدها تم تنفيذ التنبؤ على نفس حجم الدفعة للمرة الثانية لترتفع قيمة الخسارة إلى 0.4371 في وقت قدره ثانيتين و5 ميلي ثانية. وعليه لاتزال النتائج بعيدة على تحسن النموذج بعد عمليات التعديل والتدريب.

❖ **التحقق من أداء النموذجين (lstm_default) و(lstm_9lags)**

الشكل رقم (10.3): عرض أداء النموذجين (lstm_default) و(lstm_9lags)



المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

من خلال الشكل رقم (10.3) وبمقارنة أداء النموذجين ببيانات التحقق الفعلية (الحقيقية). نرى بعض التحسينات الملحوظة، لكن ما تحصلنا عليه غير كافي ولم يصل للمستوى المطلوب. ننتقل للخطوة التالية بمنح النموذج مزيدا من الوقت للتدريب.

3. النموذج الثالث (lstm_9lags_5epochs)

❖ **تدريب وتعليم النموذج:** من خلال الأمر التالي:

```
f.manual_forecast(call_me='lstm_9lags_5epochs',lags=9,epochs=5,validation_split=.2,shuffle=True)
```

تم اعتماد نفس درجة التأخير بعدد دورات تدريبية epoch=5 لمرتين متتاليتين. الهدف من هذه العملية هو تقليل الخسارة بمرور الحلقات(الدورات)، وتحقيق أفضل أداء ممكن. مقارنة الخسارة في بيانات التدريب والتحقق تعطي فكرة عن كفاءة النموذج في التعلم والتعامل مع البيانات. النتائج كالتالي:

الجدول رقم (2.3): نتائج دورات التدريب للنموذج (lstm_9lags_5epochs)

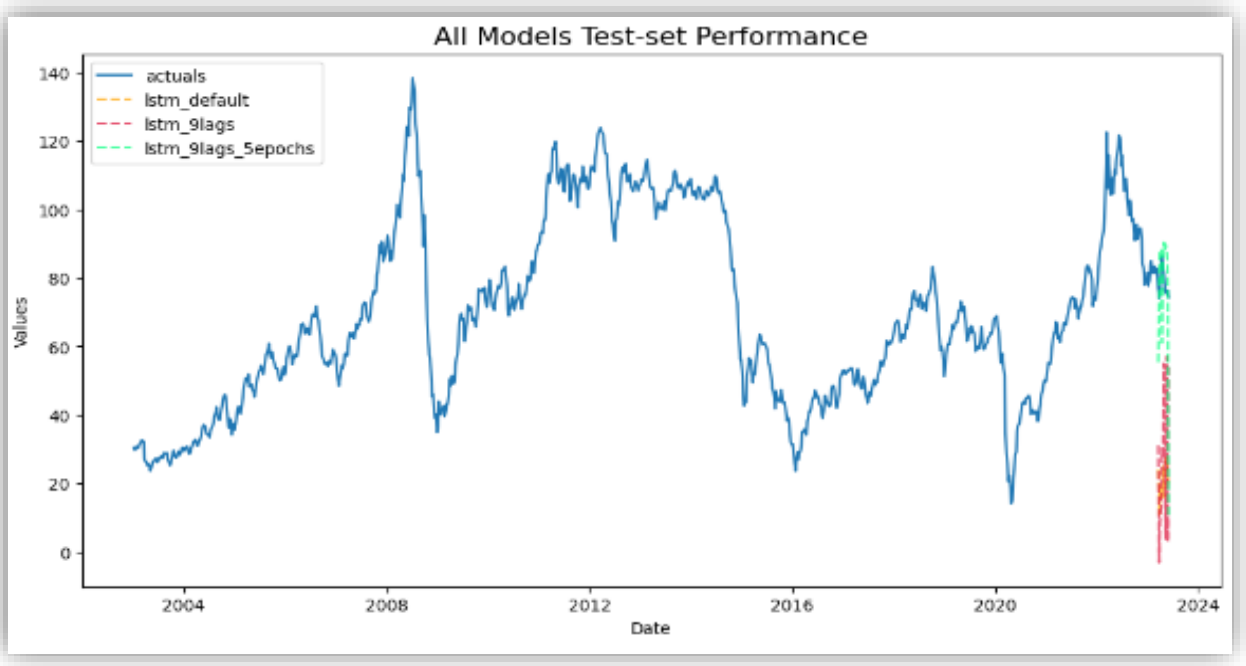
01	Epoch	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5
	قيمة الخسارة(مجموعة التدريب)	0.40	0.32	0.24	0.18	0.13
	قيمة الخسارة(مجموعة التحقق)	0.36	0.27	0.20	0.15	0.12
	Time	3s 27ms	0s12ms	0s10ms	0s10ms	0s10ms
02	Epoch	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5
	قيمة الخسارة(مجموعة التدريب)	0.41	0.33	0.23	0.17	0.12
	قيمة الخسارة(مجموعة التحقق)	0.38	0.27	0.19	0.13	0.10
	Time	3s25ms	0s7ms	0s7ms	0s7ms	0s7ms

المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على برمجية Python (3.10.11) من خلال الملحق 03

نلاحظ من خلال الجدول تراجع قيم الخسارة بشكل مستمر في كل تكرار (كل مرة) بالنسبة لمجموعة التدريب والتحقق والذي يشير إلى تحسن أداء النموذج واقتراب توقعاته من القيم الفعلية.

❖ **عرض أداء النماذج (lstm_default)، (lstm_9lags) و(lstm_9lags_5epochs)**

الشكل رقم (11.3): عرض أداء النموذج الأول، الثاني والثالث



المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

من المنحنى يظهر لنا أن النتائج تحسنت، لكن لاتزال بعيدة والمستوى الطلوب.

4. النموذج الرابع (lstm_9lags_earlystop_3layers)

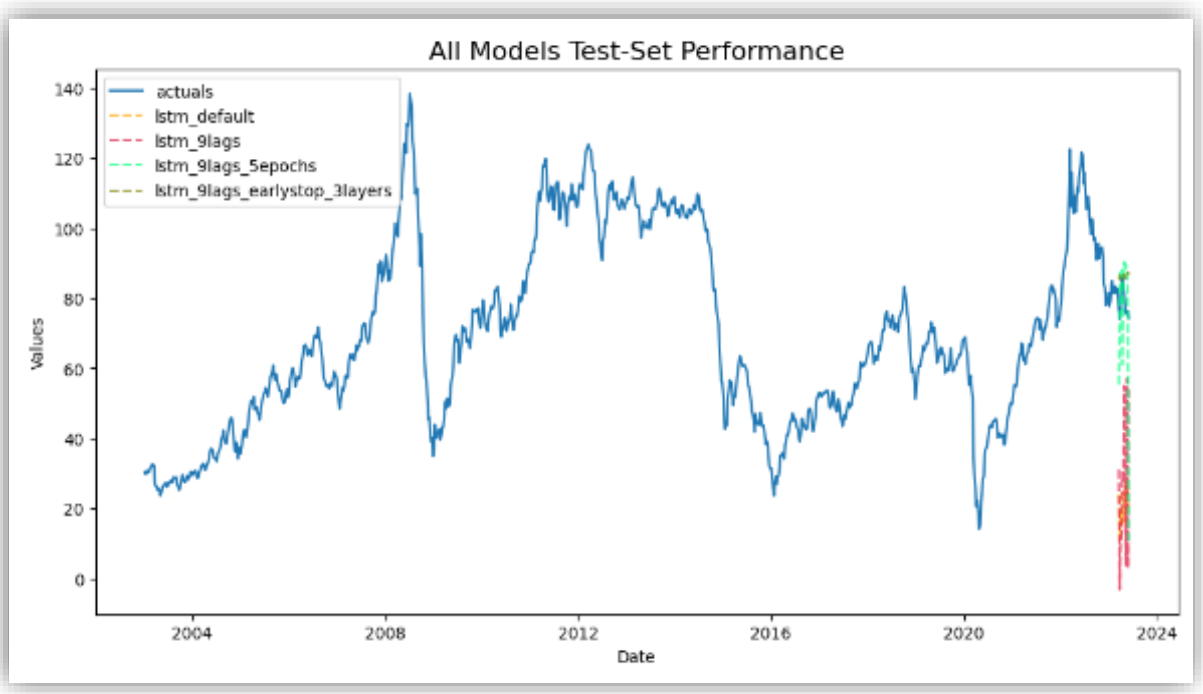
❖ **تدريب وتعليم النموذج:** بما أن صياغة النموذج تعتمد على المحاولة فقد كررنا العملية بعد زيادة عدد الطبقات في الشبكة لتصل إلى 3 طبقات ((lstm_layer_sizes= (16,16,16)، ورَفع دورات التدريب إلى epoch=25. مع استدعاء EarlyStopping من (tensorflow.keras.callbacks) لإضافة تقنية التحكم في عملية التدريب، بمعنى إذا لم يحدث أي تحسن في معدلات الخسارة لمدة 5 دورات متتالية سيتم إيقاف عملية التدريب (patience=5)، مع عدم وجود إسقاط

```
from tensorflow.keras.callbacks import EarlyStopping
f.manual_forecast(
    call_me='lstm_9lags_earlystop_3layers',
    lags=9,
    epochs=25,
    validation_split=.2,
    shuffle=True,
    callbacks=EarlyStopping(
      monitor='val_loss',
      patience=5
    ),
    lstm_layer_sizes=(16,16,16),
    dropout=(0,0,0)
)
```

وحدات في طبقات LSTM ((dropout= (0,0,0)). كل هذا موضح في الأمر.

❖ **عرض أداء النماذج الأربعة:** كانت نتائج المقارنة كما يلي:

الشكل رقم (12.3): عرض أداء النماذج الأربعة



المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

نلاحظ من المقارنة أن مسيرتنا في التطوير جيدة، وأن النموذج الأقرب قليلا هو النموذج الأخير، وسنستمر في محاولة التطوير لإيجاد النموذج الأمثل.

5. النموذج الخامس (lstm_9lags_4layers_15epochs)

❖ **تدريب وتعليم النموذج**

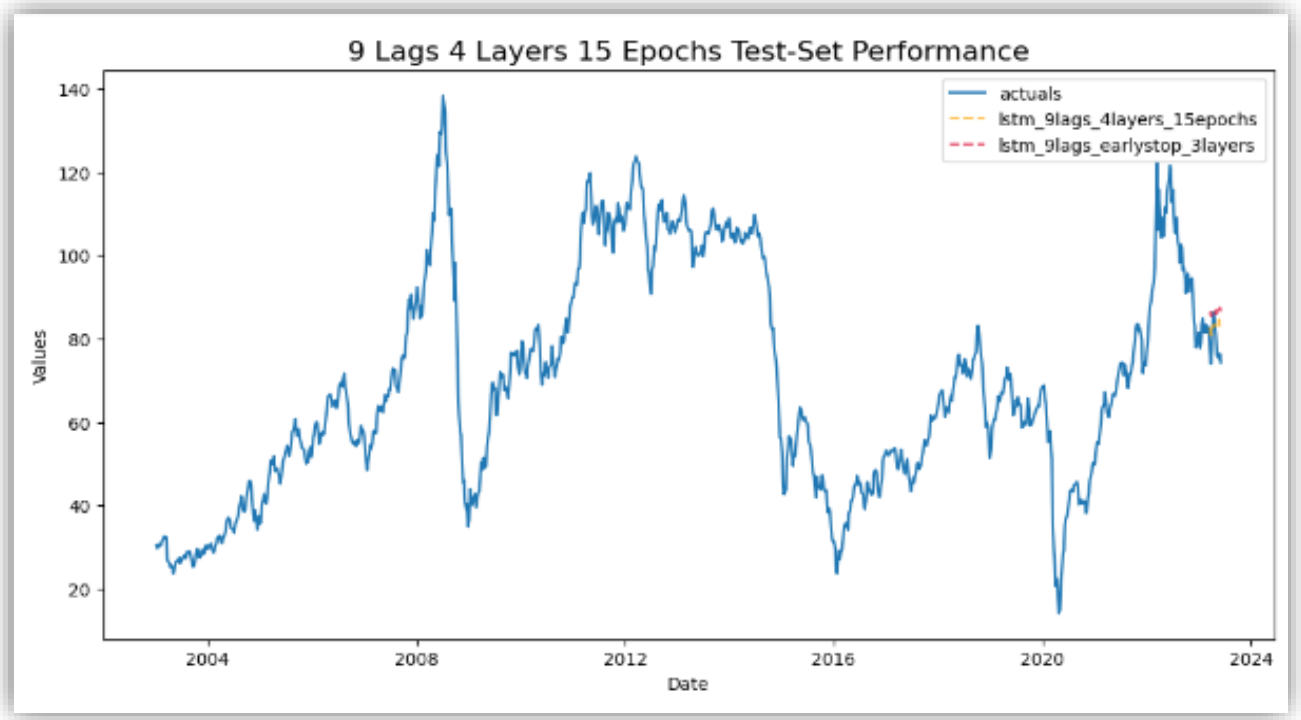
```
f.manual_forecast(
    call_me='lstm_9lags_4layers_15epochs',
    lags=9,
    batch_size=32,
    epochs=15,
    validation_split=.2,
    shuffle=True,
    activation='tanh',
    optimizer='Adam',
    learning_rate=0.0001,
    lstm_layer_sizes=(72,)*4,
    dropout=(0,)*4,
    plot_loss=True
)
```

في محاولتنا لتدريب النموذج الخامس، قمنا بالمحافظة على نفس درجة التأخير وتغيير حجم الدورات التدريبية إلى 15، واعتماد حجم الدفعة لعملية التدريب (**batch_size=32**). تحديد عدد الطبقات 4 وعدد العقد 72 (يمكن تعديل الطبقات وحجم العقد حسب الحاجة ومتطلبات المشكلة). كما تم تحديد دالة tanh لوظيفة التنشيط في الطبقات. وخوارزمية Adam في التحسين بمعدل تعلم (**learning_rate=0.0001**). والأمر يوضح ذلك.

نتائج الأمر موضحة في الملحق 04 المرفق بمنحنييه، أين سجلنا تراجع في قيم الخسارة في مجموعة التحقق والتدريب مع تقارب رسم المنحنيين. أي أن نموذجنا تحسن أكثر.

❖ **عرض أداء النموذجين الرابع والخامس**

الشكل رقم (13.3): عرض أداء النموذجين الرابع والخامس



المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

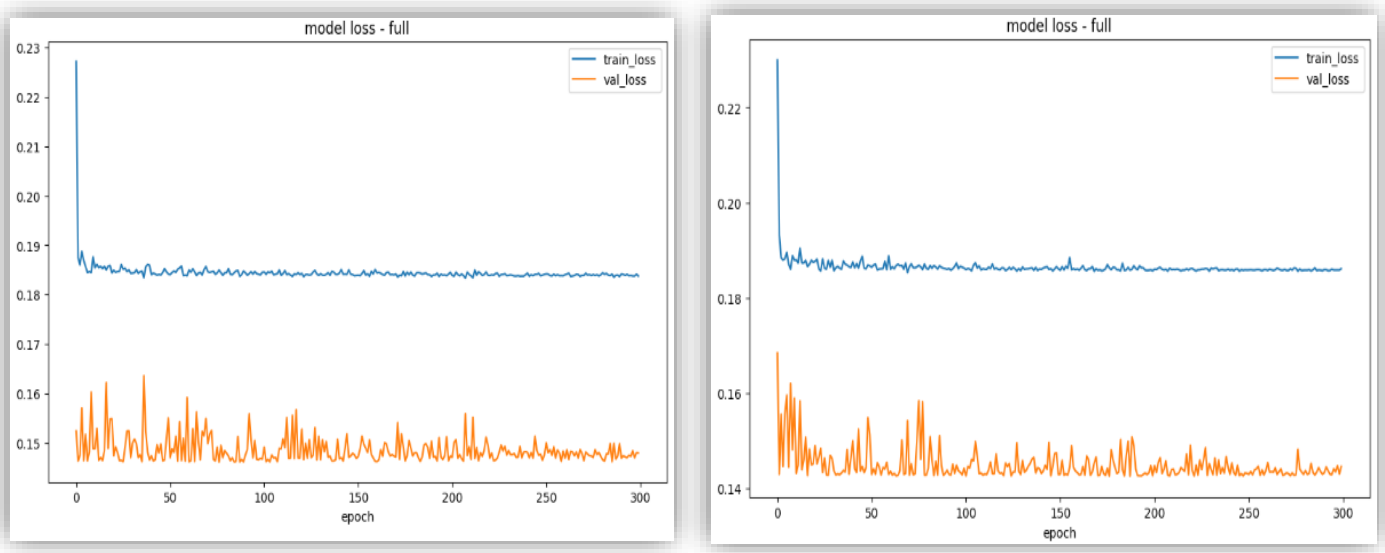
رغم أن الأمر استغرق مدة للوصول إلى نموذج قيمه لمجموعة الاختبار تقترب من القيم الفعلية، إلا أننا بدأنا نسجل تقدما وتحسنا عمليا في بناء النموذج. فمن المنحنى وبالرغم من أن بيانات التحقق لا تظهر بشكل جيد وواضح إلا أنها ضمن المجال وتكاد تنطبق على البيانات الفعلية.

1. النموذج السادس (lstm_best)

❖ **تدريب وتعليم النموذج:** بنفس خطوات التحسين السابقة للنموذج الخامس، قمنا بتغيير (**batch_size=16**)، عدد الدورات 300، عدد الطبقات 15 مع 100 عقدة. نتج لنا بعد عملية التدريب المنحنى التالي:

الشكل رقم (14.3): تغيرات الخسارة في مجموعتي التدريب والتحقق في التكرارين الأول والثاني للنموذج (lstm_best)

التكرار الأول **التكرار الثاني**



المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

نلاحظ من المنحنيين تباعدا كبيرا في قيمه أي أنه لا يمكن الحكم بتحسن النموذج.

❖ **المقارنة بين أداء النموذجين الرابع والخامس حسب معياري MAPE و RMSE**

اعتمادا على الملحق 05 في مقارنتنا لأداء أفضل النموذجين، يتم ترتيب النماذج وفق معياري الأداء المحددين هنا ب RMSE وMAPE وهما معياران لقياس جودة التنبؤ. لذا ومن خلال الشكل يظهر لنا تحسن أداء النموذج الرابع، لكنه ليس بمستوى أداء النموذج السابق (الخامس).

المطلب الثالث: المقارنة بين نماذج LSTM ونموذج mlr

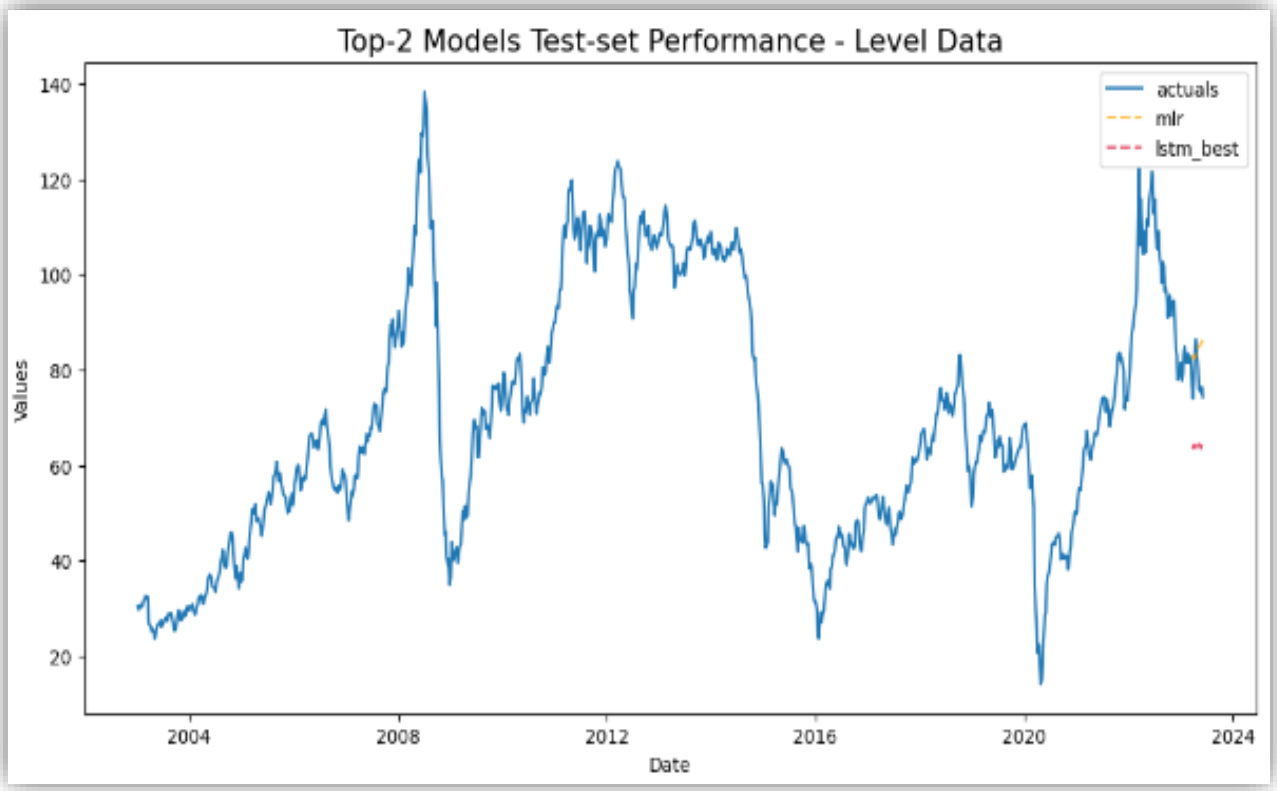
أولا: المقارنة بين نماذج LSTM ونموذج mlr في البيانات

1. **نموذج mlr:** يعتمد هذا النموذج على تحليل البيانات انطلاقا من تحليل أهمية الميزات التي تساعد على فهم العوامل المؤثرة في النتائج والتنبؤات، أنظر الملحق 06.

❖ **عرض أداء نموذج (mlr) ومقارنته بالنموذج السادس**

النتائج تم عرضها في المنحنى التالي:

الشكل رقم (15.3): عرض أداء النموذج السادس ونموذج mlr

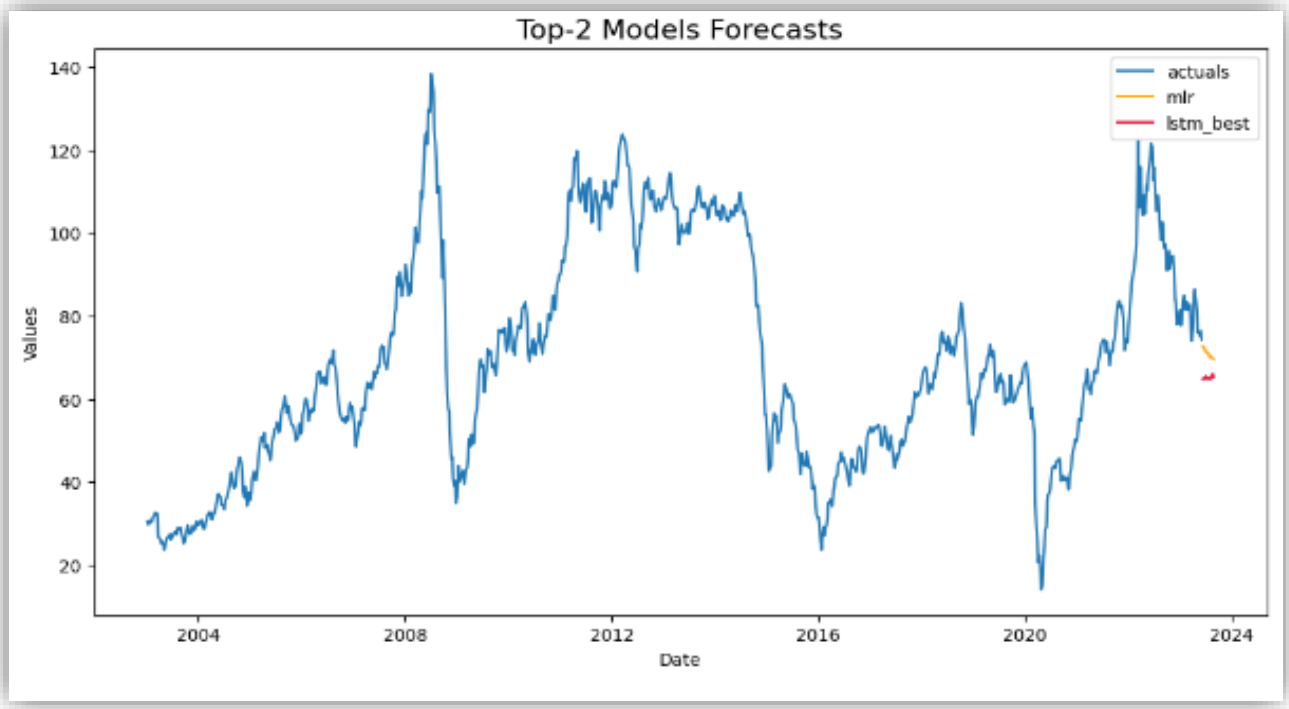


المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

من خلال أداء النموذجين يظهر لنا أن النموذج الجديد (mlr) استطاع أن يتنبأ بقيم الاختبار بشكل أمثل من النموذج السادس، وذلك وفق معيار الأداء المحدد هنا ب MAPE.

❖ **عرض تنبؤ نموذج mlr ومقارنته والنموذج السادس**

الشكل رقم (16.3): نتائج التنبؤ باستخدام النموذج السادس ونموذج mlr



المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

يظهر لنا المنحنى القيم التنبئية للنموذجين.

2. المقارنة بين جميع النماذج:

يظهر الأمر أنه باستخدام دالة (export) لاستخراج ملخصات النماذج المدربة السابقة والمحفوظة في ملف (model_summaries)، تم المقارنة بينها على أساس المعايير التالية:

```
f.export('model_summaries',determine_best_by='TestSetMAPE')[
    ['ModelNickname','TestSetMAPE','TestSetRMSE','TestSetR2','best_model']
]
```

- (Test Set MAPE) نسبة الخطأ المطلق المتوسط على مجموعة الاختبار.
- (Test Set RMSE) جذر متوسط المربعات للخطأ على مجموعة الاختبار.
- (Test Set R2) معامل الارتباط (R-squared) على مجموعة الاختبار.

النتائج موضحة في الجدول التالي:

الجدول رقم (3.3): نتائج المقارنة بين النماذج

	ModelNickname	TestSetMAPE	TestSetRMSE	TestSetR2	best_model
0	lstm_9lags_4layers_15epochs	0.069694	5.923844	-0.953965	True
1	mlr	0.086063	7.404796	-2.053062	False
2	lstm_9lags_earlystop_3layers	0.101733	8.890173	-3.400783	False
3	lstm_best	0.181604	15.035481	-11.587635	False
4	lstm_9lags_5epochs	0.192900	22.092684	-26.177309	False
5	lstm_9lags	0.681583	57.438238	-182.701077	False
6	lstm_default	0.735100	58.292306	-188.204717	False

المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

من الجدول نلاحظ أن النموذج الأفضل هو النموذج (lstm_9lags_4layers_15epochs) وذلك حسب معياري (RMSE) و(MAPE) بقيم (5.92) و(0.06) على التوالي. أي أنه يتنبأ بنسبة 94.08% حسب المعيار الأول و99.93% حسب المعيار الثاني.

3. التنبؤ بأسعار النفط الخام بأربعة نماذج

```
results['lvl_test_set_predictions']
```

❖ **توقعات النماذج لمجموعة الاختبار:** تم اعتماد الأمر التالي لكي تعطينا النماذج فكرة عن كيفية أدائها في التنبؤ بالقيم الفعلية لمجموعة الاختبار. والتي كانت نتائجه كما يلي:

الجدول رقم (4.3): التنبؤات الفعلية لمجموعة الاختبار للنماذج الأربعة

	DATE	actual	lstm_9lags_earlystop_3layers	lstm_9lags_4layers_15epochs	lstm_best	mlr
0	2023-03-19	76.9760	85.504825	82.553948	63.494723	82.406719
1	2023-03-26	73.9920	86.481317	80.856474	63.671902	82.840313
2	2023-04-02	77.2020	85.166523	82.184836	64.210019	82.400859
3	2023-04-09	85.2525	85.119857	83.206351	64.176271	82.566875
4	2023-04-16	86.4280	85.456767	83.089019	63.647428	83.006328
5	2023-04-23	84.1260	85.748854	83.310825	64.837787	83.551250
6	2023-04-30	80.9500	86.831448	83.448907	64.658169	84.533672
7	2023-05-07	76.0120	85.656476	83.035357	64.300143	84.978984
8	2023-05-14	76.1340	86.657981	83.093305	64.253710	85.068828
9	2023-05-21	75.2080	87.085559	84.589671	63.490932	85.443828
10	2023-05-28	76.3760	87.454041	82.483008	64.484118	86.049297
11	2023-06-04	74.2560	86.524215	82.783874	64.350892	85.766094

المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

نلاحظ عموما أن النموذج (lstm_9lags_4layers_15epochs) يعطي تقديرات أقرب إلى القيم الفعلية للسلسلة الزمنية المستهدفة، لهذا تم اعتماده كنموذج أمثل في دراستنا.

❖ **التنبؤ النهائي بأسعار النفط الخام باستخدام النماذج**

الجدول رقم (5.3): تنبؤات النماذج بالقيم المستقبلية

	DATE	lstm_9lags_earlystop_3layers	lstm_9lags_4layers_15epochs	lstm_best	mlr
0	2023-06-11	81.917127	78.539841	64.757031	72.710984
1	2023-06-18	82.306440	78.005369	64.820235	72.394489
2	2023-06-25	82.563512	77.995842	65.182151	71.867400
3	2023-07-02	83.698835	77.219281	65.465281	71.325920
4	2023-07-09	83.482530	78.486172	64.835029	71.347928
5	2023-07-16	83.730726	79.638559	65.063213	70.999076
6	2023-07-23	83.551752	78.839360	64.947065	70.913783
7	2023-07-30	83.705513	77.655231	64.888710	70.091661
8	2023-08-06	84.414532	78.675369	64.715040	70.103522
9	2023-08-13	86.218382	79.304765	65.740911	69.893302
10	2023-08-20	85.826722	79.436481	66.003665	69.832567
11	2023-08-27	85.463348	80.409353	65.236209	69.617995

المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

ثانيا: اختيار النموذج الأمثل في حالة البيانات الأسبوعية والشهرية

الجدول رقم (6.3): مقارنة نتائج النماذج عند استخدام البيانات الأسبوعية والشهرية

	البيانات الأسبوعية	**البيانات الشهرية**
النموذج الأمثل	Lstm_9lags_4layers_15epochs	Lstm_34lags_4layers_15epochs
RMSE	5.92	10.36
MAPE	0.06	0.08

المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على الجدول رقم (3.3) والملحق 07

نلاحظ من خلال الجدول أن النموذج (lstm_9lags_4layers_15epochs) في كلا الحالتين يتميز بأداء جيد حيث سجل قيم منخفضة في كلا المعيارين. إلا أنه خلال عملية المقارنة بينهما يظهر لنا مدى تفوق النموذج في التنبؤ في حالة البيانات الأسبوعية. أي أن النموذج يتحسن ويتنبأ بشكل أفضل كلما زاد حجم البيانات.

خلاصة

تمكنا من خلال الدراسة التطبيقية التي قمنا بها في هذا الفصل من توضيح طريقة بناء شبكة عصبية اصطناعية للتنبؤ بأسعار النفط الخام في منظمة الأوبك، ذلك السعر الخاضع لتقلبات عديدة والمتأثر بعوامل مختلفة الأمر الذي زاد من حاجتنا للتنبؤ بالقيم المستقبلية، وكانت نتيجة تطبيقنا للشبكة العصبية المعقدة LSTM بالاعتماد على برمجية Python قريبة من القيم الفعلية وهذا ما يبين دقة الشبكات العصبية الاصطناعية في التنبؤ بأسعار النفط الخام.

كما بينا كفاءة الشبكات العصبية في التعامل مع حجم بيانات كبير (أسبوعية قدرها 1066 مشاهدة) أو قليلة (حجمها 245 مشاهدة) رغم أن كفاءة التدريب تزداد مع زيادة حجم البيانات. كما وضحنا أن قيمة سعر النفط الخام في الأسبوع الحالي معتمدة على قيمته قبل تسعة أسابيع. إضافة لتدريب واختبار أداء ستة نماذج LSTM ثم قمنا بالمقارنة بينهم على أساس معيار RMSE وMAPE مع نموذج mlr.



الخاتمة العامة

إن تحديد نموذج فعال وكفء في التنبؤ بأسعار شديدة التعقيد والتقلب مثل أسعار النفط الخام مهمة حاسمة وصعبة في إدارة اقتصاد أي دولة نظرًا لتأثرها بشكل تفاعلي بالعديد من العوامل. فقد جرت خلال السنوات الأخيرة دراسات عديدة استخدمت الشبكات العصبية الاصطناعية لأجل نمذجة أسعار هذا المورد والتنبؤ به. وهذا ما حاولنا القيام به في هذه الدراسة.

ضمن إطار دراستنا حاولنا التطرق في الفصل الأول والثاني إلى الجانب النظري لكل من النفط والذكاء الاصطناعي من خلال إبراز مختلف المفاهيم الأساسية المتعلقة بهما. أما الفصل الثالث فتناولنا فيه الدراسة القياسية للتنبؤ بأسعار النفط الخام بالاستعانة ببرمجية Python في بناء وتدريب الشبكة العصبية خلال الفترة 05 جانفي 2003 إلى 04 جوان 2023.

من خلال تحليلنا للموضوع ومناقشته تمكنا من الإجابة على الإشكالية المطروحة في مدى فعالية الشبكات العصبية المعقدة وخوارزميات الذكاء الاصطناعي في النمذجة والتنبؤ بأسعار النفط الخام وكذا التوصل إلى مجموعة من النتائج مع الإشارة إلى جملة من المقترحات بالإضافة إلى إبراز الآفاق المكملة لهذه الدراسة.

نتائج الدراسة:

- أظهرت عملية تدريب الشبكة العصبية المعقدة بإحدى خوارزميات الذكاء الاصطناعي (Adam) قدرة كبيرة في النمذجة والتنبؤ بأسعار النفط الخام، كما قدمت نهجا فعالا للتعامل مع الحجم الكبير للبيانات والذي يساوي 1066 مشاهدة في دراستنا.
- أكدت دراستنا أن قيمة سعر النفط الخام في الأسبوع الحالي معتمدة على قيمته قبل تسعة أسابيع من خلال اعتمادنا على درجة التأخير (Lag=9) والتي أظهرت أقل قيمة لمعياري RMSE و MAPE.
- أثبتت الدراسة أن استخدام الشبكة العصبية LSTM في التنبؤ بأسعار النفط الخام تعطي نتائج ممتازة، دقيقة وقريبة من الواقع مقارنة بنموذج mlr، وهذا ما **يثبت صحة الفرضية الأولى.**
- تم اعتماد الشبكة العصبية LSTM للتنبؤ بأسعار النفط الخام حيث تم تدريبها وتحسينها بواسطة خوارزمية Adam وتنشيط طبقاتها بدالة tanh. هذا ما قدم لنا نموذج أعطى تنبؤات دقيقة وقريبة من الواقع خلال الفترة الممتدة من 11جوان 2023 إلى 6 أوت 2023. وهذا ما **أكد صحة الفرضية الثانية.**

- استخدام البيانات الأسبوعية يغير ويفصل في نتائج الدراسة، حيث كلما ازداد حجم البيانات ازدادت جودة أداء النموذج وقدرته على التنبؤ، إذ تم التوصل إلى أقل قيمة ل RMSE والتي تساوي 5.92 وأقل قيمة ل MAPE قدرها 0.06، أي أنه يتنبأ بنسبة 94.08% حسب المعيار الأول و99.93% حسب المعيار الثاني. وهذا ما يعكس قدرة تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية على التنبؤ بأسعار النفط الخام في منظمة الأوبك. وهذا ما **يتوافق والفرضيتين الثالثة والرابعة.**

الاقتراحات والتوصيات:

- تكوين إطارات متخصصة في مجال البرمجيات، التي من شأنها أن توفر المعلومات لصانع القرار من خلال استخدام أحدث الأساليب العلمية.
- إعطاء الأهمية الكافية للدراسات التنبئية في مختلف النماذج والاستناد إلى نتائجها في صنع مختلف القرارات.
- العناية أكثر بتطبيق الأساليب العلمية الحديثة في التنبؤ بأسعار النفط الخام خاصة الشبكات العصبية الاصطناعية لبساطتها وسهولة استعمالها للكم الهائل من البيانات. والبحث عن نماذج تنبئية أحدث وأكثر دقة.
- التوسع في استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في التنبؤ بأسعار النفط الخام،

آفاق الدراسة: من خلال إنجازنا لهذه الدراسة ظهرت لنا مجموعة من المواضيع التي ترتبط بموضوعنا ونذكر منها على سبيل المثال:

- التنبؤ بالأسعار اليومية للنفط الخام باستخدام الشبكات العصبية المعقدة.
- دراسة مقارنة بين الشبكات العصبية الاصطناعية وأساليب التنبؤ التقليدية، للتنبؤ بأسعار النفط الخام.

قائمة المراجع

- **المراجع باللغة العربية:**

❖ **الكتب:**

1- أحمد فوزي ملوخية. (2006). نظم المعلومات الإدارية. الاسكندرية: مؤسسة حورس الدولية للنشر والتوزيع.

2- آلان بونيه. (1993). الذكاء الاصطناعي-واقعه ومستقبله. (علي صبري فرغلي، المحرر) الكويت: عالم المعرفة.

3- السيدة ابراهيم مصطفى، أحمد رمضان نعمة الله، محمد عزت غزلان، و أسامة أحمد الفيل. (2007). اقتصاديات الموارد والبيئة. الاسكندرية، مصر: الدار الجامعية.

4- أمينة مخلفي. (2014). مدخل إلى الاقتصاد البترولي. ورقلة، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، الجزائر.

5- بلاي ويتباي. (2008). الذكاء الاصطناعي (الإصدار 1). مصر: دار الفاروق للاستثمارات الثقافية.

6- تساليك سفيتلانا، و آنيا شيفرين. (2005). الرقابة على النفط. نيويورك: معهد المجتمع المنفتح.

7- جهاد أحمد عفيفي. (2014). الذكاء الاصطناعي والأنظمة الخبيرة. عمان: دار أمجد للنشر والتوزيع.

8- حسان خضر. (بلا تاريخ). أسواق النفط العالمية. جسر التنمية(57)، الصفحات 1- 21.

9- راشد البراوي. (1953). حرب البترول في الشرق الأوسط (الإصدار 04). القاهرة: مكتبة النهضة المصرية.

10- رضا عبد الجبار الشمري. (2014). الأهمية الاستراتيجية للنفط العربي (المجلد 1). عمان: دار صفاء للنشر والتوزيع.

11- روبرت سليتر. (2015). سلطة النفط والتحول في ميزان القوى العالمية (المجلد الأولى). (محمد فتحي خضر، المترجمون) القاهرة: مؤسسة هنداوي.

12- سعيد خليفة الحمودي. (2016). أساسيات إنتاج النفط (البترول- الكهرباء- الغاز) (الإصدار 01). الأردن، عمان: الأكاديميون للنشر والتوزيع.

13- سليمان محمد الخطيبي الكعبي. (2018). موسوعة استشراف المستقبل (الإصدار 2). الإمارات العربية المتحدة: قنديل للطباعة والنشر والتوزيع.

14- عباس علي النقي. (2016). الكتيب التعريفي حقائق ومعلومات- لمحات عامة (الإصدار 09). منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول أوابك.

15- عبد الحميد بسيونى المهندس. (1994). مقدمة الذكاء الاصطناعي للكمبيوتر ومقدمة برولوج (الإصدار 1). مصر: دار النشر للجامعات المصرية.

16- عبد الرحمن الصباح. (1998). نظم المعلومات الإدارية. عمان: دار زهران.

17- عبد القادر محمد عبد القادر عطية. (2000). الاقتصاد القياسي بين النظرية والتطبيق. الاسكندرية: الدار الجامعية.

18- عبد الله موسى، و أحمد حبيب بلال. (2019). الذكاء الاصطناعي ثورة في تقنيات العصر (الإصدار 01). القاهرة، مصر: المجموعة العربية للتدريب والنشر.

19- عبد الهادي زين. (2000). الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيرة في المكتبات(مدخل تجريبي للنظم الخبيرة في مجال المراجع) (الإصدار 01). القاهرة، مصر: المكتبة الأكاديمية.

20- عبير أسعد سعد الدين. (2012). الذكاء الصناعي (الإصدار 1). عمان: دار البداية ناشرون وموزعون.

21- علاء عبد الرزاق السالمي. (1999). نظم المعلومات والذكاء الاصطناعي (الإصدار 01). عمان، الأردن: دار المناهج للنشر والتوزيع.

22- علي أحمد عتيقة. (1991). الاعتماد المتبادل على جسر النفط المخاطر والفرص (الإصدار 01). بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية.

23- فايز جمعة النجار. (2010). نظم المعلومات الإدارية (منظور إداري) (الإصدار 3). عمان: دار الحامد للنشر والتوزيع.

24- فايز جمعة صالح النجار. (2005). نظم المعلومات الإدارية. عمان: دار الحامد للنشر و التوزيع.

25- قصي عبد الكريم إبراهيم. (2010). أهمية النفط في الاقتصاد والتجارة الدولية(النفط السوري أنموذجا) (المجلد 1). دمشق، سوريا: منشورات الهيئة العامة السورية للكتاب،وزارة الثقافة.

26- مارجريت ايه بودين . (2017). الذكاء الاصطناعي- مقدمة قصيرة جدا. (سند أحمد إبراهيم، المحرر) المملكة المتحدة: مؤسسة هنداوي.

27- محمد أحمد الدوري. (1993). محاضرات في الاقتصاد البترولي. القاهرة، مصر.

28- محمد أزهر سعيد السماك، عبد المنعم عبد الوهاب، و محمد أمين أزاد. (1981). جغرافية النفط والطاقة. الجمهورية العراقية: وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.

29- محمد الرميحي. (1978). النفط والعلاقات الدولية -وجهة نظر عربية-. الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب.

30- محمد الكناني، و سعود الدريس. (2011). تكرير البترول. المملكة العربية السعودية: معهد بحوث البتروكيمياويات.

31- محمد ختاوي. (2010). النفط وتأثيره في العلاقات الدولية (المجلد 1). بيروت، لبنان: دار النفائس للطباعة والنشر والتوزيع.

32- محمد علي الشرقاوي. (بلا تاريخ). الذكاء الإصطناعي والشبكات العصبية. القاهرة، مصر: مطابع المكتب المصري الحديثة.

33- محمد لحلح. (2020). مدخل إلى الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة (الإصدار 1). أكاديمية حسوب.

34- مصطفى يوسف كافي. (2016). نظم المعلومات المالية. عمان: دار المناهج للنشر والتوزيع.

35- منال محمد الكردي، و جلال ابراهيم العبد. (2003). مقدمة في نظم المعلومات الإدارية(النظرية-الادوات-التطبيقات). الاسكندرية: الدار الجامعية.

36- مولود حشمان. (2002). نماذج وتقنيات التنبؤ قصير المدى –دراسة مدعمة بأمثلة وحلول. الجزائر: ديوان المطبوعات الجامعية.

37- مؤمنة عبد العزيز. (1983). البترول.. والمستقبل العربي (المجلد الثانية). جدة، المملكة العربية السعودية: تهامة.

38- نبيل عزت أحمد موسى. (2011). أساسيات نظم المعلومات في التنظيمات الإدارية (الإصدار 3). جدة: مكتبة الملك فهد الوطنية.

39- نجم عبود نجم. (2008). إدارة المعرفة –المفاهيم، الإستراتجيات والعمليات– (الإصدار 2). عمان: الوراق للنشر والتوزيع.

40- وزان ميلاد . (2022). التعلم العميق. (طعيمة علاء ، المحرر) القادسية، العراق.

41- ياسين سعد غالب. (2005). تحليل وتصميم نظم المعلومات (الإصدار 01). الأردن، عمان: دار المناهج للنشر والتوزيع.

42- ياسين سعد غالب. (2008). أساسيات نظم المعلومات الإدارية وتكنولوجيا المعلومات (الإصدار 1). الأردن: دار المناهج للنشر والتوزيع.

43- ياسين سعد غالب. (2009). نظم المعلومات الإدارية (الإصدار 1). عمان، الأردن: دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع.

44- ياسين سعد غالب. (2017). الإدارة الإلكترونية (الإصدار 1). عمان، الأردن: دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع.

45- يوسف خليفة اليوسف. (2015). الاقتصاد السياسي للنفط–رؤية عربية لتطوراته (الإصدار 1). بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية.

❖ **المجلات والدوريات:**

46- إبراهيم لخضاري، و عماد غزازي. (2020). النمذجة القياسية لأثر تقلبات أسعار النفط العالمية على احتياطي الصرف الأجنبي في الجزائر خلال الفترة (1990- 2019). مجلة أبحاث اقتصادية معاصرة، 5(1)، الصفحات 466- 485.

47- إبراهيم محمد إبراهيم سيد أحمد، رجاء مصطفى صالح الأمين، و مجدي عبدالاله محمد عباس. (يونيو, 2021). استخدام نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية في تحليل الانحدار لدراسة العوامل المؤثرة على التضخم في السودان في الفترة من(1991م- 2018م). مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، 2(6)، الصفحات 84- 94.

48- ابراهيم محمد حسن عجام. (2018). الذكاء الاصطناعي وانعكاساته على المنظمات عالية الاداء- دراسة استطلاعية في وزارة العلوم والتكنولوجيا. مجلة الإدارة والاقتصاد، 41(115)، الصفحات 88- 102.

49- أبو بكر سلطان أحمد. (09, 2019). الذكاء الاصطناعي مع البيانات الضخمة والحوسبة الإدراكية فرص وتهديدات. مجلة العلوم والتقنية، 32(124)، الصفحات 24- 71.

50- أبوبكر خوالد، و خير الدين بوزرب. (2020). فعالية استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي الحديثة في مواجهة فيروس كورونا (COVID-19): تجربة كوريا الجنوبية نموذجا. مجلة بحوث الإدارة والاقتصاد، 2(2 خاص)، الصفحات 34- 49.

51- أحمد الصالح سباع، محمد يوسفي، و عمر ملوكي. (2018). تطبيق استراتيجيات الذكاء الاصطناعي على المستوى الدولي(الإمارات العربية المتحدة نموذجا). مجلة الميادين الاقتصادية، 1(1)، الصفحات 31- 44.

52- أحمد بن العارية، و الشيخ ساوس. (2018). التنبؤ بأسعار صرف الدينار الجزائري باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية. مجلة الاقتصاد وإدارة الأعمال، 02(06)، الصفحات 07- 25.

53- اسراء فاضل امين، و ابتسام جعفر جواد. (2019). استراتيجيات الادراك والذكاء الاصطناعي في العملية التعليمية. مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم التربوية والإنسانية(خاص)، الصفحات 59- 69.

54- أشرف محمود علي محمود. (بلا تاريخ). منظمة الدول المصدرة للبترول [أوبك] ومنظمة الأقطار العربية المصدرة للنفط [أوابك] ودورهما البارز في مجال السياسة النفطية. المجلة القانونية، الصفحات 876- 916.

55- الحبيب زواوي، و مريم نجاة نعاس. (جوان, 2015). قياس أمثلية المحفظة الاستثمارية باستخدام الخوارزميات الجينية–حالة أسهم بورصة الجزائر–. مجلة رؤى اقتصادية(08)، الصفحات 121- 134.

56- الطاهر الزيتوني. (خريف 2013). الدور المتنامي لشركات البترول الوطنية وانعكاساته على صناعة البترول في الدول الأعضاء. مجلة النفط والتعاون العربي، 39(147).

57- العربي يخلف، و فاطمة الزهراء رقايقية. (ديسمبر, 2019). الطرق غير التقليدية في تقدير مخاطر القروض البنكية. مجلة الدراسات المالية، المحاسبية والإدارية، 6(4)، الصفحات 378- 397.

58- أم الخير مالكي، و عبد الرحيم شنيني. (2022). إدماج تكنولوجيا الشاتبوت–روبوتات المحادثة– كأحد تطبيقات الذكاء الاصطناعي لتعزيز الخدمات في قطاع الضيافة والسياحة. مجلة الامتياز لبحوث الاقتصاد والإدارة، 06(01)، الصفحات 341- 358.

59- أمال حموزروقي. (2021). دراسة تحليلية لإنعكاسات جائحة كورونا على أسعار النفط العالمية. مجلة الدراسات الاقتصادية المعاصرة، 6(1)، الصفحات 249- 264.

60- امل كاظم ميرة، و جاسم تحرير كاطع. (18 12, 2019). تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التعليم من وجهه نظر تدريسي الجامعة. مركز البحوث النفسية، الصفحات 293- 316.

61- أمينة عثامنية. (2019). المفاهيم الأساسية للذكاء الاصطناعي. المركز الديمقراطي العربي للدراسات الإستراتيجية والسياسية والاقتصادية، الصفحات 9- 22.

62- أنشو سيريبورابو. (2014). منظمة أوبك في عالم متغير. مركز البيان للدراسات والتخطيط، الصفحات 1- 12.

63- إيمان آيت مهدي. (2019). الشبكات العصبية الاصطناعية ومحاكاة سلوك المورد البشري في بيئة العمل. مجلة آفاق علوم الإدارة والاقتصاد، 3(1)، الصفحات 149- 163.

64- بثينة عبد الجادر عبد العزيز، و علي أحمد حسن. (2016). استخدام نماذج السلاسل الزمنية الهجينة وغير الهجينة للتنبؤ بإعداد المسافرين لمطار بغداد الدولي. مجلة الإدارة والاقتصاد، 39(109)، الصفحات 299- 319.

65- بثينة عبد الجادر عبد العزيز، و علي طارق عبد المجيد. (2019). استخدام الانموذج الهجين SARIMA – ELMAN (ERNN) للتنبؤ بالمعدلات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى لمدينة بغداد. مجلة الإدارة والاقتصاد، 42(118)، الصفحات 270- 284.

66- براهيم بلقلة، أمين دقوس، و حسان دبخيت. (08 فيفري, 2020). نشاط المضاربة في الأسواق الآجلة للنفط ودوره في تقلبات أسعار النفط. الأكاديمية للدراسات الاجتماعية والإنسانية، 12(02)، الصفحات 158- 159.

67- بغداد بنين، و عمر موساوي. (ديسمبر, 2017). استخدام نماذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بأسعار البترول- دراسة حالة اسعار بترول الجزائر -. المجلة الجزائرية للتنمية الإقتصادية(7)، الصفحات 91- 105.

68- بلقاسم سرايري. (جوان, 2017). أزمة انهيار أسعار النفط: هل هي أزمة ظرفية طارئة أم أزمة هيكلية دائمة؟ مجلة الاقتصاد الصناعي(12)، الصفحات 204- 219.

69- جاسم محمد عليه. (2021). دور تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة الخدمة التعليمة دراسة استطلاعية لآراء عينة من العاملين في جامعة الفرات الاوسط التقنية. مجلة كلية الإدارة والاقتصاد للدراسات الاقتصادية والإدارية والمالية، 13(01)، الصفحات 127- 154.

70- جعفر عبد الرحمن ريجوان، و ناصر رشيد خمي. (2019). قياس وتحليل أثر تقلبات أسعار النفط الخام في الفجوة الخارجية لعينة مختارة من الدول الريعية النفطية للفترة(1990-2014). تنمية الرافدين، 38(123)، الصفحات 185- 209.

71- جمال صلاح الدين سيد مجيد، و إسراء زهير مجيد قبع. (2013). تخمين الجهد البرمجي باستخدام نموذج الCOCOMO التقليدي والشبكات العصبية. مجلة الرافدين لعلوم الحاسوب والرياضيات، 10(1)، الصفحات 351- 364.

72- جمال احمد الشوادفى، و عبد الوهاب السيد حجاج. (يناير, 2013). الذكاء الاصطناعي وتحليل السلاسل الزمنية. المجلة العلمية لقطاع كليات التجارة(10)، الصفحات 572- 612.

73- جمال معتوق، و إسماعيل سبتي. (2018). الموازنة التخطيطية للمبيعات؛ دراسة قياسية مقارنة بين نموذج الانحدار الخطي البسيط ونموذج الشبكات العصبية. الآفاق للدراسات الاقتصادية(5)، الصفحات 182- 194.

74- حادة مدوري، و محمد مكيديش. (2017). دراسة مقارنة بين نماذج الذاكرة الطويلةARFIMA و الشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ بسعر صرف الدينار الجزائري. مجلة الباحث(17)، الصفحات 159- 171.

75- حسام محمد محمد عثمان. (2022). استخدام الشبكات العصبية متعددة الطبقات في التنبؤ بمخاطر الائتمان لمنشآت الأعمال: دراسة تطبيقية. مجلة الدراسات المالية والتجارية(1)، الصفحات 169- 219.

76- حمزة بن الزين، و وليد قرونقة. (ديسمبر, 2016). أثر تطور أسعار النفط على السياسة المالية للجزائر خلال فترة 2000- 2015. المجلة الجزائرية للدراسات المحاسبية والمالية، الصفحات 83-91.

77- حمزة طيبي. (2014). الثروة النفطية في البلدان العربية ومدى فعاليتها في تحقيق التنمية الاقتصادية. مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية(11)، الصفحات 139- 153.

78- خير الدين بوزرب، و هبة سحنون. (2019). الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في القطاع المصرفي: قراءة في التجربة الهندية مع دراسة حالة بنك HDFC. المركز الديمقراطي العربي للدراسات الإستراتيجية والسياسية والاقتصادية، الصفحات 149- 169.

79- دعاء عبد الكريم صاحب، و محمد حبيب الشاروط. (2014). التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة القادسية باستخدام نماذج السلاسل الزمنية ونماذج الشبكات العصبية الاصطناعية. مجلة القادسية لعلوم الحاسوب والرياضيات، 06(01)، الصفحات 9- 29.

80- دينوري محمد سالمي، و فاطمة علاق. (جوان, 2018). دور الصناعات البترولية في التنمية الاقتصادية وتحدياتها. مجلة اقتصاديات المال والأعمال(6)، الصفحات 395- 407.

81- رابح بلعباس، و عبد المومن قواوسي. (ماي, 2022). تأثير تقلبات أسعار النفط على مؤشرات الميزانية العامة دراسة قياسية لحالة الجزائر باستخدام نماذج ARDL. المنهل الاقتصادي، 05(01)، الصفحات 649- 662.

82- رحمة بلهادف، و رشيد يوسفي. (فبراير, 2015). زكاة النفط. مجلة الحجاز العالمية المحكمة للدراسات الإسلامية والعربية(10)، الصفحات 233- 270.

83- رشيد حفصي. (جوان, 2022). أثر أسعار النفط وأسعار الصرف على النمو الاقتصادي في الجزائر بإستخدام نموذج الإنحدار الذاتي للفجوات الزمنية المبطأة (ARDL) خلال الفترة(1980- 2018). مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، 08(02)، الصفحات 19-38.

84- رنا عباس ناجي، و إحسان جواد كاظم. (2016). أمثلية استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية وبرنامج Neuroshell Predictor للتنبؤ بأعداد وفيات الأطفال في محافظة النجف. مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والإدارية، 14(28)، الصفحات 311- 320.

85- رياض قادري، و مختار طهراوي. (2022). مدى قدرة الشبكة العصبونية على محاكاة والتنبؤ بإصابات فيروس كورونا في الجزائر. مجلة الفكر المتوسطي، 11(01)، الصفحات 746-762.

86- زينب شلال الجابر. (شباط, 2008). امكانية تطبيق الأنظمة الخبيرة في الشركة العامة للأسمدة /المنطقة الجنوبية. مجلة العلوم الاقتصادية(20)، الصفحات 112- 125.

87- سفيان بوقطاية، عبد الوهاب بن زاير، و مبارك بن زاير . (جوان, 2018). أثر انهيار أسعار البترول على الاقتصاد الجزائري- التداعيات والحلول-. مجلة اقتصاديات المال والأعمال JFBE، 06، الصفحات 348- 360.

88- سفيان عمراني، و بوحفص حاكمي. (أوت, 2019). انعكاسات التقلبات في أسعار النفط على الناتج الداخلي الخام للجزائر (دراسة تحليلية الفترة 2000- 2017). مجلة البشائر الاقتصادية، 05(02)، الصفحات 911- 924.

89- سليم جابو، و ربيع بوصبيع العايش. (2020). دراسة تحليلة وقياسية لانعكاس تقلبات أسعار النفط على السياسة المالية- حالة الدول العربية النفطية الأعضاء في منظمة الأوابك خلال الفترة 2000- 2018. المجلة الجزائرية للتنمية الاقتصادية، 7(1)، الصفحات 299- 314.

90- سمير بن محاد. (2022). دور منظمة أوبك في ضبط أسعار النفط في ظل التحولات الطاقوية في العالم -دراسة اقتصاد-قياسية باستخدام نماذج أشعة الانحدار الذاتي VAR. مجلة العلوم المالية والإدارية، 06(01)، الصفحات 107- 126.

91- سناء مرابطي. (ديسمبر, 2019). استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في التنبؤ بسعر البترول الخام برنت. مجلة الدراسات المالية والمحاسبية والإدارية، 06(04)، الصفحات 156- 175.

92- سهير عبد داؤد عقراوي، و نعمه عبد الله الفخري. (2019). الاثر الاقتصادي لتقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين انتاج محصول الطماطم. مجلة زراعة الرافدين، 47(03)، الصفحات 134- 151.

93- سهيلة الفرهود، سمية بن ناصر، و منال العيسي. (إبريل, 2019). النمذجة والتنبؤ بأسعار النفط الخام لمنظمة أوبك باستخدام نموذج ARIMA-GARCH الهجين. مجلة كلية التجارة للبحوث العلمية، 56(02)، الصفحات 167- 191.

94- سيدي عمر رزقه، و بولرباح غريب. (2020). أثر تقلبات أسعار النفط على الاستثمارات النفطية في شركة سوناطراك(دارسة تحليلية قياسية 2000- 2018). مجلة المؤسسة، 09(01)، الصفحات 393- 407.

95- شادي إسماعيل التلباني، و فادي هشام سالم. (06, 2014). استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في التنبؤ بمعدلات الجريمة في قطاع غزة. مجلة الحكمة للدراسات الاقتصادية(3)، الصفحات 299- 324.

96- شامية بن عباس. (ديسمبر, 2020). المساهمة الفعلية لمنظمة الأوبك في تحديد مستقبل الأسعار واستقرارها في سوق النفط العالمية بعد الأزمة النفطية لسنة 2014، ودور الجزائر في ذلك. 06(02)، الصفحات 274- 290.

97- شريفة بوالشعور ، و زينة قمري . (ديسمبر, 2021). أثر أسعار النفط على النمو الاقتصادي، ونظرية لعنة الموارد الطبيعية: دراسة مقارنة بين الجزائر والامارات العربية المتحدة. حوليات جامعة قالمة للعلوم الاجتماعية والإنسانية، 15(2)، الصفحات 259- 278.

98- شيخة سيف المنصوري، و علي ناصر الطحيطاح. (2021). دور الذكاء الاصطناعي في عملية اتخاذ القرارات في وزارة الداخلية بدولة الإمارات العربية المتحدة. مجلة كلية المعارف الجامعة، 32(3)، الصفحات 80- 99.

99- صالح تومي، و رضوان جمعة. (2016). دراسة قياسية وتنبؤية لأسعار النفط العالمية خلال الفترة(1970- 2018). مجلة الباحث(16)، الصفحات 61- 71.

100- صباح أنور يعقوب اليونس. (2012). استخدام تقانة الذكاء الاصطناعي في إعادة هندسة العمليات بالتطبيق في الشركة العامة لصناعة الأدوية والمستلزمات الطبية في نينوى. بحوث مستقبلية(39)، الصفحات 33- 64.

101- صفوان ياسين الراوي، و سجى نذير حميد الصراف. (2020). تنمية الموارد البشرية ودورها في تحقيق الذكاء الصناعي. Journal of Economics and Administrative Sciences (JEAS)، 26، الصفحات 185- 204.

102- صورية شنبي، و السعيد بن لخضر. (2022). إعداد قادة المستقبل باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي (مشروع دولة الإمارات في هذا المجال). مجلة آفاق علوم الإدارة والاقتصاد، 6(1)، الصفحات 452- 474.

103- طاهر جميل. (صيف 2010). التعاون العربي في مجال النفط والغاز الطبيعي. مجلة النفط والتعاون العربي(134).

104- عادل مختاري، و امحمد بن البار. (أفريل, 2021). دراسة قياسية لأثر تغيرات أسعار النفط على بعض متغيرات الاقتصاد الكلي باستعمال منهجية SVAR للفترة(1980- 2018). مجلة مجاميع المعرفة، 7(1)، الصفحات 122- 145.

105- عاشور حيدوشي، و محمد سفير. (أفريل, 2016). الطاقات المتجددة....السبيل لتحقيق التنمية بعيدا عن المحروقات. المجلة الجزائرية للاقتصاد والمالية(05)، الصفحات 179- 202.

106- عائشة بن واضح سنوسي ، و عبد الكريم البشير . (بلا تاريخ). استخدام نموذج المحاكاة في تخطيط أرباح المؤسسة الاقتصادية. مجلة اقتصاديات شمال إفريقيا، 14(18)، الصفحات 279- 294.

107- عائشة كريكط. (ديسمبر, 2022). خوارزميات الذكاء الاصطناعي وأخلاقيات محتوى مواقع التواصل الاجتماعي أي دور؟ وأي علاقة؟ مجلة الإعلام والمجتمع، 06(02)، الصفحات 407- 421.

108- عباس عبد العزيز صيهود. (آذار, 2022). الذكاء الاصطناعي لتطبيقات اللغة العربية في ضوء اللسانيات الحاسوبية (دولة الإمارات العربية المتحدة انموذجاً). مجلة الخليج العربي، 50(1)، الصفحات 75- 90.

109- عبد الحليم بن سعدة، مولود كبير، و العيد بوعلاقة. (2020). أثر تقلبات أسعار البترول على الإنفاق العام كمحرك رئيسي للنمو الاقتصادي في المدى البعيد في الجزائر-دراسة تحليلية قياسية خلال الفترة(1980- 2018). مجلة المنتدى للدراسات والأبحاث الاقتصادية، 4(2)، الصفحات 174- 195.

110- عبد الرؤوف عبادة. (سبتمبر, 2011). محددات سعر نفط منظمة الأوبك في ظل سوق النفط العالمي -دراسة تحليلية وقياسية 1970- 2008. مجلة رؤى اقتصادية(01)، الصفحات 117- 131.

111- عبد الغني العاقل، و خالد قاشي. (ديسمبر, 2021). البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي لتمكين التحول إلى حكومة ذكية "دراسة حالة دولة الإمارات العربية المتحدة". مجلة نماء للاقتصاد والتجارة، 5(2)، الصفحات 40- 56.

112- عبد القادر ساهد، و حسن قهوي. (جوان, 2020). التنبؤ بأسعار البترول باستخدام النموذج الهجين ARIMA-GARCH للمدة (2000-2020). مجلة نور للدراسات الاقتصادية، 06(10)، الصفحات 309- 322.

113- عبد القادر ساهد، و حسن قهوي. (2022). دراسة مقارنة بين الشبكات العصبية الاصطناعية ونماذج الانحدار أشعة الدعم للتنبؤ بأسعار البترول خلال الفترة (1990- 2019). مجلة أبحاث اقتصادية و إدارية، 16(02)، الصفحات 83- 98.

114- عبد القادر ساهد، و محمد مكيديش. (2014). دراسة مقارنة بين الانحدار المبهم باستخدام البرمجة بالأهداف والشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ بأسعار البترول. مجلة الباحث(14)، الصفحات 109- 122.

115- عبد الكريم المومن، و عبد القادر عبد الرحمن. (ديسمبر, 2018). تأثير تقلبات البترول على الميزان التجاري بالجزائر-دراسة قياسية للفترة 1990- 2016. مجلة الحقوق والعلوم الإنسانية-دراسات اقتصادية(36)، الصفحات 252- 266.

116- عبد الله علي القرشي، و علي حسين المقدشي. (12, 2019). استخدام الشبكة العصبية الاصطناعية في تحليل أثر إدارة المخاطر المصرفية. مجلة الدراسات المالية والمحاسبية والإدارية، 06(04)، الصفحات 9- 46.

117- عبد المجيد علي إسماعيل. (بلا تاريخ). أثر تقلبات أسعار النفط على السياسة النقدية في العراق. أهل البيت(25)، الصفحات 320- 351.

118- عبير زاوي، و أمين مخفي. (ديسمبر, 2018). أثر انهيار أسعار النفط على رصيد الميزان التجاري في الجزائر: خلال(2010- 2016). مجلة الإستراتيجية والتنمية، الصفحات 155- 168.

119- عدة زحافي، محمد مناد ، و عيسى بوعلام. (جوان, 2019). أثر تقلبات أسعار النفط على الموازنة العامة في الجزائر. مجلة إقتصاد المال والأعمال، 4(1)، الصفحات 111- 124.

120- عز الدين غازي. (2007). الذكاء الاصطناعي: هل هو تكنولوجيا رمزية؟ فكر العلوم الإنسانية والإجتماعية(06)، الصفحات 43- 81.

121- علاء مكي الشمري. (حزيران, 2021). الإعلام المرئي في ظل تحديات الذكاء الاصطناعي: دراسة استطلاعية. مجلة الآداب(137)، الصفحات 717- 742.

122- علي مهدي عباس. (أيلول, 2021). اضطراب سوق النفط العالمية. مجلة الادارة والاقتصاد(129)، الصفحات 245- 261.

123- علي بن قدور، و سهام كردودي . (جانفي, 2016). التنبؤ بالشبكات العصبية الاصطناعية كدعامة للمراجعة التحليلية في عملية التدقيق،حالة مركب تكرير الملح E.NA.SEL (بسكرة) في الفترة 2010- 2014. مجلة الاستراتيجية و التنمية، 06(10)، الصفحات 166- 197.

124- عماد غزازي. (جانفي, 2020). نمذجة تقلبات أسعار نفط البرنت باستخدام نماذج الانحدار الذاتي المشروطة بعدم ثبات التباين للفترة(جانفي 1990 - جويلية 2019). مجلة الاستراتيجية والتنمية، 10(1 مكرر (الجزء الثاني))، الصفحات 91- 111.

125- عمار محمد سلو أحمد العبادي. (سبتمبر, 2013). تأثير إنتاج منظمة البلدان المصدرة للنفط (أوبك) من النفط الخام في الاستهلاك النفطي لبلدان منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية للمدة1980- 2010. مركز الدراسات الإقليمية، 9(31)، الصفحات 149- 177.

126- عمر هويدي صالح. (2017). تحليل أثر أسعار النفط على هيكلية الموازنة العامة في العراق للمدة(2005- 2014). مجلة جامعة الأنبار للعلوم الاقتصادية والادارية، 9(17)، الصفحات 94- 117.

127- عمر صابر قاسم، و إسراء محمد رستم. (2013). دراسة رياضية تحليلية لخوارزميات الشبكات العصبية الاصطناعية في ملاءمة نموذج للتشخيص الطبي. مجلة الرافدين لعلوم الحاسوب والرياضيات، 10(01)، 183- 194.

128- عمر صالح هويدي. (2017). تحليل أثر أسعار النفط على هيكلية الموازنة العامة في العراق للمدة(2005- 2014). مجلة جامعة الانبار للعلوم الاقتصادية والادارية، 09(17)، الصفحات 94- 117.

129- عمر عبد المجيد مصبح. (2021). توظيف خوارزميات "العدالة التنبؤية" في نظام العدالة الجنائية: الآفاق والتحديات. المجلة الدولية للقانون، 10(1)، الصفحات 233- 266.

130- عيسى حاجي، و سفيان فكارشة. (2022). دراسة علاقة انتشار وباء كوفيد19 بتطور أسعار النفط في الجزائر من فيفري2020 إلى ماي2022 باستخدام نموذج الانحدار الذاتي VAR. مجلة الأبحاث الاقتصادية، 17(2)، الصفحات 107- 126.

131- عيسى عبد الحفيظي. (2021). محاولة التنبؤ بأسعار العملات الرقمية المشفرة باستخدام نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية دراسة حالة: (بيتكوين، ايثيريم، كاردانو). مجلة أبحاث إقتصادية معاصرة، 4(2)، الصفحات 1- 16.

132- فاتح حركاتي . (أكتوبر, 2022). تداعيات أزمة فيروس كورونا على أسعار النفط العالمية: دراسة تحليلة. مجلة المنهل الاقتصادي، 05(02)، الصفحات 129- 140.

133- فاطيمة بوادو، و شهرة بن مداني. (بلا تاريخ). استخدام أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية في التنبؤ بحجم المبيعات في المؤسسة الجزائرية (دراسة تطبيقية). الصفحات 63- 89.

134- فتيحة زعتر، و عبد النور غريس. (2022). أسعار النفط في السوق العالمية-دراسة قياسية (1990- 2019). دراسات في الاقتصاد والتجارة والمالية، 11(01)، الصفحات 447- 476.

135- فريد بن نور، و محمد العربي نايت مرزوق. (2019). إستخدام نماذج الذكاء الإصطناعي للتنبؤ باحتياطيات الصرف الأجنبي في الجزائر-نموذج الشبكات العصبية الإصطناعية ANN-. مجلة اقتصاديات شمال اقتصاديات شمال إفريقيا، 15(20)، الصفحات 67- 82.

136- فواز هذلي، و هجيرة شيخ. (2022). تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال التصميم وعلاقته بالإبداع والابتكار كتوجه حديث -التجربة اليابانية نموذجا-. مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية، 05(01)، الصفحات 845- 863.

137- كوثر منسل، و حميد شاوش. (ديسمبر, 2021). الإشكالات القانونية لإعتماد القرار الإداري الخوارزمي. مجلة الرسالة للدراسات و البحوث الإنسانية، 06(04)، الصفحات 806- 815.

138- لطيفة جباري. (جوان, 2017). دور نماذج الذكاء الاصطناعي في اتخاذ القرار. مجلة العلوم الإنسانية(1)، الصفحات 121- 135.

139- ليلى مقاتل، و هنية حسني. (ديسمبر, 2021). الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته التربوية لتطوير العملية التعليمية. مجلة علوم الإنسان والمجتمع، 10(4)، الصفحات 109- 127.

140- ماجد بن عبد الله المنيف. (شتاء 2008). منظمة الدول المصدرة للبترول(أوبك): نشأتها وتطورها والتحديات التي تواجهها. بحوث اقتصادية عربية(41)، الصفحات 70- 88.

141- محمد محمد السيد الطوخي. (01, 2021). تقنيات الذكاء الاصطناعي والمخاطر التكنولوجية. الفكر الشرطي، 30(116)، الصفحات 59- 100.

142- محمد عادل قصري، و كمال كرمة. (أفريل, 2019). آفاق منظمة الدول المصدرة للنفط "الأوبك" ورهاناتها المستقبلية. مجلة الحقوق والعلوم الإنسانية، دراسات اقتصادية(37)، الصفحات 59- 75.

143- محمد مراس. (2016). أثر أسعار البترول على مؤشرات الاقتصاد الكلي الجزائري: دراسة قياسية باستخدام نماذج الانحدار الخطي (2000 - 2015). مجلة نور للدراسات الاقتصادية(03)، الصفحات 163-189.

144- محمد مراس، صباح غربي، و سفيان بن عبد العزيز. (ديسمبر, 2020). فعالية النماذج الذكية في بناء وتطوير الأنظمة التنبؤية في مجال التسيير، استخدام نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية ANN للنمذجة و التنبؤ. مجلة البشائر الاقتصادية، 6(2)، الصفحات 1- 16.

145- محمد مكيديش، و رياض قادري. (06, 2017). دراسة مقارنة بين طريقة الشبكات العصبية الإصطناعية ومنهجية بوكس جانكينس للتنبؤ بمبيعات الكهرباء:دراسة تطبيقية في شركة "سونلغاز". مجلة الاقتصاد والمناجمنت، 17(01)، الصفحات 91- 115.

146- محمود زكريا الأسطل، مجدي سعيد عقل، و إياد محمد الأغا. (2021). تطوير نموذج مقترح قائم على الذكاء الاصطناعي وفاعليته في تنمية مهارات البرمجة لدى طلاب الكلية الجامعية للعلوم والتكنولوجيا بخان يونس. مجلة الجامعة الإسلامية للدارسات التربوية والنفسية، 29(2)، الصفحات 743- 772.

147- مراد علة. (يناير, 2017). دراسة تقلبات أسعار النفط وأثرها في التنمية الاقتصادية-قراءة نظرية تحليلية في حالة الجزائر للفترة(2000- 2014). رؤى استراتيجية، الصفحات 92- 121.

148- مراد علة. (بلا تاريخ). تطورات أسعار النفط في الأسواق العالمية دراسة تحليلة للفترة: (2000-2014). مجلة الدراسات الاقتصادية والمالية، 3(9)، الصفحات 197- 224.

149- مصطفى كاظمي نجف ابادي، و يونس كرار لفتة. (2020). أثر تقلبات أسعار النفط على الموازنة العامة في العراقي للفترة (2008-2018). مجلة المثنى للعلوم الادارية والاقتصادية، 10(03)، الصفحات 131- 151.

150- مليكة مذكور . (2019). هل المعرفة خاصية إنسانية حقا؟ الأكاديمية للدراسات الاجتماعية والإنسانية، 12(1)، الصفحات 89- 101.

151- مليكة مذكور. (2021). الذكاء الاصطناعي ومستقبل التعليم عن بعد. مجلة دراسات في التنمية والمجتمع، 06(03)، الصفحات 131- 144.

152- مليكة نجاعي ، و صلاح الدين شريط . (2020). انعكاس تقلبات أسعار النفط على أداء السياسة النقدية في الجزائر خلال الفترة2000- 2017. مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية، 13(1)، الصفحات 299- 312.

153- منيرة بنت عبد العزيز الداود. (بلا تاريخ). واقع استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في عمادة الموارد البشرية بجامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية. مجلة الجامعة الإسلامية للعلوم التربوية والاجتماعية، الصفحات 49- 93.

154- نادر مبارك مطلق فهد العدواني. (أبريل, 2021). أثر تقلبات أسعار النفط على النمو الاقتصادي في الكويت. المجلة العلمية للبحوث التجارية(2)، الصفحات 328- 356.

155- نادية عبد الجبار محمد الشريد ، و عمار عصام عبد الرحمن السامرائي. (2021). الذكاء الاصطناعي في التعليم المحاسبي ودوره في تحقيق أهداف التنمية المستدامة في مملكة البحرين. مجلة دراسات محاسبية و مالية، الصفحات 157- 177.

156- ناصري محمد الشريف، و سلوى خشايمية. (09, 2021). مدخل مفاهيمي للذكاء الاصطناعي و تطبيقاته في الإدارة الرياضية. مجلة علوم الأداء الرياضي، 3(1)، الصفحات 229- 253.

157- ناظم حسن رشيد، و مي ابلحد أفرام. (2023). تدقيق التحيز في الذكاء الاصطناعي في ضوء اطار عمل تدقيق الذكاء الاصطناعي لمعهد المدققين الداخليين (IIA) دراسة نظرية تحليلية. مجلة الدراسات التجارية والاقتصادية المعاصرة، 06(01)، الصفحات 429- 467.

158- نبيل مهدي الجنابي، و كريم سالم حسين. (جوان, 2011). العلاقة بين أسعار النفط الخام وسعر صرف الدولار باستخدام التكامل المشترك وسببية(Granger). مجلة كلية الادارة والاقتصاد(1)، الصفحات 1- 31.

159- نجوى فيران. (2021). خوارزميات الذكاء الاصطناعي ودورها في التحليل الآلي للغة العربية على المستوى الصرفي. دراسات معاصرة، 05(02)، الصفحات 463- 474.

160- نسرين محمد سعيد يوسف. (2022). مقارنة الشبكات العصبية الاصطناعية وتحليل الانحدار المتعدد في التنبؤ ببعض المتغيرلات النفسية لدى عينة طالبات الجامعة. مجلة العلوم التربوية، 09(01)، الصفحات 262- 297.

161- نصيرة بوبعاية، و شهرزاد الوافي. (سبتمبر, 2021). تحليل البيانات الضخمة باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في مهنة التدقيق دراسة حالة شركة Price Waterhouse Coopers. مجلة التكامل الاقتصادي، 09(03)، الصفحات 349- 368.

162- نصيف جاسم الجبوري، و فاطمة زيد سلمان. (2016). تطوير العمل المحاسبي المصرفي باستخدام النظم الخبيرة. مجلة جامعة الأنبار للعلوم الاقتصادية والادارية، 8(16)، الصفحات 418- 435.

163- هدى خليل إبراهيم الحُسيني، و علي محمد ثجيل المعموري. (2015). استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في تطوير دور مراقب الحسابات في اكتشاف الاخطاء الجوهرية: بحث تطبيقي في الشركة العامة للصناعات الكهربائية وشركة نصر العامة للصناعات الميكانيكية. مجلة دراسات محاسبية ومالية، 10(31)، الصفحات 74- 121.

164- هشام شاكي، و سمية بوخاري. (2021). تقنيات الذكاء الاصطناعي و دورها في تفعيل الصناعة السياحية الرقمية-رؤية تحليلية لحالة الجزائر خلال الفترة(2000- 2020). الأفاق للدراسات الإقتصادية، 02(06)، الصفحات 213- 229.

165- هند محمد هاني قنديل. (2016). استخدام الشبكات العصبية - الذكاء الاصطناعي - في التنبؤ المستقبلي بالنمو الاقتصادي في مصر. مجلة الدراسات المستقبلية، 2، الصفحات 1- 22.

166- وسام عمرون، و فوزي سماعلي. (ديسمبر, 2022). انعكاسات جائحة كوفيد19 على قطاع النفط في الجزائر. حوليات جامعة قالمة للعلوم الاجتماعية والإنسانية، 16(02)، الصفحات 1- 28.

167- وليد شتوح، و سعد الله عمار. (2019). أهمية الذكاء الاصطناعي في تطوير التعليم. المركز الديمقراطي العربي للدراسات الإستراتيجية والسياسية والاقتصادية، الصفحات 130- 148.

168- يحي فاروق كريم فاضل. (كانون الأول, 2021). التوقعات المستقبلية للطلب العالمي وأبرز العوامل المؤثرة في تقلبات أسعار النفط. مجلة اقتصاديات الأعمال للبحوث التطبيقية(2 ج 2)، الصفحات 331- 349.

169- يوسف دبيح ، و جمال بن زروق . (جويلية, 2021). آليات توجيه الرأي العام عبر الوسائط الجديدة. المجلة الجزائرية للأبحاث والدراسات، 04(03)، الصفحات 650- 662.

❖ **الأطروحات العلمية:**

170- إبراهيم محمد إبراهيم سيد أحمد. (2015). دراسة مقارنة للتنبؤ بالسلاسل الزمنية متعددة المتغيرات باستخدام نموذجي دالة التحويل والشبكات العصبية الاصطناعية(أطروحة دكتوراه). كلية الدراسات العليا، السودان: جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.

171- أسماء دريسي. (2013). التنافس الدولي على أهم منابع النفط في العالم والرهانات الإستراتيجية المستقبلية-حالة التنافس الصيني. الأمريكي على نفط الخليج العربي-(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر 3.

172- آسيا طويل . (2014). المؤسسات الاقتصادية الجزائرية في ظل تحديات العولمة-قطاع البتروكيماويات (دراسة حالة المؤسسة سوناطراك-أوبك)- (أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الإقتصادية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر 3.

173- آسية موسي. (2021). أثر صدمات أسعار النفط على التوازنات الاقتصادية الكلية لحالة الجزائر- دراسة قياسية(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، سيدي بلعباس: جامعة جيلالي ليابس.

174- إلهام غجاتي. (2021). أثر تقلبات أسعار النفط على التوازنات المالية لقطاع التأمين الاجتماعي في الجزائر-دراسة حالة الصندوق الوطني للتقاعد-CNR(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، المسيلة: جامعة محمد بوضياف.

175- أميرة إدريس . (2016). تقلبات أسعار البترول وأثرها على السياسة المالية(دراسة قياسية على الاقتصاد الجزائري1980- 2014)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية و علوم التسيير و العلوم التجارية، تلمسان: جامعة أبي بكر بلقايد.

176- أمينة شويب. (6 ديسمبر, 2021). ضبط قطاع المحروقات (أطروحة دكتوراه). كلية الحقوق والعلوم السياسية، تيزي وزو: جامعة مولود معمري .

177- أمينة مخلفي. (2012). أثر تطورات أنظمة إستغلال النفط على الصادرات(دراسة حالة الجزائر بالرجوع إلى بعض التجارب العالمية)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، ورقلة: جامعة قاصدي مرباح.

178- أيهم محمود الحميد. (2020). الكفاءة السعرية والتنبؤ بمؤشر السوق المالي باستخدام النماذج القياسية والشبكات العصبونية الاصطناعية(أطروحة دكتوراه). كلية الاقتصاد–قسم التمويل والمصارف، الجمهورية العربية السورية: جامعة حماة.

179- براهيم بلقلة . (2015). سياسات الحد من الآثار الاقتصادية غير المرغوبة لتقلبات أسعار النفط على الموازنة العامة في الدول العربية المصدرة للنفط(مع الإشارة إلى حالة الجزائر)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية و التجارية وعلوم التسيير، الشلف: جامعة حسيبة بن بوعلي.

180- حسنية مهيدي. (2019). دراسة أثر تقلبات أسعار النفط على أدوات السياسة المالية في الجزائر–دراسة تحليلية وقياسية 1970- 2016(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية و التجارية وعلوم التسيير، مستغانم: جامعة عبد الحميد بن باديس.

181- حسين كشيتي. (2019). دراسة اقتصادية لأثر تقلبات أسعار النفط على إعداد برامج الموازنة العامة للدولة(حالة الجزائر)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، المسيلة: جامعة محمد بوضياف.

182- حكيم شنوف. (2018- 2019). التوجه الاستراتيجي الاستثماري لصناديق الثروة السيادية للدول العربية النفطية(1970- 2017)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر 3.

183- حمزة بن سبع . (2019). الآثار الاقتصادية الكلية لصدمات أسعار النفط وصدمات السّياسة المالية من منظور النّمذجة غير الهيكلية(حالة الاقتصاد الجزائري1970- 2014)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر 3.

184- حمزة طيبي. (2016). أثر تغيرات أسعار النفط على التنمية الاقتصادية في البلدان العربية المصدرة للنفط دراسة حالة الجزائر(2000 – 2012)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الإقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر–3–.

185- خليل دعاس. (2012). مستقبل السوق البترولية وآفاق الطاقات المتجددة –مع دراسة حالة الجزائر–(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر 3.

186- خولة عدناني . (2022). أثر صدمات أسعار النفط على بعض المتغيرات الاقتصادية الكلية(دراسة قياسية مقارنة بين الجزائر والإمارات العربية المتحدة باستخدام نموذج VAR)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، أدرار: جامعة أحمد دراية.

187- رزق قطوش. (2018). إشكالية العلاقة بين تذبذبات أسعار البترول وبعض متغيرات سوق العمل في الجزائر(دراسة تحليلية قياسية – الفترة (1970– 2017)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر 3.

188- رزيقة مختاري. (2022). أثر تقلبات أسعار النفط على السياسات المالية والنقدية في الجزائر خلال الفترة(1990– 2019)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر –3–.

189- رقية سهلي. (2017). تقلبات أسعار صرف الدولار وإنعكاساتها على عائدات الصادرات النفطية في العشرية الأخيرة لكل من (الجزائر، ليبيا، الإمارات، السعودية) دراسة مقارنة (أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية و التجارية وعلوم التسيير، الشلف: جامعة حسيبة بن بوعلي.

190- رياض قادري. (2017). مقاربة رياضية وقياسية للتنبؤ بالمبيعات –التنبؤ بمبيعات شركة سونلغاز من الكهرباء المنخفض التوتر لسنة 2016 باستخدام طريقة الشبكات العصبية الاصطناعية ومنهجية"JENKINS&BOX"(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصاية والتسيير والعلوم التجارية، تلمسان: جامعة أبي بكر بلقايد.

191- سارة دولاش. (2021). فعالية السياسة المالية في تحقيق التنمية الاقتصادية في ظل تقلبات أسعار النفط –دراسة تحليلية قياسية لحالة الجزائر(2018–1986) (أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، المدية: جامعة يحيى فارس.

192- سعاد بودية . (2019). إستراتيجية الدول النامية المصدرة للبترول في مواجهة تقلبات الأسعار في السوق وأثرها على النمو الاقتصادي(دراسة قياسية للفترة الممتدة ما بين2000–

2017)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، مستغانم: جامعة عبد الحميد بن باديس.

193- سفيان عمراني. (2020). أثر تقلبات أسعار النفط على النمو الاقتصادي -دراسة مقارنة بين الجزائر و العراق- الفترة بين سنة 2000/ 2019(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية، التجارية و علوم التسيير، وهران: جامعة وهران 2 محمد بن أحمد.

194- سمية عراب . (2022). العلاقة الديناميكية بين عوائد النفط والانفاق الحكومي والنمو الاقتصادي في اقتصاديات الدول المصدرة للنفط-دراسة حالة الجزائر-(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الإقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، تلمسان: جامعة أبي بكر بلقايد.

195- سمية موري . (2015). أثر تقلبات أسعار البترول على التنمية الاقتصادية في الجزائر- دراسة قياسية-(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، تلمسان: جامعة أبي بكر بلقايد.

196- سهام مانع . (2019). أثر تقلبات أسعار النفط على سعر صرف الدينار الجزائري(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر 3.

197- سهيلة عتروس. (2018). استخدام منهجية بوكس جنكنز والشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية بمؤسسة سونلغاز -دراسة حالة: ولاية بسكرة-(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، بسكرة: جامعة محمد خيضر.

198- سيهام شباب. (2019). تأثير تقلبات أسعار النفط على الموازنة العامة للدولة (دراسة قياسية للموازنة العامة في الجزائر للفترة 1980- 2016) (أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير والعلوم التجارية، تلمسان: جامعة أبي بكر بلقايد.

199- شعبان قصابي. (2020). دراسة قياسية لمحددات سعر البترول العالمي وتأثيره على حجم الإنفاق الحكومي في الجزائر خلال الفترة 1990- 2018(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية و التجارية و علوم التسيير، المسيلة: جامعة محمد بوضياف.

200- صونية بتغة. (2017). الذكاء الاقتصادي كآلية للتحكم في المعلومة الاستراتيجية ودوره في صناعة مؤسسة تنافسية: دراسة حالة على عينة من المؤسسات الاقتصادية(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، المسيلة: جامعة محمد بوضياف.

201- عبد الحميد محمد العباسي. (2013). مقدمة في الشبكة العصبية الاصطناعية وتطبيقاتها في العلوم الاجتماعية باستخدام spss(أطروحة دكتوراه). معهد الدراسات والبحوث الاحصائية، مصر: جامعة القاهرة.

202- عبد الرحمان عية . (جانفي, 2015). انعكاسات تقلبات أسعار النفط على قرارات السياسة الاقتصادية الجزائرية(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية و العلوم التجارية و علوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر 3.

203- عبد العزيز سرار. (2017). تقدير مؤشرات الفقر المتعددة الأبعاد في الجزائر"مقارنة طريقة المجموعات الغامضة والشبكات العصبية الاصطناعية"- دراسة حالة ولاية باتنة -(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، باتنة: جامعة الحاج لخضر.

204- عبد الغني العايب . (2022). أثر تقلبات أسعار النفط على مؤشرات أسعار الاستهلاك في الجزائر-دراسة تحليلية قياسية(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، الأغواط: جامعة عمار ثليجي.

205- عبد القادر هواري. (2018). الكفاءة الاستخدامية لاستغلال الطاقات المتجددة في الاقتصاديات العربية-دراسة مقارنة للمردودية الاقتصادية بين الطاقات المتجددة والطاقات غير المتجددة-(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، سطيف: جامعة فرحات عباس.

206- عبد الكريم شكاكطة . (2015). دور منظمة الأوبك في سياسات الطاقة العالمية(1973-2014)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم السياسية، الجزائر: جامعة الجزائر-3-.

207- عبير زاوي. (2020). أثر تقلبات أسعار النفط على حجم الواردات-دراسة حالة الجزائر خلال الفترة(1970-2017)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، مستغانم: جامعة عبد الحميد بن باديس.

208- علي العمري. (2017). الاقتصاد الجزائري في ظل التغيرات الحديثة للأسواق النفطية العالمية-دراسة تطبيقية(1990- 2014)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية، التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر-3-.

209- علي بايزيد. (2021). إشكالية التنمية المحلية وسبل معالجتها في ظل تقلبات أسعار النفط في الجزائر خلال الفترة(1999- 2015)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر -3-.

210- فاطمة الزهراء بختاوي. (2019). تحليل فوريه وتقنية الشبكات العصبية الاصطناعية ونماذج ARIMA للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية-دراسة حالة مؤسسة سونلغاز (أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، تلمسان: جامعة أبي بكر بالقايد.

211- فاطمة بوعروري. (2019). مساهمة الشبكات العصبونية الاصطناعية في التنبؤ بحجم المبيعات لدعم صنع القرارات الإدارية في المؤسسات الاقتصادية: دراسة لبعض المؤسسات الجزائرية(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، سطيف: جامعة فرحات عباس-سطيف1.

212- فايزة يوب. (2018). أثر تغيرات أسعار النفط على سعر الصرف الحقيقي للدينار الجزائري-دراسة قياسية على الجزائر للفترة(1970- 2014)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية، تلمسان: جامعة أبي بكر بلقايد.

213- فتيحة خوميجة. (28 جوان, 2018). أثر الأزمات النفطية على سياسة الإنفاق العام في الجزائر-دراسة حالة الجزائر (2000- 2016)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، البويرة: جامعة أكلي محند أولحاج.

214- فطيمة لبعل. (2017). انعكاسات الأزمة المالية العالمية لسنة 2008 على الصادرات النفطية للدول العربية(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، بسكرة: جامعة محمد خيضر.

215- فيصل بالقط . (2022). أثر الصدمات النفطية على توازن بعض المتغيرات الاقتصادية الخارجية في الجزائر-دراسة تحليلية قياسية للفترة 1990 / 2020(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، البويرة: جامعة أكلي محند أولحاج.

216- لطيفة جباري. (2016). طرق اتخاذ القرار باستخدام الذكاء الاصطناعي: دراسة مقارنة للتنبؤ بالطاقة الكهربائية لولاية تلمسان باستعمال الشبكات العصبية الاصطناعية(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية، تلمسان: جامعة أبي بكر بلقايد.

217- محمد بن شاعة. (2020). أثر أسعار النفط وتقلبات سعر الصرف على النمو الاقتصادي- دراسة حالة الجزائر(1980- 2016)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، المدية: جامعة يحيى فارس.

218- محمد خالد احمد. (2021). مقارنة بين الشبكات العصبية الاصطناعية والبرمجة الخطية الضبابية والاستدلال الضبابي لاتخاذ القرار الأمثل لإنتاج النفط-العراق2018م(أطروحة دكتوراه). كلية الدراسات العليا، السودان: جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.

219- محمد ماحي. (2020). طبيعة الموازنة العامة للدولة في ظل تقلبات أسعار النفط-دراسة حالة الجزائر2009- 2019(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الإقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر 3.

220- محمد ماضي. (2016). تذبذبات أسعار النفط وتأثيراتها على اقتصاديات دول منظمة الأوبك(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر-3-.

221- مروان عبد الحميد عاشور. (2014). استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية المحسنة ونماذج بوكس-جنكينز في تحليل السلاسل الزمنية(أطروحة دكتوراه). كلية الدراسات العليا، السودان: جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.

222- مروة زهواني. (2022). تطبيقات نماذج الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بمخاطر التعثر المالي في المؤسسة الاقتصادية -دراسة حالة-(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، غرداية: جامعة غرداية.

223- مريم لسبع. (2021). سعر صرف الدينار الجزائري مابين تقلبات أسعار النفط الدولية والضغط على احتياطات الصرف الأجنبي خلال الفترة الزمنية(1997- 2018)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر 3.

224- معمر قاوي . (2023). أثر تطايرية أسعار النفط على تحرير التجارة الخارجية في الجزائر- دراسة قياسية خلال الفترة2000- 2019(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، الوادي: جامعة الشهيد حمه لخضر.

225- مليكة نجاعي. (2020). تقييم أداء البنك المركزي الجزائري في إدارة السياسة النقدية في ظل تقلبات أسعار النفط(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، المسيلة: جامعة محمد بوضياف.

226- منير العايب. (2019). أثر تطبيق الاتفاقيات الدولية لحماية البيئة على الصادرات النفطية لدول الأوبك(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر-3-.

227- موسى باهي . (2019). التنمية المستدامة والتنويع الاقتصادي في الدول العربية النفطية(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، عنابة: جامعة باجي مختار.

228- ميلود بورحلة. (2017). الصناعة النفطية و أسواق النفط: قنوات التأثير والآفاق المستقبلية-دراسة تحليلية قياسية لحالة الجزائر1973- 2015(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الإقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، تلمسان: جامعة أبي بكر بلقايد.

229- نبيل بوفليح. (2011). دور صناديق الثروة السيادية في تمويل اقتصاديات الدول النفطية(الواقع والآفاق مع الإشارة إلى حالة الجزائر)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر 3.

230- نزار أحمد خليل أبواصبع. (2007). الأهمية الإستراتيجية للنفط في الاقتصاد العالمي- إشارة خاصة للأقطار العربية-دراسة حالة نموذج الاقتصاد الليبي (أطروحة دكتوراه). كلية الاقتصاد والعلوم السياسية، جمهورية السودان: جامعة أم درمان الإسلامية.

231- نوال مرابطي. (2016). تنمية الطاقات المتجددة كبديل للنفط -حالة الجزائر-(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر 3.

232- هدى بن عبيد. (2019). دراسة اقتصادية تحليلية للتنبؤ بمبيعات المنتجات البترولية (البنزين والمازوت) في الجزائر-دراسة حالة مؤسسة "NAFTAL" حاسي مسعود-مقاطعة الوقود ورقلة باستخدام منهجية بوكس-جنكينز للفترة 2006. 2016(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، ورقلة: جامعة قاصدي مرباح.

233- وسام عمرون. (2023). أثر تقلبات أسعار النفط على الإنفاق الحكومي في الجزائر – دراسة قياسية(2000– 2020) (أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، قالمة: جامعة 8 ماي 1945.

234- وهيبة زمال. (2018). أثر تقلبات الايرادات النفطية على الاقتصاد الكلي(النمو الاقتصادي)–دراسة حالة الجزائر–(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، تلمسان: جامعة أبي بكر بلقايد.

235- ياسين مصطفاي. (2020). أثر تقلبات أسعار البترول على النفقات العمومية في الجزائر خلال الفترة (1986– 2016)(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصاية والتجارية وعلوم التسيير، البويرة: جامعة أكلي محند أولحاج.

❖ **المؤتمرات والملتقيات:**

236- عبد القادر حوة، ياسين سالمي، و معمر بوطالبي. (بلا تاريخ). تداعيات تقلبات أسعار النفط على الاقتصاد.، (الصفحات 1– 16). الجزائر.

237- عبد القادر طاري، منصور بالأطرش، و فضيل بلمختار. (2018). إشكالية التكامل الصناعي العربي في ظل انخفاض أسعار النفط في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بين الواقع والمأمول.، (صفحة 2).

238- علي قرود. (29– 30 نوفمبر 2016). نمذجة قياسية لعلاقة سعر النفط بالنمو الاقتصادي الجزائري للفترة 1985– 2014. مجمع أعمال الملتقى الدولي: متطلبات تحقيق الإقلاع الاقتصادي في الدول النامية في ظل انهيار أسعار المحروقات. الجزائر: جامعة البويرة.

- **المراجع باللغة الأجنبية:**

❖ **Books:**

239- AL –Thalabi, S. H., Heydari, A., & Tavakoli, M. (2023, 04 7th). Optimization of Hybridization of Artificial Neuron with Chaotic Genetic Algorithm in Prediction Process/With the application. Research Square.

240- al-Khatib, A. S. (1981). A new dictionary of petroleum and the oil industry (English-Arabic). Beirut, Liban: LIBRAIRIE DU LIBAN-Riad solh square,beirut.

241- Azencott, C.-A. (2018). Introduction au Machine Learning. France: Dunod.

242- Beale, R., & Jackson, T. (1990). Neural Computing: An Introduction (01 ed.). the Adam Hilger imprint.

243- Boileau , M., & Legoll, V. (s.d.). Apprendre Python pour les sciences. CNRS - Université de Strasbourg.

244- Charu C, A. (2018). Neural Networks and Deep Learning. New York, USA: Springer International Publishing.

245- CHOLLET, F. (2018). Deep Learning with Python. Manning Publications Co.

246- Chowdhary, K. (2020). Fundamentals of Artificial Intelligence. India: Springer Nature India Private Limited.

247- Cisek, G. (2021). The Triumph of Artificial Intelligence. Wiesbaden, Germany: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

248- Cordeau , B., & Pointal, L. (s.d.). Une introduction à Python 3. O'Reilly Media, Inc.

249- Davies, E. (2012). Computer and Machine Vision_ Theory, Algorithms, Practicalities (04 ed.). Academic Press.

250- entwanne. (2022). Un zeste de Python.

251- Fuchs , P., & Poulain, P. (2022). Cours de Python. paris, France: Université Paris Cité.

252- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.

253- Gorelick , M., & Ozsvald, I. (2020). High Performance Python Practical Performant Programming for Humans (02 ed.). United States of America: O'Reilly Media, Inc.

254- Joint Research Centre (JRC). (2020). AI Watch Historical Evolution of Artificial Intelligence. the European Commission's science and knowledge service.

255- Lalumièra, J.-S., & Richard, A. (2022). Le pétrole : l'or noir du XXe siècle. Université du Québec à Montréal - UQÀM.

256- Lutz, M. (2009). Learning Python (04 ed.). O'Reilly Media, Inc.

257- Malhotra, P., & Malik, S. K. (2022). Spam Email Detection using Machine Learning and Deep Learning Techniques.

258- Maugeri, L. (2006). The Age of Oil: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource. London: Praeger.

259- Maurizio , P. (2021). Introduction to Python in Earth Science Data Analysis From Descriptive Statistics to Machine Learning. Springer.

260- McNally, R. (2017). CRUDE VOLATILITY The History and the Future of Boom-Bust Oil Prices. NEW YORK: CENTER ON GLOBAL ENERGY POLICY SERIES.

261- Moolayil, J. (2019). Learn Keras for Deep Neural Networks. Vancouver,, Canada: Apress.

262- Mukhopadhyay, S. (2018). Advanced Data Analytics Using Python. West Bengal, India: Apress.

263- N.D , L. (2016). DEEP TIME SERIES FORECASTING With PYTHON. New York: CreateSpace Independent Publishing Platform.

264- Nelli, F. (2015). Python Data Analytics: Data Analysis and Science Using Pandas, matplotlib, and the Python Programming Language. New York: Springer.

265- Rich, E., Knight, K., & Nair, S. (2009). ARTIFICIAL INTELLIGENCE (3 ed.). New Delhi; India: Tata McGraw Hill Education Private Limited.

266- Russel, J. S., & Norvig, P. (2016). Artificial Intelligence A Modern Approach (03 ed.). England: Pearson Education Limited.

267- Smith, D. P. (2018). Hands-On Artificial Intelligence for Beginners-An introduction to AI concepts, algorithms, and their. UK: Packt Publishing.

268- Stewart, A. (2016). Python Programming Python Programming for Beginners.

269- Wolfgang , E. (2017). Introduction to Artificial Intelligence (02 ed.). Weingarten, Germany: Springer International Publishing AG.

❖ **Articles:**

270- Abdel-Jabe, H., Devassy, D., & Al Salam, A. (2022). A Review of Deep Learning Algorithms and Their Applications in Healthcare. algorithms, 48(15), pp. 1- 55.

271- Abiodun, I. L., & Sangki, K. (2021). Application of artificial intelligence to rock mechanics: An overview. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 1(13), pp. 248- 266.

272- Ani, S., & Ruhaidah, S. (2014). Daily Crude Oil Price Forecasting Using Hybridizing Wavelet and Artificial Neural Network Model. Mathematical Problems in Engineering, 2014, pp. 1- 10.

273- Bahaa, M. Z. (2013). Using Genetic Algorithm for Network Intrusion Detection. Center for familiar studies(29), pp. 209- 224.

274- Bohdan, M. (2016). Neural Networks – State of Art, Brief History, Basic Models and Architecture. Lecture Notes in Computer Science (LNCS), pp. 3- 14.

275- Bozak, A., & Aybek, E. C. (2020, December). Comparison of Artificial Neural Networks and Logistic Regression Analysis in PISA Science Literacy Success Prediction. International Journal of Contemporary Educational Research, 7(2), pp. 99- 111.

276- Bruce, G. B. (2006). A(Very) Brief History of Artificial Intelligence. AI Magazine, 26(04), pp. 53- 60.

277- Chiroma, H., Khan, A., & Abubakarc, I. (2016, June 30). A new approach for forecasting OPEC petroleum consumption basedon neural network train by using flower pollination algorithm. Applied Soft Computing, pp. 50- 58.

278- Chojaczyk, A., Teixeira, A., Neves, L., Cardoso, J., & Soares, C. G. (2015). Review and application of Artificial Neural Networks models in reliability analysis of steel structures. Structural Safety(52), pp. 78- 89.

279- Daneshvar, A., Ebrahimi, M., & others. (2022). Brent Crude Oil Price Forecast Utilizing Deep Neural Network Architectures. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, pp. 1- 13.

280- Dastres, R., & Soori, M. (2021, March). Artificial Neural Network Systems. International Journal of Imaging and Robotics, 21(2), pp. 13- 25.

281- Hussain, K. (2018, 1). Artificial Intelligence and its Applications goal. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 05(01), pp. 838- 841.

282- Jawad, H. T. (2022, 3). Measuring and analyzing the response of the public budget tools and GDP in Iraq to oil price shocks for period (2004-2017). Tikrit Journal of Administration and Economics Sciences, 18(57 Part (2)), pp. 457- 470.

283- Kunwar, P., Ankita, B., Amrita , M., & Gunja , J. (2009, 01). Artificial neural network modeling of the river water quality—A case study. Ecological Modelling, pp. 888- 895.

284- Lean, Y., Shouyang, W., & Kin Keung, L. (2008). Forecasting crude oil price with an EMD-based neural network ensemble learning paradigm. Energy Economics, 30, pp. 2623- 2635.

285- M. Mostafa, M., & A. El-Masry, A. (2016). Oil price forecasting using gene expression programming and artificial neural networks. Economic Modelling, 54, pp. 40- 53.

286- Madahi, M. (2022, 3 31). The effects of the applications of the Fourth Industrial Revolution. Tikrit Journal of Administration and Economics Sciences -artificial intelligence- on the economies of Arab countries, 18(57), pp. 418- 437.

287- Mahdiani, M. R., & Khamehchi, E. (2016). A modified neural network model for predicting the crude oil price. Intellectual Economics, 10, pp. 71- 77.

288- Makumbonori , B., Rajesh , P., & Adamu , A. (2020). CPPCNDL: Crude oil price prediction using complex network and deep learning algorithms. Petroleum, 06, pp. 353- 361.

289- Marini, F. (2009). Artificial neural networks in foodstuff analyses: Trends and perspectives A review. Analytica Chimica Acta(635), pp. 121-131.

290- Olazaran, M. (1993). A Sociological History of the Neural Network Controversy. Advances in Computers., 37, pp. 335- 425.

291- Saidi, s., & Fellag, s. (2021). Adopting artificial intelligence in insurance companies as a mechanism to enhance financial inclusion -AXA company case study-. Revue Algérienne d'Economie de gestion, 15(1), pp. 270- 287.

292- Saud M, A.-F., & Saudi, A. (2021). Application of the artificial intelligence GANNATS model in forecasting crude oil demand for Saudi Arabia and China. Journal of Petroleum Science and Engineering(200), pp. 1- 10.

293- Suleiman, S., Alabi, M., Suleman, I., Usman, U., & Adamu, U. (2015, January - April). Modeling and Forecasting the Crude Oil Price in Nigeria. International Journal of Novel Research in Marketing Management and Economics, 02(01), pp. 1- 13.

294- Tehrani , R., & Khodayar, F. (2011, December 28). A hybrid optimized artificial intelligent model to forecast crude oil using genetic algorithm. African Journal of Business Management, 05(34), pp. 13130-13135.

295- Virtanen, P., Gommers, R., & Oliphant, T. (2020, 03). SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific. Nature Methods, 17, pp. 261- 272.

296- Walczak, S., & Cerpa, N. (2003). Artificial Neural Networks. Encyclopedia of Physical Science and Technology, pp. 631- 645.

297- Yan, L. (2012, April). Analysis of the International Oil Price Fluctuations and Its Influencing Factors. American Journal of Industrial and Business Management, pp. 39- 46.

298- Zghair Al Chnani, A. N., & Al Jabiry, Q. A. (2021, June). Estimated returns and risks of oil prices Volatility in the international market for the period (1990 – 2017). Journal of Petroleum Research and Studies(31), pp. 36- 54.

299- Meurer, A., Christopher , P., & Mateusz, P. (2017). SymPy: symbolic computing in Python. Peer J Computer Science, pp. 1- 27.

300- Okorie E, A., Julius U, A., & Adewale, D. (2020). Artificial neural network model for predicting drill cuttings settling velocity. Petroleum(6), pp. 340- 352.

301- Zhang, J.-L., Zhang, Y.-J., & Zhang, L. (2015). A novel hybrid method for crude oil price forecasting. Energy Economics(49), pp. 649-659.

❖ **Theses and Dissertations:**

302- Tan, C. N. (1997). Artificial Neural Networks: A Financial Tool As Applied in the Australian Market (Ph.D. Thesis). School of Business. Australia: Bond University.

الملاحق

الملحق 01: جدول رقم(1.1) تطور الأسعار الاسمية لسلة خامات أوبك خلال الفترة (1970-2019)

الوحدة: دولار/البرميل

السنوات	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
السعر الاسمي	1.67	2.03	2.29	3.05	10.73	10.73	11.51	12.39	12.70	17.25
السنوات	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
السعر الاسمي	28.64	32.51	32.38	29.04	28.20	27.01	13.53	17.73	14.24	17.31
السنوات	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
السعر الاسمي	22.26	18.62	18.44	16.33	15.53	16.89	20.29	18.68	12.28	17.47
السنوات	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
السعر الاسمي	27.6	23.12	24.36	28.21	36.05	50.64	61.08	69.08	94.45	61.06
السنوات	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
السعر الاسمي	77.45	107.46	109.45	105.87	96.29	49.49	40.76	54.19	71.31	64.21

المصدر: من إعداد الطالبتين بالاعتماد على (شباب، 2019، صفحة 271)، (زعتر و غريس، 2022، صفحة 455)

الملحق 02: الجدول رقم(1.2) تاريخ الذكاء الاصطناعي

العقد	المسمى	مجال الاهتمام الرئيسي
الخمسينات	العصور المظلمة	الشبكات العصبية
الستينات	عصر السببية	المنطق الآلي
السبعينات	التحول الخيالي	هندسة المعرفة
الثمانينات	حركة التنوير	تعلم الآلة
التسعينات	إحياء القوطية (العودة للعصور المظلمة)	إعداد مراجع الشبكات العصبية

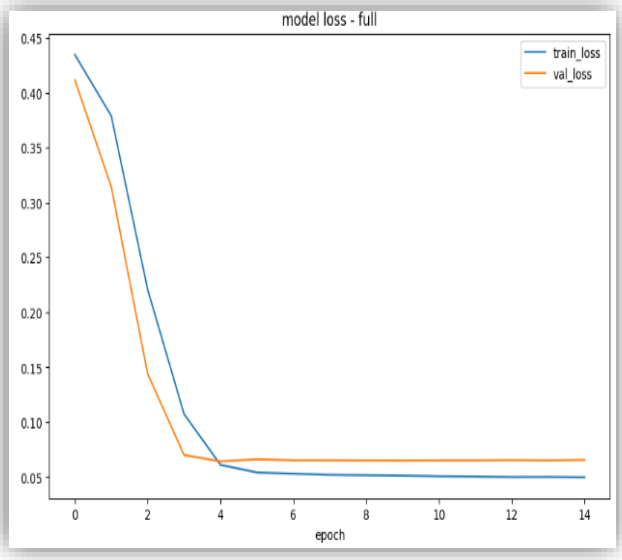
المصدر: (زين، 2000، صفحة 22)

الملحق 03: نتائج تدريب وتعليم النموذج الثالث (lstm_9lags_5epochs)

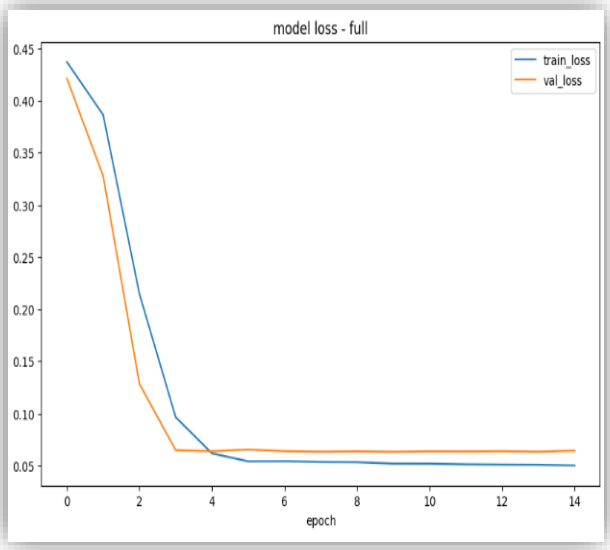
```
Epoch 1/5
26/26 [==============================] - 3s 27ms/step - loss: 0.4023 - val_loss: 0.3630
Epoch 2/5
26/26 [==============================] - 0s 12ms/step - loss: 0.3230 - val_loss: 0.2759
Epoch 3/5
26/26 [==============================] - 0s 10ms/step - loss: 0.2483 - val_loss: 0.2065
Epoch 4/5
26/26 [==============================] - 0s 10ms/step - loss: 0.1802 - val_loss: 0.1542
Epoch 5/5
26/26 [==============================] - 0s 10ms/step - loss: 0.1357 - val_loss: 0.1234
1/1 [==============================] - 1s 583ms/step
Epoch 1/5
27/27 [==============================] - 3s 25ms/step - loss: 0.4175 - val_loss: 0.3801
Epoch 2/5
27/27 [==============================] - 0s 7ms/step - loss: 0.3308 - val_loss: 0.2757
Epoch 3/5
27/27 [==============================] - 0s 7ms/step - loss: 0.2349 - val_loss: 0.1948
Epoch 4/5
27/27 [==============================] - 0s 7ms/step - loss: 0.1712 - val_loss: 0.1396
Epoch 5/5
27/27 [==============================] - 0s 7ms/step - loss: 0.1226 - val_loss: 0.1024
1/1 [==============================] - 0s 406ms/step
33/33 [==============================] - 0s 2ms/step
```

المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

الملحق 04: نتائج عملية تدريب النموذج الخامس (lstm_9lags_4layers_15epochs)




```
Epoch 1/15
26/26 [==============================] - 32s 374ms/step - loss: 0.4348 - val_loss: 0.4118
Epoch 2/15
26/26 [==============================] - 2s 91ms/step - loss: 0.3790 - val_loss: 0.3145
Epoch 3/15
26/26 [==============================] - 4s 151ms/step - loss: 0.2208 - val_loss: 0.1440
Epoch 4/15
26/26 [==============================] - 4s 149ms/step - loss: 0.1073 - val_loss: 0.0700
Epoch 5/15
26/26 [==============================] - 3s 99ms/step - loss: 0.0611 - val_loss: 0.0643
Epoch 6/15
26/26 [==============================] - 2s 91ms/step - loss: 0.0542 - val_loss: 0.0661
Epoch 7/15
26/26 [==============================] - 2s 90ms/step - loss: 0.0530 - val_loss: 0.0652
Epoch 8/15
26/26 [==============================] - 2s 73ms/step - loss: 0.0520 - val_loss: 0.0652
Epoch 9/15
26/26 [==============================] - 3s 105ms/step - loss: 0.0517 - val_loss: 0.0651
Epoch 10/15
26/26 [==============================] - 3s 105ms/step - loss: 0.0513 - val_loss: 0.0650
Epoch 11/15
26/26 [==============================] - 2s 64ms/step - loss: 0.0507 - val_loss: 0.0651
Epoch 12/15
26/26 [==============================] - 1s 33ms/step - loss: 0.0504 - val_loss: 0.0651
Epoch 13/15
26/26 [==============================] - 1s 33ms/step - loss: 0.0500 - val_loss: 0.0654
Epoch 14/15
26/26 [==============================] - 1s 33ms/step - loss: 0.0501 - val_loss: 0.0651
Epoch 15/15
26/26 [==============================] - 1s 32ms/step - loss: 0.0498 - val_loss: 0.0656
1/1 [==============================] - 2s 2s/step
```

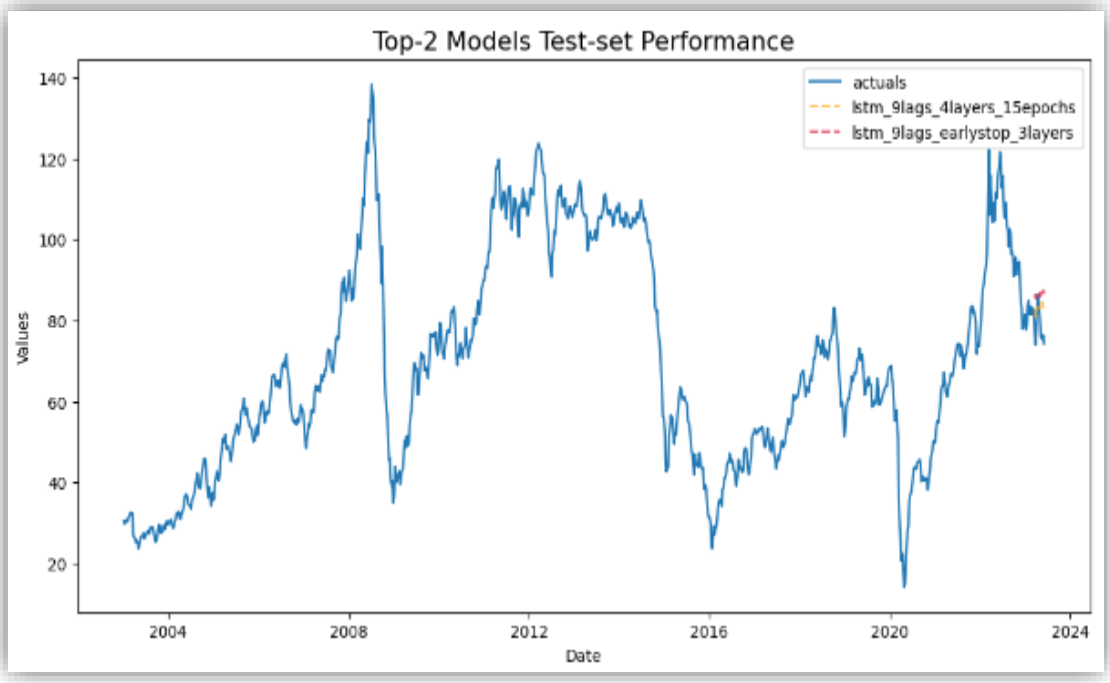



```
Epoch 1/15
27/27 [==============================] - 13s 94ms/step - loss: 0.4372 - val_loss: 0.4214
Epoch 2/15
27/27 [==============================] - 1s 33ms/step - loss: 0.3865 - val_loss: 0.3278
Epoch 3/15
27/27 [==============================] - 1s 33ms/step - loss: 0.2148 - val_loss: 0.1284
Epoch 4/15
27/27 [==============================] - 1s 33ms/step - loss: 0.0964 - val_loss: 0.0648
Epoch 5/15
27/27 [==============================] - 1s 33ms/step - loss: 0.0617 - val_loss: 0.0638
Epoch 6/15
27/27 [==============================] - 1s 53ms/step - loss: 0.0540 - val_loss: 0.0654
Epoch 7/15
27/27 [==============================] - 2s 56ms/step - loss: 0.0542 - val_loss: 0.0638
Epoch 8/15
27/27 [==============================] - 2s 60ms/step - loss: 0.0534 - val_loss: 0.0633
Epoch 9/15
27/27 [==============================] - 2s 65ms/step - loss: 0.0532 - val_loss: 0.0636
Epoch 10/15
27/27 [==============================] - 1s 53ms/step - loss: 0.0518 - val_loss: 0.0632
Epoch 11/15
27/27 [==============================] - 2s 56ms/step - loss: 0.0518 - val_loss: 0.0637
Epoch 12/15
27/27 [==============================] - 1s 41ms/step - loss: 0.0512 - val_loss: 0.0635
Epoch 13/15
27/27 [==============================] - 1s 34ms/step - loss: 0.0509 - val_loss: 0.0638
Epoch 14/15
27/27 [==============================] - 1s 34ms/step - loss: 0.0507 - val_loss: 0.0633
Epoch 15/15
27/27 [==============================] - 1s 35ms/step - loss: 0.0501 - val_loss: 0.0644
1/1 [==============================] - 2s 2s/step
33/33 [==============================] - 0s 10ms/step
```

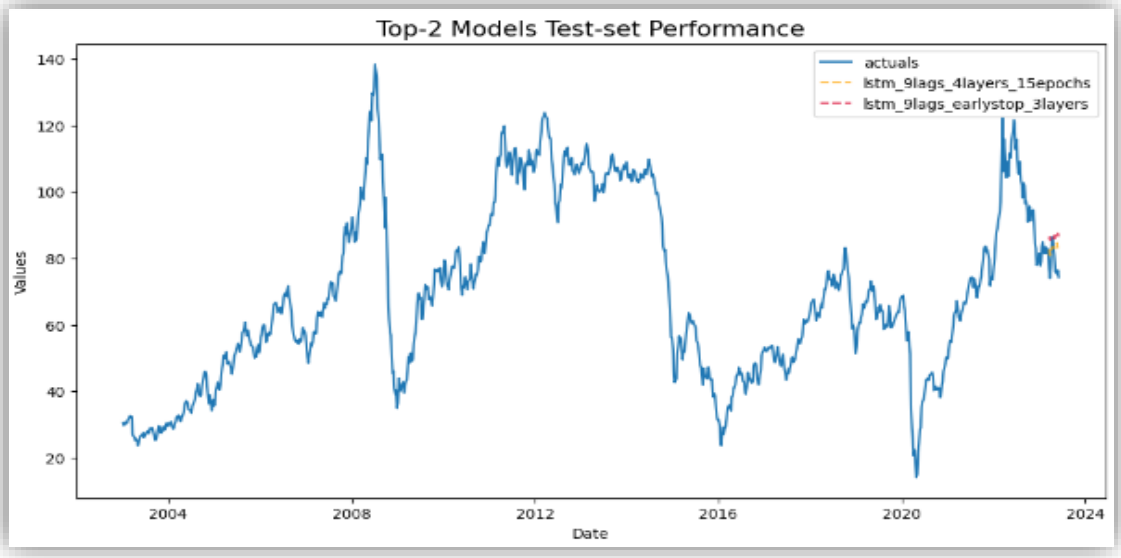
المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

الملحق 05: المقارنة بين أداء النموذجين الرابع والخامس حسب معياريMAPE وRMSE

حسب معيار RMSE



حسب معيار MAPE



المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

الملحق 06: أهمية ميزات تحليل البيانات الخاصة بنموذج mlr

feature	weight	std
AR13	0.001872	0.000319
AR16	0.001865	0.000451
AR9	0.001506	0.000222
AR18	0.000801	0.000167
AR7	0.000613	0.000178
t	0.000563	0.000044
AR21	0.000252	0.000052
month_2	0.000209	0.000263
AR20	0.000202	0.000058
AR15	0.000153	0.000025
AR23	0.000151	0.000060
quarter_1	0.000130	0.000059
month_6	0.000120	0.000050
AR4	0.000102	0.000028
AR11	0.000102	0.000025
quarter_3	0.000065	0.000026
month_8	0.000056	0.000085
month_9	0.000031	0.000050
month_10	0.000004	0.000010
month_12	0.000002	0.000001
month_4	-0.000005	0.000090
month_1	-0.000006	0.000038
month	-0.000007	0.000089
quarter	-0.000027	0.000056
month_6	-0.000058	0.000095
month_11	-0.000091	0.000056
month_7	-0.000095	0.000015
quarter_2	-0.000105	0.000077
quarter_4	-0.000114	0.000108
AR24	-0.000135	0.000022
AR2	-0.000225	0.000054
AR12	-0.000261	0.000023
month_3	-0.000339	0.000264
AR10	-0.000357	0.000118
AR22	-0.000381	0.000036
AR19	-0.000497	0.000214
AR14	-0.000803	0.000113
AR5	-0.000986	0.000290
AR17	-0.001182	0.000098
year	-0.001264	0.000218
AR8	-0.001929	0.000589
AR3	-0.001963	0.000256
AR6	-0.002730	0.000597
AR1	-0.005008	0.001160

المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)

الملحق 07: النموذج الأمثل في حالة البيانات الشهرية

	ModelNickname	TestSetMAPE	TestSetRMSE	TestSetR2	best_model
0	lstm_34lags_4layers_15epochs	0.082564	10.361334	0.321411	True
1	lstm_34lags_earlystop_3layers	0.123338	17.691988	-0.978466	False
2	lstm_best	0.198539	18.621684	-1.191862	False
3	mlr	0.288791	27.483329	-3.774347	False
4	lstm_34lags_5epochs	0.732665	69.201600	-29.269662	False
5	lstm_34lags	0.780286	71.519694	-31.331555	False
6	lstm_default	0.808643	74.471506	-34.055452	False

المصدر: مخرجات برمجية Python (3.10.11)