مقدمة:

يشهد القطاع المالي تحولاً جذرياً بفعل التكنولوجيا الرقمية، ويأتي التعلم الآلي (Machine Learning) في صدارة التقنيات المحفزة لهذا التحول. لم تعد النماذج الإحصائية التقليدية وحدها كافية لفهم تعقيدات الأسواق المالية وسلوك المستهلكين. يقدم التعلم الآلي مجموعة من الأدوات القادرة على التعلم من البيانات، واكتشاف الأنماط الخفية، وإنتاج تنبؤات دقيقة تدعم اتخاذ القرارات الاستباقية. هذه المحاضرة مصممة لطلاب التكنولوجيا المالية في الدراسات العليا، وتهدف إلى بناء إطار معرفي متكامل حول كيفية توظيف تقنيات التعلم الآلي في المجال المالي، بدءاً من المفاهيم الأساسية وصولاً إلى التطبيقات العملية والمخاطر المصاحبة.

تعريف التعلم الآلي

عرَّف المعهد الوطني الأمريكي للمعايير والتكنولوجيا **(NIST)** التعلم الآلي بأنه: فرع من فروع الذكاء الاصطناعي يمكِّن الأنظمة الحاسوبية من اكتساب القدرة على الأداء وتحسينه تلقائياً بالاستناد إلى الخبرة المستقاة من البيانات، دون أن تكون مبرمجة صريحاً لكل مهمة بعينها.

(National Institute of Standards and Technology [NIST], 2023, p. 9).

وصف المنتدى الاقتصادي العالمي التعلم الآلي بأنه: مجموعة من الخوارزميات التي تُحسِّن أداءها تلقائياً من خلال التعرض لكميات متزايدة من البيانات، وتستخدم في قطاع المالية لتحليل السلوك الاستهلاكي وكشف الاحتيال وتقدير المخاطر بدقة تفوق قدرات الإنسان في معالجة البيانات الضخمة

(World Economic Forum [WEF], 2022, p. 17).

عرَّفت لجنة بازل التعلم الآلي ضمن إطار عملها التنظيمي بوصفه: منهجية تحليلية تستند إلى خوارزميات تُحسِّن تنبؤاتها وقراراتها بصورة ذاتية من خلال التدريب على بيانات واسعة النطاق، وتجد تطبيقاتها في المؤسسات المالية في نماذج الإقراض وإدارة المحافظ وقياس مخاطر السوق

(Basel Committee on Banking Supervision [BCBS], 2022, p. 14).

بالنظر في التعريفات السابقة واستقراء عناصرها المشتركة، يمكن صياغة التعريف الشامل الآتي:

التعلم الآلي في المالية هو فرع تطبيقي متخصص يجمع بين منهجيات علم البيانات والخوارزميات الإحصائية والشبكات العصبية الاصطناعية؛ لتمكين الأنظمة الحاسوبية من استخلاص أنماط وعلاقات خفية من البيانات

المالية الضخمة، وتحسين قدرتها التحليلية والتنبؤية ذاتياً دون تدخل بشري مستمر، بهدف ترشيد القرارات الائتمانية والاستثمارية وتعزيز كفاءة إدارة المخاطر وتطوير الخدمات المالية الرقمية.

المصطلحات المشابهة والمقارنة مع التعلم الآلي في المالية

الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence - AI)

يُعرِّف الذكاء الاصطناعي بأنه: منظومة تقنية تُحاكي العمليات المعرفية البشرية كالاستنتاج والتعلم وحل المشكلات (Institute of Electrical and Electronics Engineers [IEEE], 2021, p. 4).

حيث يُمثِّل الذكاء الاصطناعي المظلة الكبرى التي يندرج تحتها التعلم الآلي بوصفه أحد فروعه التطبيقية المتخصصة.

التعلم العميق (Deep Learning - DL)

يُعرَّف التعلم العميق بأنه: فرع متخصص من التعلم الآلي يوظِّف شبكات عصبية اصطناعية متعددة الطبقات لاستخلاص تمثيلات تدريجية التجريد من البيانات الخام» (LeCun et al., 2015, p. 436).

يختلف التعلم العميق عن التعلم الآلي التقليدي بقدرته على العمل مع بيانات غير مهيكلة (صور، نصوص، صوت) دون الحاجة إلى هندسة ميزات يدوية مسبقة.

الذكاء الاصطناعي التوليدي (Generative AI)

يشمل نماذج قادرة على توليد محتوى جديد (نصوص، صور، بيانات اصطناعية) من خلال التدريب على بيانات ضخمة، هناك العديد من النماذج لتطبيقاته في المالية في توليد تقارير مالية وتلخيص الوثائق الاستثمارية، مثل: GPT DEEP..... (Anthropic, 2023, p. 3). يتمايز عن التعلم الآلي التقليدي في كونه توليدياً لا تنبؤياً فحسب.

ثالثاً: أهمية التعلم الآلي في المالية

<u>للفرد</u>

1. الوصول إلى خدمات مالية شخصية متطورة بتكلفة منخفضة، كالمستشارين الآليين (Robo-advisors) الذين يُقدِّمون تخطيطاً مالياً كان حكراً على أصحاب الثروات الكبيرة (Deloitte Insights, 2022, p. 19).
2. تحسين تجربة الحصول على الائتمان عبر نماذج تسجيل ائتمانية أكثر شمولاً تأخذ بالحسبان بيانات سلوكية متنوعة لا تقتصر على السجل الائتماني التقليدي.
3. تعزيز الحماية من الاحتيال المالي بأنظمة كشف آنية تُنبِّه العملاء فور رصد معاملات مشبوهة.

4. تمكين الأفراد من اتخاذ قرارات استثمارية مستنيرة بدعم من تحليلات ذكية مخصصة لملفاتهم المالية الفردية.

للمجتمع

1. تعزيز الشمول المالي بتوسيع نطاق الخدمات المصرفية لتشمل الفئات غير المخدومة، مما يُقلِّص الفجوة المالية. أشار تقرير البنك الدولي (2022, p. 44) إلى أن نماذج التعلم الآلي أسهمت في تمديد الائتمان لنحو 1.2 مليار شخص لم يسبق لهم التعامل المصرفي الرسمي.
2. كشف شبكات غسل الأموال وتمويل الإرهاب بكفاءة تفوق قدرات الأنظمة القائمة على القواعد بمراحل.
3. خفض تكاليف الخدمات المالية على المستهلكين من خلال أتمتة العمليات وتقليص التكاليف التشغيلية للمؤسسات.

للحكومات

1. تحسين كفاءة الإيرادات الضريبية بكشف التهرب الضريبي عبر تحليل أنماط المعاملات (OECD, 2023, p. 67).
2. رفع مستوى الرقابة على الأسواق المالية وكشف المخالفات والتلاعب في التداول بصورة آنية.
3. تحسين تصنيف وتدقيق الإنفاق الحكومي والاستشعار المبكر لمخاطر الفساد المالي.
4. دعم قرارات السياسة النقدية والمالية بتحليلات أعمق للمعطيات الاقتصادية الكلية.

للشركات والمؤسسات

1. تسريع اتخاذ القرارات المالية الاستراتيجية وتحسين دقتها مع تقليص الاعتماد على الحكم الشخصي المعرَّض للتحيزات المعرفية.
2. تحقيق وفورات تشغيلية ضخمة: قدَّرت McKinsey (2023, p. 34) أن أتمتة العمليات المالية بالتعلم الآلي يُوفِّر ما يتراوح بين 40% و60% من التكاليف التشغيلية المعتادة.
3. تحسين إدارة المخاطر الائتمانية وخفض معدلات التعثر في محافظ القروض.
4. فتح مصادر دخل جديدة من خلال تطوير منتجات مالية مخصصة تستند إلى التحليل الدقيق لبيانات العملاء.

رابعاً: مجالات التعلم الآلي في المالية

الكشف عن الاحتيال المالي (Fraud Detection)

يُمثِّل هذا المجال أحد أكثر تطبيقات التعلم الآلي نضجاً وانتشاراً في القطاع المالي. تُحلِّل النماذج آلاف المعاملات في الثانية الواحدة لكشف الأنماط الشاذة التي تُنبئ بالاحتيال.

التقييم الائتماني الذكي (AI-Driven Credit Scoring)

تتجاوز نماذج التعلم الآلي نموذج تسجيل الائتمان التقليدي بتضمين متغيرات سلوكية وبديلة كأنماط الدفع الرقمية وبيانات وسائل التواصل الاجتماعي وسجلات الهاتف المحمول

التداول الخوارزمي (Algorithmic Trading)

تُنفِّذ أنظمة التعلم الآلي استراتيجيات تداول في أجزاء من الثانية، مستعيدةً من آلاف الإشارات المتزامنة. تُقدِّر تقارير الصناعة أن أكثر من 70% من حجم التداول في الأسواق الأمريكية يُنفَّذ بواسطة خوارزميات تعلم آلي (Aldridge & Krawciw, 2017, p. 67).

إدارة المخاطر المؤسسية (Enterprise Risk Management)

تُستخدم نماذج معالجة اللغة الطبيعية لتحليل مشاعر التقارير المالية وأخبار الأسواق والمداولات البرلمانية واستخلاص إشارات تداولية قابلة للتنفيذ.

خدمة العملاء المالية الذكية (Conversational Finance AI)

تُقدِّم المؤسسات المالية مساعدين افتراضيين ذكيين يُتيحون للعملاء إدارة حساباتهم والاستفسار عن منتجاتهم واتخاذ قرارات مالية أولية.

مصادر بيانات التعلم الآلي في المالية

تُصنَّف مصادر هذه البيانات إلى ثلاث فئات رئيسة:

البيانات المالية الأولية المهيكلة

1. بيانات التداول التاريخية: الأسعار والأحجام وبيانات دفتر الأوامر من البورصات العالمية (NYSE, LSE, Tadawul).
2. القوائم المالية المدققة: الميزانيات العمومية، قوائم الدخل والتدفقات النقدية، وتقارير المحاسبين القانونيين.

3. بيانات الائتمان: سجلات مكاتب الائتمان (Experian, Equifax, TransUnion) وبيانات تعثر القروض.
4. بيانات أسواق المال الدولية: مؤشرات الأسهم والسندات والعملات والسلع من مزودين كـ Bloomberg وRefinitiv.

البيانات البديلة (Alternative Data)

1. بيانات الاستشعار والأقمار الاصطناعية: مستويات المخزون في مستودعات النفط، حركة شحن السفن، إضاءة المناطق الصناعية الليلية كمؤشر للنشاط الاقتصادي.
2. بيانات المعاملات الرقمية: حركة بطاقات الائتمان والمحافظ الرقمية ومنصات الدفع (PayPal, Stripe).
3. بيانات التواصل الاجتماعي: تحليل مشاعر منصات Twitter/X وReddit وLinkedIn لاستشراف حركات السوق.
4. بيانات محركات البحث: مؤشرات Google Trends لقياس اهتمام المستثمرين بأصول بعينها.

البيانات الاقتصادية الكلية والتنظيمية

1. مؤشرات الاقتصاد الكلي: بيانات التضخم والبطالة والناتج المحلي الإجمالي والتجارة الدولية من IMF وWorld Bank وBIS.
2. قرارات البنوك المركزية: محاضر اجتماعات الفيدرالي الأمريكي والبنك المركزي الأوروبي وتصريحات حكّامها.
3. البيانات التنظيمية: تقارير الإفصاح المؤسسي (10-K, 10-Q) المقدَّمة لهيئات تنظيم الأوراق المالية.

العناصر الأساسية للتعلم الآلي في المالية

يرتكز التعلم الآلي الفعَّال في السياق المالي على ستة أعمدة متكاملة:

الخوارزميات (Algorithms)

تُقسَّم خوارزميات التعلم الآلي إلى ثلاث فئات رئيسة:

1. التعلم بإشراف (Supervised Learning): يُدرَّب النموذج على بيانات مُعلَّمة (بمخرجات معروفة). الأمثلة: الانحدار اللوجستي لتقدير احتمال التعثر، شجرة القرار لتصنيف الائتمان.
2. التعلم غير المُشرَف (Unsupervised Learning): يكتشف النموذج أنماطاً خفية في بيانات غير مُعلَّمة. الأمثلة: التجميع (Clustering) لتقسيم شرائح العملاء، والكشف عن الشذوذ في المعاملات.

3. التعلم التعزيزي (Reinforcement Learning): يتعلم النموذج من التجربة والمكافأة. الأمثلة: تحسين استراتيجيات التداول عبر المحاكاة التكرارية.

البيانات (Data)

تُمثِّل المادة الأولية للتعلم، وتشمل البيانات المهيكلة وغير المهيكلة والبديلة. القاعدة الجوهرية: نموذج متوسط على بيانات ممتازة يتفوق على نموذج ممتاز على بيانات رديئة (Domingos, 2012, p. 9).

البنية التحتية الحوسبية (Computing Infrastructure)

تشمل وحدات المعالجة الرسومية (GPUs) ووحدات معالجة الموترات (TPUs) والحوسبة السحابية (AWS, Azure, GCP). باتت هذه الإمكانات في متناول المؤسسات المتوسطة عبر نماذج الدفع حسب الاستخدام.

الإطار التنظيمي والأخلاقيات (Governance & Ethics)

يشمل معايير جودة البيانات وضوابط الخصوصية (GDPR) ومتطلبات قابلية التفسير التي تفرضها جهات الرقابة المالية. يُحذِّر BCBS (2022, p. 28) من أن غياب الحوكمة يُعرِّض المؤسسات لمخاطر تنظيمية وسمعة جسيمة.

الكفاءات البشرية (Human Capital)

تُجمع الفِرق الفعَّالة في التعلم الآلي المالي بين علماء البيانات والمحللين الماليين وخبراء الامتثال والمحللين التقنيين

حلقات التقييم والتحسين (Evaluation Loops)

تستلزم النماذج رقابة مستمرة ومقارنة أدائها الفعلي بتوقعاتها، مع إعادة التدريب الدوري لمواجهة ظاهرة تقادم النماذج (Concept Drift) التي تُضعف دقتها بمرور الوقت (Gama et al., 2014, p. 29).

مخاطر التعلم الآلي في المالية

يمكن تحديد المخاطر عامة إلى أقسام كالتالي:

- التحيز الخوارزمي (Algorithmic Bias): إذا كانت بيانات التدريب تحتوي على تحيزات تاريخية ضد فئات معينة، فإن النموذج سيعيد إنتاج هذا التمييز في قرارات القروض.
- مخاطر "الصندوق الأسود" (Black Box): صعوبة تفسير سبب اتخاذ الخوارزمية لقرار معين، مما يعقد الامتثال التنظيمي ويفقد ثقة المستهلك.
- الأمن السيبراني: مخاطر التلاعب بالبيانات المدخلة (Data Poisoning) أو هجمات الحقن التي تستهدف نماذج الذكاء الاصطناعي التوليدي.

- المخاطر النظامية: الاعتماد الجماعي على نفس الخوارزميات قد يؤدي إلى سلوك قطيعي يفاقم تقلبات السوق ويؤدي لانهيارات مفاجئة (Flash Crashes).

وعند توزيع هذه المخاطر بين المتعاملين الاقتصاديين، يمكن تحديدها بدقة كالتالي:

المخاطر المتعلقة بالأفراد

1. التحيز الخوارزمي (Algorithmic Bias): قد تُكرِّس نماذج التعلم الآلي التمييز التاريخي ضد فئات معينة في قرارات الإقراض والتوظيف. وثَّقت دراسة Bartlett et al. (2022, p. 1) أن خوارزميات تسجيل الائتمان تفرض تكاليف اقتراض أعلى على بعض المجموعات السكانية بمعزل عن ملف مخاطرهم الفعلي.
2. انعدام الشفافية (Black Box Problem): عجز الأفراد عن فهم أسباب رفض قروضهم أو تأمينهم أو رفع أسعار خدماتهم يُولّد عدم ثقة ويُشكِّل تحدياً تنظيمياً جوهرياً.
3. مخاطر الخصوصية: تحليل البيانات الشخصية الضخمة يُثير مخاوف جدية حول توظيف المعلومات بطرق لم تُخوَّل لها وفق قواعد الموافقة المستنيرة.

المخاطر المتعلقة بالشركات

1. تقادم النماذج (Model Decay): تتدهور دقة النماذج مع تغيُّر ديناميكيات السوق، ويُعرِّض عدم التحديث المستمر المؤسسةَ لقرارات ائتمانية أو استثمارية خاطئة.
2. الاعتماد المفرط على الأتمتة (Automation Over-reliance): إسناد القرارات الحساسة كلياً للنماذج دون إشراف بشري يُضيِّق هامش التصحيح عند حدوث أخطاء نظامية.
3. مخاطر أمن البيانات: تمركز البيانات الضخمة في أنظمة التعلم الآلي يُشكِّل هدفاً اختراقياً ذا قيمة عالية للمهاجمين الإلكترونيين.
4. الهجمات الخصومة (Adversarial Attacks): يُمكن أن تُضلِّل جهات خبيثة نماذج التعلم الآلي بحقن بيانات مشوَّهة تُخرِّب قراراتها التنبؤية أو التصنيفية (Goodfellow et al., 2015, p. 2).

المخاطر المتعلقة بالحكومات

1. تضخيم المخاطر الجهازية: توحُّد نماذج التعلم الآلي عبر المؤسسات الكبرى يُولّد تحركات سوقية متزامنة مُضخَّمة عند حدوث صدمات، مما يزيد من هشاشة المنظومة المالية الكلية

(FSB, 2022, p. 34).

2. فجوة قدرات الرقابة: تتفوق وتيرة ابتكار نماذج التعلم الآلي في المؤسسات المالية الخاصة على قدرة الأجهزة الرقابية على مواكبتها وفهمها، مما يُضعف فعالية الرقابة.
3. تركز السلطة التقنية: يادة الشركات التقنية الكبرى (Big Tech) على البنية التحتية للذكاء الاصطناعي يُنشئ تبعيات قد تُشكِّل مخاطر سيادة تقنية.

التمويل الإسلامي والتعلم الآلي في المالية

يندرج توظيف التعلم الآلي في المالية الإسلامية ضمن مبدأ أصالة الإباحة في المعاملات المالية ما لم يوجد دليل خاص على التحريم، وقد أصدرت جهات رسمية عديدة بيانات وفتاوى تُحدِّد ضوابط مشروعية هذا التوظيف.

أصدر مجمع الفقه الإسلامي الدولي التابع لمنظمة التعاون الإسلامي في دورته الثالثة والعشرين المنعقدة في أبوظبي عام 2019م قراراً بشأن الذكاء الاصطناعي والخدمات المالية الرقمية، جاء فيه: «يجوز شرعاً توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في المعاملات المالية الإسلامية متى كانت خالية من المحرمات الشرعية كالربا والغرر والميسر، وأن تكون الخدمات المقدَّمة بواسطتها مستوفيةً لأركان عقودها الشرعية وشروطها. وعلى المؤسسات المالية الإسلامية المستخدِمة لهذه التقنيات ضمان مراجعة هيئاتها الشرعية الداخلية للتحقق من الضبط الشرعي في منطق الخوارزميات وتصنيفاتها». (مجمع الفقه الإسلامي الدولي، القرار رقم 23/5/223، 2019م)

كما نصَّت **هيئة المحاسبة والمراجعة للمؤسسات المالية الإسلامية** AAOIFI في إصدارها المعياري الموجِّه رقم 8 الصادر عام 2021م على أن: «توظيف أنظمة الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في إدارة محافظ الصناديق الإسلامية والتقييم الائتماني يخضع للضوابط الشرعية العامة، ويُشترط فيه ألا يكون الناتج النهائي المعتمد على هذه الأنظمة متضمِّناً لأي عنصر من عناصر الإيهام والتدليس أو الإضرار بمصالح العملاء، وأن يكون قابلاً للمراجعة والتدقيق الشرعي من قبل هيئات الرقابة الشرعية المختصة». (AAOIFI، المعيار التوجيهي رقم 8، 2021م، ص 38)

الضوابط الشرعية الموحَّدة لتطبيق التعلم الآلي في المالية الإسلامية

1. ألا تُستخدَم النماذج في خدمة منتجات محرَّمة شرعاً (ربا، غرر فاحش، ميسر).
2. أن تكون البيانات المُغذِّية للنماذج مشروعة المصدر وخاليةً من بيانات الأنشطة المحرَّمة.
3. قابلية خوارزميات التصنيف والتسعير للمراجعة والتدقيق من هيئات الرقابة الشرعية.
4. الإبقاء على إرادة العاقدَين الصريحة شرطاً لصحة العقد بصرف النظر عن درجة الأتمتة.
5. عدم اعتبار نتائج النماذج قطعية ومُلزِمة للمؤسسة دون مراجعة بشرية متخصصة.