طرق تعلم الآلة

Machine Learning Methods

هناك نوعان رئيسيان من طرق التعلم الآلي :**بإشراف (Supervised)** و**بدون إشراف (Unsupervised)**.
الفرق الرئيسي بين المنهجين هو أن **التعلم بإشراف** يعتمد على وجود معرفة مسبقة بالمخرجات الصحيحة أو "الحقائق"، أي أن لدينا بيانات معروفة النتائج، بينما **التعلم بدون إشراف** يهدف إلى اكتشاف الأنماط والعلاقات المخفية في البيانات دون أي توجيه أو نتائج مسبقة.

There are two main types of machine learning methods: **supervised** and **unsupervised**.
The main difference between the two approaches is that **supervised learning** relies on prior knowledge of correct outputs or "truths," meaning that the training data includes known outcomes, whereas **unsupervised learning** seeks to uncover hidden patterns and relationships in data without any guidance or pre-labeled results.

عادةً ما يُستخدم التعلم بإشراف في مجالين أساسيين:
التصنيف (Classification) و**الانحدار**.**(Regression)**

Supervised learning is typically applied to two main domains: **classification** and **regression**.

أما **التعلم بدون إشراف** فيُستخدم عندما تكون البيانات غير معنونة، فيُطلب من النموذج اكتشاف البنية الطبيعية وتحديد الأنماط الكامنة ذاتيًا.

In contrast, **unsupervised learning** is used when data are unlabeled, requiring the model to identify the natural structure and underlying patterns autonomously.

🧩 أولاً: التعلم بإشراف (Supervised Learning)

First: Supervised Learning

في التعلم بإشراف، يتم إنشاء نموذج **رياضي أو دالي (Functional Model)** يربط بين **المتغيرات المستقلة (Independent Variables)** والنتيجة المستهدفة (Target Variable) ، بهدف التنبؤ بالتسمية الصحيحة لأي بيانات جديدة.

In supervised learning, a **functional or mathematical model** is created to establish a relationship between **independent variables** and the **target variable**, with the goal of predicting the correct label for new input data.

تحتوي خوارزمية التعلم بإشراف دائمًا على **متغير تابع (Dependent Variable)** يتم تحديده من خلال مجموعة من **المتنبئات أو المتغيرات المستقلة**.**(Predictors)**

تستخدم الخوارزمية هذه المتغيرات لبناء **دالة تنبؤية (Predictive Function)** قادرة على ربط المدخلات بالمخرجات.

A supervised learning algorithm always involves a **dependent variable**, determined by a set of **independent predictors**.
The algorithm uses these predictors to build a **predictive function** that maps inputs to outputs.

🎯 التصنيف (Classification)

Classification

التصنيف هو عملية تعلم بإشراف، تهدف إلى إيجاد علاقة بين **البيانات** و**العلامات (Labels)** استنادًا إلى مجموعة تدريب موسومة مسبقًا.
في هذا النوع من التعلم، يتم تحديد الفئات مسبقًا وتُعرف باسم **الأهداف (Targets)** أو **الفئات (Classes)** أو **التسميات (Labels)**.

Classification is a supervised learning process that aims to find a relationship between **data** and **labels**, based on a pre-labeled training set.
In this learning type, the categories are predefined and are known as **targets**, **classes**, or **labels**.

يهدف النموذج إلى تعلّم دالة f(x)f(x)f(x) تقريبية تسمح له بالتنبؤ بالفئة الصحيحة لعينة جديدة لم تُعرض عليه أثناء التدريب.

The model aims to learn an approximate function f(x)f(x)f(x) that enables it to predict the correct class for unseen data samples.

🔹 التصنيف الثنائي (Binary Classification)

Binary Classification

هو أبسط أنواع التصنيف، حيث تُخصص كل عينة لإحدى فئتين محددتين مسبقًا مثل **نعم/لا** أو **إيجابي/سلبي**.
مثال شائع: التنبؤ بما إذا كان العميل سيحصل على قرض بنكي أم لا.

It is the simplest type of classification, where each instance is assigned to one of two predefined categories such as **Yes/No** or **Positive/Negative**.
A common example is predicting whether a client will be approved for a bank loan or not.

- **التصنيف متعدد الفئات (Multi-Class Classification)**

Multi-Class Classification

في هذا النوع من التعلم، يمكن أن تنتمي كل عينة إلى **واحدة فقط** من بين **عدة فئات مختلفة**.
مثال: تصنيف الأخبار إلى فئات (سياسة، رياضة، اقتصاد)، أو تصنيف صور الحيوانات إلى (قطط، كلاب، طيور).

In this learning type, each instance can belong to **only one** among **several distinct categories**.
Example: classifying news articles into (Politics, Sports, Economy) or images of animals into (Cats, Dogs, Birds).

- **التصنيف متعدد العلامات (Multi-Label Classification)**

Multi-Label Classification

في هذا النوع، يمكن للعينة الواحدة أن تنتمي إلى أكثر من فئة في الوقت نفسه.
مثال: مقال اقتصادي يمكن أن يُصنف في كل من **المالية (Finance)** و**التجارة الدولية (International Trade)** في آن واحد.

In this type, a single sample can belong to multiple categories simultaneously.
Example: an economic article can be classified under both **Finance** and **International Trade** categories at the same time.

يُستخدم هذا النوع بكثرة في **تحليل النصوص، الإعلام الرقمي، والتسويق الإلكتروني**.

This approach is widely used in **text analysis, digital media, and online marketing**.

📈 **الانحدار (Regression)**

Regression

يُستخدم الانحدار للتنبؤ بقيم عددية **مستمرة (Continuous Values)** بدلًا من القيم التصنيفية المنفصلة.
الهدف هو إيجاد العلاقة بين **المتغيرات المستقلة** و**النتيجة العددية**.

Regression is used to predict **continuous numerical values** rather than discrete categorical outcomes.
The goal is to find the relationship between **independent variables** and the **numerical outcome**.

على سبيل المثال:

- التنبؤ بدرجات اختبار الطلاب اعتمادًا على عدد ساعات الدراسة الأسبوعية.
- التنبؤ بسعر سيارة بناءً على علامتها التجارية، وسنة الصنع، وعدد الكيلومترات المقطوعة.

Examples include:

- Predicting students' exam scores based on their weekly study hours.
- Estimating a car's price based on its brand, year, and mileage.

أو (GDP) يمكن أيضًا استخدام الانحدار في المجالات الاقتصادية، مثل التنبؤ بالناتج المحلي الإجمالي معدلات التضخم أو المبيعات المستقبلية.

Regression can also be used in economic applications such as predicting GDP, inflation rates, or future sales.

ثانيًا: التعلم بدون إشراف (Unsupervised Learning)

Second: Unsupervised Learning

يحدث التعلم **بدون إشراف** عندما لا تكون البيانات معنونة أو مصنفة مسبقًا.
في هذه الحالة، تتمثل المهمة في **فرز المعلومات غير المجمّعة** اعتمادًا على أوجه التشابه والاختلاف دون أي توجيه أو تدخل بشري.

Unsupervised learning occurs when data are not labeled or pre-classified.
In this case, the task is to **organize ungrouped information** based on similarities and differences without any external guidance or supervision.

بمعنى آخر، يُطلب من النموذج أن يكتشف بنفسه الأنماط والهياكل الخفية داخل البيانات غير المعنونة.
ولذلك سُمّي بـ "بدون إشراف"، لأنه لا توجد جهة تُخبر النموذج بما هو صواب أو خطأ.

In other words, the model is expected to autonomously discover hidden patterns and structures within unlabeled data.
Hence the term **"unsupervised"**, because there is no supervisor to indicate what is right or wrong.

تُستخدم خوارزميات هذا النوع لترتيب البيانات أو تجميعها في مجموعات ذات خصائص متشابهة، وغالبًا ما تكون مفيدة في **التحليل الاستكشافي (Exploratory Analysis)**.

Algorithms of this type are used to organize or cluster data into groups with similar properties and are particularly useful in **exploratory data analysis**.

- **التجميع (Clustering)**

Clustering

تجميع العينات التجميع هو عملية **(Data Samples) المجموعات** ضمن عدد محدد من **(Clusters)** بحيث تكون البيانات داخل كل مجموعة متشابهة قدر الإمكان، بينما تختلف المجموعات عن بعضها البعض اختلافًا واضحًا.

Clustering is the process of grouping **data samples** into a specified number of **clusters**, such that the data points within each cluster are as similar as possible, while the clusters themselves are clearly distinct from one another.

بعبارة أبسط، الهدف من التجميع هو جعل **المسافة بين العناصر داخل كل مجموعة صغيرة**، بينما تكون **المسافة بين المجموعات كبيرة**.

Simply put, the goal of clustering is to make **intra-cluster distances small** and **inter-cluster distances large**.

يساعد هذا النوع من التحليل في اكتشاف **العلاقات الخفية** داخل البيانات، مثل تقسيم العملاء إلى فئات استهلاكية أو تحديد أنماط سلوك معينة دون معرفة مسبقة بها.

This type of analysis helps uncover **hidden relationships** within data, such as segmenting customers into consumer categories or identifying behavioral patterns without prior knowledge.

مثال تطبيقي:

- في التسويق، يمكن استخدام خوارزميات التجميع لتقسيم العملاء حسب العمر والدخل والسلوك الشرائي.
- في علم الأحياء، يمكنها تجميع الجينات ذات الأنماط التعبيرية المتشابهة.

Applied examples include:

- In marketing, clustering algorithms can segment customers based on age, income, and purchasing behavior.
- In biology, they can group genes with similar expression patterns.

- **تقليل الأبعاد (Dimensionality Reduction)**

Dimensionality Reduction

تشير عملية تقليل الأبعاد إلى **اختزال عدد الخصائص (Features)** في مجموعة البيانات مع الحفاظ على أكبر قدر ممكن من المعلومات المهمة.

Dimensionality Reduction refers to the process of reducing the number of **features** in a dataset while retaining as much relevant information as possible.

تُستخدم هذه الطريقة لتحويل البيانات من **مساحة عالية الأبعاد** إلى **مساحة أصغر** دون فقدان السمات الرئيسية.
ومن أشهر الأساليب المستخدمة:
تحليل المكونات الرئيسية (PCA - Principal Component Analysis).

This technique transforms data from a **high-dimensional space** to a **lower-dimensional space** without losing essential characteristics.
One of the most common methods used is **Principal Component Analysis (PCA)**.

وتُحسّن أداء النماذج عبر إزالة **الخصائص الزائدة أو المتكررة** تكمن أهميتها في أنها تسهّل **تصور البيانات (Data Visualization)**.

Its importance lies in improving **data visualization** and enhancing model performance by removing redundant or irrelevant features.

⚖️ ثالثًا: المقارنة بين التعلم بإشراف وبدون إشراف

Third: Comparison Between Supervised and Unsupervised Learning

لتوضيح الفرق، افترض أننا نريد تعليم طفل لغة جديدة — مثل اللغة الإنجليزية.

To illustrate the difference, imagine we want to teach a child a new language — for example, English.

في **التعلم بإشراف**، سنعطيه قاموسًا يحتوي على الكلمات الإنجليزية وترجماتها بالعربية.
سيتعلم بسرعة بفضل الأمثلة المباشرة، لكنه سيواجه صعوبة في فهم النصوص الطويلة، لأنه تعلم الترجمات فقط دون بنية الجمل.

In **supervised learning**, we give the child a dictionary with English words and their Arabic translations.
The child learns quickly through direct examples but struggles to understand full texts since they only learned word translations without sentence structure.

أما في **التعلم بدون إشراف**، فسنمنحه مجموعة من الكتب الإنجليزية دون ترجمة، ليتعلم من السياق بمفرده.
سيكون التعلم أبطأ وأكثر تعقيدًا، لكنه سيكسب فهماً أعمق للغة وقواعدها.

In **unsupervised learning**, the child receives a collection of English books without translation and learns through contextual understanding.
This process is slower and more complex, but it develops a deeper understanding of the language and its grammar.

يوضح هذا المثال الفارق الأساسي بين المنهجين:

- **التعلم بإشراف:** أسرع، لكنه يعتمد على بيانات معنونة ولا يتعلم إلا ما يُعطى له صراحة.

- **التعلم بدون إشراف:** أبطأ وأكثر تعقيدًا، لكنه أوسع في الفهم وأكثر قدرة على اكتشاف الأنماط المخفية.

This analogy highlights the fundamental difference between the two methods:

- **Supervised Learning:** faster but dependent on labeled data, limited to what is explicitly provided.
- **Unsupervised Learning:** slower and more complex, yet broader in scope and capable of discovering hidden structures.

رابعًا: التعلم المعزز (Reinforcement Learning)

Fourth: Reinforcement Learning

يُعتبر **التعلم المعزز** فرعًا مميزًا من التعلم الآلي، مستمدًا من علم نفس التعلم عند الحيوانات، ويتمحور حول **تعلم السلوك الأمثل في بيئة معينة** من أجل الحصول على أقصى قدر من المكافأة.

Reinforcement Learning (RL) is a distinctive branch of machine learning inspired by the psychology of animal learning.
It revolves around **learning optimal behavior within an environment** to achieve the maximum possible reward.

يتعلّم الوكيل (Agent) من خلال **التفاعل مع البيئة (Environment)** وتجريب الأفعال المختلفة (Actions) لمعرفة تأثيرها على المكافأة (Reward).
يكافأ على الأفعال الصحيحة ويعاقب على الخاطئة، ويتحسن أداؤه تدريجيًا عبر **التجربة والخطأ (Trial and Error)**.

The agent learns by **interacting with the environment**, performing **actions**, and observing their effect on the **reward**.
Correct actions are rewarded while incorrect ones are penalized, leading the agent to improve performance through **trial and error**.

يهدف النظام إلى تطوير **سياسة (Policy)** تحدد السلوك الأمثل في كل حالة محتملة لتحقيق أعلى مجموع من المكافآت على المدى الطويل.

The system aims to develop a **policy** that defines the best possible action in every situation to maximize cumulative rewards over time.

من أشهر تطبيقات التعلم المعزز:

- تدريب الروبوتات على التنقل الذاتي.
- تعليم الأنظمة اللعب الاستراتيجي مثل الشطرنج و Go.
- التحكم الذكي في العمليات الصناعية أو المرور.

Common applications of RL include:

- Training robots for autonomous navigation.

- Teaching AI systems to play strategic games such as Chess and Go.
- Intelligent control in industrial or traffic management systems.

⚙️ خامسًا: اختيار النموذج وتقييمه (Model Selection & Evaluation)

Fifth: Model Selection and Evaluation

تُعد عملية اختيار النموذج من أهم مراحل بناء نظام تعلم آلي فعال.
المثلى لتحقيق أداء **(Hyperparameters)** قد يشمل ذلك اختيار **الخوارزمية الأنسب** أو **المعاملات الفائقة** أفضل.

Model selection is one of the most crucial stages in developing an effective machine learning system.
It involves choosing the most appropriate **algorithm** or **optimal hyperparameters** for improved performance.

المعاملات الفائقة هي تلك التي تُحدد قبل تدريب النموذج، مثل عدد الطبقات في الشبكات العصبية أو معدل التعلم (Learning Rate).
فهي ما يتم تعلمه أثناء التدريب، مثل الأوزان في الشبكة **(Model Parameters)** أما **معاملات النموذج** العصبية.

Hyperparameters are pre-set before training, such as the number of layers in a neural network or the learning rate.
Model parameters, on the other hand, are learned during training, such as the network's weights.

لتقييم أداء النموذج، نستخدم عادة تقسيم البيانات إلى ثلاث مجموعات:

1. **بيانات التدريب (Training Set)** لتعليم النموذج.
2. **بيانات التحقق (Validation Set)** لاختيار أفضل الإعدادات.
3. **بيانات الاختبار (Test Set)** لتقييم الأداء العام.

To evaluate model performance, the data are typically divided into three subsets:

1. **Training set** – for learning.
2. **Validation set** – for tuning parameters.
3. **Test set** – for estimating generalization ability.

إذا كان أداء النموذج على بيانات الاختبار مشابهًا لأدائه على بيانات التحقق، فهذا يشير إلى **قدرة جيدة على التعميم (Generalization)**.

If the model's performance on the test set is similar to its validation results, it indicates good **generalization capability**.

🧩 سادسًا: طرق التقييم (Validation Methods)

Sixth: Validation Methods

إحدى الطرق الشائعة لتقييم النماذج هي **التحقق المتقاطع (Cross-Validation)**، وخاصة **K-Fold**.

One of the most common evaluation techniques is **Cross-Validation**, particularly the **K-Fold** method.

يتم فيها تقسيم مجموعة البيانات إلى (k) أجزاء متساوية، ثم يُستخدم كل جزء مرة للاختبار بينما تُستخدم الأجزاء الأخرى للتدريب.
تُحسب النتيجة النهائية بأخذ متوسط نتائج جميع الدورات.

The dataset is divided into *k* equal parts, where each part is used once for testing while the remaining *k-1* parts are used for training.
The final result is obtained by averaging all test outcomes.

تساعد هذه الطريقة في **تقليل خطر الإفراط في التعلّم (Overfitting)** وتحقيق تقييم أكثر دقة لأداء النموذج.

This method helps **reduce overfitting risk** and provides a more accurate estimate of model performance.

📊 سابعًا: معايير التقييم (Evaluation Metrics)

Seventh: Evaluation Metrics

لتقييم نماذج التصنيف، نستخدم عادةً **مصفوفة الالتباس (Confusion Matrix)**، التي تُقسّم النتائج إلى أربع فئات:

For classification models, the **Confusion Matrix** is commonly used, dividing outcomes into four categories:

الترجمة بالإنجليزية	الشرح بالعربية	التسمية	الفئة
True Positive	النموذج توقع "نعم" والقيمة الفعلية كانت "نعم"	TP	موجب حقيقي
False Positive	النموذج توقع "نعم" بينما القيمة الفعلية "لا"	FP	موجب خاطئ
True Negative	النموذج توقع "لا" والقيمة الفعلية "لا"	TN	سالب حقيقي
False Negative	النموذج توقع "لا" بينما القيمة الفعلية "نعم"	FN	سالب خاطئ

📈 مؤشر الدقة (Accuracy)

Accuracy Metric

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

تمثل الدقة نسبة التنبؤات الصحيحة إلى إجمالي عدد العينات.
ويمكن أيضًا حساب **خطأ التنبؤ (Prediction Error)** كالتالي:

$$\text{Error} = 1 - \text{Accuracy}$$

Accuracy measures the proportion of correct predictions among all input samples.
The **Prediction Error** is calculated as the complement of accuracy.

تُعد الدقة معيارًا مهمًا لكنها لا تعطي دائمًا صورة كاملة عن أداء النموذج، خاصةً عند وجود **عدم توازن في الفئات (Class Imbalance)**.
لذلك يُستخدم معها مؤشرات أخرى مثل: **Precision**, **Recall**, **F1-Score**.

While accuracy is crucial, it may not fully represent model performance—especially under **class imbalance**.
Thus, complementary metrics such as **Precision**, **Recall**, and **F1-Score** are often used.