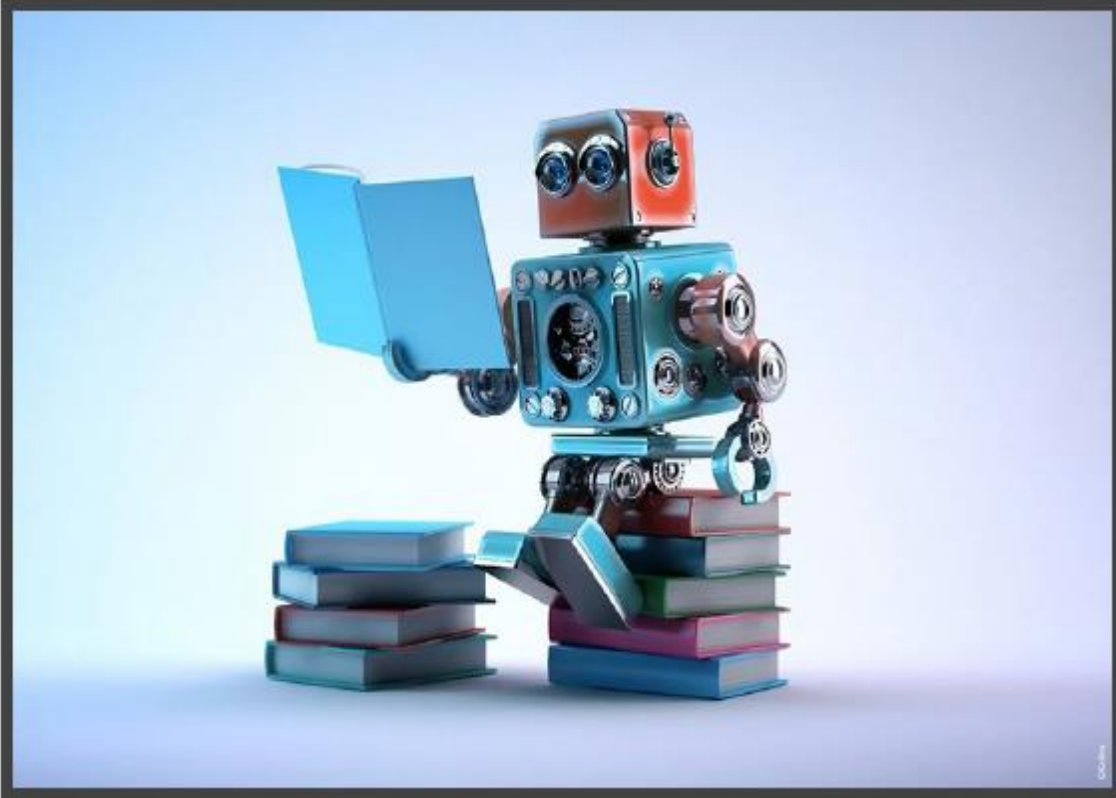


# مبادئ علوم البيانات وتطبيقات الأعمال

**Machine Learning**

التعلم الآلي

# Machine Learning تعليم الآلة



تعريفه:

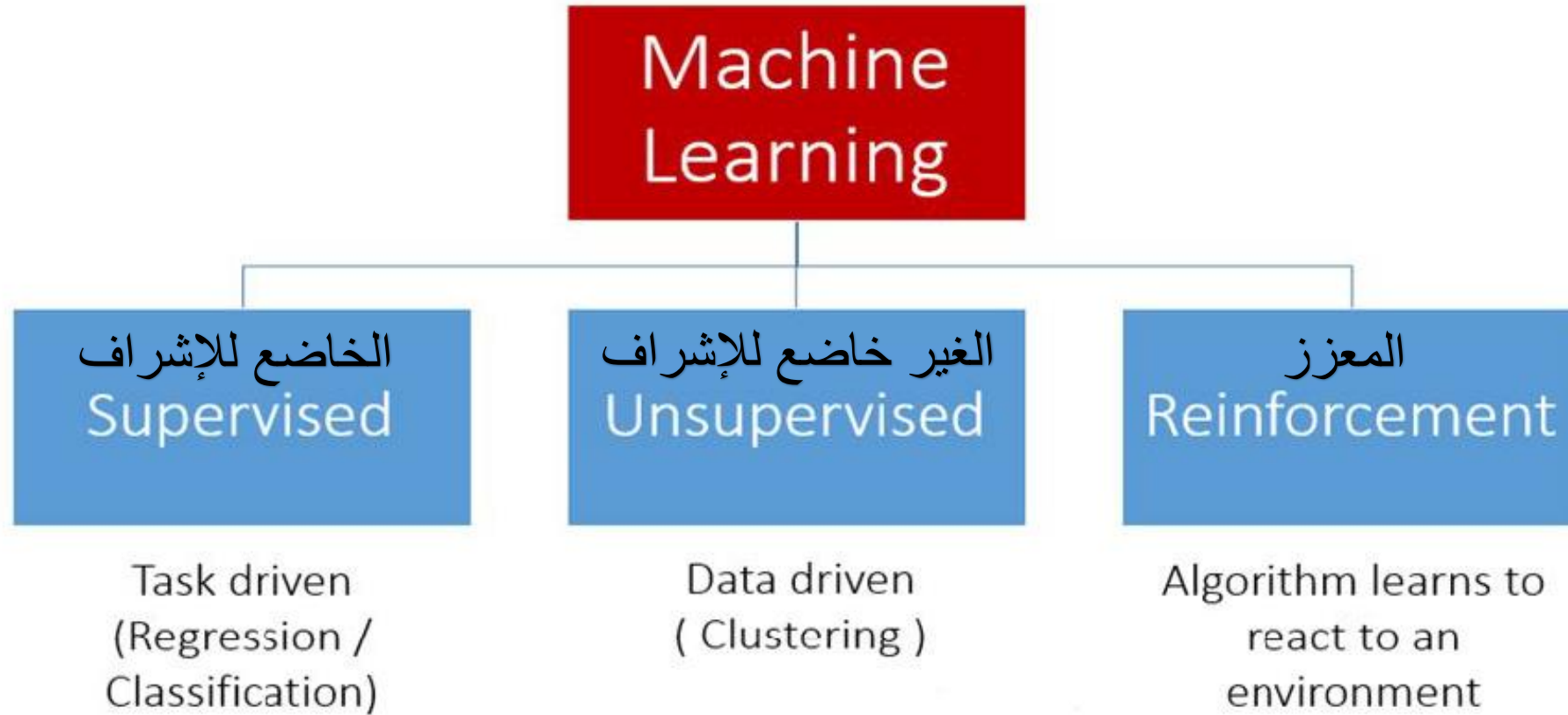
- هو جعل الآلة تتعلم بنفسها دون توجيه بشري أو كود برنامج محدد
- هو جعل الآلة تتعلم عبر مشاهدتها خبرة سابقة للإنسان , للمهمة المطلوبة , فتقوم بتطوير نفسها







## Types of Machine Learning



# التعلم الخاضع للإشراف ( Supervised Learning )

التعلم الخاضع للإشراف ( Supervised Learning ) هو نوع من أنواع التعلم الآلي حيث يتم تدريب النموذج على مجموعة من البيانات التي تحتوي على أزواج مدخلات - مخرجات . بمعنى آخر، يكون هناك مرشد ( supervisor) يقوم بتوفير إشراف على النموذج أثناء التدريب.

العملية الرئيسية للتعلم الخاضع للإشراف تشمل:

## ١. توفير البيانات التدريبية:

- يتم توفير مجموعة من البيانات التي تحتوي على أمثلة مدخلات والمخرجات المتوقعة (التسميات).

## ٢. تدريب النموذج:

- يقوم النموذج بتحليل البيانات التدريبية وضبط معلماته للتكيف مع العلاقات بين المدخلات والمخرجات.

## ٣. التقييم:

- يتم تقييم أداء النموذج باستخدام مجموعة من البيانات التي لم يتم تدريب النموذج عليها (مجموعة الاختبار) لضمان أداء جيد على بيانات جديدة.

# التعلم الخاضع للإشراف ( Supervised Learning )

## فوائد التعلم الخاضع للإشراف

- . التعلم الخاضع للإشراف مفيد لاستخلاص النتائج من الخبرة السابقة أو المعرفة السابقة.
- . يمكنه حل أنواع مختلفة من المشاكل الحسابية العملية.
- . النتيجة أدق من طريقة التعلم غير الخاضع للإشراف.
- . قبل تقديم البيانات للتدريب، أنت تعرف بالضبط عدد الفئات الموجودة.

## عيوب التعلم الخاضع للإشراف

- . يستغرق التدريب وقتًا طويلاً في الحساب.
- . إذا كانت مجموعة البيانات التجريبية مختلفة عن مجموعة بيانات التدريب، فإن خوارزمية التعلم الخاضع للإشراف ستواجه مشاكل عند توقع النتائج.
- . يعد وضع علامات على البيانات مضيعة للوقت ومكلفًا، وفي بعض الأحيان لا يمكن جمع مجموعة بيانات مصنفة بشكل كافٍ.
- . التعلم الخاضع للإشراف محدود للغاية بحيث لا يمكن تنفيذ بعض مهام التعلم الآلي المعقدة باستخدامه.

# التعلم الغير خاضع للإشراف ( Unsupervised Learning )

التعلم الغير خاضع للإشراف ( Unsupervised Learning ) هو نوع من أنواع التعلم الآلي حيث يتم تدريب النموذج على مجموعة من البيانات التي لا تحتوي على تسميات أو إشراف. بمعنى آخر، النموذج يتعلم من البيانات بدون وجود توجيه أو مرشد يقدم تسميات للمخرجات.

الأهداف الرئيسية للتعلم الغير خاضع للإشراف تشمل:

١. **تجميع البيانات:** يهدف النموذج إلى اكتشاف هياكل أو أنماط موجودة في البيانات بدون معرفة مسبقة للتسميات.
٢. **تقليل الأبعاد:** يمكن أن يتضمن التعلم غير الخاضع للإشراف تقنيات لتقليل الأبعاد للتحقيق في تمثيل مفيدة ومبسطة للبيانات.
٣. **تجميع المجموعات:** يمكن أن يقوم النموذج بتجميع البيانات في مجموعات مشابهة بناءً على الشبهات أو الأنماط المكتشفة.
٤. **اكتشاف التجميع:** القدرة على اكتشاف تجميعات طبيعية أو مجموعات في البيانات دون معرفة مسبقة.

أمثلة على تطبيقات التعلم الغير الخاضع للإشراف تشمل:

**تجميع الزبائن:** تقسيم الزبائن إلى مجموعات مشتركة بناءً على سلوكيات الشراء دون الحاجة إلى تسميات.



# التعلم الغير خاضع للإشراف ( Unsupervised Learning )

## فوائد التعلم الغير خاضع للإشراف

- . يتطلب وضع العلامات على البيانات الكثير من العمل والمال. التعلم غير الخاضع للإشراف يحل هذه المشكلة من خلال التعلم من البيانات غير المسماة (غير معلمة).
- . إنه مفيد جدًا في العثور على أنماط البيانات التي لا يمكن العثور عليها باستخدام الطرق التقليدية.
- . يتم تقليل حجم البيانات بسهولة باستخدام هذا النوع من التعلم.

## عيوب التعلم الغير خاضع للإشراف

- . قد تكون النتيجة أقل دقة من طريقة التعلم الإشرافي. لأننا لا نملك أي تسميات للبيانات ويجب أن يتعلم النموذج بالمعرفة المكتسبة من البيانات الأولية.
- . كلما زادت الميزات، زادت تعقيدها.
- . إنها عملية تستغرق وقتًا طويلاً. لأن مرحلة تعلم الخوارزمية قد تستغرق الكثير من الوقت لتحليل وحساب جميع الاحتمالات.

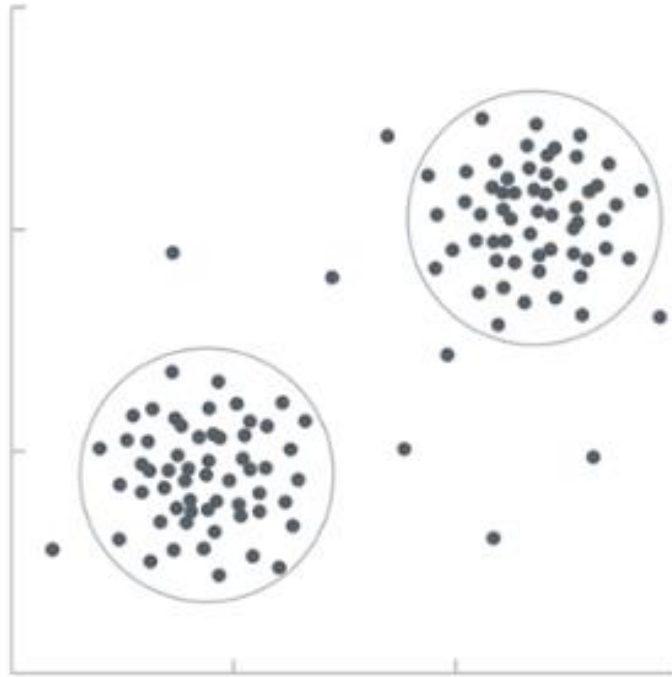
# الفرق بين Supervised Vs Unsupervised

- الفرق الحاسم بينهما أن التعليم بإشراف ، هناك بيانات لها output بقيم  $y$  أما بدون إشراف فهي ليس لها output وليس لها قيم  $y$
- فإذا كان في بيانات التدريب ألف طالب ،لدي معلومات عنهم (input X) ، ولدي معلومة هل تم قبولهم أم لا ( output y ) فهذا تعليم بإشراف
- وإذا كان لدي هناك ألف عميل لدي شركة سامسونج ، ولدينا بيانات عنهم (input X) لكن لا نعرف هل سيقومون بالشراء ام لا ، ونريد تقسيمهم لمجموعات ، فهذا تعليم دون إشراف
- فالفرق الأساسي في بيانات التدريب .هل لدي (output y) ام لا

# الفرق بين Supervised Vs Unsupervised

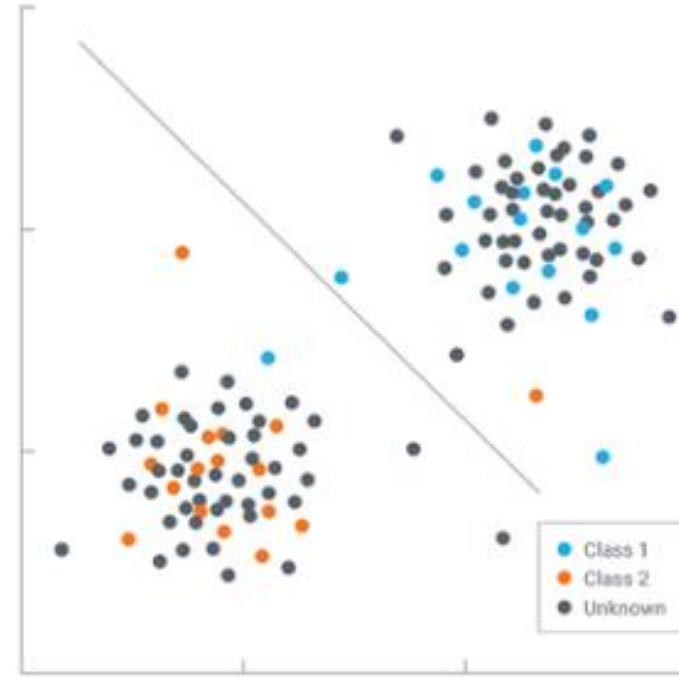
التعلم الغير خاضع للإشراف

UNSUPERVISED



التعلم الخاضع للإشراف

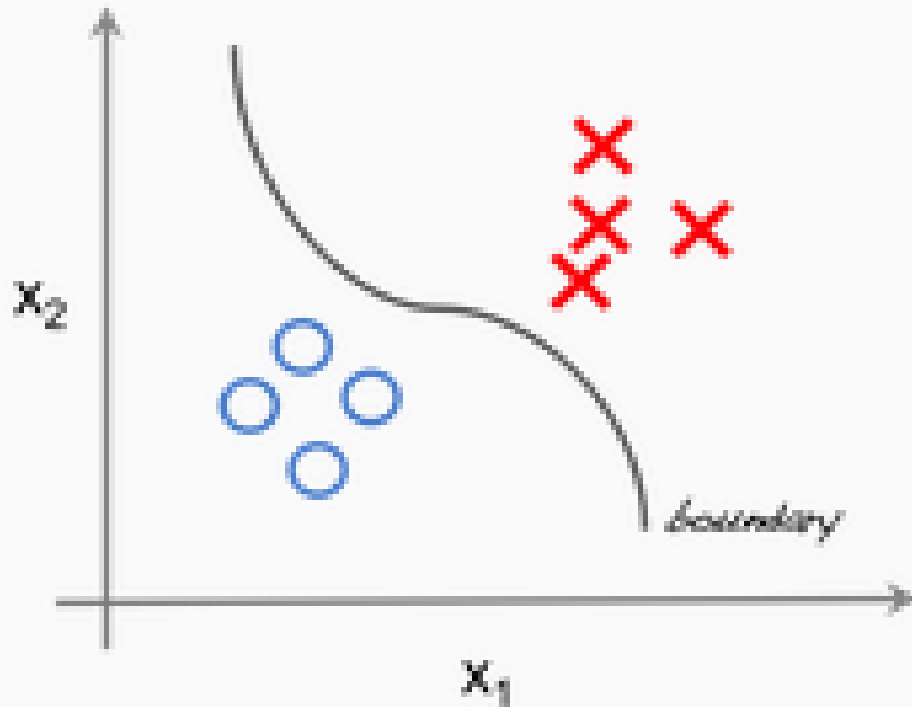
SUPERVISED



# الفرق بين Supervised Vs Unsupervised

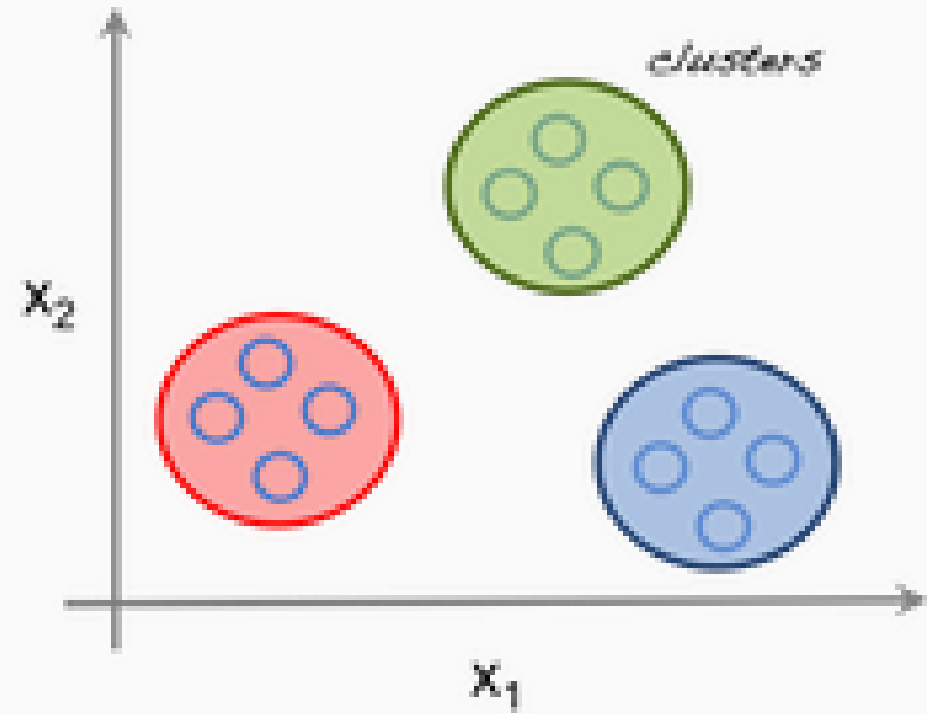
التعلم الخاضع للإشراف

Supervised learning



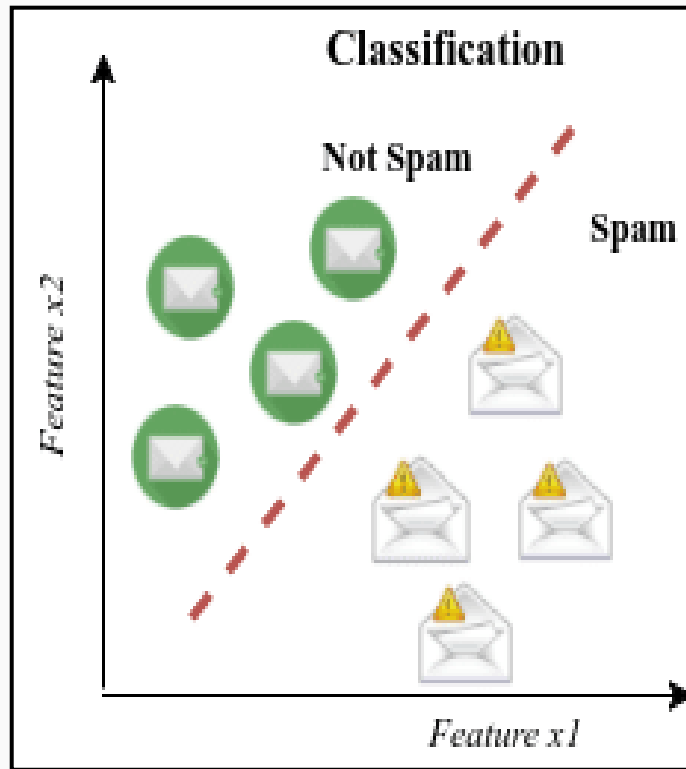
التعلم الغير خاضع للإشراف

Unsupervised learning

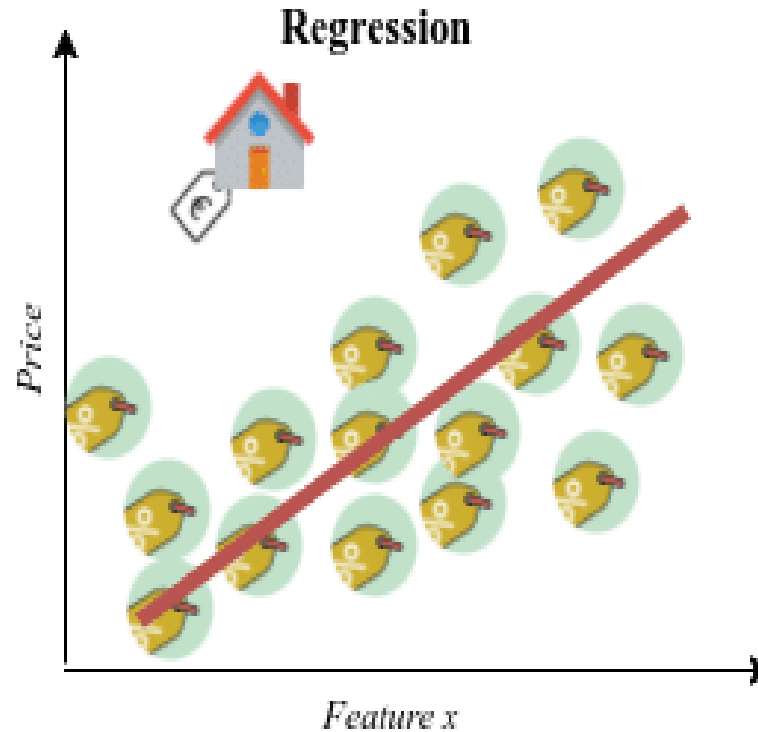


# الفرق بين Supervised Vs Unsupervised

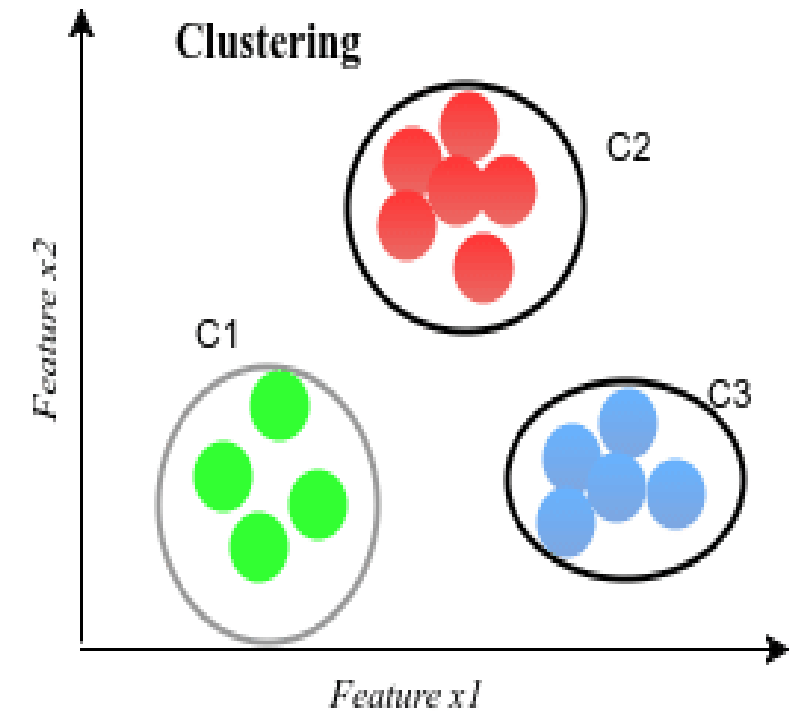
التصنيف



الانحدار



التجميع





# الفرق بين Supervised Vs Unsupervised

التعلم الخاضع للإشراف

Supervised  
ML algorithm

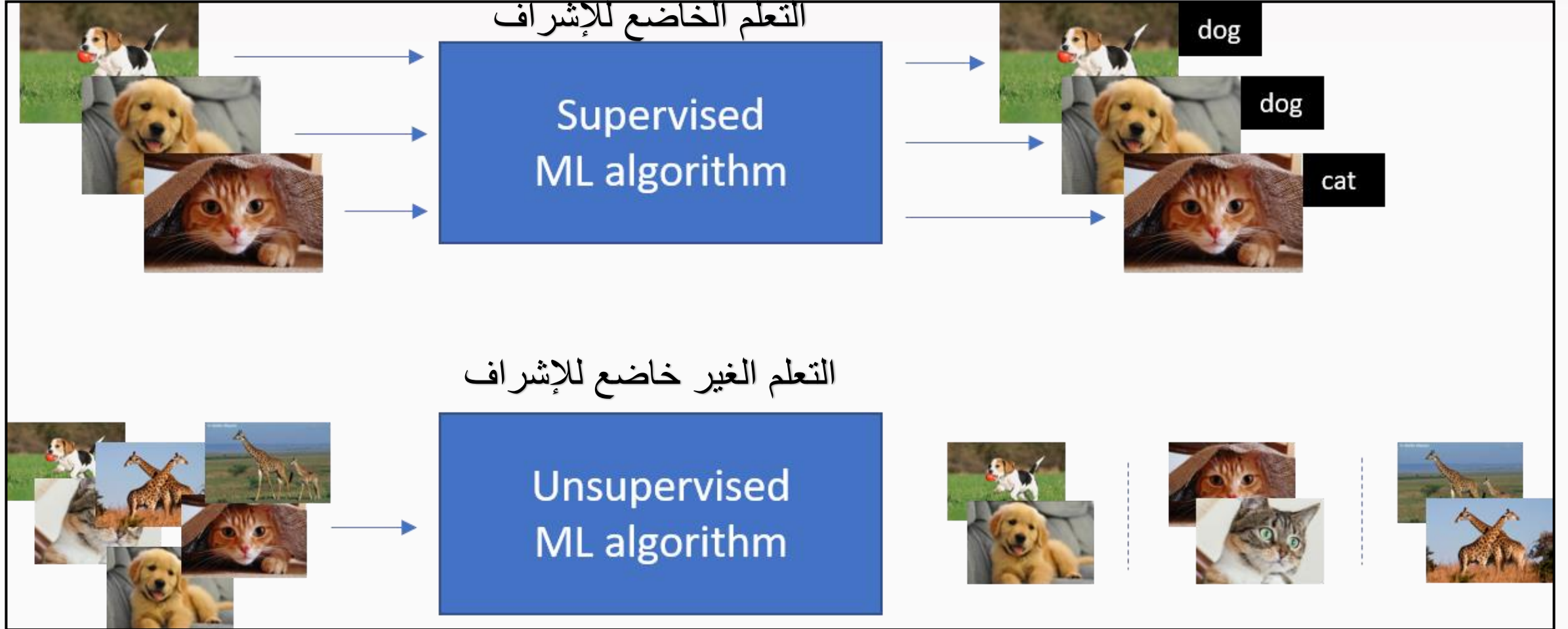
dog

dog

cat

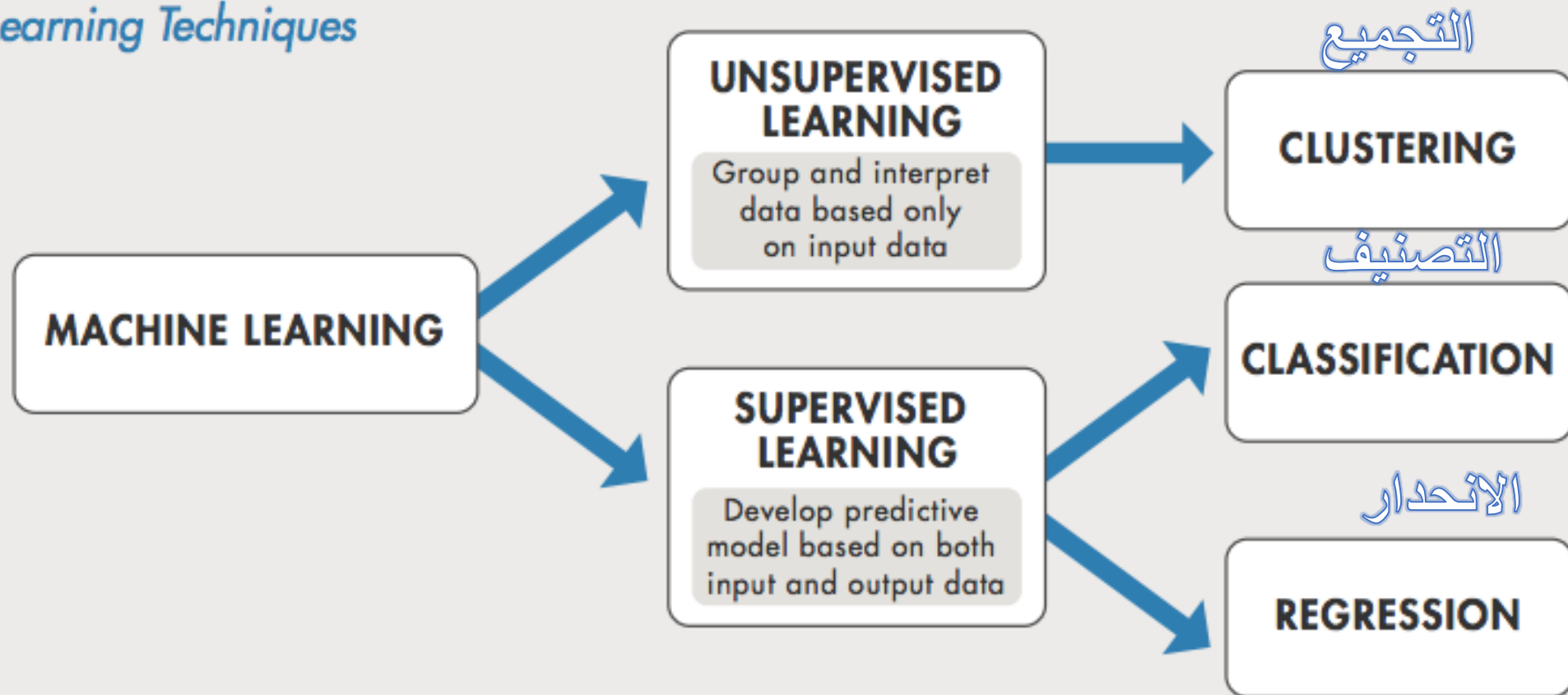
التعلم الغير خاضع للإشراف

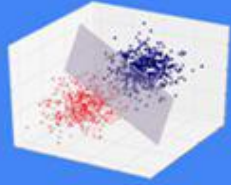
Unsupervised  
ML algorithm



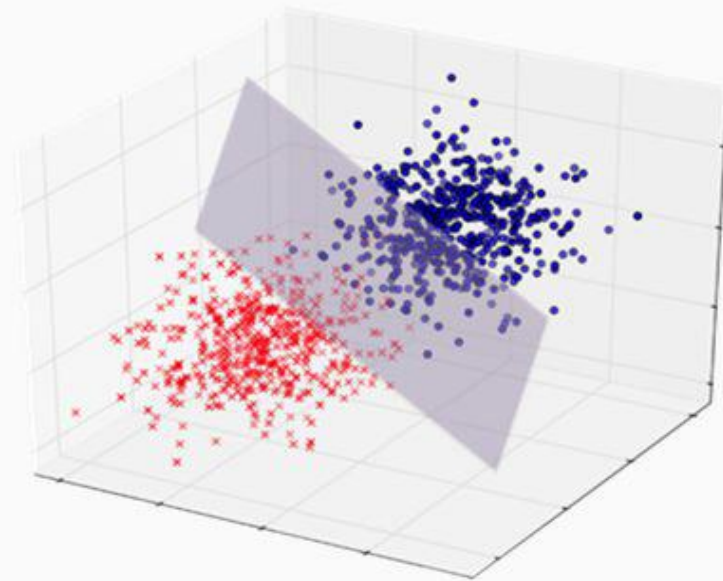
# أقسام ال ML

## Machine Learning Techniques

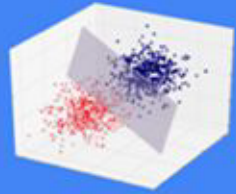




## ما معنى التصنيف Classification :



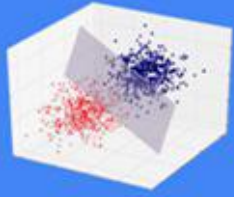
- عمل تقسيم لمجموعة من العناصر لعدد من الأقسام
- التقسيم أو التصنيف يكون بناء على الصفات المتشابهة
- يسمى Classification أو Logistic Regression
- نوع من أنواع الـ Supervised Learning
- أغلب النماذج تكون صنفين فقط



# مفهوم التصنيف

## أمثلة :

- ورم حميد وورم خبيث
- عملية تحويل أموال حقيقية و زائفة
- ايميل حقيقى و سبام
- طالب مقبول للكلية او غير مقبول
- فاكهة سليمة او معطوبة
- منتج مقبول ام تالف



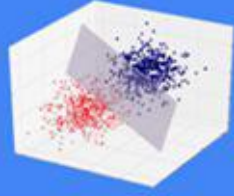
# مفهوم التصنيف

الفارق الاساسى بين التنبؤ و التصنيف :

## التنبؤ Regression

- فى التنبؤ يكون لدينا معلومات مدخلات عن شئ محدد (مساحة البيت او عدد غرفة او عنوانه) , ويكون لدينا مخرج محدد (سعره)
- نقوم باعطاء الخوارزم المدخلات و المخرجات , ويقوم هو بعمل معادلة مناسبة best fit curve والذي من خلاله يمكن التنبؤ بالمخرج (سعر البيت) عبر اعطاء الخوارزم المدخلات (مساحته و عدد غرفه و عنوانه)



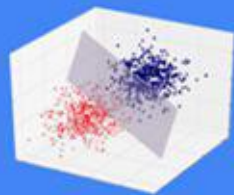


# مفهوم التصنيف

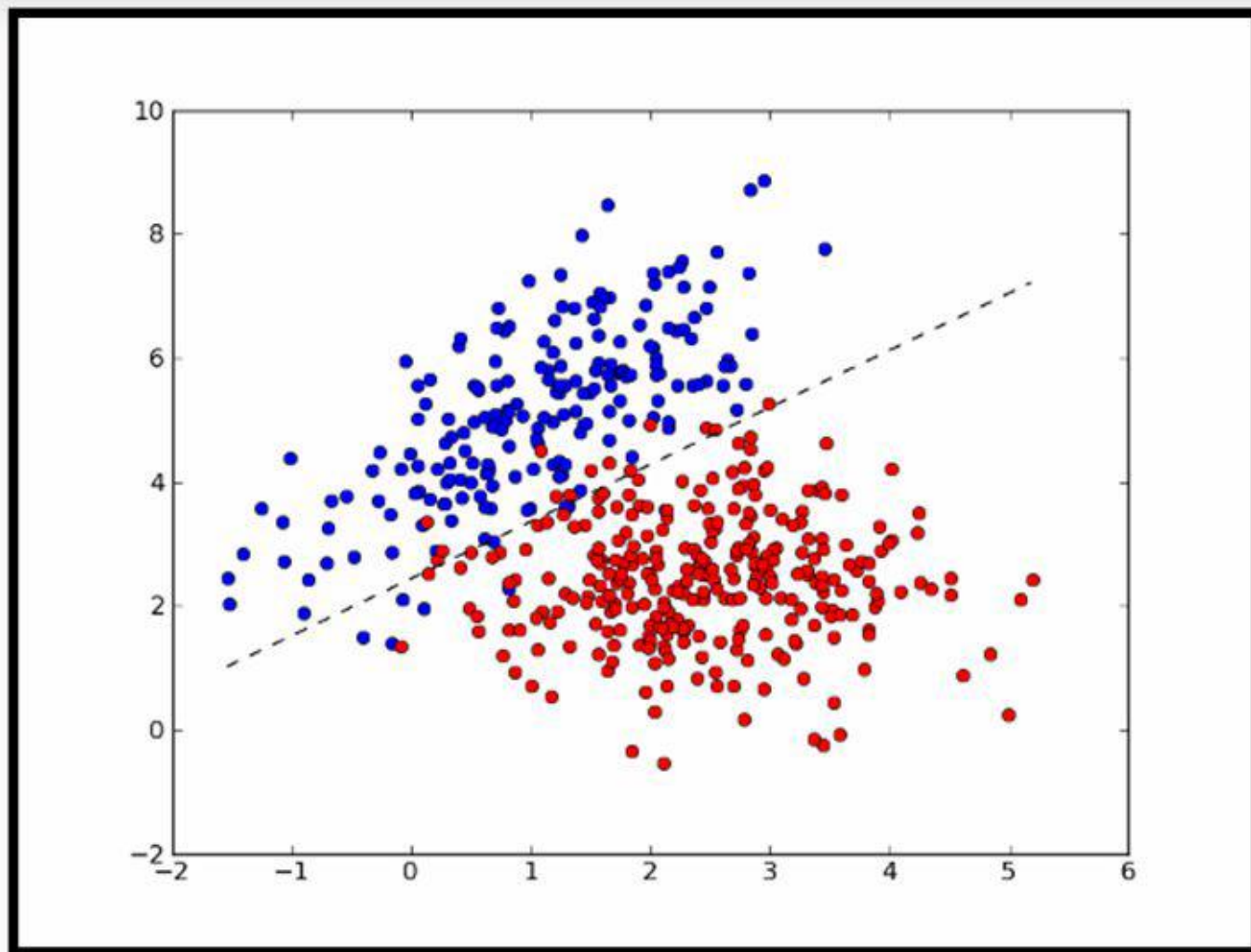
الفارق الاساسى بين التنبؤ و التصنيف :

## التصنيف Classification

- يكون لدينا مدخلات عن عناصر معينة (سن الطالب و درجته العامة و كفاءته فى اللغة ) و يكون لدينا مخرج (هل سيتم قبوله فى الكلية ام لا)
- نقوم باعطاء الخوارزم المدخلات و المخرجات (المقبول يكون 1 و المرفوض 0), ويقوم هو بعمل تقسيم الطلاب المقبولين فى جزء و المرفوضين فى جزء , بحيث حينما نعطيه مدخلات طالب جديد , يتنبؤ الخوارزم هل سيكون مقبول ام لا



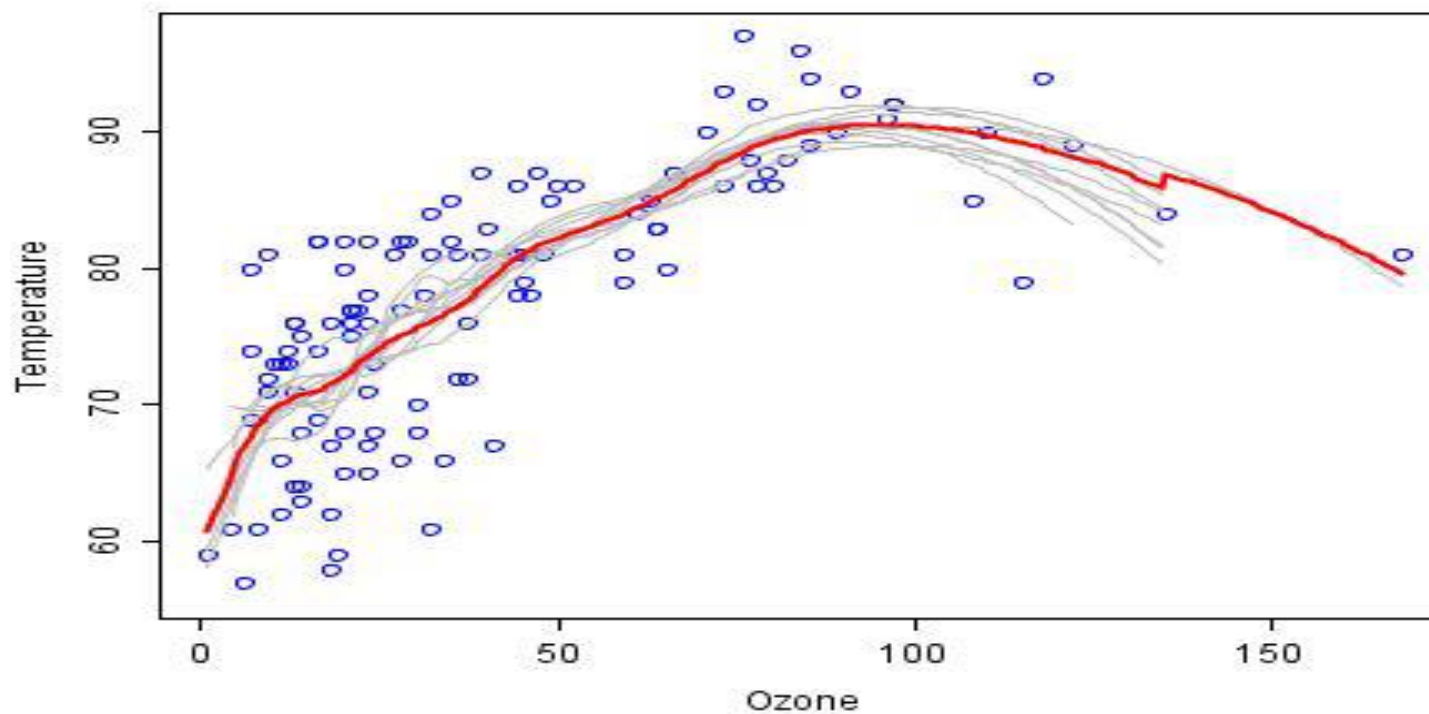
# مفهوم التصنيف



# التوقع Regression

فكرته :

- لدي بيانات مرتبطة ببعضها , وأريد التعرف علي قيم بيانات جديدة



# التوقع Regression

تطبيقات التوقع :

- اسعار البيوت
- أسعار الاسهم في البورصة
- حالة الطقس
- المبلغ الذي سيشترى به العميل



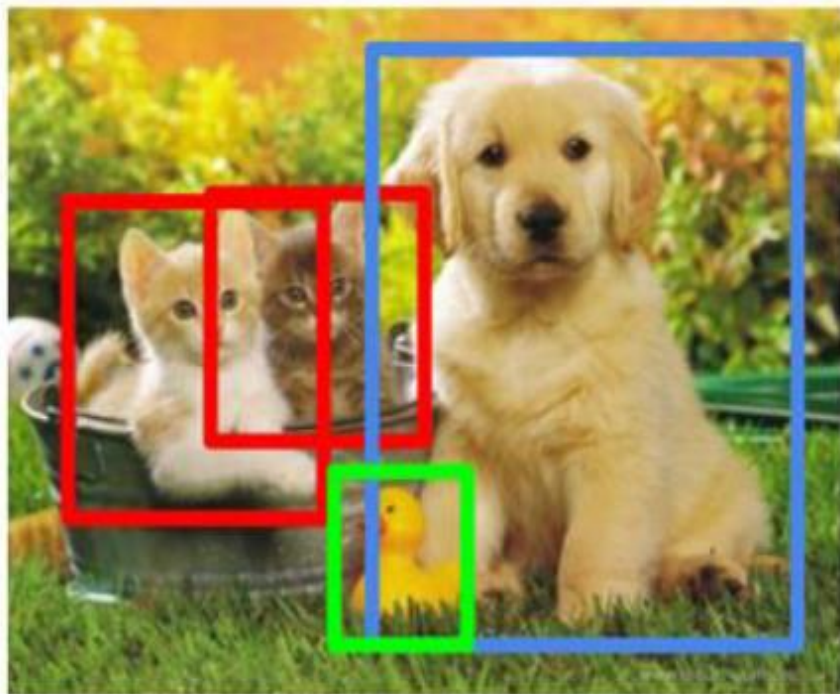
# معني تدريب الآلة

## المفهوم :

- هي الآلية التي نقوم بها لتعريف الآلة (الخوارزم) , وتدريبها علي مهمة معينة , مثل تحديد هذه الصورة هل هي صورة سيارة ام لا

- يتم عبر إعطاء الآلة عدد كبير من صور الشئ المطلوب (صور سيارات) , وصور ليس فيها الشئ المطلوب (صور ليس بها سيارات) , ويتمكن الخوارزم بعد تحليلها رياضيا , من التمييز بين صور السيارات و الصور الأخرى

- تستخدم الشبكات العصبية NN في هذا التطبيق , لمقدرتها علي التعامل مع الأرقام الكبيرة



CAT, DOG, DUCK

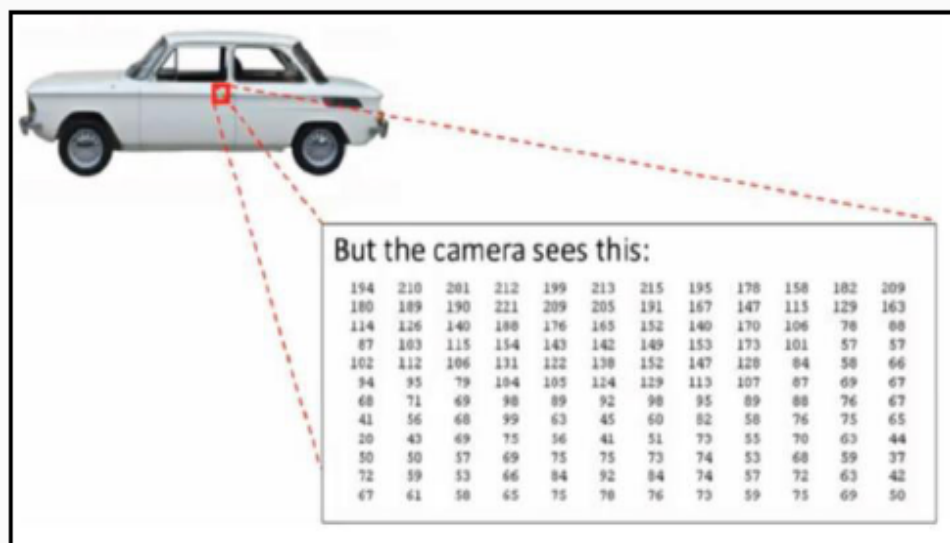




# معني تدريب الآلة

## الطريقة :

- فمثلا اذا اراد خوارزم فحص صورة لمعرفة هل هي سيارة أم لا , فسيقوم بايثون بتحويل كل بيكسيل منها لعدد من الارقام مثل هذه
- ثم يقوم بمقارنة الارقام بعضها البعض , وهذا يعني مصفوفة بها مئات الالاف من الصفوف و الاعمدة





# معنى تدريب الآلة

## آلية تدريب الآلة :

- يقوم المبرمج بإعطاء مئات الصور لسيارات بانواع و اشكال و الوان مختلفة للخوارزم , , وتحديد رقم 1 في الـ  $y$  ليعرف الخوارزم ان هذه سيارة
- ثم يقوم بإعطاء مئات من صور أخرى ليست سيارات , وتحديد رقم 0 للـ  $y$  ليعرف الخوارزم ان هذه ليست سيارة
- يقوم الخوارزم , بتحويل كل صور السيارات لمصفوفات بأحجام كبيرة , , وتحديد الثيتات الملائمة لضبط هذه الارقام والتي كلها صور سيارات ( $y = 1$ )
- يقوم أيضا بتحويل الصور الأخرى (ليست سيارات) لمصفوفات , وإيجاد الثيتات الملائمة لها ( $y=0$ )
- الان قمنا بعمل تدريب الآلة (او الخوارزم) , وصار لديه القدرة علي تحديد اي صورة هي سيارة او ليست سيارة
- كل ما سبق يتم بما يسمى عينة التدريب Training Sample



# معني تدريب الآلة

## آلية تدريب الآلة :

- يقوم المبرمج بعمل اختبار للخوارزم , ليري مدي دقته, وتسمى هذه الصور بعينة الاختبار Test Sample
- فيقوم المبرمج لإعطاء صور خليط من سيارات و غير سيارات , , ويقوم الخوارزم بتحويل كل صورة الي مصفوفة كبيرة من الارقام , وعبر استخدام الثيتات التي تم ايجادها من عينة التدريب يحدد هل هي سيارة ام لا ,
- إذا كانت كفاءة الخوارزم في عينة الاختبار (نسبة الصور التي قام بتحديدوها بشكل سليم) قليلة , فمعني هذا أن العينة المستخدمة للتدريب كانت قليلة , أو أن الخوارزم المستخدم غير مناسب
- إذا كانت كفاءة الخوارزم في عينة الاختبار مناسبة , يتم استخدام الخوارزم في الحياة العملية
- هناك عشرات التطبيقات لهذا الأمر , اشهرها قدرة الفيسبوك علي تحديد اصحاب اي صورة يتم رفعها من اصدقائك , و اشارات المرور , والتعرف علي الوجه و السيارات ذاتية القيادة , غيرها

## أدوات التعلم الآلي الأكثر شيوعًا

في هذا القسم، نلقي نظرة على بعض أدوات التعلم الآلي الأكثر شيوعًا المستخدمة اليوم.

### SciKit-Learn

**Scikit-learn** هي واحدة من أقدم بيئات التعلم الآلي التي طورها **David Cornapo** كمشروع **Google Code** الصيفي في عام ٢٠٠٧. متاح كمكتبة بايثون، وهو يدعم



خوارزميات التعلم الخاضعة للإشراف وغير الخاضعة للإشراف. **Scikit-Learn** هي أفضل بيئة عمل لمطوري بايثون لتعلم أساسيات التعلم الآلي. تسهل مجموعة الأدوات هذه تنفيذ الخوارزميات الشائعة مثل

الانحدار الخطي، والانحدار اللوجستي، وأقرب جار، وآلة متجه الدعم، والغابة العشوائية، وشجرة القرار. بصرف النظر عن التعلم الخاضع للإشراف، يمكن استخدام **Scikit-Learn** للتعلم غير الخاضع للإشراف ويدعم الخوارزميات مثل التجميع وتحليل المكونات الرئيسية والمزيد. نظرًا لأن **Scikit-Learn** يتعامل فقط مع تقنيات التعلم الآلي التقليدية التي لا تستخدم التعلم العميق للتدريب، فإنه لا يتطلب وحدة معالجة الرسومات. يمكن لمطوري بايثون البدء بسرعة مع **Scikit-Learn** عن طريق تثبيت الحزمة. حتى المطورين الذين يستخدمون **TensorFlow** أو **Keras** أو **PyTorch** للتدريب يفضلون **Scikit-Learn** للدوال الإضافية مثل المعالجة المسبقة للبيانات والتشفير والتحقق المتبادل وتعديل المعاملات الفائقة.

### المميزات

- يوفر نماذج وخوارزميات للتصنيف، والانحدار، والتجميع، وتقليل الأبعاد، واختيار النموذج، والمعالجة المسبقة.
- يساعد في التنقيب في البيانات وتحليل البيانات.

## الخوارزمية

خوارزمية التعلم الآلي هي إجراء يتم تنفيذه على البيانات لإنشاء "نموذج" للتعلم الآلي. بمعنى آخر، تؤدي خوارزمية التعلم الآلي "التعرف على الأنماط" و "التعلم" من البيانات. لتبسيط الموضوع، يمكن إظهار العلاقة بينهما على النحو التالي:

نموذج التعلم الآلي → خوارزمية التعلم الآلي

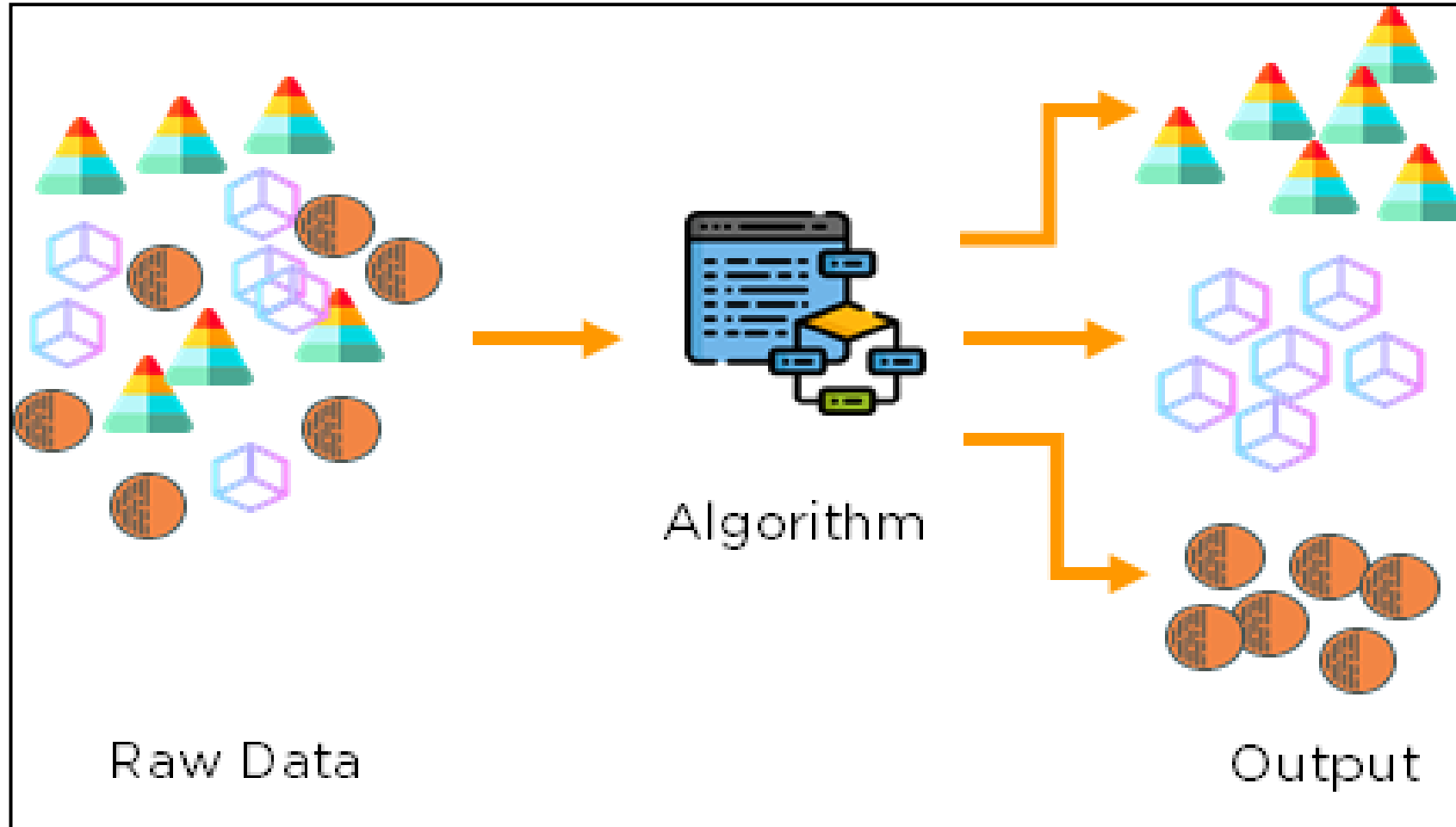
هناك أنواع مختلفة من الخوارزميات بوظائف وأغراض مختلفة. الوظائف الثلاثة الرئيسية هي:

- الانحدار: للتنبؤات حيث يكون الناتج قيمة مستمرة.
- التصنيف: يستخدم للتنبؤات التي يكون ناتجها قيمة مصنفة.
- التجميع: لتجميع الأشياء المتشابهة أو نقاط البيانات في مجموعات.

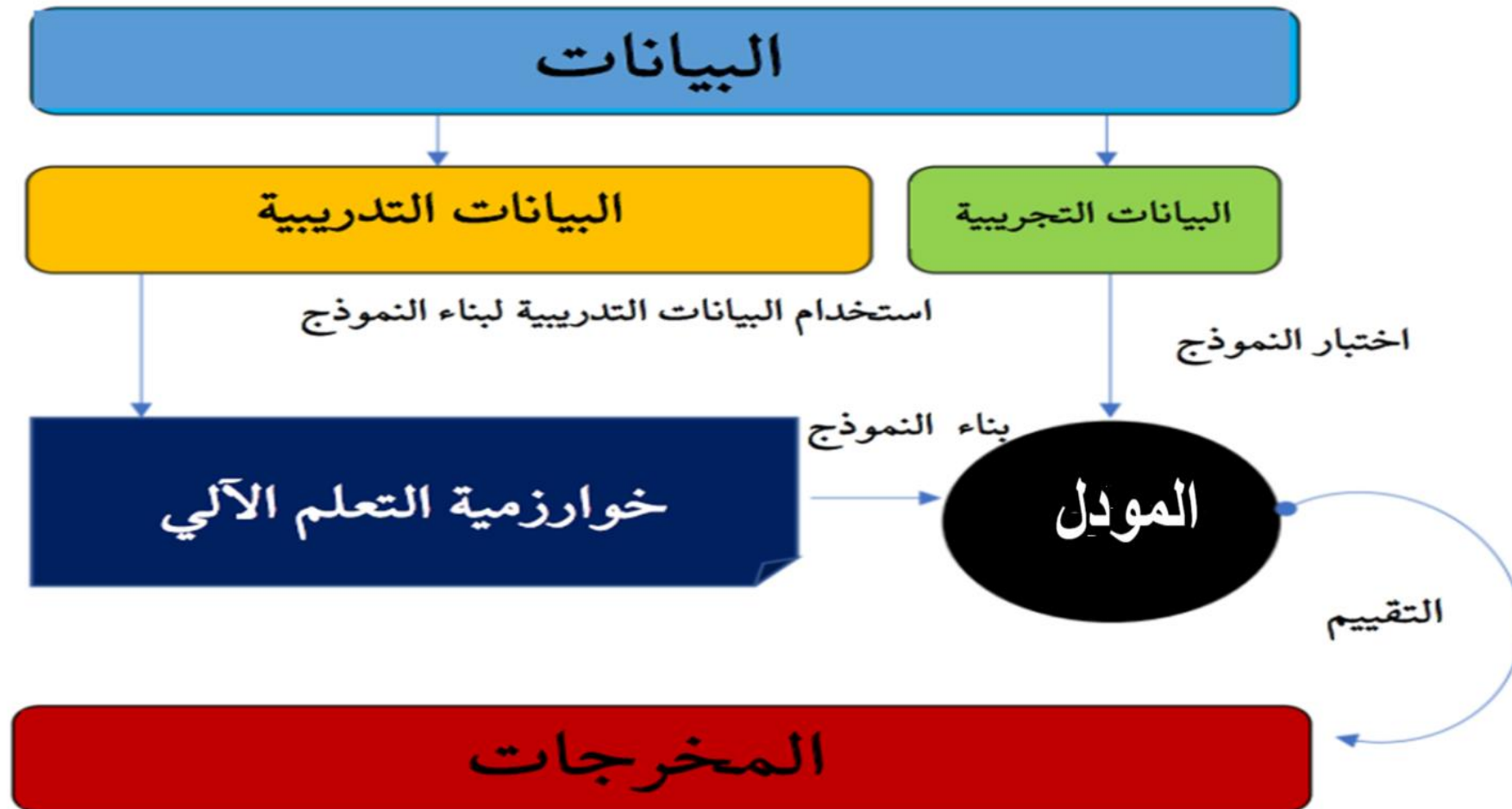
عندما تقوم بتدريب "خوارزمية" بالبيانات، فإنها تصبح "نموذجًا".



# خوارزمية التعلم الآلي



# الإطار العام لخوارزميات التعلم الآلي



# Machine Learning Techniques خوارزميات التعلم الآلي

هناك العديد من خوارزميات التعلم الآلي المستخدمة لحل مجموعة واسعة من المشاكل، وتنقسم هذه الخوارزميات إلى عدة فئات. إليك نظرة عامة على بعض هذه الفئات وبعض الخوارزميات الشهيرة في كل فئة:

## ١. تصنيف البيانات: (Classification)

• خوارزميات:

١. شجرة القرار (Decision Tree)
٢. الغابة العشوائية (Random Forest)
٣. الجار الأقرب (K-Nearest Neighbors)
٤. آلة الدعم الفعّال (Support Vector Machines)
٥. طريقة الانحدار اللوجستي (Logistic Regression)
٦. شبكات العصب الاصطناعي (Neural Networks)

## ٢. تنبؤ القيم: (Regression)

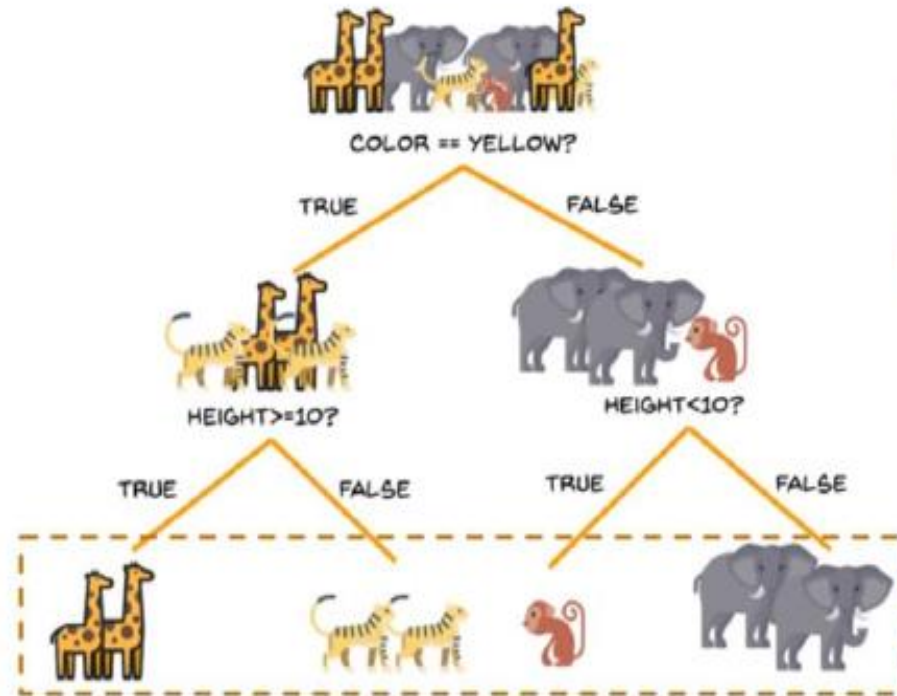
• خوارزميات:

١. شجرة القرار (Decision Tree)
٢. انحدار العدد الطبيعي (Linear Regression)
٣. الأشجار العشوائية (Random Forest)
٤. دعم الانحدار الفعّال (Support Vector Regression)

# شجرة القرارات Decision Tree (1)

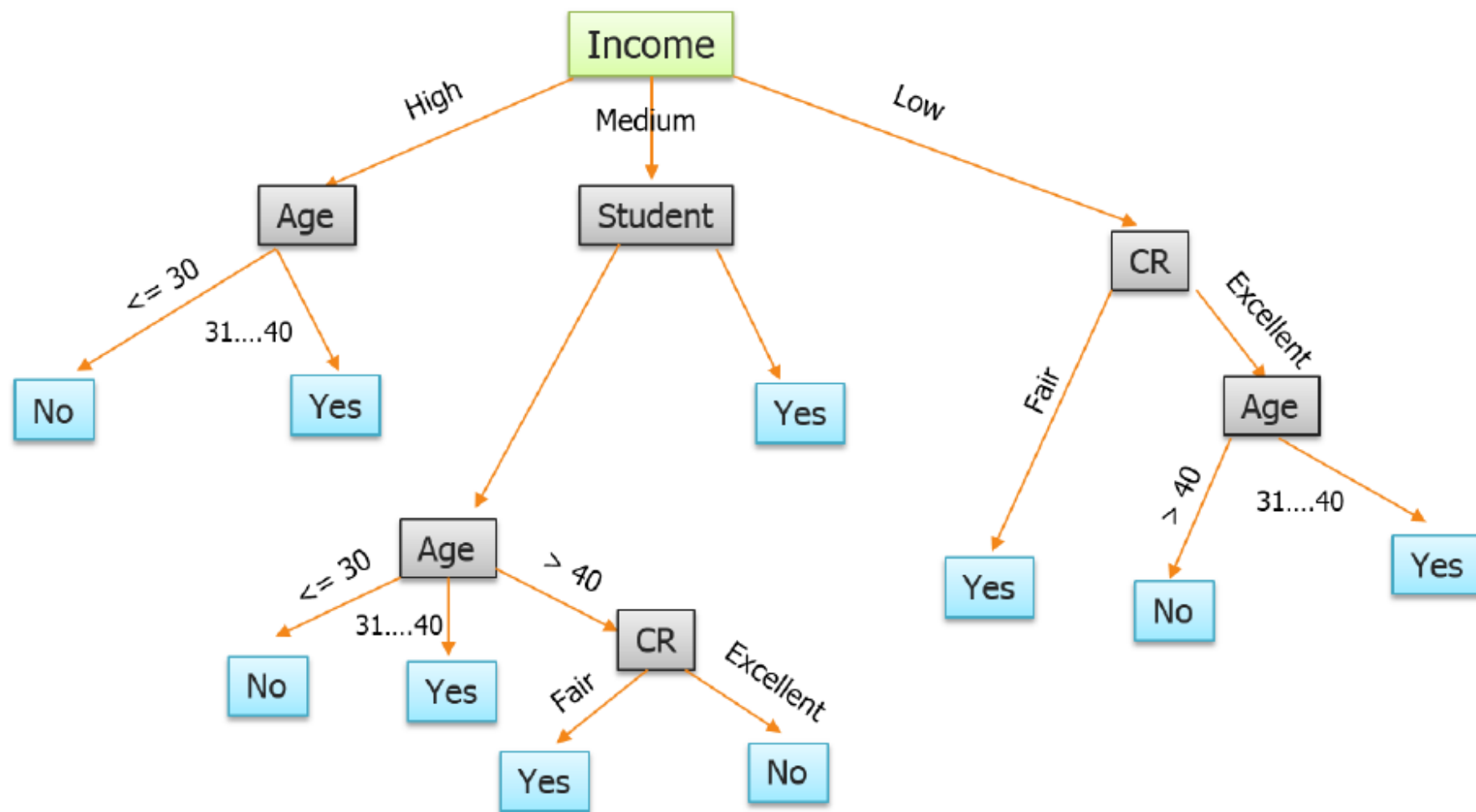
و هو نظام توقع او تقسيم لمجموعة من النقاط , عبر شجرة من الاختيارات المتتالية . و كل اختيار يسمى ورقة شجر leaf

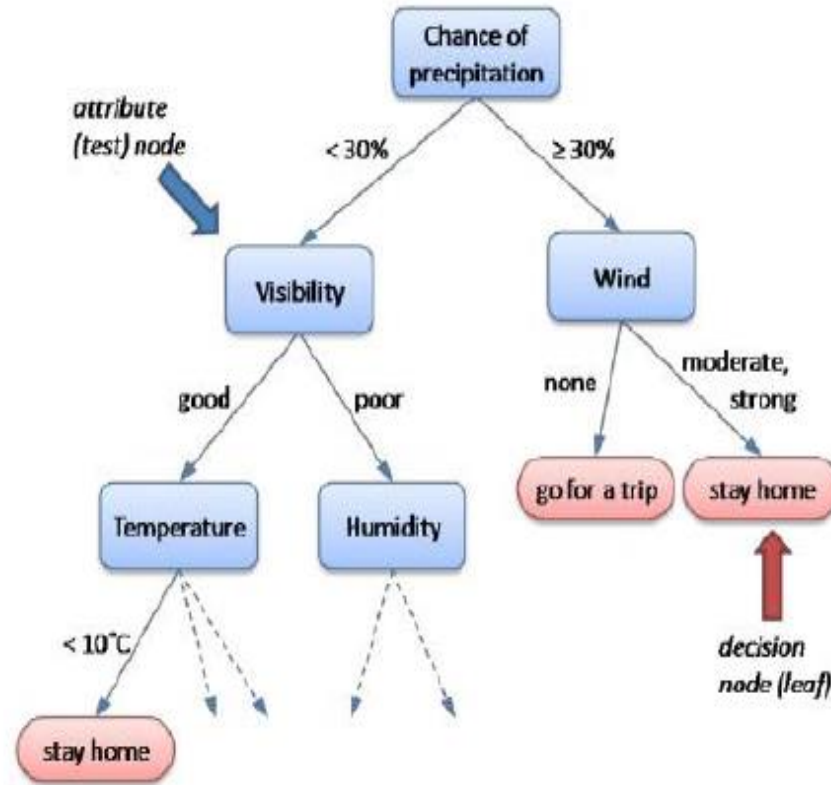
## How does a Decision Tree work?



THIS TREE CAN NOW  
PREDICT ALL THE  
CLASSES OF ANIMALS  
PRESENT IN THE DATASET  
WITH 100% ACCURACY

مثال :





و تستخدم شجرة القرارات في كلا من :

DecisionTreeRegressor  
DecisionTreeClassifier

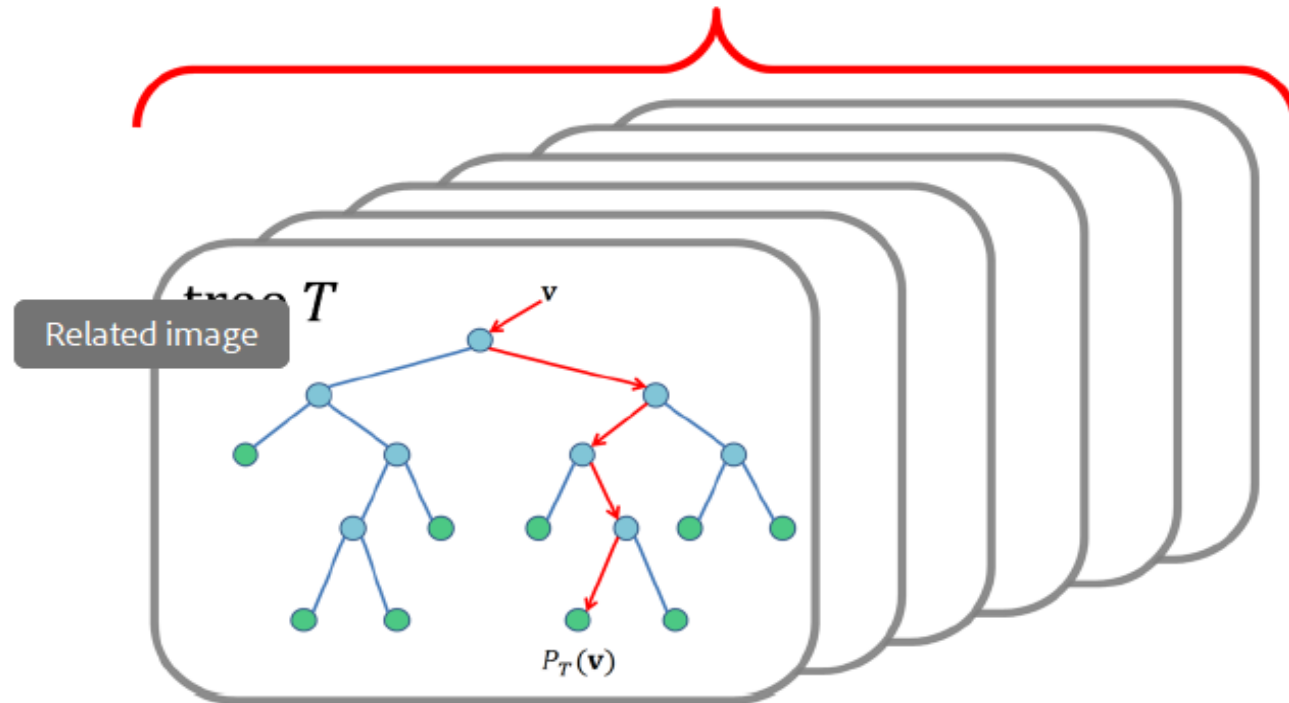
- التوقع
- التصنيف



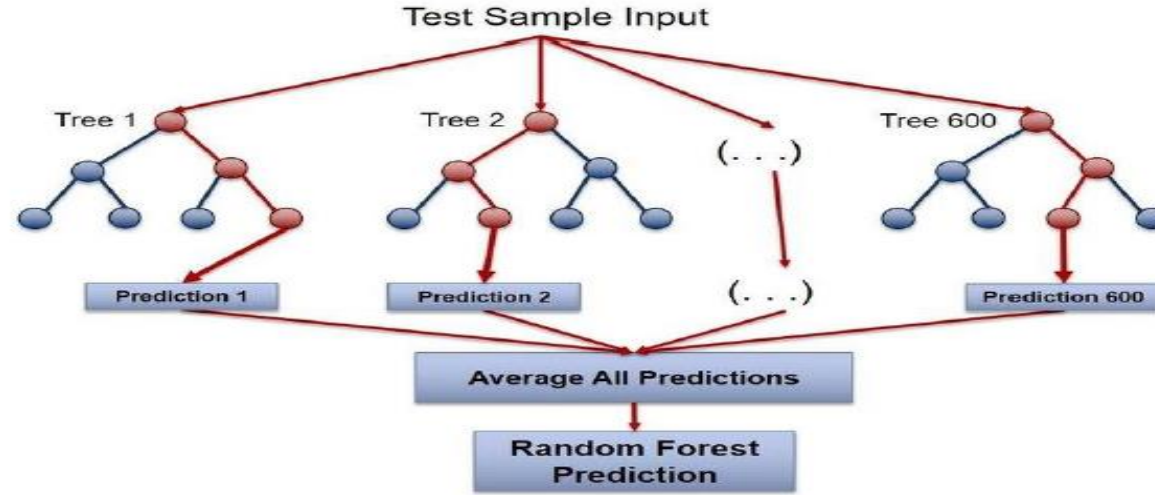
## الغابة العشوائية Random Forest (2)

و هي تابعة لفكرة شجرة القرارات , حيث نقوم أولاً بتحديد جزء عشوائي من البيانات لدينا (و ليكن 10 % منها) , وبناء شجرة قرارات خاصة بها , ثم اخذ جزء آخر عشوائي (10% أخرى) و بناء شجرة أخرى , وهكذا في باقي الشجر لباقي البيانات .

### Decision Forest



و حينما تأتي لدينا معلومة نريد عمل توقع لها , نقوم بتطبيقها علي كل الشجر , والحصول علي متوسط ناتج جميع الشجر (ممكن الوسيط median او المنوال mode او غيرها )



تستخدم الغابة العشوائية لكلا من :

○ التوقع `RandomForestRegressor`  
○ التصنيف `RandomForestClassifier`

و من أهم الأرقام التي يتم تحديدها هو : `n_estimators` أي عدد الأشجار المستخدمة في الحساب

كذلك `max_depth` و الذي يحدد مدي عمق كل شجرة في تناول البيانات من اشجار اخري

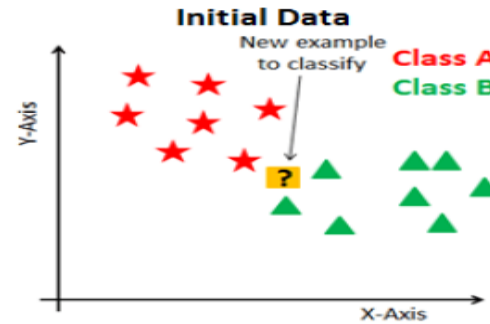
### KNN خوارزم الجيران الأقرب (3)

وهو خوارزم من نوع التصنيف , فإذا كان لدينا عدد من النقاط المختلفة (مشتري او غير مشتري ) و لدينا نقطة جديدة نريد تصنيفها , فيقوم بفحص اقرب 5 نقاط له , وتحديد هل تنتمي للفئة الأولى ام الثانية , وعلي اساسها يتم اتخاذ القرار . .

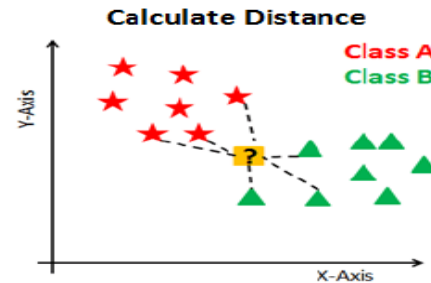
و قد يختلف عدد النقاط عن 5 , ويفضل ان يكون رقم فردي , لتحديد الصنف الاقرب بسهولة

و يتم حساب الاقرب بناء علي المعادلة الاقليديان او غيرها

هنا توجد النقطة الجديدة

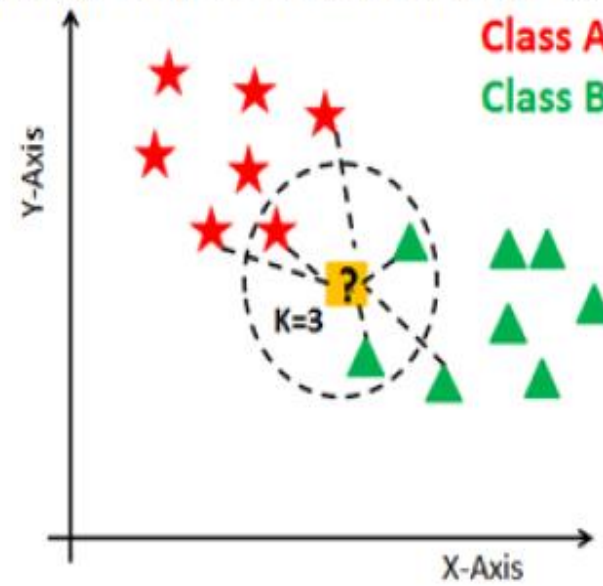


يتم تحديد اقرب نقاط لها



يتم تحديد القسم التابع لها

### Finding Neighbors & Voting for Labels

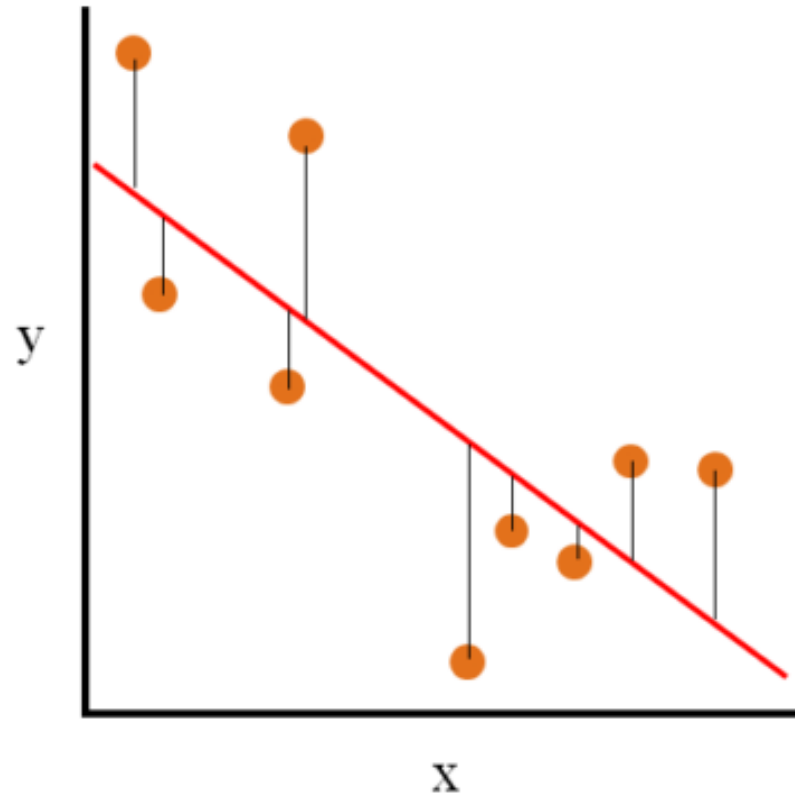


## 4- الانحدار الخطي Linear Regression

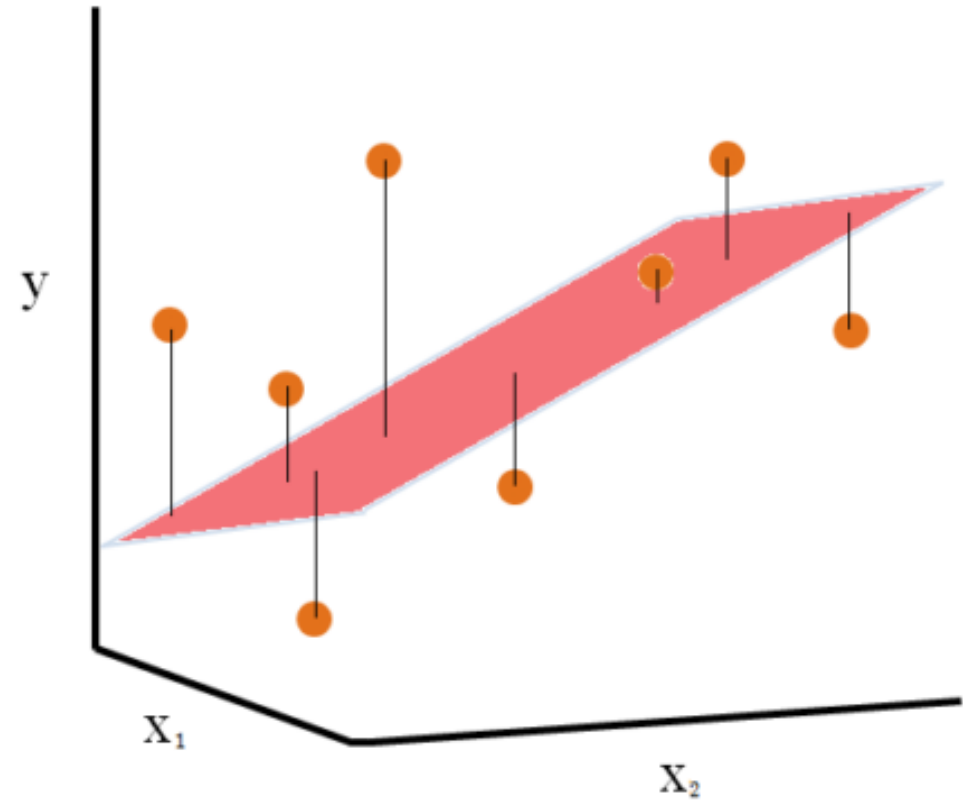
الانحدار الخطي (Linear Regression) هو أحد الخوارزميات في مجال التعلم الآلي ويندرج تحت فئة تنبؤ القيم (Regression). تستخدم هذه الخوارزمية لفهم العلاقة بين متغير تابع (المتغير الذي نحاول التنبؤ بقيمته) ومتغير أو مجموعة من المتغيرات المستقلة. هناك نوعان للانحدار الخطي:

- الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression)، يتم تنبؤ المتغير التابع (Y) بالاعتماد على متغير مستقل واحد فقط (X)، وتكون العلاقة بينهما عبارة عن خط.
- الانحدار الخطي المتعدد (Multiple linear Regression) هو نوع من أنواع تحليل الانحدار الذي يستخدم لفهم العلاقة بين متغير تابع وأكثر من متغير مستقل.

## Simple Linear Regression



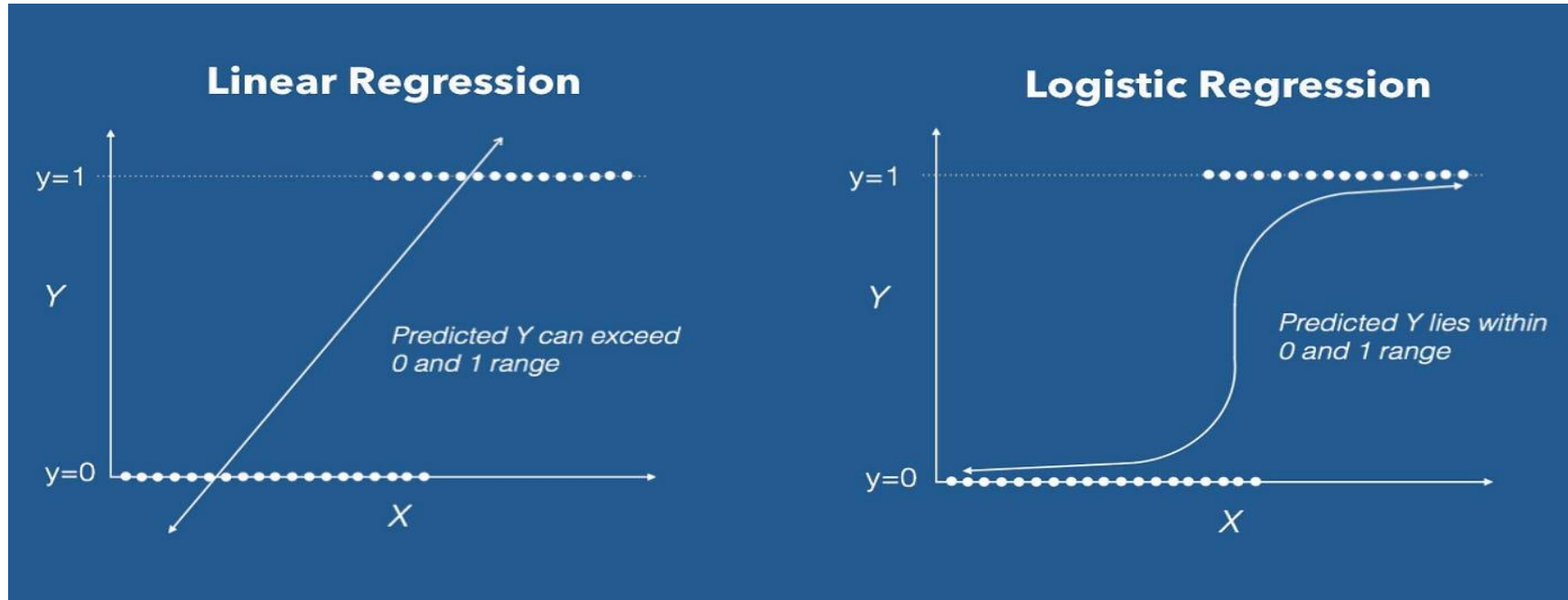
## Multiple Linear Regression (2 Independent Variables ( $x_1, x_2$ ))





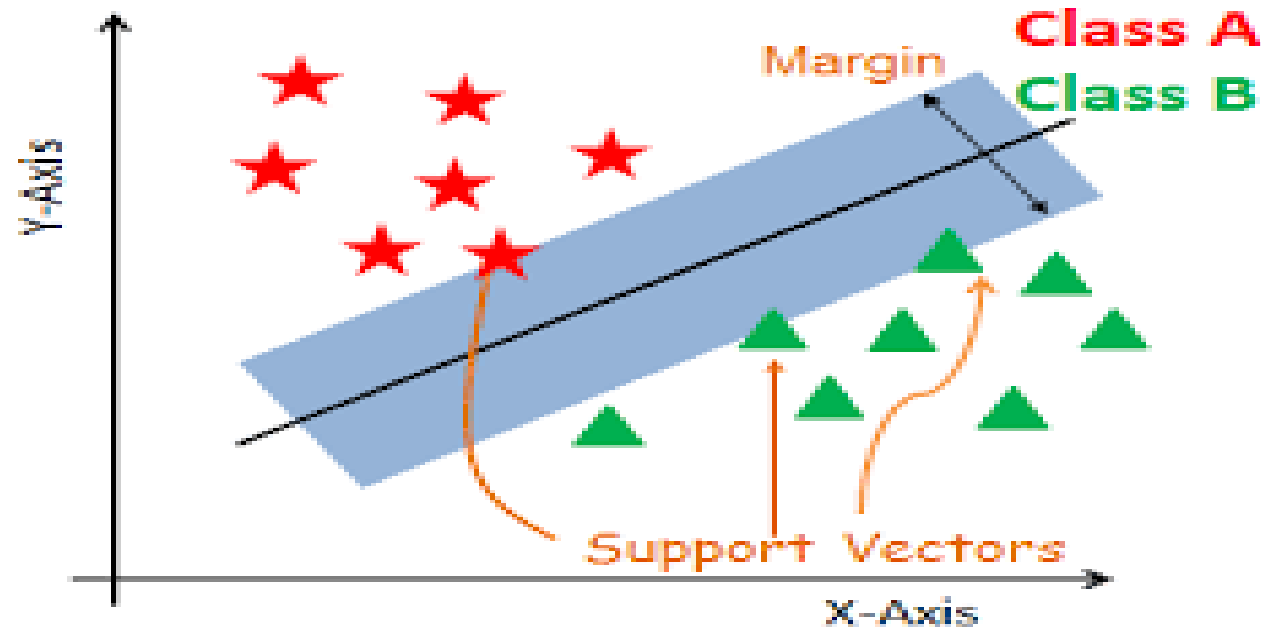
## 5- الانحدار اللوجستي ( Logistic Regression )

الانحدار اللوجستي ( Logistic Regression ) هو نموذج إحصائي يُستخدم لتوقع احتمال حدوث حدث ثنائي بناءً على متغيرات تنبؤية. يستخدم على نطاق واسع في مجالات مثل علوم البيانات، وتحليل البيانات. يهتم هذا النموذج بشكل خاص في التعامل مع مشكلات التصنيف حيث يكون الناتج هو إحدى فئتين ممكنتين، مثل "نعم" أو "لا"، أو "إيجابي" أو "سلبي".



## 6- شعاع الدعم الآلي (Support Vector Machine)

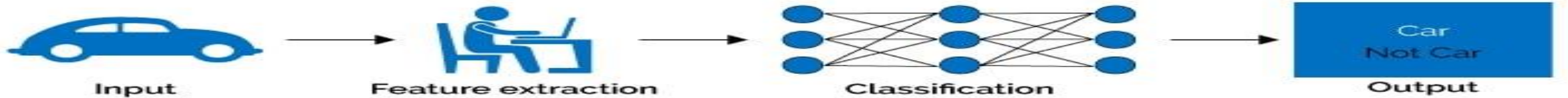
شعاع الدعم (Support Vector Machine) أو (SVM) هو نوع من أنواع الخوارزميات في مجال تعلم الآلة يستخدم للتصنيف والتنبؤ. يتم استخدام SVM بشكل شائع في المشكلات التي تتطلب فصل بين فئتين مختلفتين. الهدف الرئيسي لـ SVM هو إيجاد خط يفصل بين نقاط البيانات التي تنتمي إلى فئتين.



# التعلم العميق (Deep Learning)

- التعلم العميق ( Deep Learning ) هو فرع من فروع تعلم الآلة ( Machine Learning ) يركز بشكل أساسي على استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية لفهم وتحليل البيانات. يشمل التعلم العميق استخدام النماذج العصبية الاصطناعية ذات العمق الكبير، والتي تتألف من عدة طبقات (أو طبقات عميقة)، تمثل عمق الفهم والتمثيل للبيانات.
- تتيح الشبكات العصبية العميقة للنماذج فهم التفاصيل المعقدة والتعقيدات في البيانات بشكل أفضل، وذلك من خلال تمثيل تدرجي وتدرجي للمعلومات في الطبقات المتعددة.
- يُعتبر تطوير التعلم العميق من أهم الابتكارات التي أسهمت في تقدم مجال الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات.

## Machine Learning



## Deep Learning



# مميزات التعلم العميق

- قدرة على التعلم التمثيلات المتقدمة: يتيح التعلم العميق للأنظمة تعلم التمثيلات المتقدمة للبيانات، مما يساعد في استخدام مستويات تمثيل أعلى للبيانات.
- تحسين أداء المهام المعقدة: يتيح التعلم العميق تحسين أداء النظم في مهام معقدة مثل التعرف على الصوت، والرؤية الحاسوبية، ومعالجة اللغة الطبيعية.
- استخدام البيانات الكبيرة: يمكن أن يستفيد التعلم العميق من كميات كبيرة من البيانات لتحسين أدائه، حيث يمكن أن يتعلم النموذج من تلك البيانات ويستخدمها في التنبؤات المستقبلية.
- تقليل الاعتماد على الميزات اليدوية: يمكن للنماذج العميقة تعلم الميزات بشكل تلقائي من البيانات، مما يقلل من الحاجة إلى استخدام ميزات يدوية.

# عيوب التعلم العميق

- احتياج لكميات كبيرة من البيانات: غالبًا ما يحتاج نموذج التعلم العميق إلى كميات كبيرة من البيانات لتحقيق أداء ممتاز، وهذا قد يكون تحديًا في بعض التطبيقات.
- تعقيد النماذج: النماذج العميقة غالبًا ما تكون معقدة وتحتاج إلى موارد حاسوبية كبيرة للتدريب والتشغيل، مما قد يجعلها غير مناسبة لبعض التطبيقات ذات الموارد المحدودة.
- صعوبة في التفسير: يمكن أن تكون النماذج العميقة صعبة في التفسير وفهم سبب قراراتها، مما يمكن أن يكون تحديًا في بعض السياقات المهمة مثل الطب والقضاء.
- تحتاج إلى معالجة قوية: التدريب واستخدام النماذج العميقة يتطلب غالبًا معالجة قوية ووحدات معالجة الرسومات (GPUs) لضمان أداء جيد.

**Thank You**