

ОСНОВИ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ, НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ та ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ

Модуль 2. Навчання з вчителем

Лекція 2.5.

Класифікація. Загальні визначення. Бінарна класифікація

Класичний AI / Класичний ML

Машинне навчання

```
graph TD; A[Машинне навчання] --> B[Навчання з вчителем]; A --> C[Навчання без вчителя]; A --> D[Навчання з підкріпленням]; B --> B1[Регресія]; B --> B2[Класифікація]; C --> C1[Кластеризація]; C --> C2[Зменшення розмірності]; D --> D1[Вживання у незнайомій обстановці];
```

Навчання з
вчителем

Регресія

Класифікація

Навчання без
вчителя

Кластеризація

Зменшення
розмірності

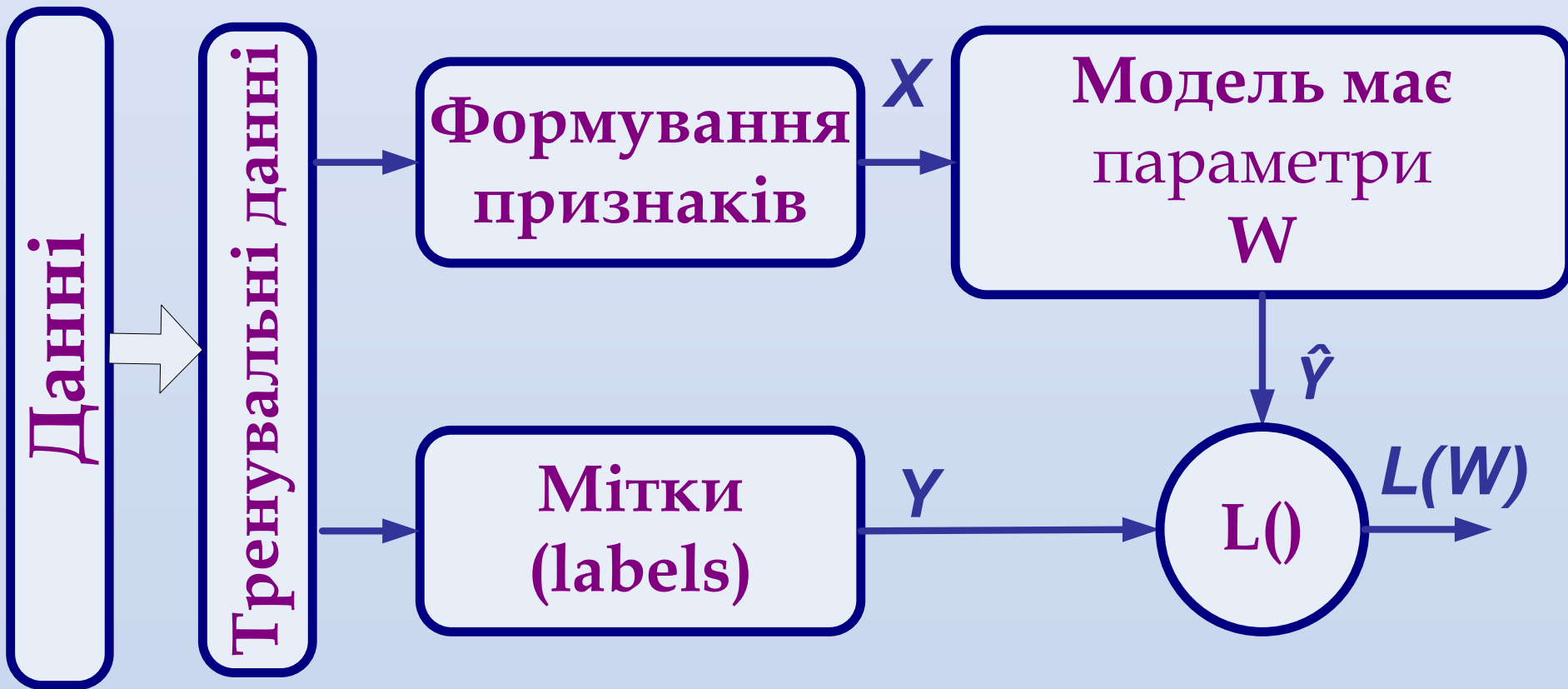
Навчання з
підкріпленням

Вживання у
незнайомій
обстановці

Навчання з вчителем: є набір прикладів, до кожного прикладу є правильна відповідь.

Задача – навчитися по прикладах надавати правильну відповідь на питання, задане вчителем.

Загальний процес ML з вчителем



Класичний AI / Класичний ML

Машинне навчання

```
graph TD; A[Машинне навчання] --> B[Навчання з вчителем]; A --> C[Навчання без вчителя]; A --> D[Навчання з підкріпленням]; B --> B1[Регресія]; B --> B2[Класифікація]; C --> C1[Кластеризація]; C --> C2[Зменшення розмірності]; D --> D1[Вживання у незнайомій обстановці];
```

The diagram illustrates the classification of Machine Learning into three main categories: Supervised Learning, Unsupervised Learning, and Reinforcement Learning. Supervised Learning is further divided into Regression and Classification, with Classification highlighted by a red dashed border. Unsupervised Learning is divided into Clustering and Dimensionality Reduction. Reinforcement Learning is associated with application in unfamiliar environments.

Навчання з
вчителем

Регресія

Класифікація

Навчання без
вчителя

Кластеризація

Зменшення
розмірності

Навчання з
підкріпленням

Вживання у
незнайомій
обстановці

Класифікація

Класифікація – процес групування об'єктів відповідно до їх загальних ознак.

Класифікація – розподіл (віднесення) об'єктів до їхніх класів.

Два типи завдання класифікації:

- класи заздалегідь визначені (! навчання з вчителем),
- класи утворюються в процесі вирішення (!кластеризація).

Розпізнавання - додатково до класифікації - ідентифікація об'єктів.

Класифікація

Формально:

Маємо множину \mathbb{O} об'єктів $o^{(j)}$, $j = 1, 2, \dots, M$

Кожен об'єкт $o^{(i)}$ має сукупність характеристик - ознак $x_i^{(j)}$, $i = 1, 2, \dots, N$ з множини \mathbb{X} .

Маємо множину \mathbb{C} класів $c^{(k)}$, $k = 2, \dots, K$

Існує невідома залежність (правило) \mathbb{F} , яка на підставі пар $\langle o^{(j)}, c^{(k)} \rangle$ визначає, чи належить об'єкт $o^{(j)}$ до класу $c^{(k)}$.

Завдання: знайти правило $\check{\mathbb{F}}$, максимально наближене до \mathbb{F} . Тобто, знайти вирішальне правило, що дозволяє класифікувати довільний об'єкт o за його ознаками.

Класифікація

Термінологія:

Множина X - множина входних змінних x :
незалежній змінні, змінні-предиктори, атрибути, параметри, інформативні ознаки \rightarrow *FEATURE*.

Множина C - множина вихідних змінних y :
залежна змінна, змінна відповіді, вихідна змінна, клас, мітка \rightarrow *LABEL*.

Класифікація

Бінарна класифікація: Вирішальне правило

- повертає 1 (true), якщо об'єкт $o^{(j)}$ належить до класу $c^{(k)}$,
- повертає 0 (false), якщо об'єкт $o^{(j)}$ НЕ належить до класу $c^{(k)}$.

Імовірнісна класифікація: Вирішальне правило повертає ймовірність того що об'єкт $o^{(j)}$ належить до класу $c^{(k)}$.

Класифікація

Типи ознак (характеристик):

- Бінарні $x_i = \{0, 1\}$.
- Номінальні - скінчена множина.
- Порядкові - впорядкована скінчена множина.
- Кількісні - множина дійсних чисел.

Типи класів:

- Двокласова класифікація (Тільки 2 класи!).
- Багатокласова класифікація.
- Непересічені класи (об'єкт належить до ОДНОГО класу).
- Пересічені класи (об'єкт може належати до декілька класів).
- Нечіткі класи (об'єкт належить до декілька класів з деякою вірогідністю)

Приклади завдань класифікації

Медична діагностика

- класифікувати вид захворювання (диференційна діагностика);
- визначати найбільш доцільний спосіб лікування;
- передбачати тривалість та результат захворювання;
- оцінювати ризик ускладнень;
- Знайти синдроми - найбільш характерні для даного захворювання сукупності симптомів.

Класифікація текстів за настроєм

Розпізнавання спаму

Оптичне розпізнавання символів

Розпізнавання зображень

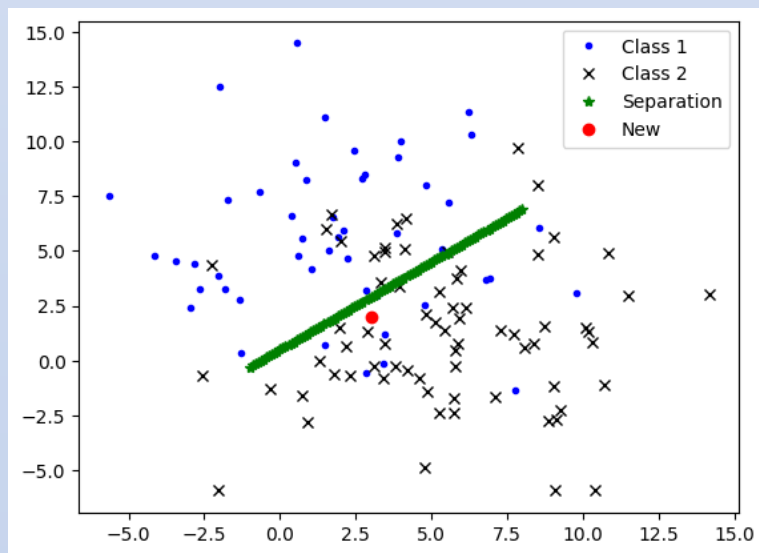
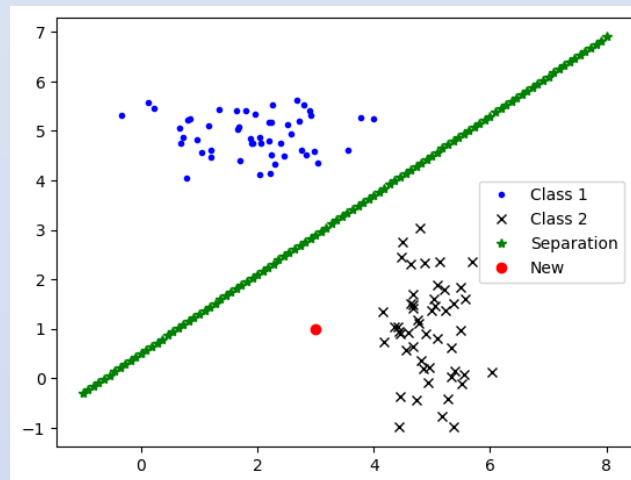
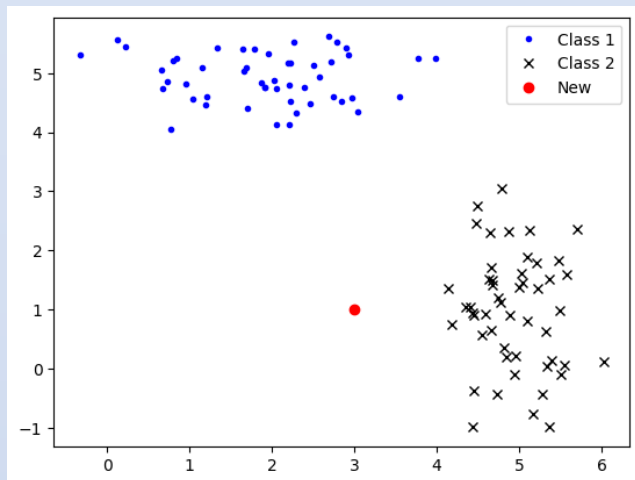
....

Методи Класифікації

- Регресійні методи, логістична регресія
- Метод k-найближчих сусідів (KNN)
- Метод опорних векторів (SVM)
- Наївний Байєс (ймовірнісний класифікатор)
- Дерева рішень
-

Класифікація. Приклад

Лінійна регресія



Бінарна класифікації

Маємо множину \mathbb{O} об'єктів $o^{(j)}$, $j = 1, 2, \dots, M$.

Маємо два класи $c^{(0)}$, $c^{(1)}$, $K = 2$.

Припустимо, що кожен об'єкт $o^{(j)}$ має тільки одну ознаку $x^{(j)} \in \mathbb{R}$, множини \mathbb{X} .

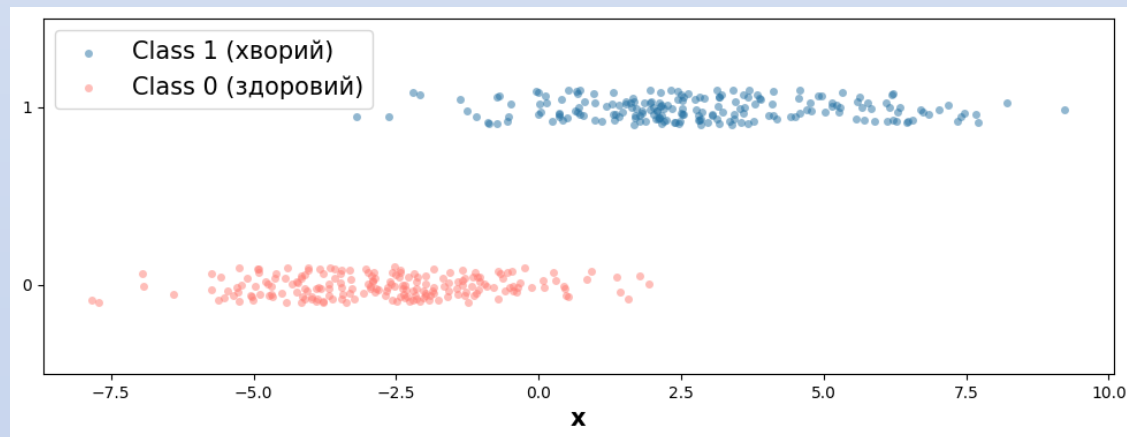
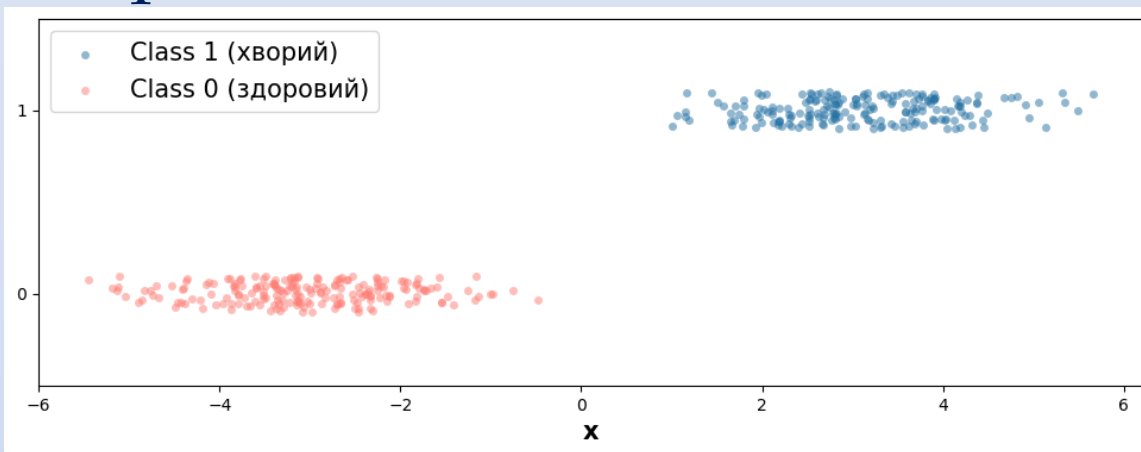
Приклад. Діагностика.

Є M пацієнтів $o^{(j)}$, $j = 1, 2, \dots, M$. Стан пацієнта характеризується кількістю (типізацією) специфічних Т-клітин (дійсно число). Пацієнти або здорові $c^{(0)}$, або хворі $c^{(1)}$. Необхідно побудувати модель, що по значенню $x^{(v)}$ класифікує пацієнта $o^{(v)}$ як хворого, або здорового

Тобто знайти $F(\mathbf{x})$, натреновану на множені \mathbb{O} , що повертає 0 або 1 з дякою (мінімальною) похибкою.

Бінарна класифікації

Проблема.

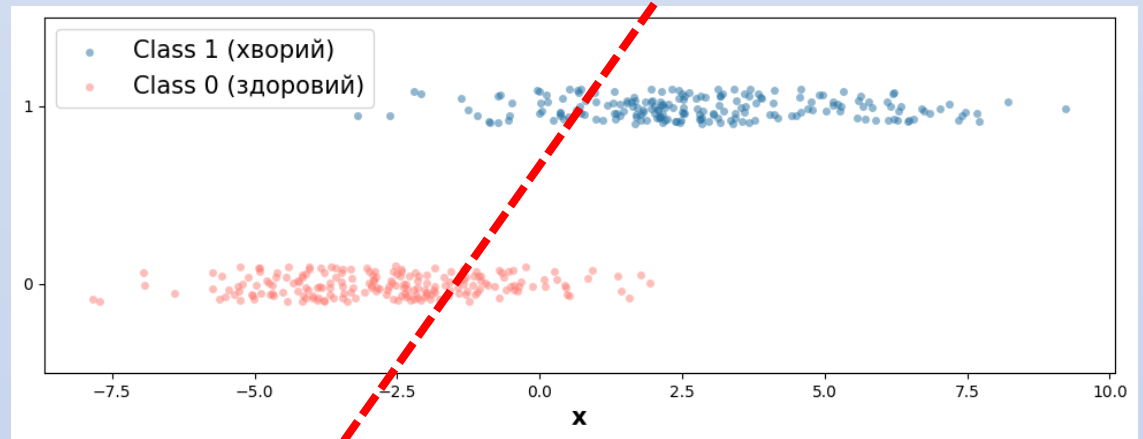
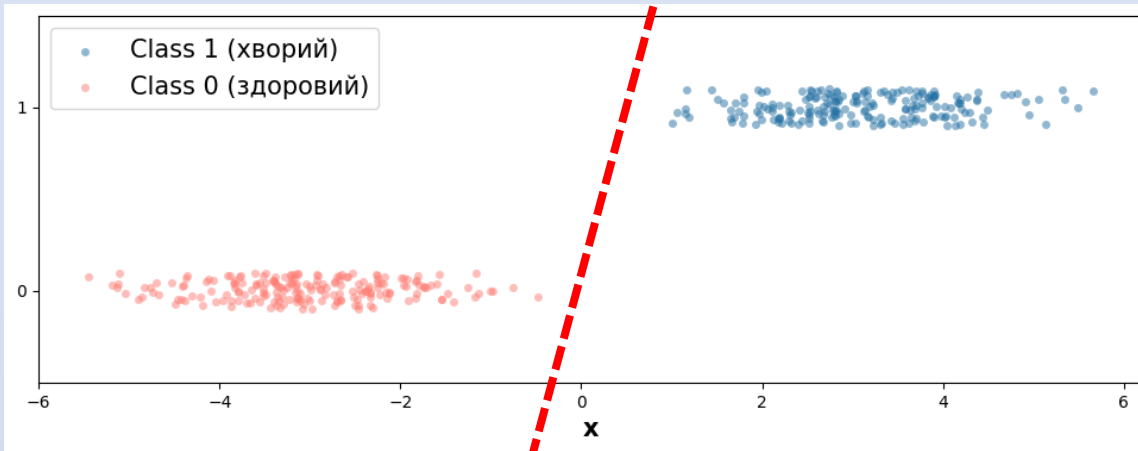


Як розділити класи?

Бінарна класифікації

Проблема.

Лінійна регресія (погано)

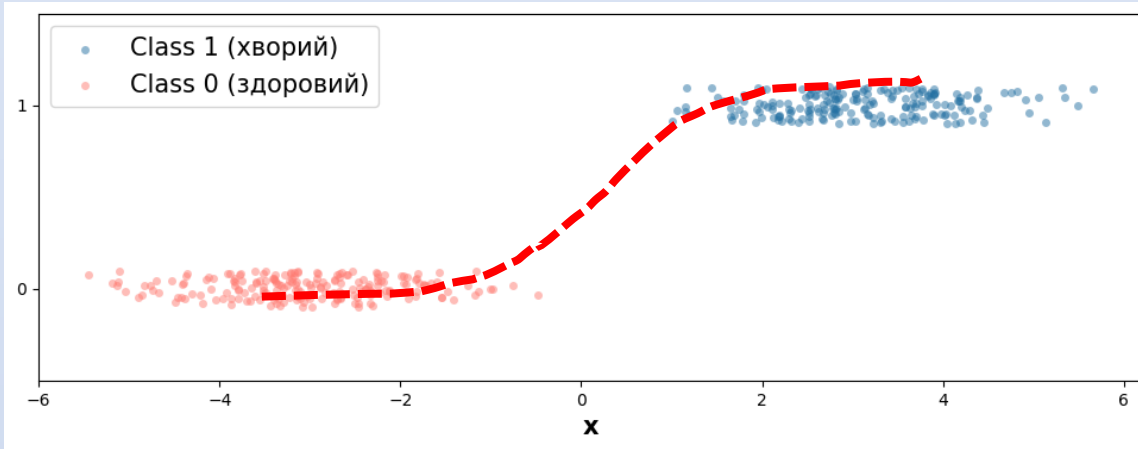


$$y = f(x) = w_1 * x + w_0$$

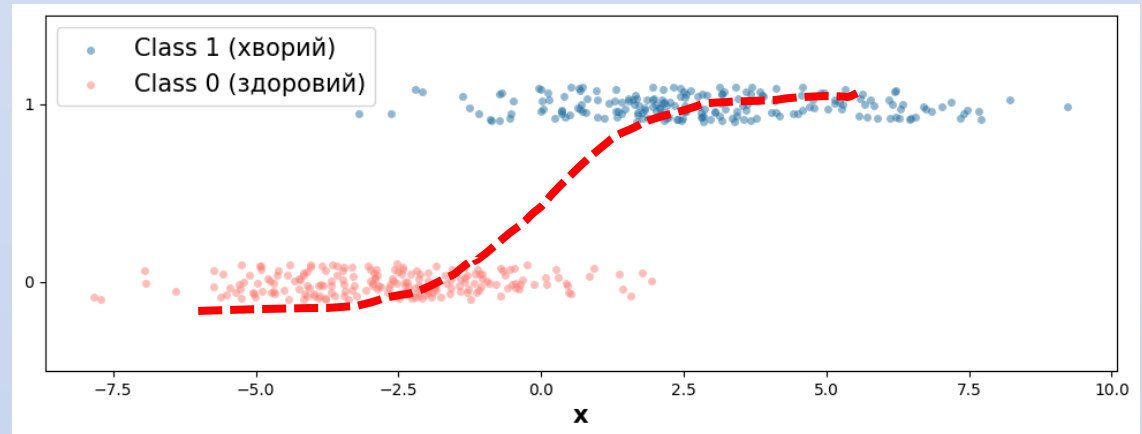
Бінарна класифікації

Проблема.

Логістична регресія



$$y = f(z) = f(w_1 * x + w_0)$$



Змінна y - ймовірність того, конкретний пацієнт хворий або здоровий.

Бінарна класифікації

Логістична регресія спочатку обчислює шанси події, що відбувається для різних рівнів кожної незалежної змінної, а потім бере логарифм, щоб створити безперервний критерій як перетворену версію залежної змінної.

Означмо p – ймовірність успіху (клас 1), то математично шанси з погляду ймовірності дорівнюють

$$\frac{p}{1-p}.$$

Логарифм шансів - це логіт ймовірності:

$$\log(p) = \log \frac{p}{1-p} = w_1 * x + w_0$$

$$\frac{p}{1-p} = e^{w_1 * x + w_0}$$

$$p = \frac{e^{(w_1 * x + w_0)}}{1 + e^{(w_1 * x + w_0)}}$$

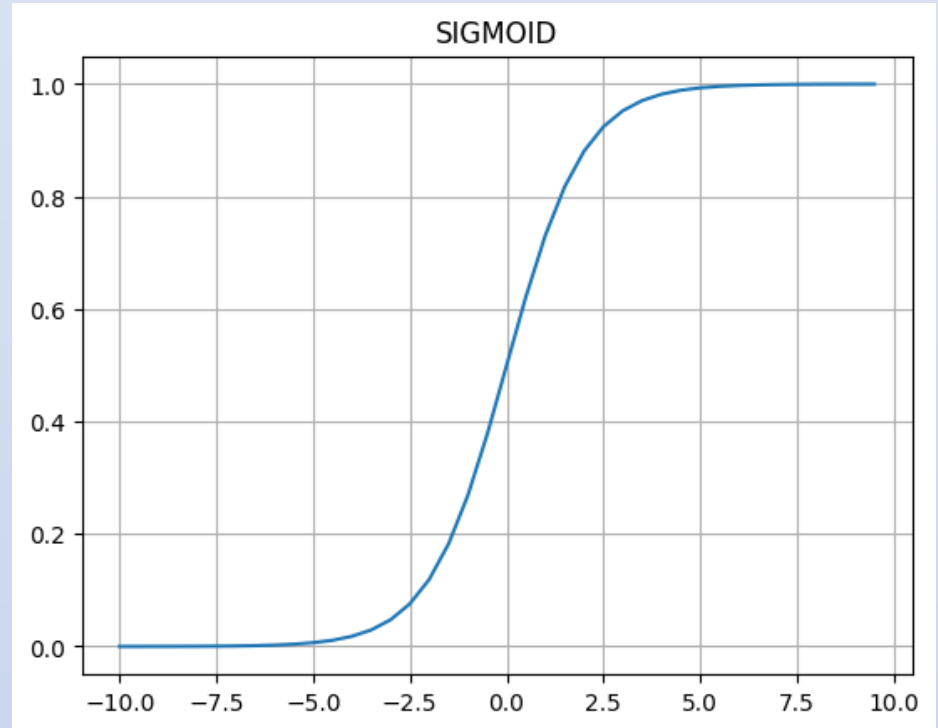
Бінарна класифікації

Логістична функція, логістична крива,
Логіт-перетворення

$$F(z) = \frac{1}{1+e^{-z}} = \frac{e^z}{1+e^z}$$
$$\frac{1}{1 + e^{-(w_1 * x + w_0)}}$$

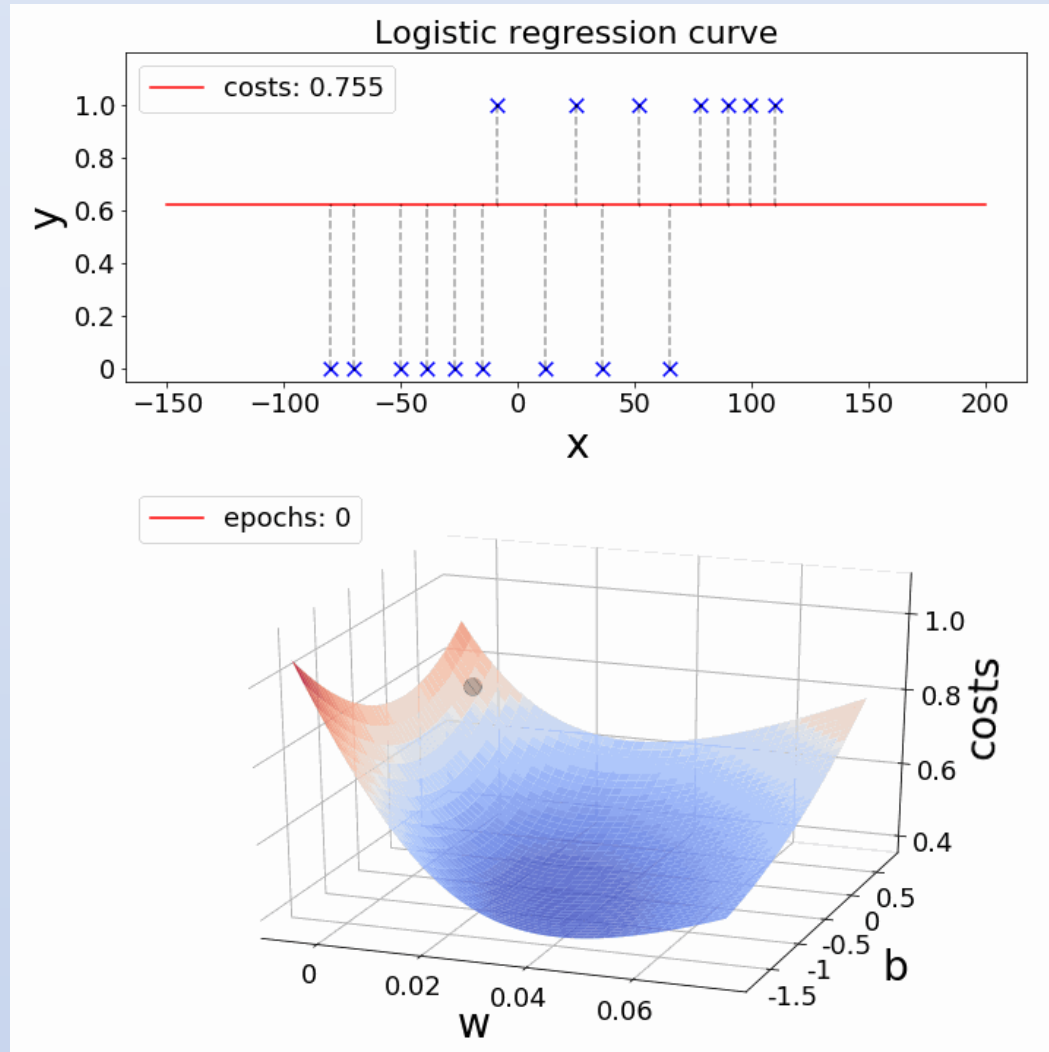
$$F(z) \in (0, 1) \forall z$$

За допомогою логістичної
регресії можна оцінити
ймовірність того, що подія
настане.



Бінарна класифікації

Візуалізація



Бінарна класифікації

Пошук параметрів моделі виконується на основі методу **максимальної правдоподібності**.

Обчислюється функція правдоподібності (*likelihood function, L*), що виражає щільність ймовірності спільної появи результатів вибірки.

Позначимо через p_i ймовірність появи одиниці для $o^{(i)}$: $p_i = Prob(y_i = 1)$. Ця ймовірність залежить від x_i, w_0, w_1 . Для $i \in c^{(0)}, y_i = 0$, Для $i \in c^{(0)}, y_i = 0; i \in c^{(1)}, y_i = 1$; Тоді $\log L$:

$$L^*(W) = \frac{1}{M} \left[\sum_{i \in C0} \log p_i(x_i, W) + \sum_{i \in C1} \log(1 - p_i(x_i, W)) \right]$$
$$= \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M [y_i \log p_i(x_i, W) + (1 - y_i) \log(1 - p_i(x_i, W))]$$

Бінарна класифікації

На відміну від лінійної регресії з нормально розподіленими залишками, неможливо знайти вираз у замкнутій формі для значень коефіцієнтів, що максимізують функцію правдоподібності (зведення до СЛАУ).

Замість цього слід використовувати ітераційний процеси, наприклад, градієнтні методи.

У деяких випадках модель може не досягти збіжності.

Контрольні запитання

- **Надайте загальну постановку задачі класифікації.**
- **Вкажіть типи задачі класифікації, типи ознак, типи класів.**
- **Надайте загальну постановку задачі бінарної класифікації.**
- **Пояснить сутність логістичної регресії.**
- **Пояснить процес пошуку параметрів моделі логістичної регресії.**

Рекомендована ЛІТЕРАТУРА

- **Глибинне навчання:** Навчальний посібник / Уклад.: В.В. Литвин, Р.М. Пелещак, В.А. Висоцька В.А. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. – 264 с.
- Тимощук П. В., Лобур М. В. **Principles of Artificial Neural Networks and Their Applications: Принципи штучних нейронних мереж та їх застосування:** Навчальний посібник. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. – 292 с.
- Morales M. **Grokking Deep Reinforcement Learning.** – Manning, 2020. – 907 с.
- Trask Andrew W. **Grokking Deep Learning.** – Manning, 2019. – 336 с.

Корисні та цікави посилання

- **Машинне навчання**

https://uk.wikipedia.org/wiki/машинне_навчання

- **Львівська політехніка**

<http://www.mmf.lnu.edu.ua/ar/1739>

<http://www.mmf.lnu.edu.ua/ar/1743>

The END

Модуль 2. Лекція 05.