

# **ОСНОВИ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ, НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ та ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ**

## **Модуль 2. Навчання з вчителем**

### **Лекція 2.2.**

#### **Огляд методів. Оцінка якості.**

# 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 --> E[Регресія]; B --> F[Класифікація]; C --> G[Кластеризація]; C --> H[Зменшення розмірності]; D --> I[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, which are highlighted with a red dashed box. 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

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

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

# Проблеми регресії

Маємо множину вхідних даних

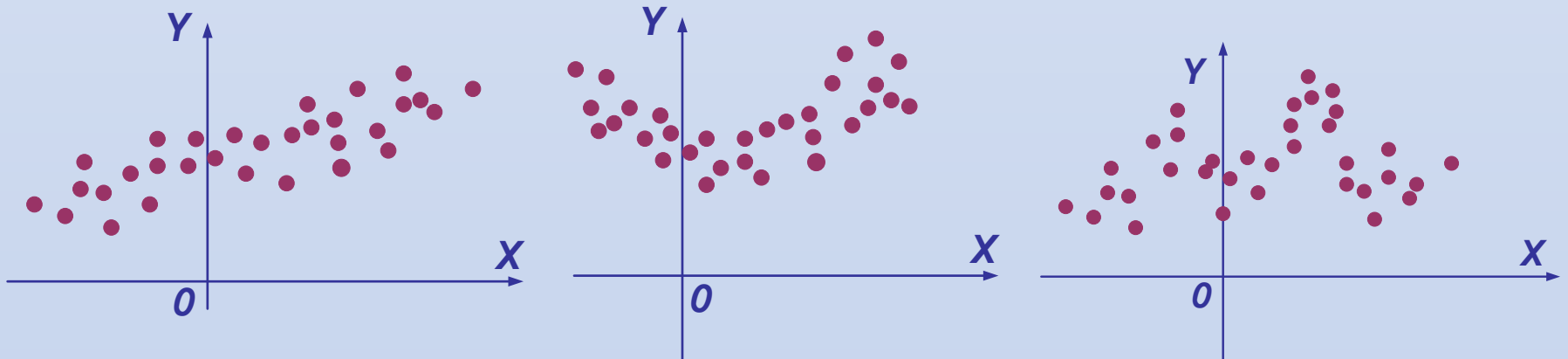
$$X_1, \hat{y}_1, \dots, X_n, \hat{y}_n$$

Вирішуємо завдання регресії, тобто пошуку

$$y = f(W, X)$$

Можемо знайти  $W$ , якщо  $y = f(W, X)$  відомо.

Але як  $f(W, X)$  обирати?



Тобто модель  $M \Leftrightarrow \{f(.), W\}$ ? Наприклад, як визначити порядок поліному.

Необхідно оцінювати якість регресії!

# Огляд методів регресії

## Лінійна регресія

$$f(W, X) = w_0 + w_1 * X_1 + w_2 * X_2 + \dots$$

Регресія

Лінійна регресія

Поліноміальна регресія

...

Нелінійна регресія

Коефіцієнти  $W$  моделі оцінюються методом найменших квадратів.

Моделює лише лінійно розділені (сепарабельні) дані.

# Огляд методів регресії

## Поліноміальна регресія

$$f(W, X) = w_0 + w_1 X_1^D + w_2 X_2^D \dots$$

Вектор  $D$  - зведення в ступінь (збігається з розмірністю  $X$ )

Коефіцієнти  $W$  моделі оцінюються методом найменших квадратів.

Регресія

Лінійна регресія

Поліноміальна регресія

....

Нелінійна регресія

Моделює нелінійно розділені дані (не може лінійна регресія). гнучкіша і може моделювати складні взаємозв'язки.

# Огляд методів регресії

Регресія

Гребенева (Ridge) регресія

Нелінійні регресори

Має додатковий параметр  $\lambda$ , який контролює величину штрафу за  $L2$ -нормалізацію.

Вишукується

$$\min_W \|W * X - Y\|^2 + \lambda \|W\|^2$$

$\|W\|^2$  -  $L2$ -норма квадрата вектору коефіцієнтів

Гребенева регресія допомагає у разі високої колінеарності змінних (стандартна лінійна та поліноміальна регресії неефективні).

# Огляд методів регресії

Регресія

Лассо (LASSO, Least Absolute Shrinkage) регресія

Нелінійні регресори

Має додатковий параметр  $\lambda$ , який контролює величину штрафу за  $L1$ -нормалізацію.

Вишукується

$$\min_W \|W * X - Y\|^2 + \lambda \|W\|$$

$\|W\|$  -  $L1$ -норма суми абсолютних значень коефіцієнтів.  $L1$ -нормалізація карає модель за великі абсолютні значення коефіцієнтів, призводячи до їх обнулення, якщо штраф них досить великий.

# Огляд методів регресії

Регресія

Еластична (Elastic Net) регресія

Нелінійні регресори

Вона є комбінацією ласо-регресії (LASSO) і гребеневої регресії (Ridge), поєднуючи їх переваги і вирішуючи деякі їх обмеження. Вишукується

$$\min_W \|W * X - Y\|^2 + \lambda(\alpha \|W\| + (1 - \alpha) \|W\|^2)$$

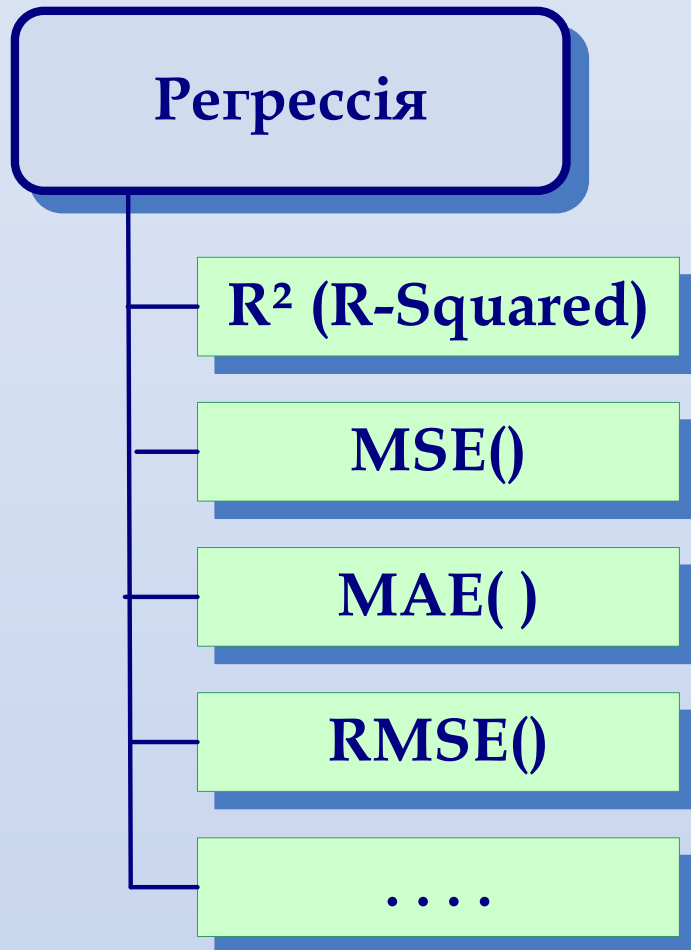
$0 \leq \alpha \leq 1$  – параметр змушування норм.

Еластична регресія - гнучкий та ефективний метод машинного навчання.

Важливо правильно підібрати параметри регуляризації ( $\lambda$  і  $\alpha$ ) для досягнення оптимального балансу між точністю, інтерпретованістю та складністю моделі.



# Якість регресійних моделей



Оцінка якості регресійної моделі є основним етапом у процесі машинного навчання.

Вона дозволяє визначити, наскільки добре модель передбачає значення залежної змінної на нових, небачених раніше даних.

# Якість регресійних моделей

Коефіцієнт детермінації ( $R^2$ )

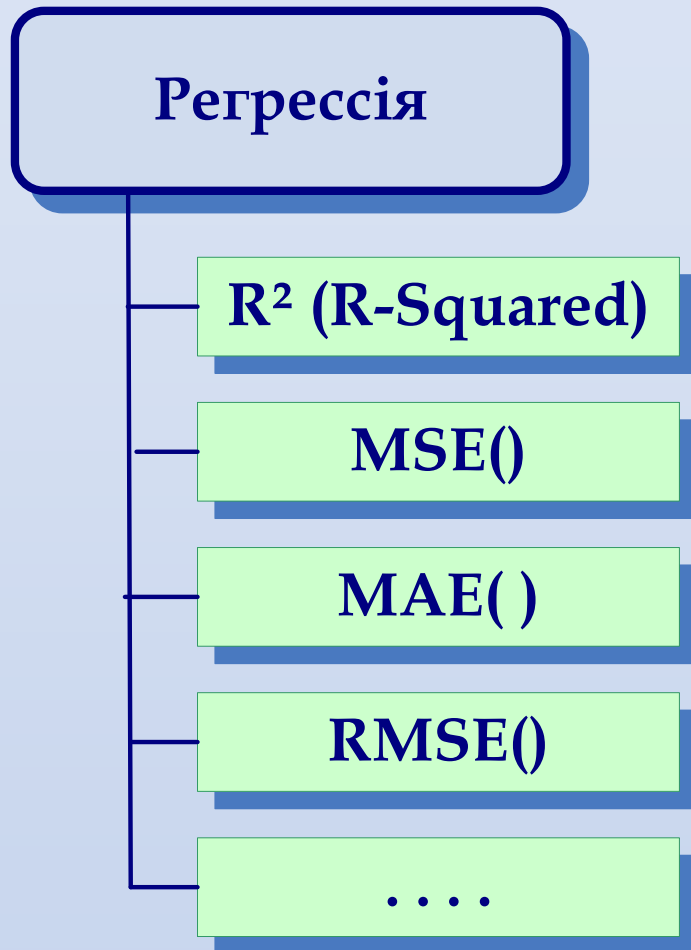
$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}}$$

$$SS_{res} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} (y_i - \hat{y}_i)^2$$

$$SS_{tot} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} (y_i - \bar{y})^2$$

0: Модель нічого не пояснює.  
1: Модель пояснює всю дисперсію.

Значення між 0 та 1 показують, яку частину дисперсії пояснює модель.



# Якість регресійних моделей

Регресія

$R^2$  (R-Squared)

MSE()

MAE( )

RMSE()

....

Середня квадратична помилка (MSE):

$$MSE(y, \hat{y}) = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Вимірює середню квадратичну різницю між прогнозованими та фактичними значеннями залежної змінної.

Чим менше значення **MSE**, тим краще модель передбачає значення.

# Якість регресійних моделей

Root Mean Square Error (RMSE)

Регресія

$R^2$  (R-Squared)

MSE()

MAE( )

RMSE()

....

$$RMSE(y, \hat{y}) = \sqrt{MSE(y, \hat{y})}$$

Вимірює стандартне відхилення різниць між прогнозованими та фактичними значеннями залежної змінної.

Чим менше значення **RMSE**, тим краще модель передбачає значення.

# Контрольні запитання

- Поясніть сутність методу лінійної регресії. Вкажіть основні переваги та недоліки методу.
- Поясніть сутність методу поліноміальної регресії. Вкажіть основні переваги та недоліки методу.
- Поясніть сутність методу гребеневої регресії. Опишіть переваги методу.
- Поясніть сутність методу LASSO регресії. Опишіть переваги методу.
- Поясніть сутність методу еластичної регресії. Опишіть переваги методу.
- Пояснить  $R^2$  оцінку якості регресійної моделі.
- Пояснить MSE оцінку якості регресійної моделі.
- Пояснить MAE оцінку якості регресійної моделі.
- Пояснить RMSE оцінку якості регресійної моделі.

## 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

- **Метод найменших квадратів**

[https://uk.wikipedia.org/wiki/метод\\_найменших\\_квадратів](https://uk.wikipedia.org/wiki/метод_найменших_квадратів)

- **MSE**

[https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.metrics.mean\\_squared\\_error.html#sklearn.metrics.mean\\_squared\\_error](https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.metrics.mean_squared_error.html#sklearn.metrics.mean_squared_error)

**The END**

**Модуль 2. Лекція 02.**