

# **КОГНИТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ**

**122 «Комп'ютерні науки»**

**КНМ-20**

**2021 / 2022 навчальний рік**

# КЛАСІФІКАЦІЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

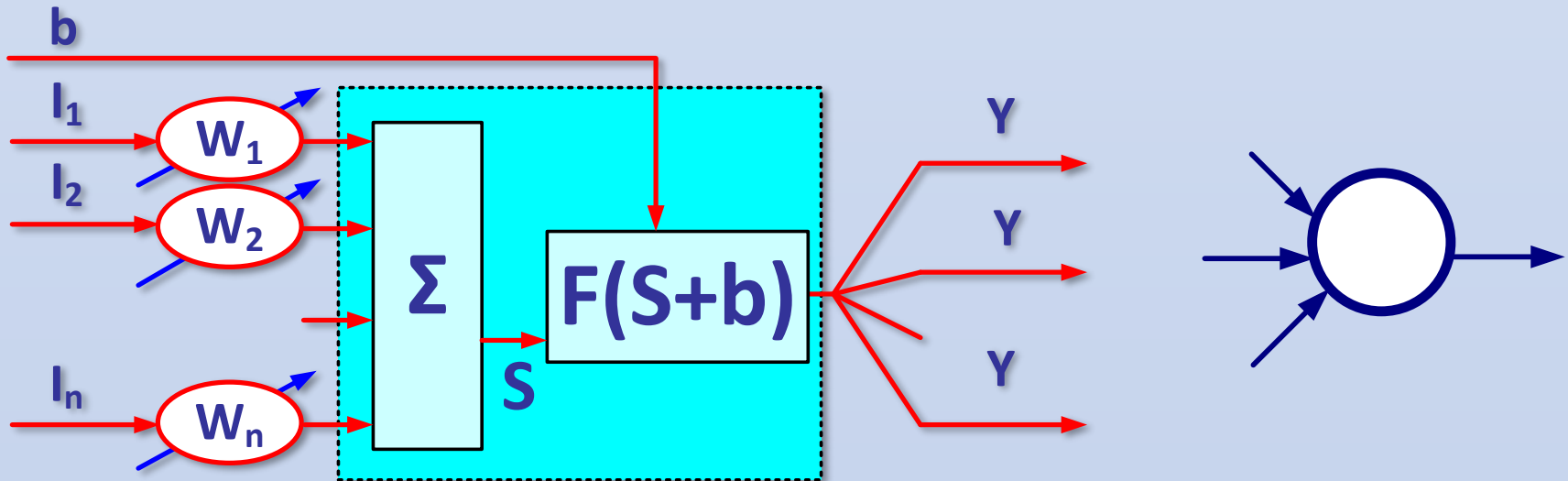
# Класифікація ШНМ

1. *Класифікація.*
2. *Архітектури (загальний огляд).*
3. *Процес налаштування ШНМ.*
4. *Процес навчання ШНМ*
5. *Перцептрон*

# Классификация нейронов

## Нейрон:

- 1. Детерминированные / стохастические**  
Функция активации  $Y = F(S)$  не имеет вероятностных параметров / имеет вероятностные параметры.
- 2. Статические / динамические**  
Функция активации  $Y = F(S)$  не зависит от времени / зависит от времени  $Y = F(S, t)$ .



# Классификация нейронных сетей

## ПО РЕШАЕМЫМ ЗАДАЧАМ:

**Распознавание (классификация) образцов.**  
(распознавание лиц, эмоций, классификация товаров, ...).

**Кластеризация** (выделение классов читателей, выделение спама, выделение классов изображений, ....) **(обучение без учителя).**

**Прогнозирование** (курсов акция, трафик на сайтах, потребление энергии, ...).

**Фильтрация** (выделение полезного сигнала на фоне зашумленного) .

**И другие ... (генерация, идентификация, управление, ...).**

# Классификация нейронных сетей

## Ознаки класифікації ШНМ

1. Присутність прихованих шарів

2. Зворотній зв'язок

3. Модульність

4. Связність

5. Часові затримки

6. Навчання

# Класифікація нейронних мереж

## I.Спосіб навчання

З вчителем

Без вчителя

З підкріпленням

## II.Топологія

Повнозв'язні

Багатошарові

Слабозв'язні

## III.Модель

Пряме  
розповсюдження

Рекурентні ШНС

Радіально-базисні  
функції

Мережі  
Кохонена

## IV.Налаштування

Фіксовані  
коефіцієнти

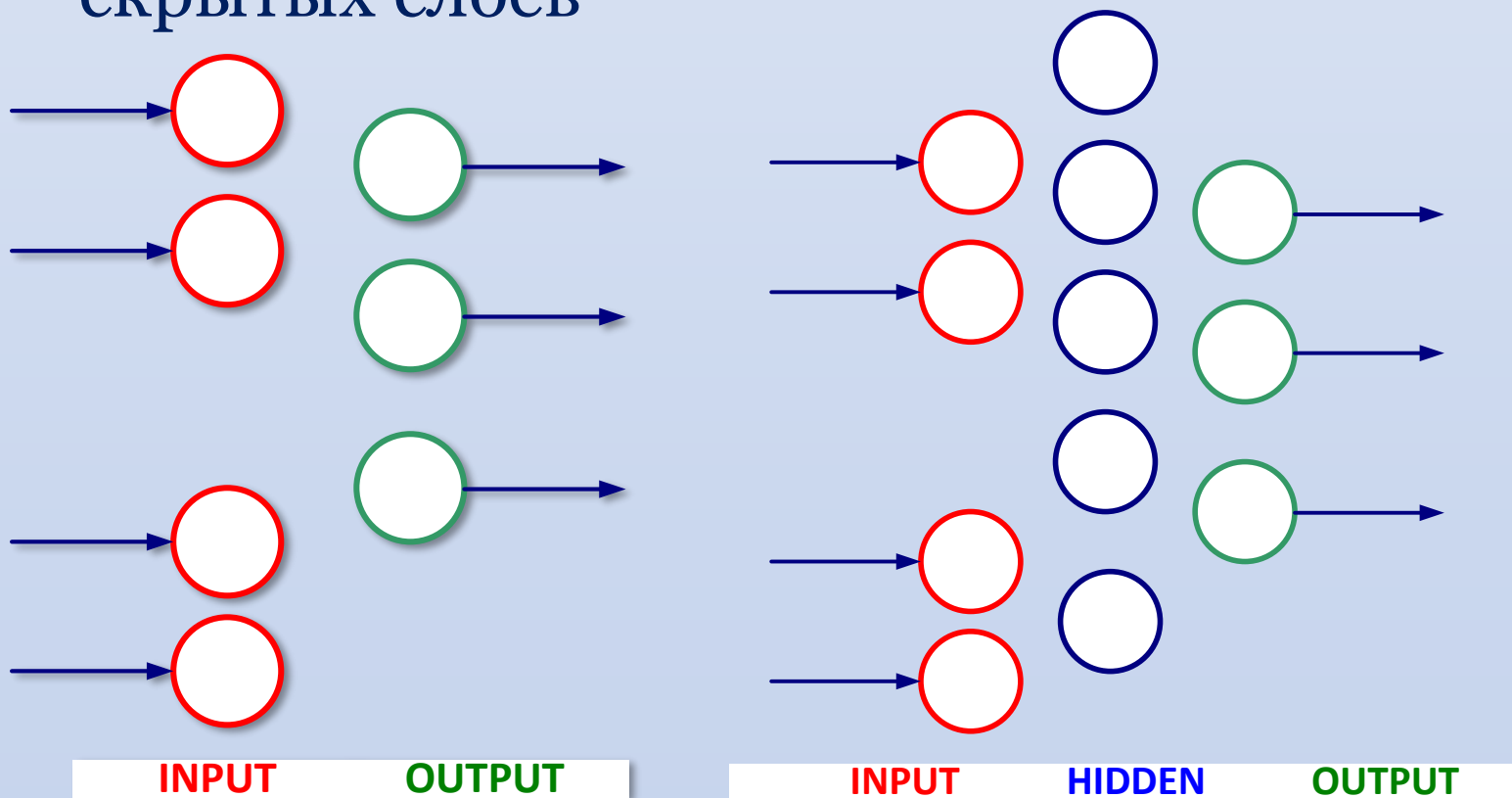
Динамічні  
коефіцієнти

# Классификация нейронных сетей

## 1. Наличие скрытых слоев:

**Однослойные** – не содержат скрытых слоев

**Многослойные** - один или более скрытых слоев



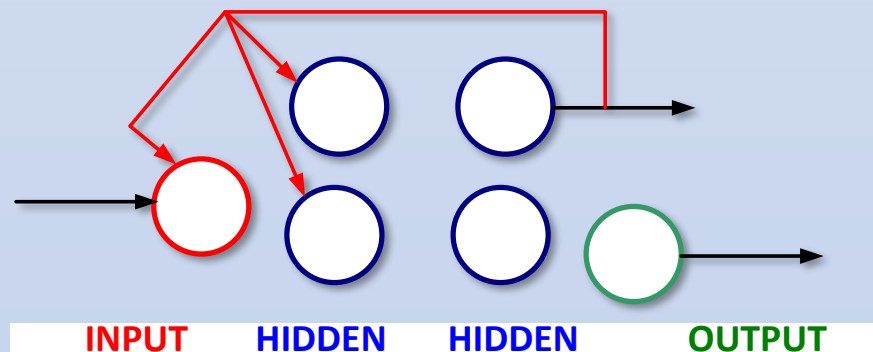
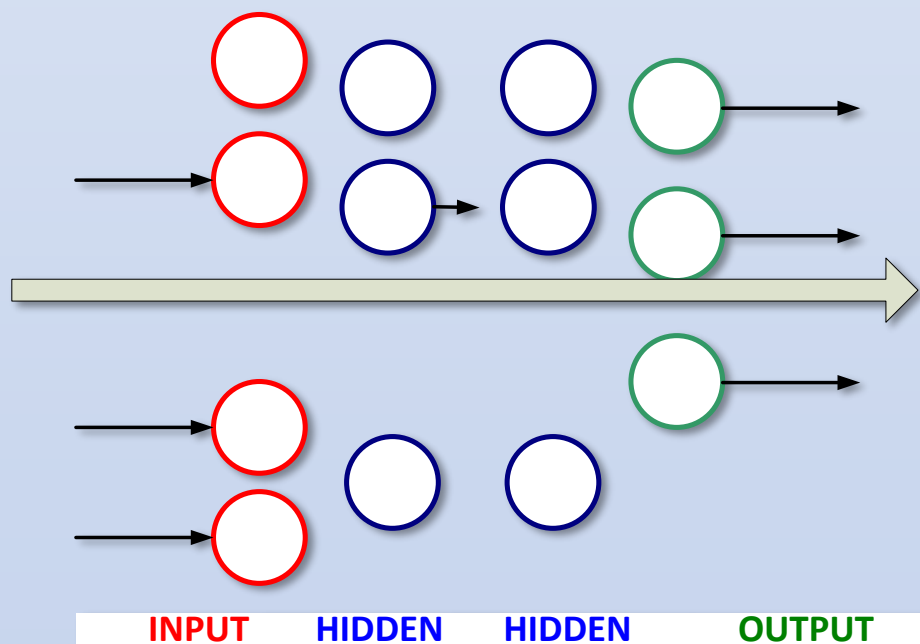


# Классификация нейронных сетей

## 2. Обратная связь:

**Не рекуррентные** – прямого распространения (только прямые связи)

**Рекуррентные** – обратного распространения (обратные связи)



# Классификация нейронных сетей

## 3. Модульность :

**Модульные** – вычисления в сети распределены по отдельным группам (модулям), которые не пресекаются в своей работе

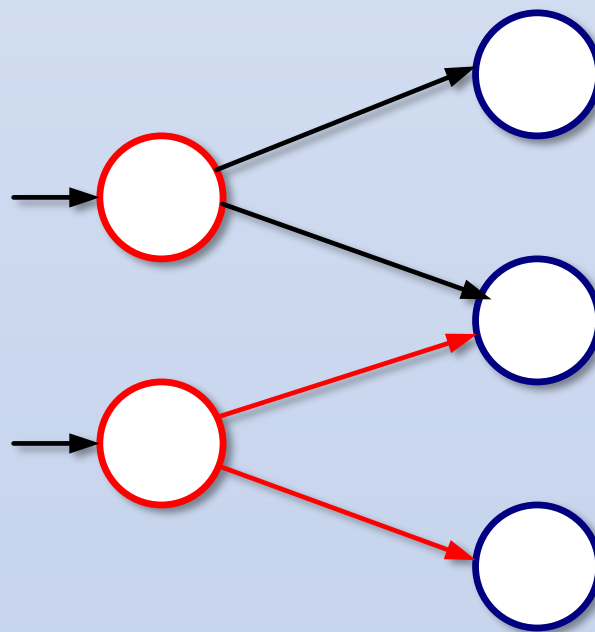
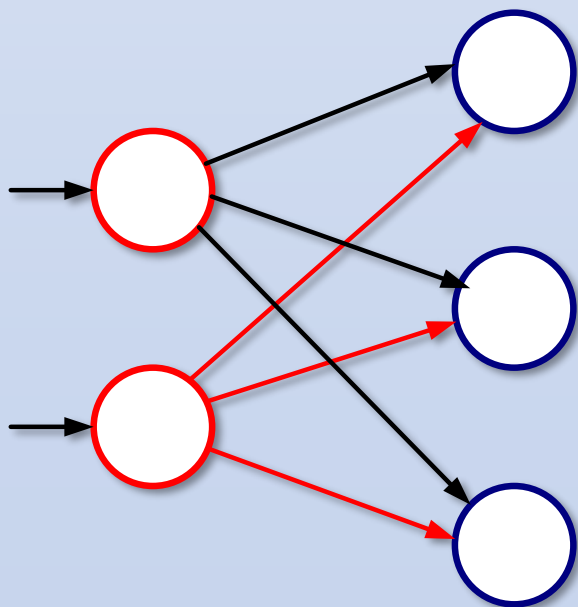
**Немодульные** – все нейроны выполняют одинаковые вычисления

# Классификация нейронных сетей

## 4. Связность :

**Полносвязные** – каждый нейрон текущего слоя связан со **всеми** нейронами следующего слоя

**Неполносвязные** – нейроны текущего слоя передают сигналы только части нейронов следующего слоя



# Классификация нейронных сетей

## 5. Временные задержки:

**Статические** – статические нейроны.

**Динамические** – динамические нейроны.

## 6. Обучение:

**Обучающиеся с учителем** – есть этап тренировки (supervised).

**Обучающиеся без учителя** – этап тренировки не выделяется, самообучающиеся (unsupervised)

**С подкреплением** – без учителя с динамическим программированием.

# Архитектуры нейронных сетей

Одношаровий перцептрон

Богатошаровий перцептрон

Не рекурентні

## Нейронні мережі

Рекурентні

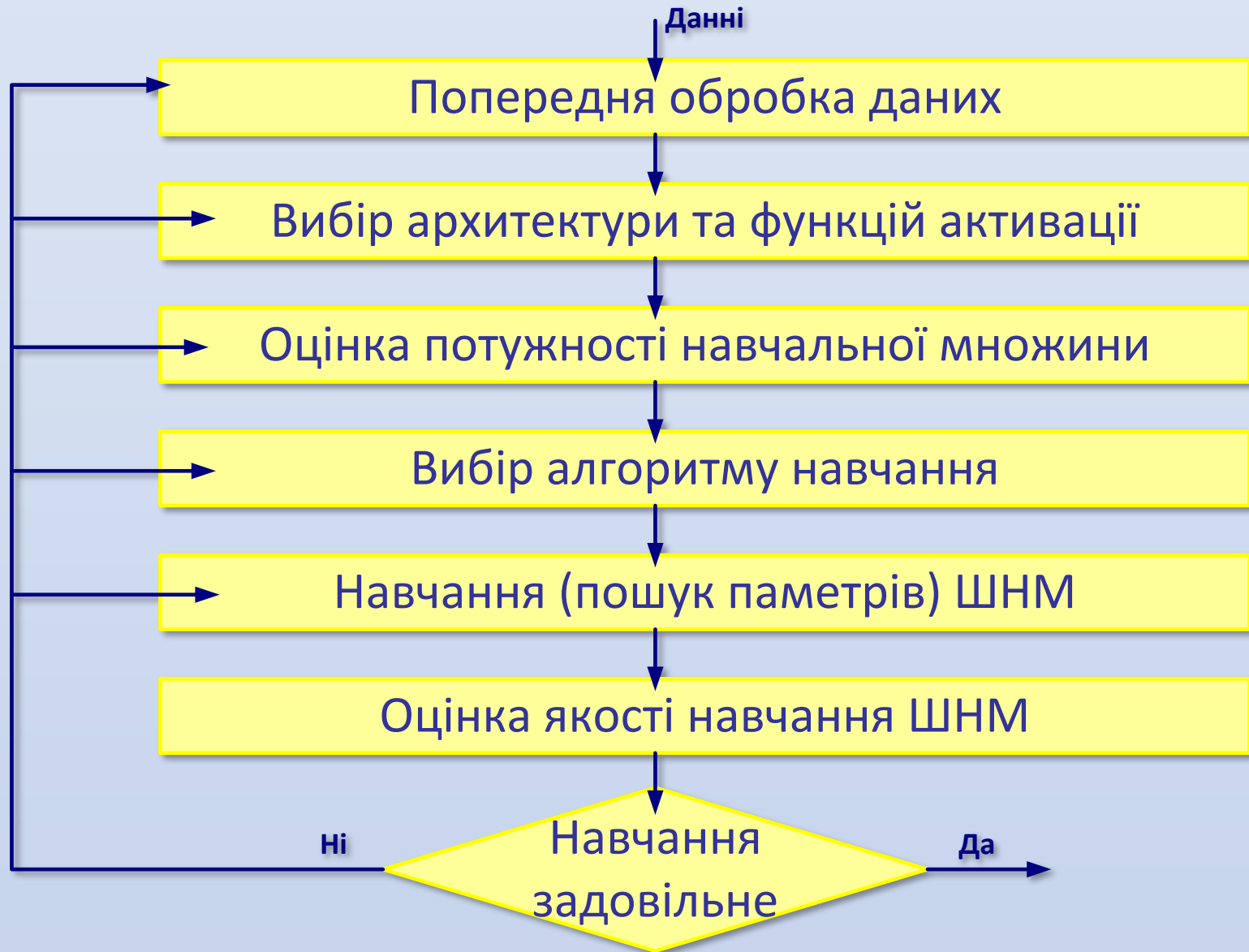
Мережі  
змагання

Мережі  
Кохена

Мережі  
Холфіда

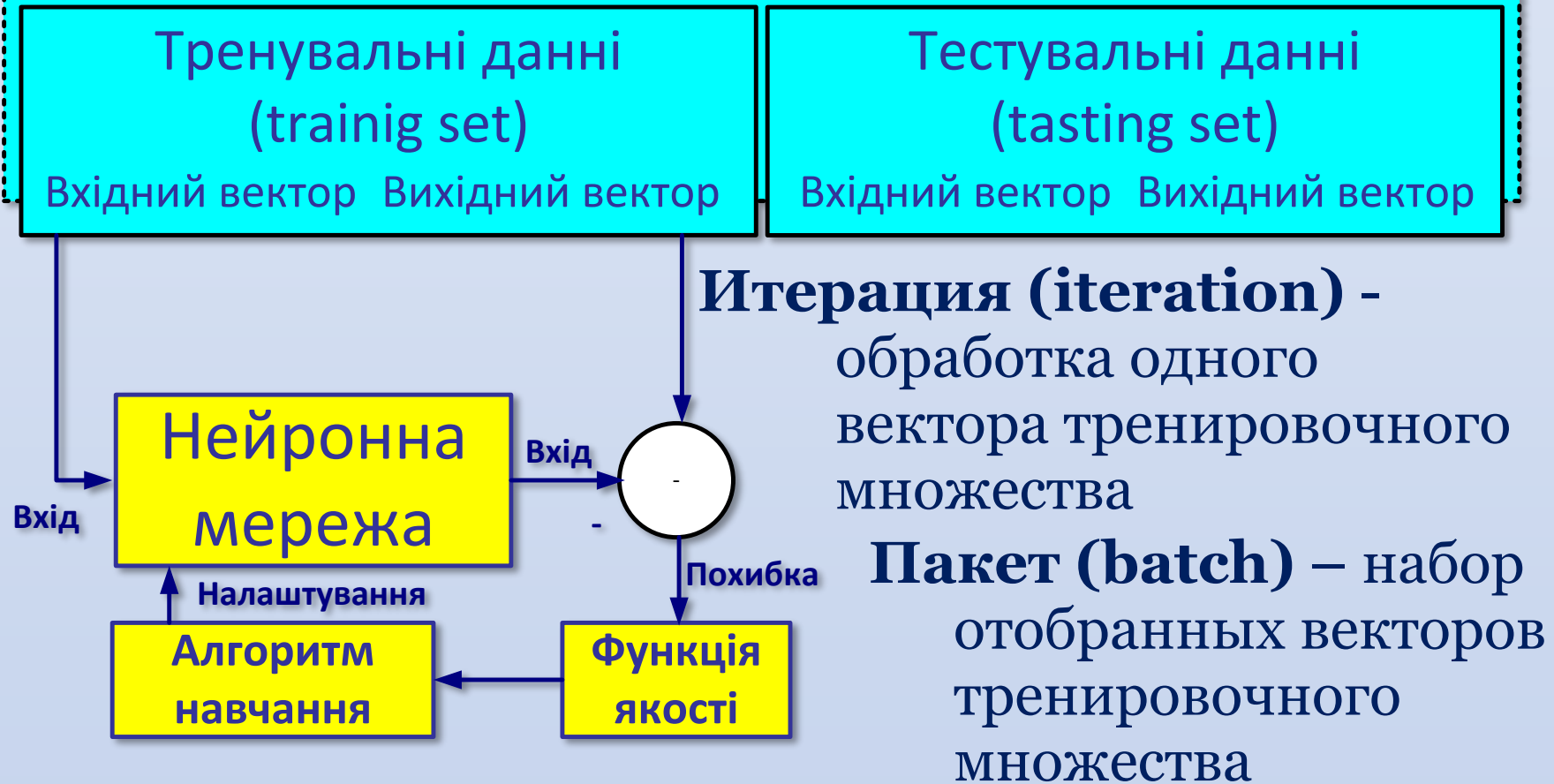
Мережі ART

# Налаштування ШНМ на задачу



# Використання ШНМ. Навчання

## Данні (Data)



**Епоха (epoch)** - перебор всех векторов тренувального множення

# Використання ШНМ. Тестування

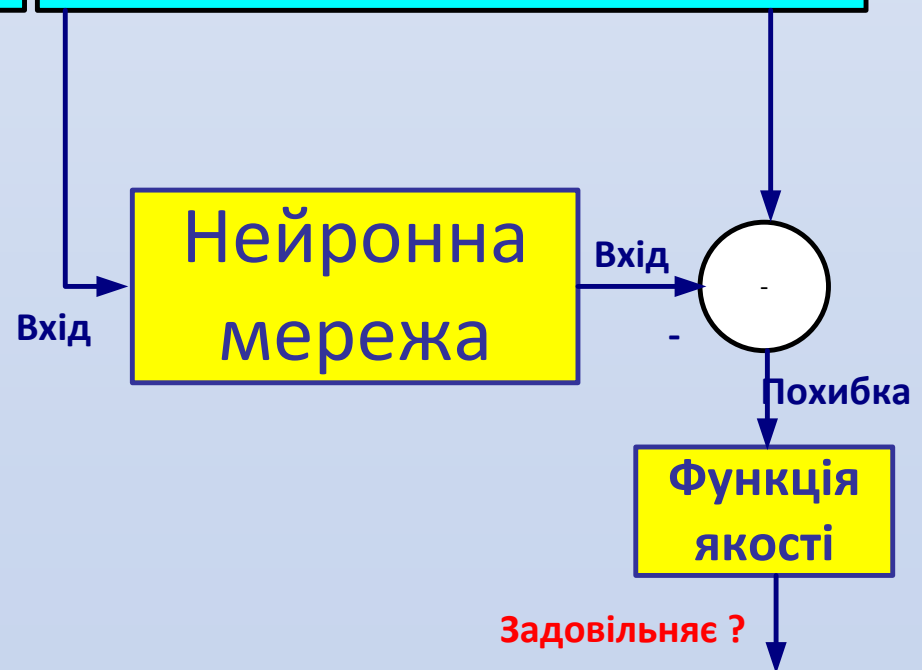
## Данні (Data)

Тренувальні данні  
(trainig set)

Вхідний вектор    Вихідний вектор

Тестувальні данні  
(tasting set)

Вхідний вектор    Вихідний вектор





# Налаштування ШНМ на задачу

**Предварительная обработка** – выбор из массива данных наиболее информативных либо понижение размерности данных.

**Выбор структуры и функций активации** – выбор архитектуры и оценка количества слоев (скрытых), оценка количества нейронов в слоях.

**Оценка мощности множества обучения** – оценка количества обучающих векторов.

**Выбор алгоритма обучения** – определение наиболее подходящего алгоритма обучения ИНС, определение условия окончания обучения.

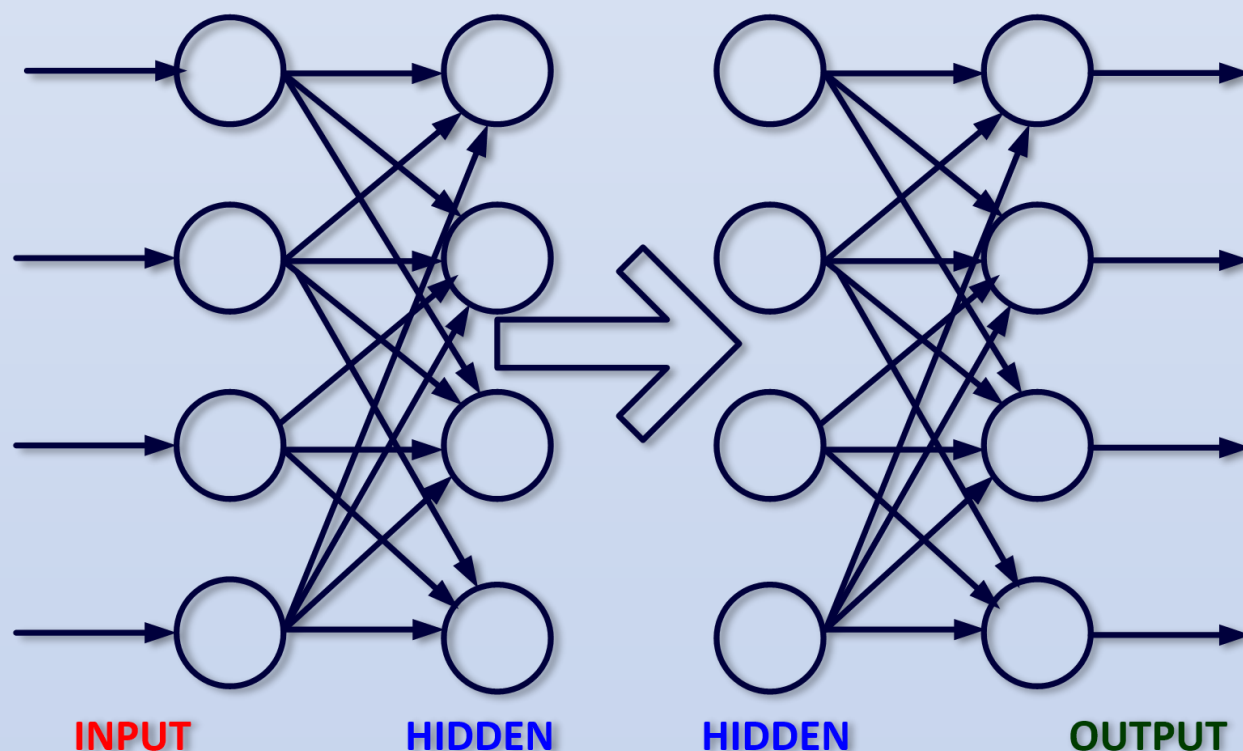
**Обучение.**

**Оценка качества обучения** – вероятность правильно работы ИНС на тестовом множестве.

# Многослойный перцептрон

**Перцептрон (персептрон, percipitio)** – модель восприятия информации мозгом.

**Перцептрон** - статическая нерекуррентная многослойная ИНС (MLP).



**Обучение (с учителем)** – как правило, алгоритм обратного распространения ошибки.

# **Многослойный перцептрон**

**Алгоритм обучения – базируется на методах нелинейного программирования**

**- методы первого порядка :**

- метод наискорейшего спуска (градиентный),**

- метод сопряженных градиентов,**

- квазиньютоновские методы.**

**- методы второго порядка (Ньютона-Рафсона и др.)**

# Многослойный перцептрон

- $k$  – эпоха,
- $L$  – количество слоев,
- $l$  – номер слоя,  $l=1,\dots,L$ ,
- $N^{(l)}$  – количество нейронов в  $l$ -ом слое,
- $i$  – номер нейрона в  $(l-1)$ -ом слое,  
 $i=1,\dots,N^{(l-1)}$
- $j$  – номер нейрона в  $(l)$ -ом слое,
- $w_{ij}^{(l)}(k)$  – вес связи  $i$ -го нейрона в  $(l-1)$ -ом слое с  $j$ -м нейроном  $l$ -го слоя на  $k$ -й эпохе,
- $b_j^{(l)}(k)$  – смещение  $j$ -го нейрона  $l$ -го слоя на  $k$ -й эпохе,
- $\{x_m, d_m\}$  – пары (вход, выход) обучающих векторов,  $m$  - номер пары,  $m = 1,\dots,P$ ,
- $P$  - мощность обучающего множества.

# Многослойный перцептрон

**Step 1.  $k=1$ . Задаем все пороги и веса равномерно распределенные на интервале  $(0, 1)$  или  $(-0.5, +0.5)$**

**Step 2. Задаем обучающую пару  $m=1$ .**

**Step 3. Прямой ход. Вычисление выходных сигналов каждого нейрона каждого слоя.**

$$y_i^{(0)}(k) = x_m$$

$$s_j^{(l)}(k) = \sum_{i=0}^{N^{(l-1)}} w_{ij}^{(l)}(k) * y_i^{(l-1)}(k)$$

$$y_j^{(l)}(k) = f^{(l)}(s_j^{(l)}(k))$$

# Многослойный перцептрон

Функции стоимости:  $E(k) = ERR(y_j^{(L)}(k), d_m)$

*Mean Square Error/Quadratic Loss/L2 Loss*

$$\text{MSE} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N^{(L)}} (y_j^{(L)}(k) - d_m)^2,$$

*Mean Absolute Error/L1 Loss*

$$\text{MAE} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N^{(L)}} |(y_j^{(L)}(k) - d_m)|,$$

*Cross Entropy Loss*

$$\text{CEL} = -(y_j^{(L)} \log(d_m)) + (1 - (y_j^{(L)})) \log(1 - d_m)$$

# Многослойный перцептрон

**Step 4. Вычисление ошибки (стоимости, cost)**

$$E(k) = 0.5 \sum_{j=1}^{N^{(L)}} e_j^2(k),$$

$$e_j(k) = y_j^{(L)}(k) - d_m \quad .$$

**Step 5. Настраиваем синаптические веса**

$$w_{ij}^{(l)}(k+1) = w_{ij}^{(l)}(k) - \eta * \frac{\partial E(k)}{\partial w_{ij}^{(l)}(k)}$$

$\eta$  - параметр, задающий скорость обучения (спуска по антиградиенту),  $0 < \eta < 1$ .

# Многослойный перцептрон

**Step 6. Проверка условия завершения**

**если  $k \bmod P > 0$ ,**

**то  $m=m+1$ ,  $k=k+1$ , на step 3**

**если  $k \bmod P = 0$ , и  $1/P \sum_{s=1}^P E(k - P + s) > \varepsilon$ ,**

**то  $k=k+1$ , на step 2**

**если  $k \bmod P = 0$ , и  $1/P \sum_{s=1}^P E(k - P + s) < \varepsilon$ ,  
stop**



# Многослойный перцептрон

Градиент?

Зависит от вида функций активации.

$$\frac{\partial E(k)}{\partial w_{ij}^{(l)}(k)} = y_i^{(l-1)}(k) * g_j^{(l)}(k)$$

$$g_j^{(l)}(k) = \begin{cases} f'^{(l)}(s_j^{(l)}(k)) * \sum_{q=1}^{N^{(l+1)}} w_{jq}^{(l+1)}(k) * g_q^{(l+1)}(k), & l < L \\ f'^{(l)}(s_j^{(l)}(k)) * (y_j^{(L)}(k) - d_{m,j}), & l = L \end{cases}$$

# Многослойный перцептрон

Если функция активации = сигмоида:

$$f^{(l)} \left( s_j^{(l)}(k) \right) = \frac{1}{1 + e^{-\left( s_j^{(l)}(k) \right)}},$$

$$f'^{(l)} \left( s_j^{(l)}(k) \right) = f^{(l)} \left( s_j^{(l)}(k) \right) (1 - f^{(l)} \left( s_j^{(l)}(k) \right)).$$

## **Рекомендована ЛІТЕРАТУРА**

- **Федоров Е.Е. Искусственные нейронные сети. — Красноармейск, ДВНЗ «ДонНТУ», 2016. — 338 с.**
- **Хакин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд. — М. : Издательский дом «Вильямс», 2016. — 1104 с.**

# Контрольні запитання

1. **Надайте класифікацію штучних нейронів**
2. **Надайте класифікацію штучних нейронних мереж.**
3. **Визначте процес налаштування нейронної мережі на вирішення задачі.**
4. **Надайте архітектуру перцептрона.**
5. **Надайте математичний опис функціонування перцептрона.**

**The END**  
**Mod 2. Lec 5.**