



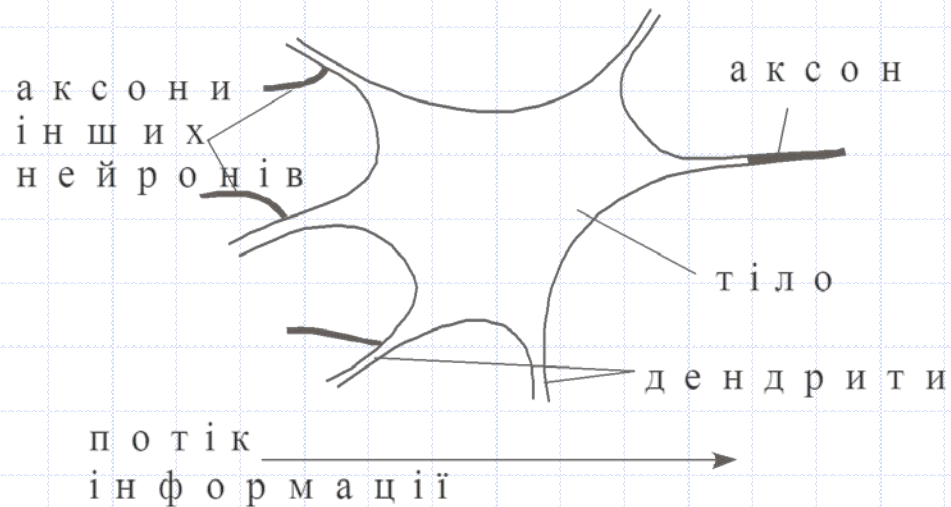
Лекція № 2

ОСНОВИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

2.1 Біологічні основи нейронних мереж

- ◆ Усі живі істоти складаються з клітин. Будівельними блоками нервової тканини є нервові клітини — нейрони, що складаються з:
 - тіла клітини
 - дендритів (входи)
 - аксона (вихід)

Біологічний нейрон



Біологічний нейрон (рис. 2.1) являє собою сильно розгалужену клітину з великим числом (до десятка тисяч) входів — **дендритів** і одним виходом — **аксоном**.

Синапс являє собою стовщену поверхню на мембрані тіла нейрона, до якої примикає синаптична бляшка. Інформація між нейронами передається за допомогою електричних імпульсів, що поширюються по аксонних волокнах.

Людський мозок містить приблизно 10^{10} – 10^{15} нейронів. Нейрони організовані в приблизно 1000 основних **модулів**, кожний з яких містить приблизно 500 нейронних мереж, а кожна мережа містить приблизно 100 нейронів.

2.2 Відмінність між біологічним і штучним нейроном

- ◆ Зазвичай біологічний нейрон розглядають як процесорний елемент (ПЕ), однак іноді роботу нейрона моделює вся нейронна мережа.
- 1. Вагові коефіцієнти зв'язків між нейронами можуть приймати як додатні, так і від'ємні значення — модель збуджуючих і гальмуючих зв'язків.
- 2. У біологічній системі існує багато видів нейронів, а в штучній нервовій системі — зазвичай тільки один.
- 3. Тривалість імпульсів у біологічній системі складає 10-100 мілісекунд, а в штучній нейромережі (ШНМ) визначається частотою процесора. У ряді випадків мозок працює істотно швидше, тому що він є високо паралельною архітектурою.
- 4. Число нейронів у біологічній і штучній мережі сильно різниться. Неможливо реалізувати біологічну структуру в комп'ютері.

2.3 Штучний нейрон

- ◆ Штучні нейронні мережі являють собою спрощену модель нервової тканини живих організмів, клітини якої є прообразом базових компонентів сучасних нейрокомп'ютерів.

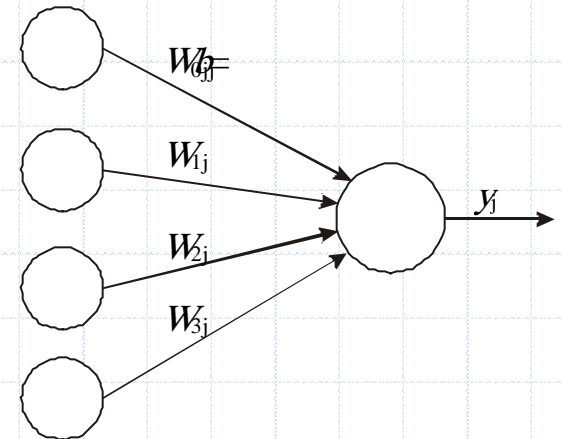
Штучний нейрон зазвичай представляють як деякий пороговий елемент, реакція якого визначається шляхом порівняння величини постсинаптичного потенціалу з деякою величиною порогу :

$$y = f(s - b)$$

де f — нелінійна активаційна функція нейрона.

$$s = \sum_{i=1}^n W_i x_i$$

де W_i — величина вагового коефіцієнту зв'язку для i -го входу нейрона.



Bias-нейрон

◆ Нейрон – пороговий елемент $y_j = f(x, W_j)$

◆ Зазвичай

$$y_j = f(\underbrace{W_j^T x}_{S_j}) \Leftrightarrow y_j = (W_j^T x + b_j)$$

де S_j — постсинаптичний потенціал; b_j — порогове значення (вагові коефіцієнти зв'язків з Bias-нейроном); W_j — вектор вагових коефіцієнтів (які зазвичай налаштовуються); f — активаційна функція (нелінійна порогова).

◆ **Bias-нейрон** — фіктивний нейрон, пов'язаний з усіма нейронами мережі (крім вхідних), вихід якого дорівнює 1. Можливі два види порогових функцій.

◆ $f(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$ — асиметрична, (2.1)

◆ $f(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases}$ — симетрична. (2.2)

Щоб забезпечити можливість використання градієнтних методів оптимізації для налаштування вагових коефіцієнтів застосовують *гладку* активаційну функцію. Найчастіше використовуються наступні активаційні функції:

Активаційні функції

1. Лінійна функція

$$f(x) = \alpha x$$

2. Кусково-лінійна функція

$$f(x) = \begin{cases} \gamma, & x \geq \gamma \\ x, & |x| < \gamma \\ -\gamma, & x \leq -\gamma \end{cases}$$

3. Сигмоїдна функція

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}} \quad f'(x) = \alpha f(x)[1 - f(x)]$$

4. Біполярна сигмоїдна функція

$$f(x) = -1 + \frac{2}{1 + e^{-\alpha x}}$$

5. Тангенс експоненціальний

$$f(x) = \tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

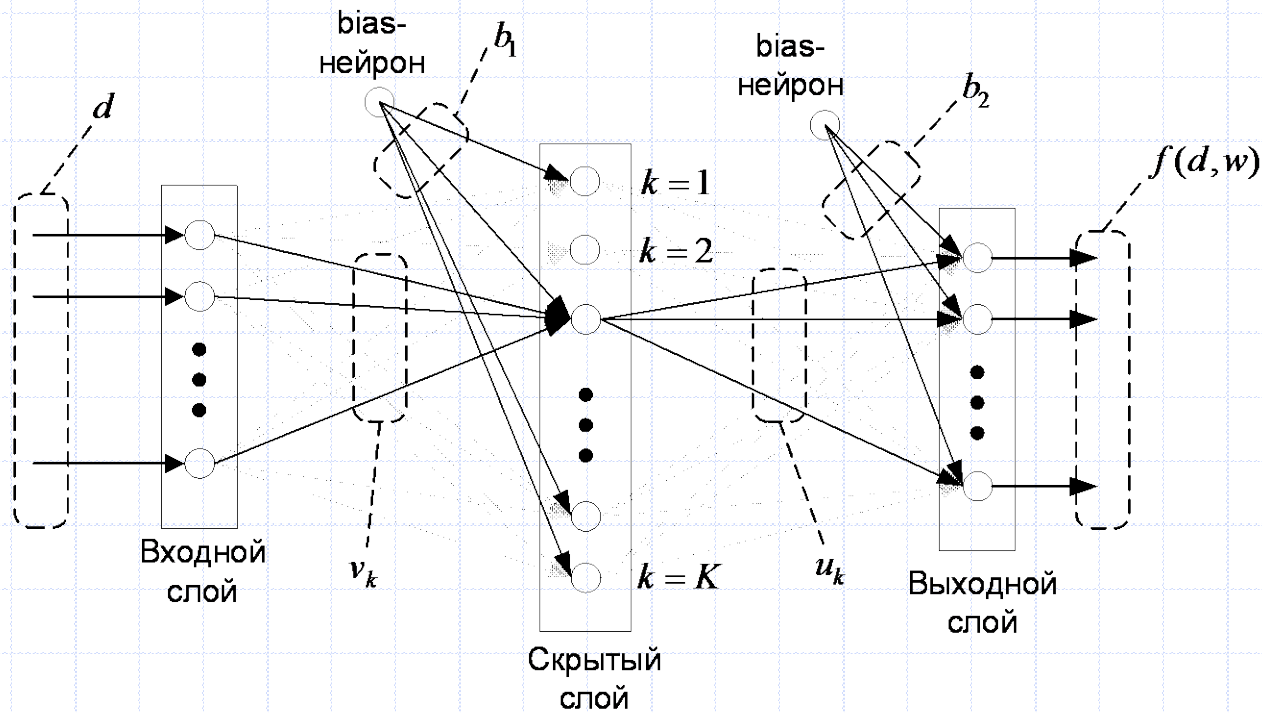
6. Гаусова (радіальна порогова) функція

$$f(x) = e^{-\frac{x^2}{v}}$$

Штучна нейронна мережа (ШНМ)

ШНМ — багатосарова нейромережева архітектура (рис. 2.3) одного з трьох видів:

- без зворотних зв'язків (feed-forward),
- з зворотними зв'язками
- з латеральним гальмуванням.



2.4 Історія розвитку нейромереж

Основні дати з історії нейромереж (НМ).

- ◆ 1890 - Перші відомості про мозок.
- ◆ 1940 - Мак-Каллок (Mc Culloch) і Піттс (Pitts) видали одну з перших публікацій по ШНМ.
- ◆ 1949 - Вийшла книга Хебба "Organization of Behavior", в якій описано метод Хебба модифікації вагових коефіцієнтів та ансамблеву структуру мережі.
- ◆ 1958 - розроблено перцептрон Розенблатта (реалізований на комп'ютері IBM 704).
- ◆ 1969 - Мінський і Пейперт опублікували книгу "Перцептрони", продемонструвавши обмежені можливості одношарової мережі (проблема лінійної роздільності).
- ◆ Початок застою на 10 років.
- ◆ 198х - Гросберг створив теорію адаптивного резонансу, що спричинила бурхливий розвиток НМ.

2.5. Режими функціонування мережі

- ◆ НМ функціонують у наступних режимах:
 - **навчання** — налагодження всіх коефіцієнтів;
 - **тестування** — перевірка працездатності мережі на незалежній вибірці;
 - **прогін** — використання мережі на невідомих даних.
- ◆ Існує два режими навчання:
 - **з учителем** — на вхід мережі подаються вхідні образи, на вихід — цільовий вихід. Вагові коефіцієнти налаштовуються на основі помилки між реальним і бажаним виходом.
 - **без учителя** — на вихід дані не подаються. Мережа сама формує взаємозв'язки між однотипними вхідними даними (кластеризація).