

КОГНИТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

122 «Комп'ютерні науки»

КНМ-21

2021 / 2022 навчальний рік

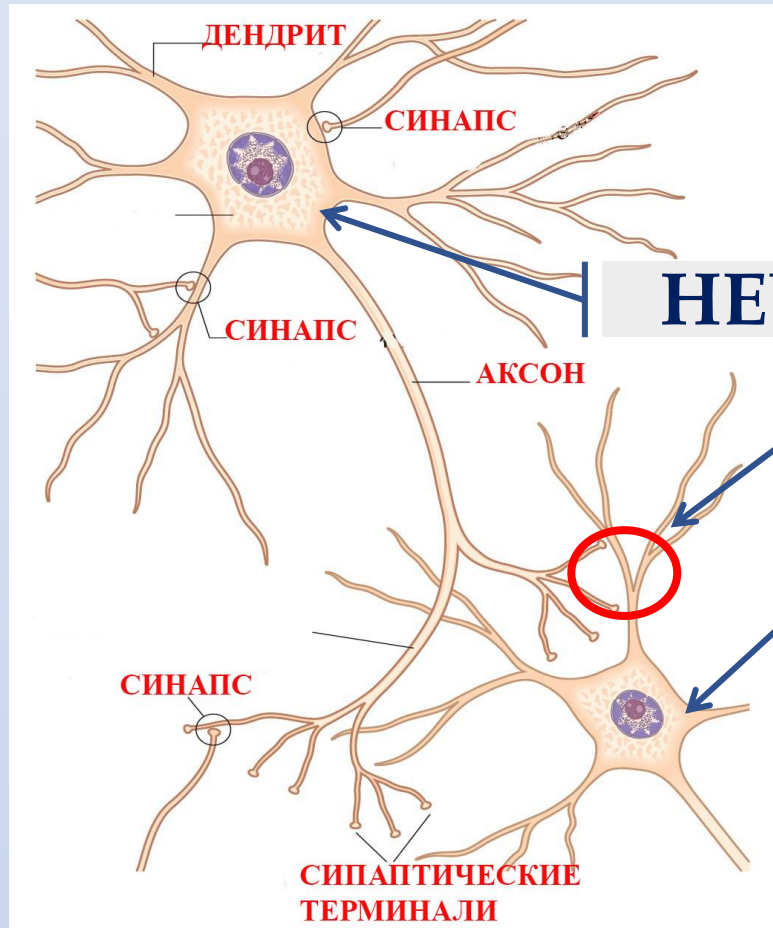
БІОЛОГІЧНИЙ VS ШТУЧНИЙ НЕЙРОН

Природний / штучний нейрон

1. *Робота мережі природніх нейронів. Функції синапсу.*
2. *Штучний нейрон. Структура, основні залежності.*
3. *Функції активації.*

Связь нейронов

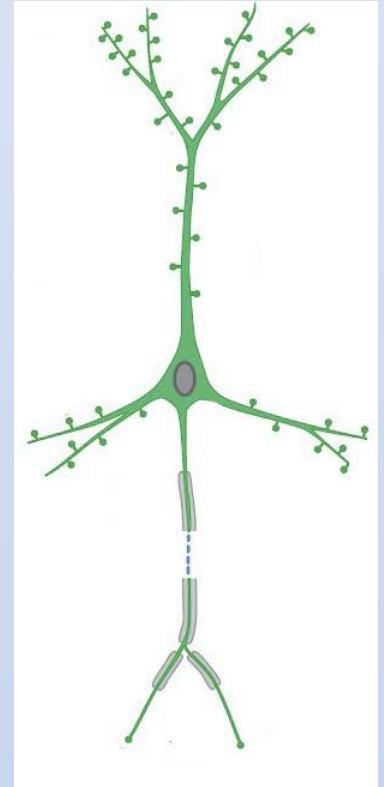
Нейрон – несколько десятков тысяч входящих синапсов и около десяти исходящих



НЕЙРОН 1

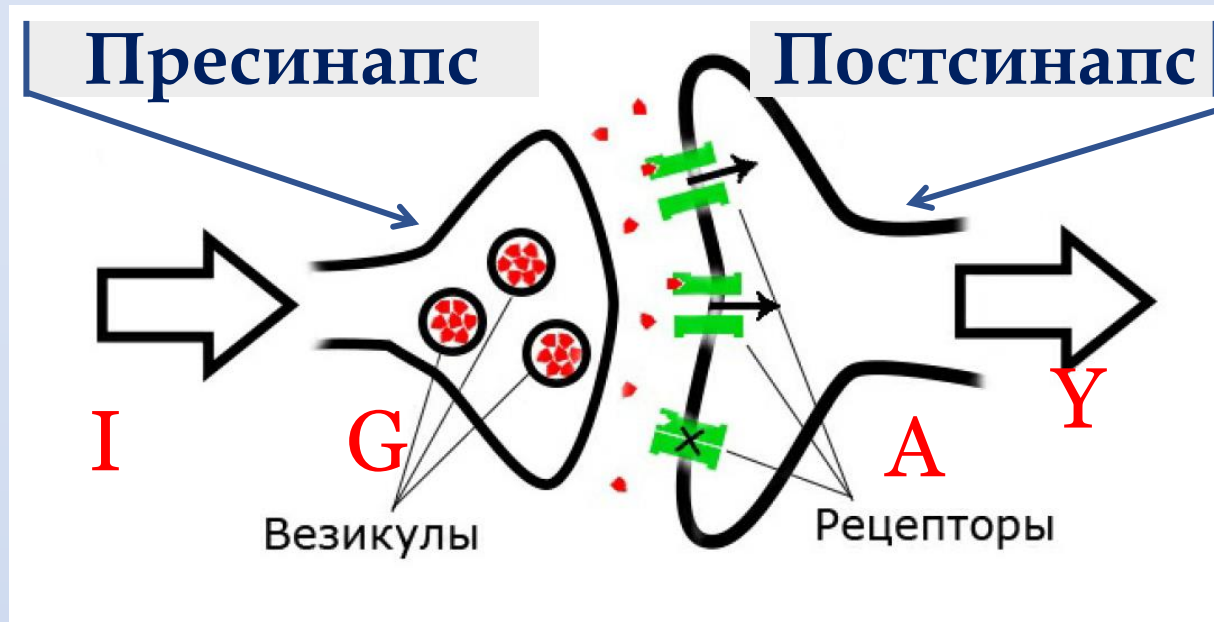
Синаптическая
связь

НЕЙРОН 2



Нейрон накапливает потенциал и после превышения порога – по аксону проходит волна импульсов, достигающая синаптические терминали (**волна потенциала действия**).

Синапс



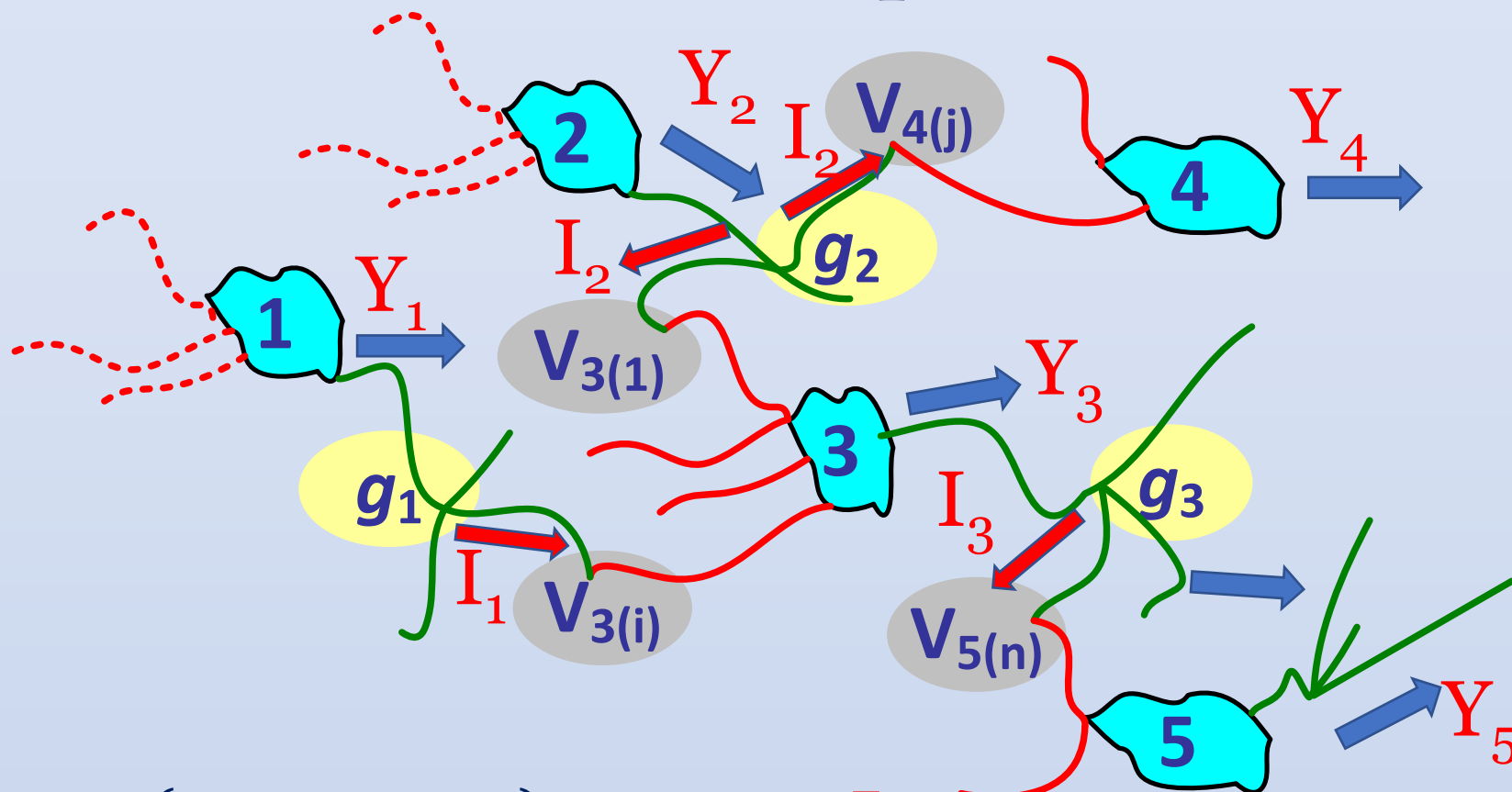
Плазматическая мембрана **пре-синаптического** нейрона вступает в взаимодействие с мембраной **постсинаптического** нейрона

Везикула – пузырек с порцией вещества нейромедиатора. Пусть ***g*** количество везикул (разное).

Рецептор – реагирует на нейромедиатор. Пусть ***a*** – количество (вес), определяющее чувствительность постсинапса.

“СИЛА СИНАПСА” $V = g * a$

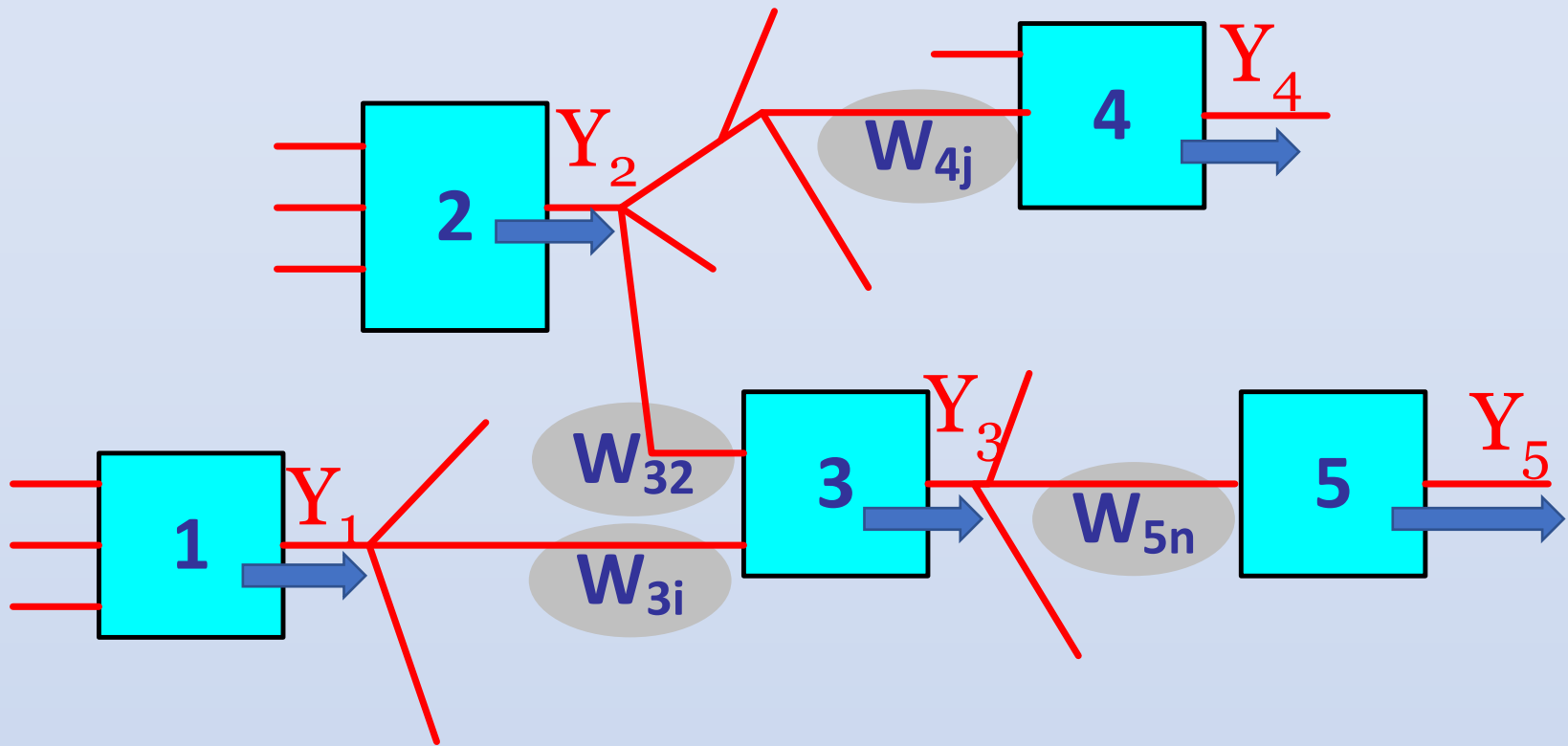
Сеть нейронов



Вход (потенциал) синапса I – некоторая доля g выхода пресинаптического аксона Y .

Выход нейрона Y – сложная (нелинейная, нестатическая) функция входов синапсов и их весов W .

Сеть нейронов

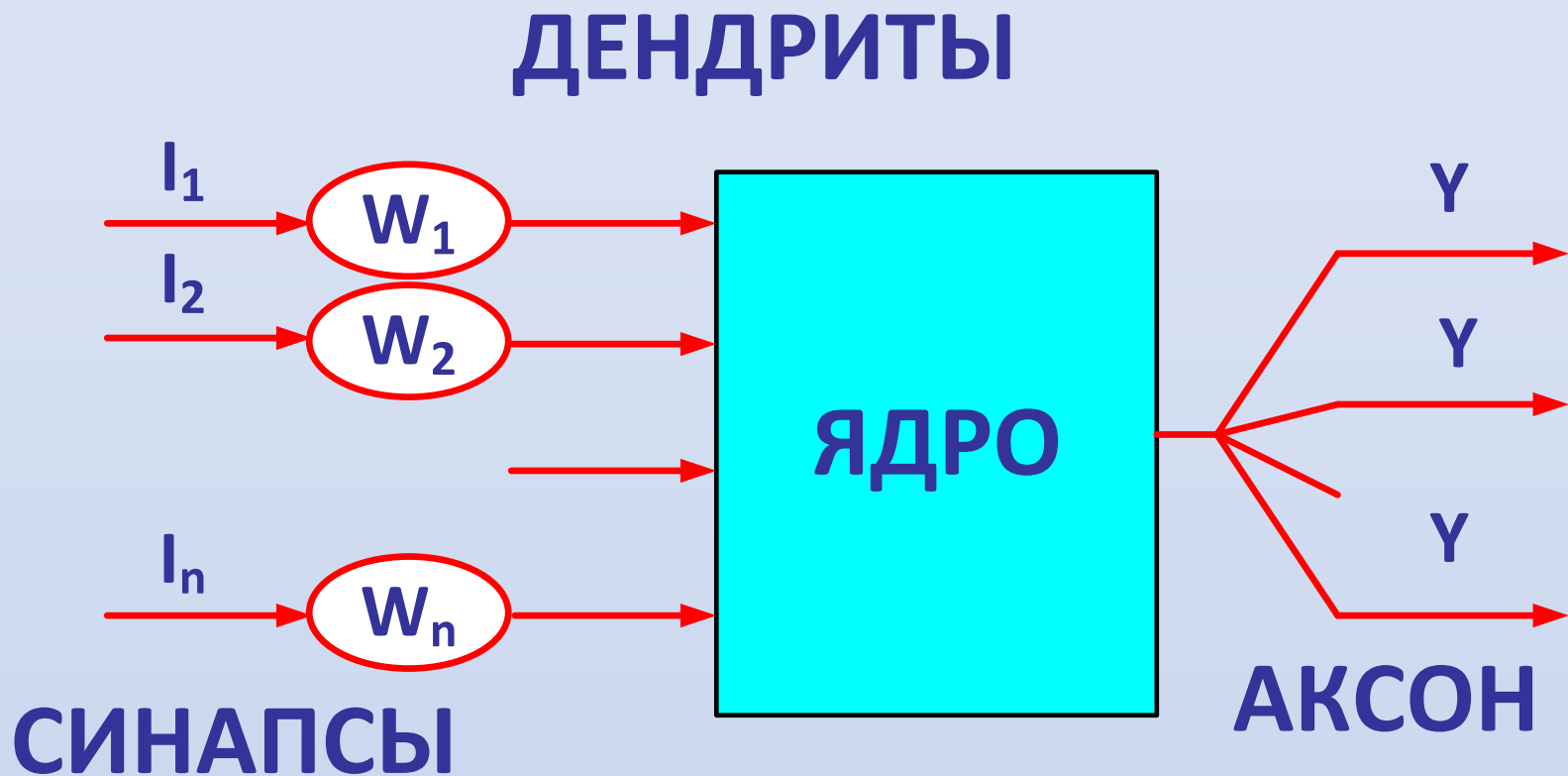


УПРОЩЕННО:

$I = Y$ – выходной сигнал аксона = входной сигнал дендрита

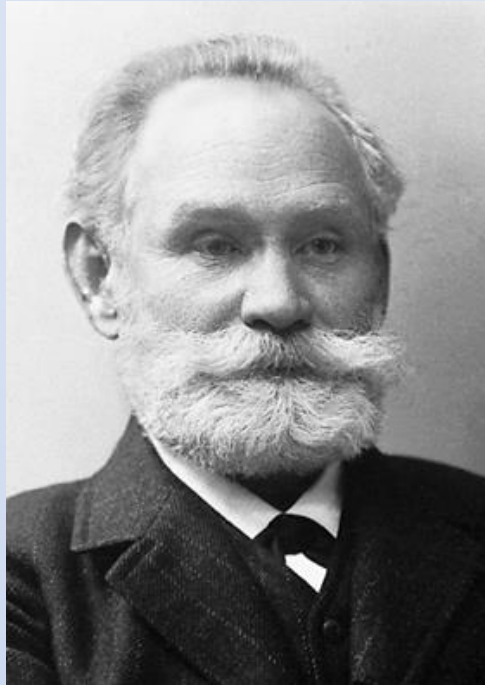
$W = V(g, a)$ - вес связи синапса.

Искусственный нейрон



Функционирование синапса – связь аксона и дендрита «моделируется» весом связи W .

И.П.Павлов (1849-1936)

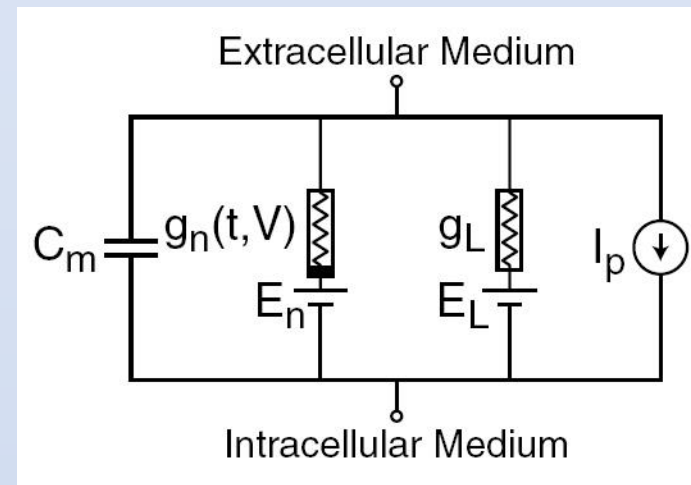
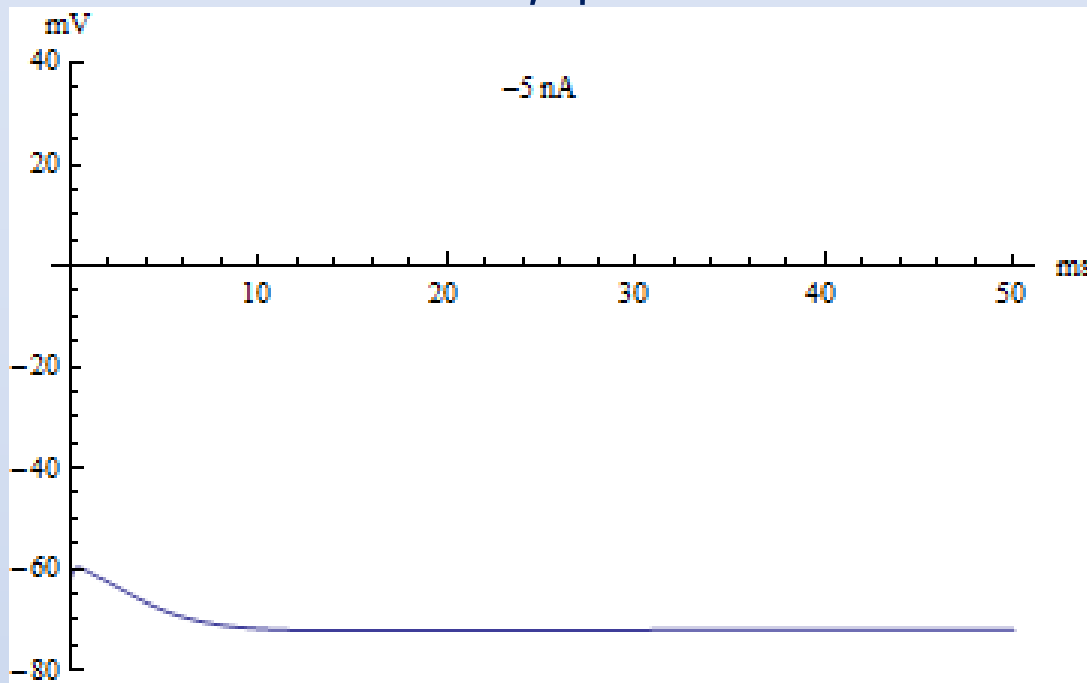


**Высшая нервная
деятельность. Теория
рефлексов.
Нобелевская премия
1904 р.**

Условный рефлекс – устойчивая связь между безусловным рефлексом и случайным сигналом, которая возникает при их повторяющихся совпадениях.

! Приобретенный рефлекс – не врожденный, не передается по наследству.

Модель возбуждения Ходжкина – Хаксли



**Существенная
нелинейность**

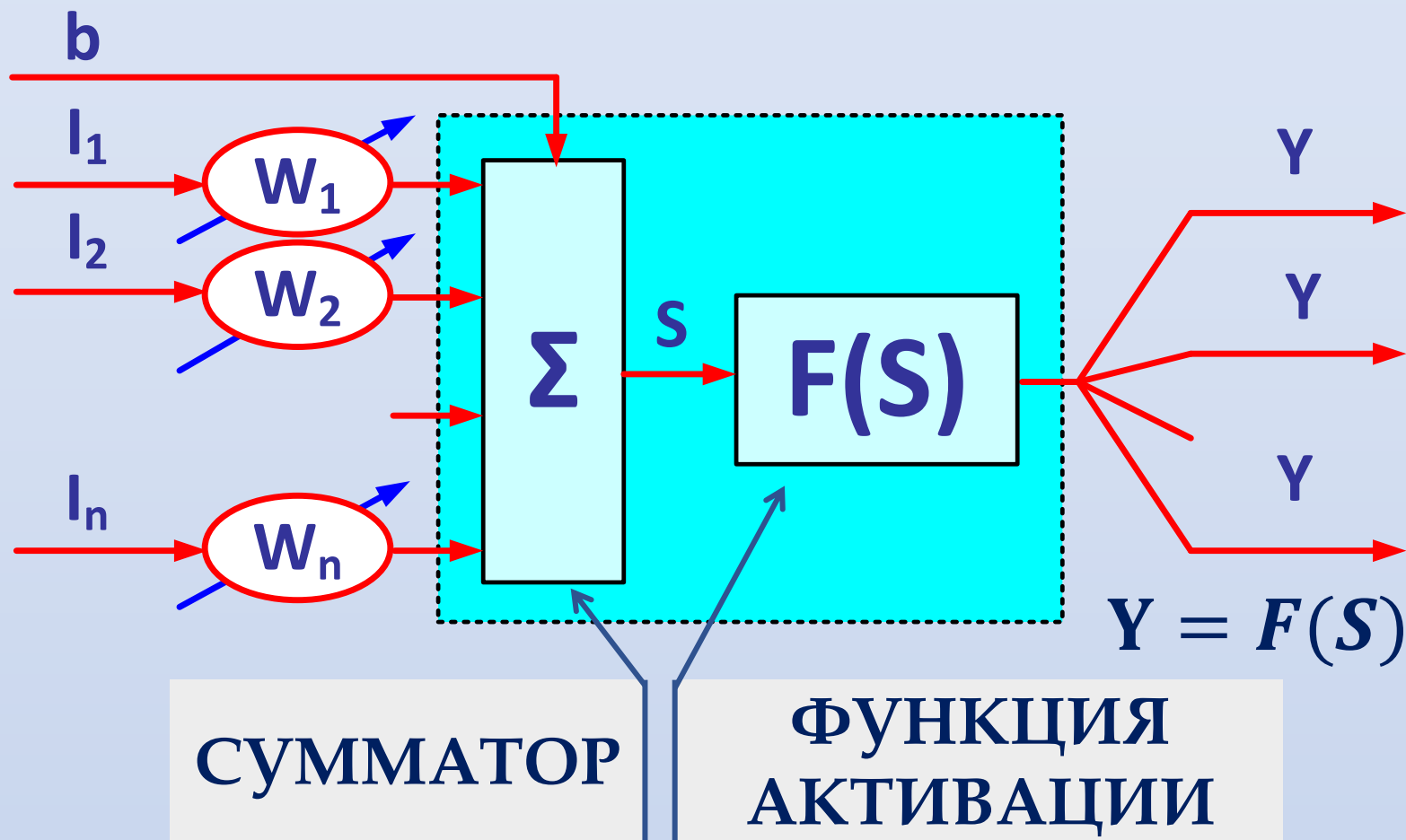
Если исходный потенциал недостаточен, то модель остаётся в равновесном состоянии. Если потенциал переходит через определённый порог, то модель отвечает одним импульсом. Если потенциал в значительной степени превышает данный порог, то модель отвечает серией импульсов.

Правило ХЕББА

Если аксон нейрона **1** находится достаточно близко, чтобы возбуждать нейрон **2**, и неоднократно или постоянно принимает участие в ее возбуждении, то наблюдается некоторый процесс, ведущий к увеличению эффективности **1**, как одной из клеток возбуждающих **2**»

- **Причинно-следственная связь.** Связь имеет между нейронами имеет тенденцию к усилению.
- **Местоположение изменений.** Усиление связанности происходит либо за счет изменения в проводимости синапса, либо за счет изменения метаболических особенностей самих клеток.
- **Совокупное возбуждение.** возбуждение постсинаптического нейрона **не может быть осуществлено только за счет одного пресинаптического стимула.**

Искусственный нейрон



$$S = b + \sum_{j=1}^n I_j * W_j = b + \langle I, W \rangle$$

Функция активации нейрона

Функция активации нейрона $F(S)$ моделирует возбуждение нейрона.

Формирует выходной сигнал Y нейрона в зависимости от взвешенной суммы входных сигналов и некоторых параметров возбуждения.

В естественных нейронах – сложная зависимость (см. модель Ходжкина-Хаксли), определяющая силу и скорость формирования потенциала действия аксона нейрона.

В искусственных нейронах моделируется нелинейной функцией одной переменной. Принято (?), что выходной сигнал искусственного нейрона может меняться в пределах $0 \leftrightarrow 1$ или $-1 \leftrightarrow 1$.

Функция активации нейрона

Важные свойства функции активации:

Нелинейность. Для нелинейной функции показано, что двухуровневая нейронная сеть будет универсальным аппроксиматором функции.

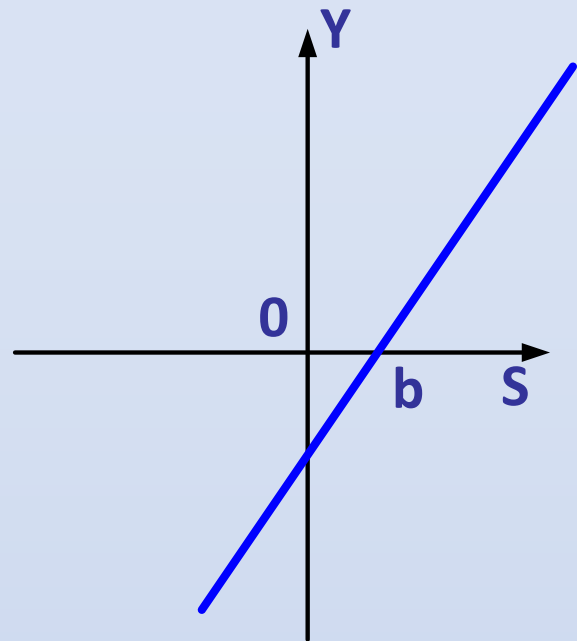
Непрерывная дифференцируемость – желательное свойство (методы градиентного спуска).

Гладкость с монотонной производной – более высокая степень общности.

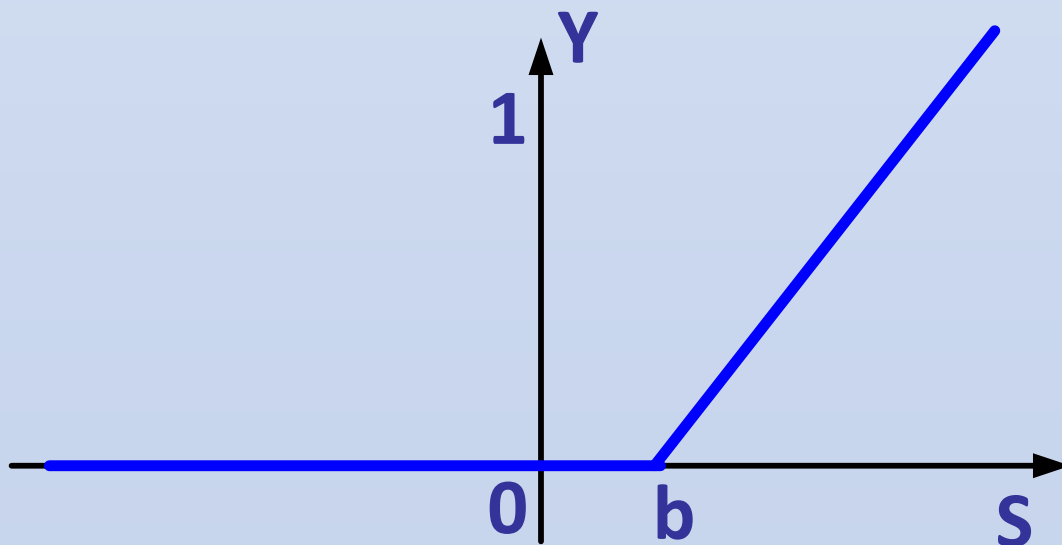
Монотонность – гарантирует **выпуклость** поверхности ошибок (однослойные архитектуры).

Функция активации нейрона

Линейная $Y = S$, $Y = S + b$:



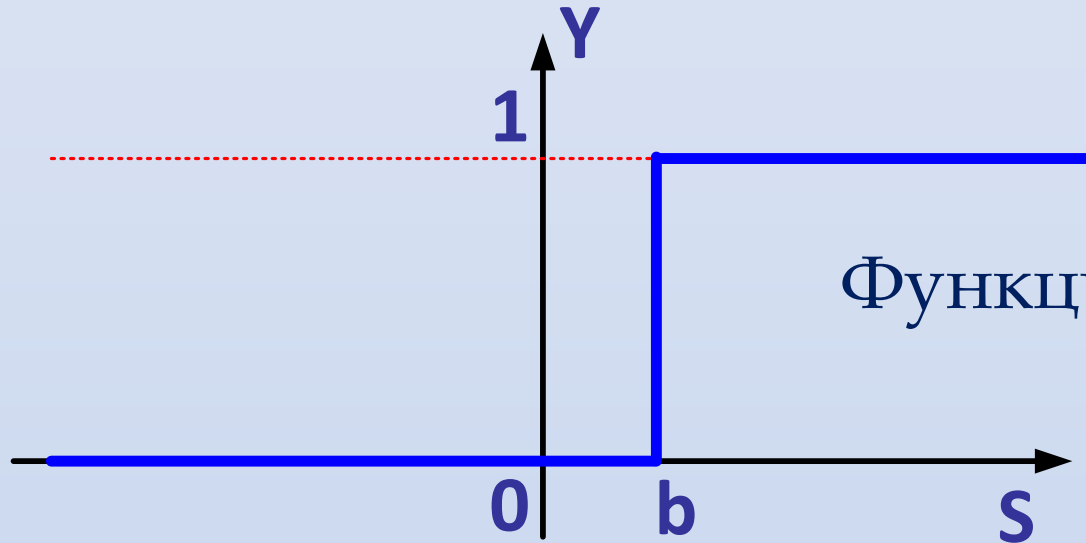
$$\text{ReLU} \quad Y = \begin{cases} 0 & S < b \\ S & S > b \end{cases}$$



Rectifier
Linear Unit
Линейный
выпрямитель

Функция активации нейрона

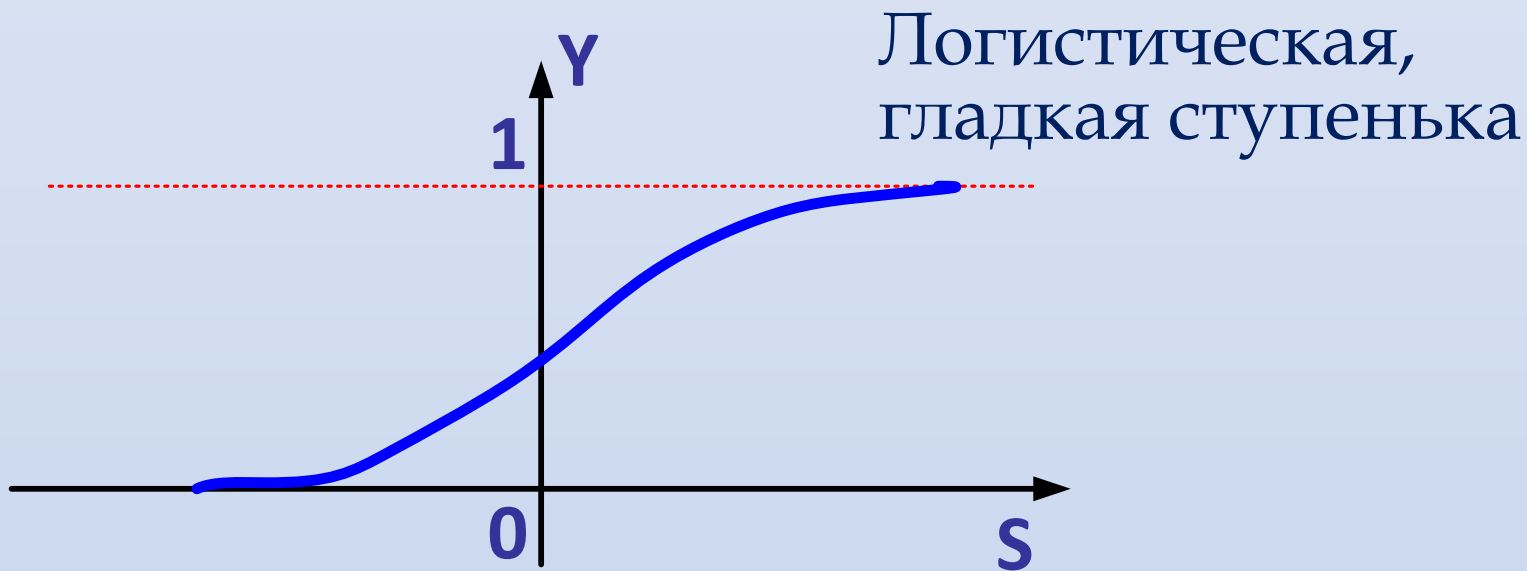
Ступенька $Y = \begin{cases} 0 & s < b \\ 1 & s > b \end{cases}$



Функция Хэвисайда

Функция активации нейрона

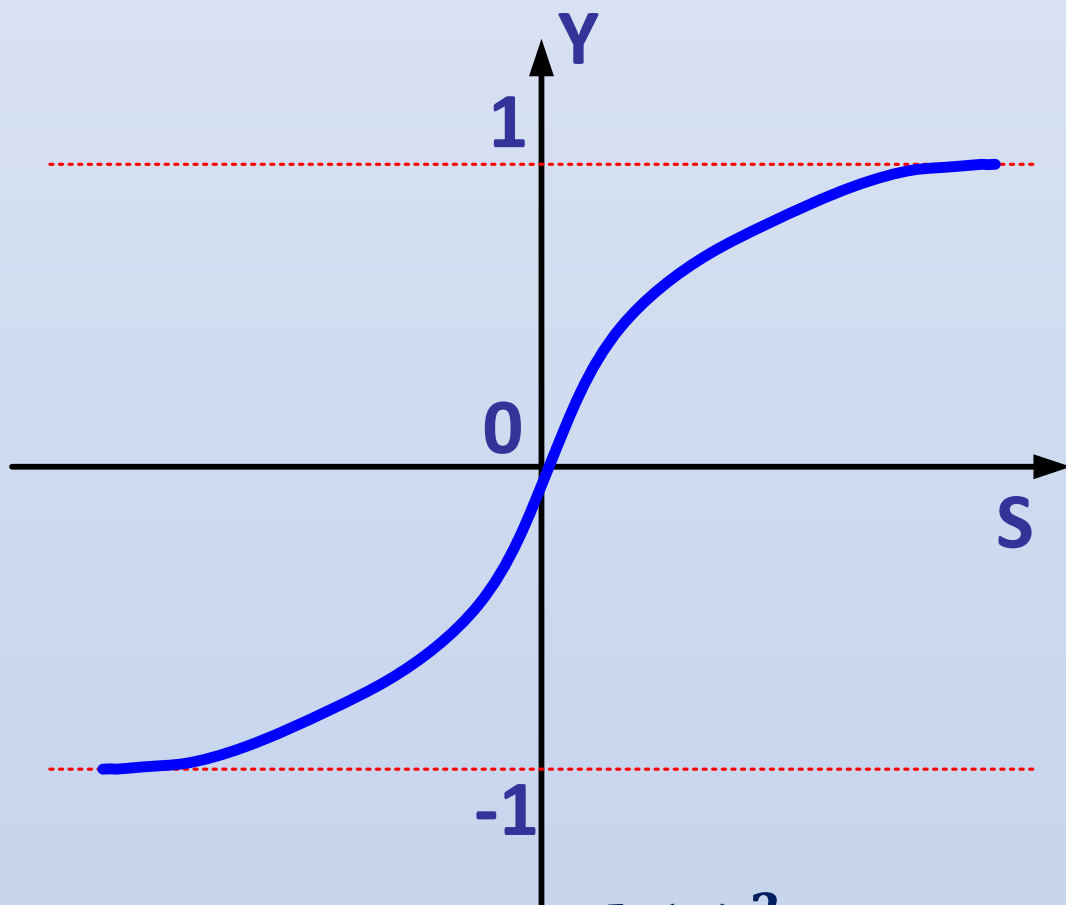
Сигмоида $Y = \sigma(S) = \frac{1}{1+e^{-S}}$:



Производная: $\sigma(S)(1 - \sigma(S))$

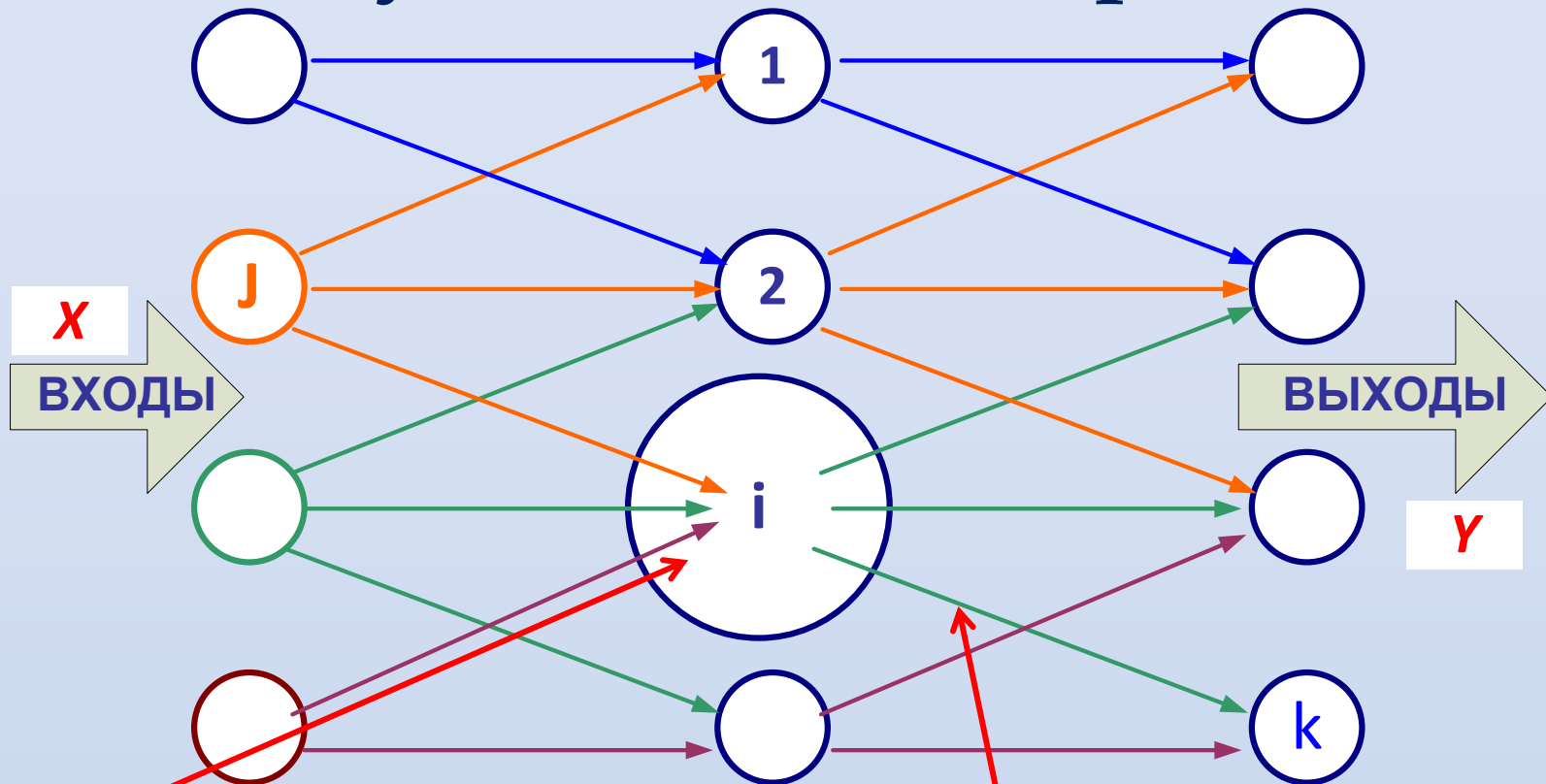
Функция активации нейрона

Гиперболический тангенс $Y = th(S) = \frac{e^S - e^{-S}}{e^S + e^{-S}}$



Производная: $1 - th(S)^2$

Искусственная нейросеть



НЕЙРОН i в слое l

$N_i^{(l)}$, выход $h_i^{(l)}$

СЛОЙ L

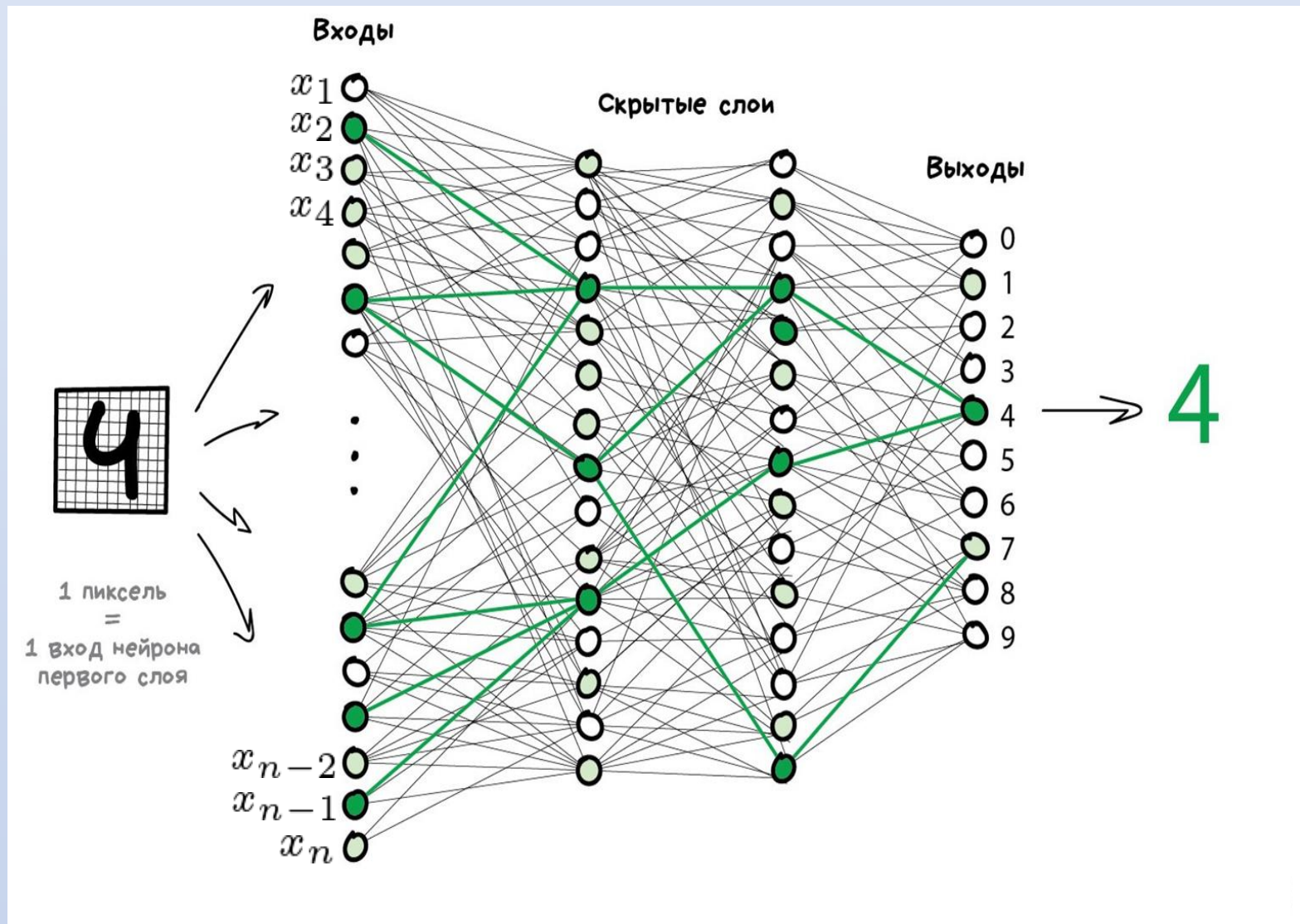
Вес синапса

$W_{i,k}^{(l+1)}$

СЛОЙ L+1

Синапс нейрона k -го слоя $l+1$ от i -го нейрона слоя l

Многослойный перцептрон



Рекомендована ЛІТЕРАТУРА

- **Мозг, познание, разум: введение в когнитивные нейронауки** [Электронный ресурс] : в 2 ч. Ч. 1 / под ред. Б. Баарса, Н. Гейдж ; пер. с англ. под ред. проф. В. В. Шульговского. — Эл. изд. — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 552 с.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. — (Лучший зарубежный учебник)
- **Хакен Герман. Принципы работы головного мозга. Синергетический подход к активности мозга, поведению и когнитивной деятельности.** — М. : ПЕР СЭ, 2001. — 351 с.

Контрольні запитання

1. Надайте опис передачі сигналів в мережі природніх нейронів.
2. Надайте структуру та опишіть роботу штучного нейрону.
3. Визначте суттєві відмінності природнього та штучного нейронів.
4. Визначте призначення функції активації штучного нейрону.
5. Опишіть типові функції активації та їх властивості.

The END
Mod 2. Lec 4.