



Л е к ц и я № 13

Искусственные нейронные сети

Разработал профессор П. М. Васильев
Кафедра фармакологии и биоинформатики

Для студентов, обучающихся по направлению 06.03.01 «Биология»
профили Биохимия, Генетика
при изучении дисциплины «Цифровые технологии в биологии»

П л а н л е к ц и и

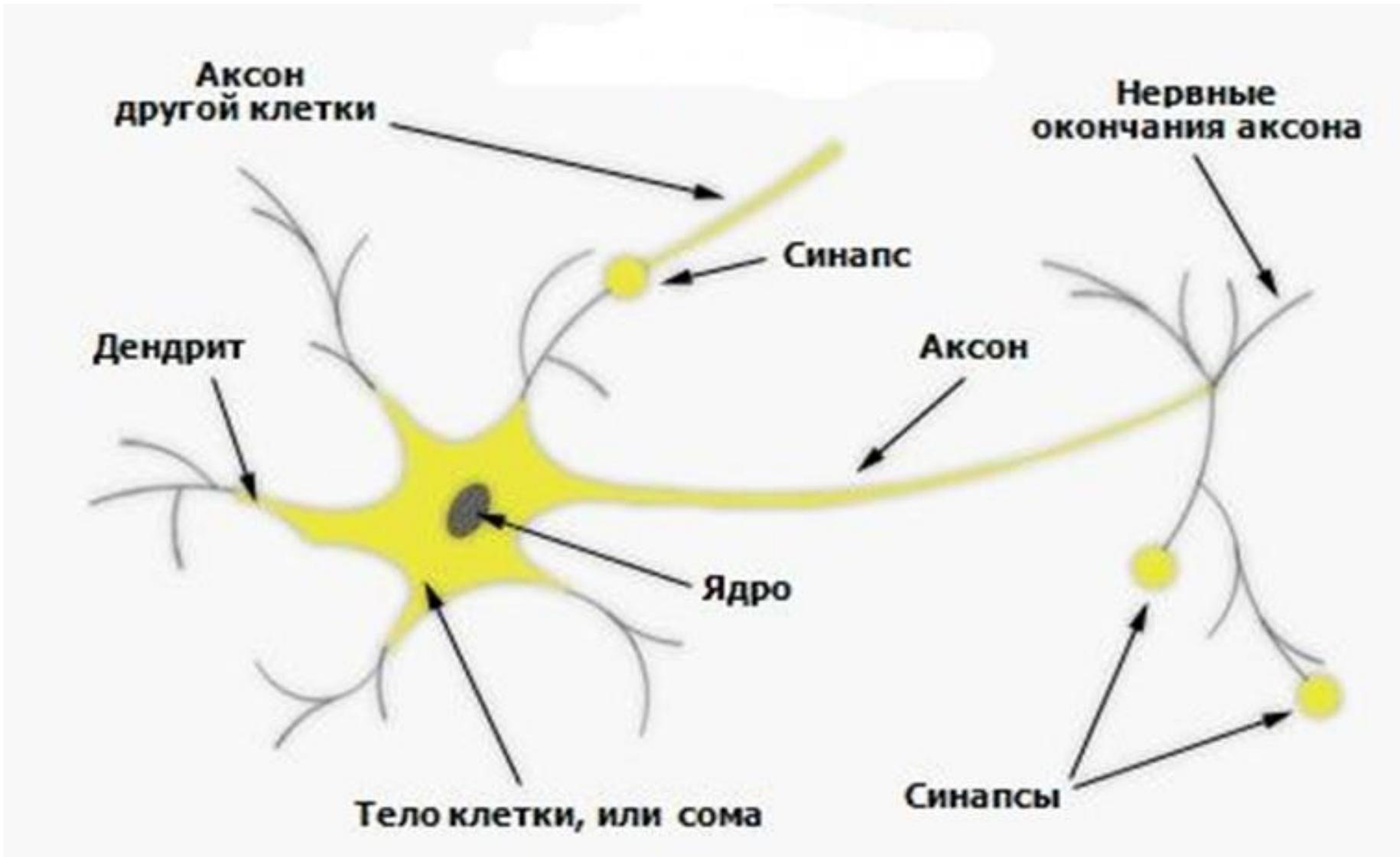
- Искусственные нейронные сети
- Теорема Колмогорова
- Основные виды нейронных сетей
- Нейронные сети прямого распространения
- Полносвязные нейронные сети
- Рекуррентные нейронные сети
- Нейронные сети глубокого обучения
- Сверточные нейронные сети

Искусственные нейронные сети

Artificial Neural Networks, ANN

Упрощенная модель биологической нейронной сети, представляющая собой совокупность искусственных нейронов, взаимодействующих между собой.

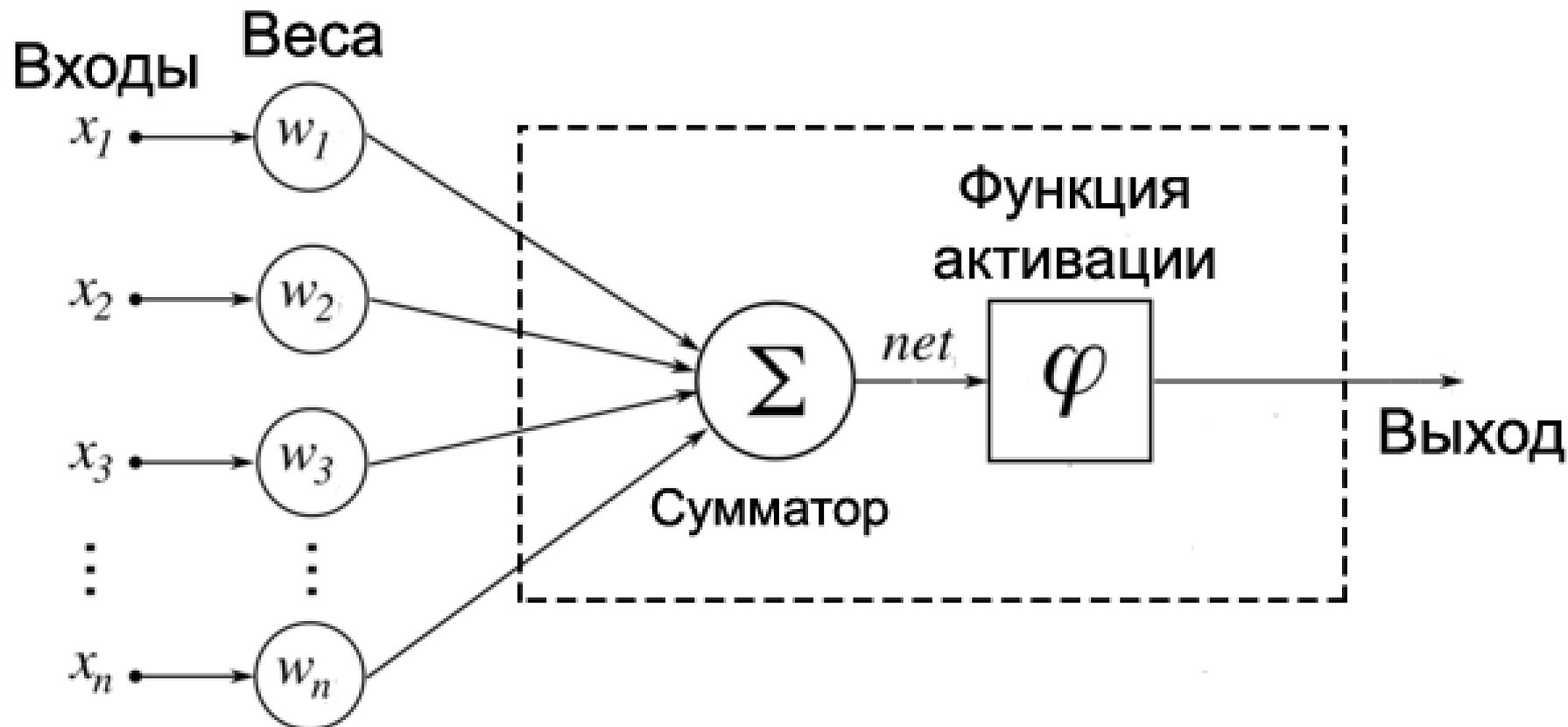
Биологические нейронные сети



Соответствие нейронных сетей

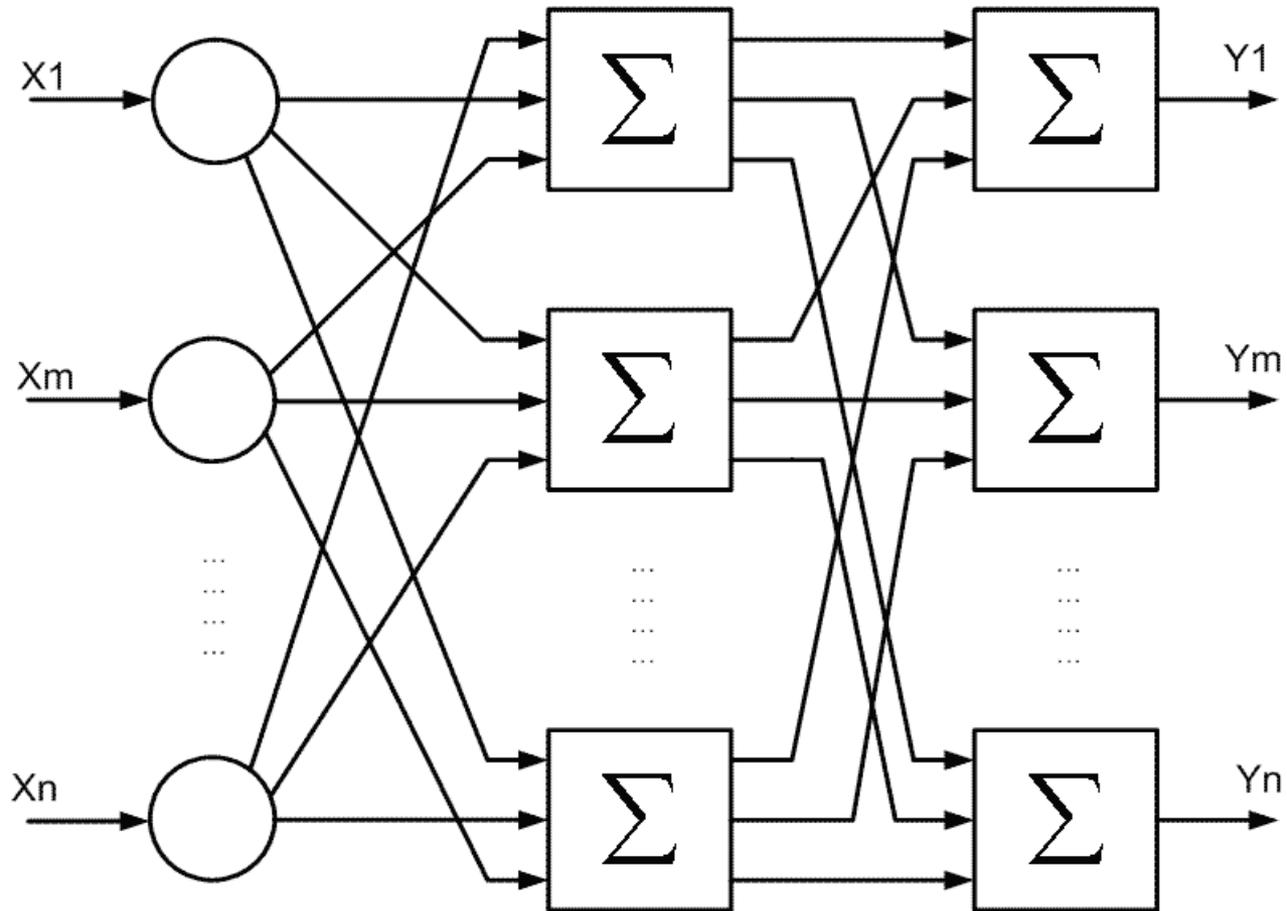
Биологическая	Искусственная
Дендриты	Входы
Ядро, сома	Узлы
Синапсы	Весы
Аксоны	Выходы

Искусственный нейрон



Пример архитектуры ИНН

ИНН прямого распространения



Теорема Колмогорова

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 114, № 5

МАТЕМАТИКА

Академик А. Н. КОЛМОГОРОВ

О ПРЕДСТАВЛЕНИИ НЕПРЕРЫВНЫХ ФУНКЦИЙ НЕСКОЛЬКИХ ПЕРЕМЕННЫХ В ВИДЕ СУПЕРПОЗИЦИЙ НЕПРЕРЫВНЫХ ФУНКЦИЙ ОДНОГО ПЕРЕМЕННОГО И СЛОЖЕНИЯ

Целью заметки является краткое изложение доказательства следующей теоремы:

Теорема. При любом целом $n \geq 2$ существуют такие определенные на единичном отрезке $E^1 = [0; 1]$ непрерывные действительные функции $\psi^{pq}(x)$, что каждая определенная на n -мерном единичном кубе E^n непрерывная действительная функция $f(x_1, \dots, x_n)$ представима в виде

$$f(x_1, \dots, x_n) = \sum_{q=1}^{q=2n+1} \chi_q \left[\sum_{p=1}^n \psi^{pq}(x_p) \right], \quad (1)$$

где функции $\chi_q(y)$ действительны и непрерывны.

При $n = 3$, положив

$$\varphi_q(x_1, x_2) = \psi^{1q}(x_1) + \psi^{2q}(x_2), \quad h_q(y, x_3) = \chi_q[y + \psi^{3q}(x_3)],$$

получаем из (1)

$$f(x_1, x_2, x_3) = \sum_{q=1}^7 h_q[\varphi_q(x_1, x_2), x_3], \quad (2)$$

что является небольшим усилением результата В. И. Арнольда⁽²⁾, который показал, что любая непрерывная функция трех переменных представима в виде суммы девяти слагаемых того же вида, как слагаемые, входящие в формулу (2) в числе семи. Результаты моей заметки⁽¹⁾ не вытекают из сообщаемой сейчас новой теоремы в их точных формулировках, но принципиальное их содержание (в смысле возможности представления функций нескольких переменных суперпозициями функций меньшего числа переменных и их приближения суперпозициями фиксированного вида из многочленов от одного переменного и сложения) очевидно содержится в новой теореме. Метод доказательства новой теоремы элементарнее методов работ^(1,2), сводясь к прямым конструкциям и подсчетам. Исчезла, в частности, необходимость употребления деревьев из компонент линий уровня. Фактически, однако, конструкции, употребленные в этой заметке, были найдены путем анализа конструкций, упущенных в^(1,2), и стбрасывания в них деталей, излишних для получения конечного результата.

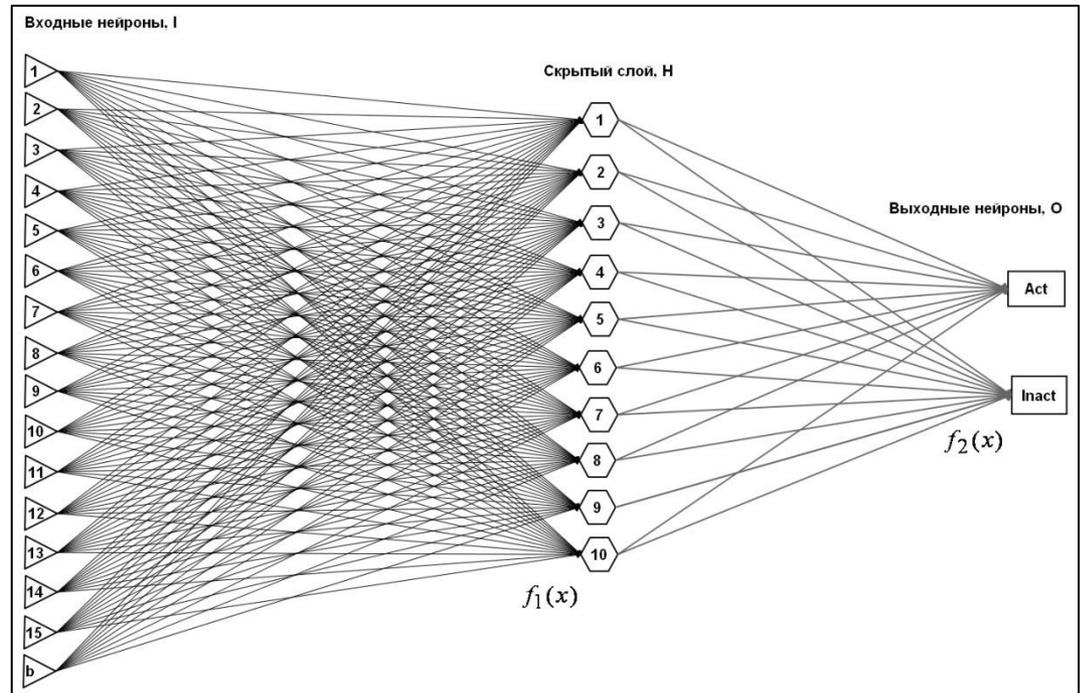
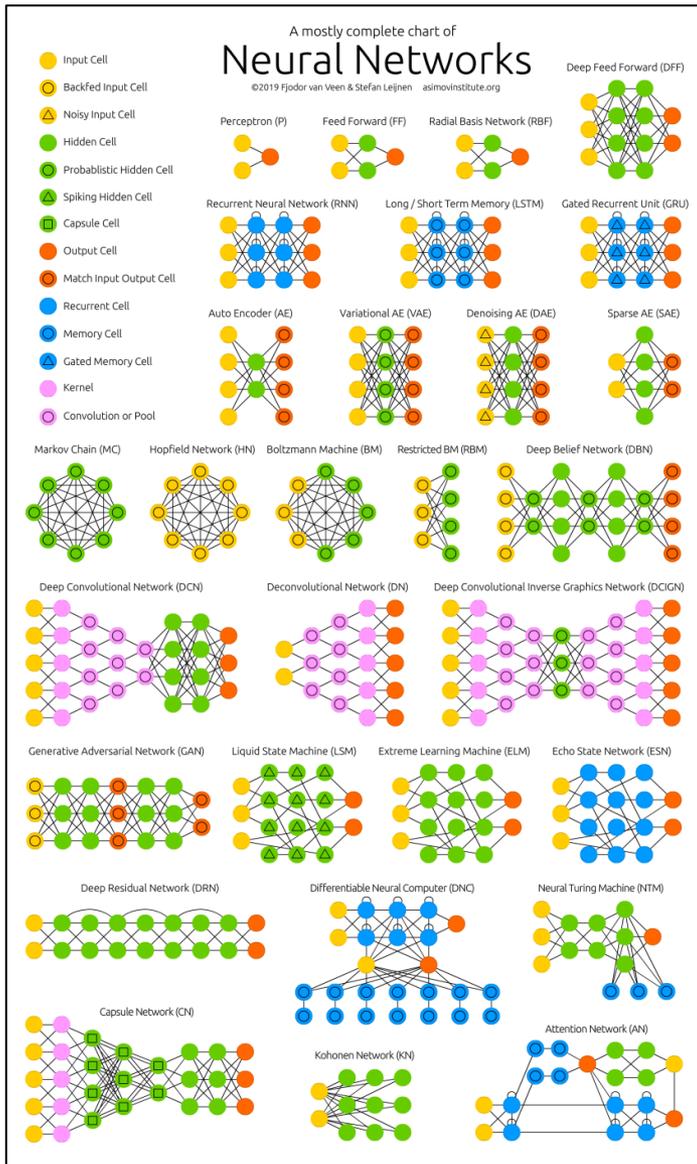
§ 1. Построение функций ψ^{pq} . Индексы p, q, k, i всюду далее пробегают целые значения

$$1 \leq p \leq n, \quad 1 \leq q \leq 2n + 1, \quad k = 1, 2, \dots, \quad 1 \leq i \leq m_k = (9n)^k + 1.$$

При суммировании и перемножении в этих пределах пределы не обозначаются.

$$f(\mathbf{x}) = f(x_1, \dots, x_n) = \sum_{q=0}^{2n} \Phi_q \left(\sum_{p=1}^n \phi_{q,p}(x_p) \right)$$

Архитектуры ИНН



Преимущества ИНН

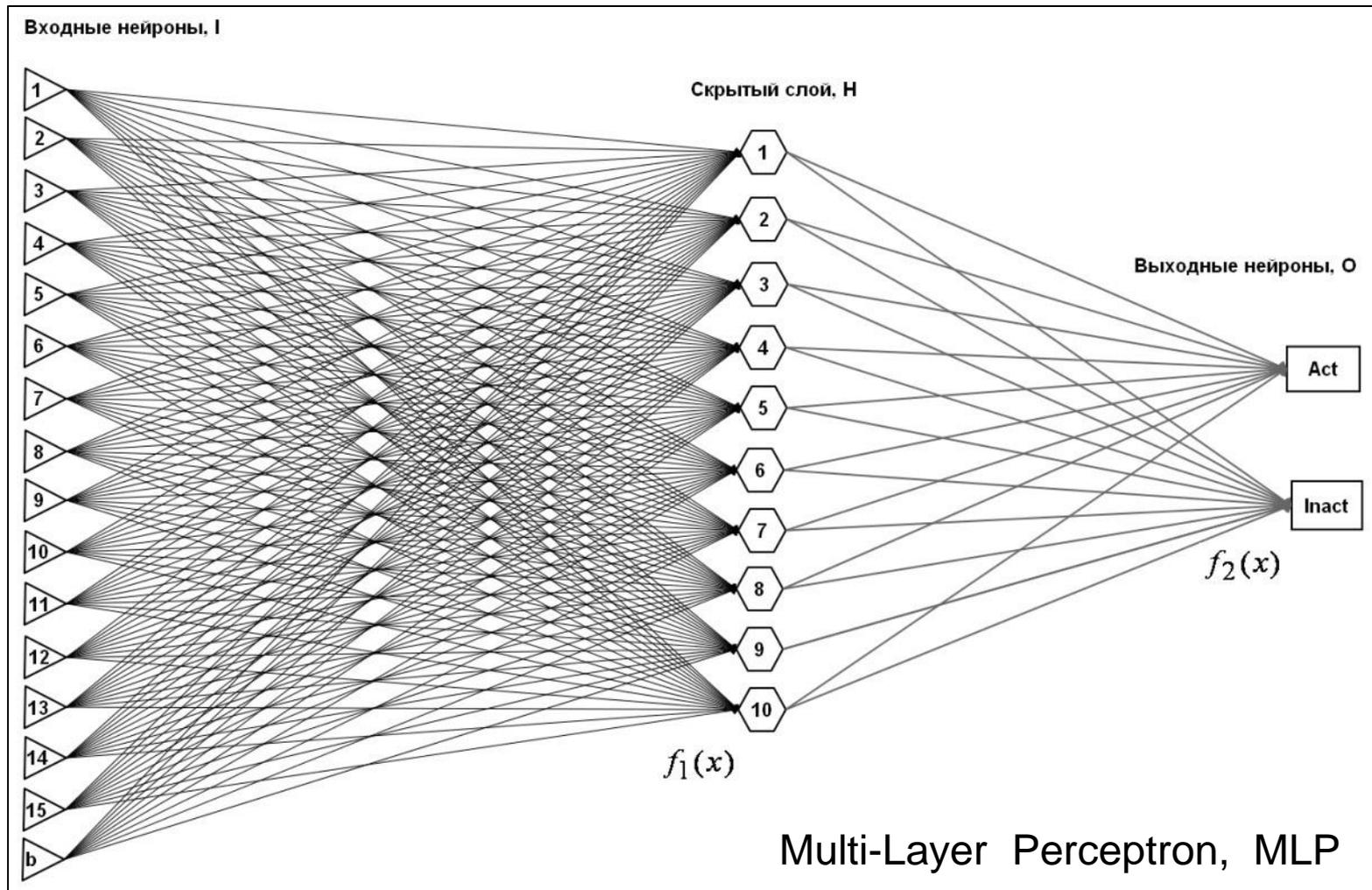
- **Учитывают взаимное влияние каждого из входных нейронов (переменных) на все другие нейроны**
- **Мало чувствительны к наличию шума**
- **Обрабатывают любые типы входных данных (бинарные, дискретные, непрерывные)**
- **Позволяют аппроксимировать любые сложные нелинейные или дискретные зависимости и строить любые разделяющие функции**

Основные виды ИНН

- **Нейронные сети прямого распространения**
- **Полносвязные нейронные сети**
- **Рекуррентные нейронные сети**
- **Нейронные сети глубокого обучения**
- **Сверточные нейронные сети**

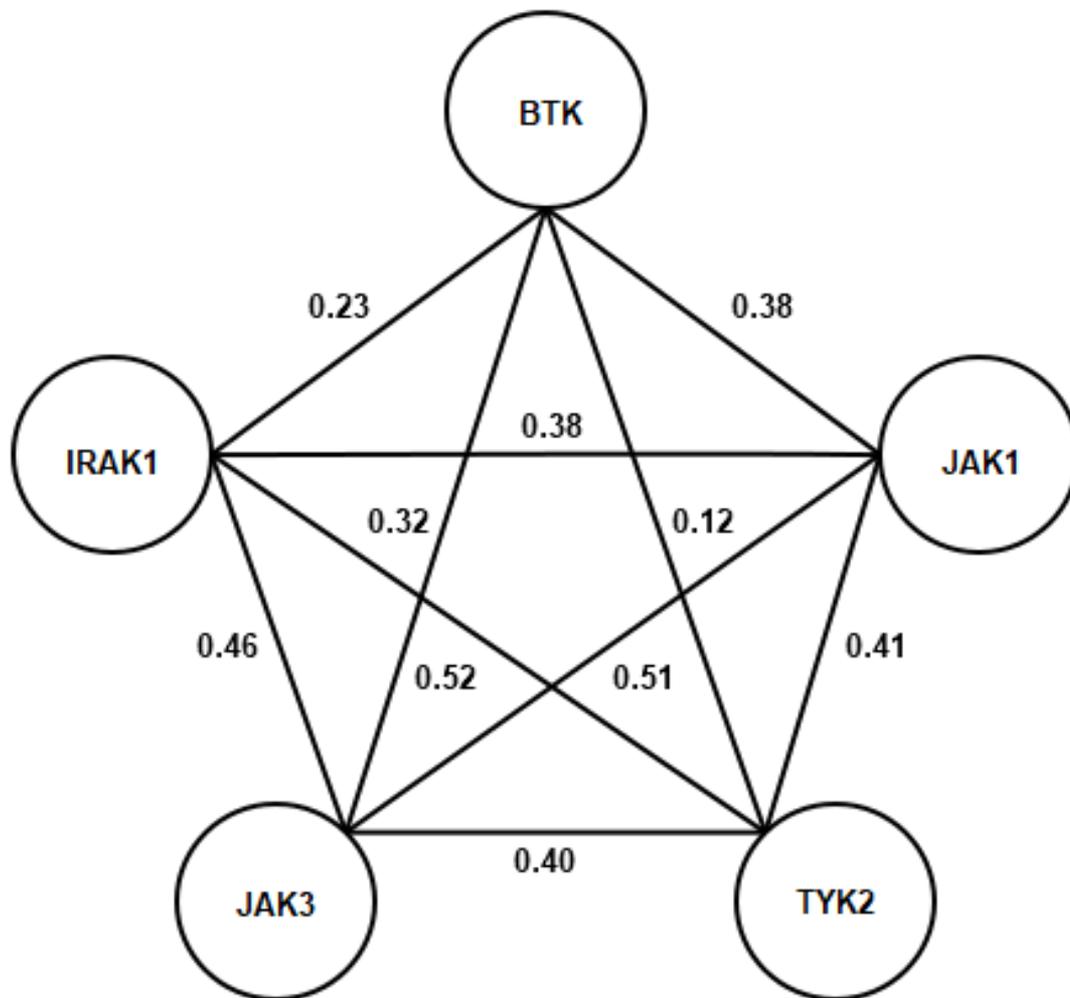
Нейросети прямого распространения

Feed-forward neural networks, FFNN

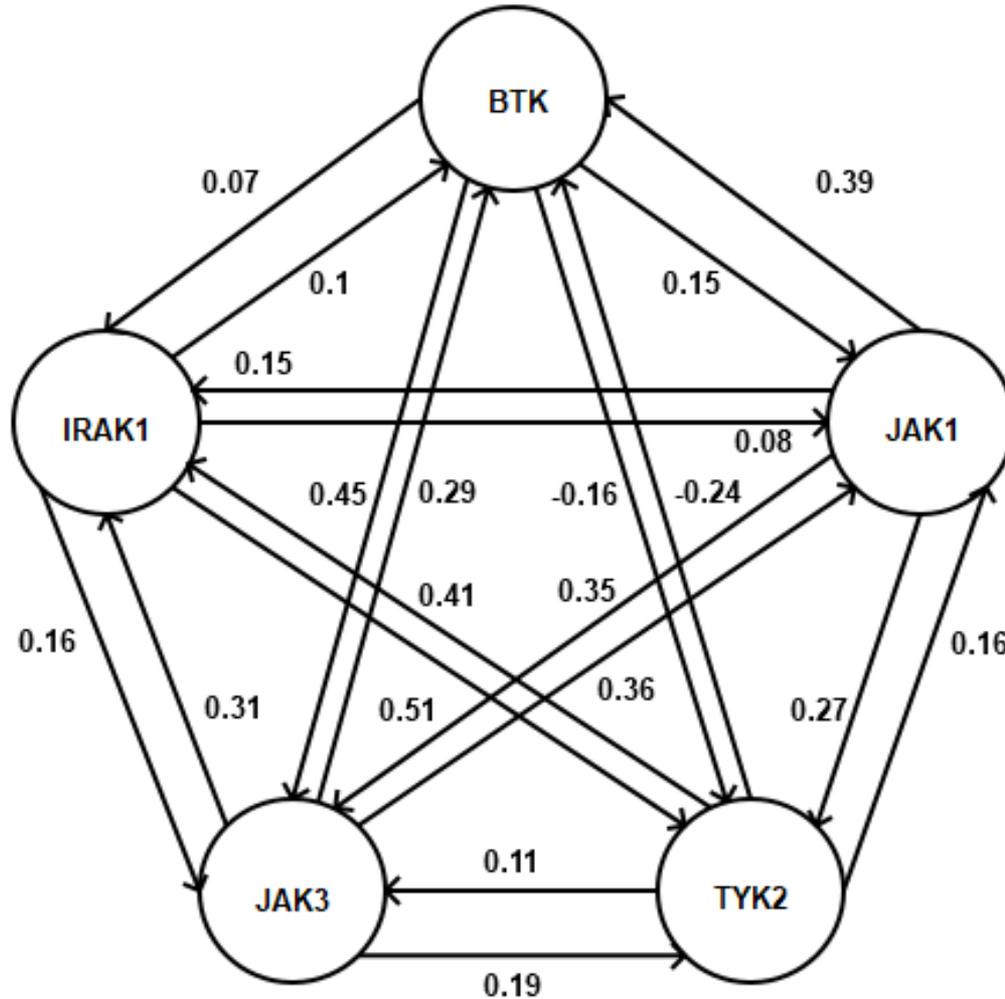


Полносвязные нейронные сети

Fully connected neural networks, FCNN

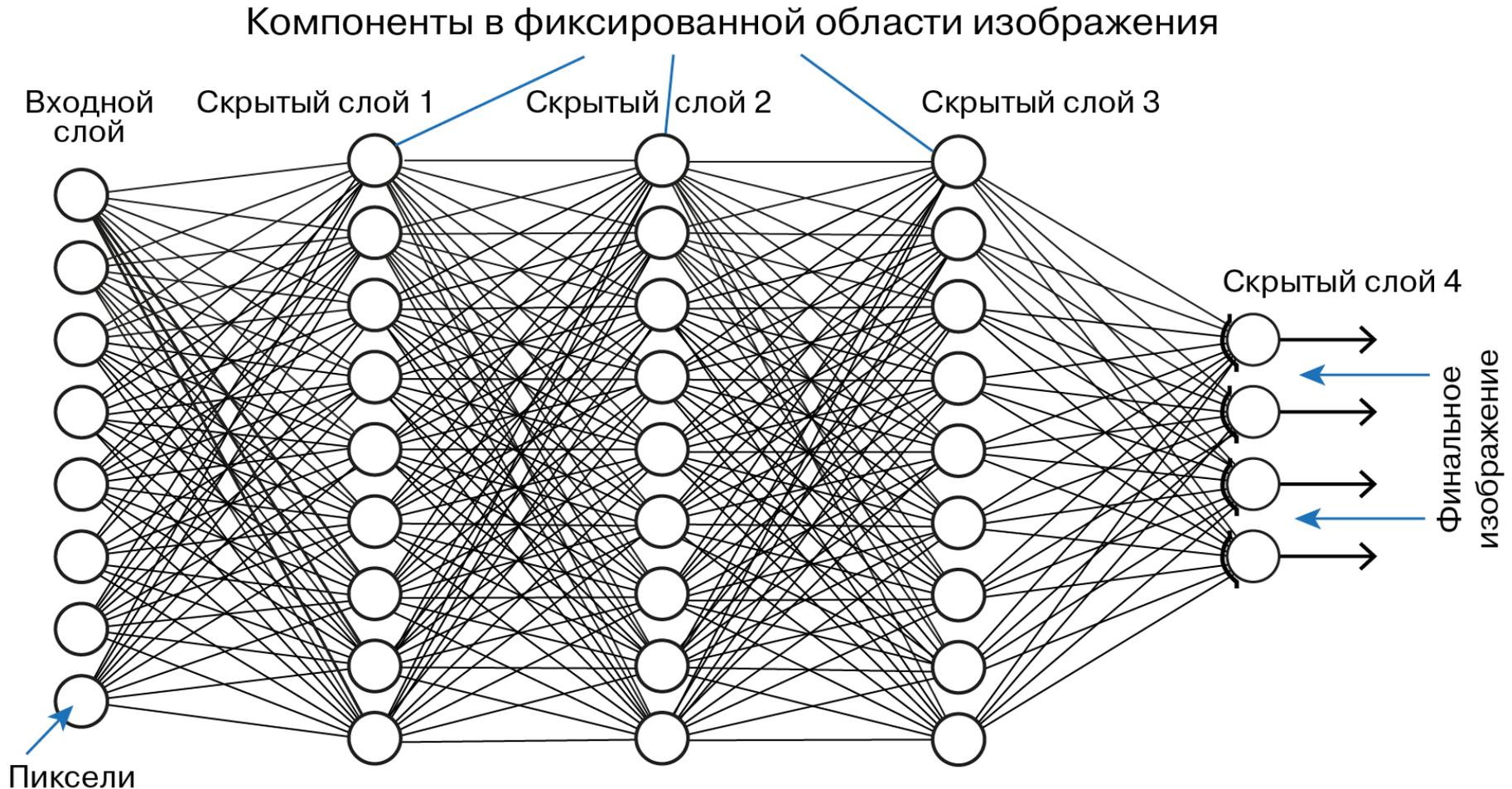


Пример полностью связной рекуррентной нейросети



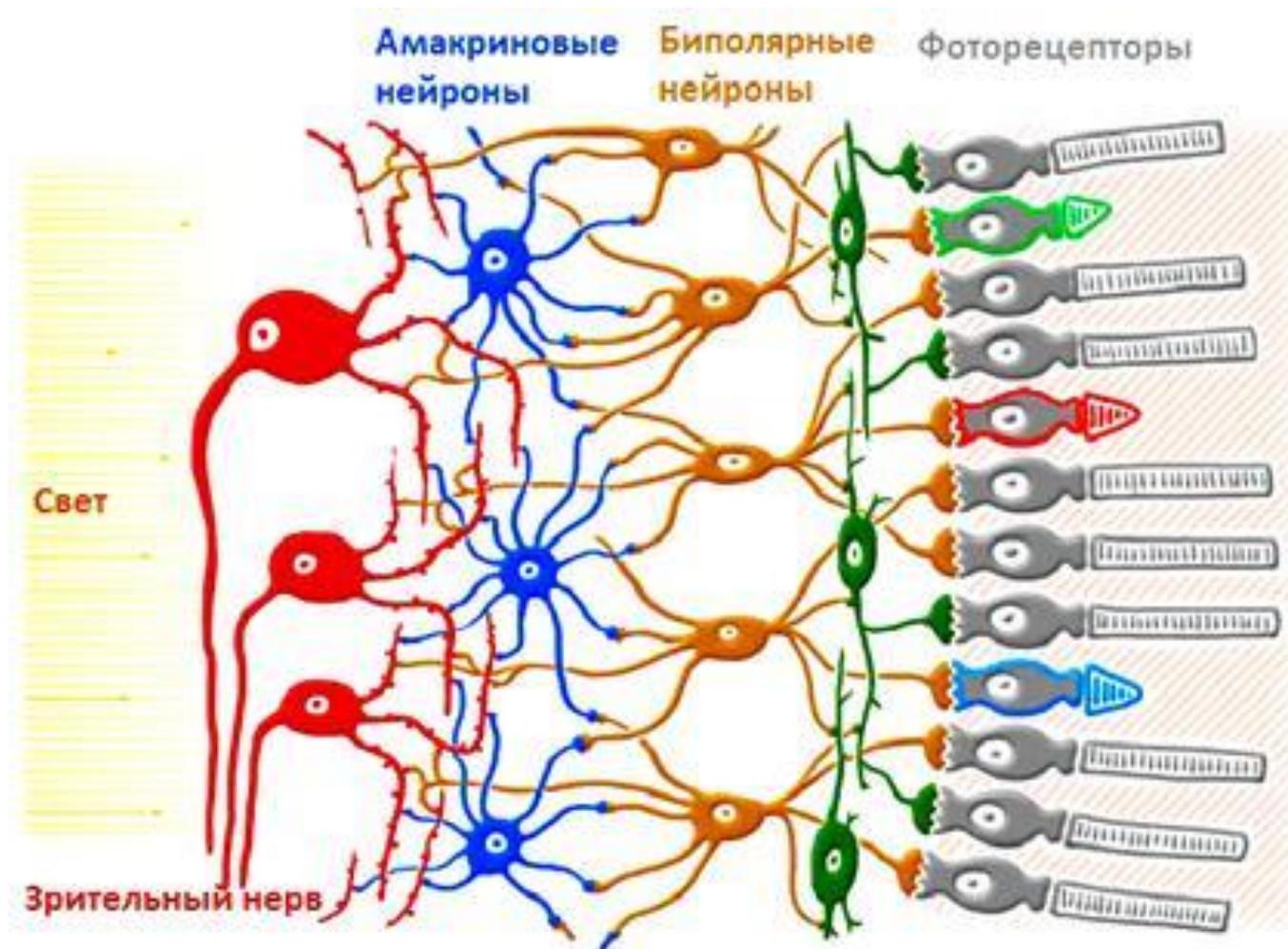
Нейронные сети глубокого обучения

Deep Learning Neural Networks, DNN

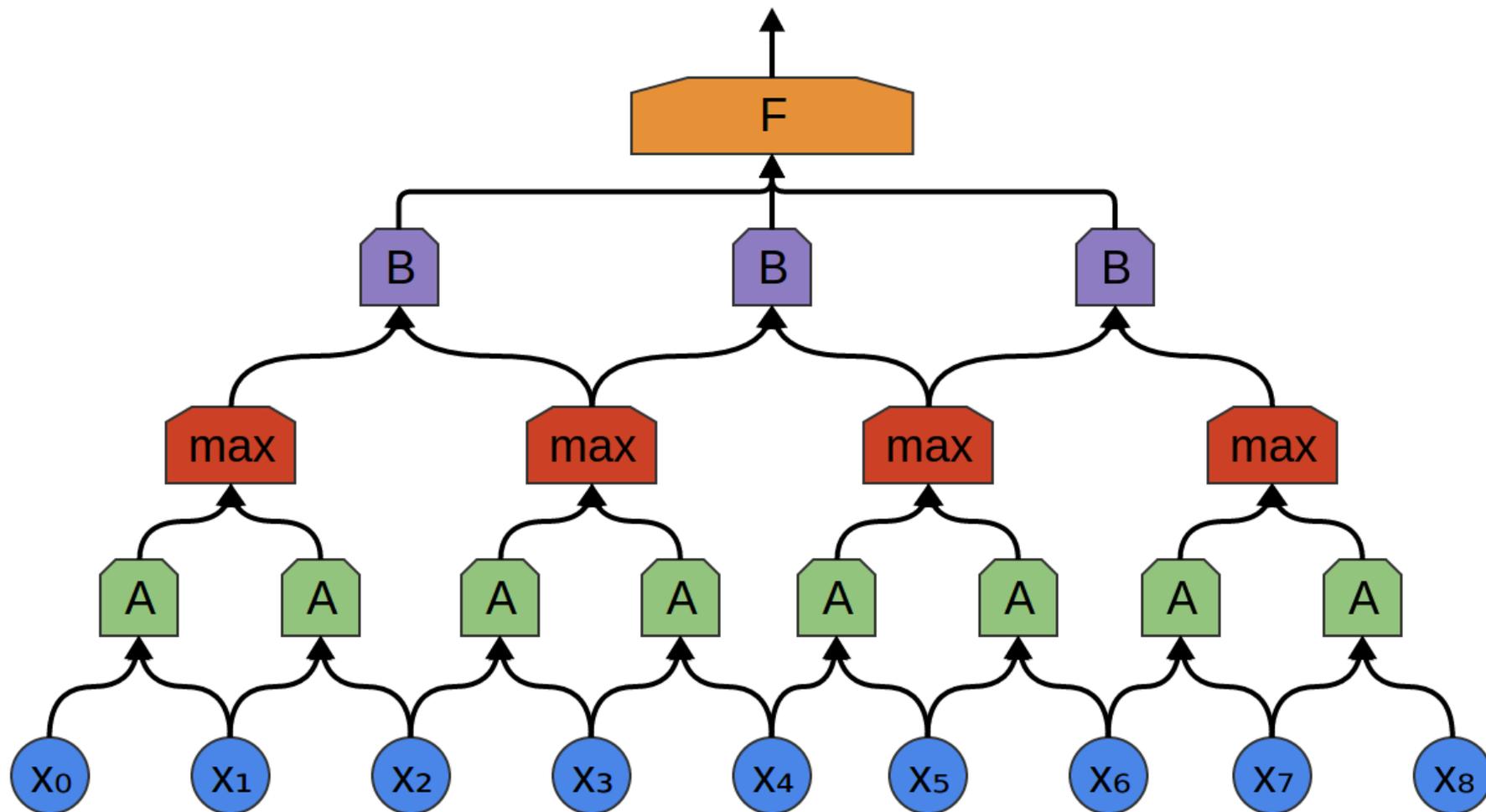


Сверточные нейронные сети

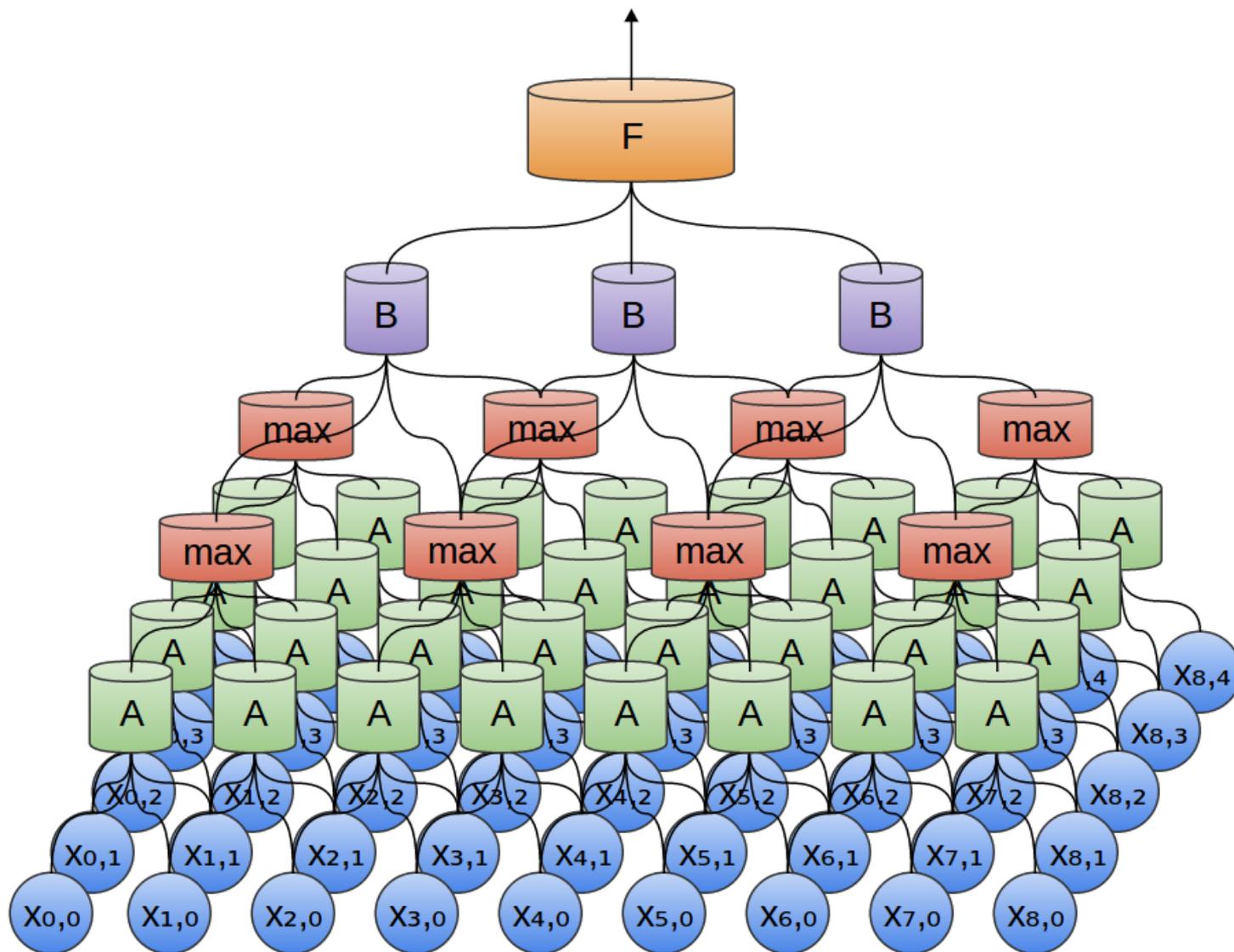
Convolutional Neural Networks, CNN



Сверточные нейронные сети



Сверточные нейронные сети



To be continued ...

