

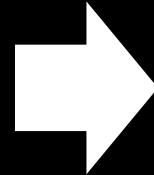
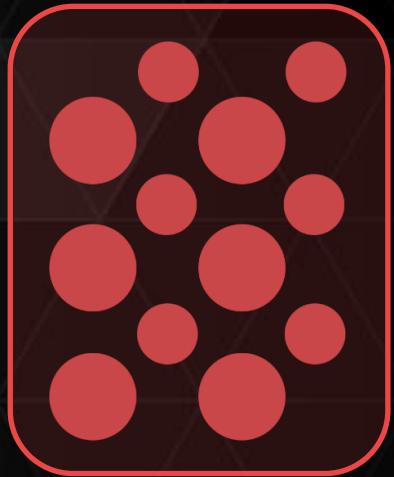


ВВЕДЕНИЕ В DEEP LEARNING

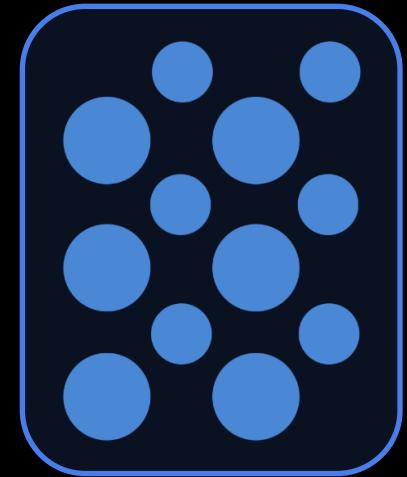
Дмитрий Коробченко

ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Вход

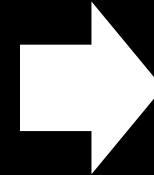
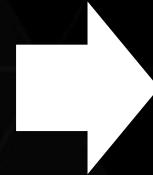
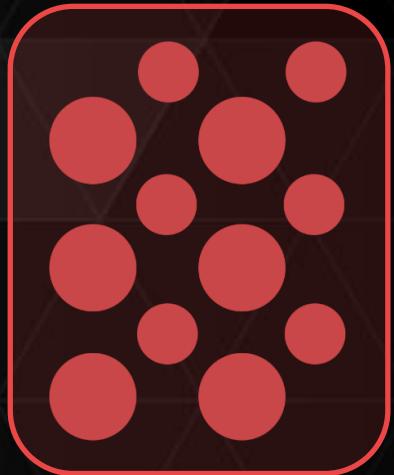


Выход

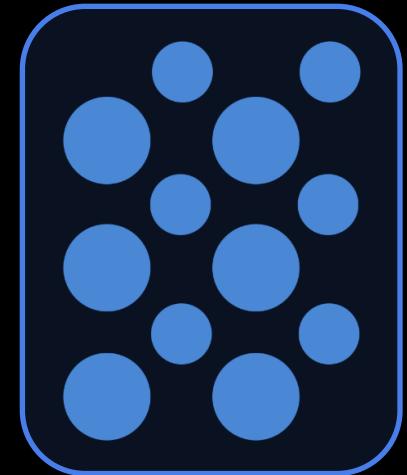


ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Вход



Выход



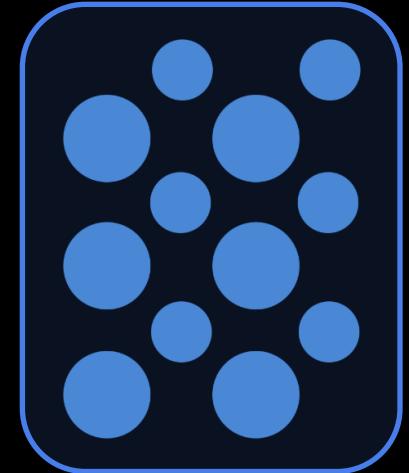
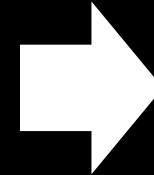
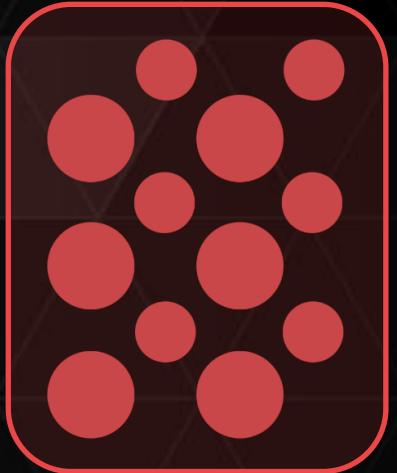
Вручную



Программа

ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Вход



Вручную

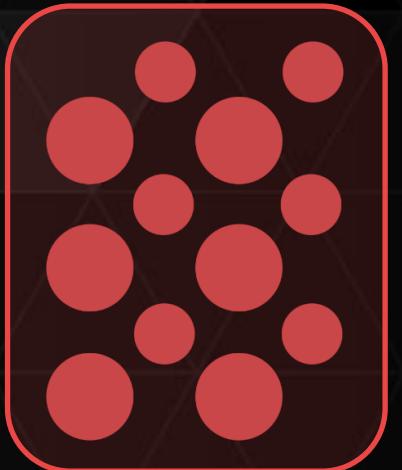
Программа

Машинное обучение

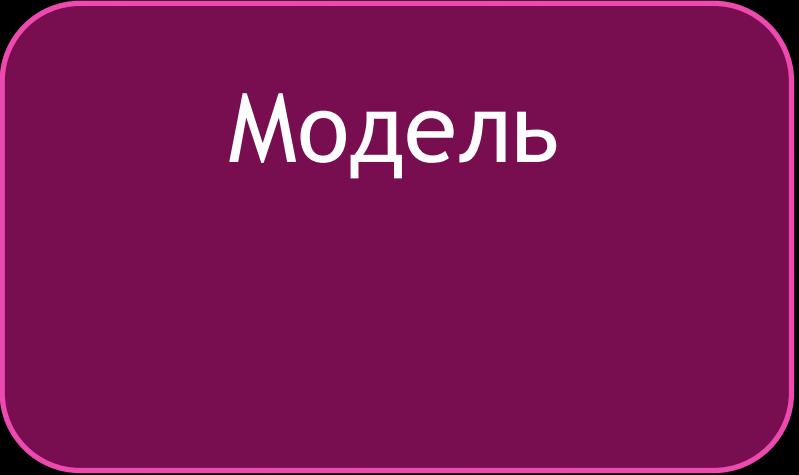
МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

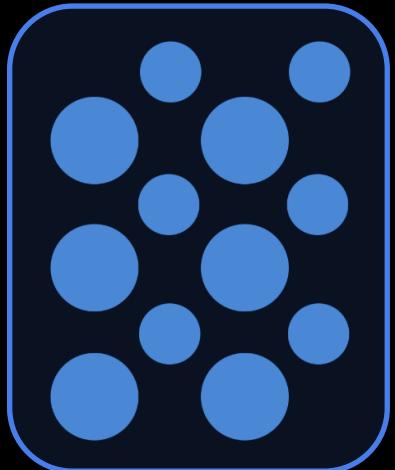
Вход



Модель

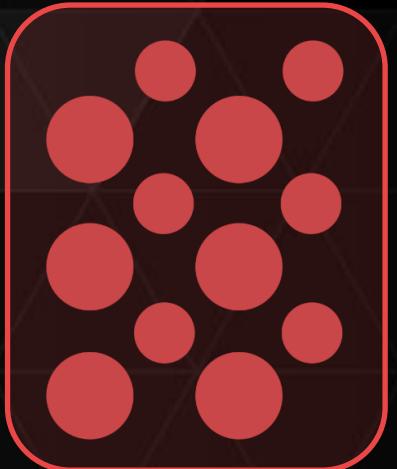


Выход



МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

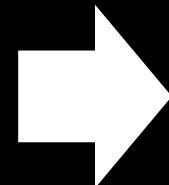
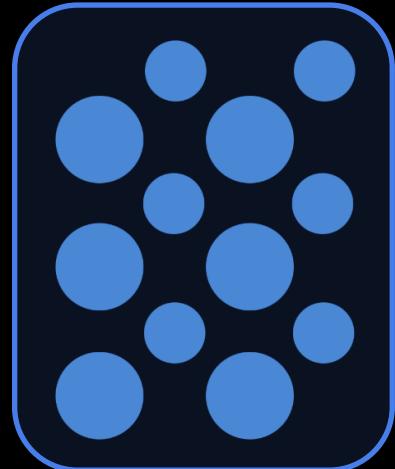
Вход



Модель

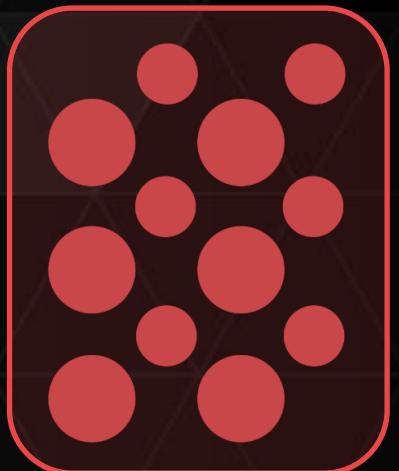
Параметры

Выход



МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

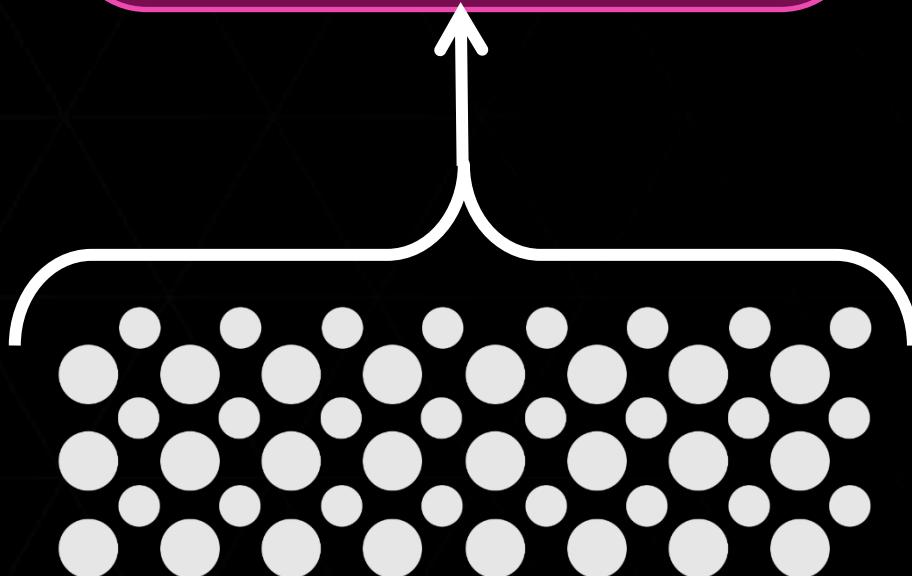
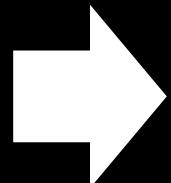
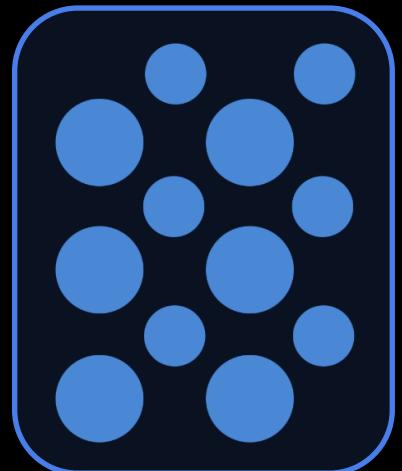
Вход



Модель

Параметры

Выход



Данные для
обучения

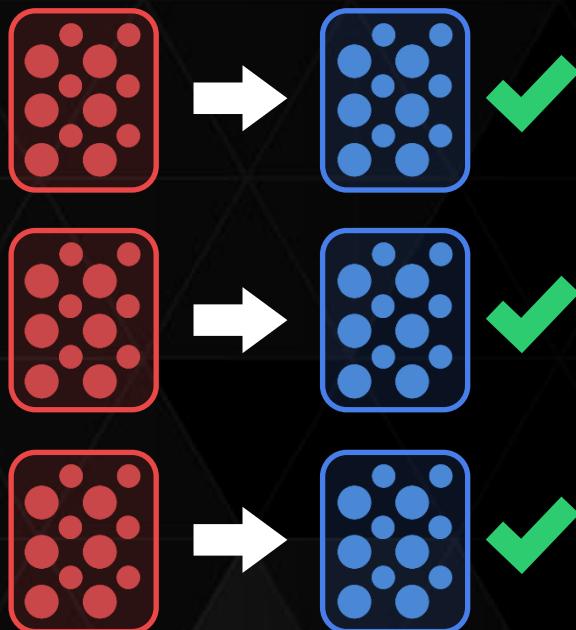
МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

с учителем
supervised

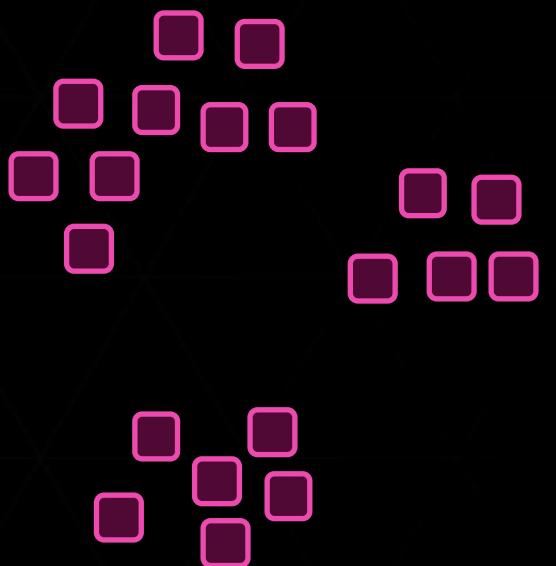
без учителя
unsupervised

с подкреплением
reinforcement

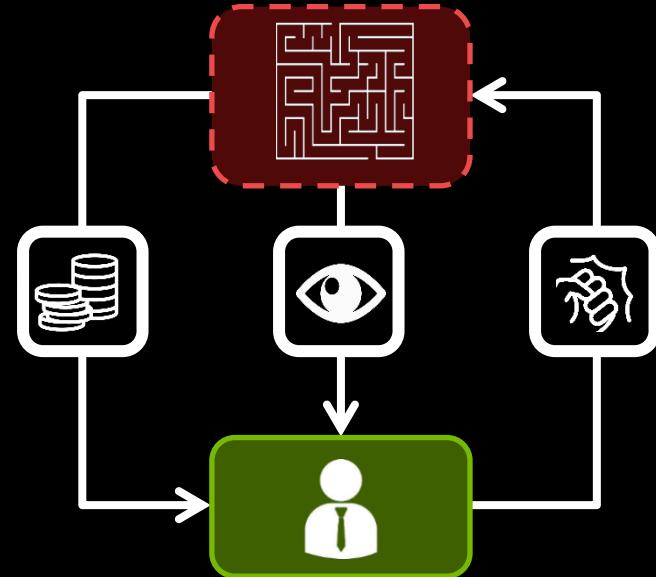
Данные с метками

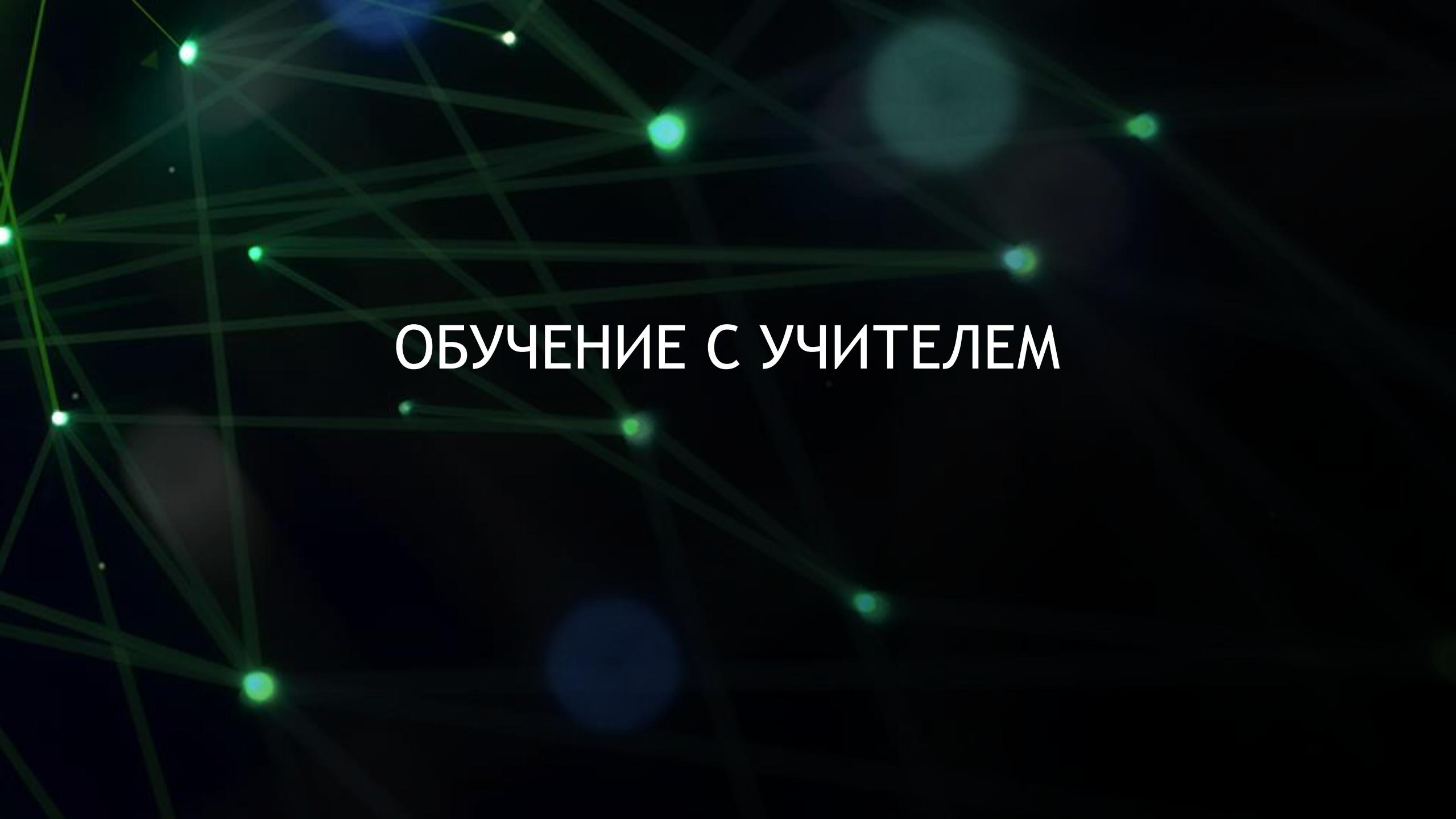


Неразмеченные
данные



Взаимодействие
со средой

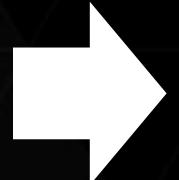
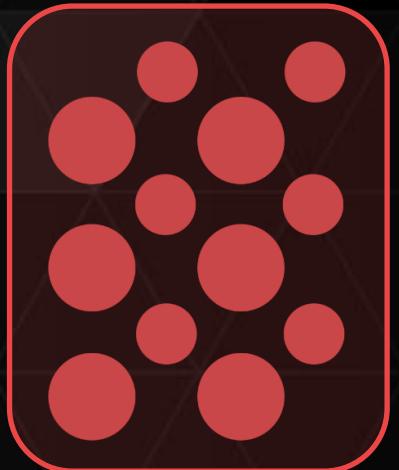




ОБУЧЕНИЕ С УЧИТЕЛЕМ

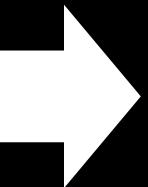
ОБУЧЕНИЕ С УЧИТЕЛЕМ

Вход

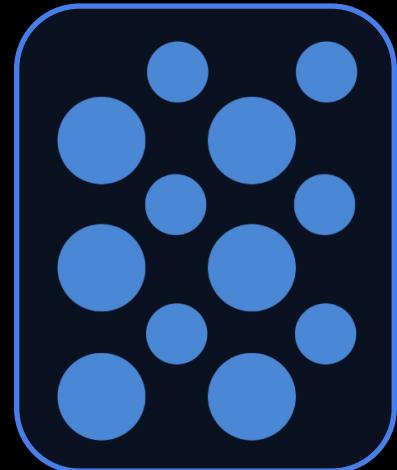


Модель

Параметры



Выход

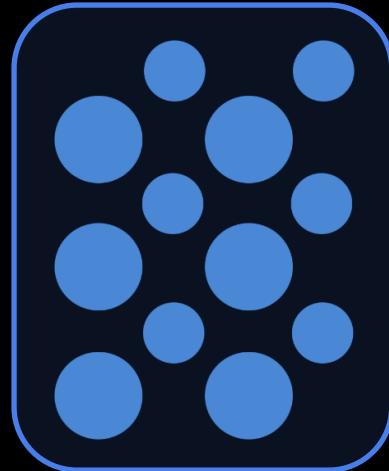
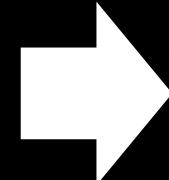
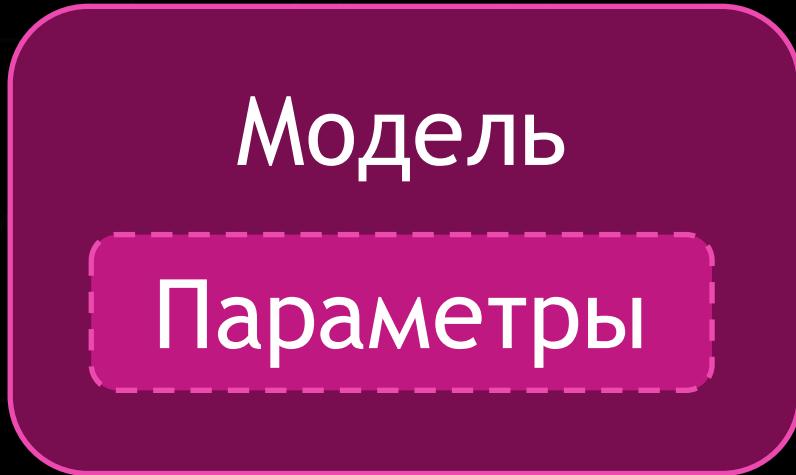
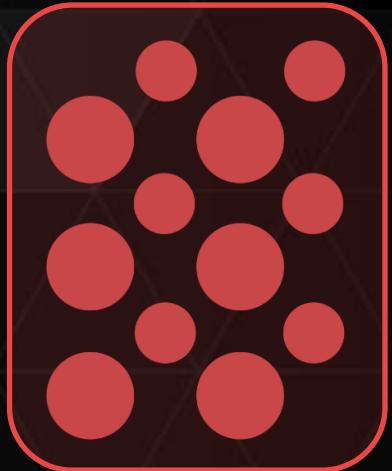


ОБУЧЕНИЕ С УЧИТЕЛЕМ



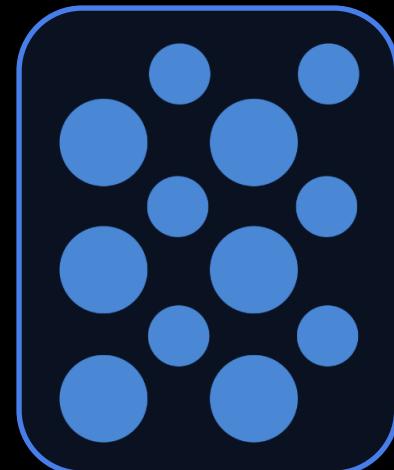
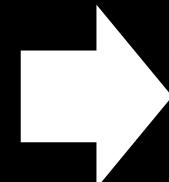
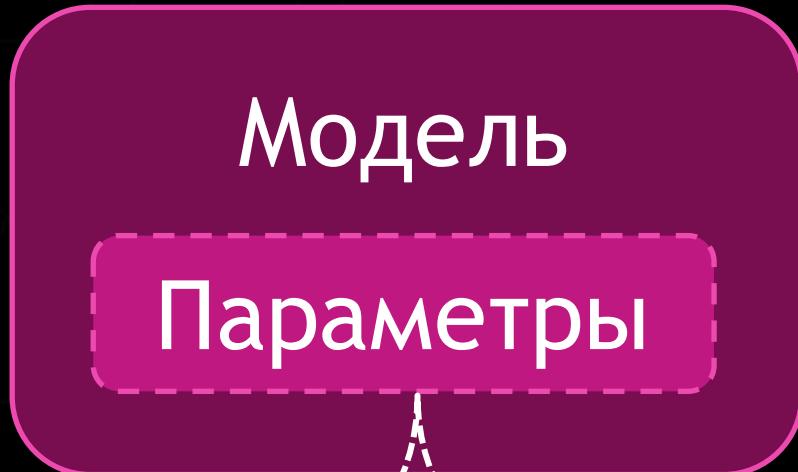
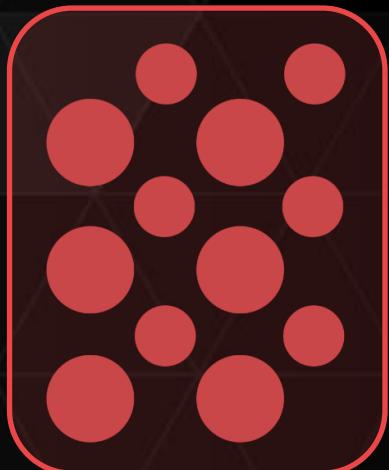
ПРЕДСКАЗАНИЕ (INFERENCE)

Новые данные



ПРЕДСКАЗАНИЕ (INFERENCE)

Новые данные



Ответ



Обобщение

Накопленный опыт

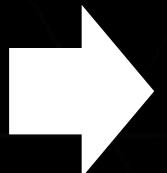
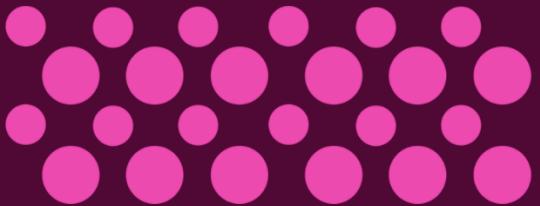
Закономерности в данных

Запоминание обучающей выборки

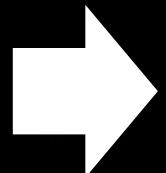
ТИПЫ ДАННЫХ И ЗАДАЧИ

Вход

Низкоразмерная
информация

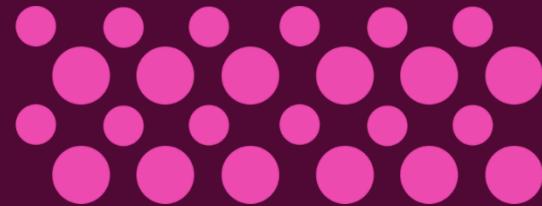


Модель



Выход

Низкоразмерная
информация



ТИПЫ ДАННЫХ И ЗАДАЧИ

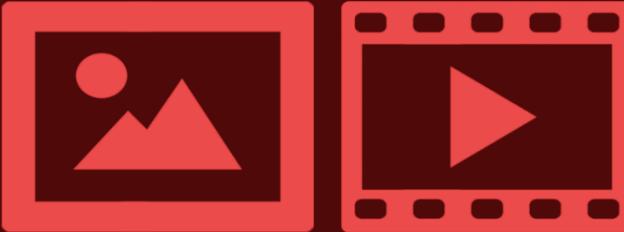


ТИПЫ ДАННЫХ И ЗАДАЧИ

Низкоразмерная
информация

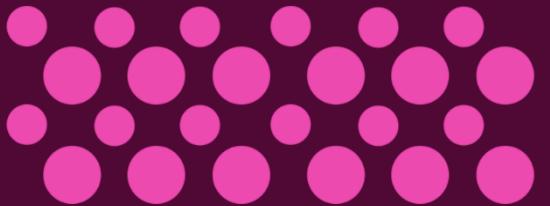


Изображение / видео

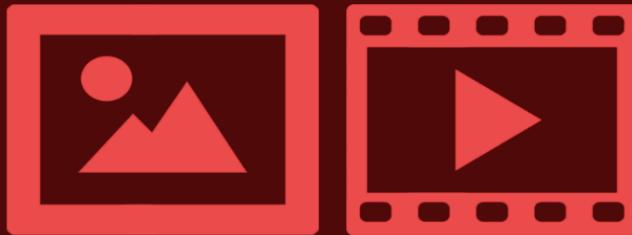


ТИПЫ ДАННЫХ И ЗАДАЧИ

Низкоразмерная
информация



Изображение / видео

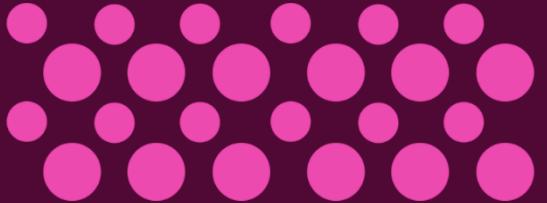


Текст

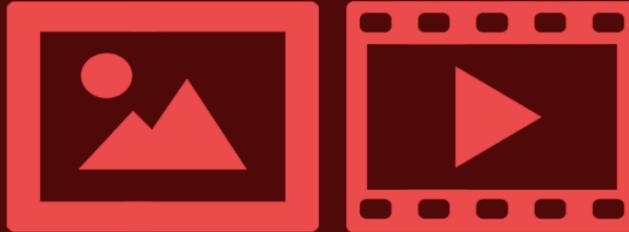


ТИПЫ ДАННЫХ И ЗАДАЧИ

Низкоразмерная
информация



Изображение / видео



Текст



Аудио



ТИПЫ ДАННЫХ И ЗАДАЧИ



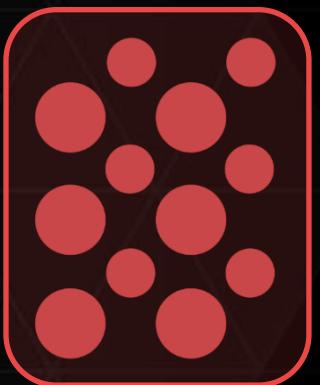
РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

DEEP LEARNING



ПРИЗНАКИ

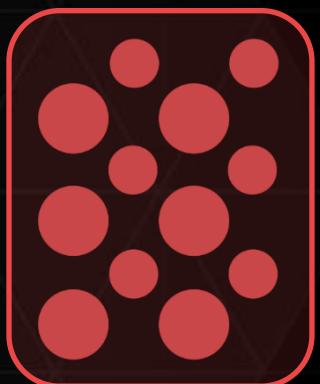
Признаковое
описание



$$\{x_1, x_2, x_3 \dots\}$$

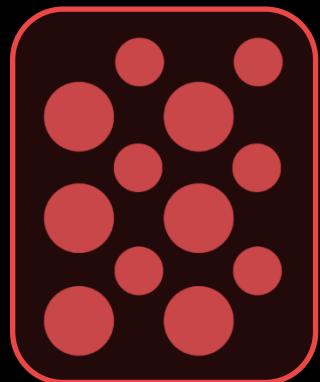
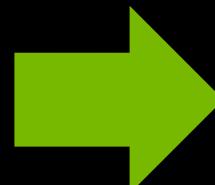
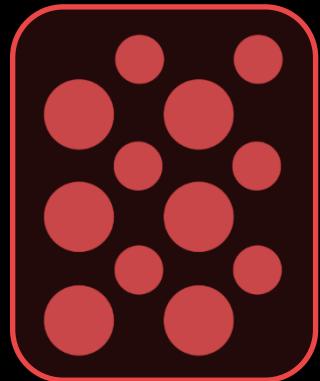
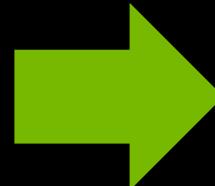
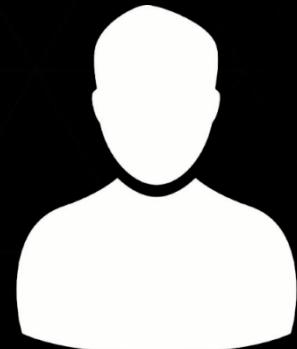
ПРИЗНАКИ

Признаковое
описание

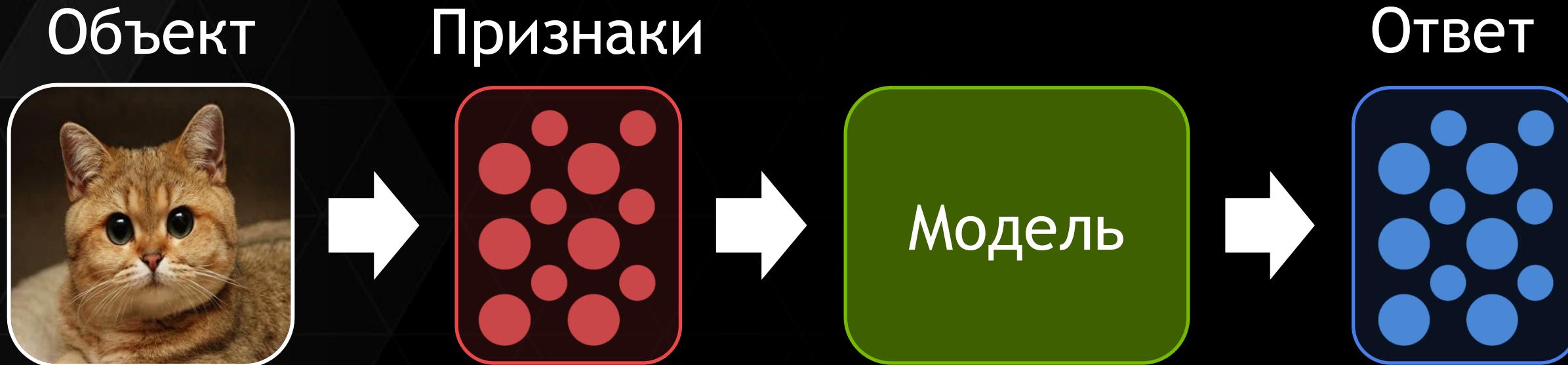


$$\{x_1, x_2, x_3 \dots\}$$

Извлечение признаков

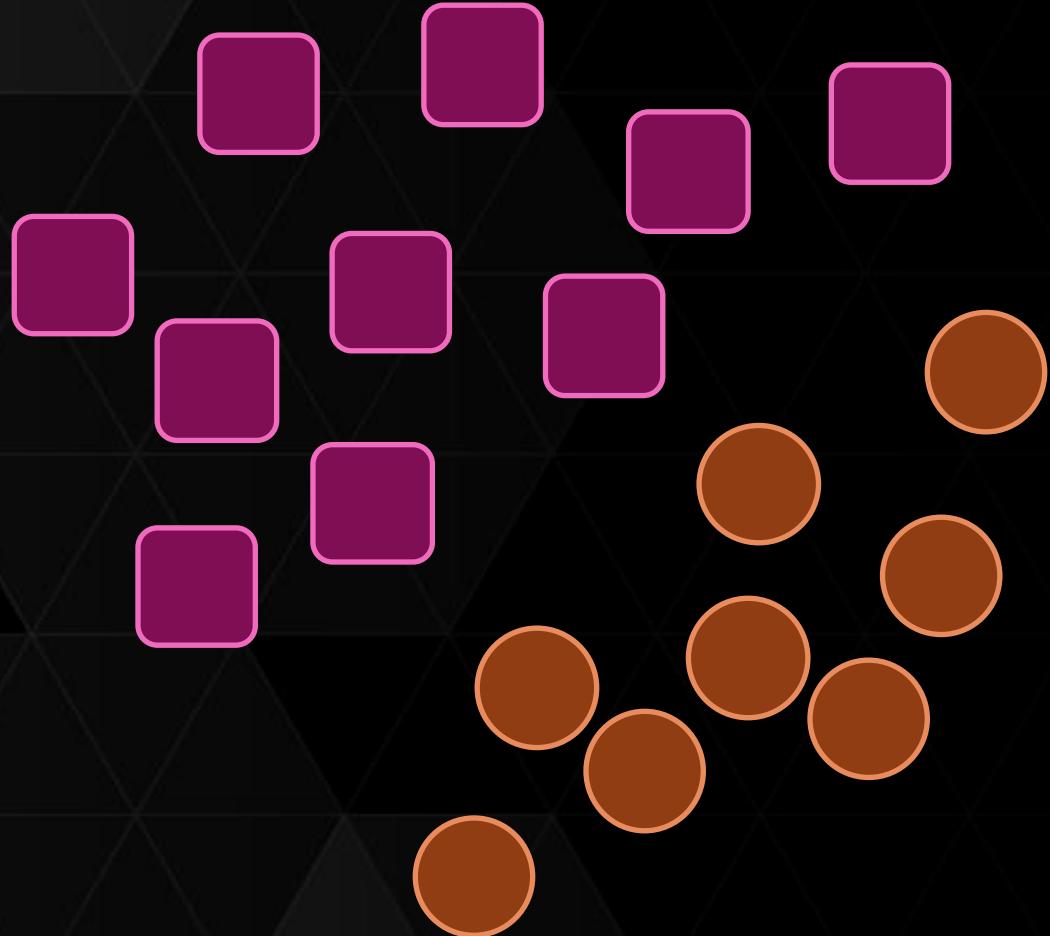


ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПРИЗНАКОВ + ИНФЕРЕНС

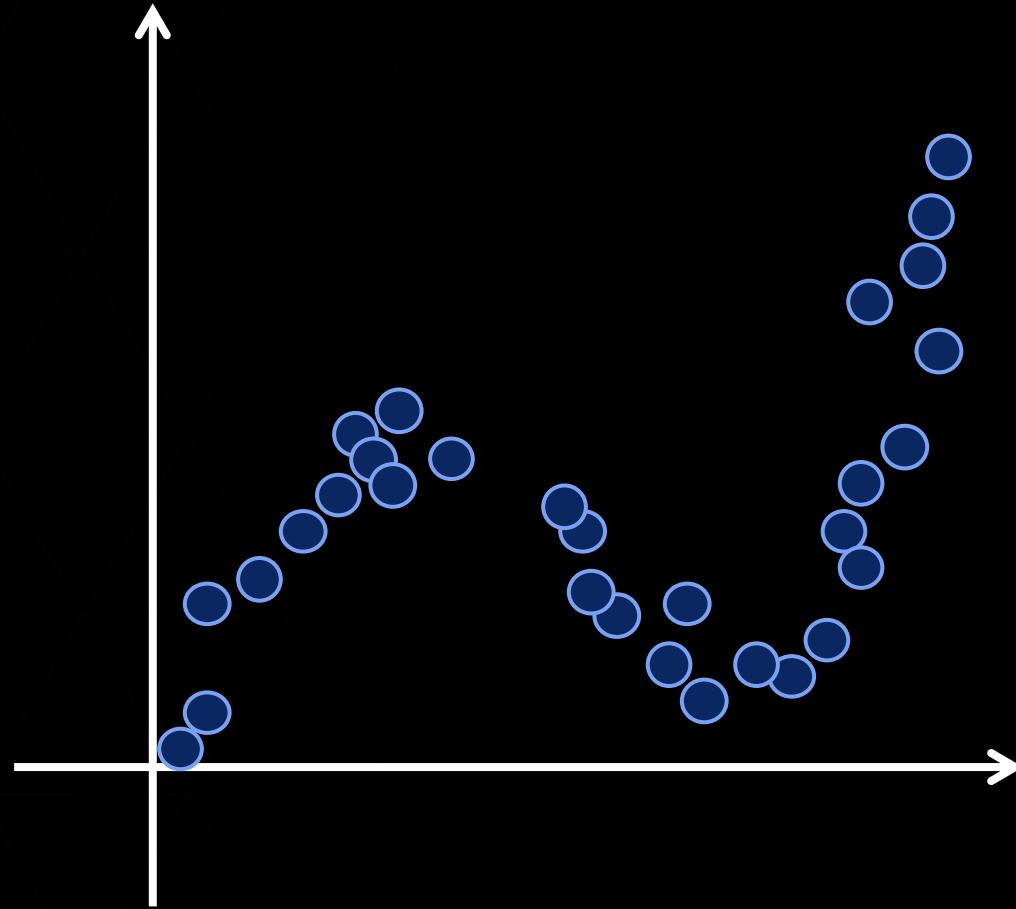


ОБУЧЕНИЕ С УЧИТЕЛЕМ: ЗАДАЧИ

Классификация

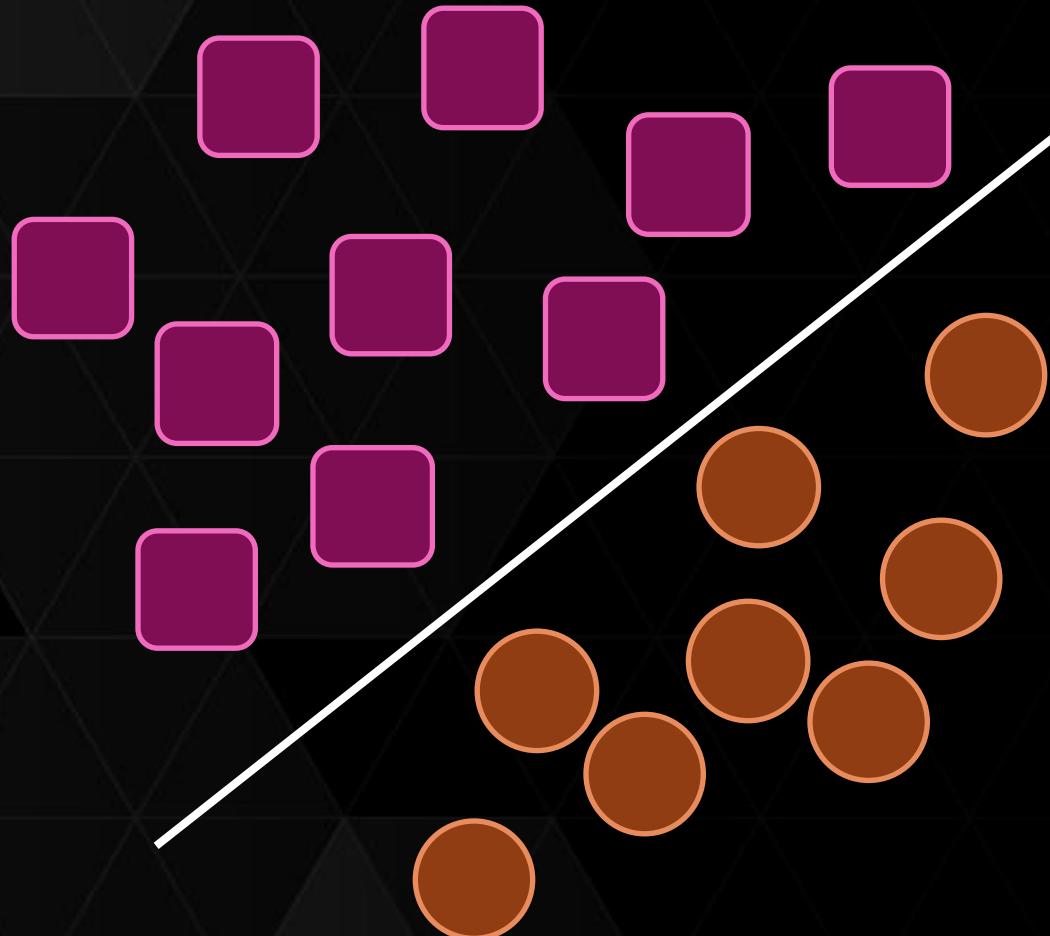


Регрессия

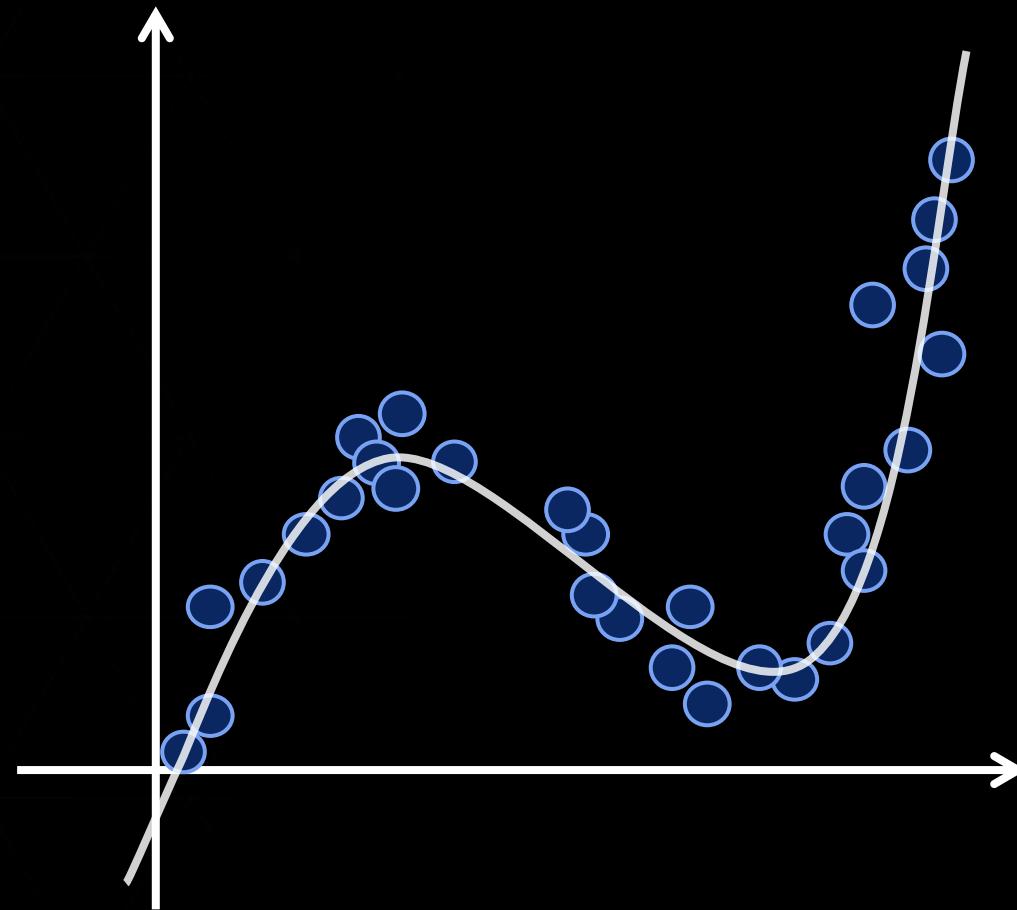


ОБУЧЕНИЕ С УЧИТЕЛЕМ: ЗАДАЧИ

Классификация



Регрессия

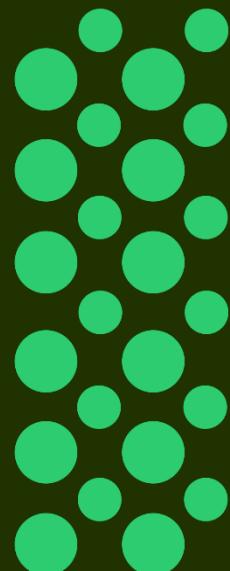
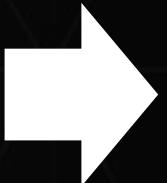
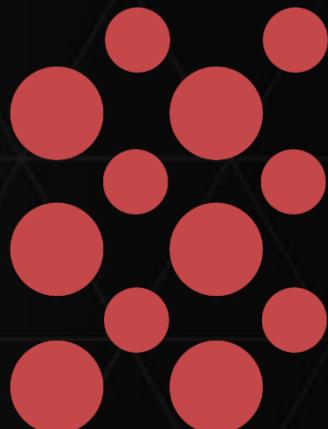


НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

ОБУЧЕНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Модель

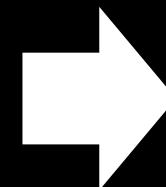
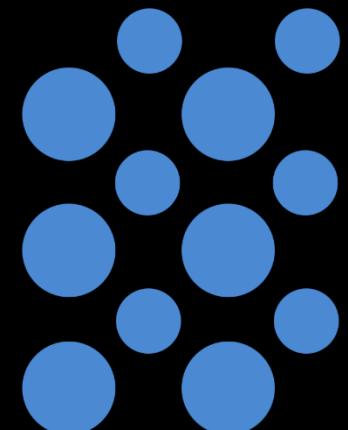
Вход



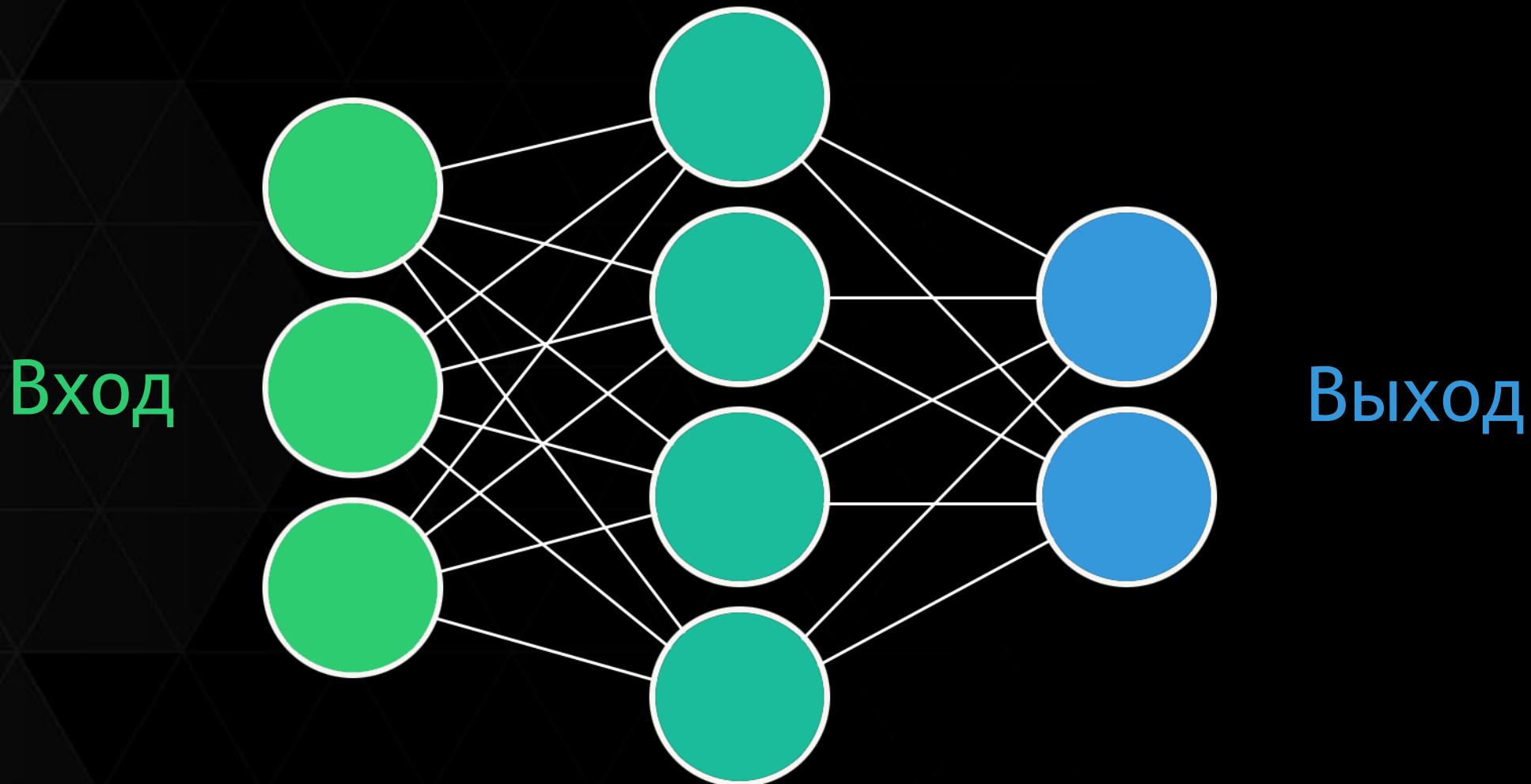
Промежуточное
представление



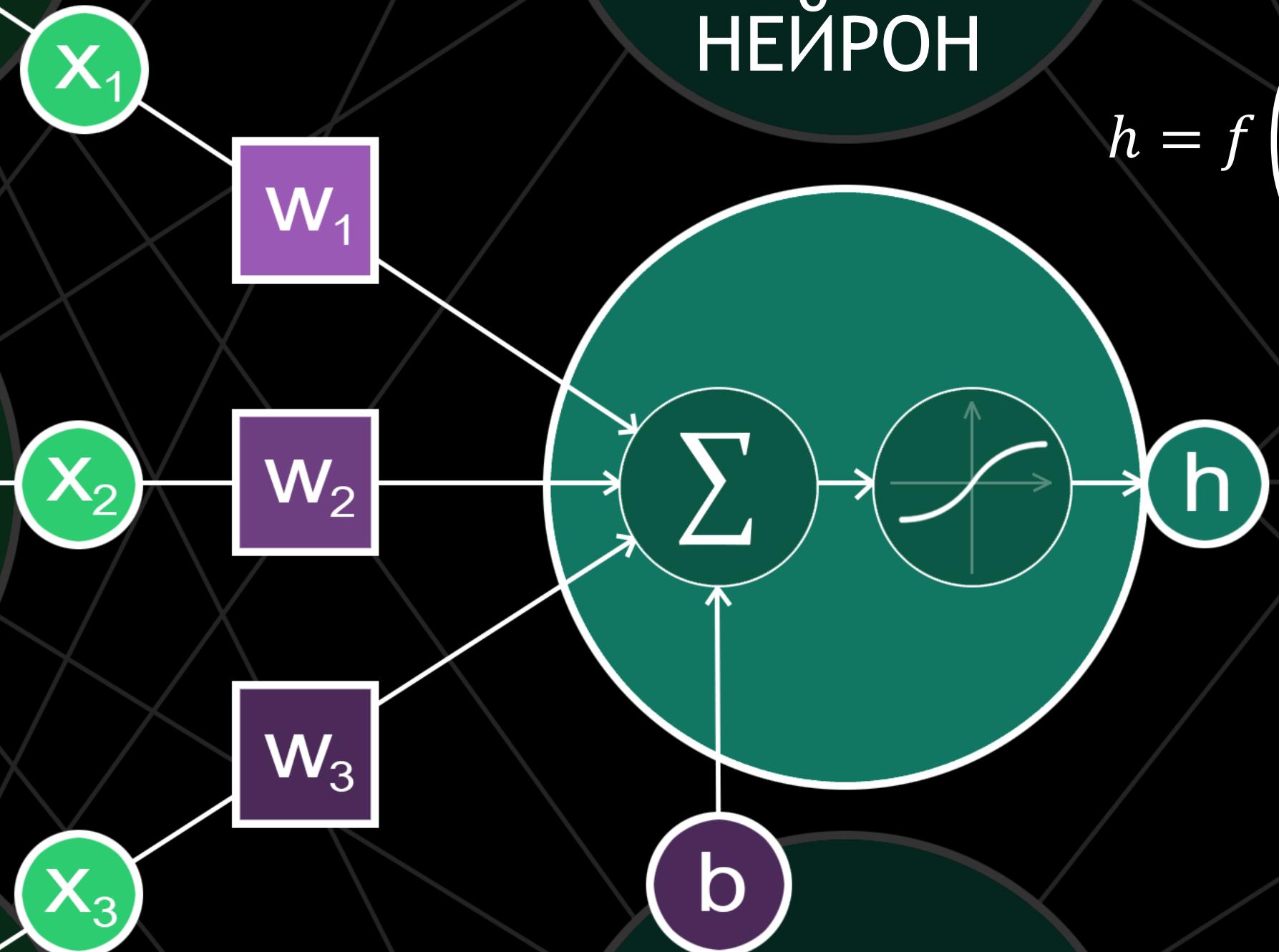
Выход



НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

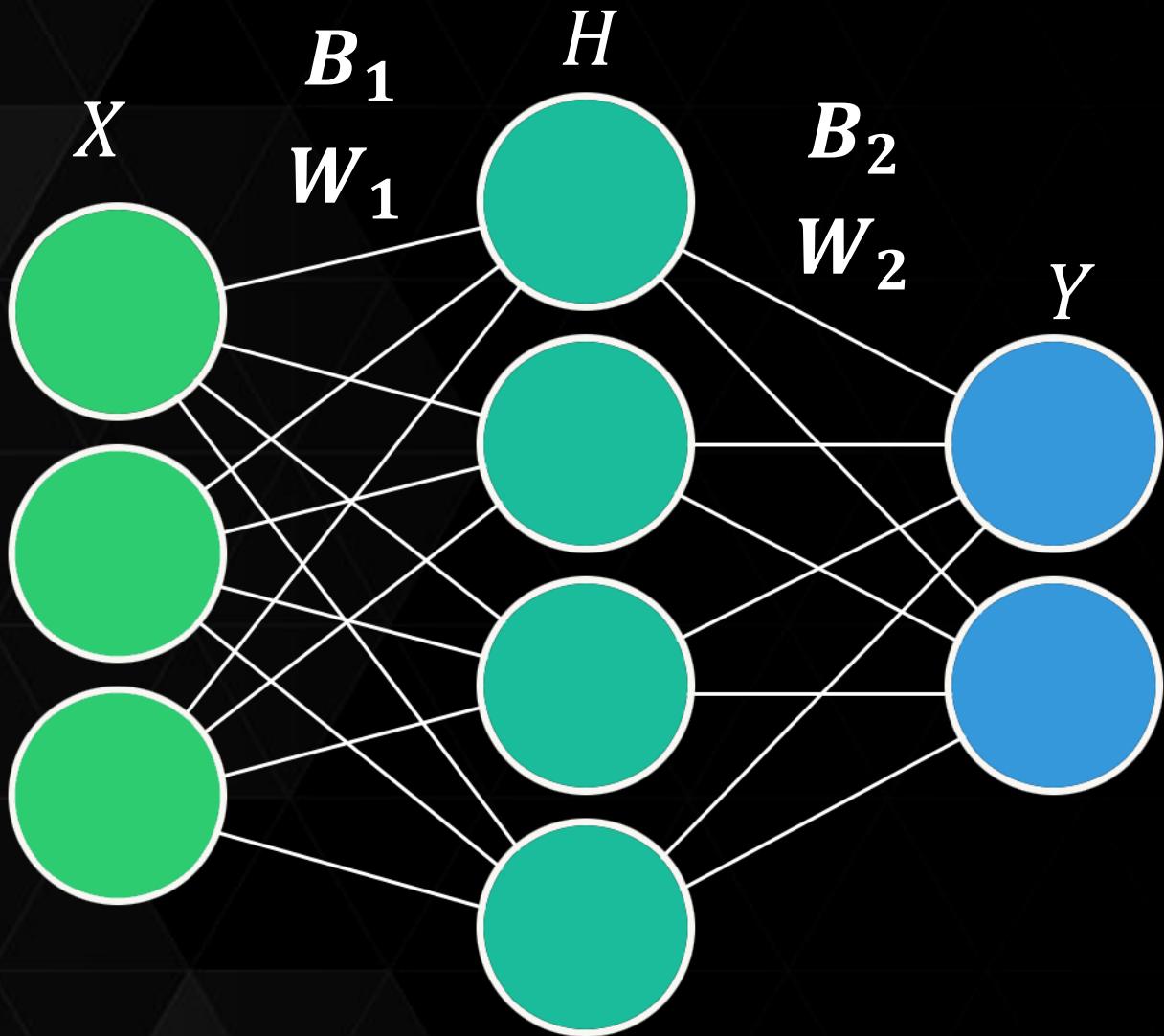


НЕЙРОН



$$h = f \left(\sum_i w_i x_i + b \right)$$

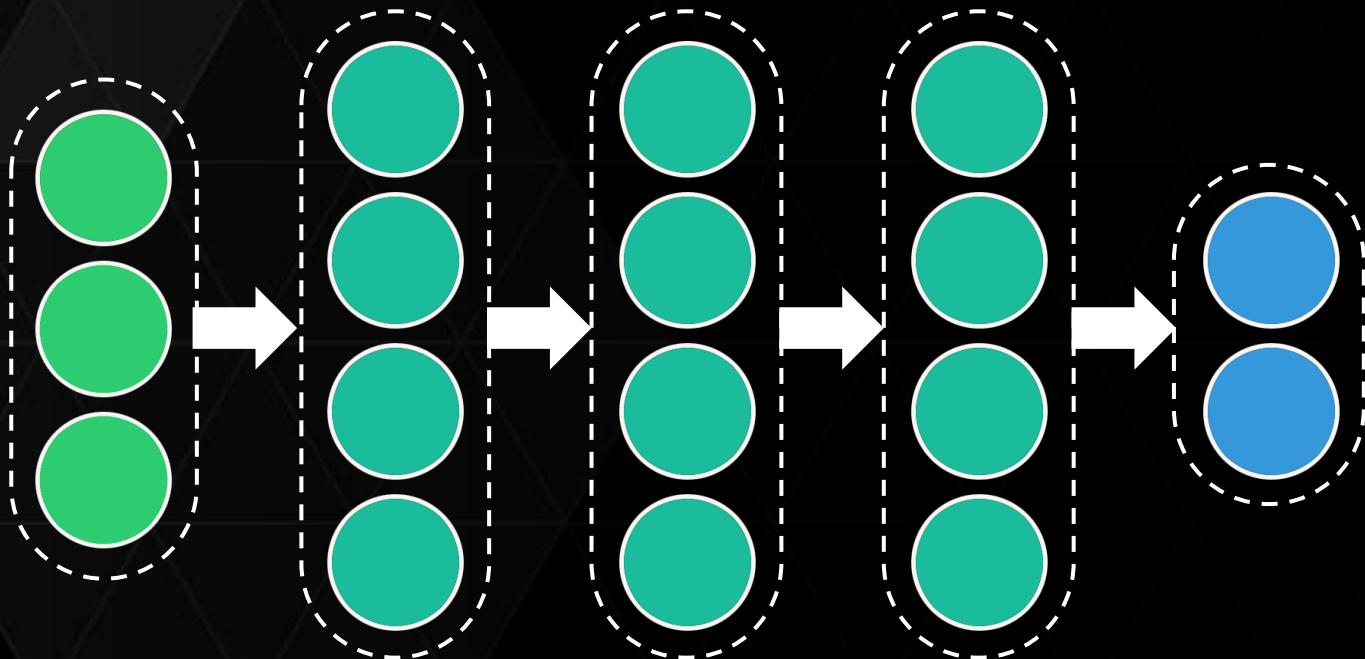
НЕЙРОННЫЕ СЕТИ



$$H = f(W_1X + B_1)$$

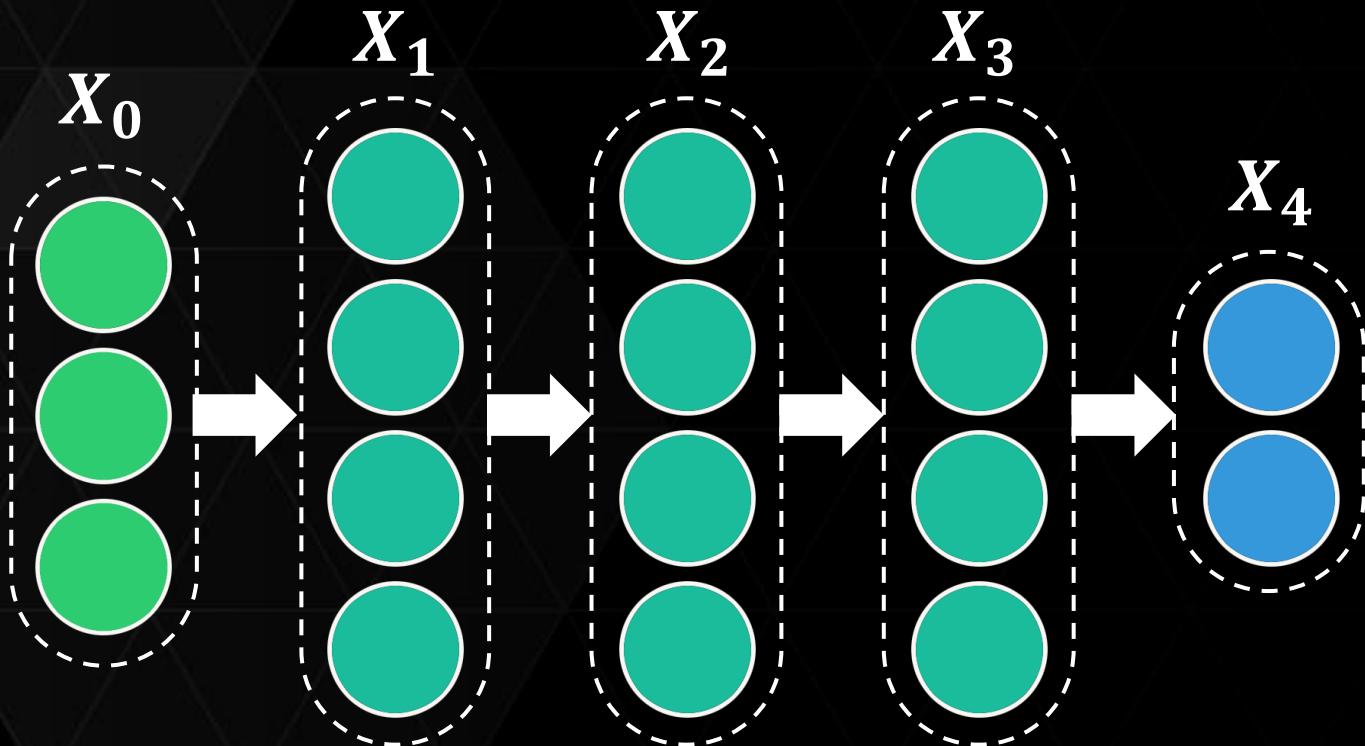
$$Y = f(W_2H + B_2)$$

МНОГОСЛОЙНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ



Промежуточное
представление

МНОГОСЛОЙНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ



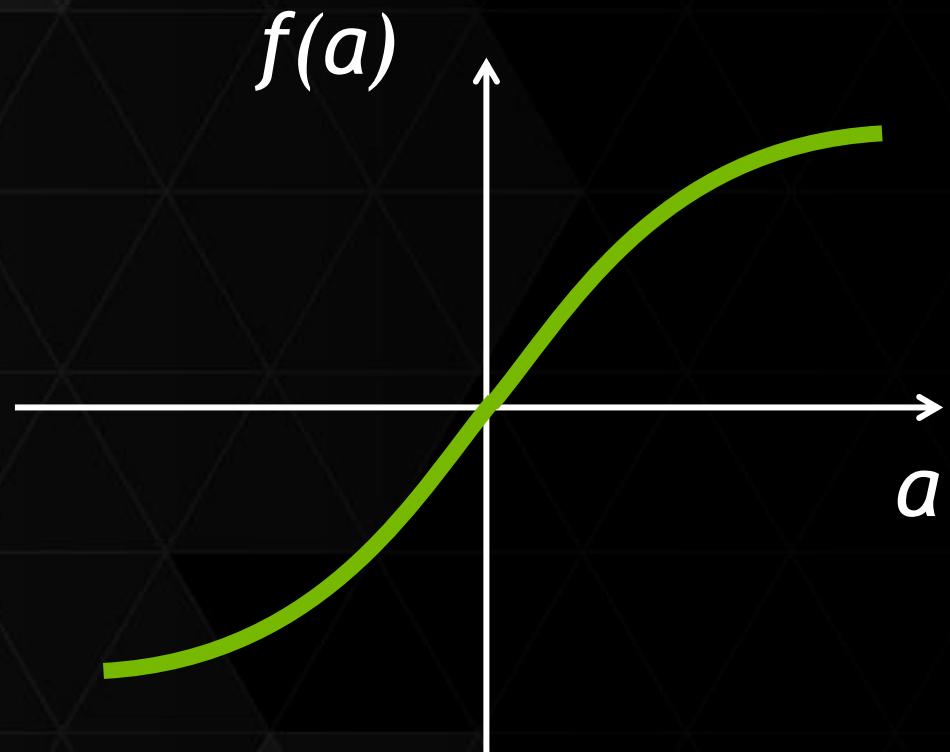
Промежуточное
представление

$$X_k = f(W_k X_{k-1} + B_k)$$

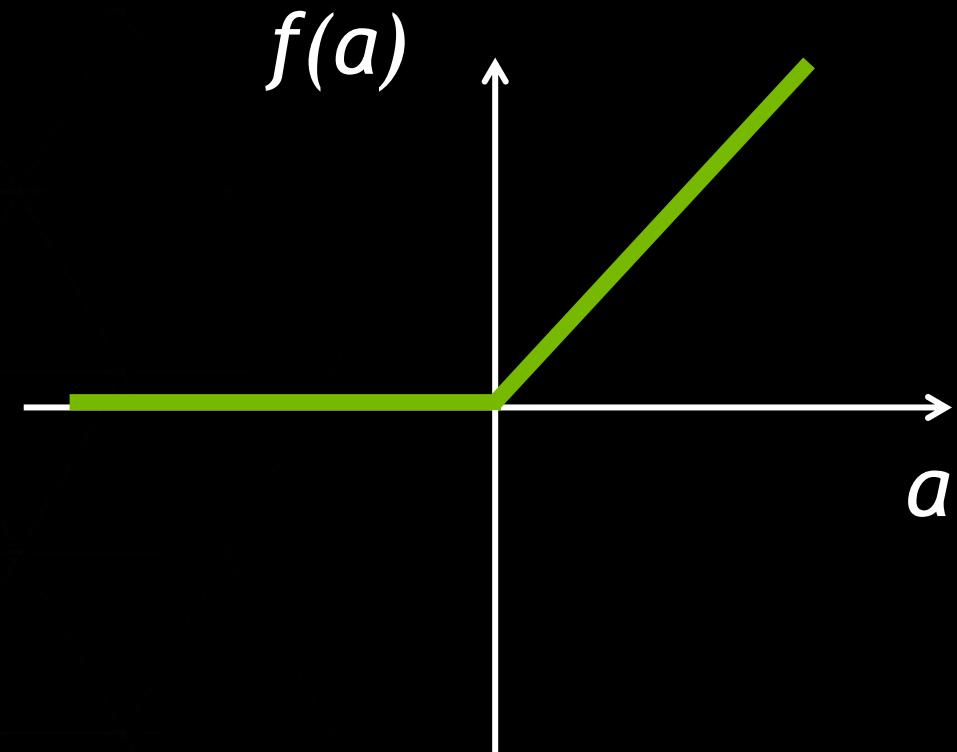
$$X_N = G_W(X_0)$$

ФУНКЦИЯ АКТИВАЦИИ

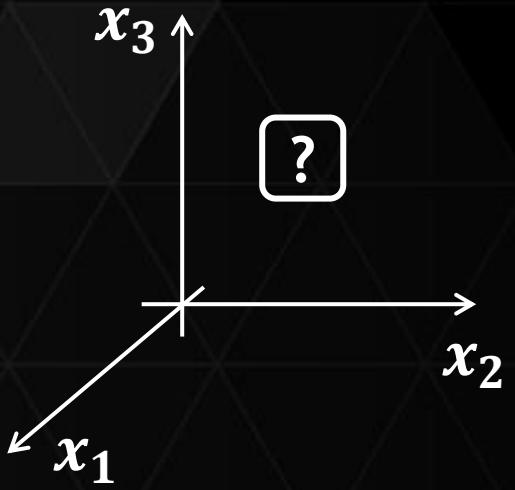
Sigmoid



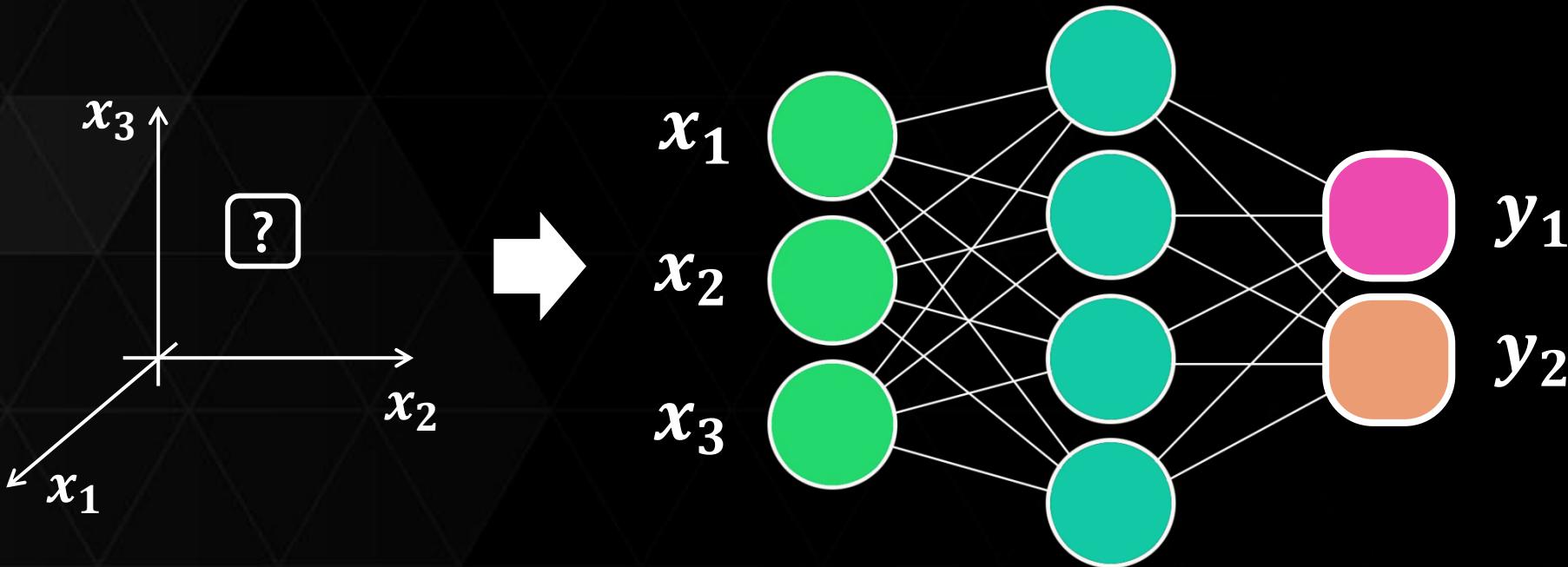
ReLU



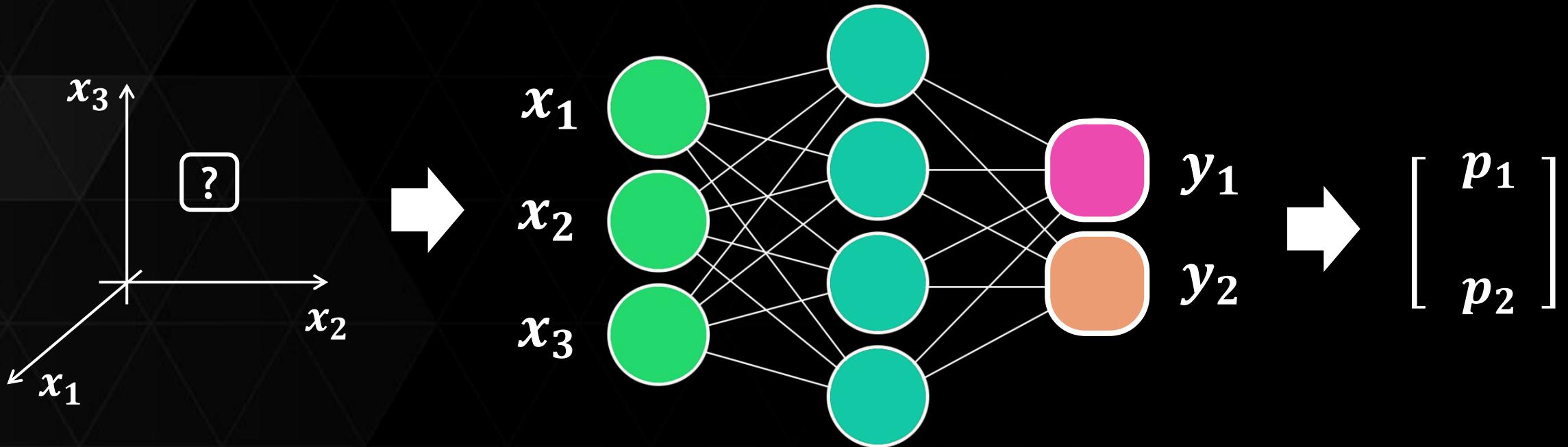
ПРИМЕР: КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА



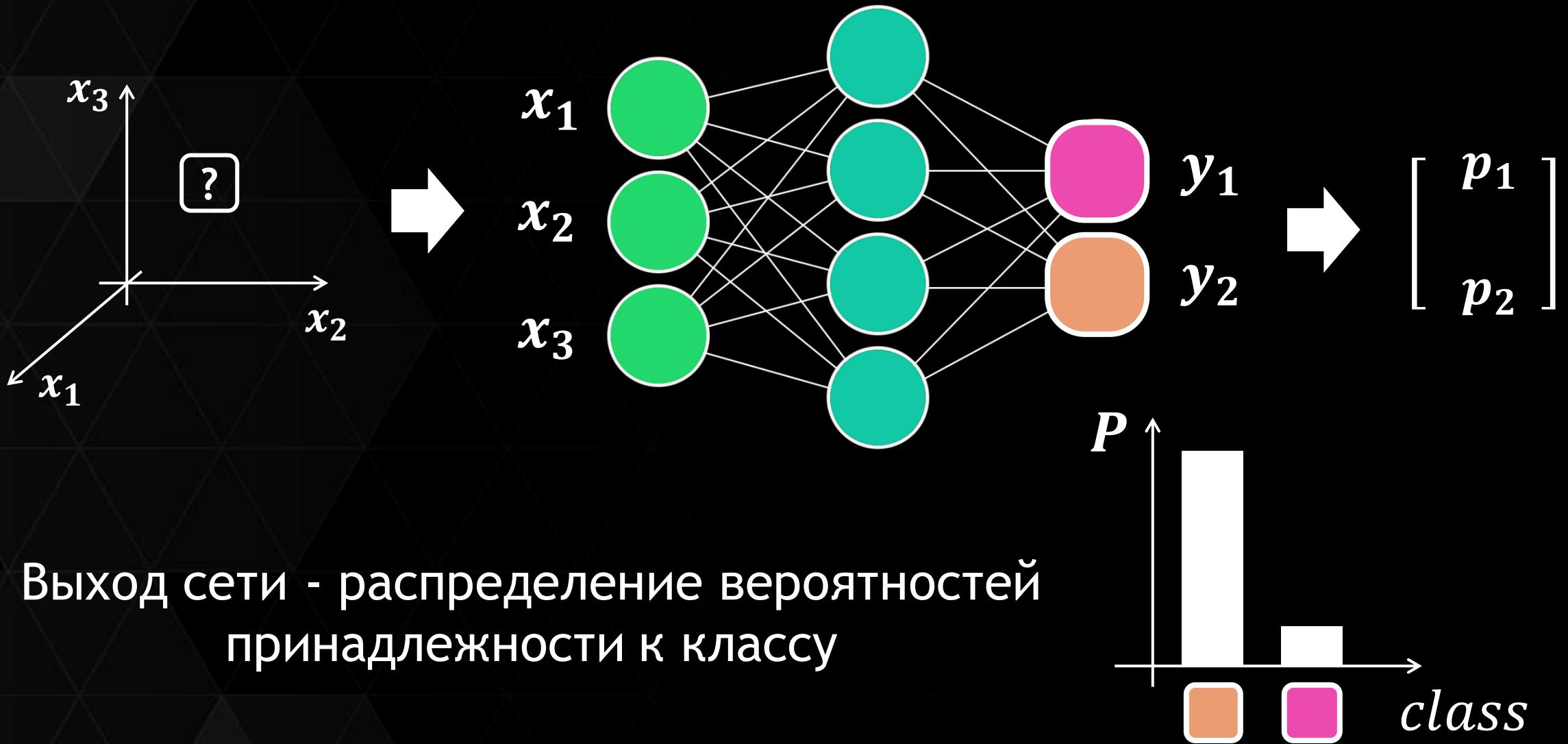
ПРИМЕР: КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА



ПРИМЕР: КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА



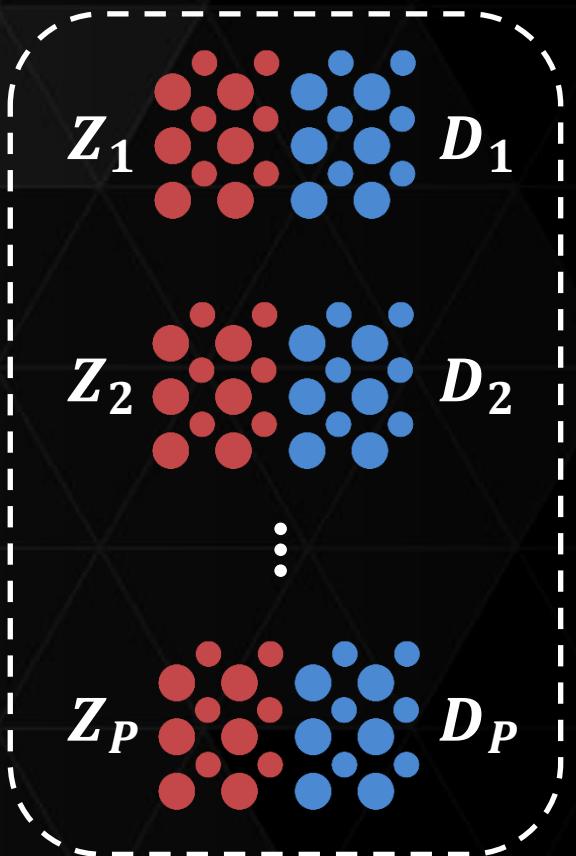
ПРИМЕР: КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА



ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ОБУЧЕНИЕ

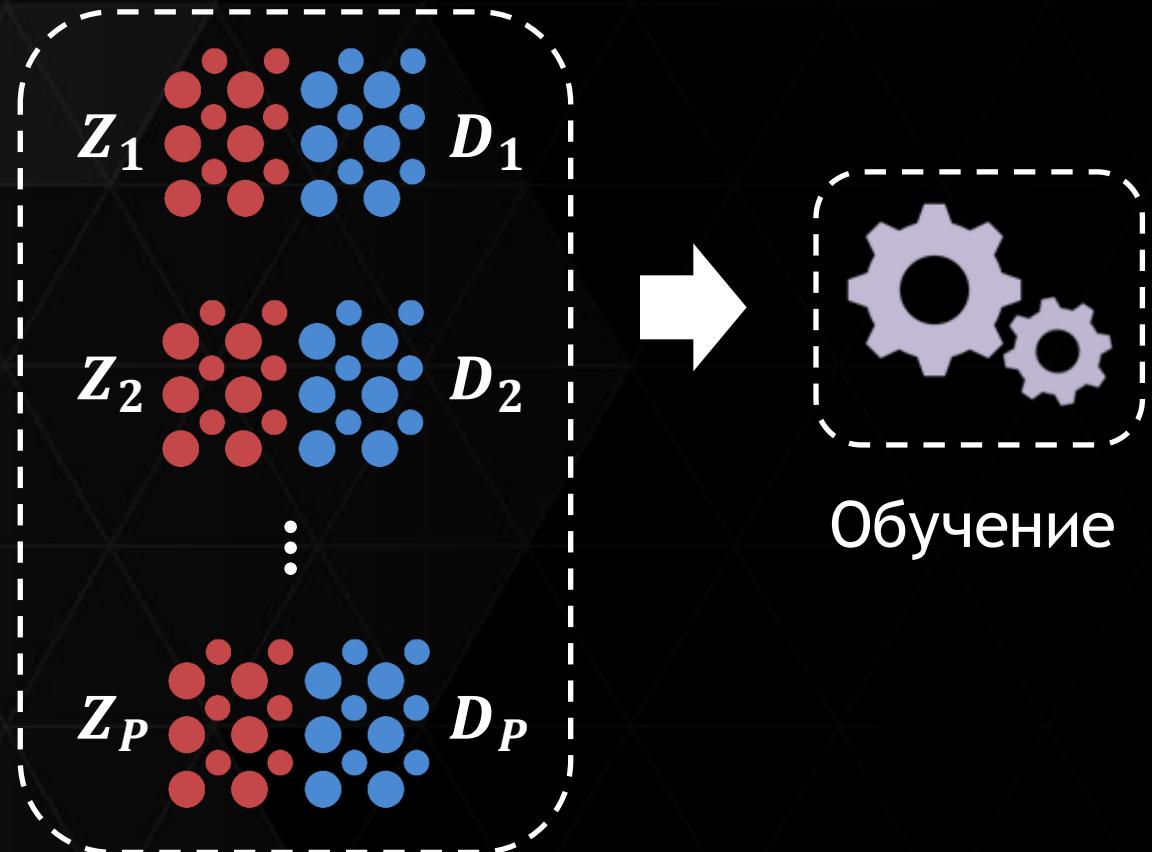
Обучение с учителем (на примерах)



Обучающая выборка

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ОБУЧЕНИЕ

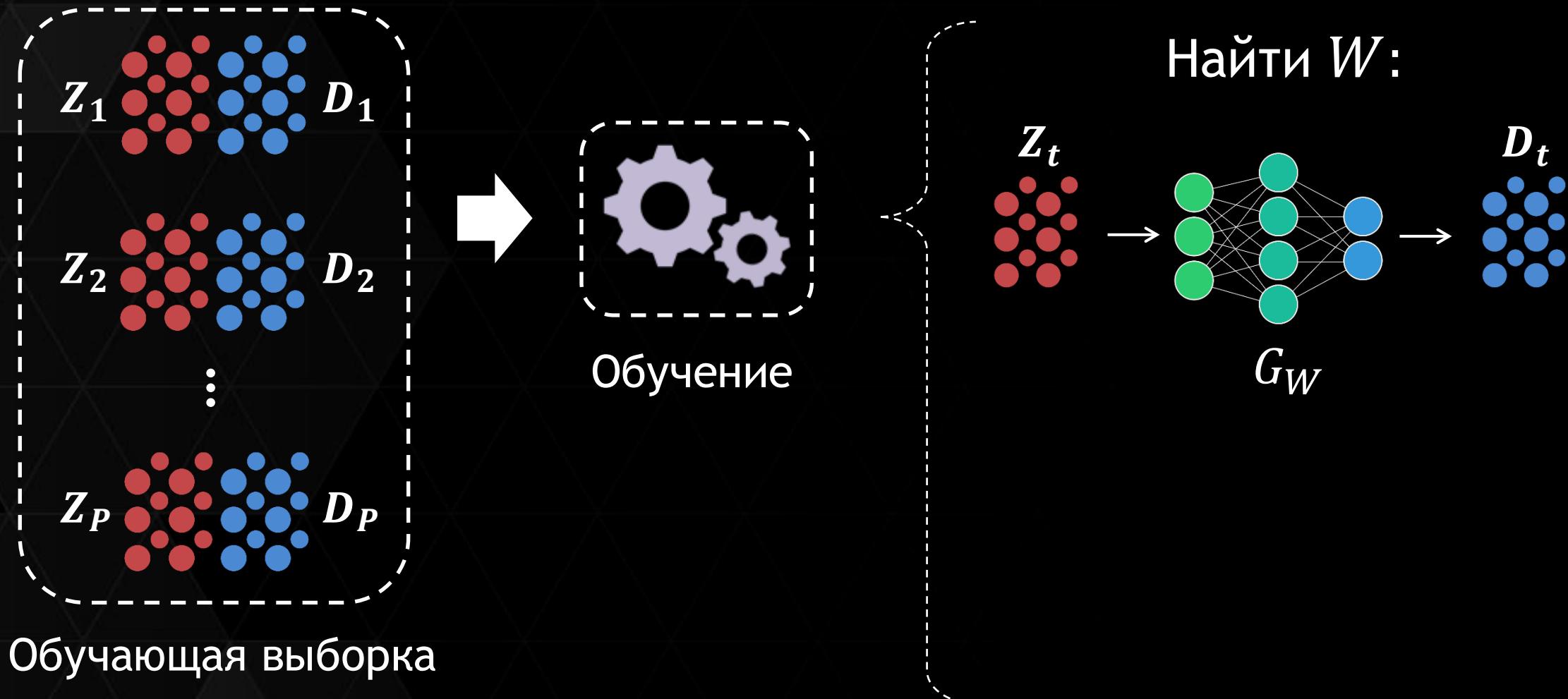
Обучение с учителем (на примерах)



Обучение

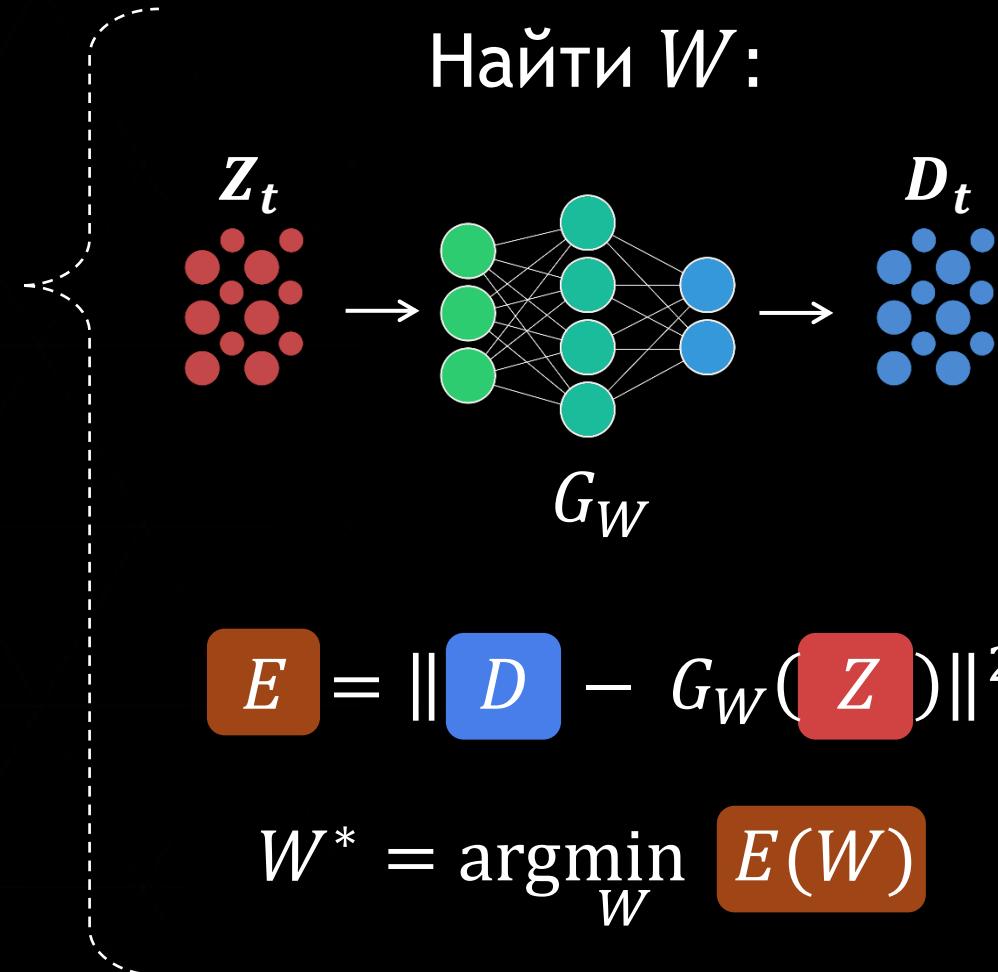
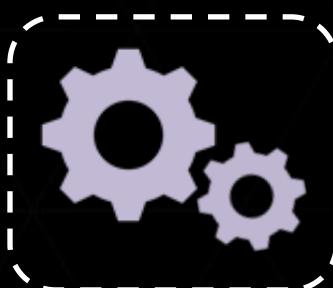
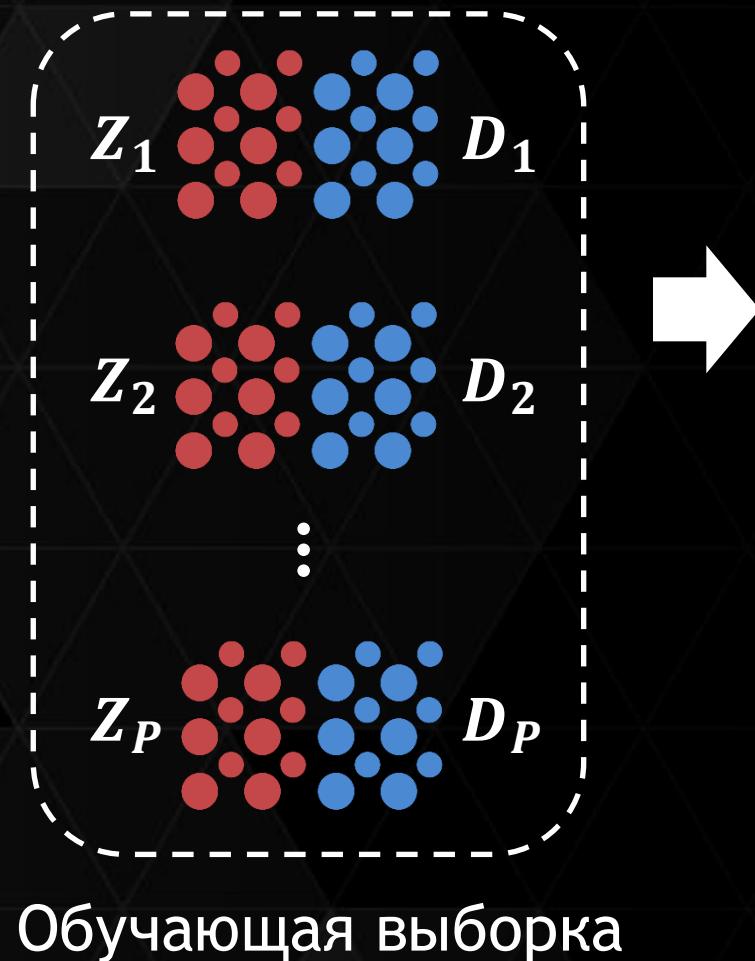
НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ОБУЧЕНИЕ

Обучение с учителем (на примерах)



НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ОБУЧЕНИЕ

Обучение с учителем (на примерах)

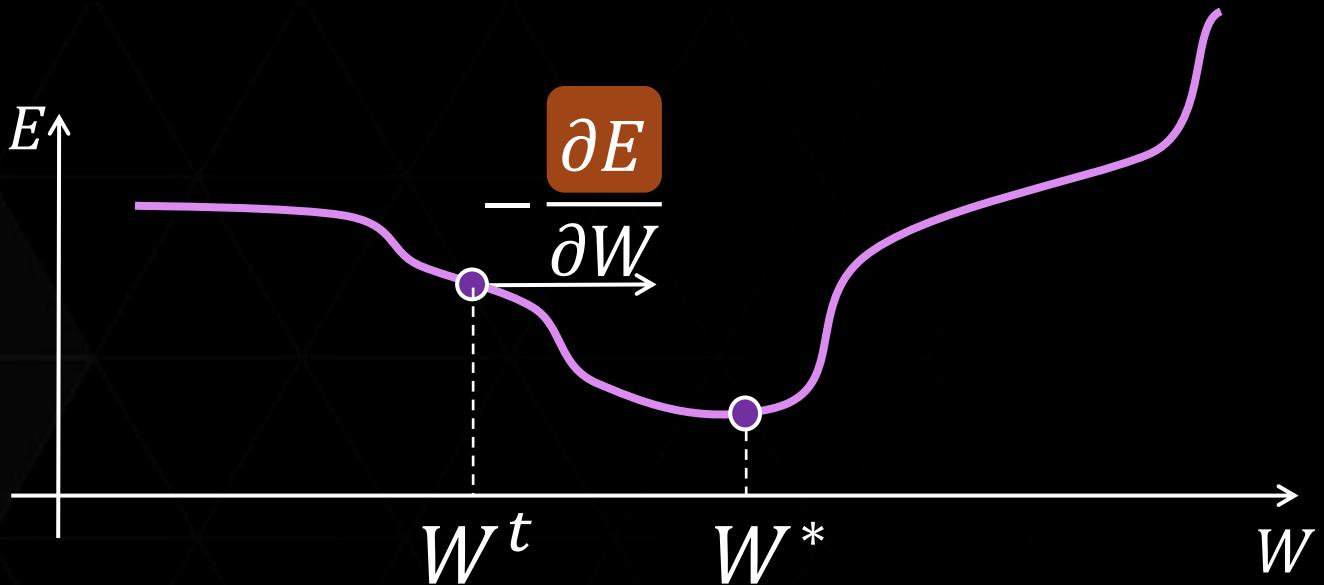


$$E = \| D - G_W(Z) \|^2$$

$$W^* = \operatorname{argmin}_W E(W)$$

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ОБУЧЕНИЕ

Градиентный спуск



Итерационный процесс

$$W^{t+1} = W^t - \alpha \frac{\partial E}{\partial W}(W^t)$$

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ОБУЧЕНИЕ

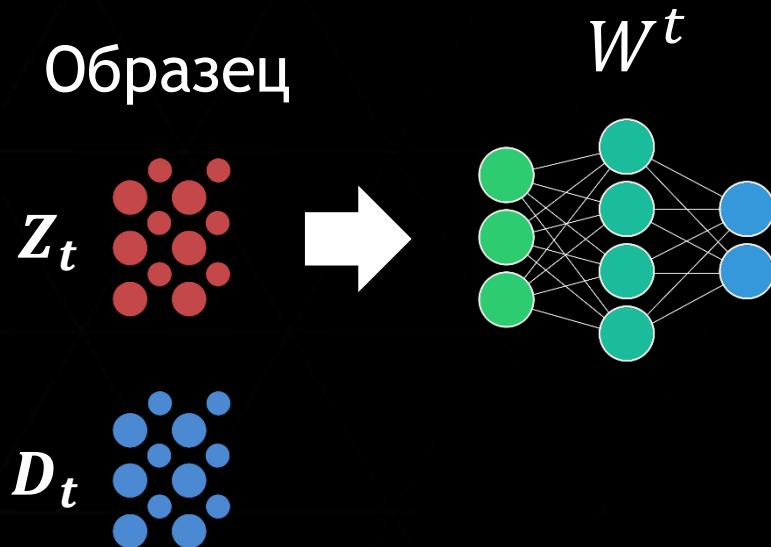
Образец

На итерации t :



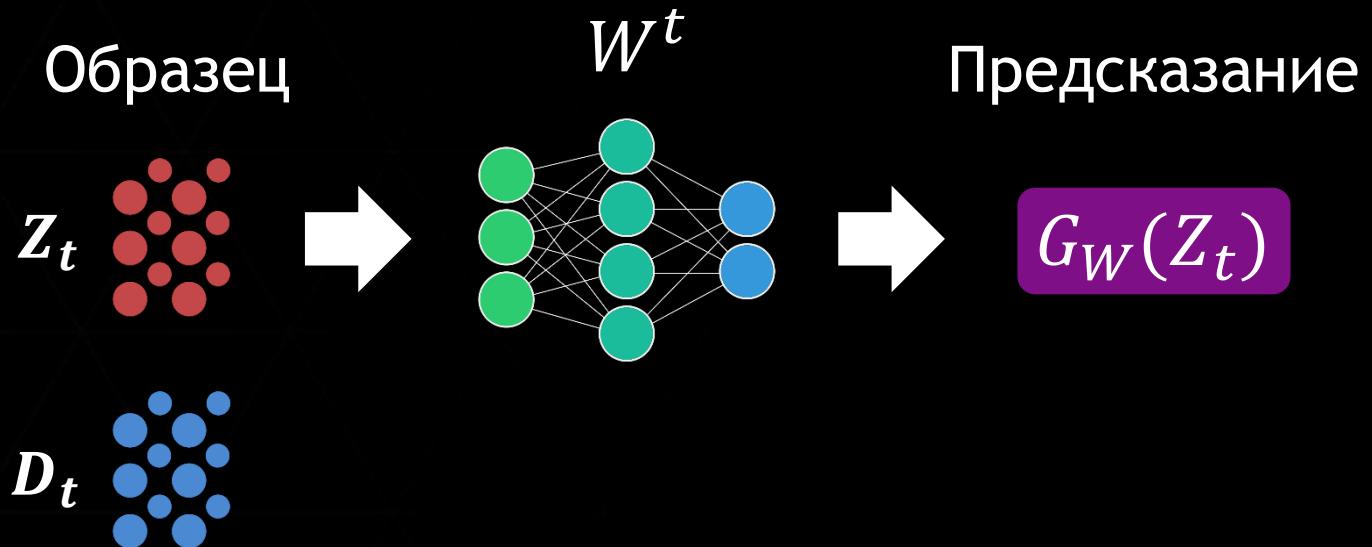
НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ОБУЧЕНИЕ

На итерации t :



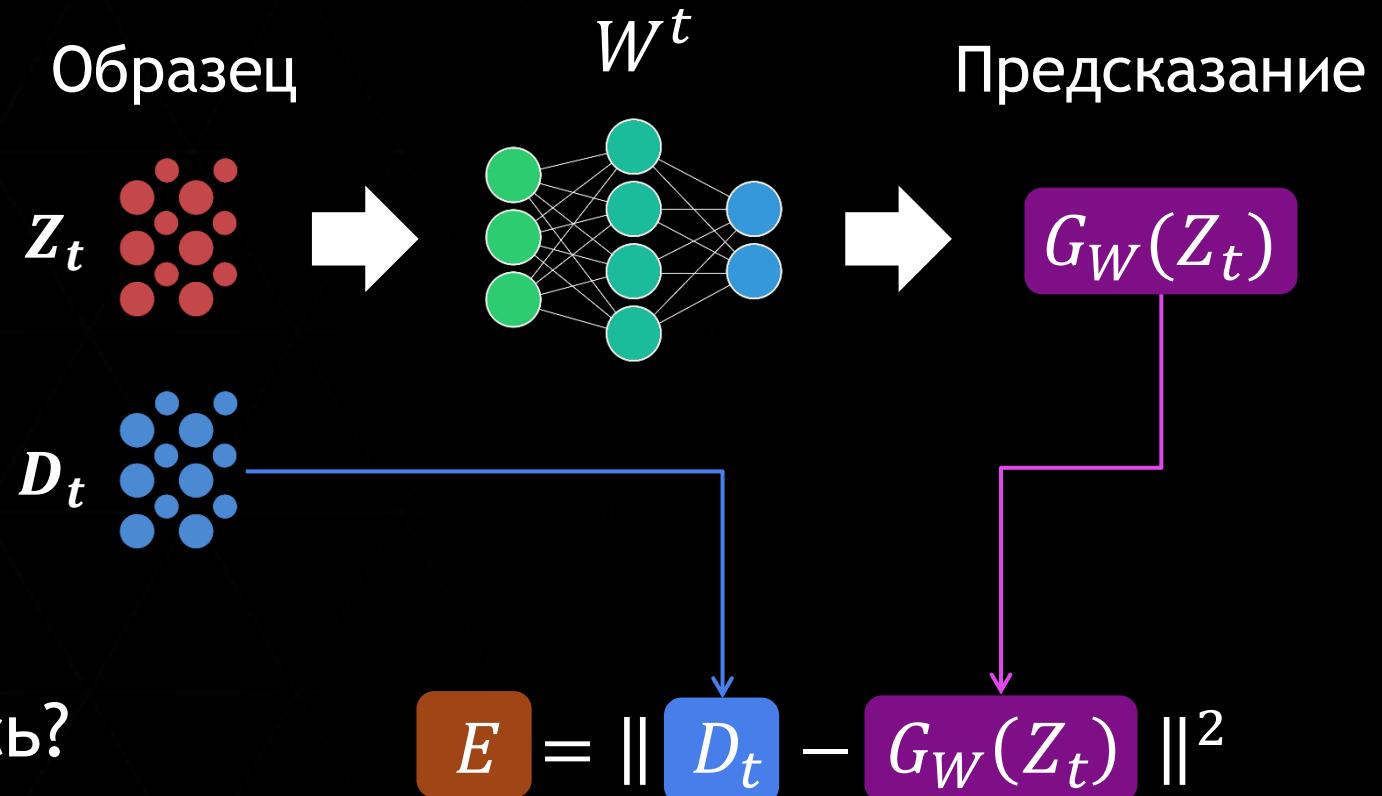
НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ОБУЧЕНИЕ

На итерации t :



НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ОБУЧЕНИЕ

На итерации t :



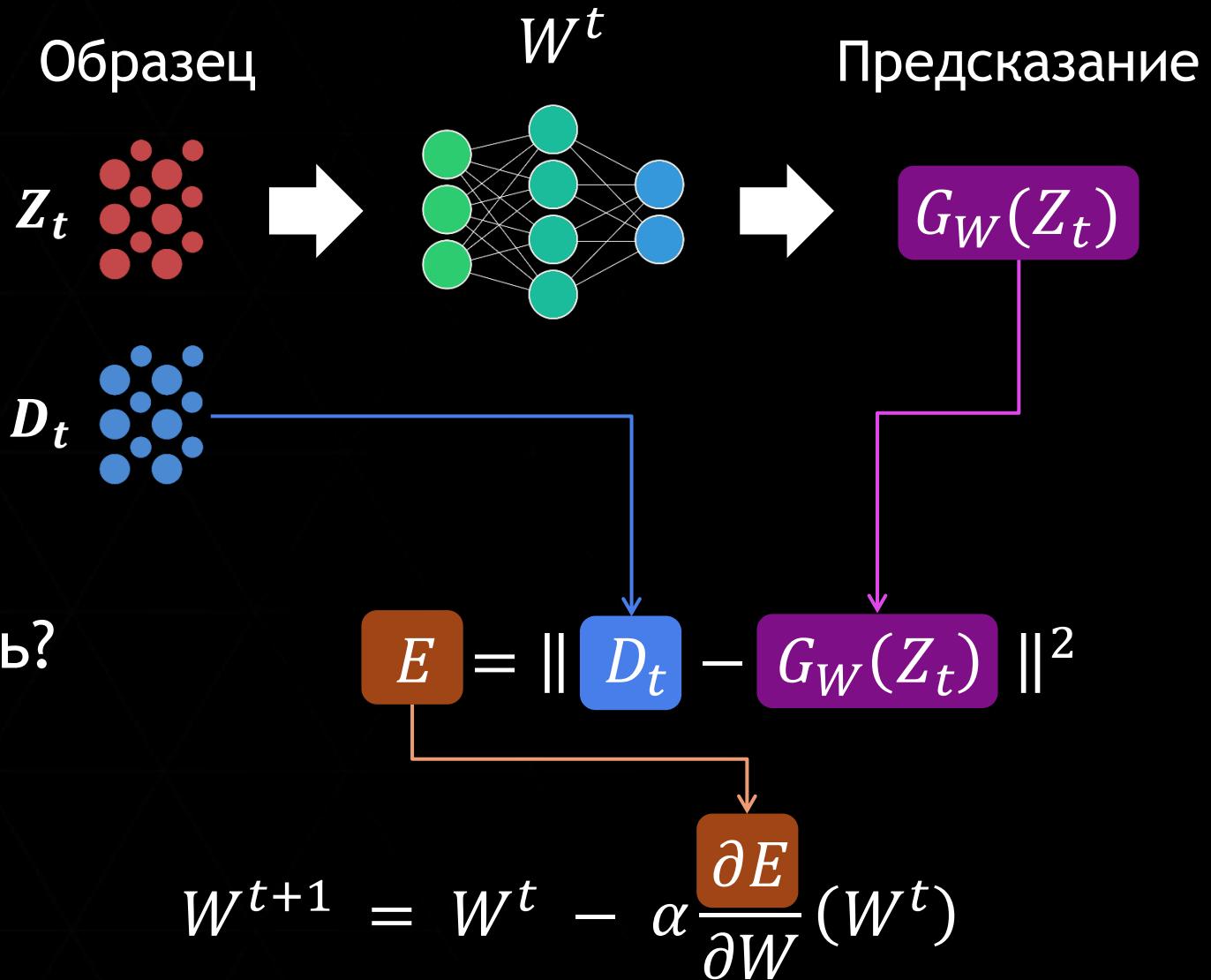
Как сильно мы ошиблись?

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ОБУЧЕНИЕ

На итерации t :

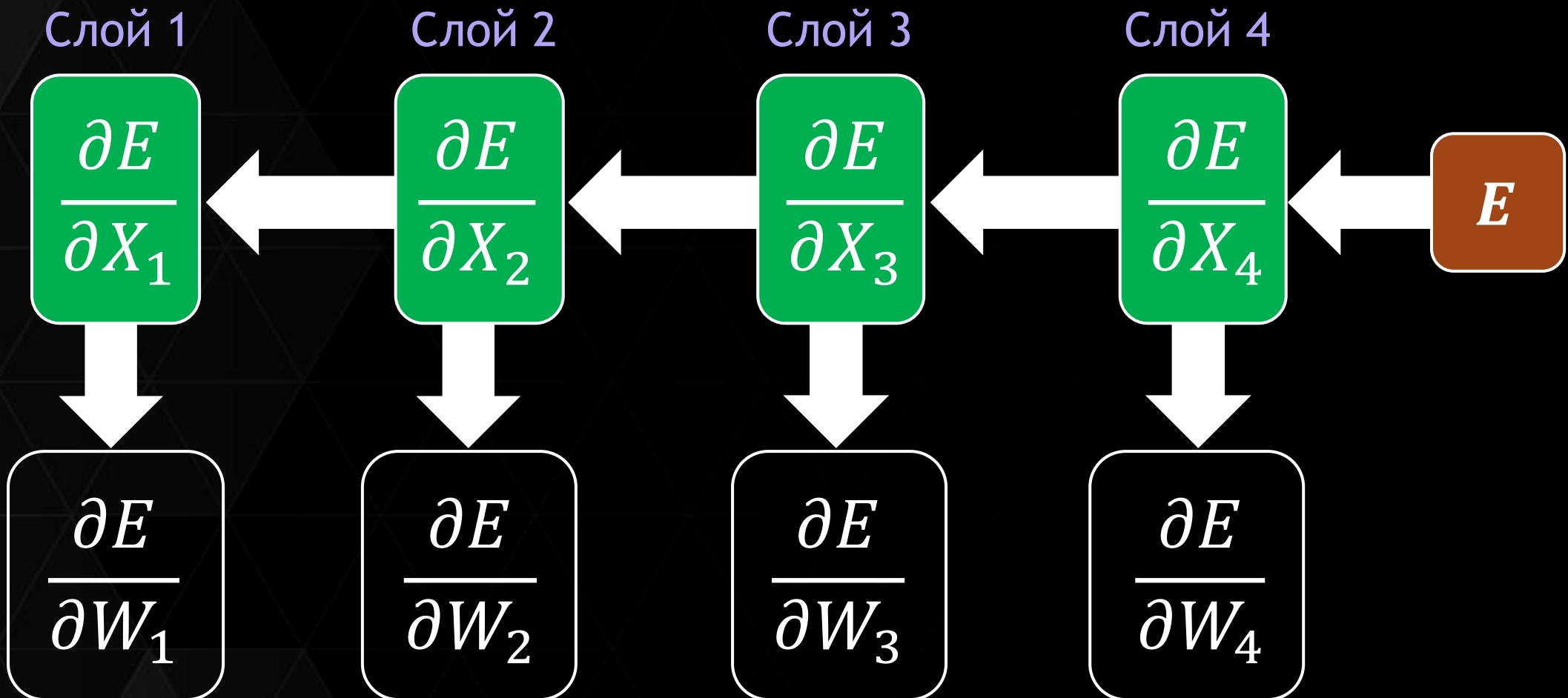
Как сильно мы ошиблись?

Поправить веса!



НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ОБУЧЕНИЕ

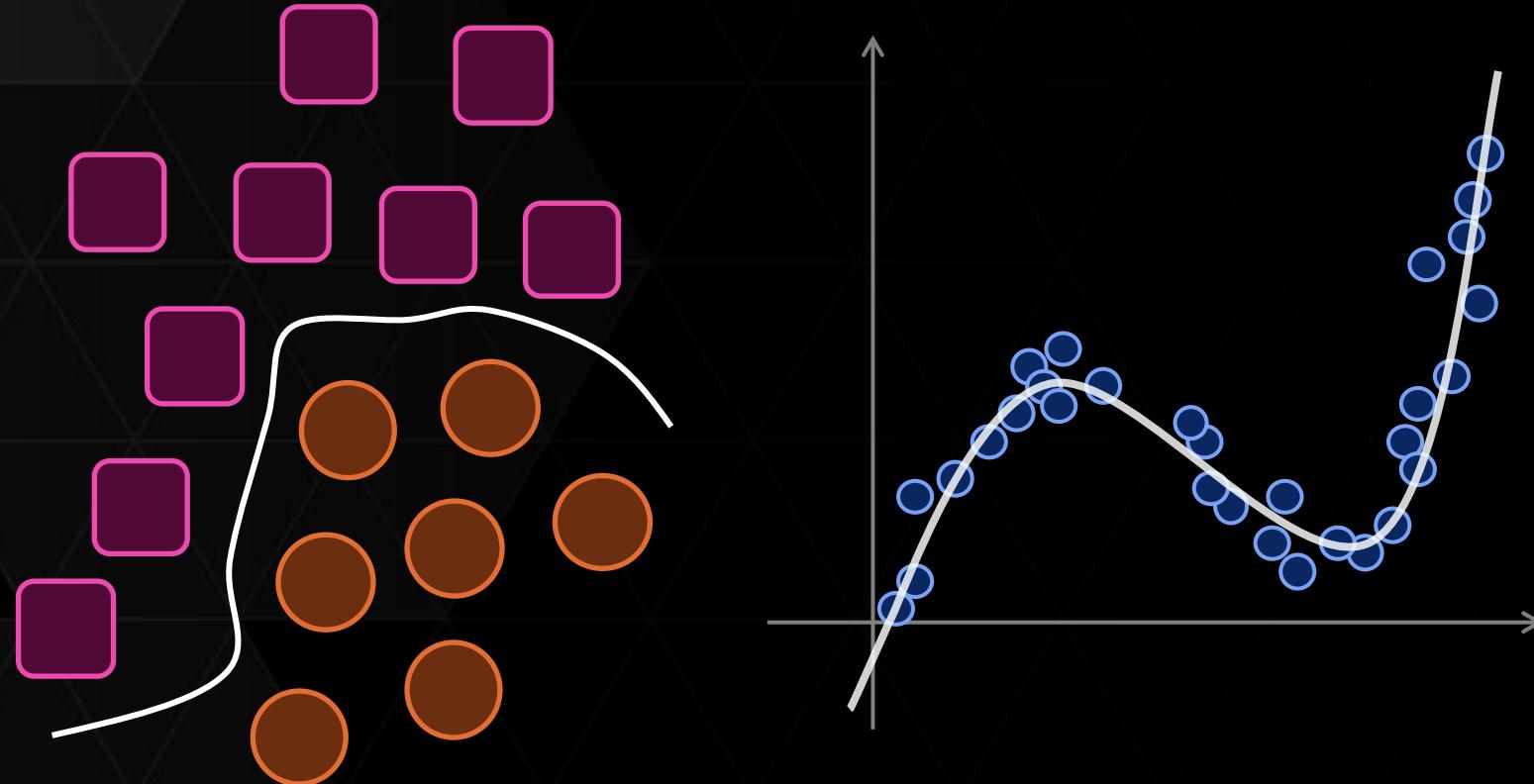
Обратное распространение ошибки



РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

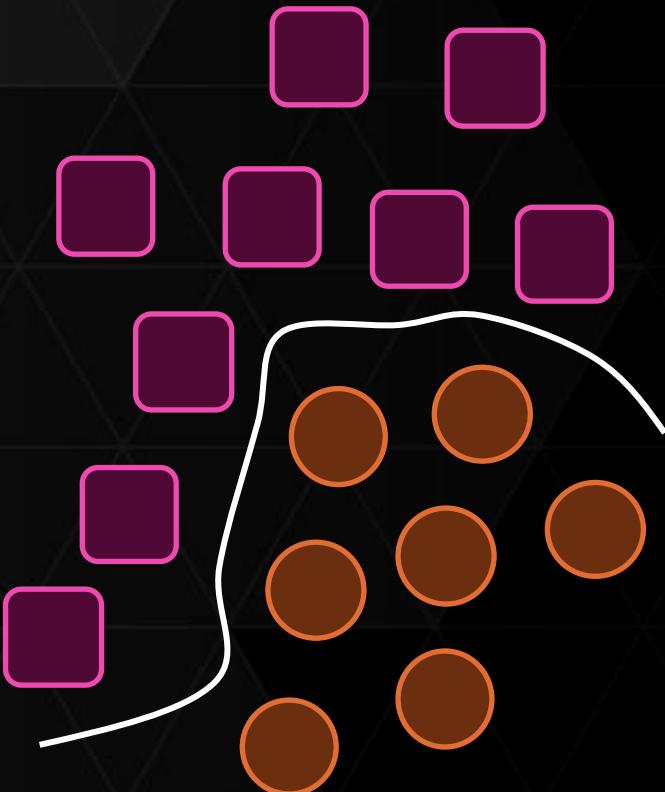
Классификация

Регрессия

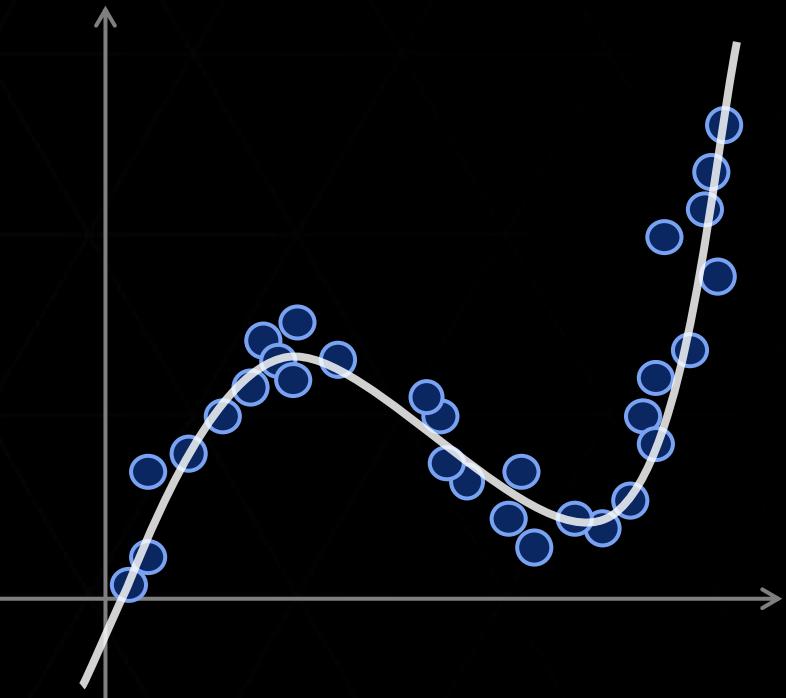


РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

Классификация



Регрессия



Машинное зрение

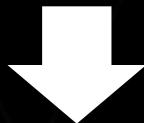


???

КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ

КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ: ЗАДАЧИ

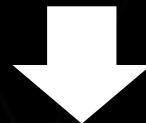
Классификация



“Котик”

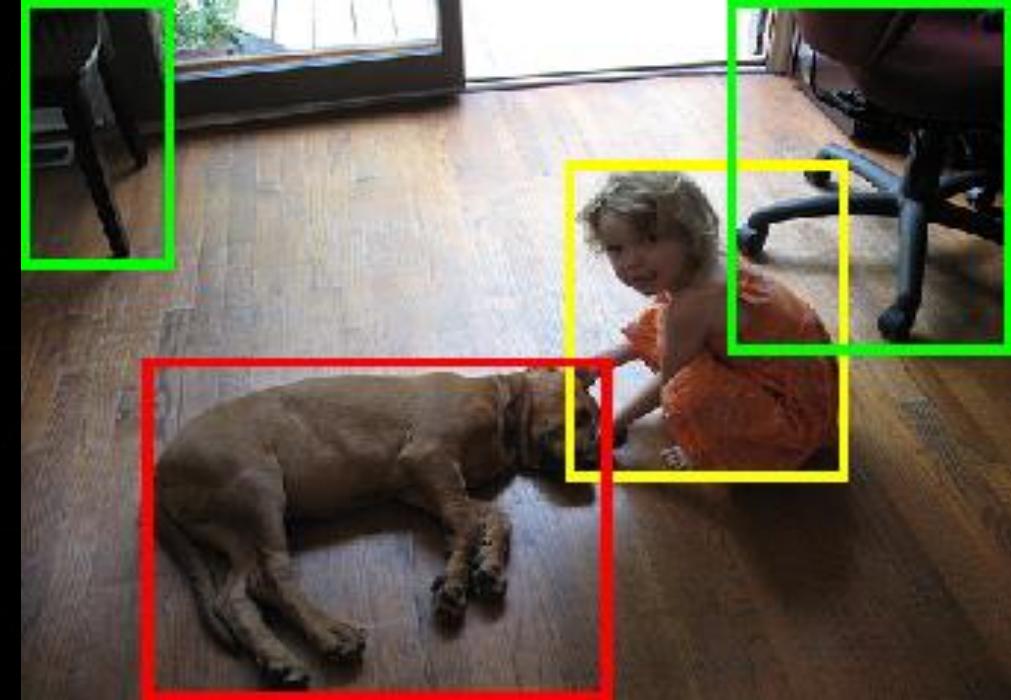
КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ: ЗАДАЧИ

Классификация



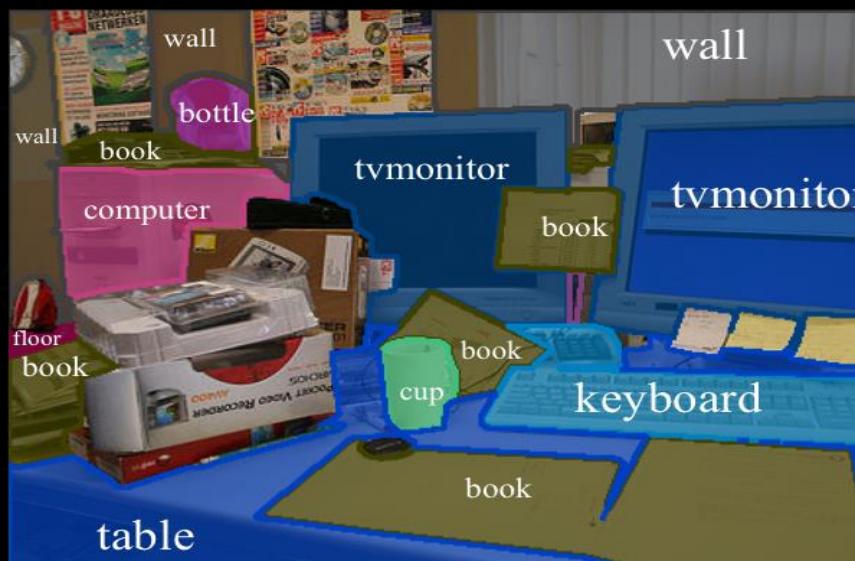
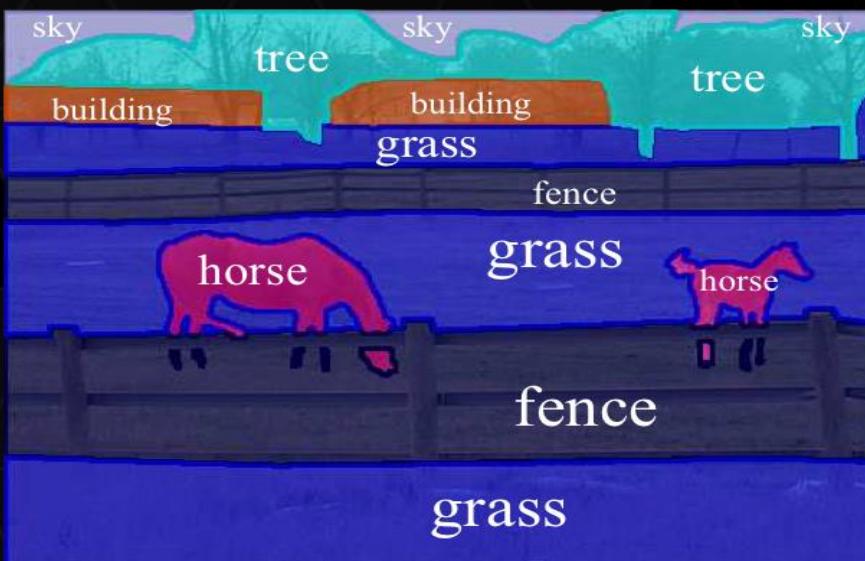
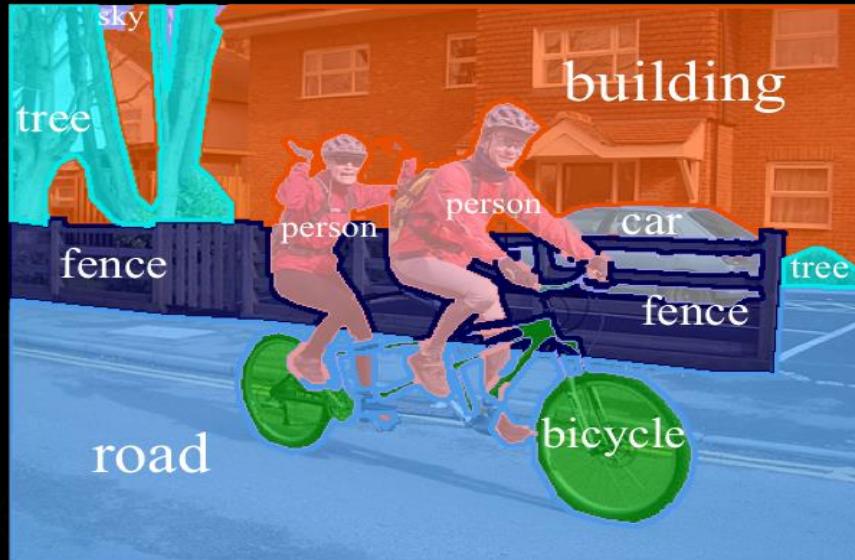
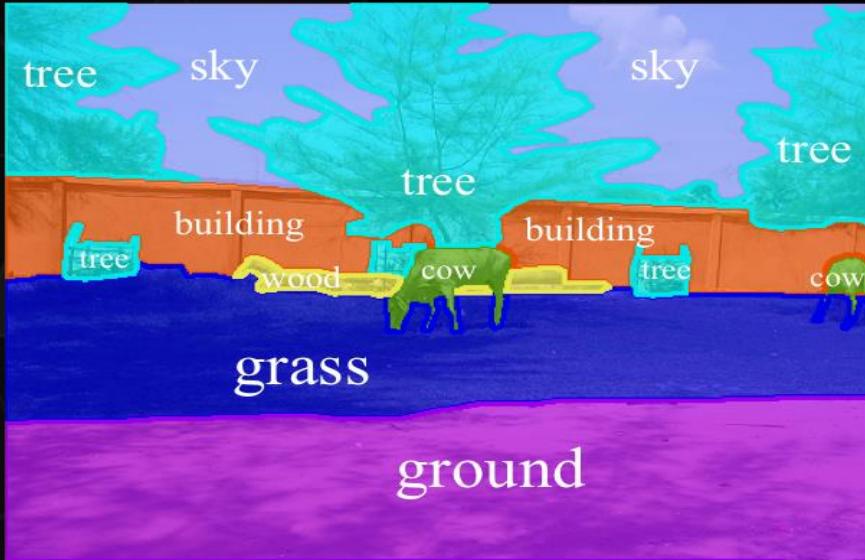
“Котик”

Детектирование объектов



- Человек
- Собака
- Стул

КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ: ЗАДАЧИ



Семантическая
сегментация

ТРУДНОСТИ

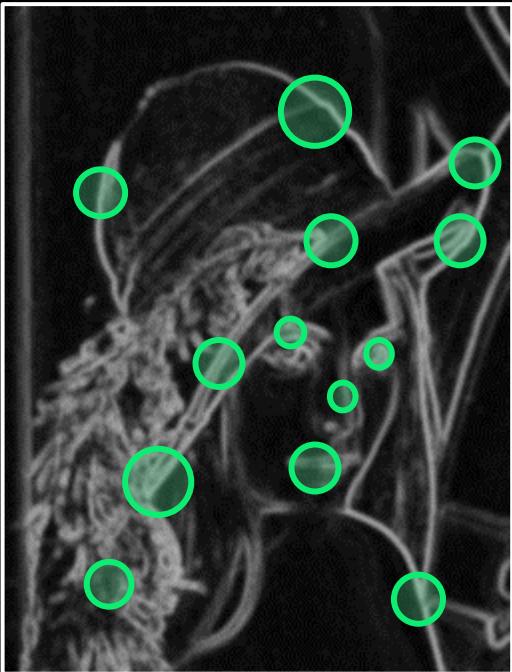
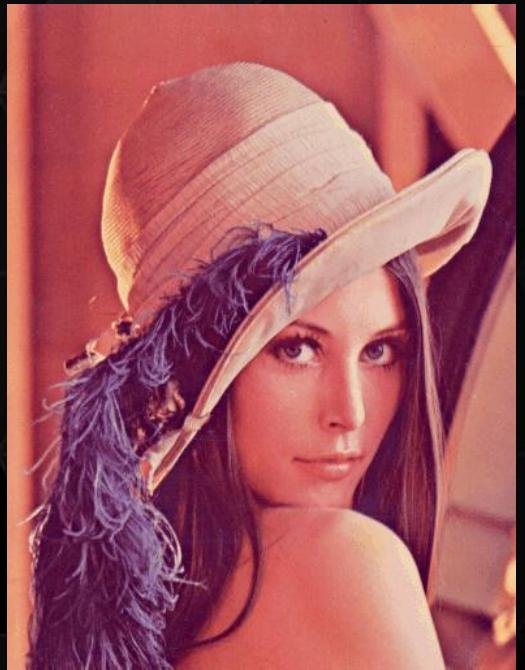
Много неструктурированной информации



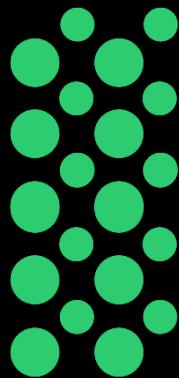
=

$$\begin{matrix} & & & & \text{B} \\ & & & & \begin{matrix} 0.689 & 0.706 & 0.118 & 0.884 & \dots \\ 0.535 & 0.532 & 0.653 & 0.925 & \dots \\ 0.314 & 0.265 & 0.159 & 0.101 & \dots \\ 0.553 & 0.633 & 0.528 & 0.493 & \dots \\ 0.441 & 0.465 & 0.512 & 0.512 & \dots \end{matrix} \\ & & \text{G} & & \begin{matrix} 0.342 & 0.647 & 0.515 & 0.816 & \dots & 0.421 & 0.398 & \dots \\ 0.111 & 0.300 & 0.205 & 0.526 & \dots & 0.912 & 0.713 & \dots \\ 0.523 & 0.428 & 0.712 & 0.929 & \dots & 0.219 & 0.328 & \dots \\ 0.214 & 0.604 & 0.918 & 0.344 & \dots & 0.128 & 0.133 & \dots \\ 0.100 & 0.121 & 0.113 & 0.126 & \dots & & & \end{matrix} \\ & \text{R} & & & \begin{matrix} 0.112 & 0.986 & 0.234 & 0.432 & \dots & 0.204 & 0.175 & \dots \\ 0.765 & 0.128 & 0.863 & 0.521 & \dots & 0.760 & 0.531 & \dots \\ 1.000 & 0.985 & 0.761 & 0.698 & \dots & 0.997 & 0.910 & \dots \\ 0.455 & 0.783 & 0.224 & 0.395 & \dots & 0.995 & 0.726 & \dots \\ 0.021 & 0.500 & 0.311 & 0.123 & \dots & & & \end{matrix} \\ & & & & \begin{matrix} \dots & \dots \end{matrix} \end{matrix}$$

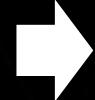
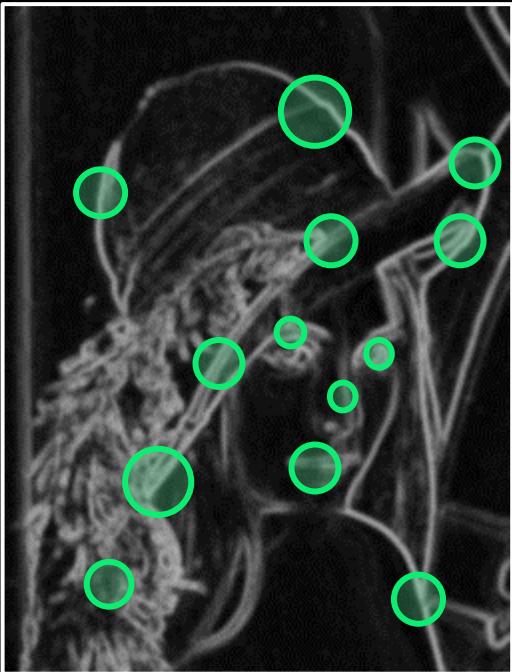
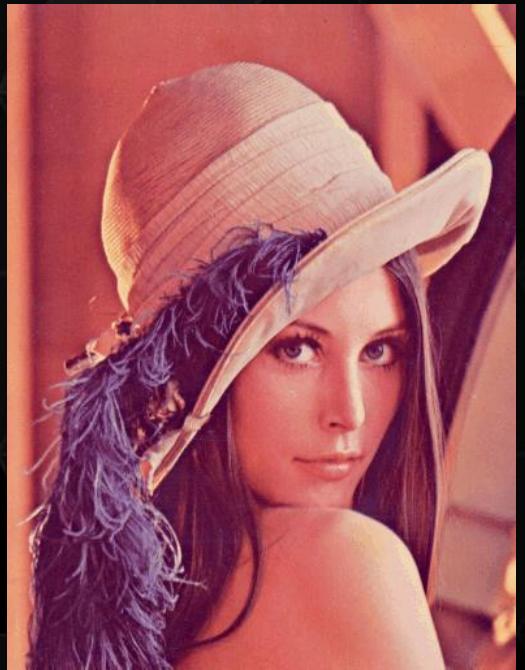
ПРИЗНАКИ В МАШИННОМ ЗРЕНИИ



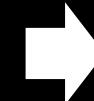
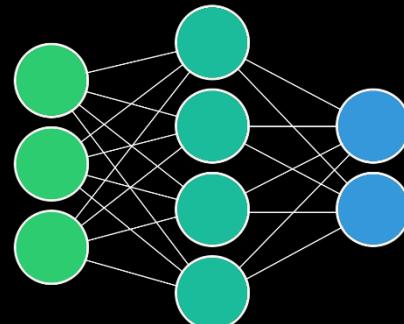
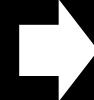
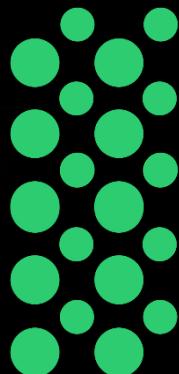
Признаки



ПРИЗНАКИ В МАШИННОМ ЗРЕНИИ



Признаки



“Lenna”

СВЁРТКА

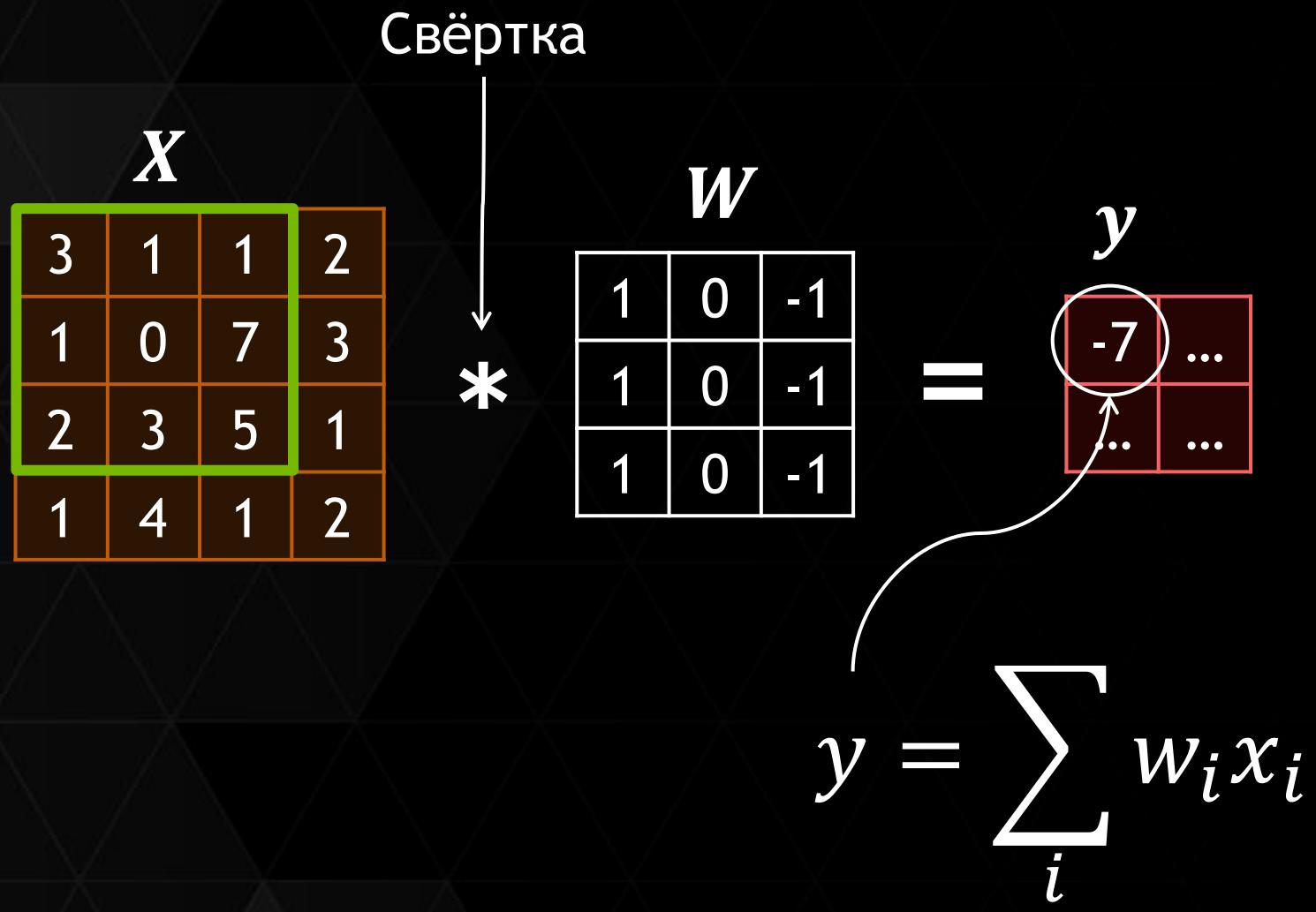
X

3	1	1	2
1	0	7	3
2	3	5	1
1	4	1	2

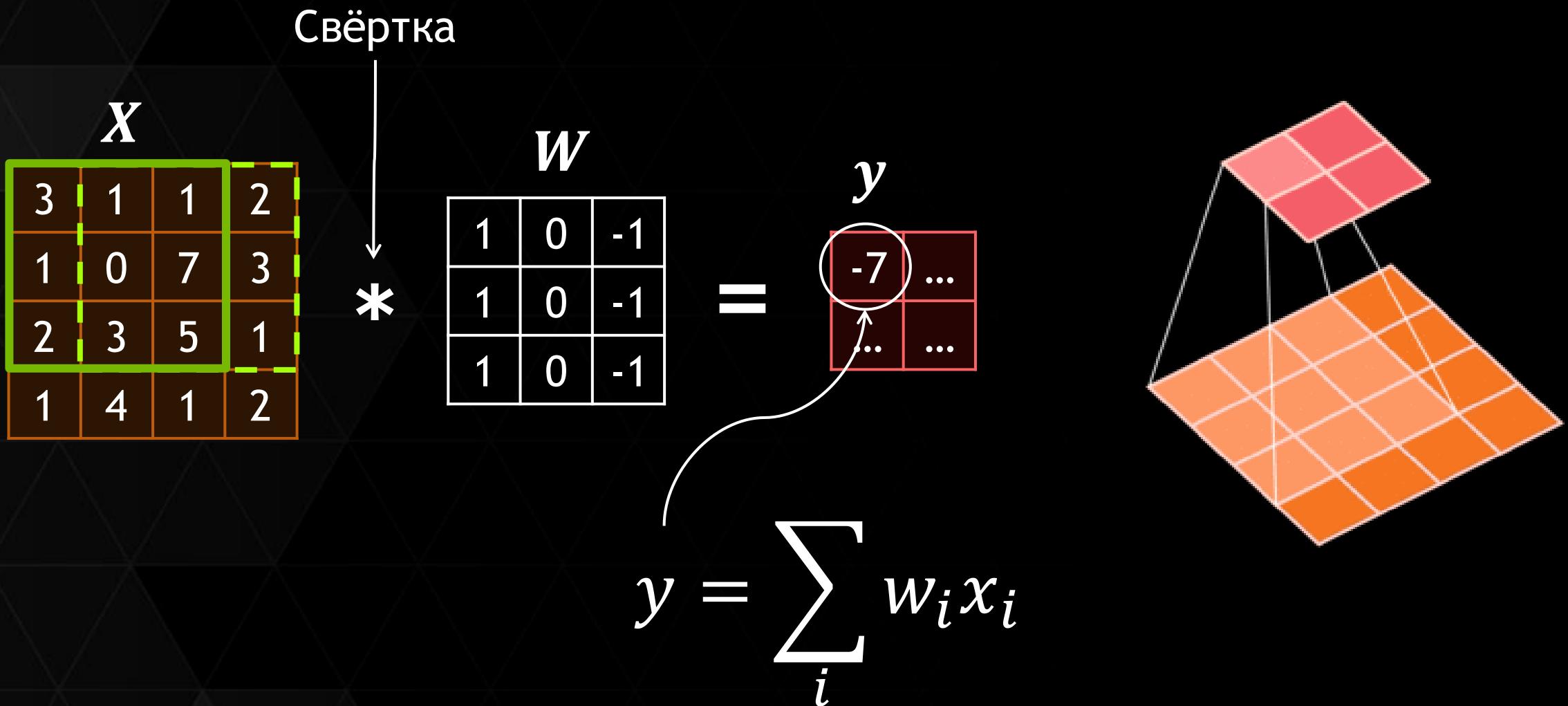
W

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

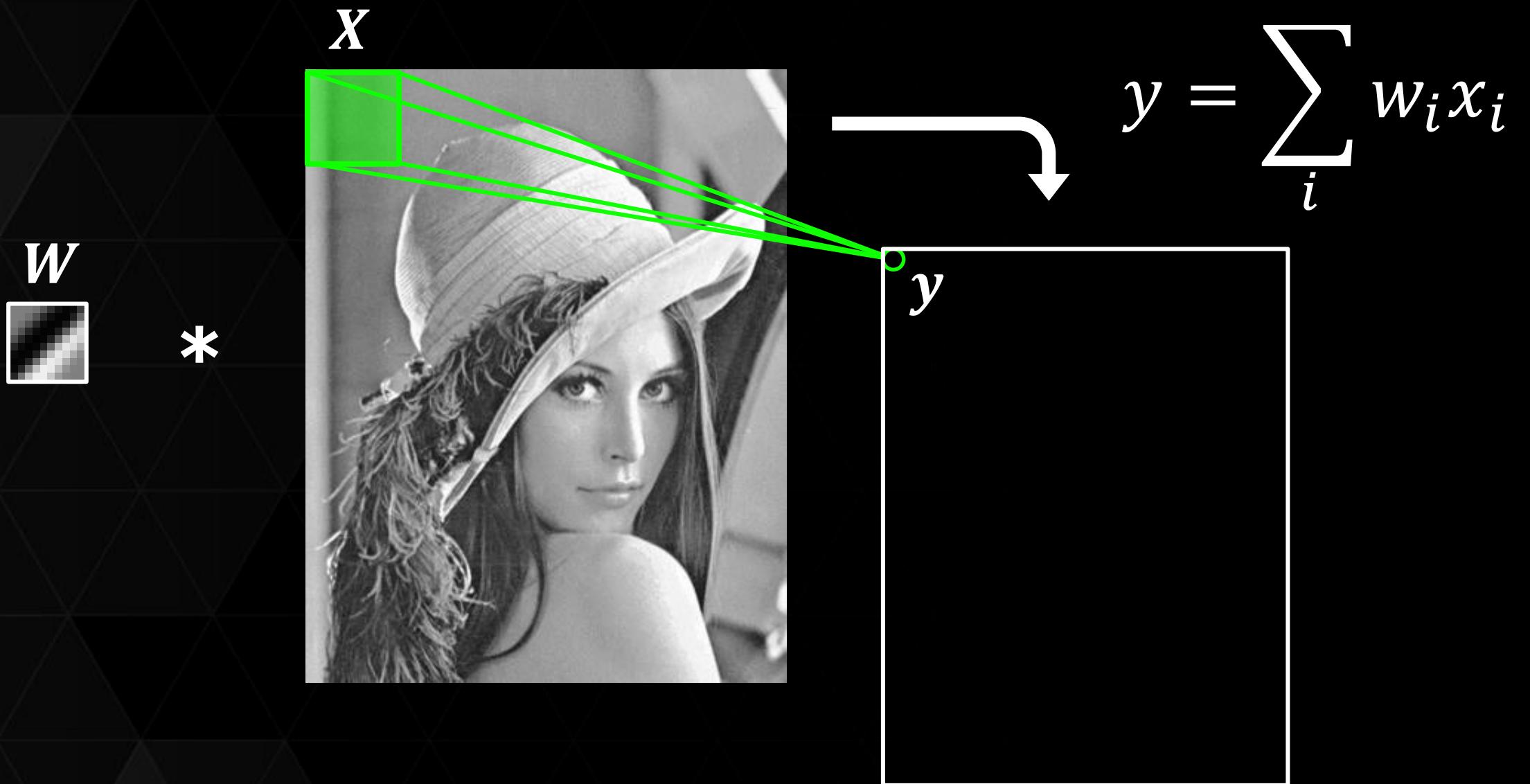
СВЁРТКА



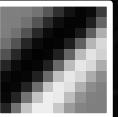
СВЁРТКА



СВЕРТКА



СВЁРТКА

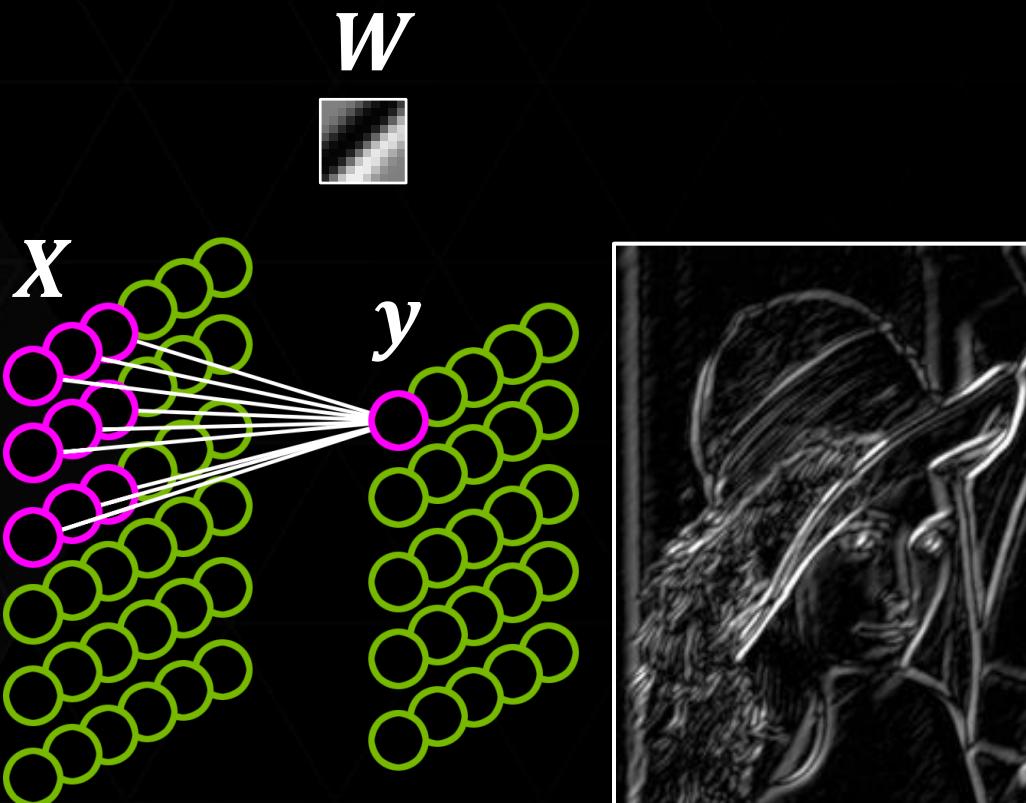
$$W$$


*



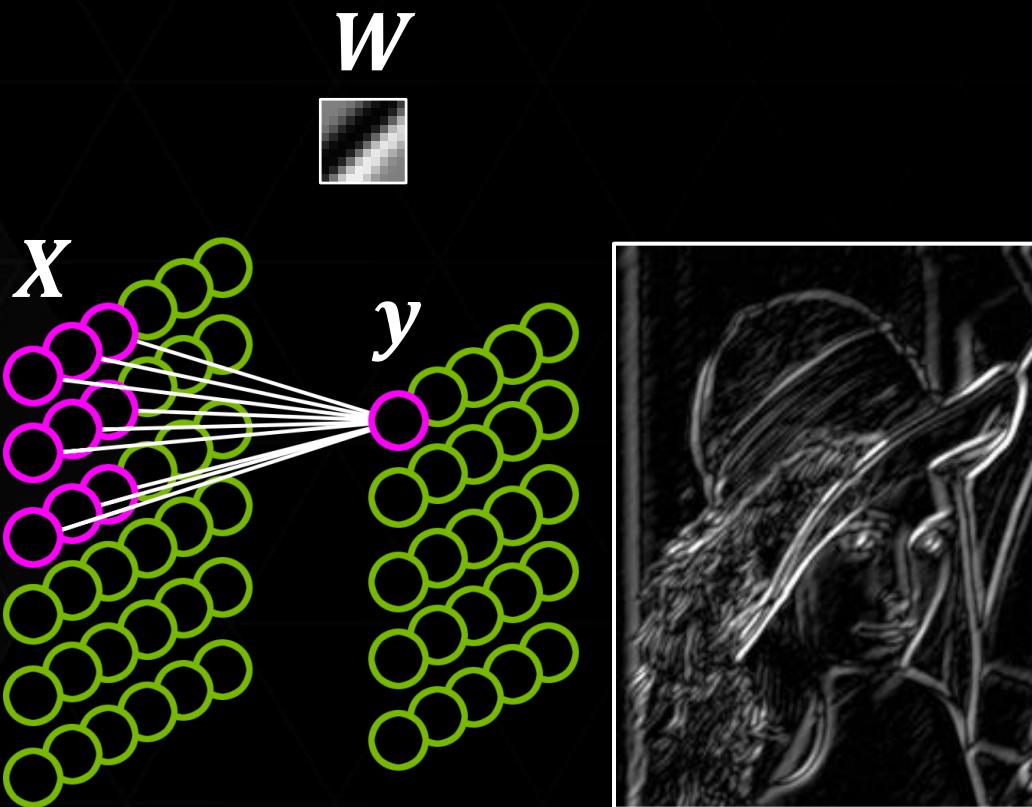
$$y = \sum_i w_i x_i$$

СВЁРТОЧНЫЙ СЛОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ



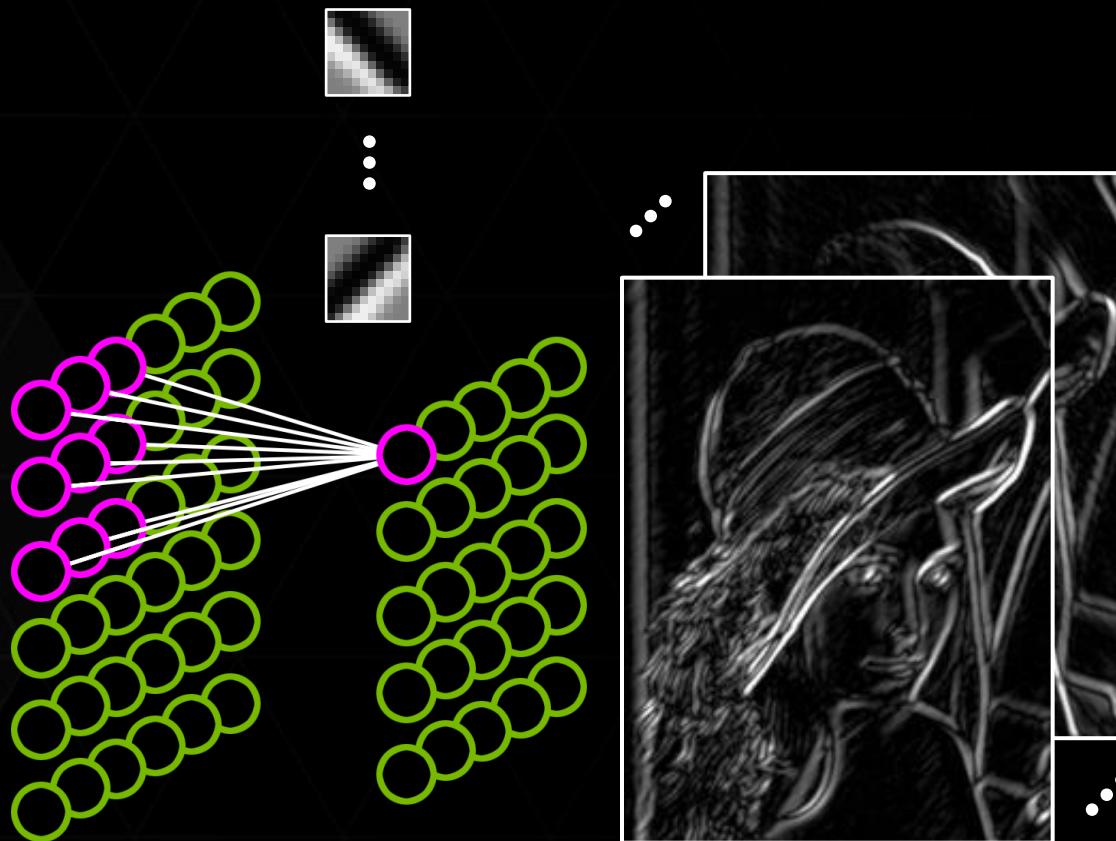
$$y = \sum_i w_i x_i$$

СВЁРТОЧНЫЙ СЛОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ



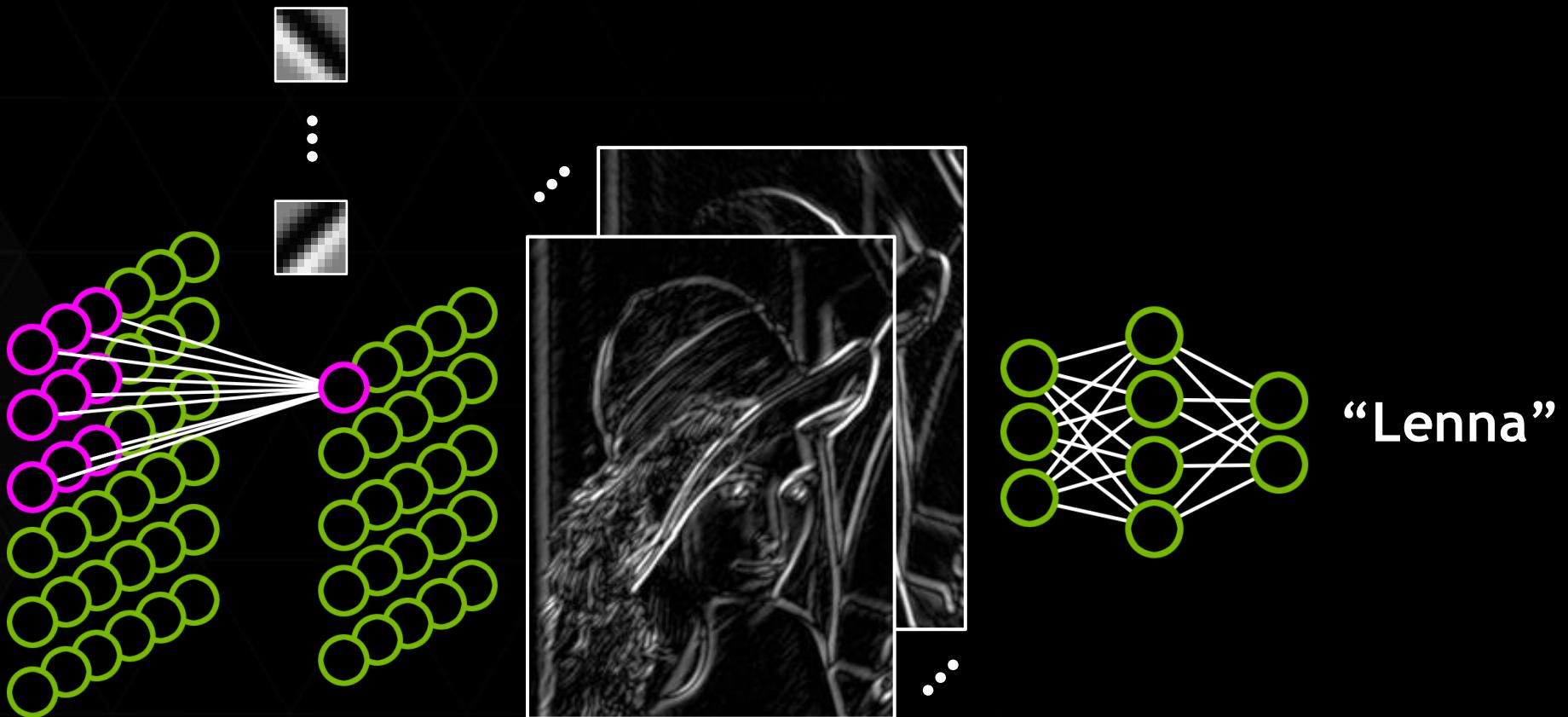
$$y = f \left(\sum_i w_i x_i + b \right)$$

СВЁРТОЧНЫЙ СЛОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ



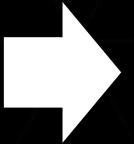
Обучаемые
признаки

СВЁРТОЧНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ



Обучаемые
признаки

ПРОБЛЕМЫ НЕ ЗАКОНЧИЛИСЬ



“шесть”



Легко

ПРОБЛЕМЫ НЕ ЗАКОНЧИЛИСЬ



“шесть”



Легко



?
==



Сложно

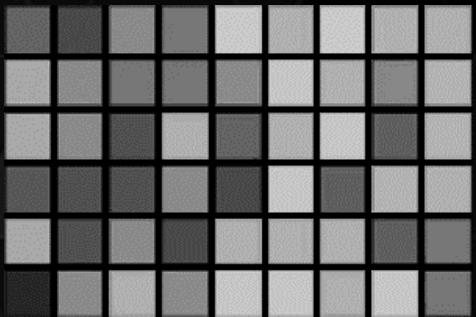
A close-up shot from the movie Inception. Two men in dark suits are leaning over a table, looking down at something on it. The lighting is dramatic, with strong highlights and shadows. The man on the left has light-colored hair and is looking slightly to his right. The man on the right has dark hair and is looking directly down at the table.

WE NEED TO GO

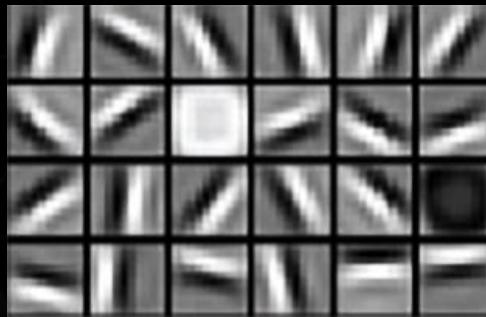
DEEPER

ИЕРАРХИЯ ПРИЗНАКОВ

Пиксели



Границы



Фрагменты

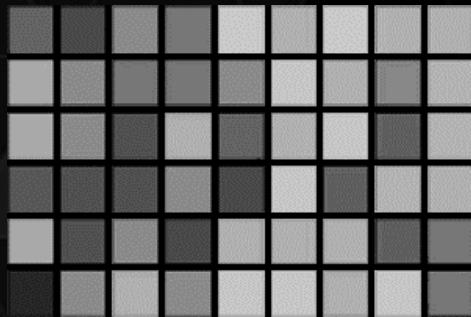


Объекты

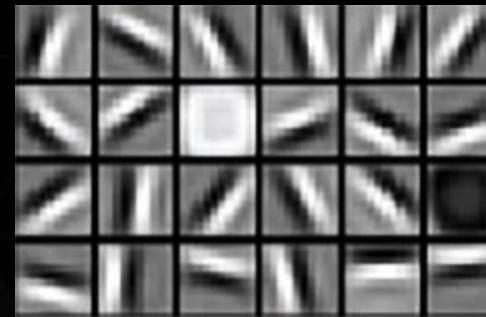


ИЕРАРХИЯ ПРИЗНАКОВ

Пиксели



Границы



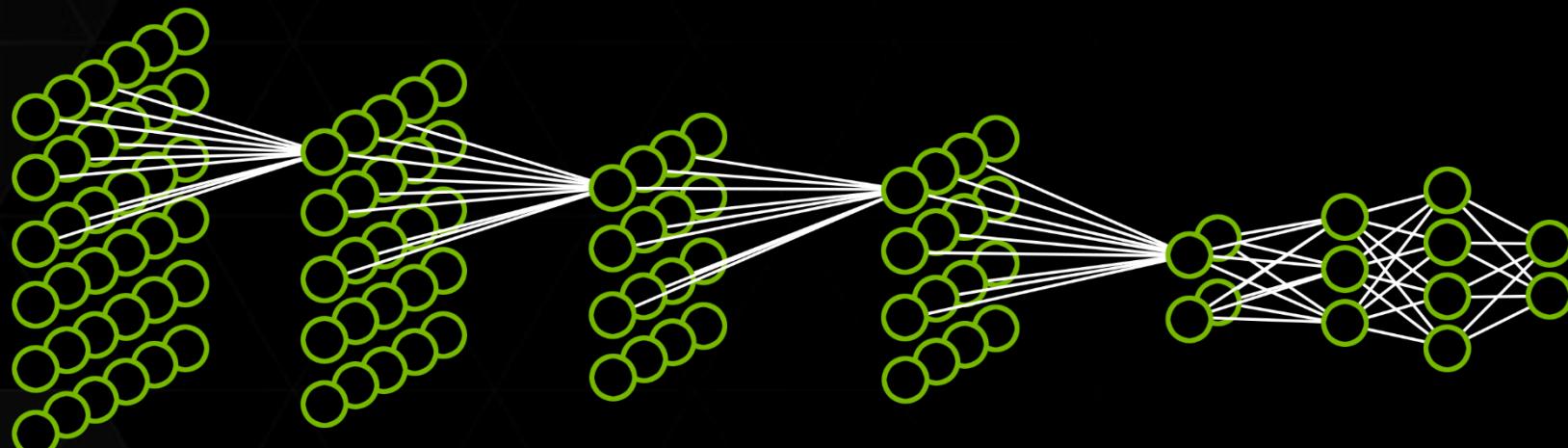
Фрагменты



Объекты



ГЛУБОКИЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ



“Котик”

DEEP LEARNING

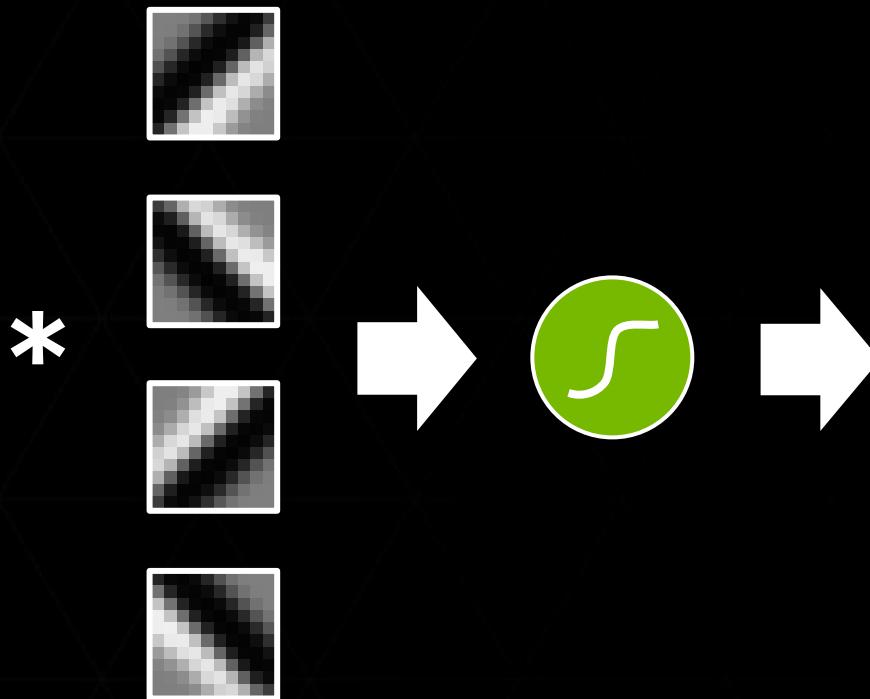
Обучение иерархии признаковых представлений

DEEP LEARNING

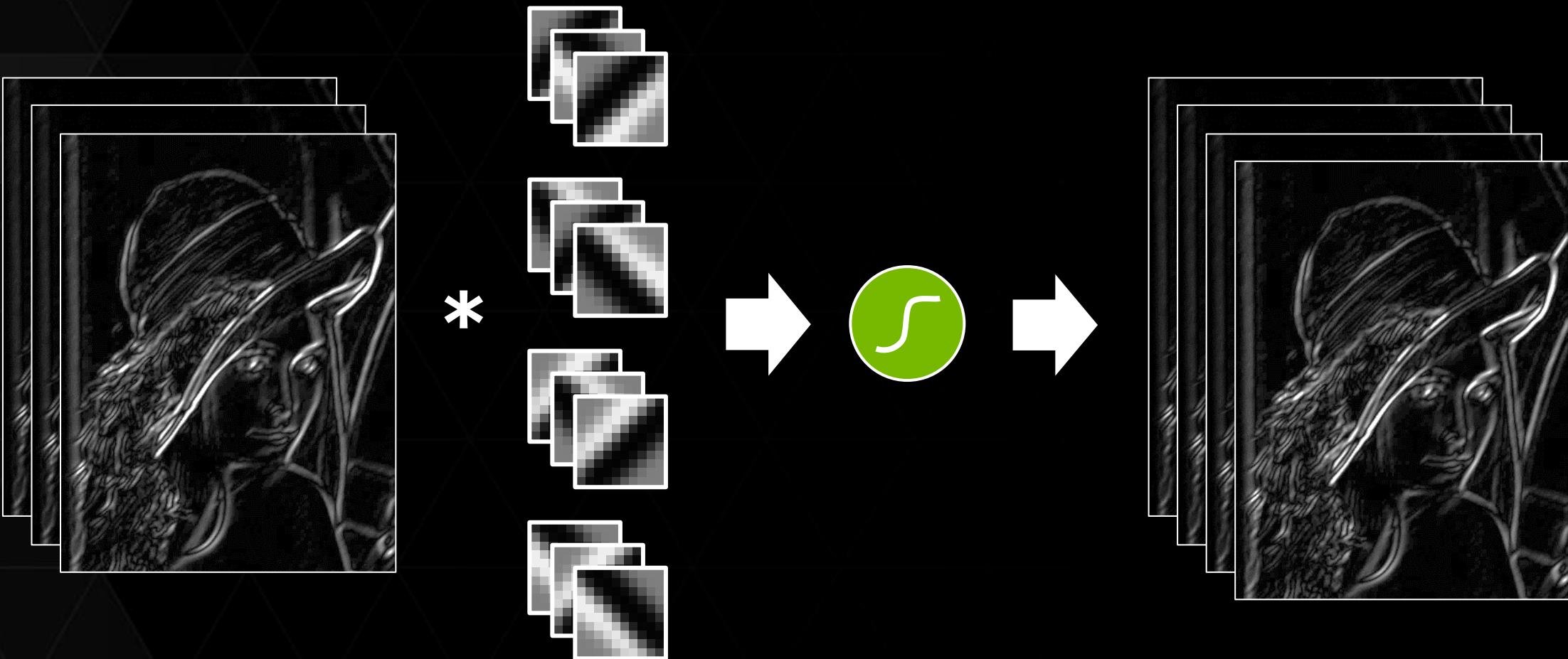
Обучение иерархии признаковых представлений

- ✓ Признаки
- ✓ Обучаемые признаки
- ✓ Иерархия (много уровней)

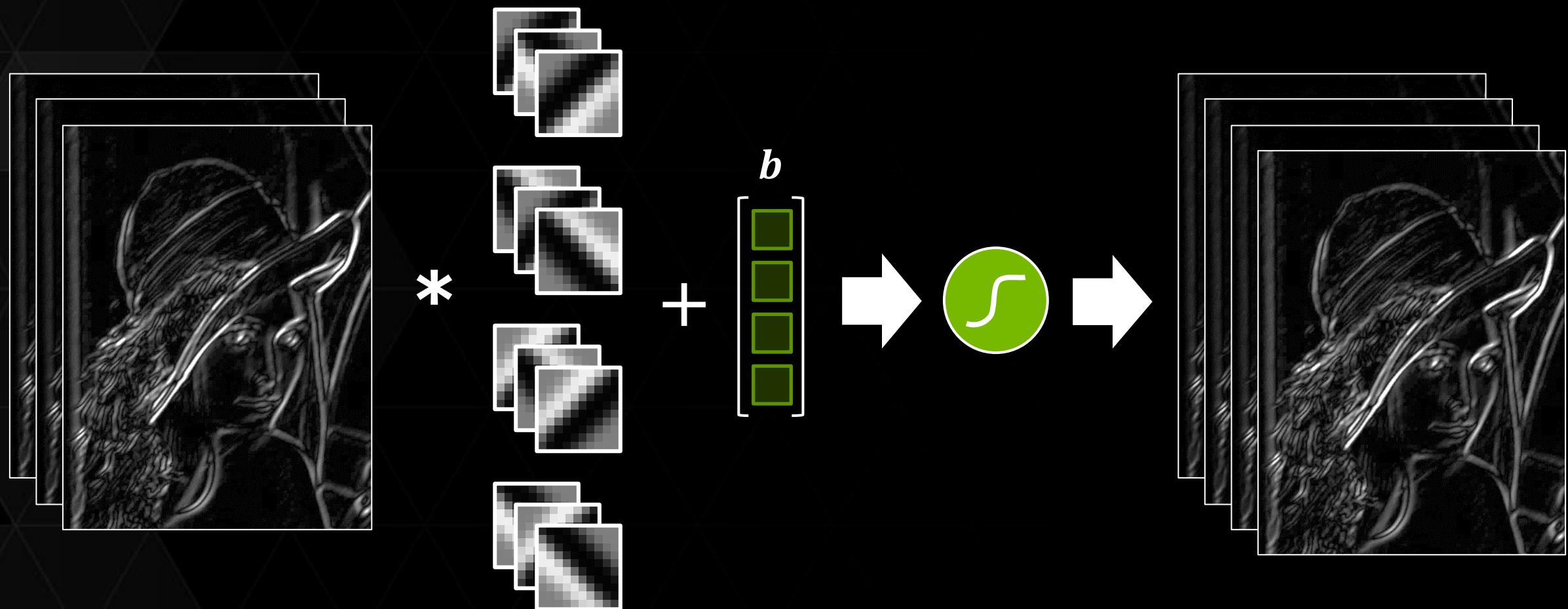
СВЁРТОЧНЫЙ СЛОЙ (CONV)



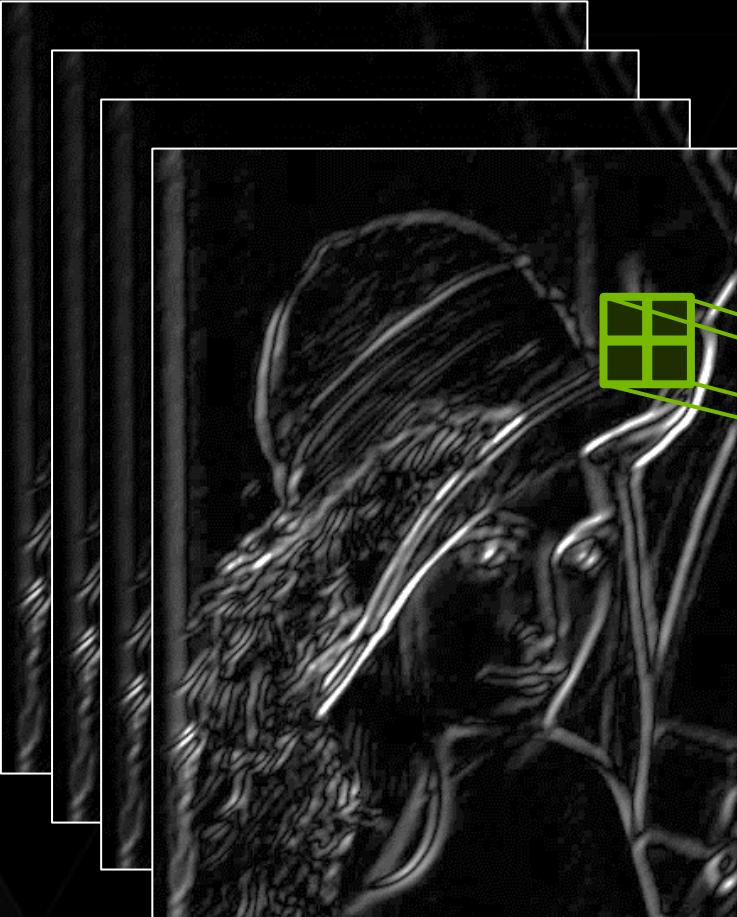
СВЁРТОЧНЫЙ СЛОЙ (CONV)



СВЁРТОЧНЫЙ СЛОЙ (CONV)



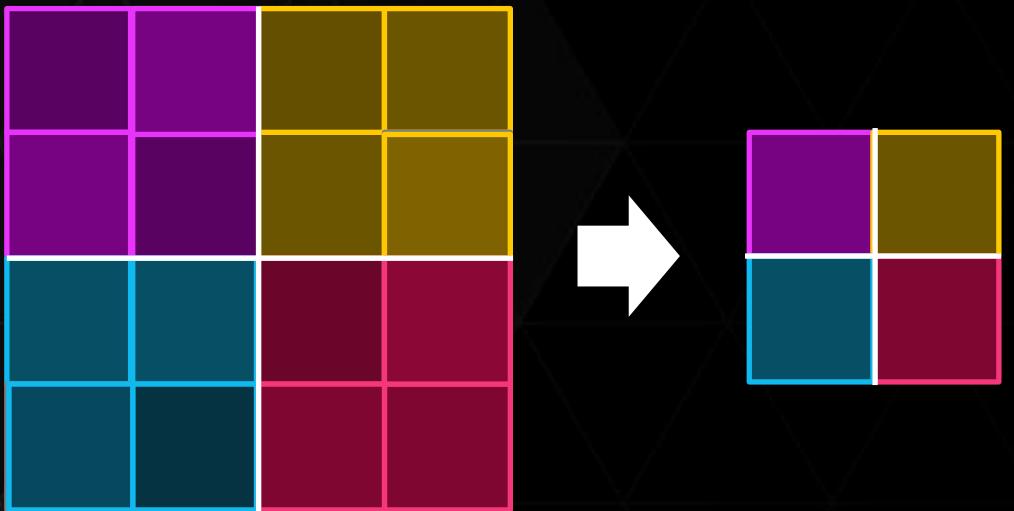
ПОНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ (POOLING)



- Локальное усреднение
- Локальный максимум

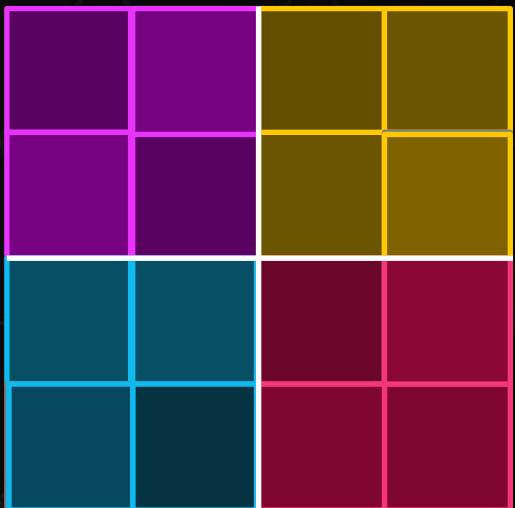
ПОНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ (POOLING)

Average Pooling

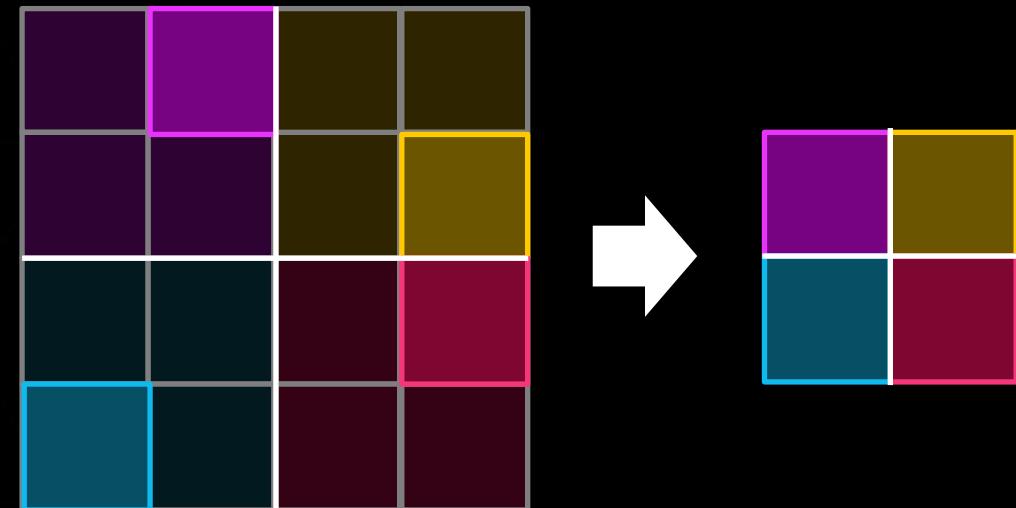


ПОНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ (POOLING)

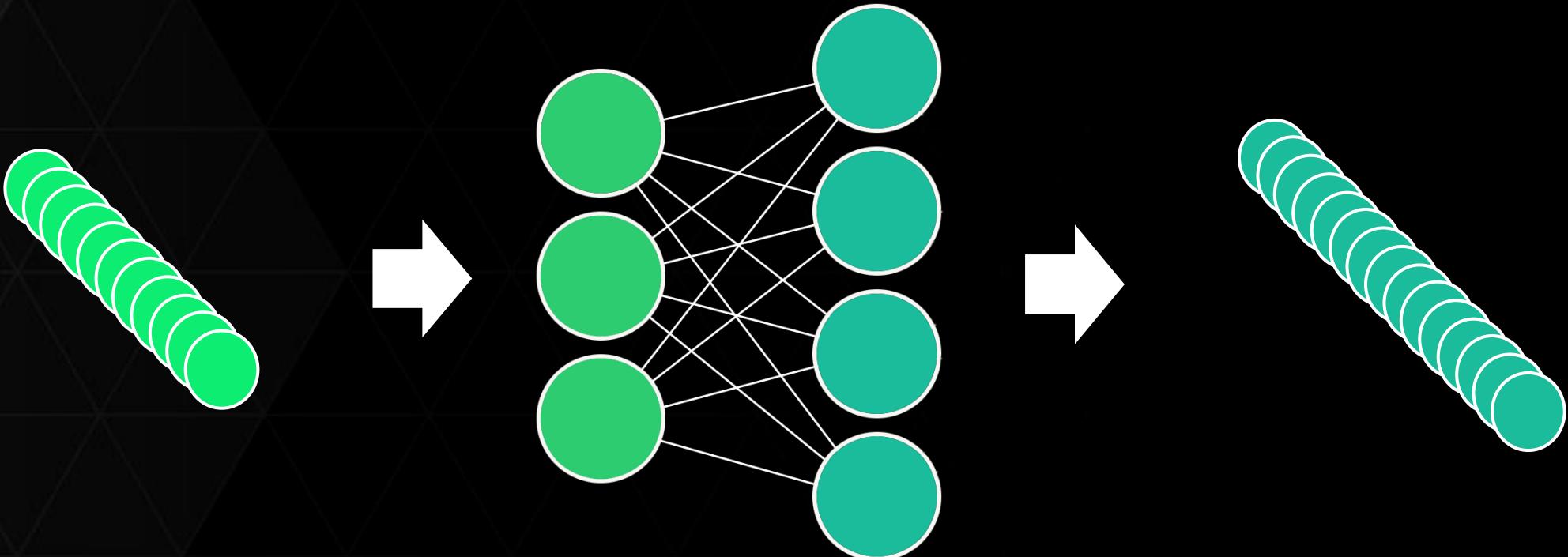
Average Pooling



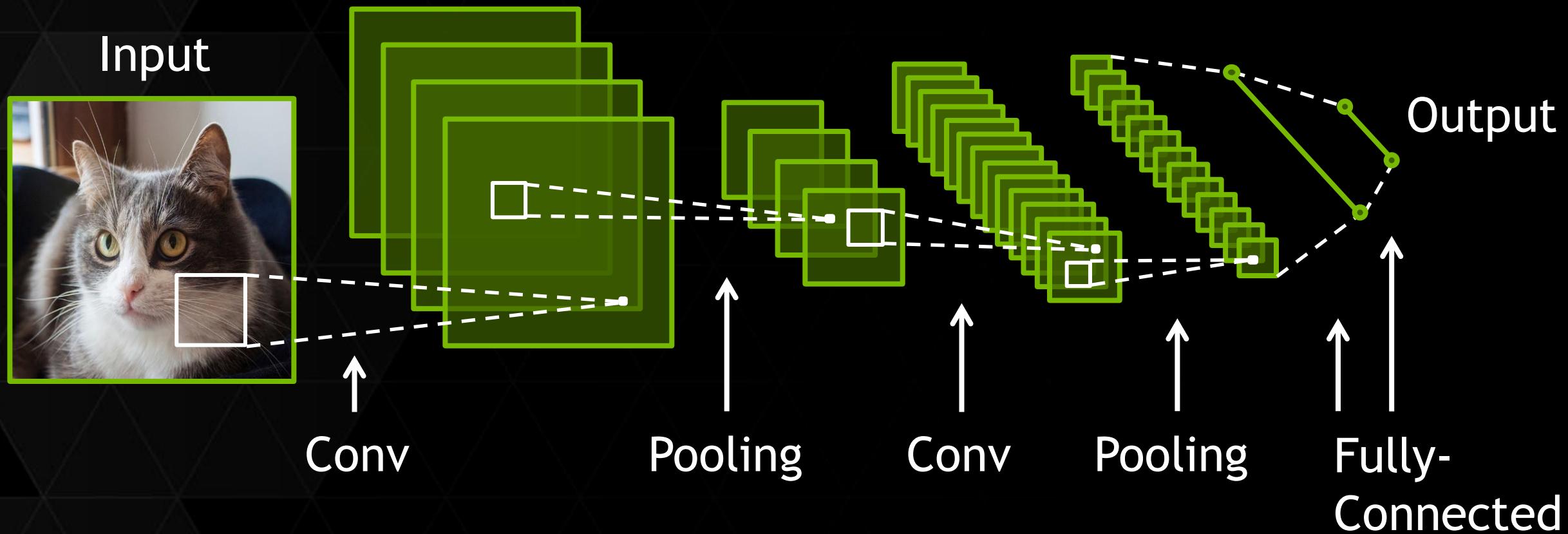
Max Pooling



ПОЛНОСВЯЗНЫЙ СЛОЙ (FULLY-CONNECTED)

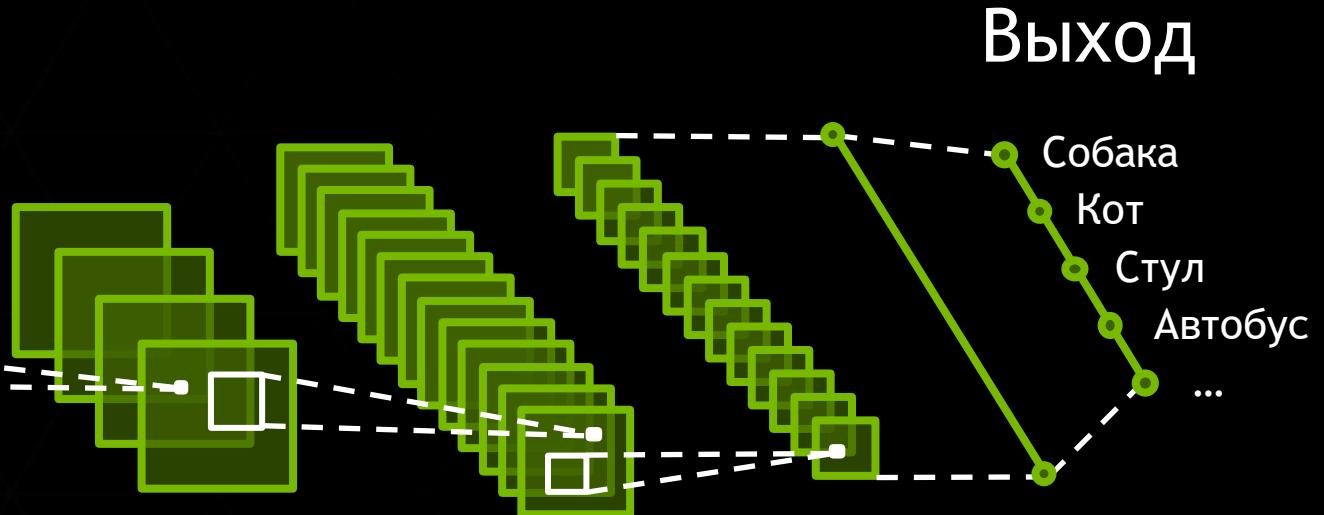
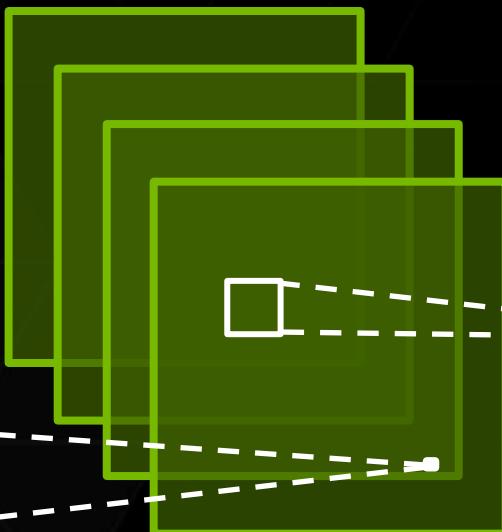
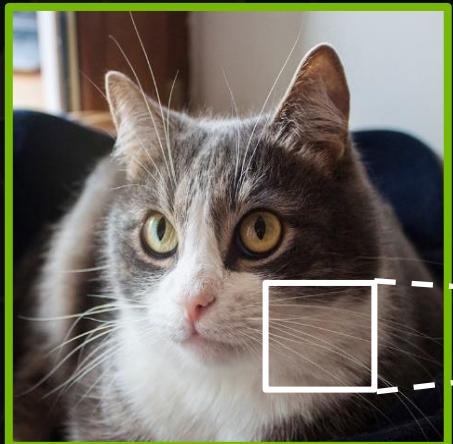


ПРИМЕР СВЁРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ



КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

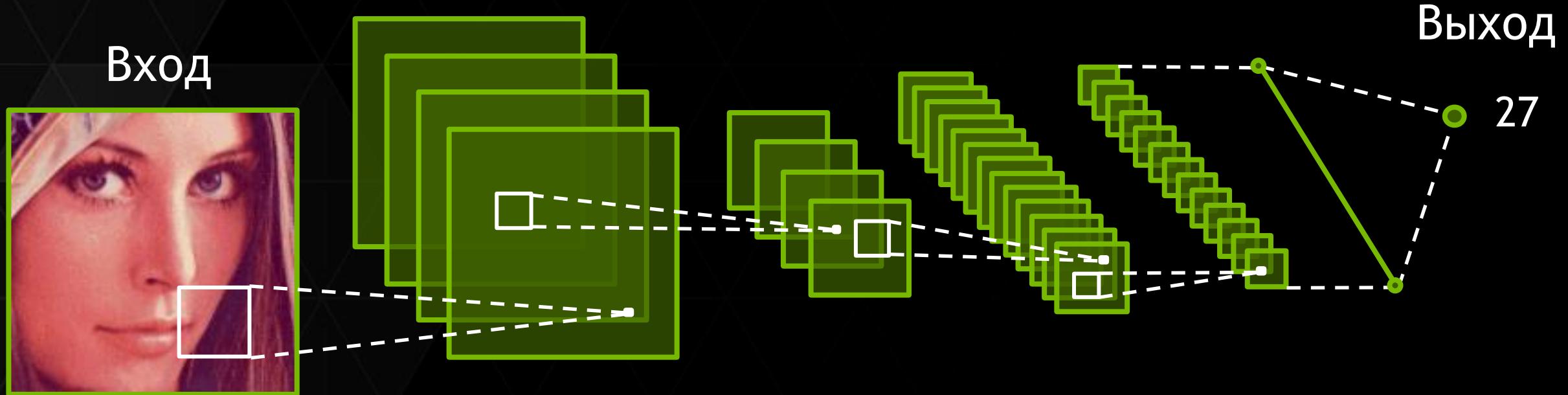
Вход



Выход сети -
распределение вероятностей
принадлежности к классу



РЕГРЕССИЯ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ



Выход сети -
непрерывное значение
(или вектор/тензор)

ОБРАБОТКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

ОБРАБОТКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Мама

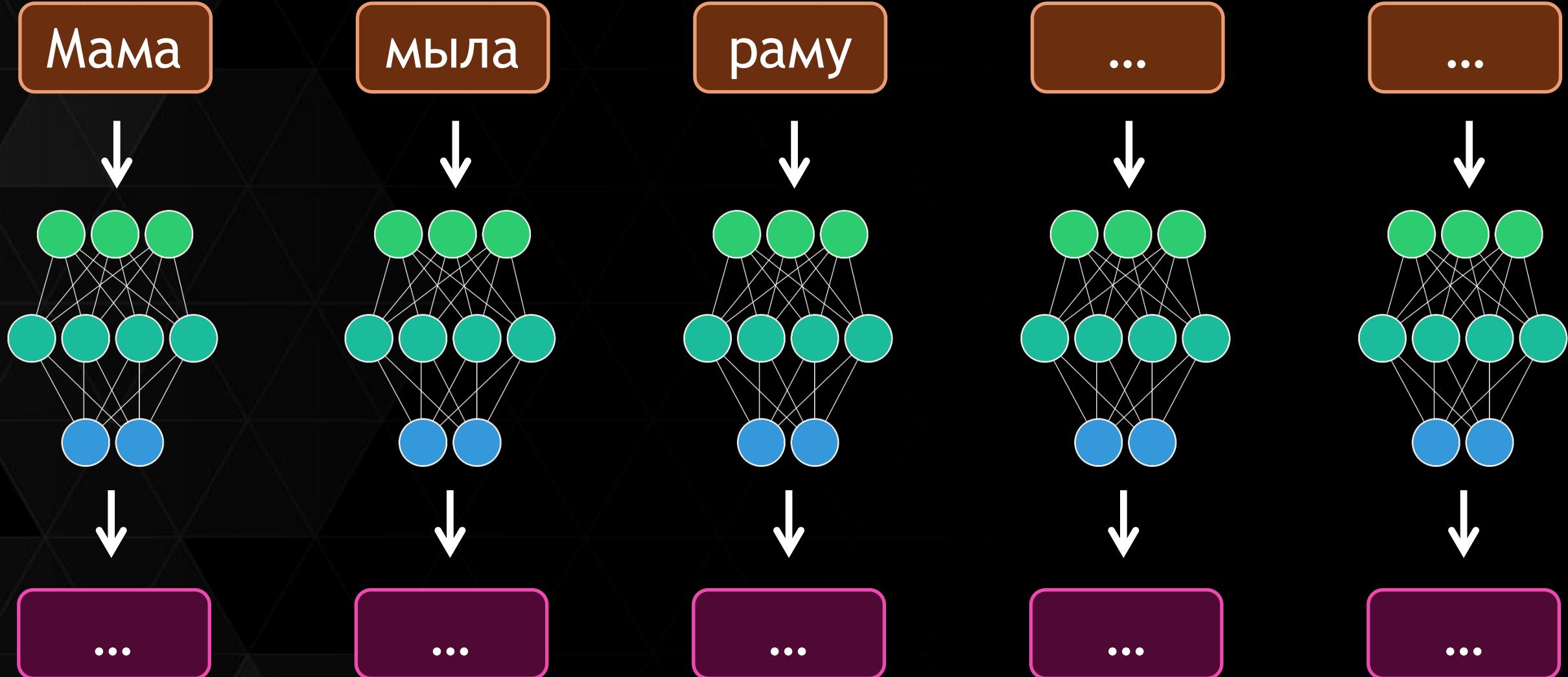
мыла

раму

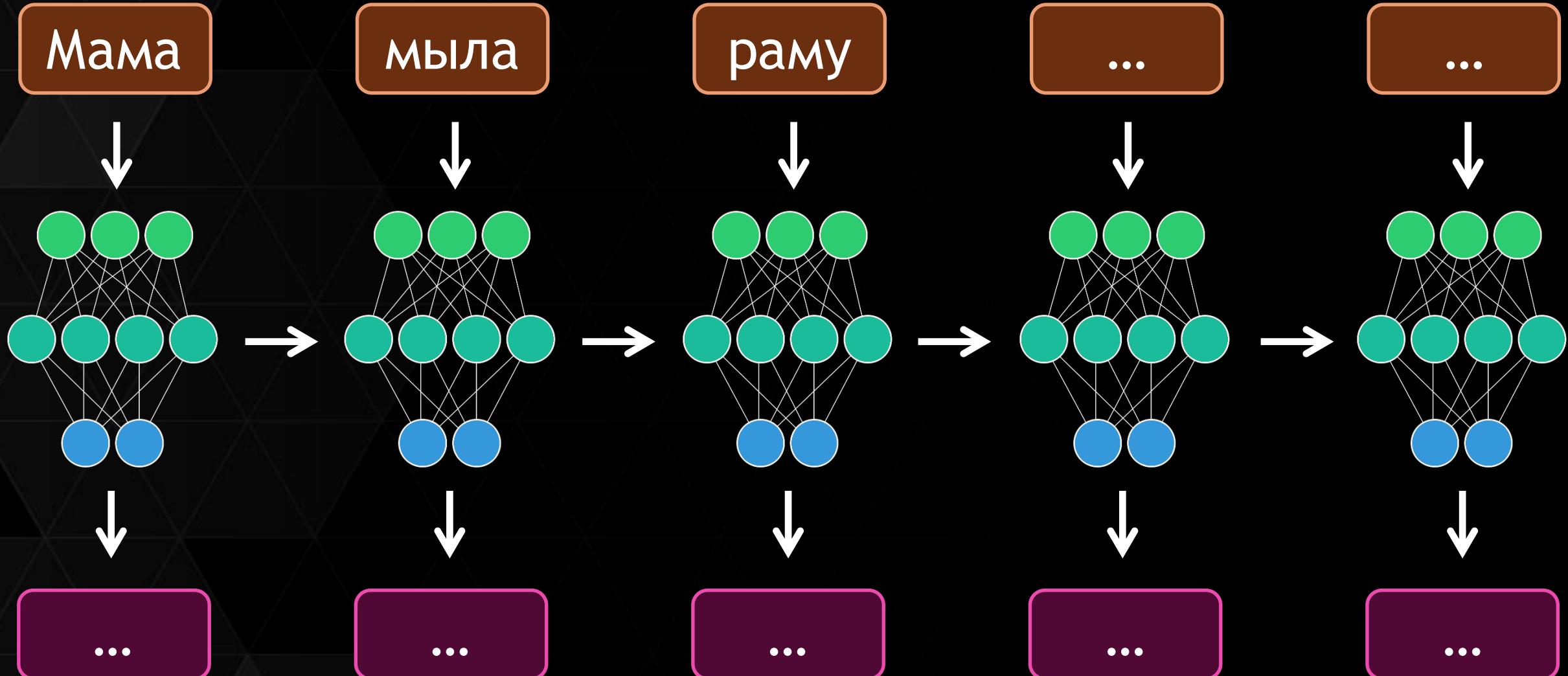
...

...

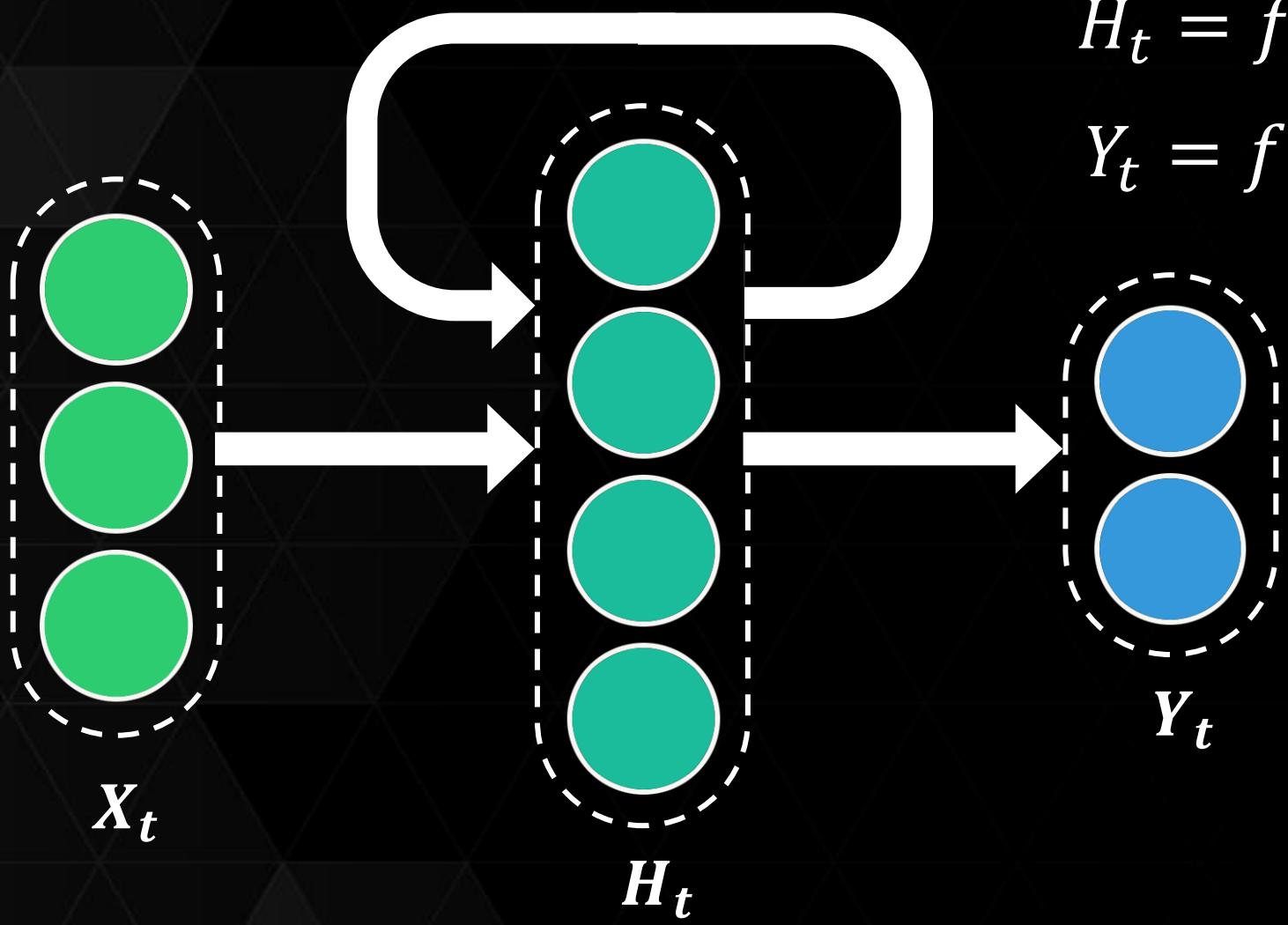
ОБРАБОТКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ



РЕКУРРЕНТНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ



РЕКУРРЕНТНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

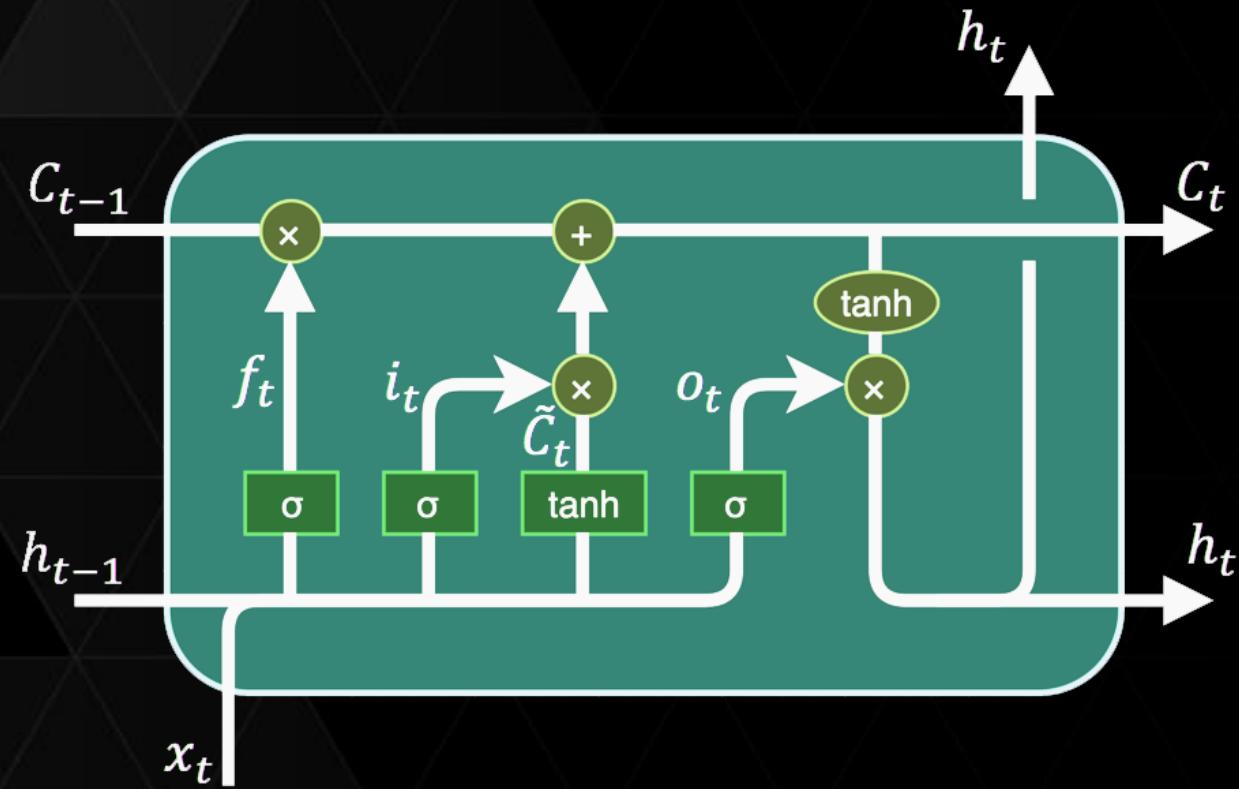


$$H_t = f(W_1 X_t + W_h H_{t-1} + B_1)$$

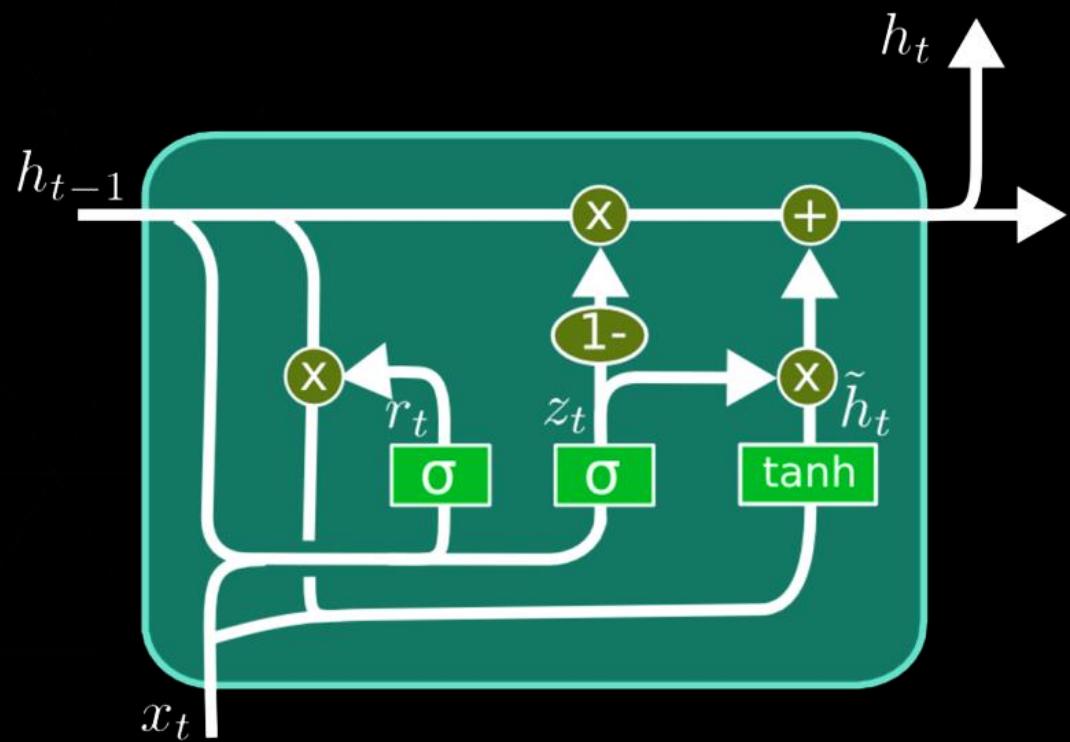
$$Y_t = f(W_2 H_t + B_2)$$

РЕКУРРЕНТНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

LSTM



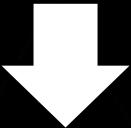
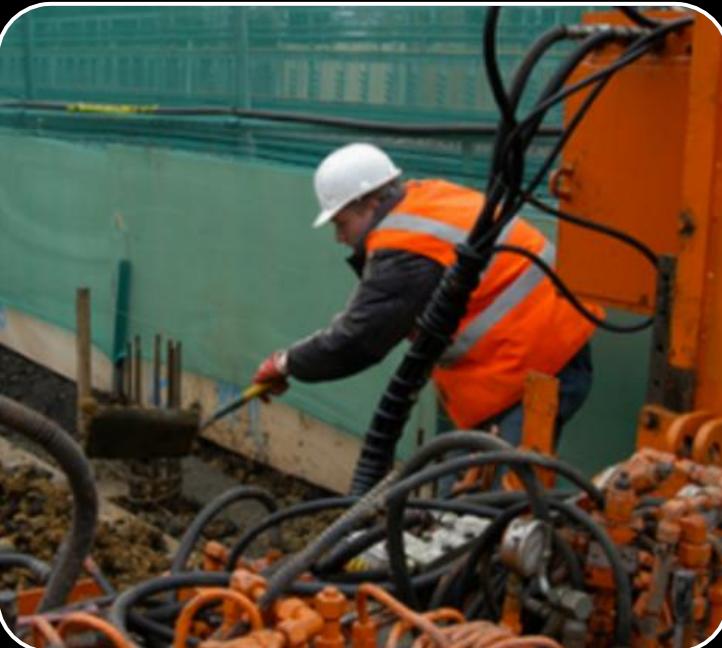
GRU



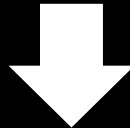
ИЗОБРАЖЕНИЕ → ТЕКСТ



Man in black shirt is
playing guitar



Construction worker
in orange safety vest
is working on road

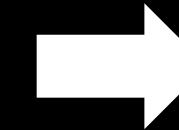
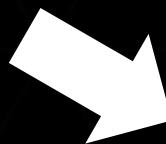


Two young girls are
playing with lego
toy

VISUAL QA

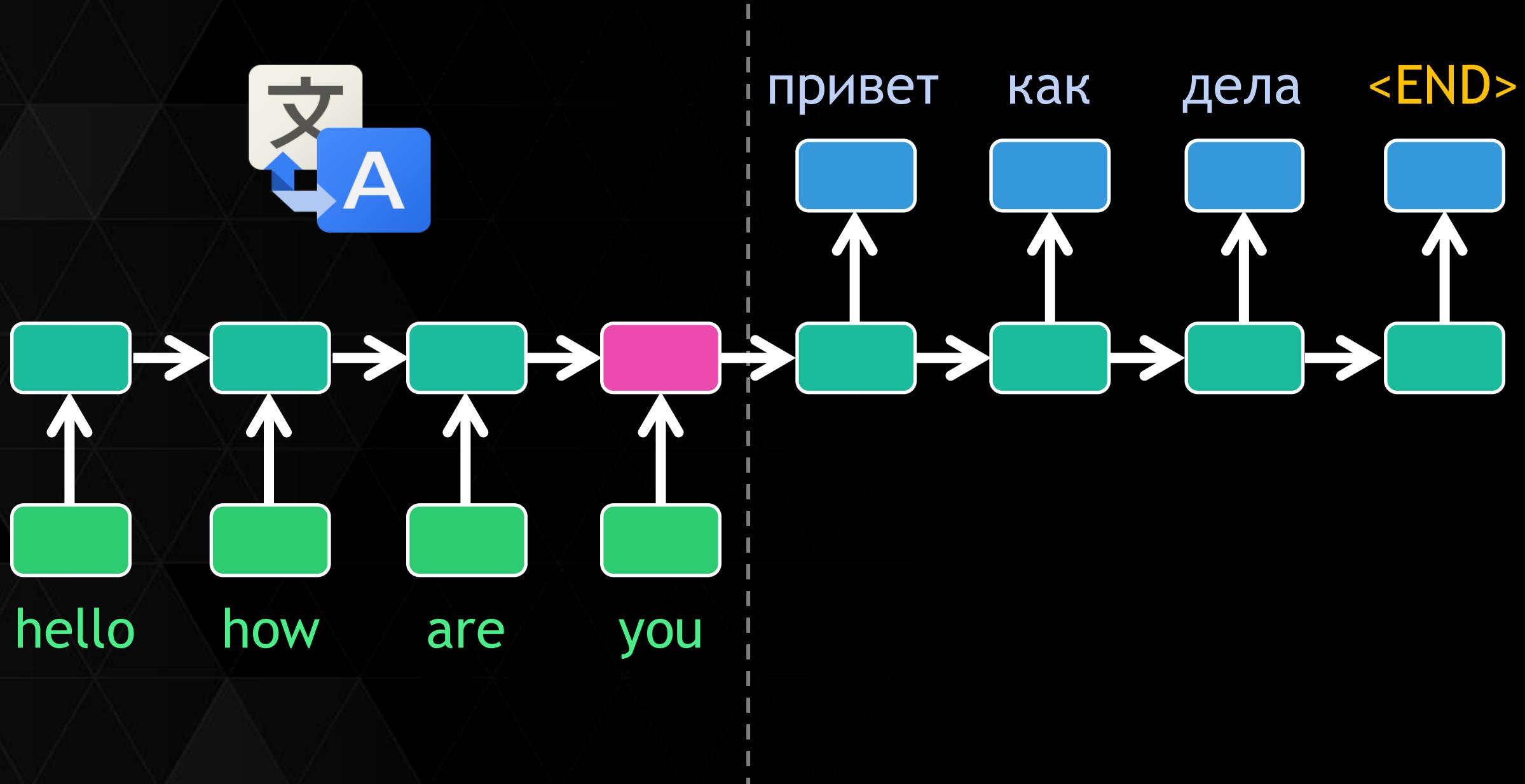


Из чего
сделаны усы?

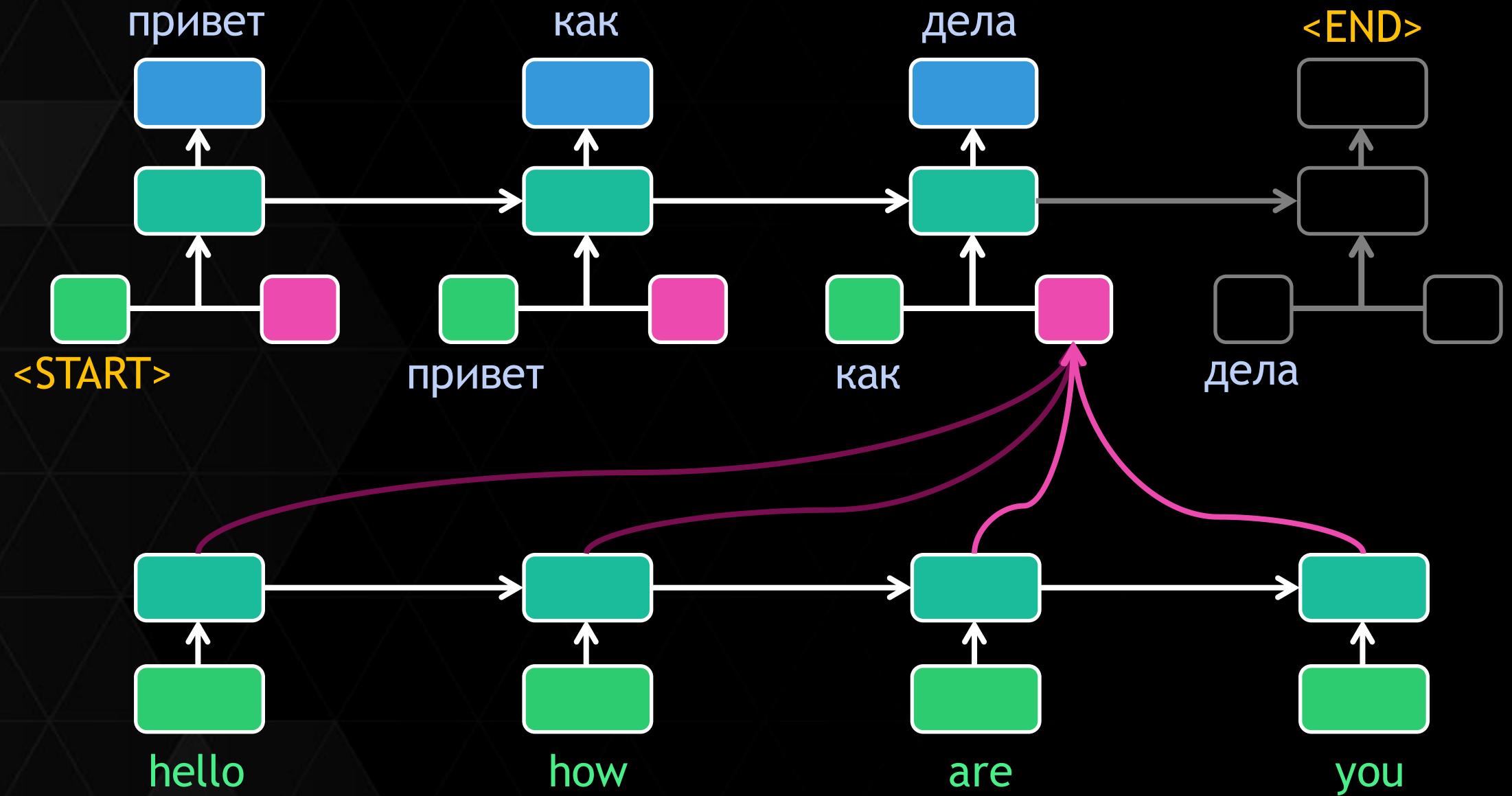


Бананы

SEQ 2 SEQ: МАШИННЫЙ ПЕРЕВОД

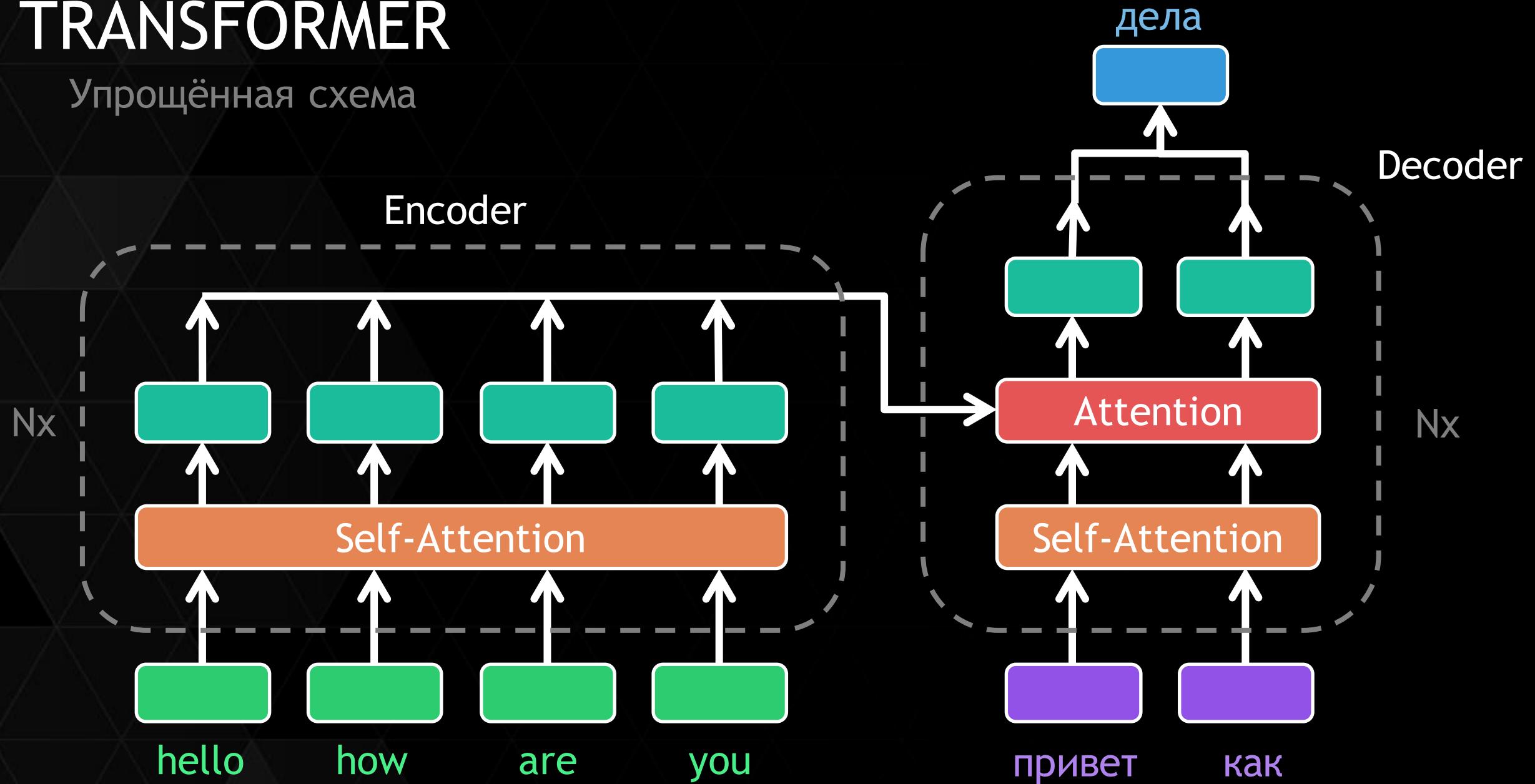


МЕХАНИЗМ ВНИМАНИЯ (ATTENTION)

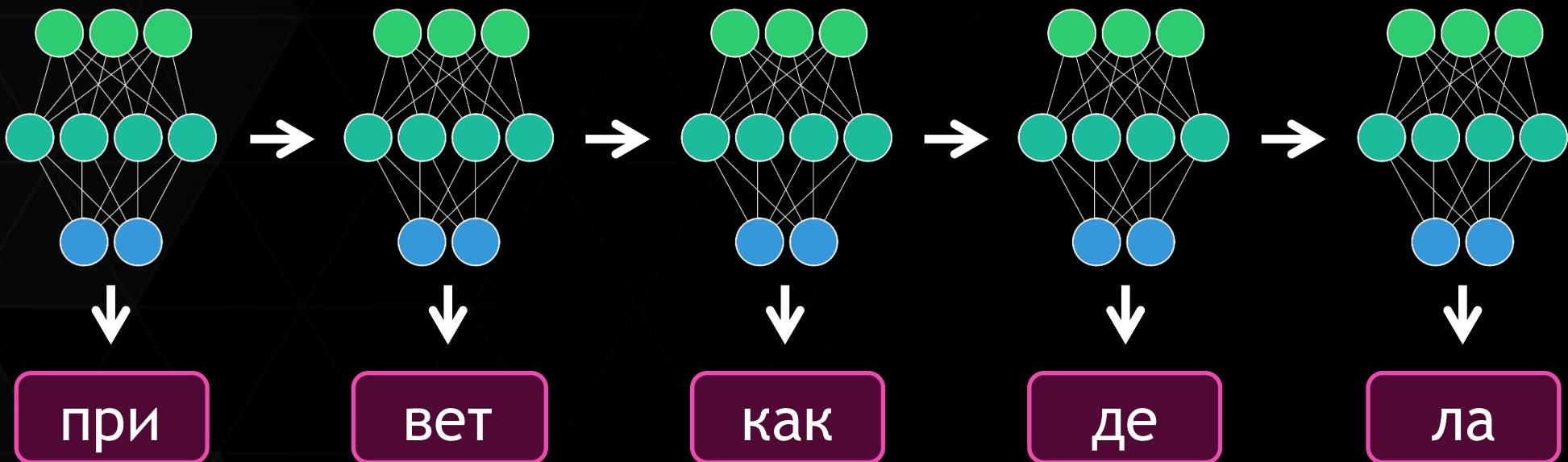
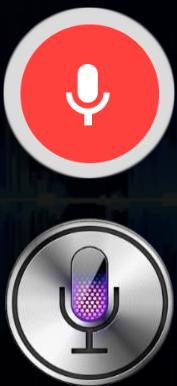


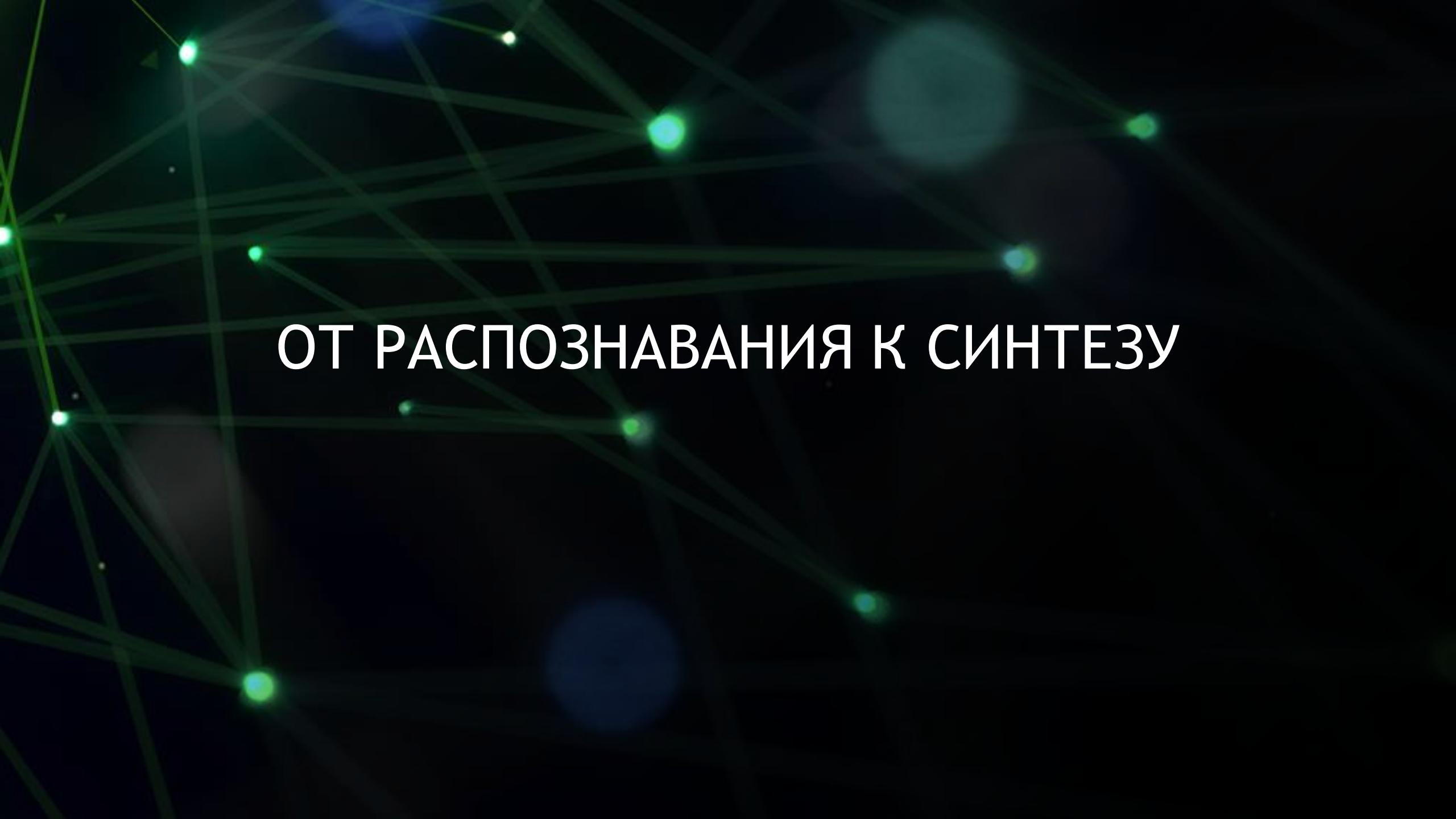
TRANSFORMER

Упрощённая схема



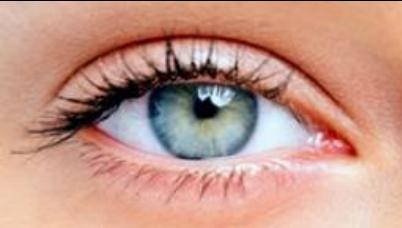
РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧИ





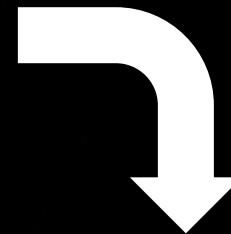
ОТ РАСПОЗНАВАНИЯ К СИНТЕЗУ

ВОСПРИЯТИЕ И ТВОРЧЕСТВО

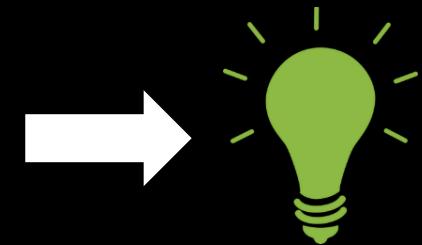


Интерфейс

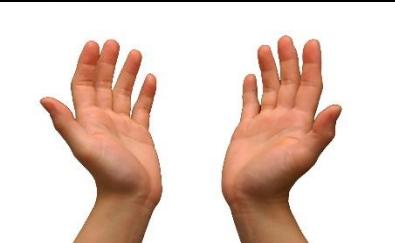
Восприятие



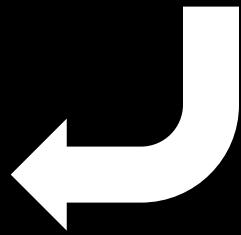
Концепт



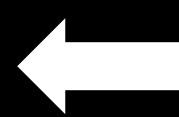
ВОСПРИЯТИЕ И ТВОРЧЕСТВО



Интерфейс



Творчество



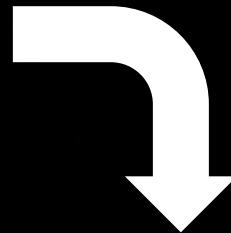
Концепт



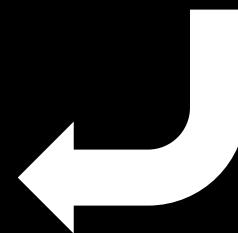
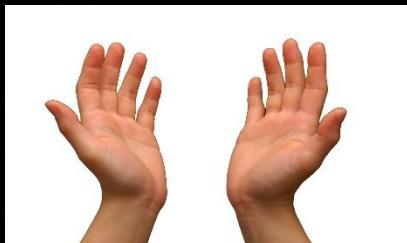
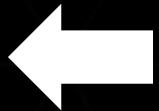
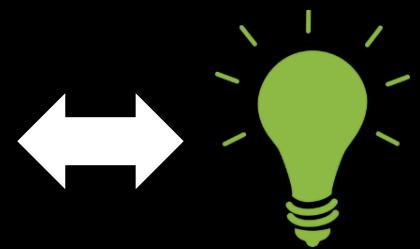
ВОСПРИЯТИЕ И ТВОРЧЕСТВО



Восприятие

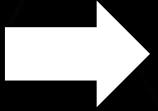


Концепт

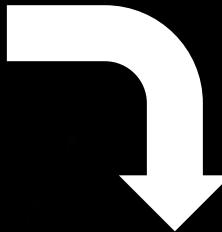


Творчество

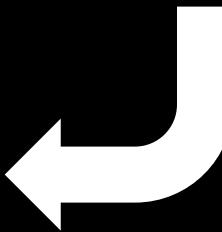
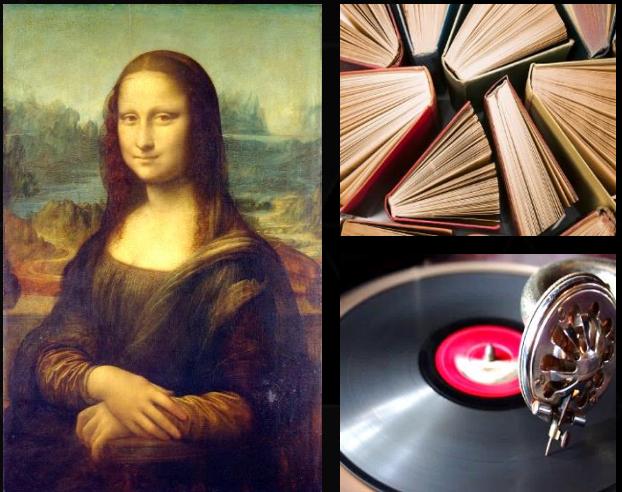
РАСПОЗНАВАНИЕ И СИНТЕЗ



Распознавание

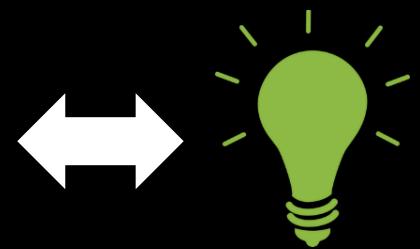


Интерфейс

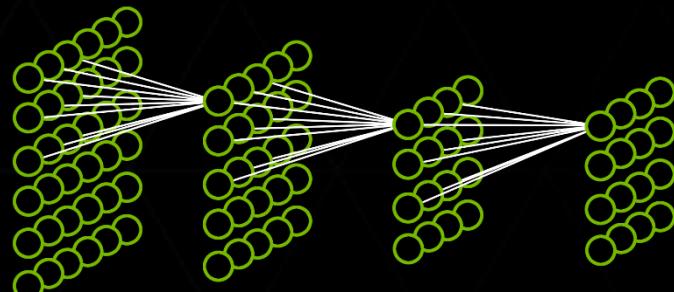


Синтез

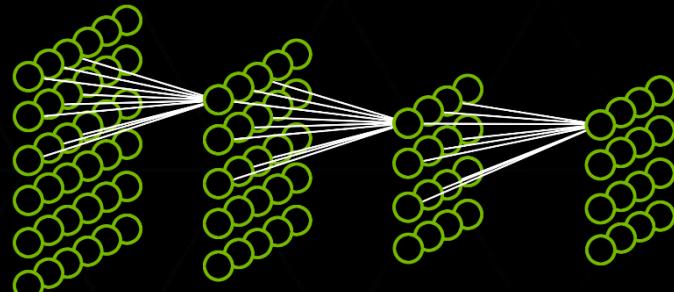
Концепт



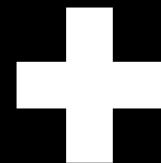
ТЕКСТУРНЫЕ ПРИЗНАКИ



Признаки



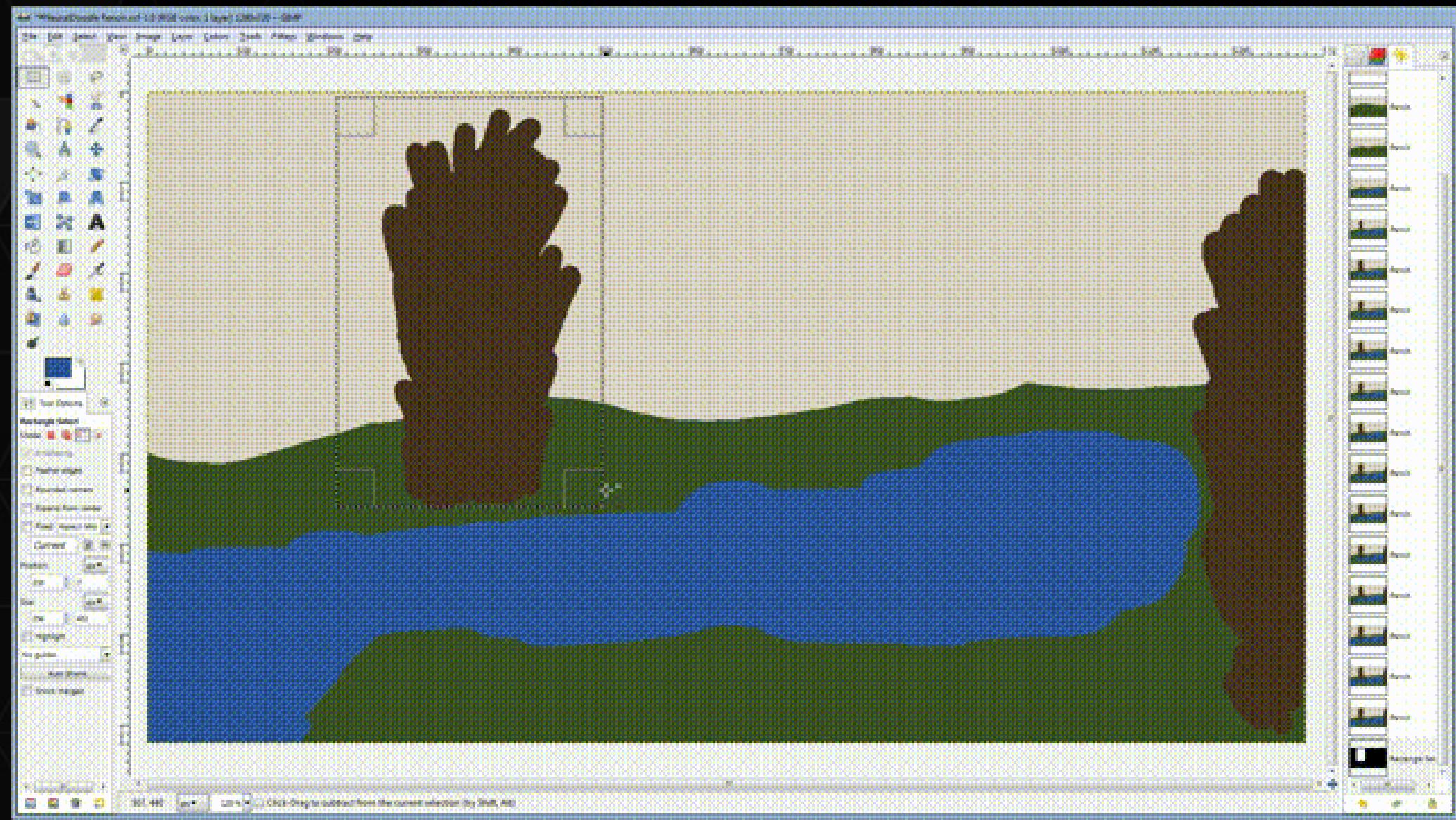
Текстурные
признаки



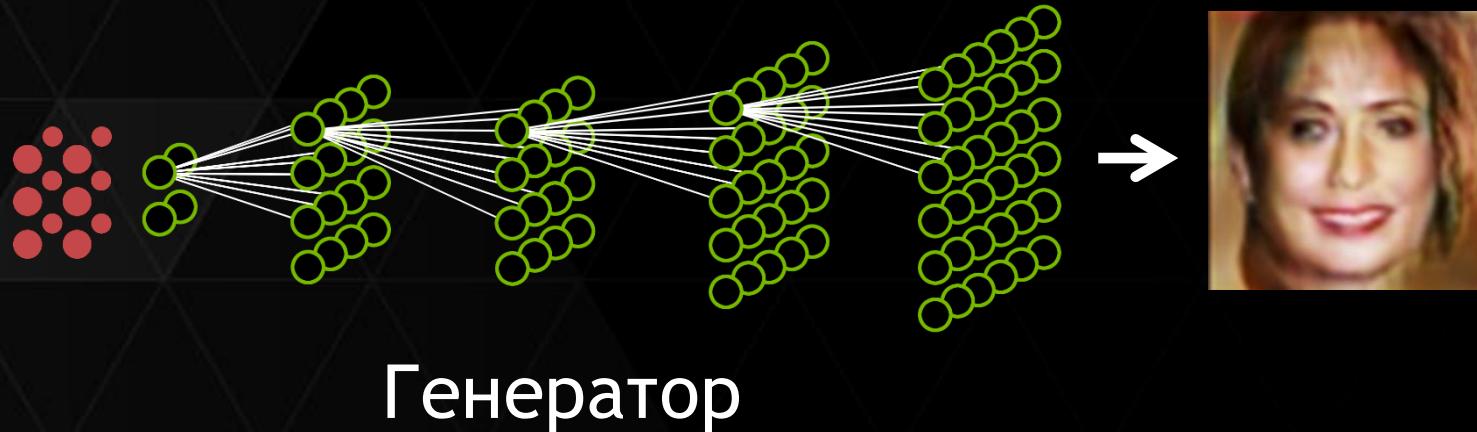
ПЕРЕНОС СТИЛЯ



NEURAL DOODLE



СОСТАВАТЕЛЬНЫЕ СЕТИ (GAN)



СОСТАВАТЕЛЬНЫЕ СЕТИ (GAN)

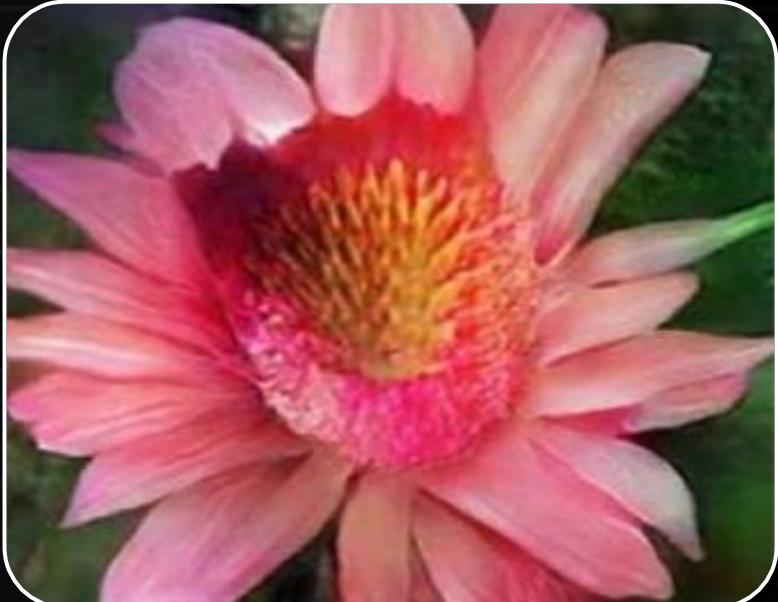
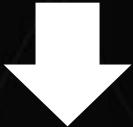


СИНТЕЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ

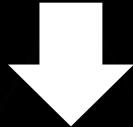


ТЕКСТ → ИЗОБРАЖЕНИЕ

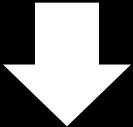
This flower has overlapping pink pointed petals surrounding a ring of short yellow filaments



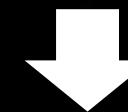
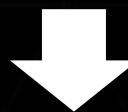
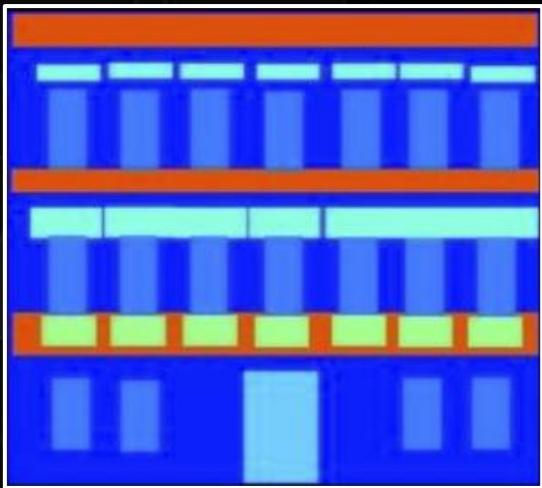
This bird is white with some black on its head and wings, and has a long orange beak



This bird has a yellow belly and tarsus, grey back, wings, and brown throat, nape with a black face

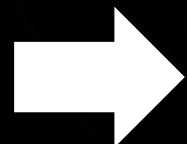
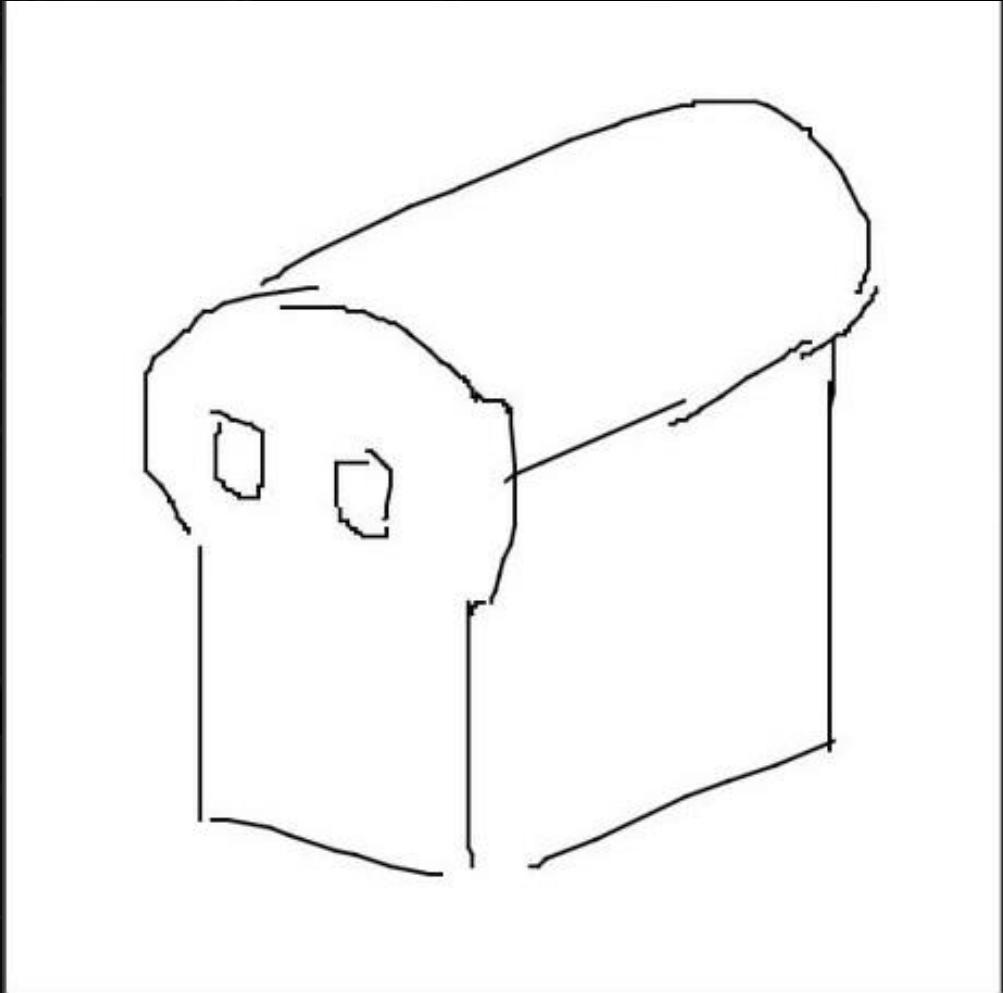


ИЗОБРАЖЕНИЕ → ИЗОБРАЖЕНИЕ



ИЗОБРАЖЕНИЕ → ИЗОБРАЖЕНИЕ

Вход



Выход



ВИДЕО → ВИДЕО

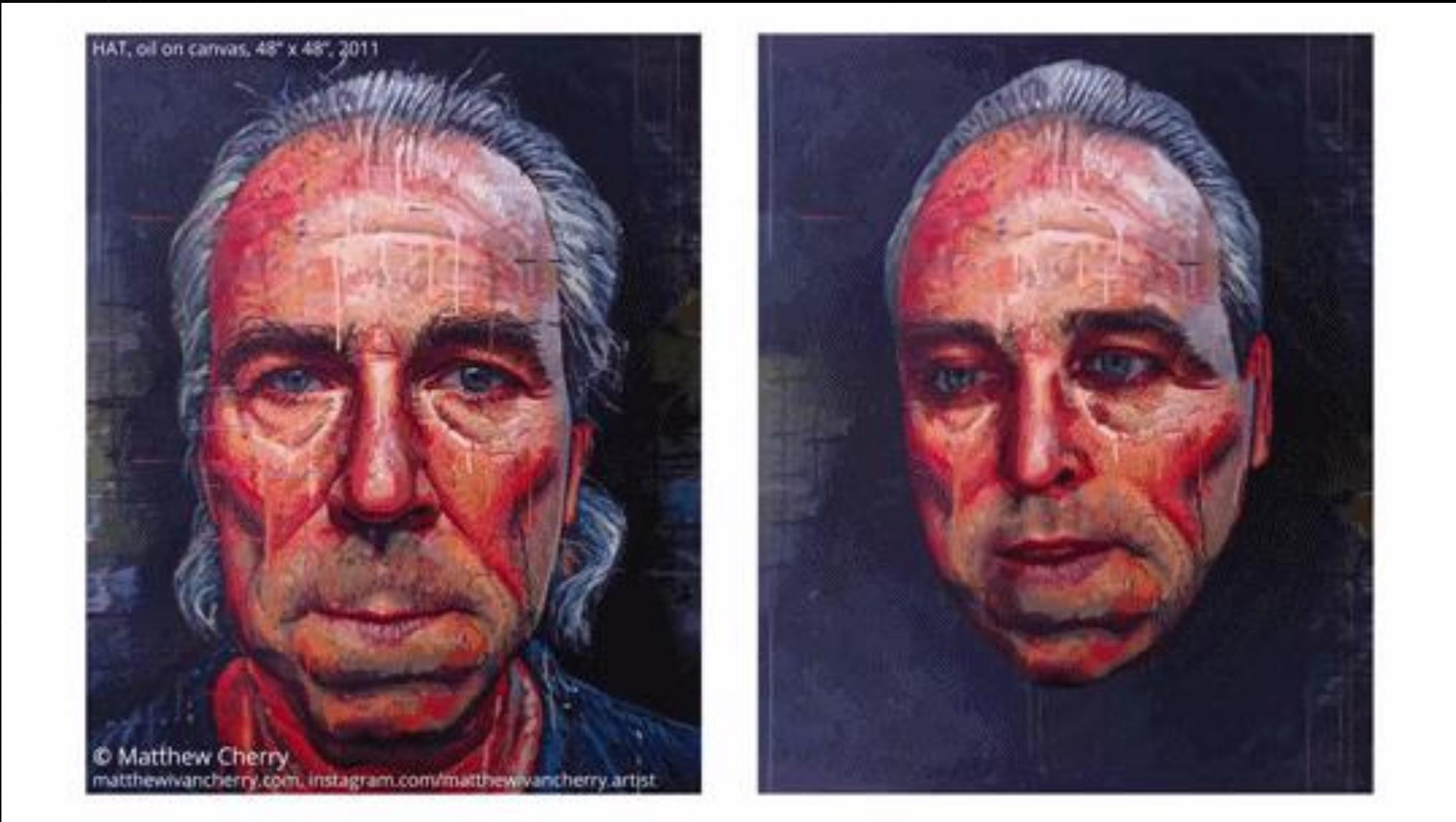
Вход



Выход



ВИДЕО → ВИДЕО



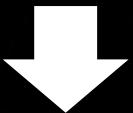
GAU GAN



ТЕКСТ → АУДИО



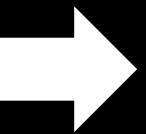
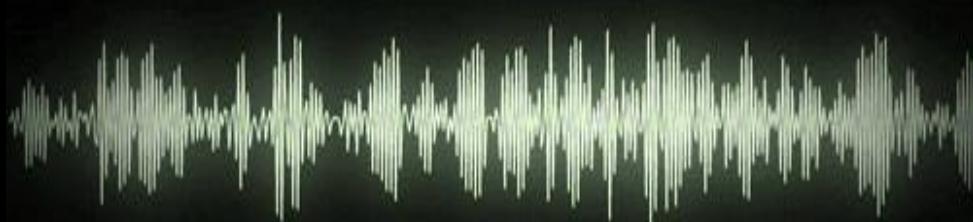
“Сегодня отличная погода, не правда ли?”



WaveNet



АУДИО → ВИДЕО



Запись голоса

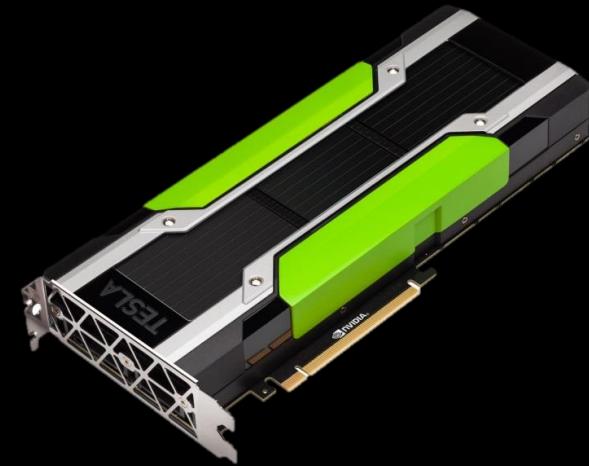
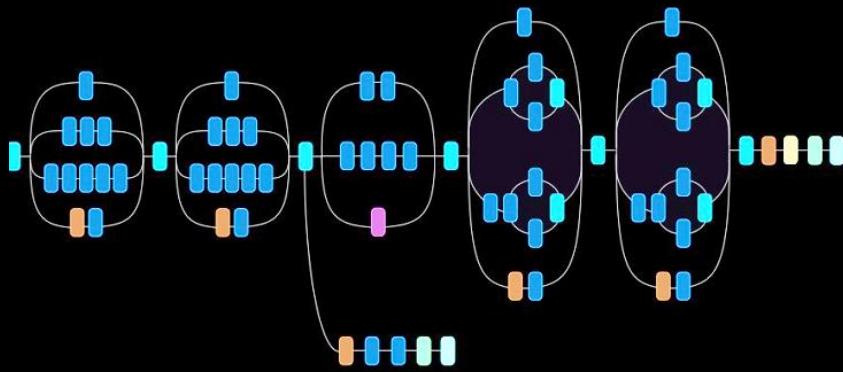


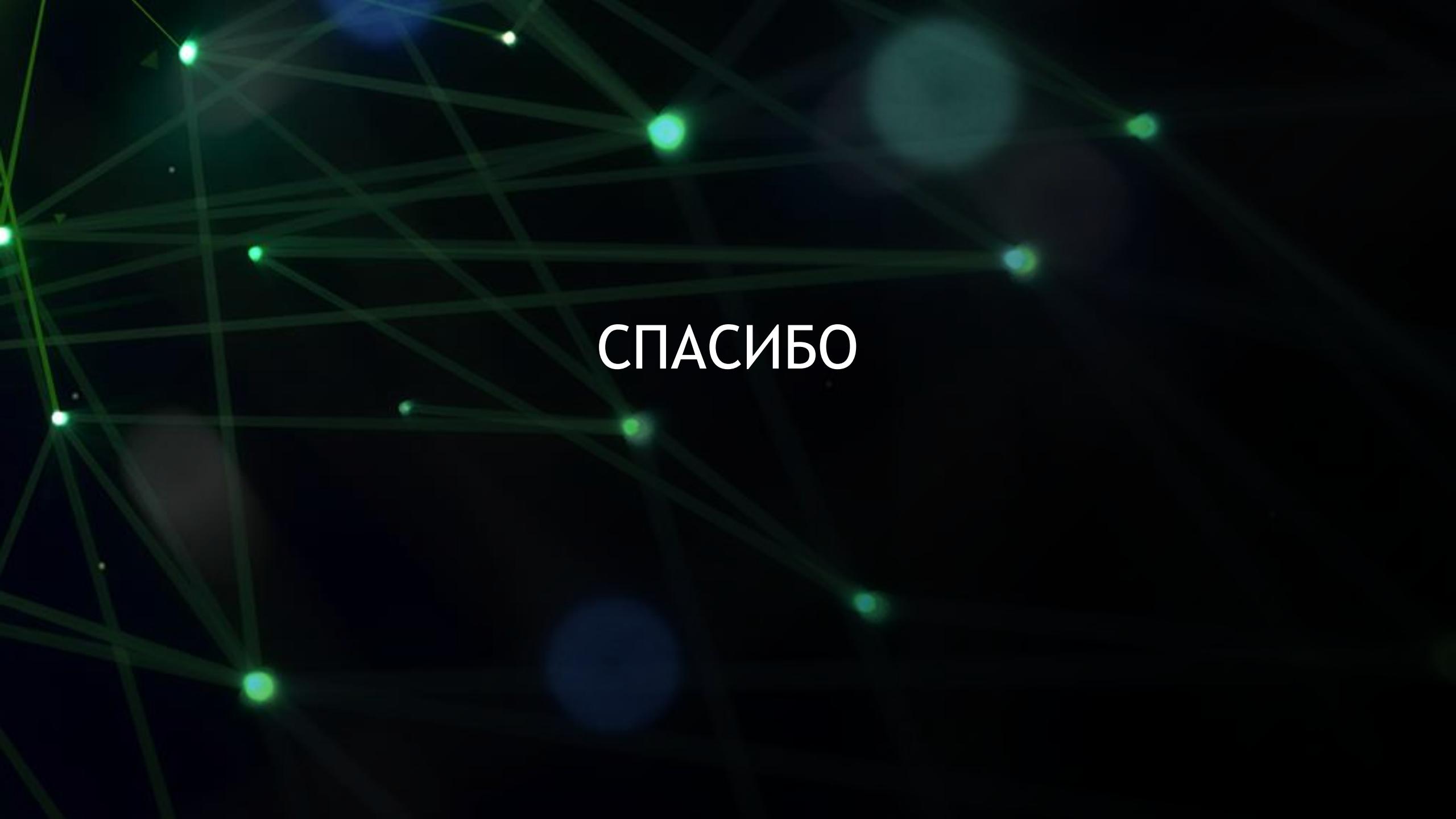
DEEP FAKES



ПРИЧИНЫ УСПЕХА ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

- ✓ Совершенствующиеся алгоритмы и архитектуры
- ✓ Доступные объемы данных
- ✓ Ускорение обучения и вывода с помощью GPU





СПАСИБО