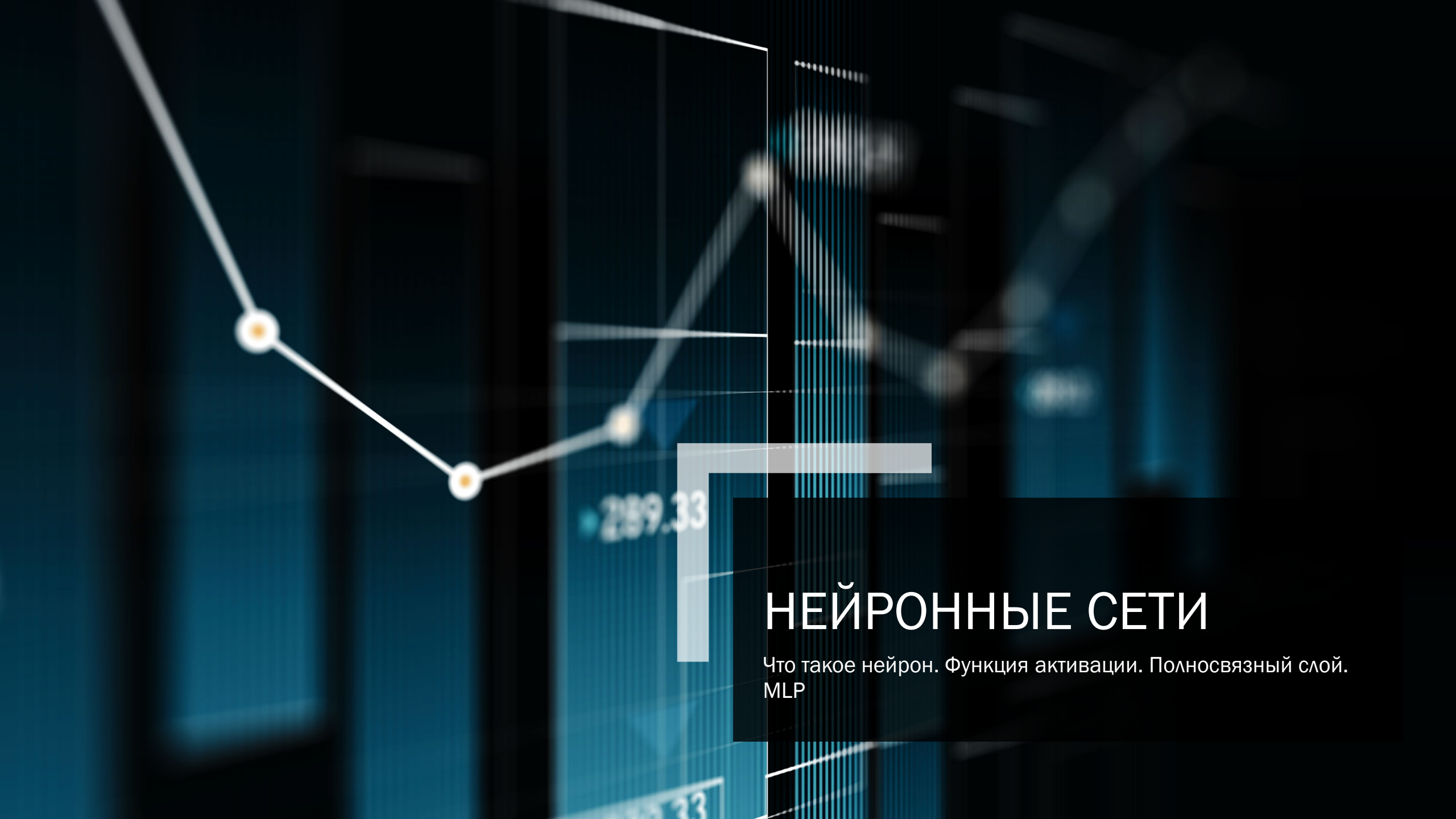
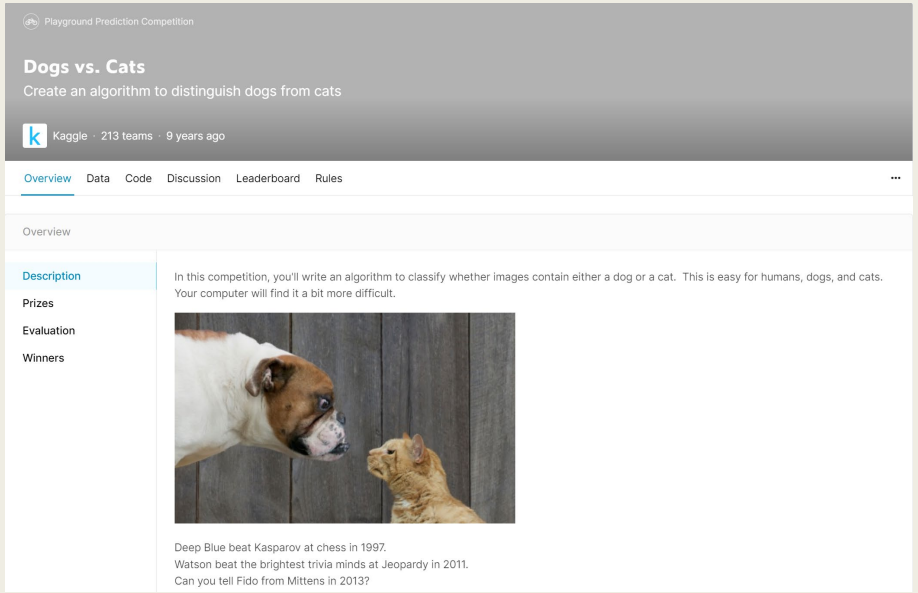


НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

Что такое нейрон. Функция активации. Полносвязный слой. MLP

Глубинное обучение

- Классическое машинное обучение: у нас есть данные, **признаки**, целевая переменная
- Но что делать, когда непонятно, какие признаки брать?
- Мы можем работать с текстом и картинками при помощи алгоритмов классического МО, но это неудобно и обычно не дает хороших результатов
- Какие признаки нужны, чтобы отличить кошку от собаки?



Глубинное обучение

- Классическое NLP. Мы можем генерировать текст с помощью цепей Маркова, вспомним NLTK:

```
long , from one to the top - mast , and no coffin and went out a sea captain -- this peaking of
the whales . , so as to preserve all his might had in former years abounding with them , they
toil with their lances , strange tales of Southern whaling . at once the bravest Indians he was
, after in vain strove to pierce the profundity . ? then ?" a levelled flame of pale , And give
no chance , watch him ; though the line , it is to be gainsaid . have been 'long , from one to
the top - mast , and no coffin and went out a sea\ncaptain -- this peaking of the whales . , so
as to preserve all his\nmight had in former years abounding with them , they toil with
their\nlances , strange tales of Southern whaling . at once the bravest\nIndians he was , after
in vain strove to pierce the profundity . ?\nthen ?" a levelled flame of pale , And give no
chance , watch him ;\nthough the line , it is to be gainsaid . have been'
```

Глубинное обучение

- Современное NLP. Мы можем обучить модель на огромном количестве данных, вспомним GPT:

```
Данная работа представляет собой исследование на материале
нескольких периодов. В центре внимания автора находится
проблема изменения отношения между структурой и функциями
синтаксических конструкций в языках, в том числе на материале
русского и китайского. Автор проводит анализ семантических и
морфологических параметров синтаксических конструкций в
русском языке*.
```

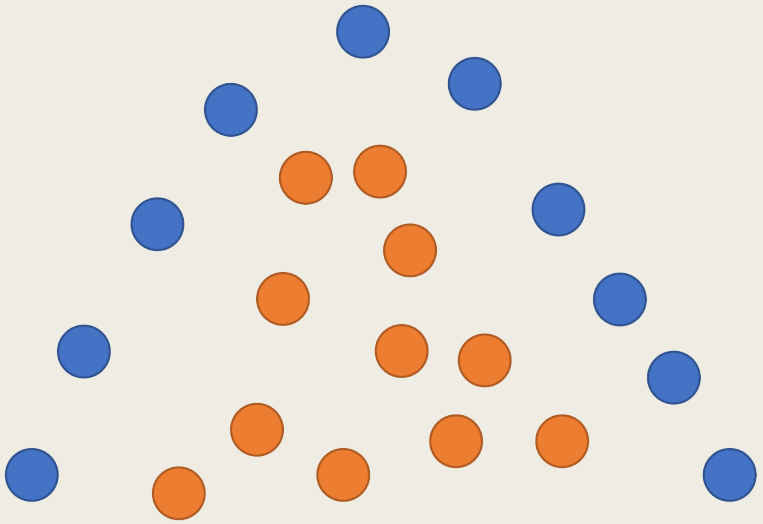
* сгенерировано на материале аннотаций к дипломам ;)

Преимущества и недостатки НС

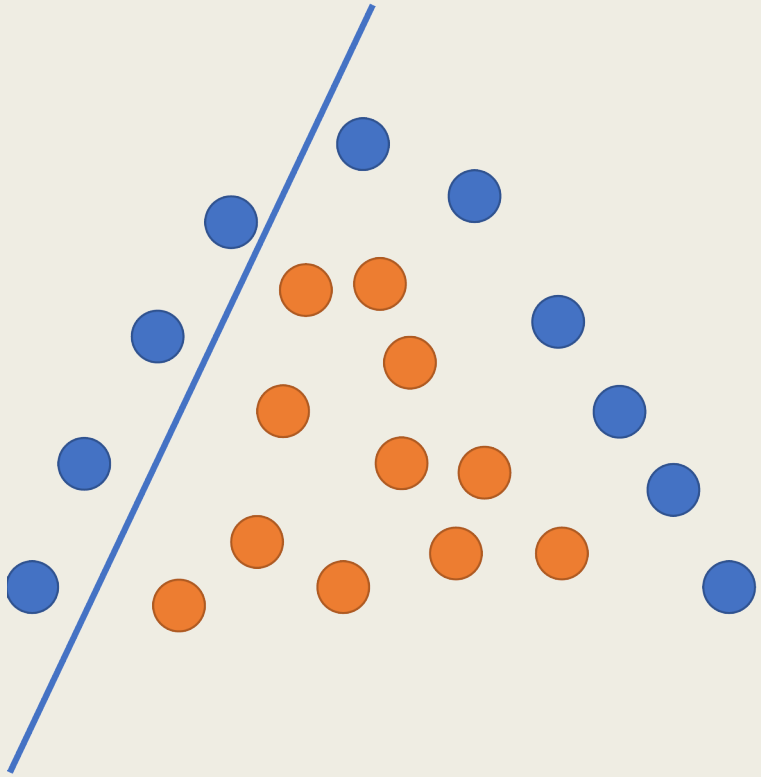
+ они более качественные
+ они умеют сами извлекать признаки из данных
+ они умеют работать со сложными данными
+ они могут работать с нелинейными зависимостями

— они тяжеловесные и долго работают
— они не интерпретируемые: они не просто устанавливают признаки сами какие хотят, но и не сообщают нам об этом

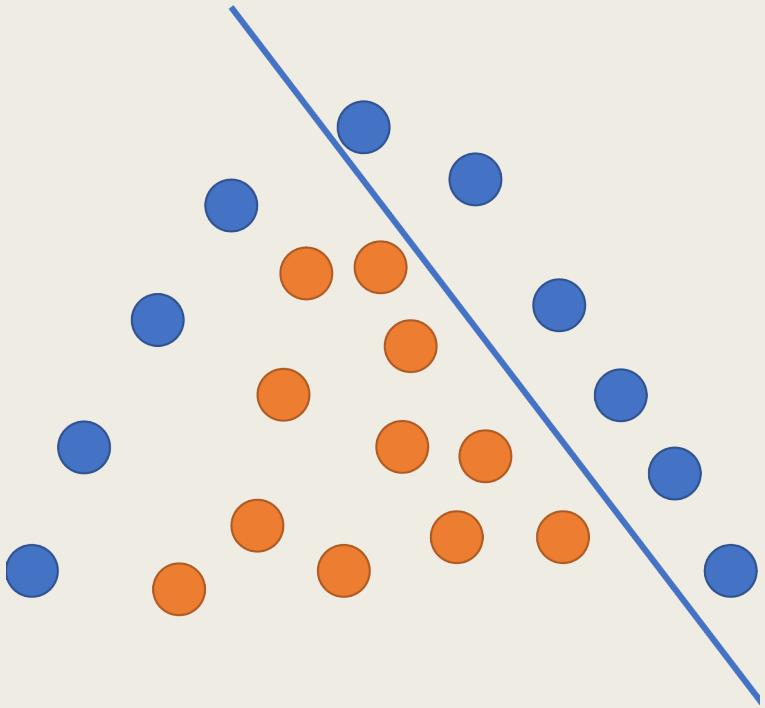
Нелинейные закономерности



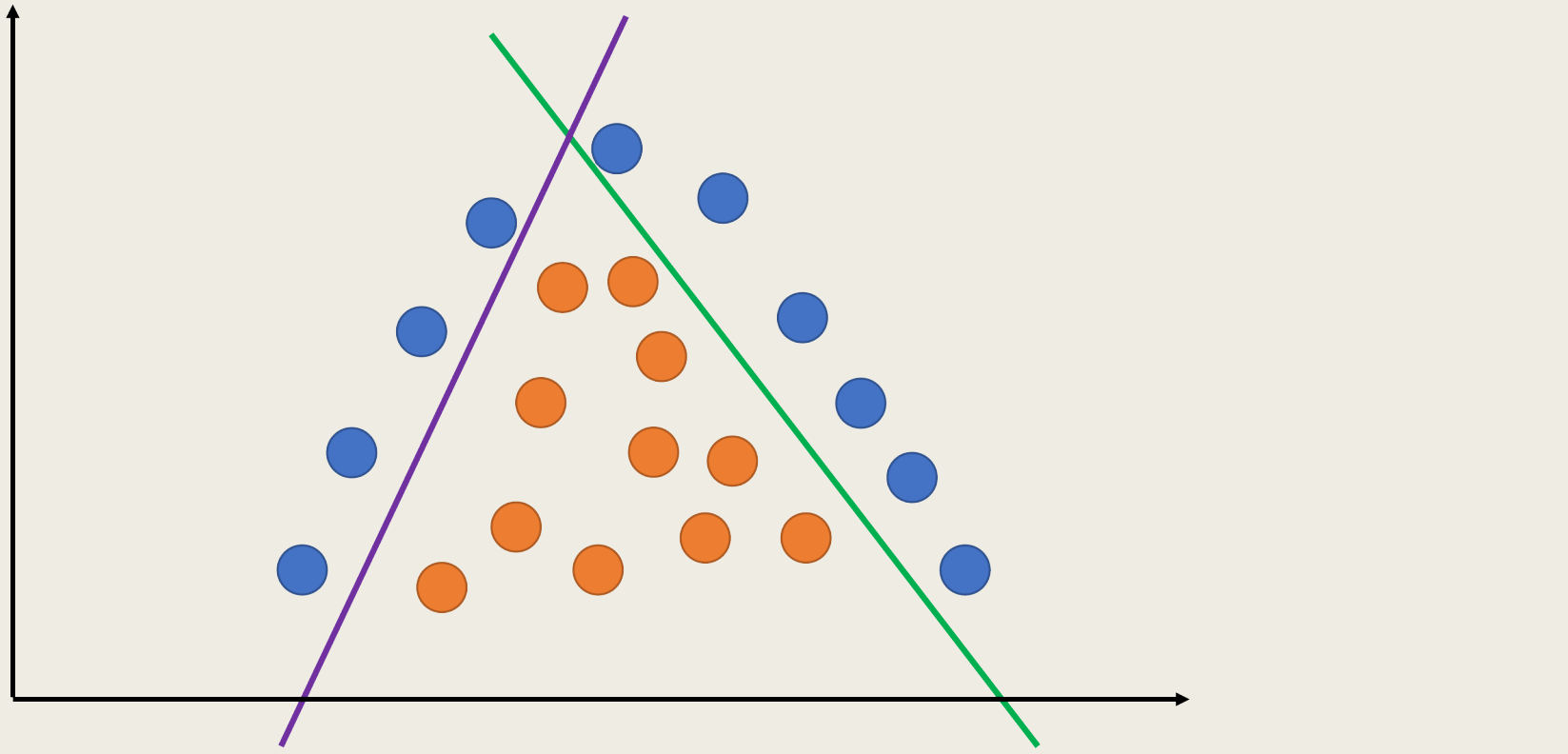
Нелинейные закономерности



Нелинейные закономерности



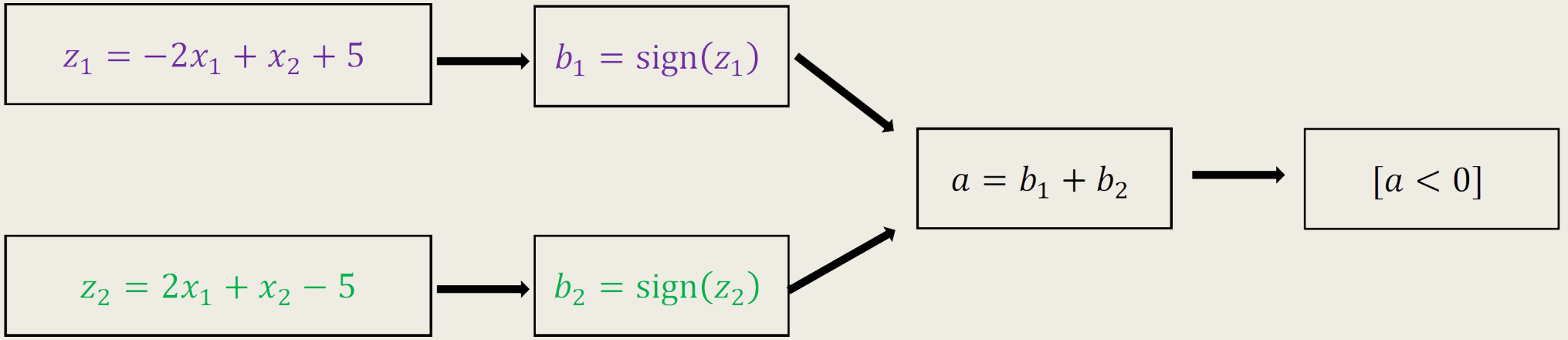
Нелинейные закономерности



$b_1(x) = \text{sign}(-2x_1 + x_2 + 5)$

$b_2(x) = \text{sign}(2x_1 + x_2 - 5)$

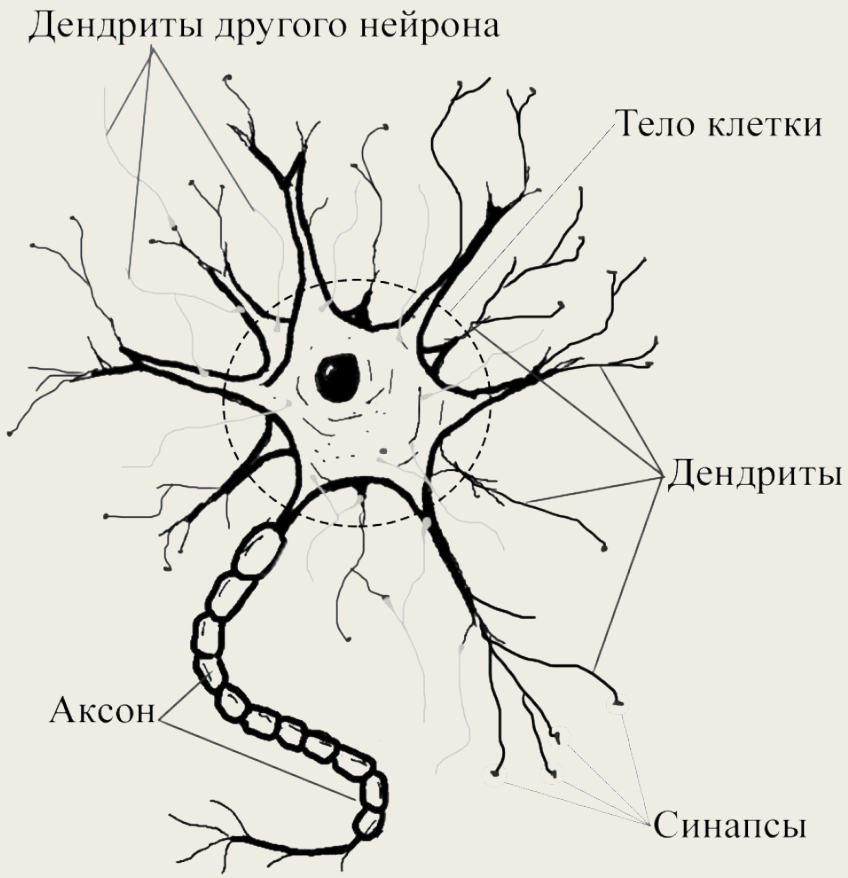
Нелинейные закономерности



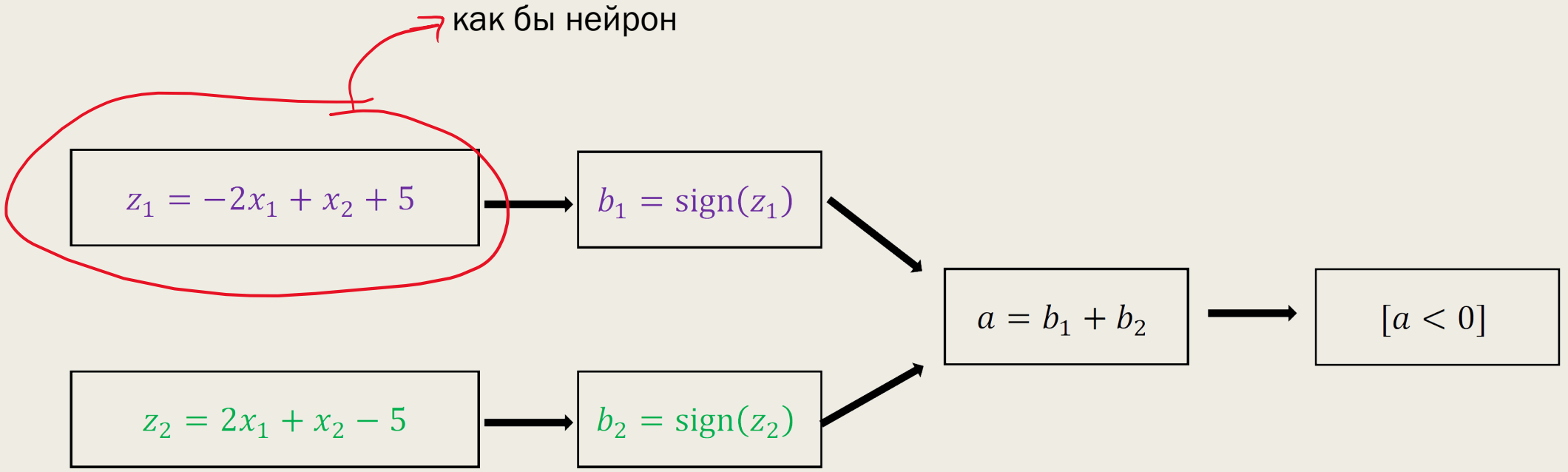
Идея нейрона

- Модель МакКаллока-Питтса
- Дендриты другого нейрона подают сигналы
- Синапсы их усиливают или ослабляют
- В ядре (теле клетки) эти сигналы складываются
- Аксон перерабатывает их и посылает дальше

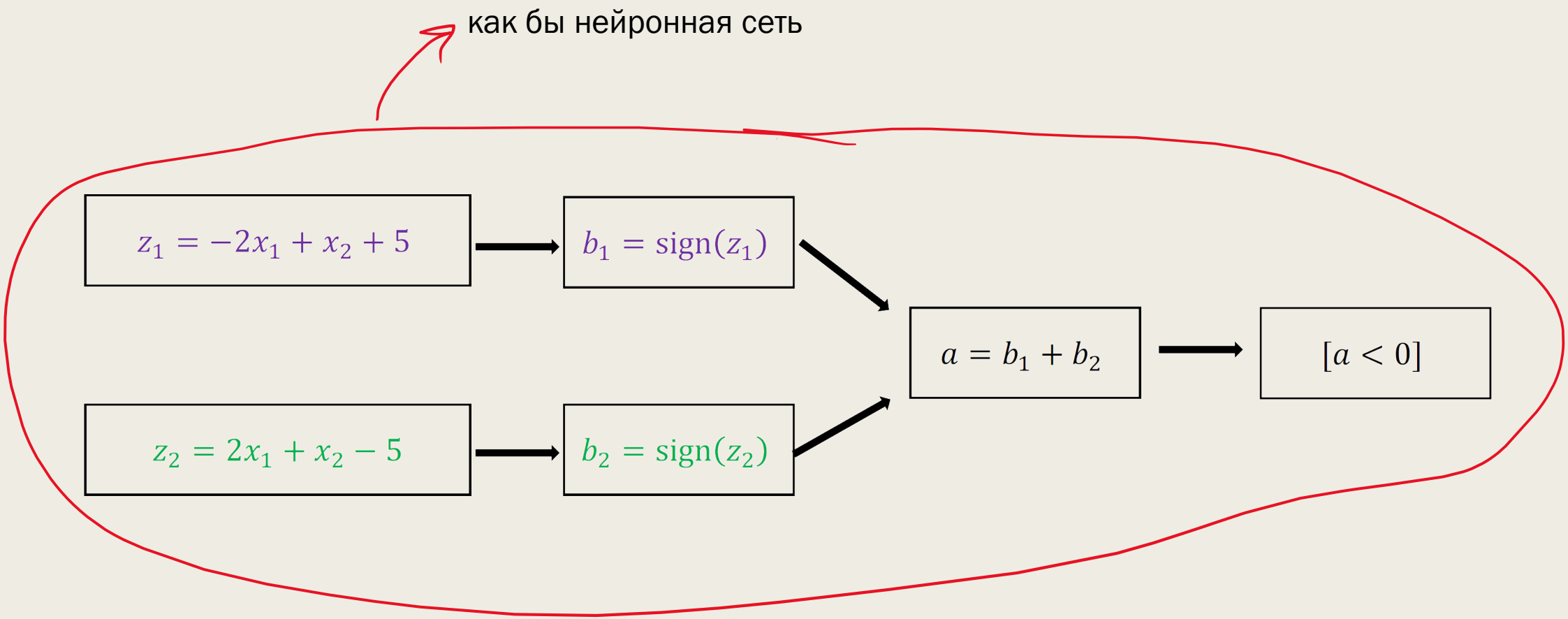
$\sum w_j x_j$, ты?



Идея нейрона



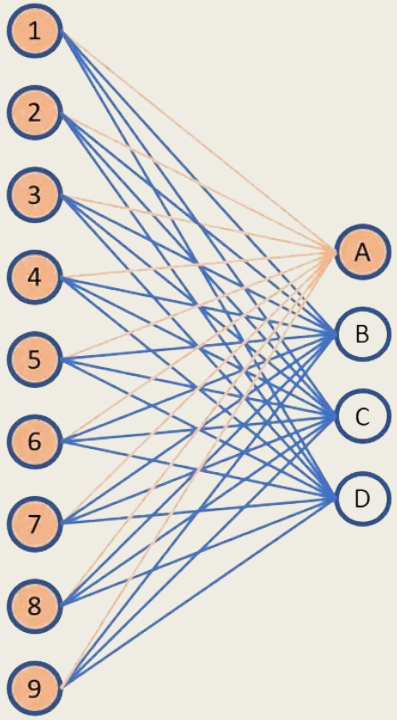
Идея нейрона



Полносвязный слой (Fully connected layer)

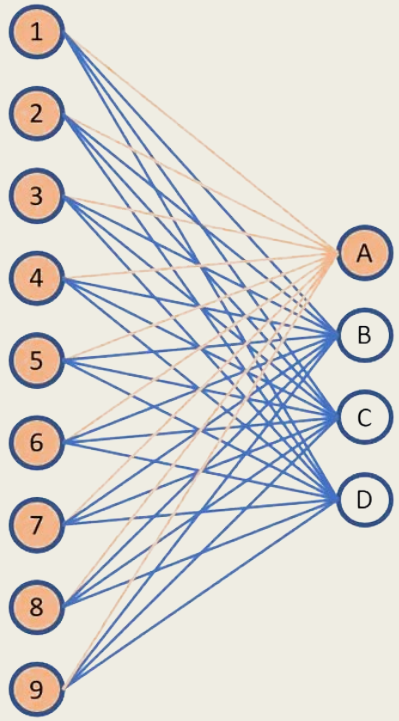
- На входе n чисел
- На выходе m чисел
- Каждый выход – линейная модель над входами

$$z_j = \sum_{i=1}^{n} w_{ji} x_i + b_i$$



Полносвязный слой (Fully connected layer)

- *m* линейных моделей, в каждой *n* + *1* параметров
- Итого в одном слое немного больше *mn* параметров
- Это очень много!
- Нужно много данных для обучения

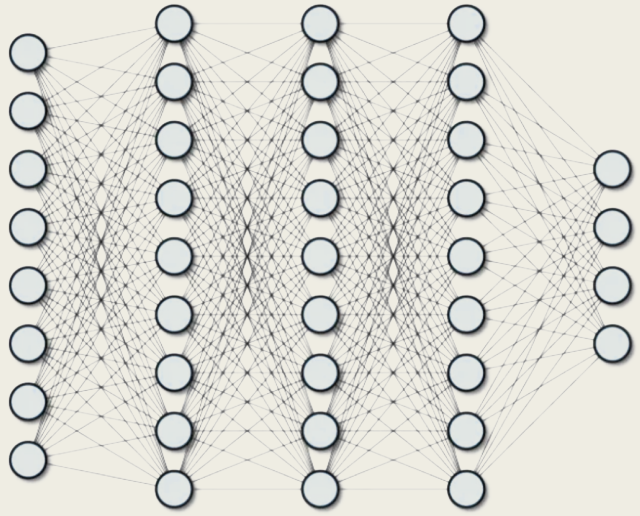


Нелинейность

- Как объединить слои в модель?
- Рассмотрим два полносвязных слоя:

$$s_k = \sum_{j=1}^{m} v_{kj} z_j + c_k = \sum_{j=1}^{m} v_{kj} \sum_{i=1}^{n} w_{ji} x_i + \sum_{j=1}^{m} v_{kj} b_j + c_k$$

- z_j – наши выходы первого слоя
- v_{kj} – веса второго слоя, c_k – его свободные коэффициенты
- s_k – выходы второго слоя
- Можно подставить формулу для первого слоя



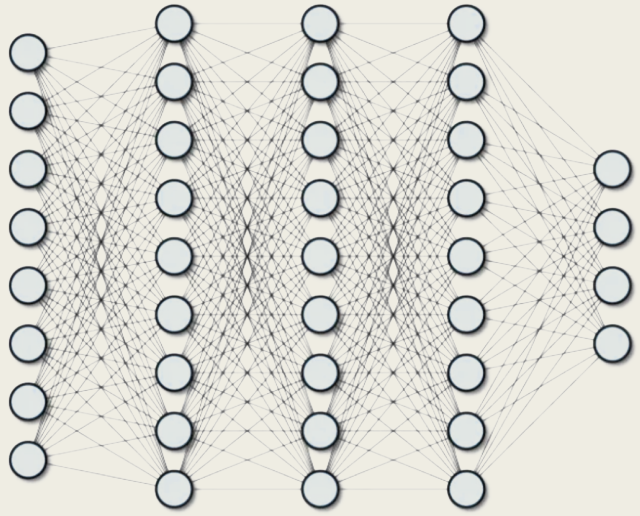
Нелинейность

- Как объединить слои в модель?
- Рассмотрим два полносвязных слоя:

$$s_k = \sum_{j=1}^{m} v_{kj} z_j + c_k = \sum_{j=1}^{m} v_{kj} \sum_{i=1}^{n} w_{ji} x_i + \sum_{j=1}^{m} v_{kj} b_j + c_k =$$

$$= \sum_{j=1}^{m} \left(\sum_{i=1}^{n} v_{kj} w_{ji} x_i + v_{kj} b_j + \frac{1}{m} c_k \right)$$

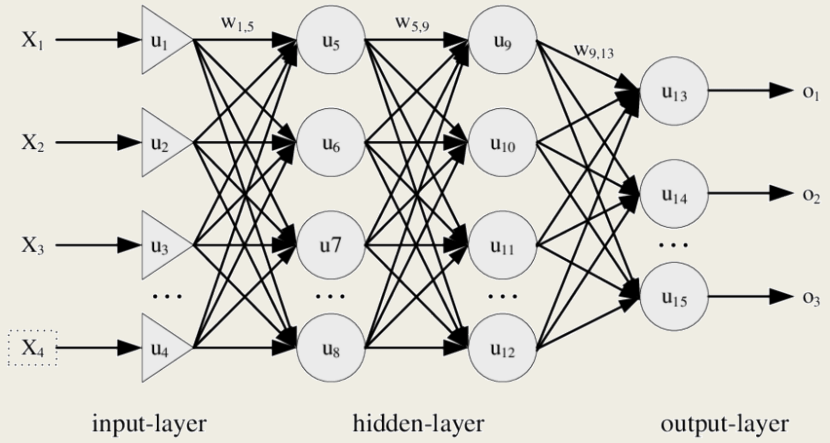
- Получается, два полносвязных слоя ничем не лучше одного



Нелинейность

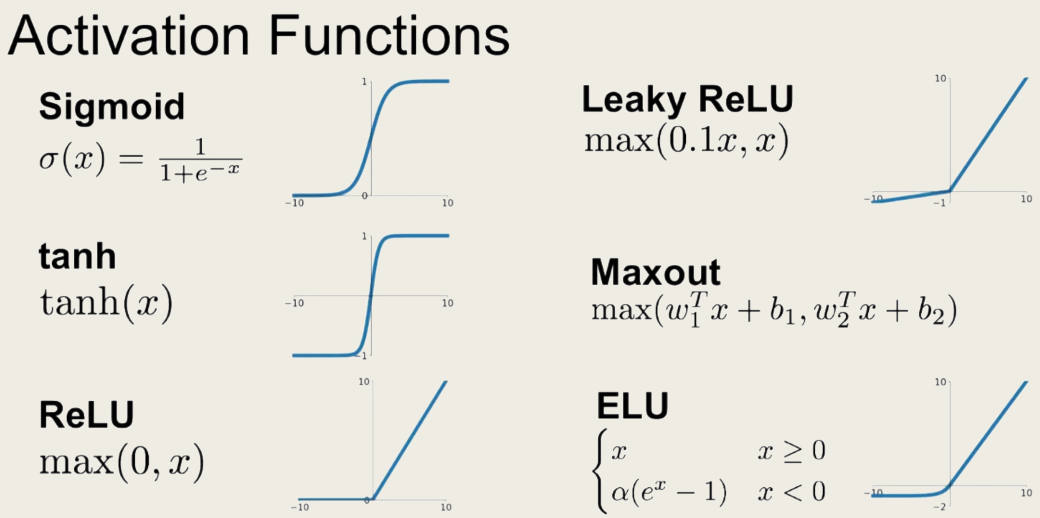
- Вариант: добавлять какую-нибудь нелинейную функцию после каждого слоя (и применять ее ко всем выходам всех нейронов):

- Такая конструкция называется **многослойный перцептрон**
- **Побаловаться можно онлайн** [тут]



Нелинейность

- Какие функции использовать?
- Например, сигмоиду или ReLU: у всех есть свои плюсы и минусы
- Тысячи их!



The Perceptron Convergence Theorem (Rosenblat, 1965)

- Любая непрерывная и ограниченная функция может быть сколь угодно точно аппроксимирована нейронной сетью с одним скрытым слоем с нелинейной функцией активации нейрона.
- Любая функция может быть сколь угодно точно аппроксимирована нейронной сетью с двумя скрытыми слоями с нелинейной функцией активации нейрона.
- (Еще известна как теорема Цыбенко)

Что ещё можно пожелать?

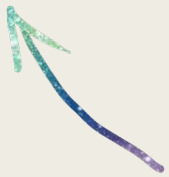
Графическое доказательство теоремы:

http://neuralnetworksanddeeplearning.com/chap4.html

Подходы к вычислениям

- Императивный подход

```
a = np.ones(10)
b = np.ones(10) * 2
c = b * a
d = c + 1
```



сразу вычислили

- Символьный подход

```
A = Variable('A')
B = Variable('B')
C = B * A
D = C + Constant(1)

# компиляция функции
f = compile(D)

# исполнение
d = f(A=np.ones(10),
B=np.ones(10) * 2)
```

сначала задали граф вычислений,
а потом уже вычислили

Символьный подход

+ Легко строить сеть из вычислений и автоматически искать по ней производные (быстрая и простая оптимизация)
+ Более эффективные вычисления, как по памяти, так и по скорости (на этапе компиляции можно выявить неиспользуемые переменные, найти места для переиспользования и тп)
— Довольно сложно искать ошибки из-за того, что сначала задаётся граф вычислений

■ Реализуем нейронные сети как графы вычислений

Фреймворки

theano

Mila

Монреальский университет (2007)

Static Computational Graph

TensorFlow

Google

Google (2011, открыта с 2015, с 2019 tf 2.0)

~~Static~~ Dynamic Computational Graph

PYTORCH

Facebook (2016)

Dynamic Computational Graph

Сначала обёртка для Theano, потом для Tensorflow, сейчас фактически часть Tensorflow

Keras

[почему мы выбираем торч]