

Машинное обучение.
Нейронные сети
(часть 2)

Задача машинного обучения (на примере классификации)

U – множество объектов

$X(U)$ - признаки объектов

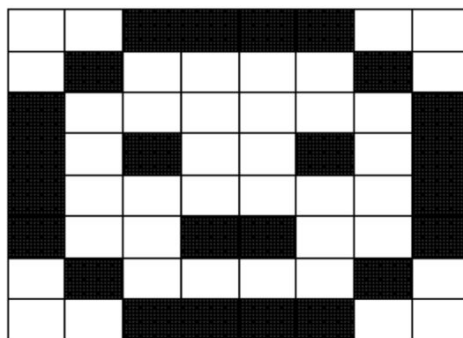
Y – классы объектов

Задача машинного обучения (на примере классификации)

U

$X(U)$

Y



Человек

Птица

Дом

⋮

Задача машинного обучения (на примере классификации)

Решающая функция

$$F: X \rightarrow Y$$

Обучающая выборка

| | | | | |
|----------|-------|---|-------|-------|
| D | { | <table border="1"><tr><td>x_1</td><td>y_1</td></tr></table> | x_1 | y_1 |
| | | x_1 | y_1 | |
| | | <table border="1"><tr><td>x_2</td><td>y_2</td></tr></table> | x_2 | y_2 |
| x_2 | y_2 | | | |
| \vdots | | | | |
| | | <table border="1"><tr><td>x_N</td><td>y_N</td></tr></table> | x_N | y_N |
| x_N | y_N | | | |

Задача машинного обучения (на примере классификации)

Функция ошибки

$$L(D, F) = \sum_i [F(x_i) \neq y_i]$$

Оптимальная решающая функция

$$W^* = \operatorname{argmin}_W L(D, F(W))$$

Проблема исключающего ИЛИ

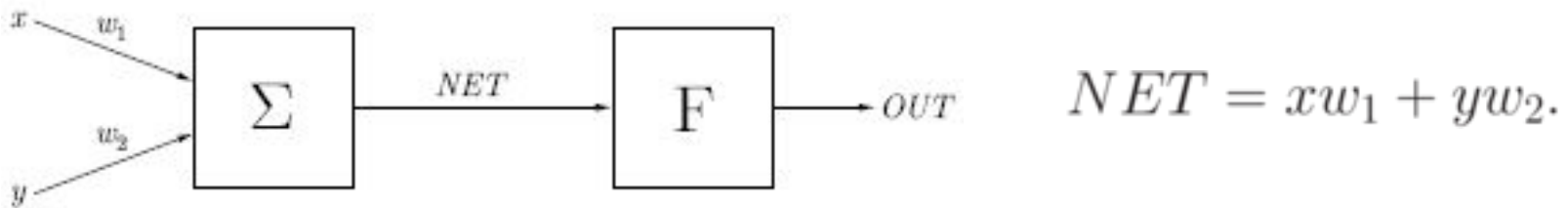
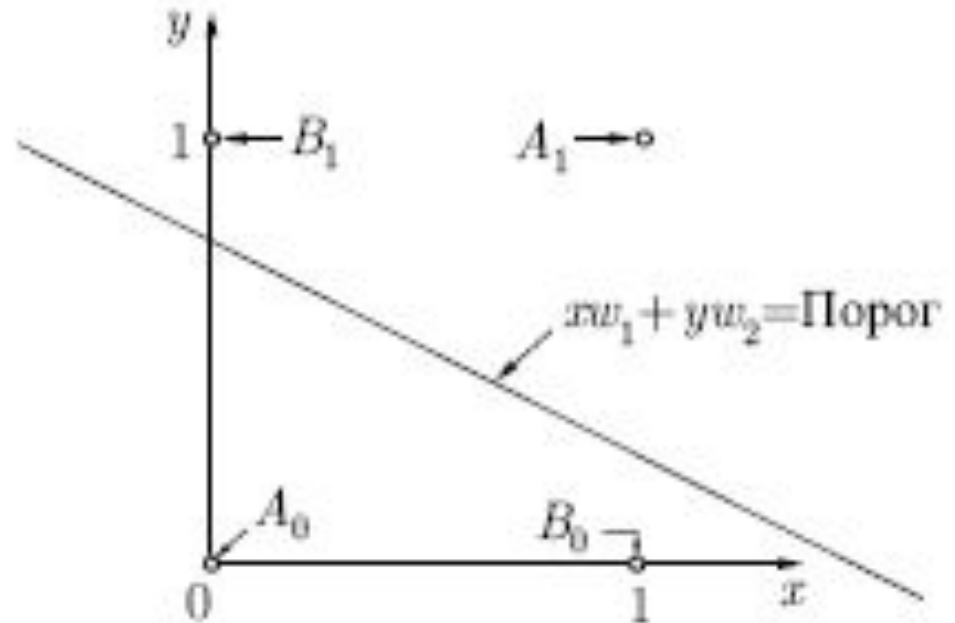
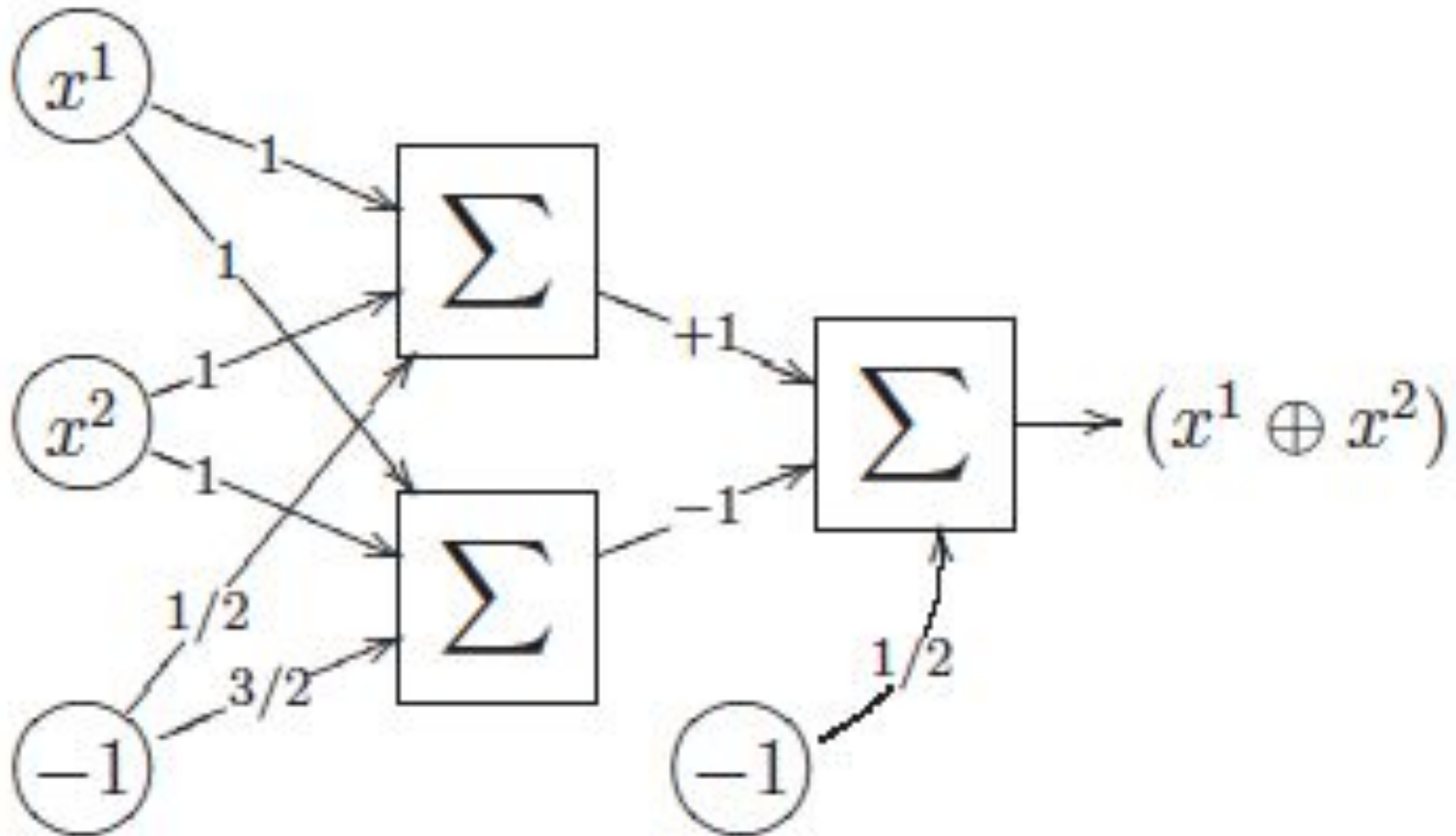


Таблица истинности

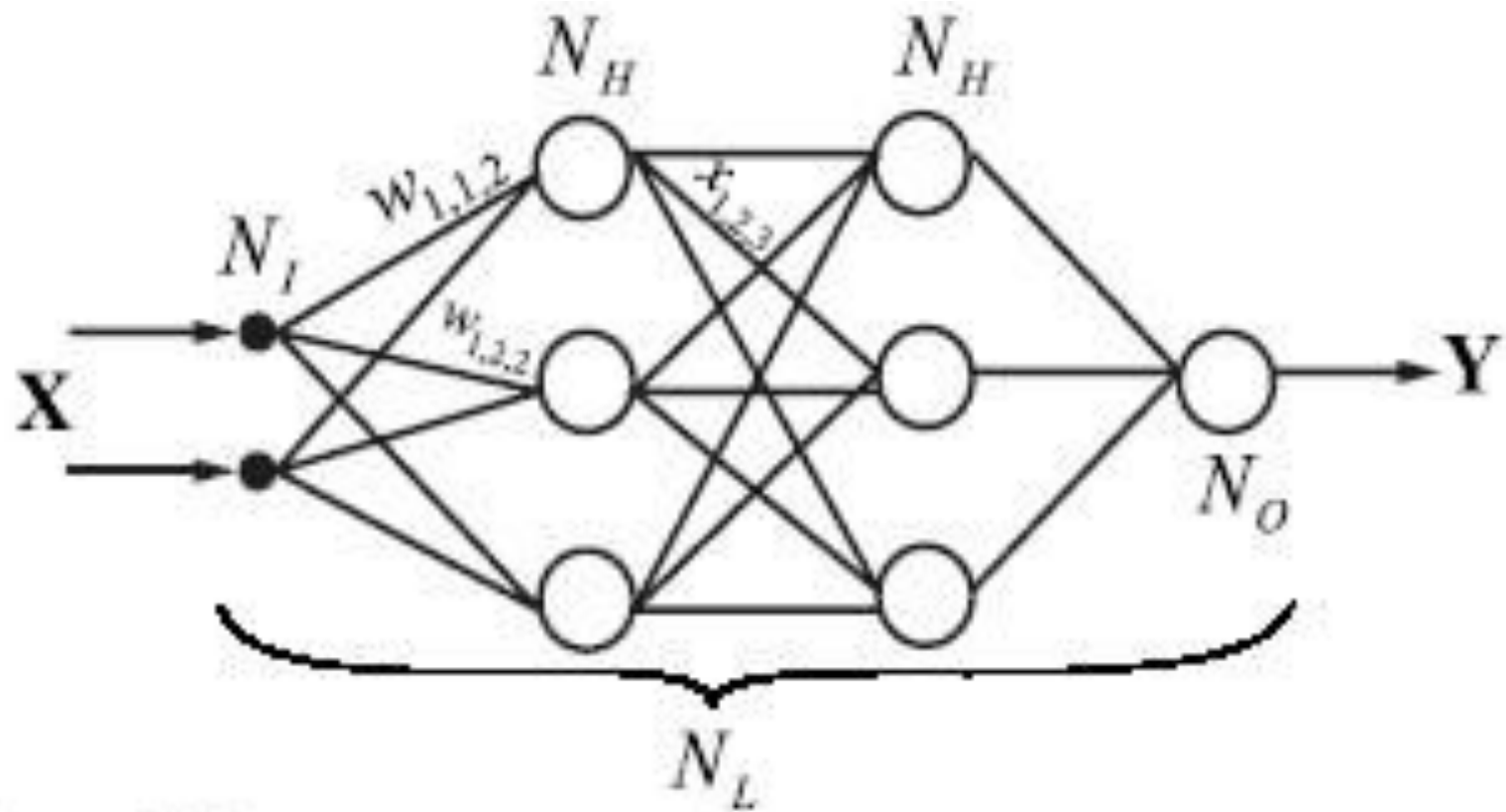
| | | |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |



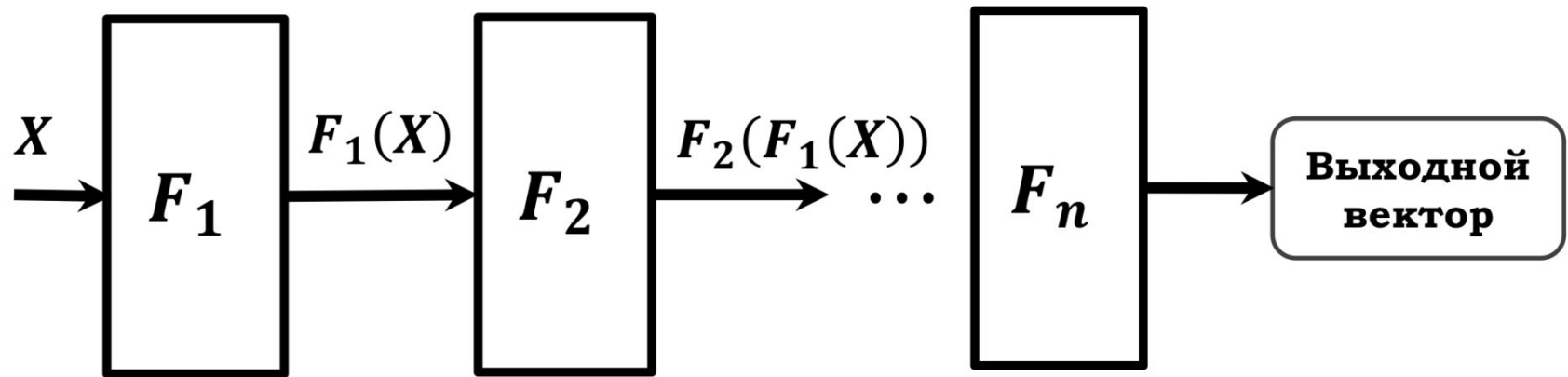
Персептрон. Искл. ИЛИ



Многослойный персептрон



Персептрон общего вида



$$\Delta = \text{Выходной вектор} - \text{Эталонный выход}$$

$$\frac{\partial \Delta}{\partial W_n} = \frac{\partial \Delta(F_n)}{\partial F_n} * \frac{\partial F_n(F_{n-1}, W_n)}{\partial W_n}$$

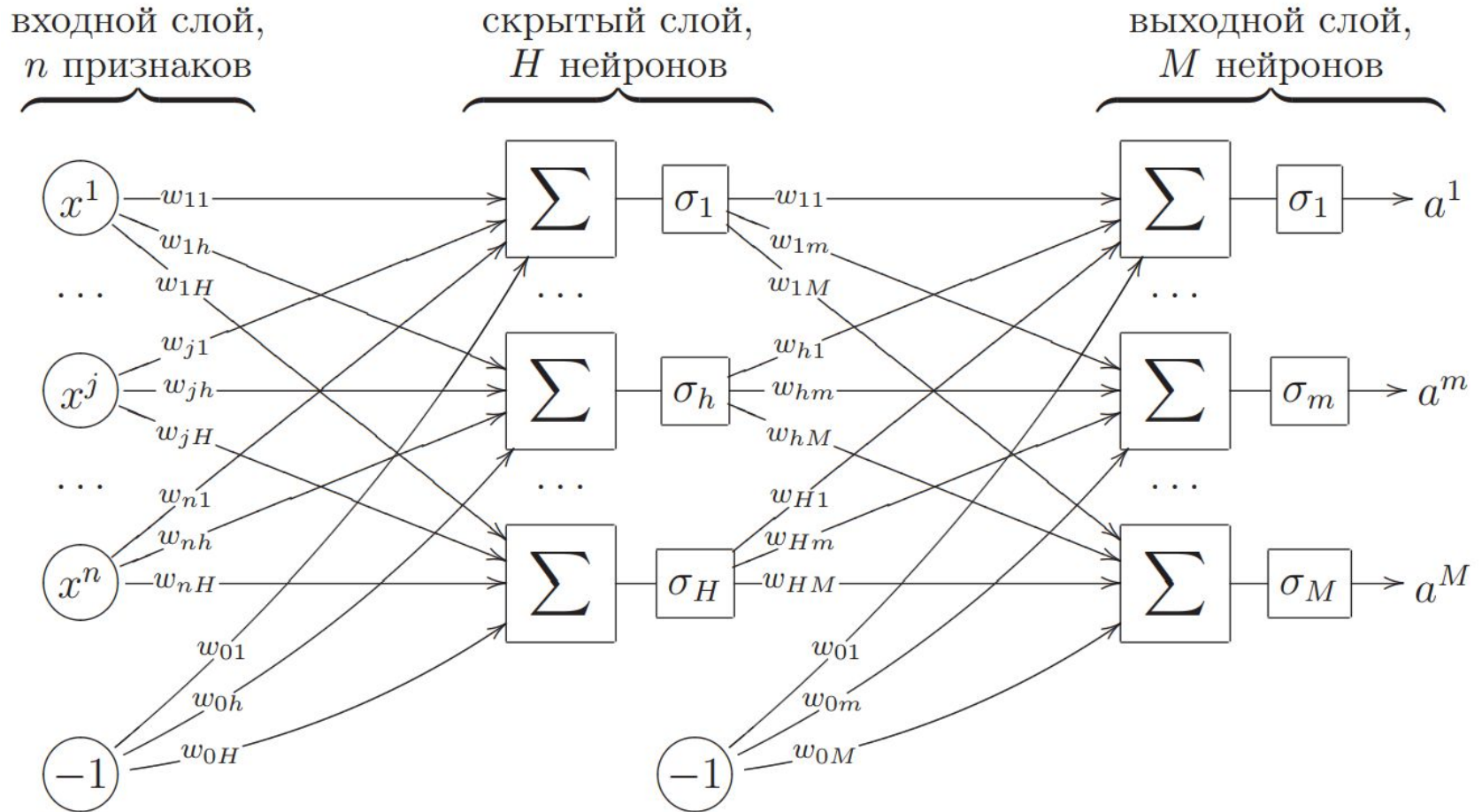
Многослойный персептрон

Теорема 1.2 (Колмогоров, 1957). *Любая непрерывная функция n аргументов на единичном кубе $[0, 1]^n$ представима в виде суперпозиции непрерывных функций одного аргумента и операции сложения:*

$$f(x^1, x^2, \dots, x^n) = \sum_{k=1}^{2n+1} h_k \left(\sum_{i=1}^n \varphi_{ik}(x^i) \right),$$

где h_k, φ_{ik} — непрерывные функции, причём φ_{ik} не зависят от выбора f .

Многослойная сеть с одним скрытым слоем



Алгоритм 1.3. Обучение двухслойной сети методом back-propagation — обратного распространения ошибки

Вход:

$X^\ell = (x_i, y_i)_{i=1}^\ell$ — обучающая выборка, $x_i \in \mathbb{R}^n$, $y_i \in \mathbb{R}^M$;

H — число нейронов в скрытом слое;

η — темп обучения;

Выход:

синаптические веса w_{jh} , w_{hm} ;

1: инициализировать веса небольшими случайными значениями:

$$w_{jh} := \text{random} \left(-\frac{1}{2n}, \frac{1}{2n} \right);$$

$$w_{hm} := \text{random} \left(-\frac{1}{2H}, \frac{1}{2H} \right);$$

2: **повторять**

3: выбрать объект x_i случайным образом;

4: прямой ход:

$$u_i^h := \sigma_h \left(\sum_{j=0}^J w_{jh} v^j(x_i) \right), \text{ для всех } h = 1, \dots, H;$$

$$a_i^m := \sigma_m \left(\sum_{h=0}^H w_{hm} u^h(x_i) \right), \text{ для всех } m = 1, \dots, M;$$

$$\varepsilon_i^m := a_i^m - y_i^m, \text{ для всех } m = 1, \dots, M;$$

$$Q_i := \sum_{m=1}^M (\varepsilon_i^m)^2;$$

5: обратный ход:

$$\varepsilon_i^h := \sum_{m=1}^M \varepsilon_i^m \sigma'_m w_{hm}, \text{ для всех } h = 1, \dots, H;$$

6: градиентный шаг:

$$w_{hm} := w_{hm} - \eta \varepsilon_i^m \sigma'_m u^h, \text{ для всех } h = 0, \dots, H, m = 1, \dots, M;$$

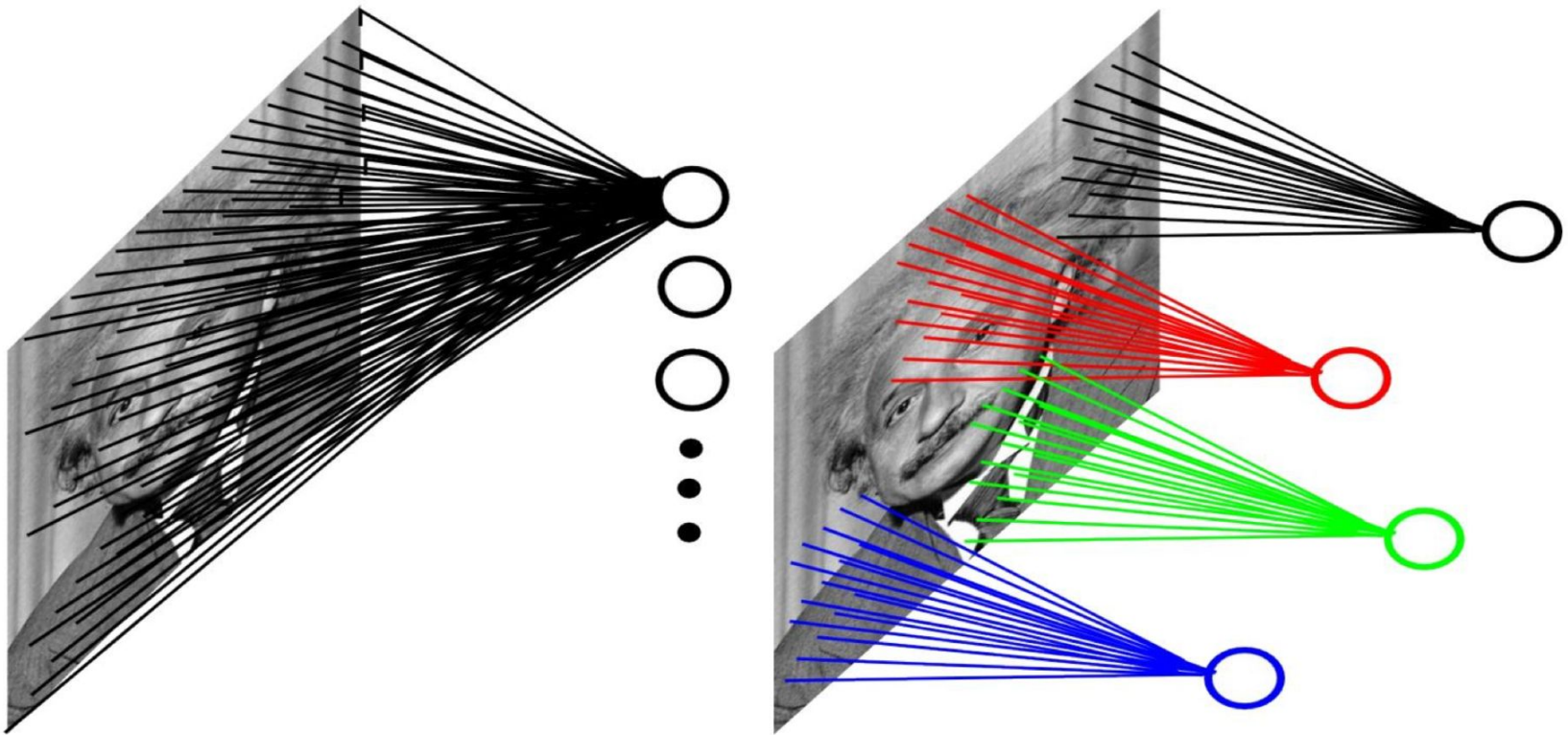
$$w_{jh} := w_{jh} - \eta \varepsilon_i^h \sigma'_h x^j, \text{ для всех } j = 0, \dots, n, h = 1, \dots, H;$$

7: $Q := \frac{\ell-1}{\ell} Q + \frac{1}{\ell} Q_i$;

8: **пока** Q не стабилизируется;

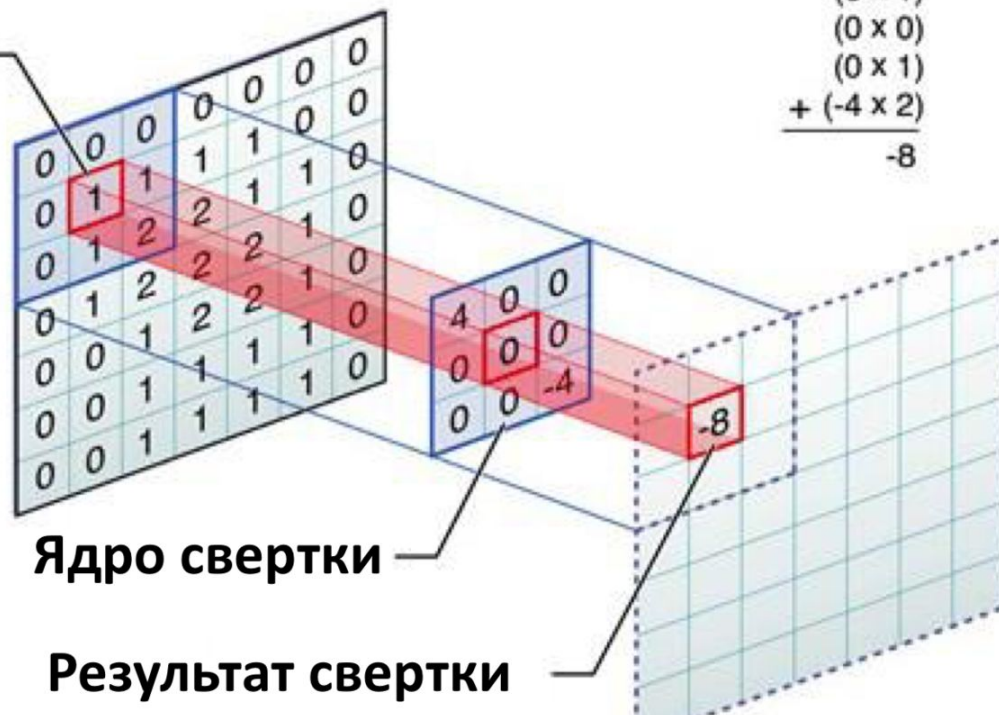
- К.В. Воронцов «Лекции по искусственным нейронным сетям», §1.2.1
- Самостоятельно

Сверточные сети



Сверточные сети

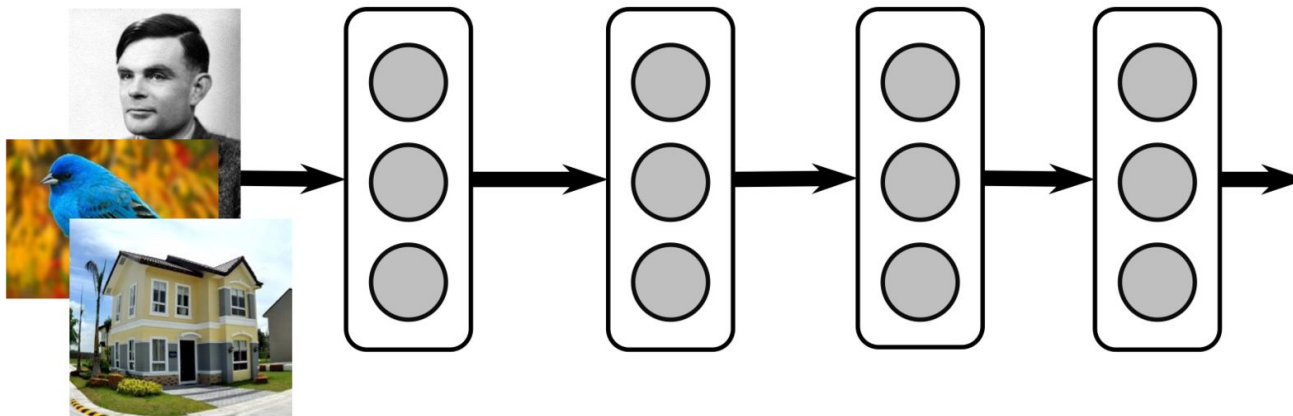
Точка приложения
свертки



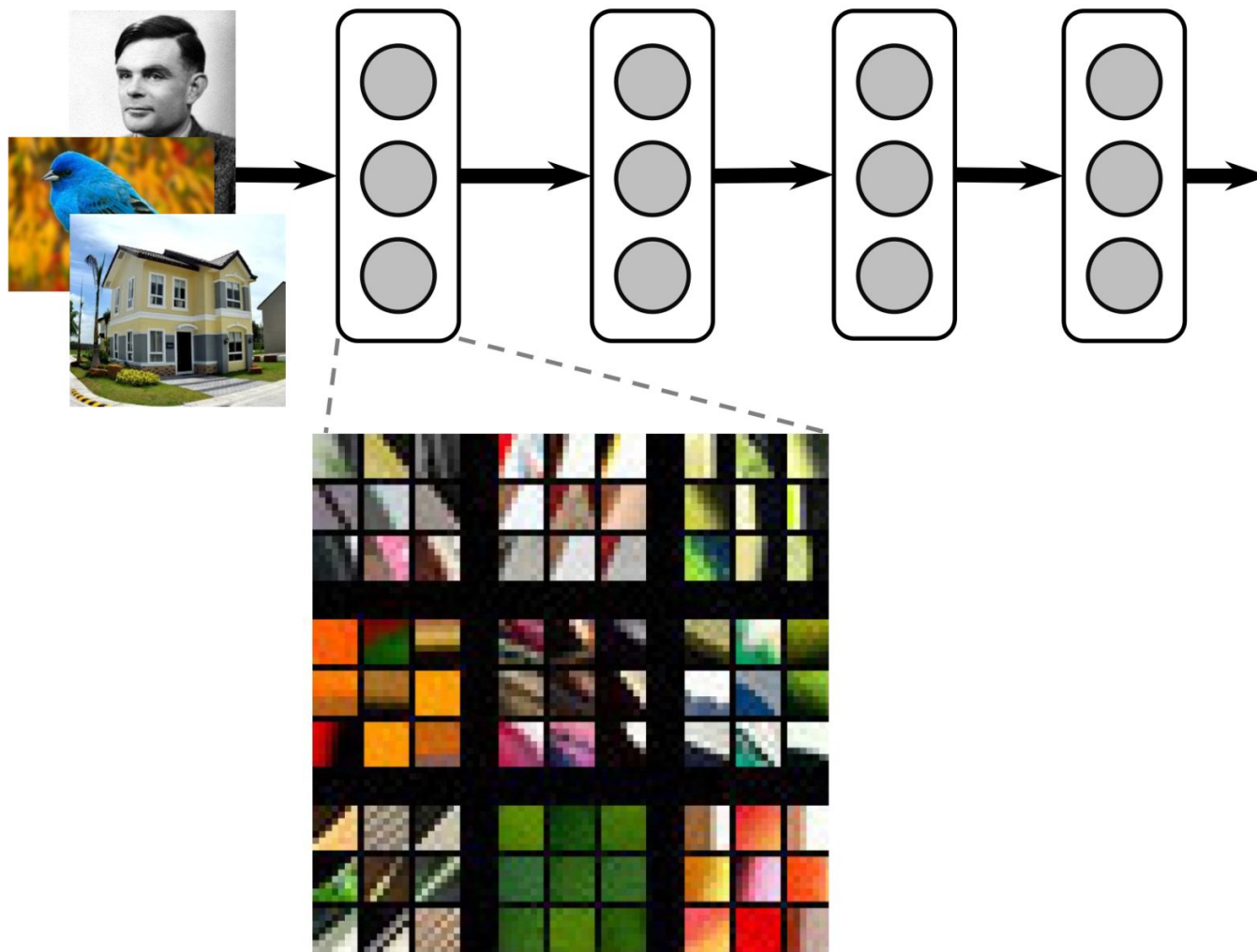
Ядро свертки

Результат свертки

Обучение иерархии признаков

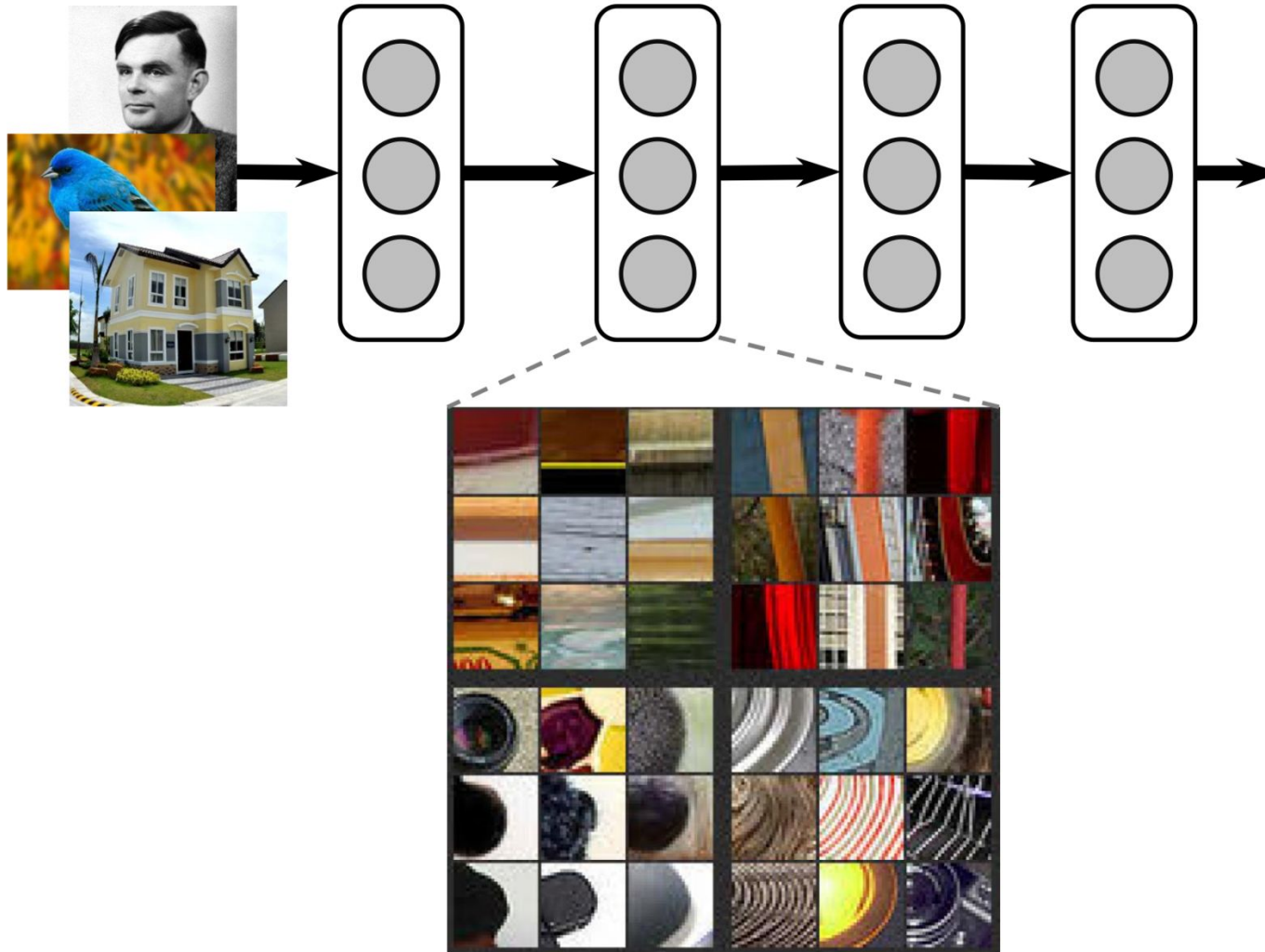


Обучение иерархии признаков



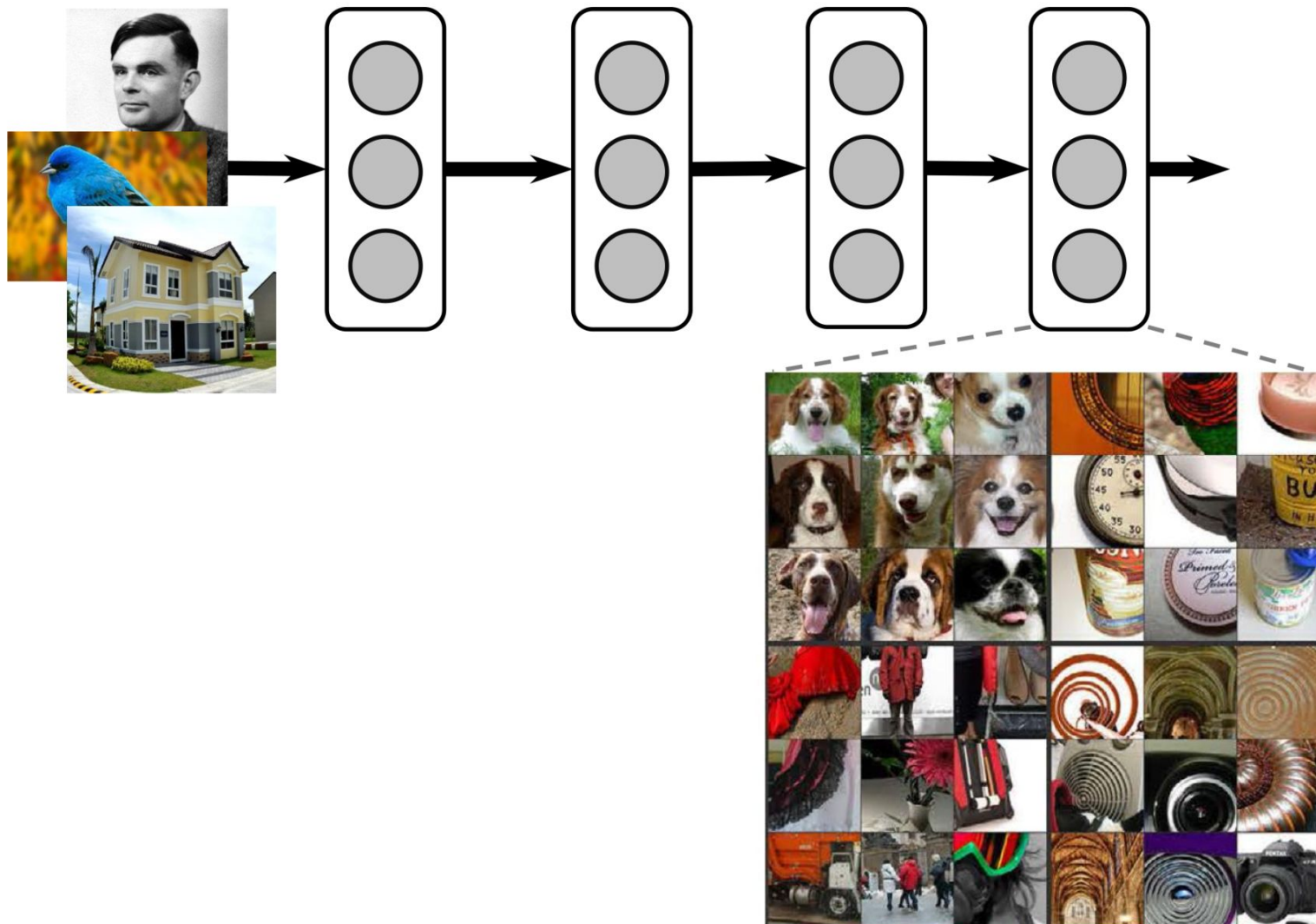
Zeiler M., Fergus R. <http://arxiv.org/pdf/1311.2901v3.pdf>, 2013

Обучение иерархии признаков



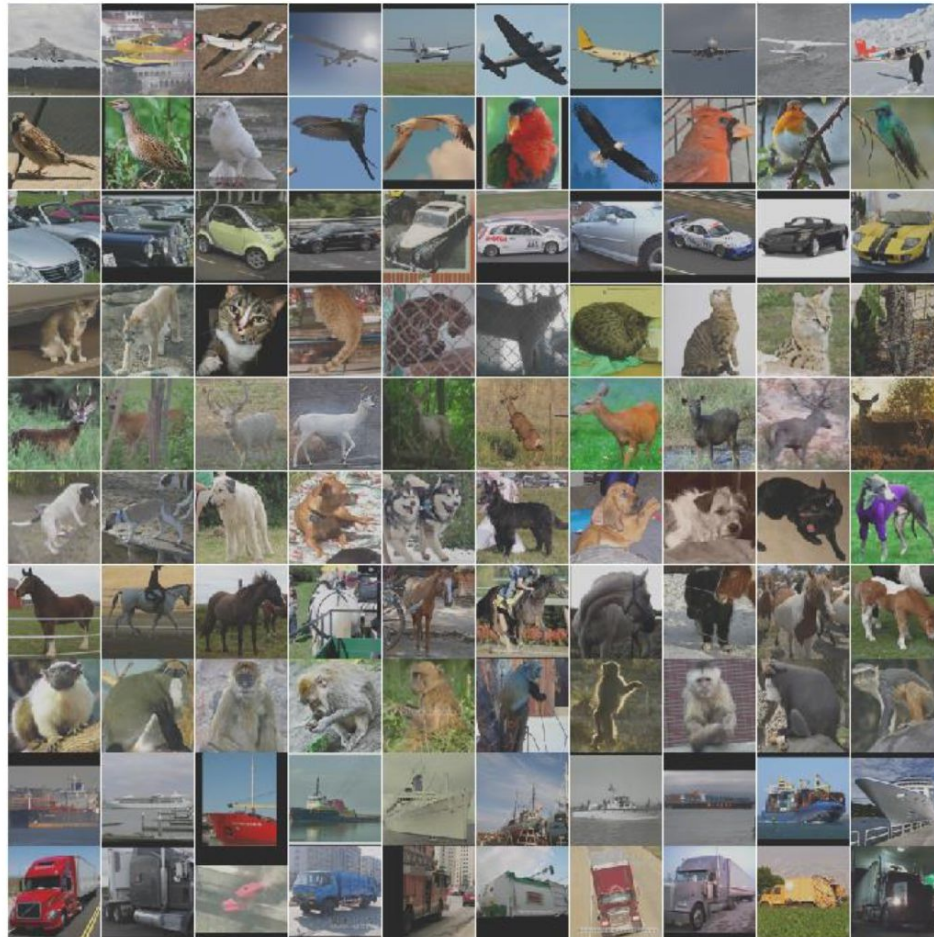
Zeiler M., Fergus R. <http://arxiv.org/pdf/1311.2901v3.pdf>, 2013

Обучение иерархии признаков



Zeiler M., Fergus R. <http://arxiv.org/pdf/1311.2901v3.pdf>, 2013

ImageNet



1.2 миллиона изображений, 1000 классов

ImageNet

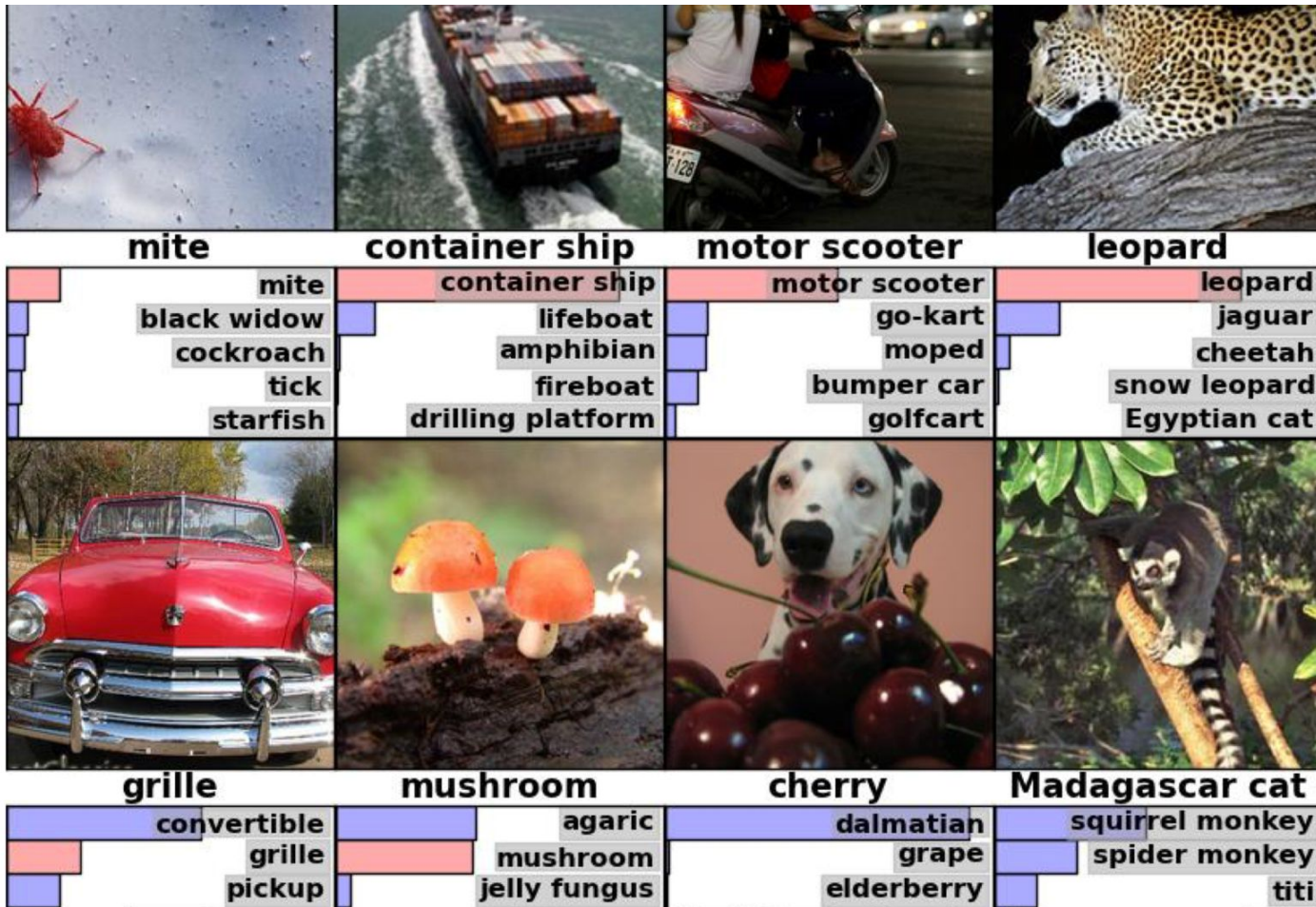
Хаски



Сибирский хаски

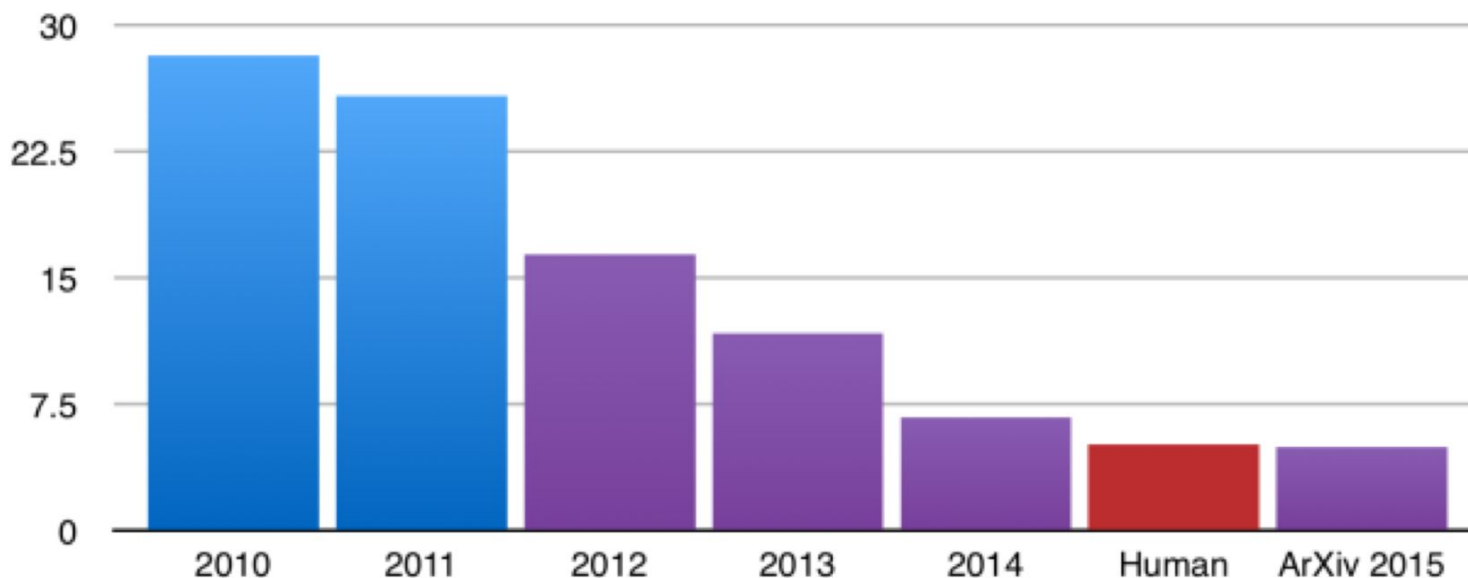


Вероятностное распознавание



Прорыв в распознавании изображений

ILSVRC top-5 error on ImageNet

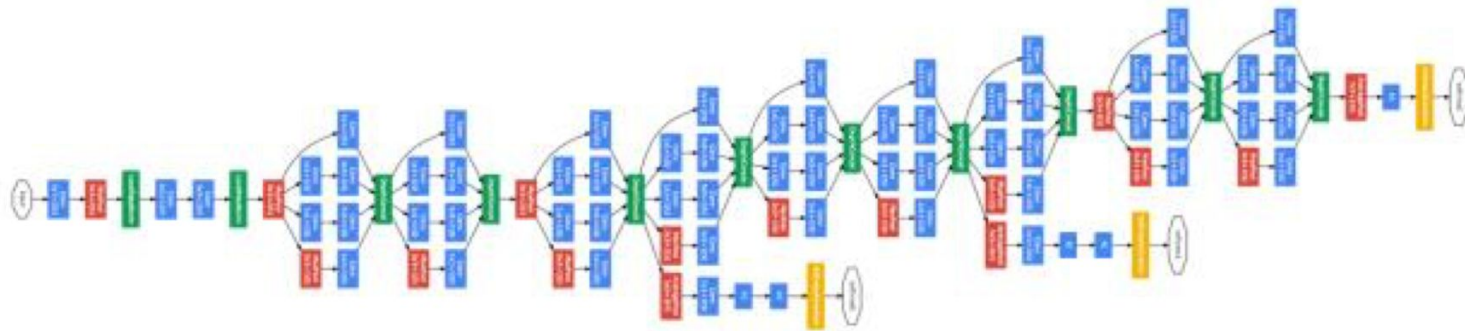


Глубина имеет значение

2013-й год



2014-й год



Похожие изображения

Яндекс

Картинки



Загруженная картинка

Найти



klakhman

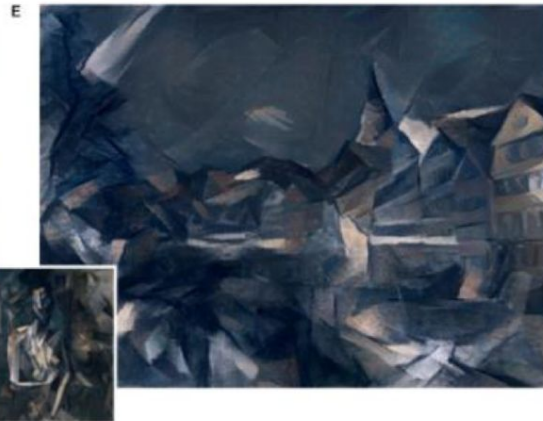
[← Вернуться назад](#)



Стилизация изображений

Пабло Пикассо

Уильям Тёрнер

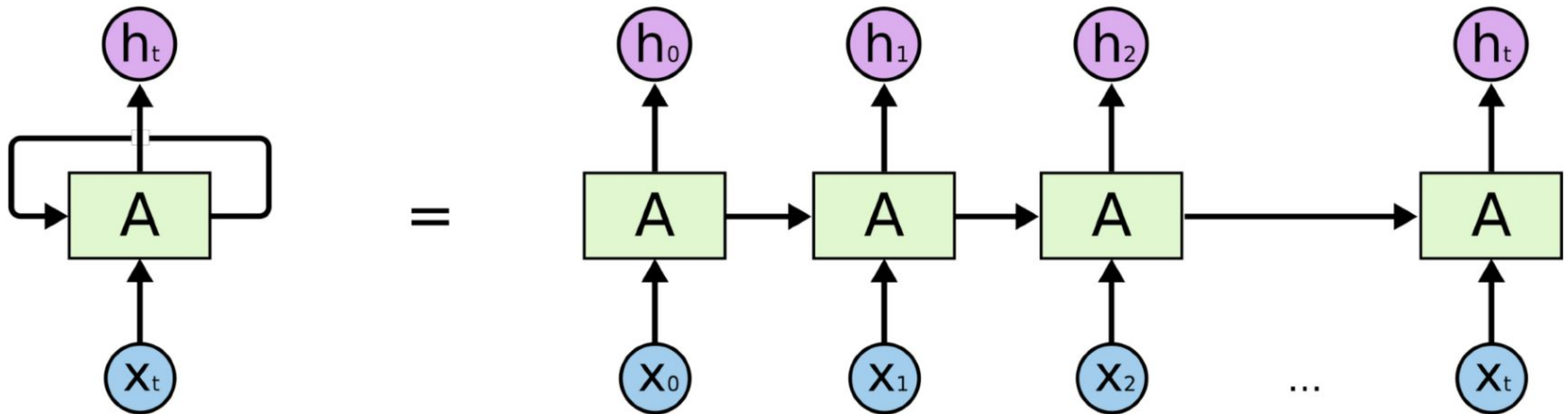


Винсент Ван Гог

Василий Кандинский

Эдвард Мунк

Рекуррентные сети



Диалог с рекуррентной сетью

Machine: hi

Human: hello

Machine: could you please let me know what are the operating systems you are using ?

Human: i am using linux

Machine: ok it was in the ssl vpn on which you stated it was broken

Machine: please check if you are logged in to corp network

Machine: what is the error that you are running please

Human: i am seeing an error related to vpn

Machine: what is the error message that you are getting when connecting to vpn using network connect ?

Human: connection refused or something like that

Machine: may i know the version of network connect you connect ?

Human: i am not sure i know that

Machine: is the network connect prompting for any user certificate

Machine: ?

Human: yes

Machine: are you at home or at work at the moment ?

Machine: office ?

Human: i am at home

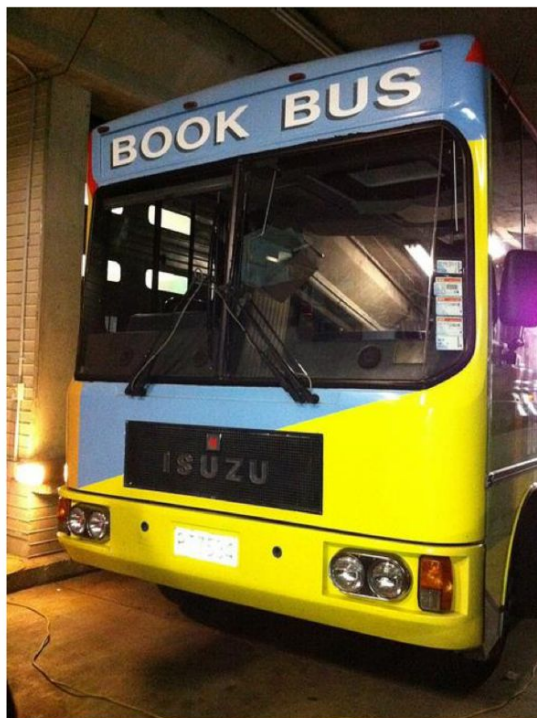
Генерация описания изображения



Later on the eighth day , Billy was a friend of a man who lived on his own . He did n't know how far away they were , and if he was to survive the fall . His mind raced , trying not to show any signs of weakness .

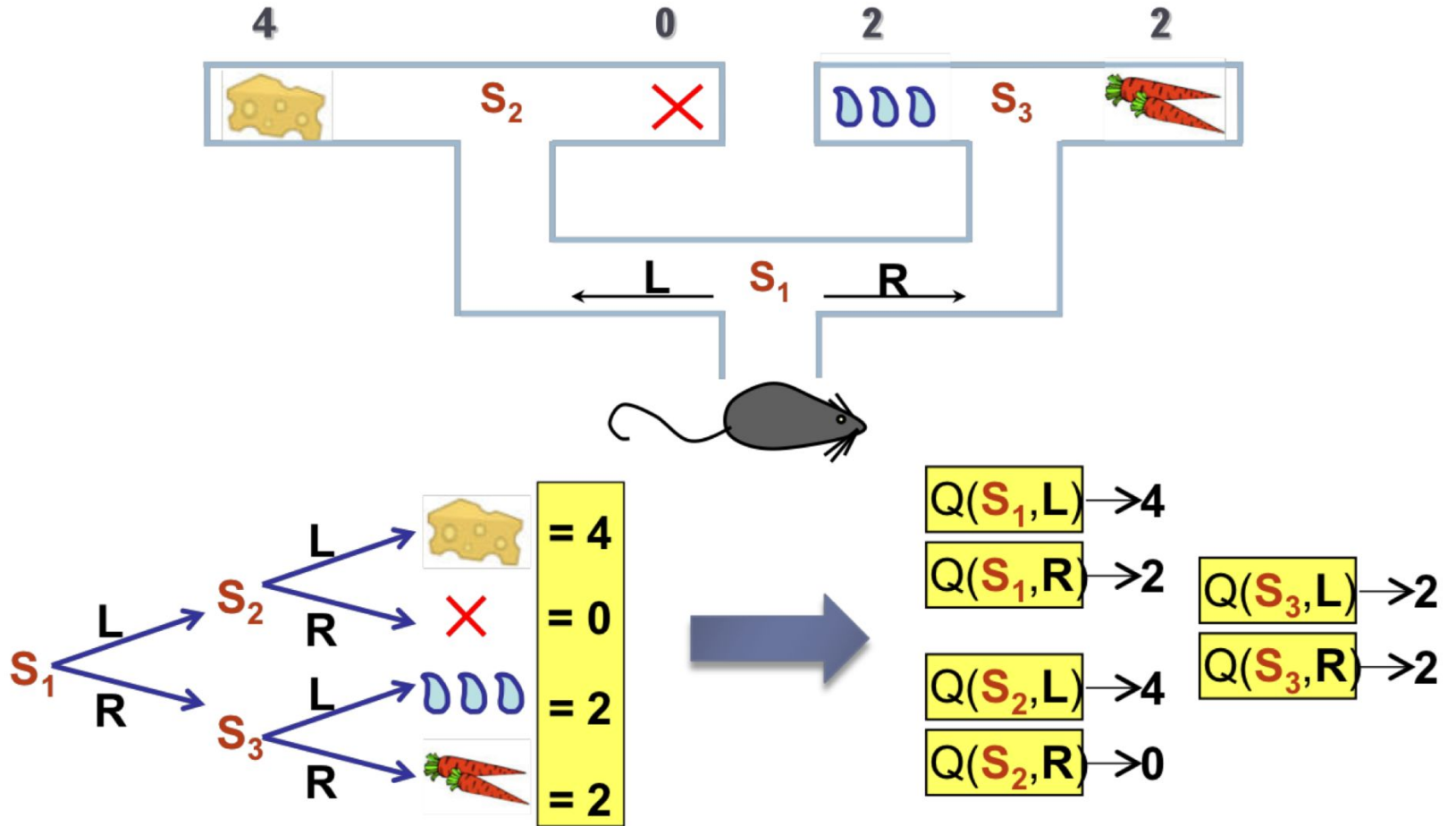
The wind ruffled the snow and ice in the snow . He had no idea how many times he was going to climb into the mountains

Генерация описания изображения



In the second day , I panicked . I haven t seen him enter the city , so I quickly corrected the bus ride to the city . I was hoping to see that they were on such a bus , and as soon as we got within the city limits , I had no idea where I was . The bus driver was on the verge of tears running down his nose and mouth . I picked up the rental car and headed back towards London . The ferry never faltered in such a state , but it s not .

Обучение с подкреплением



Обучение с подкреплением

$$Q^*(s, a) = R + \gamma \max_{a'} Q^*(s', a')$$

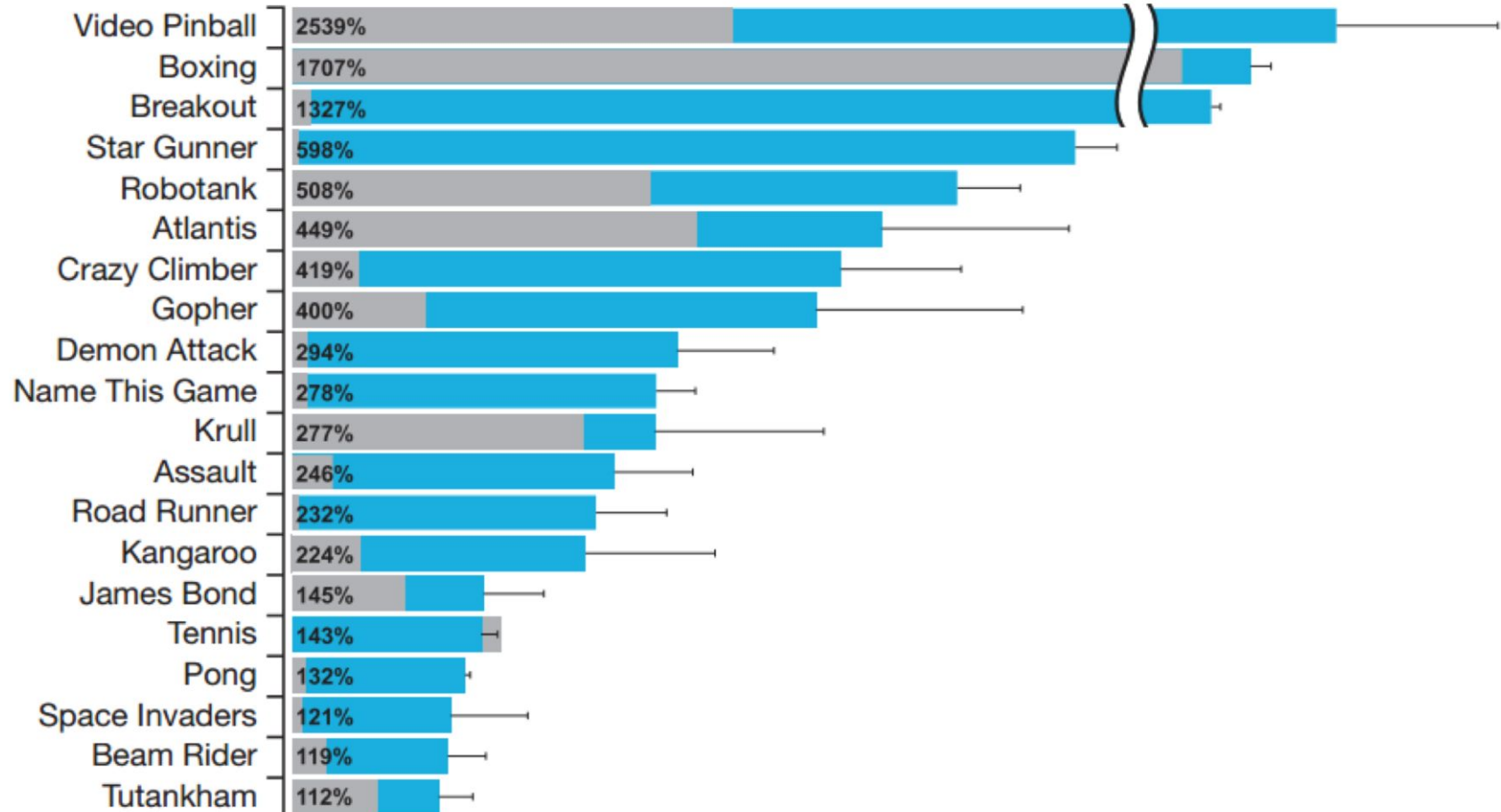
$$\underbrace{Q_{t+1}(s_t, a_t)}_{\text{новое значение}} = \underbrace{Q_t(s_t, a_t)}_{\text{старое значение}} + \alpha \left(R_{t+1} + \gamma \max_a Q_t(s_{t+1}, a_t) - Q_t(s_t, a_t) \right)$$

Обучение с подкреплением

$$Q^*(s, a) = R + \gamma \max_{a'} Q^*(s', a')$$

$$Q_{t+1}(s_t, a_t) = Q_t(s_t, a_t) + \underbrace{\alpha \left(\underbrace{R_{t+1}}_{\text{награда}} + \gamma \max_a \underbrace{Q_t(s_{t+1}, a_t)}_{\text{оценка будущих наград}} - Q_t(s_t, a_t) \right)}_{\text{награда}}$$

Atari 2600 games



Mnih V. et al. Human-level control through deep reinforcement learning. *Nature*, 2015