

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ

Лекция №3
Сверточные сети (CNN)

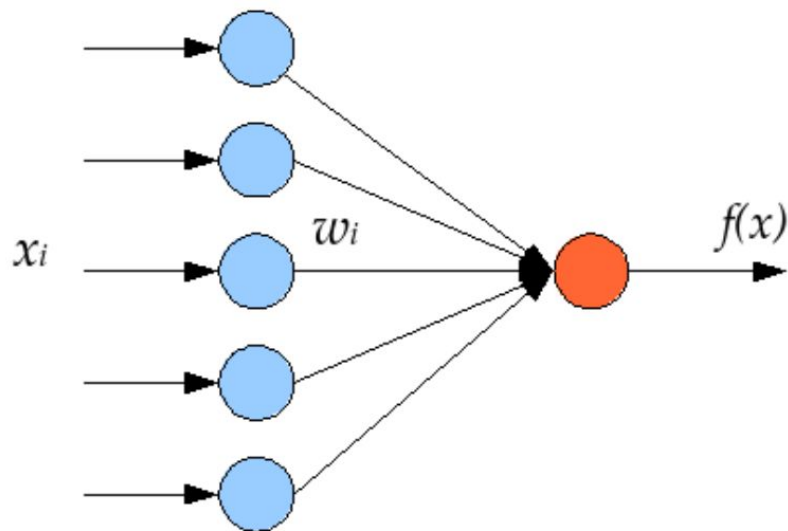
Содержание

1. Проблемы полносвязных нейронных сетей
2. Сверточные нейронные сети
3. Интерпретация обученных моделей
4. Transfer learning
5. Применения сверточных нейронных сети
6. Домашнее задание

Проблем полносвязных нейронных сетей

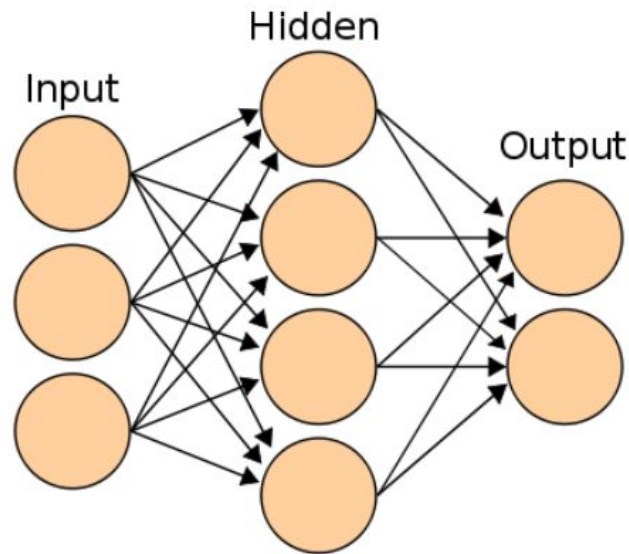


Перцептрон



- ▶ Модели: линейная/логистическая регрессия
- ▶ Может моделировать: NOT, AND, OR
- ▶ Не может моделировать: XOR

Сети с одним скрытым слоем



Теорема (универсальный аппроксиматор)

Любую непрерывную на компакте функцию можно равномерно приблизить нейронной сетью с одним скрытым слоем.

Отличная визуализация: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/chap4.html>

Проблемы нейронных сетей

Проблемы полносвязных нейронных сетей:

- ▶ Требуется огромное количество нейронов
- ▶ Серьезное переобучение

Проблемы нейронных сетей

Проблемы полносвязных нейронных сетей:

- ▶ Требуется огромное количество нейронов
- ▶ Серьезное переобучение

Возможное решение — введение новых типов слоев:

- ▶ Сверточные слои (сегодня)
- ▶ Пулинг (сегодня)
- ▶ Dropout (лекция 5)
- ▶ Нормализация (лекция 5)
- ▶ ...

Сверточные нейронные сети



ImageNet



- ▶ 1000 классов
- ▶ около 1000 изображений в каждом классе
- ▶ около 1 000 000 изображений всего
- ▶ несколько номинаций, в том числе распознавание и детектирование/локализация

ImageNet

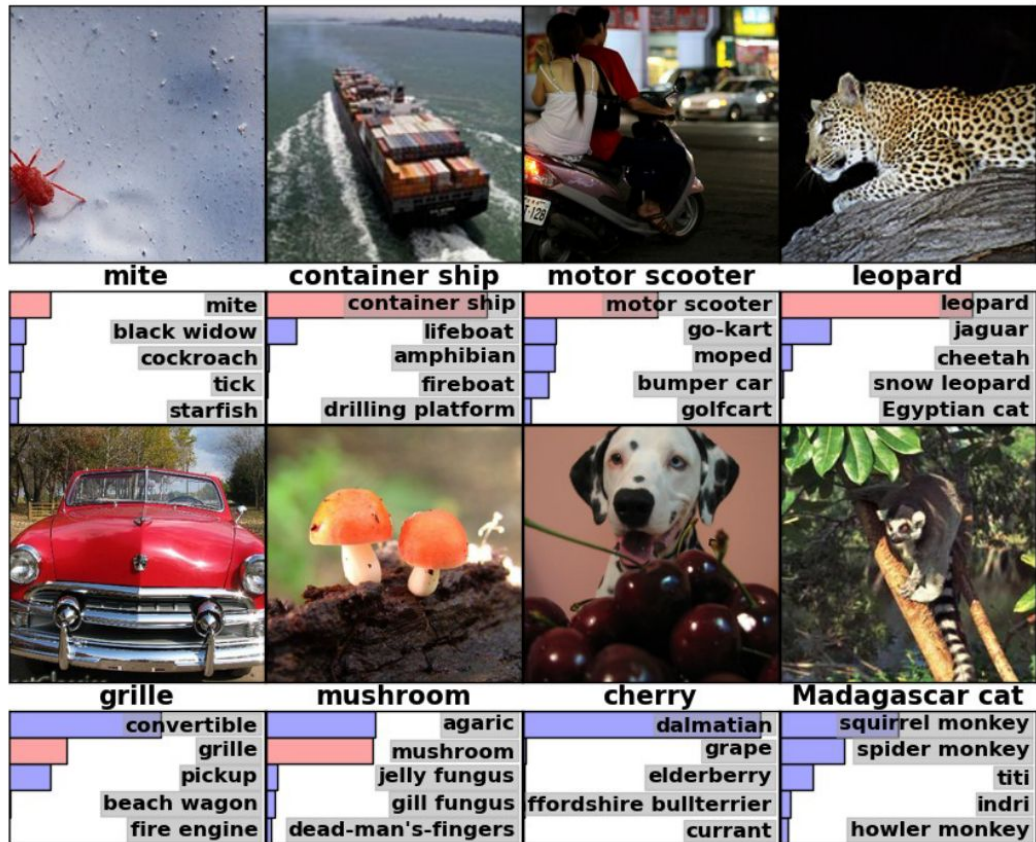
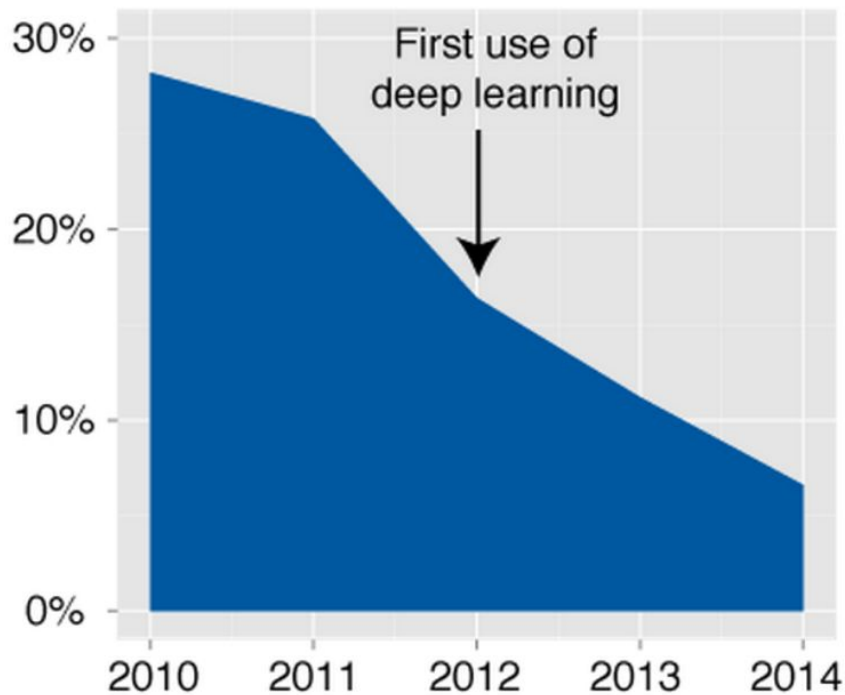


Figure: Примеры прогнозов

ImageNet

Object classification error rate

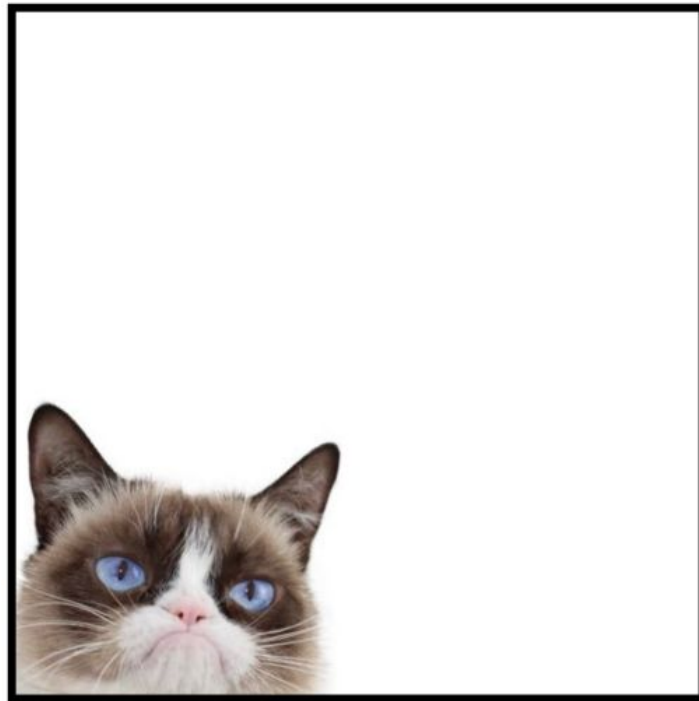


Внутренние инварианты



(a) Кот

Внутренние инварианты

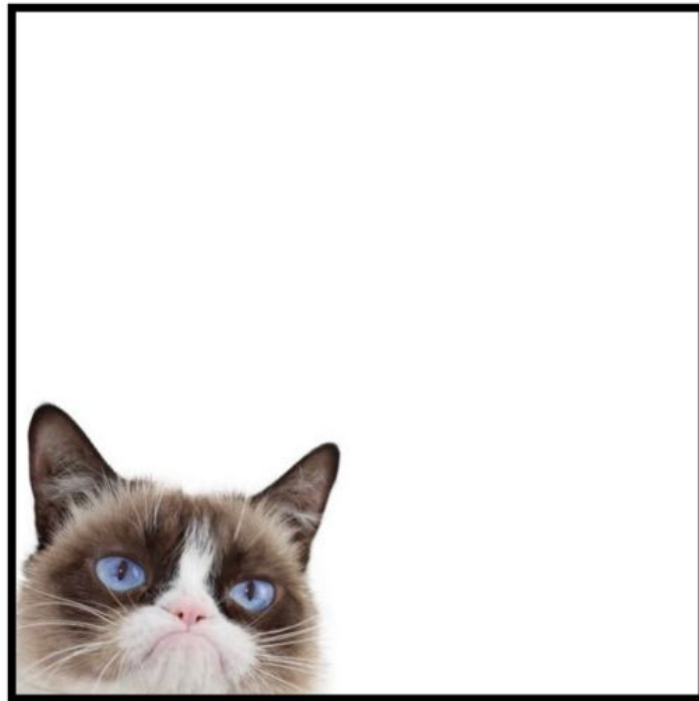


(a) Кот

Внутренние инварианты



(a) Кот

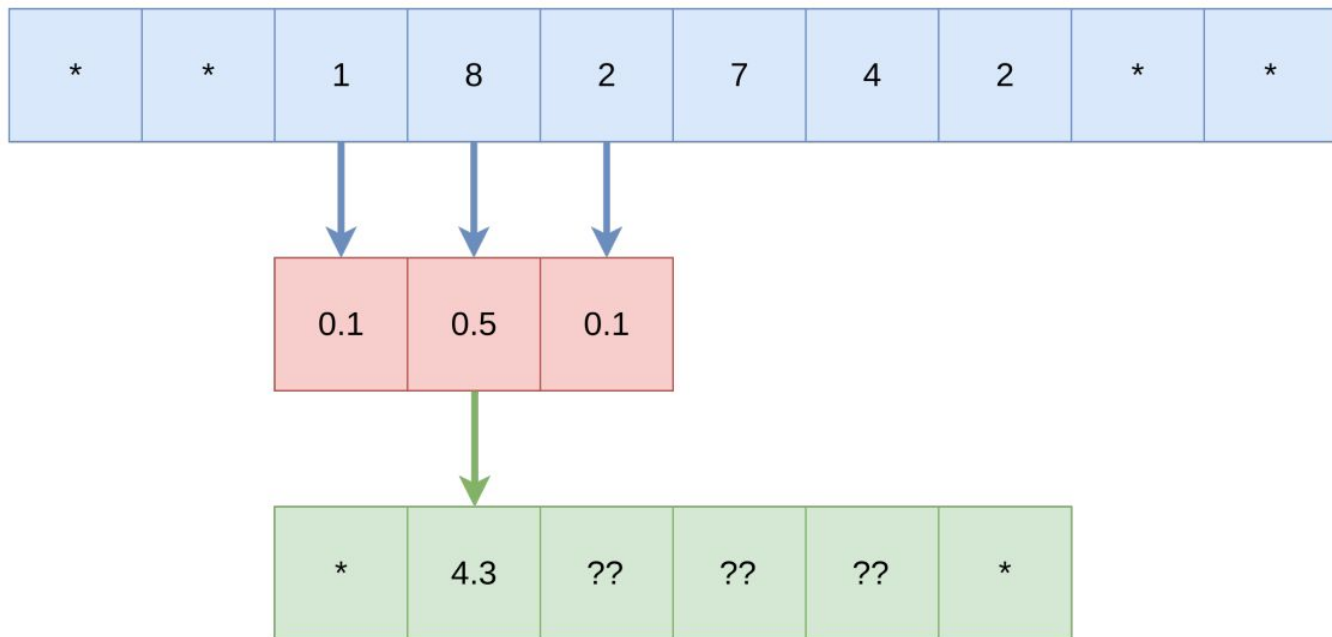


(b) Кот

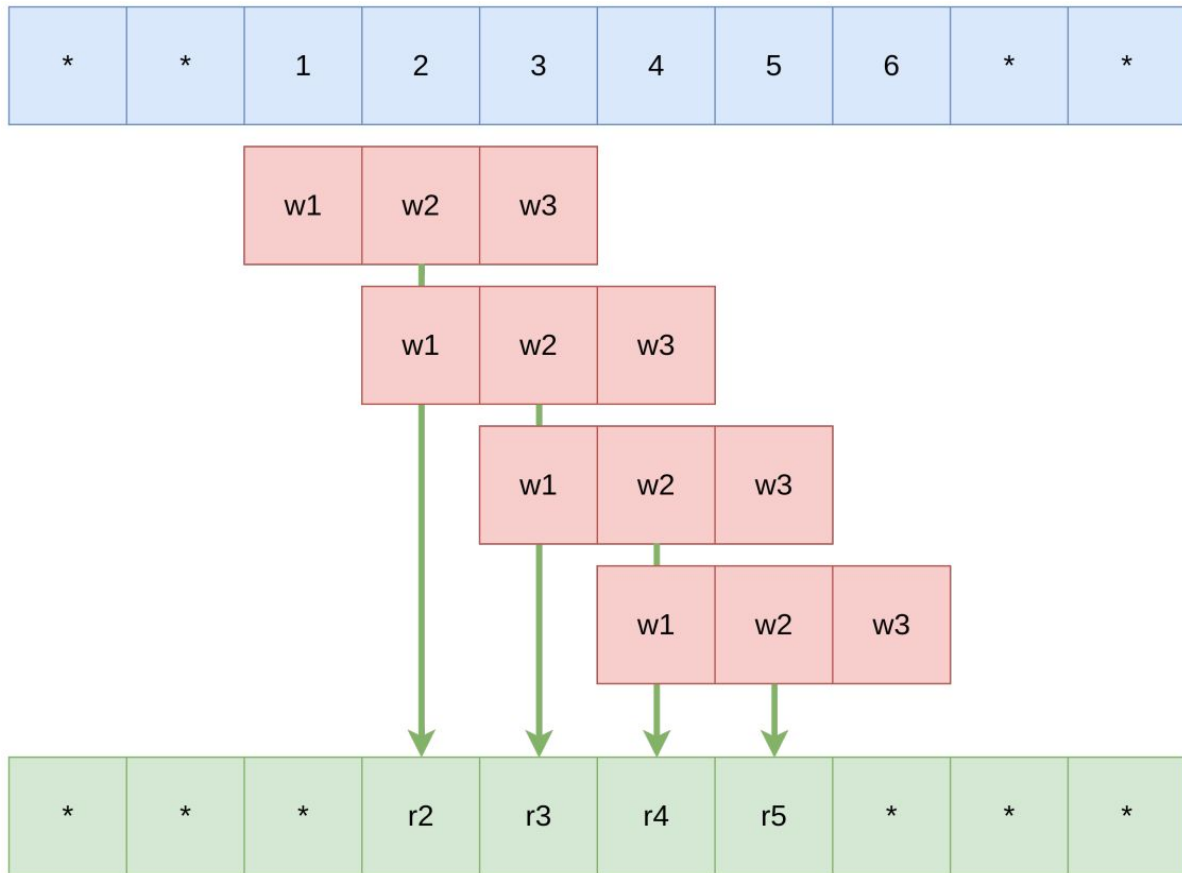
Одномерная свертка (convolution)

Определение

Результатом операции свертки массива m с ядром a называется сигнал n : $n[k] = \sum_{i=-w}^w m[k+i]a[-i]$. Обозначение: $n = m * a$



Одномерная свертка (convolution)



Padding

Нулевой отступ

0	0	A	B	C	0	0
---	---	----------	----------	----------	---	---

Продолжение границы

A	A	A	B	C	C	C
---	---	----------	----------	----------	---	---

Зеркальный отступ

B	A	A	B	C	C	B
---	---	----------	----------	----------	---	---

C	B	A	B	C	B	A
---	---	----------	----------	----------	---	---

Циклический отступ

B	C	A	B	C	A	B
---	---	----------	----------	----------	---	---

Двумерная свертка (чб картинки)

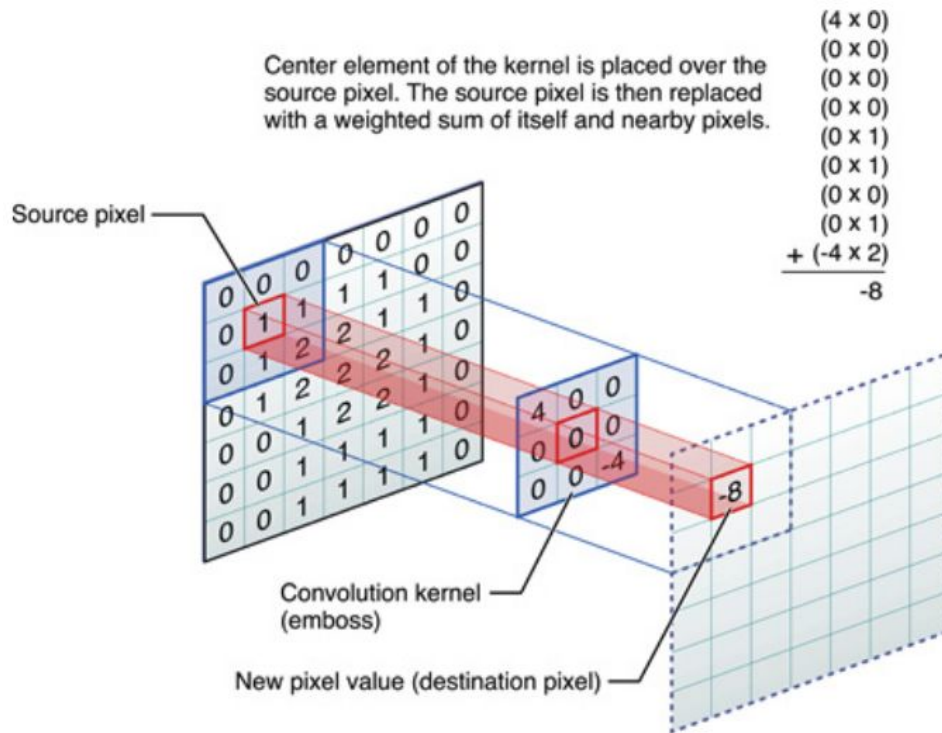


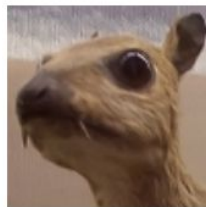
Figure: 2D convolution

<https://developer.apple.com/library/ios/documentation/Performance/Conceptual/vImage/ConvolutionOperations/ConvolutionOperations.html>

Примеры ядер

► Тожественное

0	0	0
0	1	0
0	0	0



► Детектор границ

0	1	0
1	-4	1
0	1	0



► Увеличение резкости

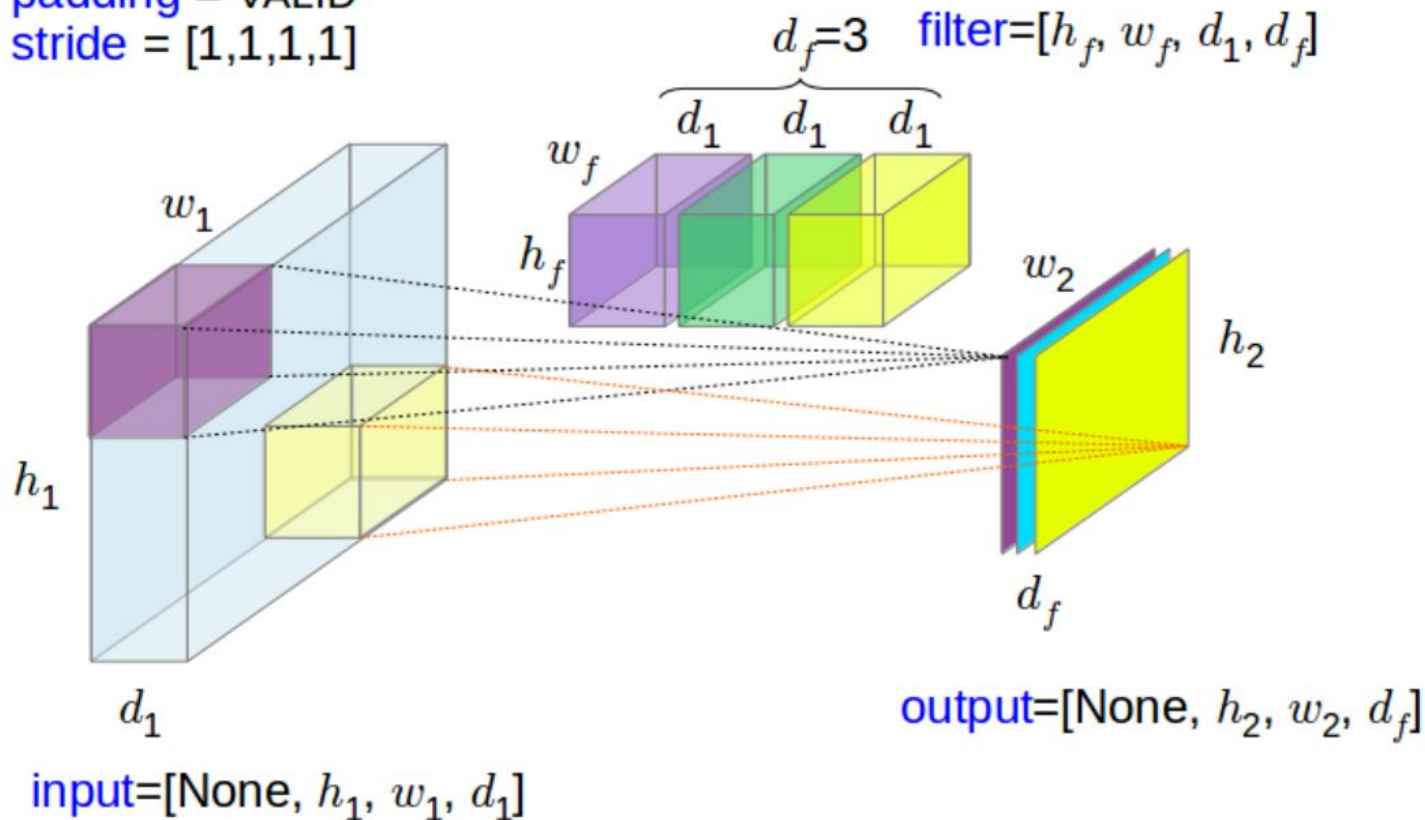
0	1	0
1	5	1
0	1	0



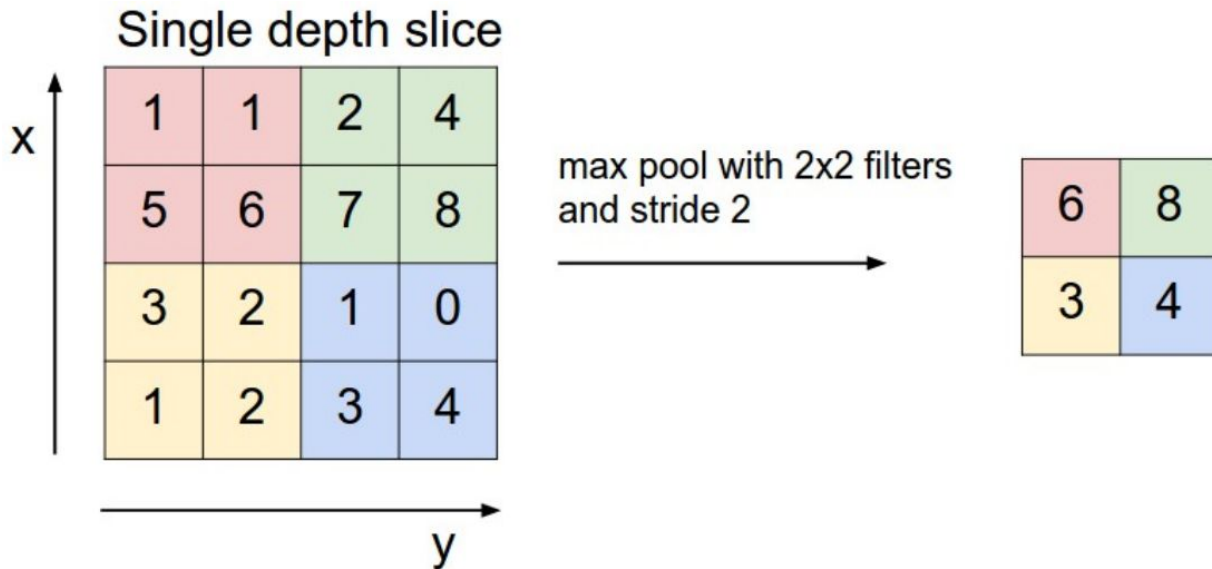
Свертка в нейронных сетях

padding = VALID

stride = [1,1,1,1]

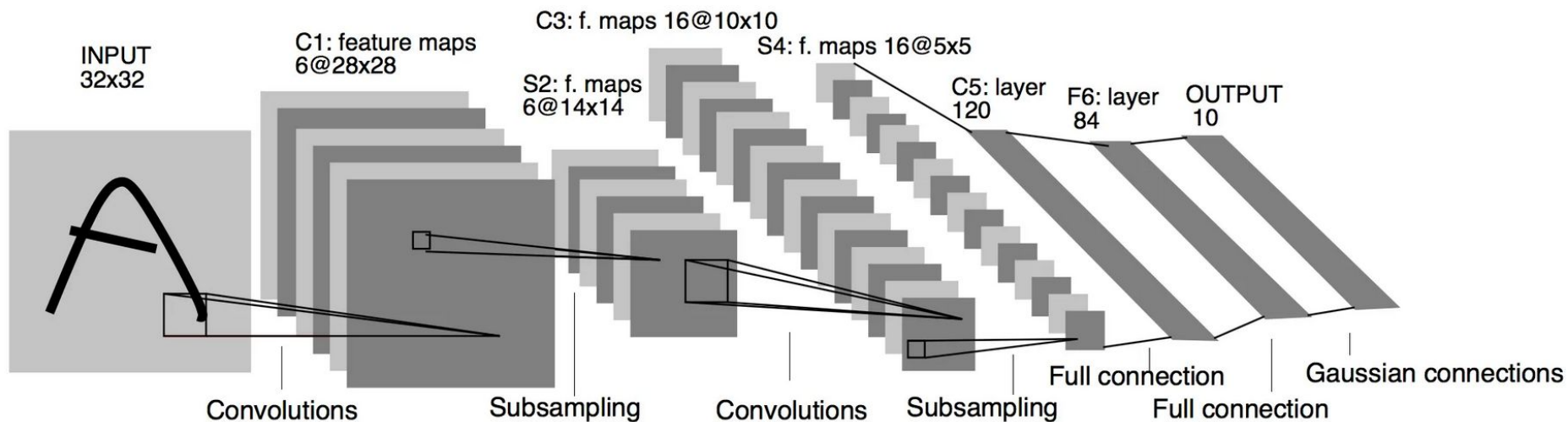


Pooling

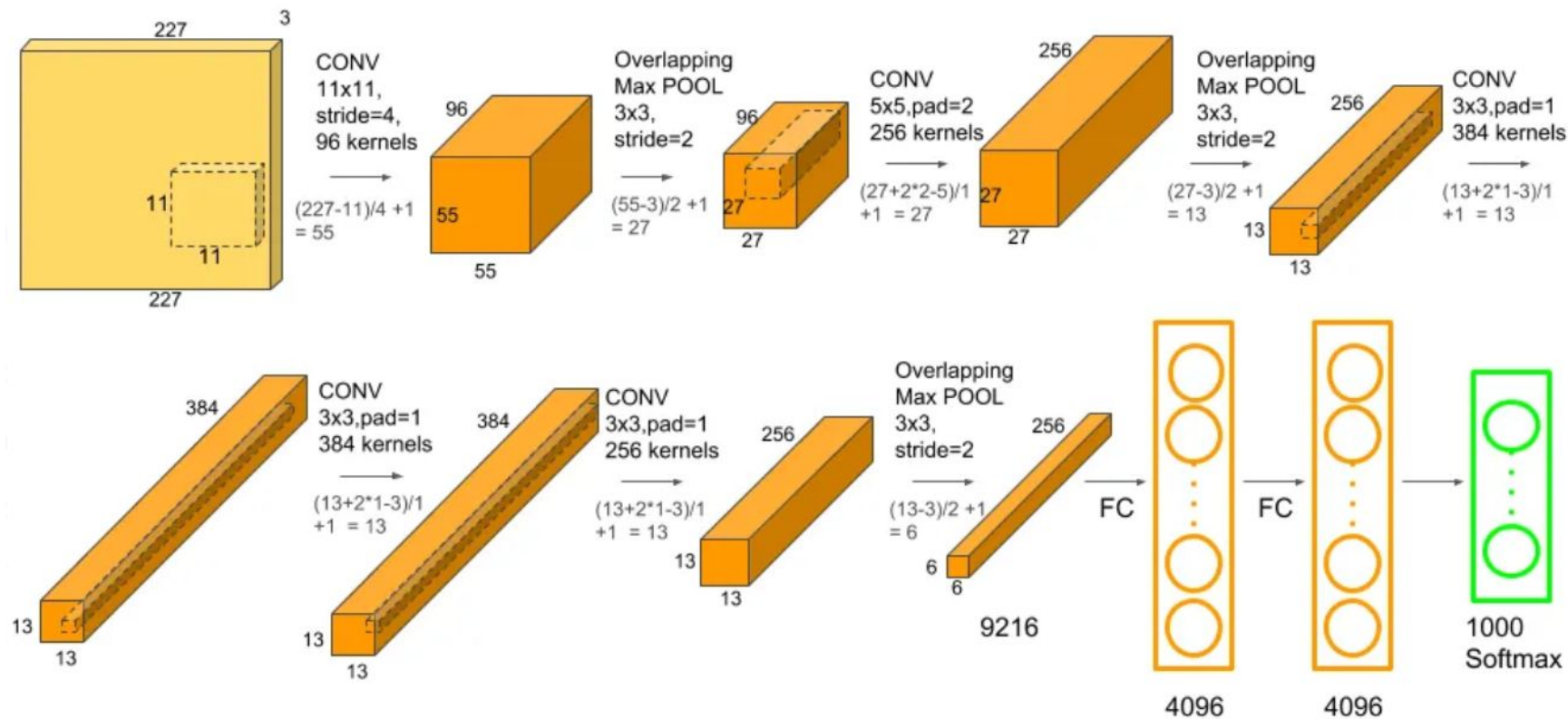


- ▶ Голосование: побеждают наиболее активные нейроны
- ▶ Вырабатывается инвариантность к небольшим сдвигам
- ▶ Увеличение рецептивной области
- ▶ Уменьшение вычислительных затрат
- ▶ Кроме max-пулинга: mean, weighted, root-mean-square, ...

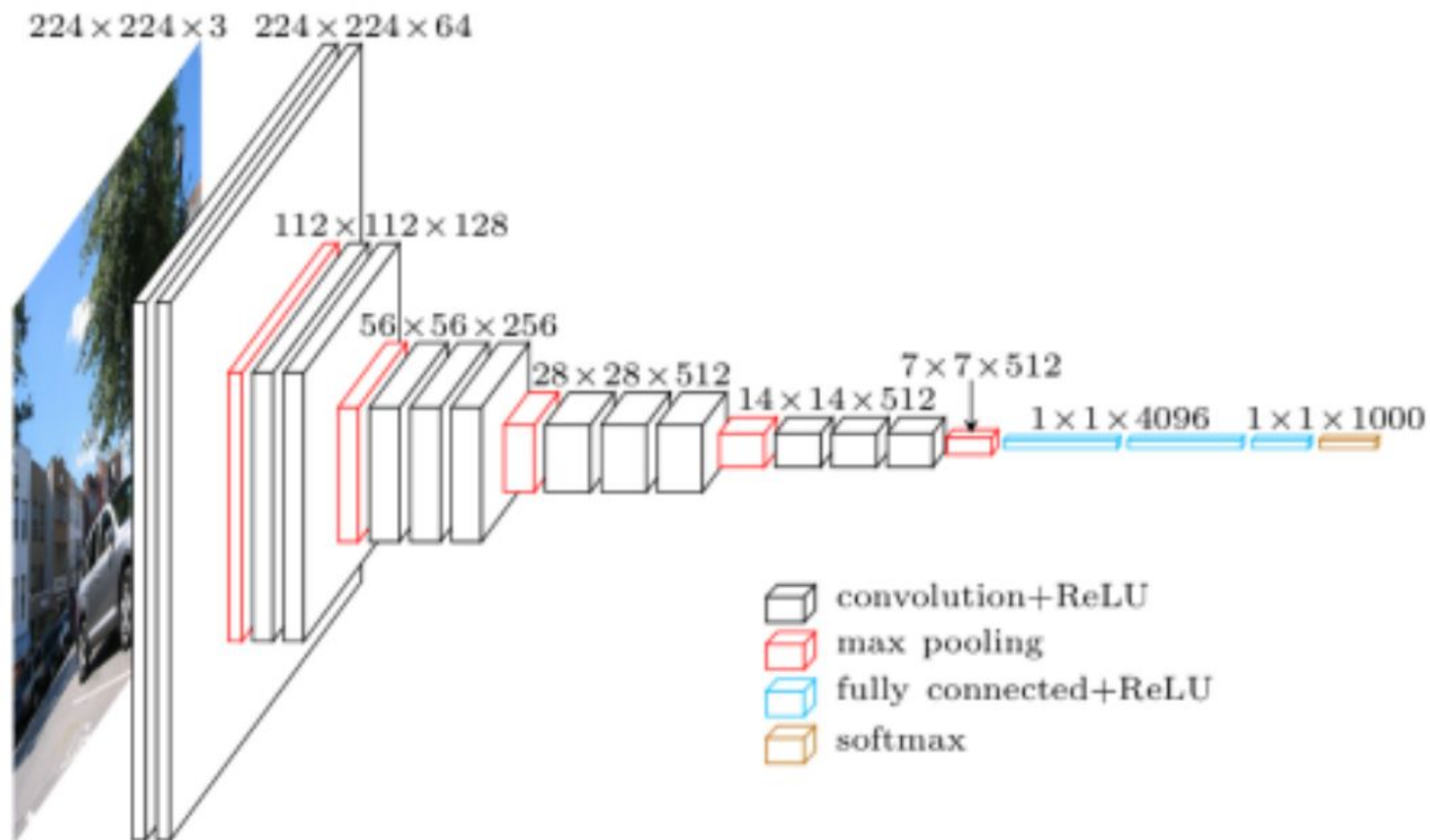
Пример: LeNet



Пример: AlexNet



Пример: VGG-16



Интерпретация обученных моделей



Извлечение признаков

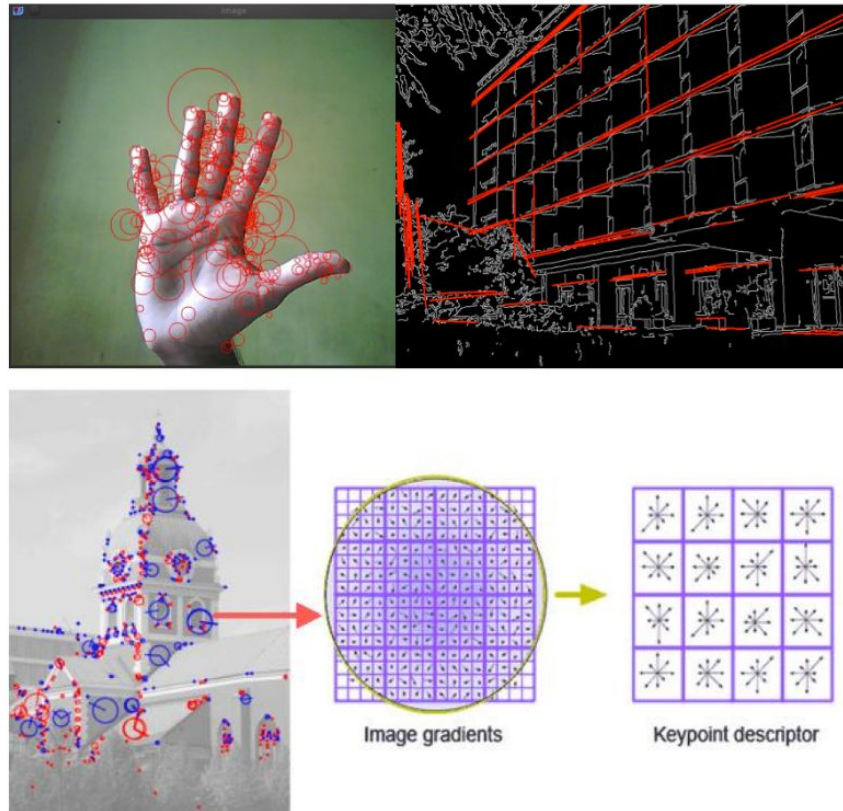


Figure: Классический подход к извлечению признаков

Извлечение признаков, история

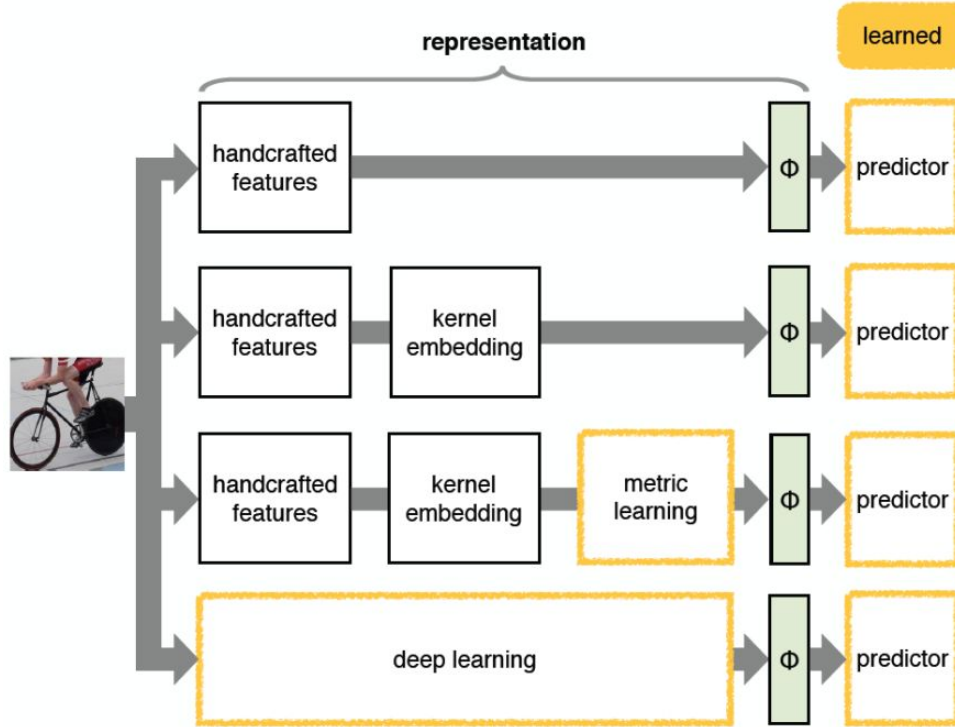
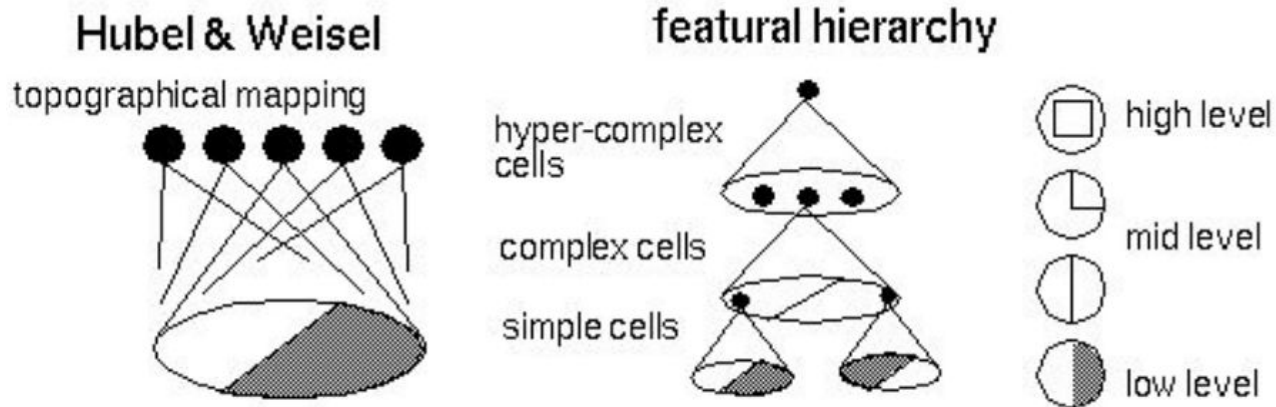


Figure: Глубинное обучение

Модель Хьюбеля-Визеля



Показано, что мозг обрабатывает визуальную информацию иерархически: сначала находятся границы, углы, а на более глубоких слоях — сложные объекты.

Deconvolution сети

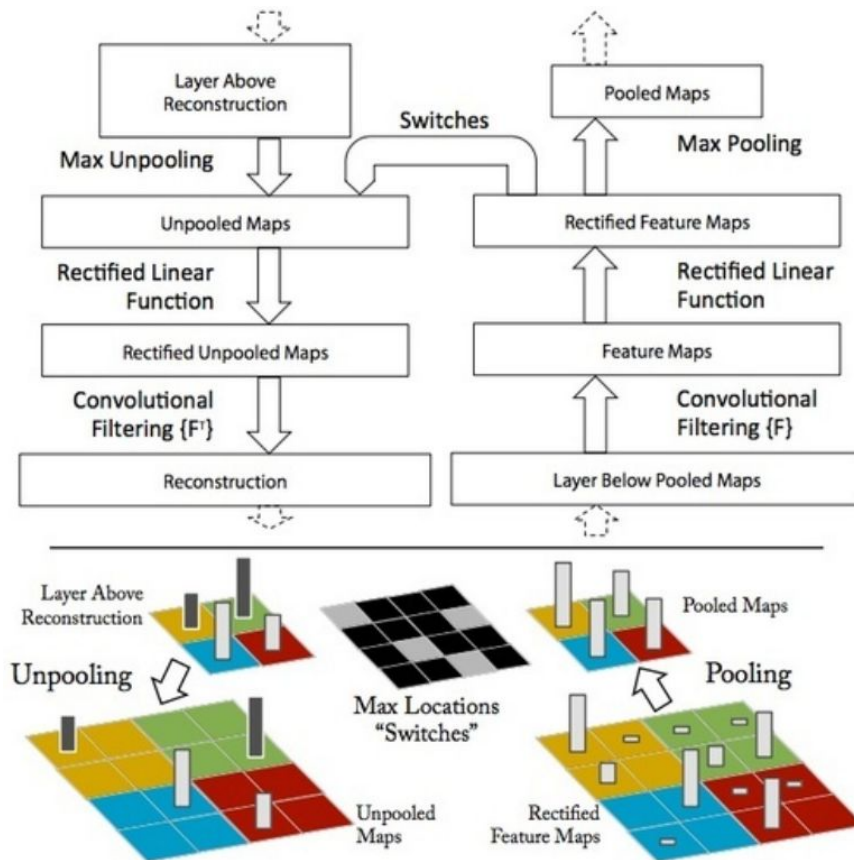


Figure: Схема deconvolution сети

Deconvolution сети

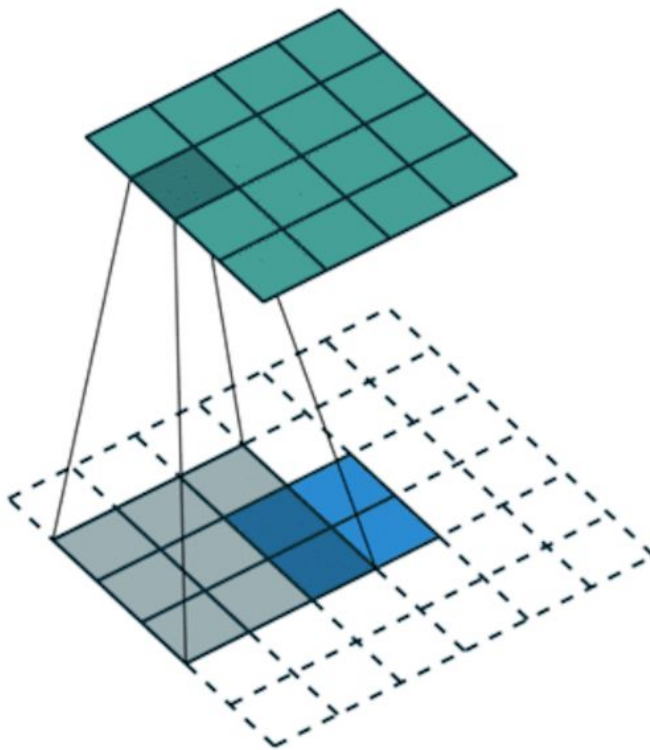


Figure: Convolution transposed

Deconvolution сети

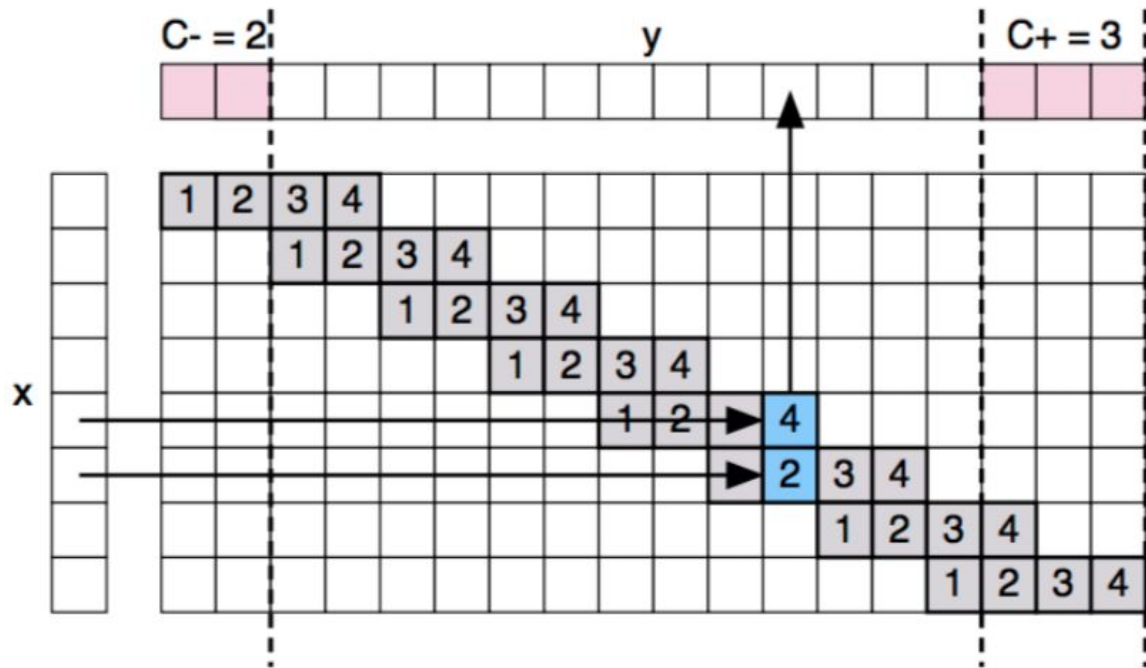


Figure: Convolution transposed

Выучиваемые признаки

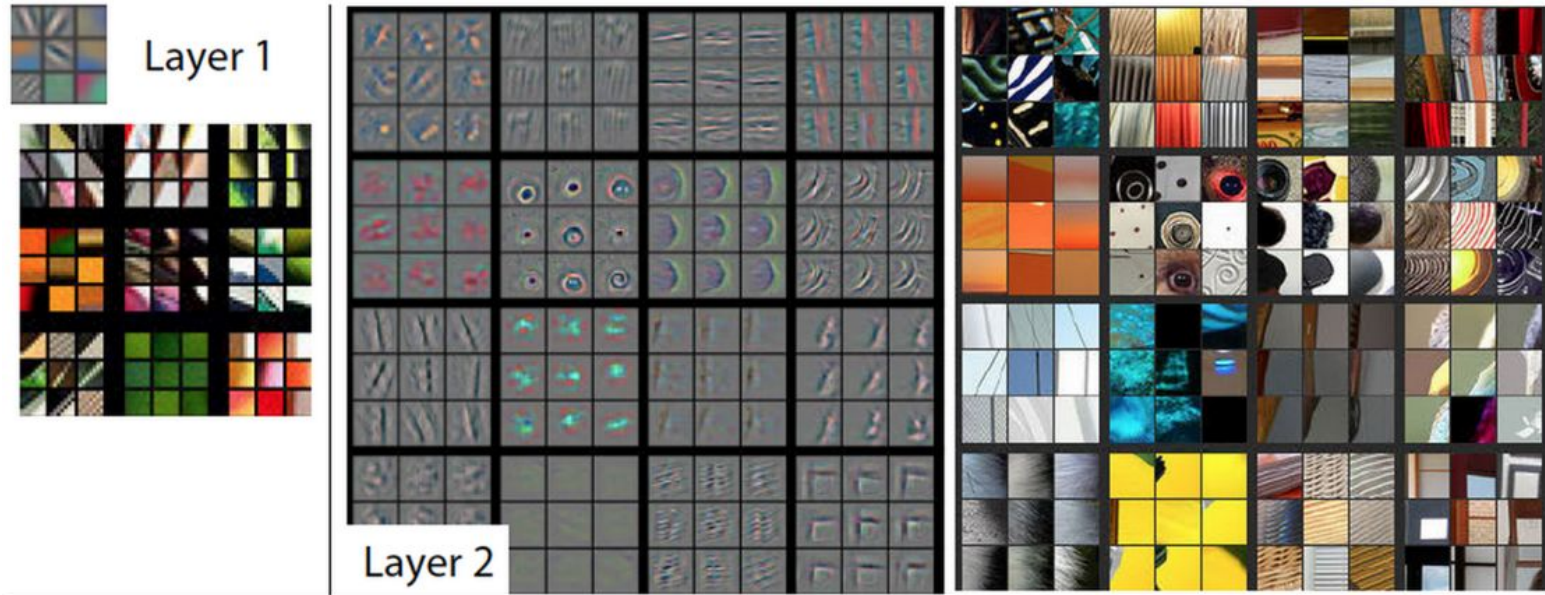


Figure: Visualizing and Understanding Convolutional Networks

Выучиваемые признаки

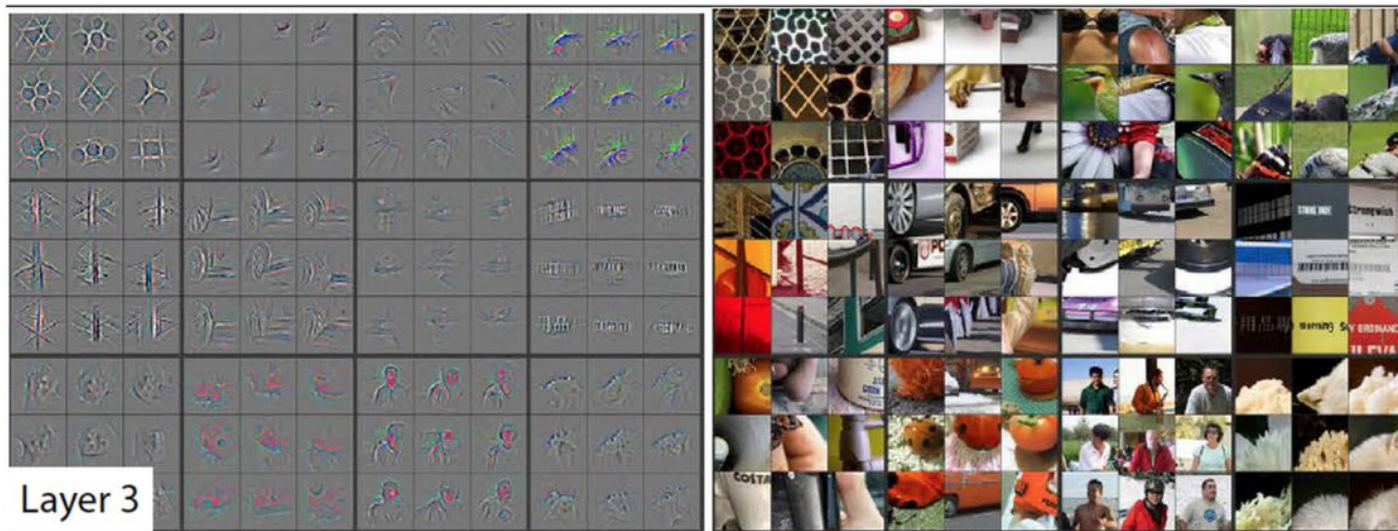


Figure: Visualizing and Understanding Convolutional Networks

Выучиваемые признаки

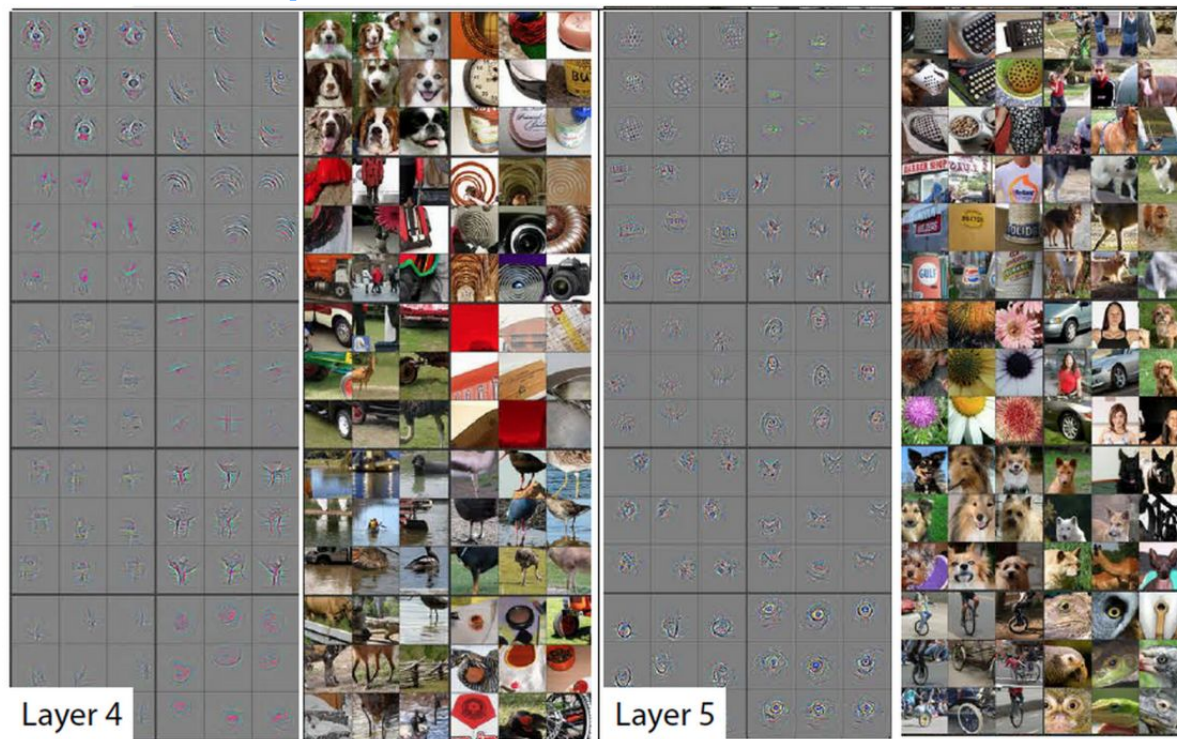


Figure: Visualizing and Understanding Convolutional Networks

Transfer learning



Transfer learning

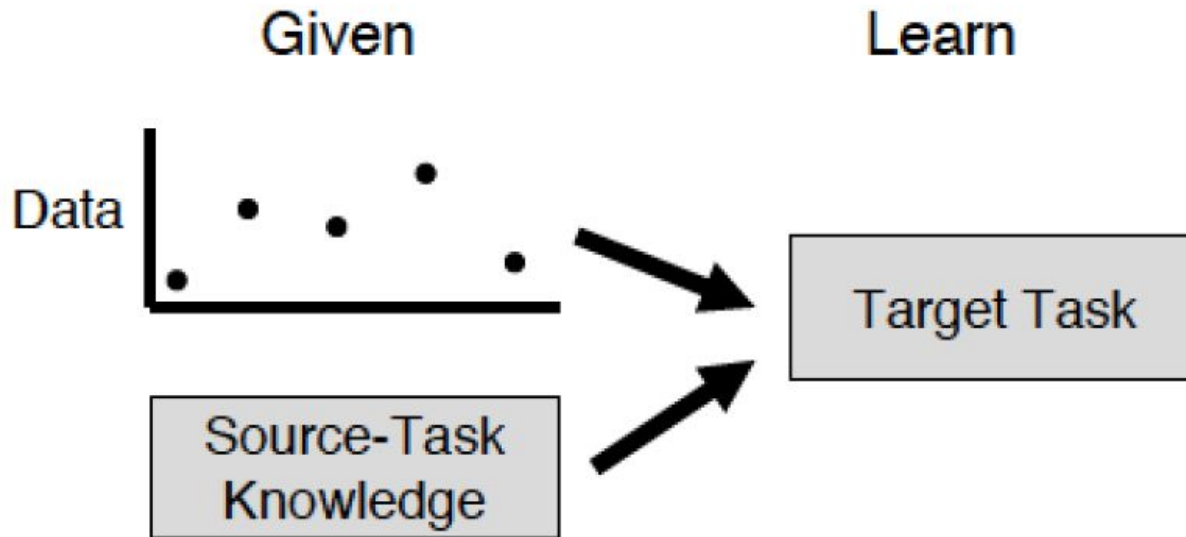


Figure: Модель решения задачи в рамках парадигмы трансфера знаний

Transfer learning

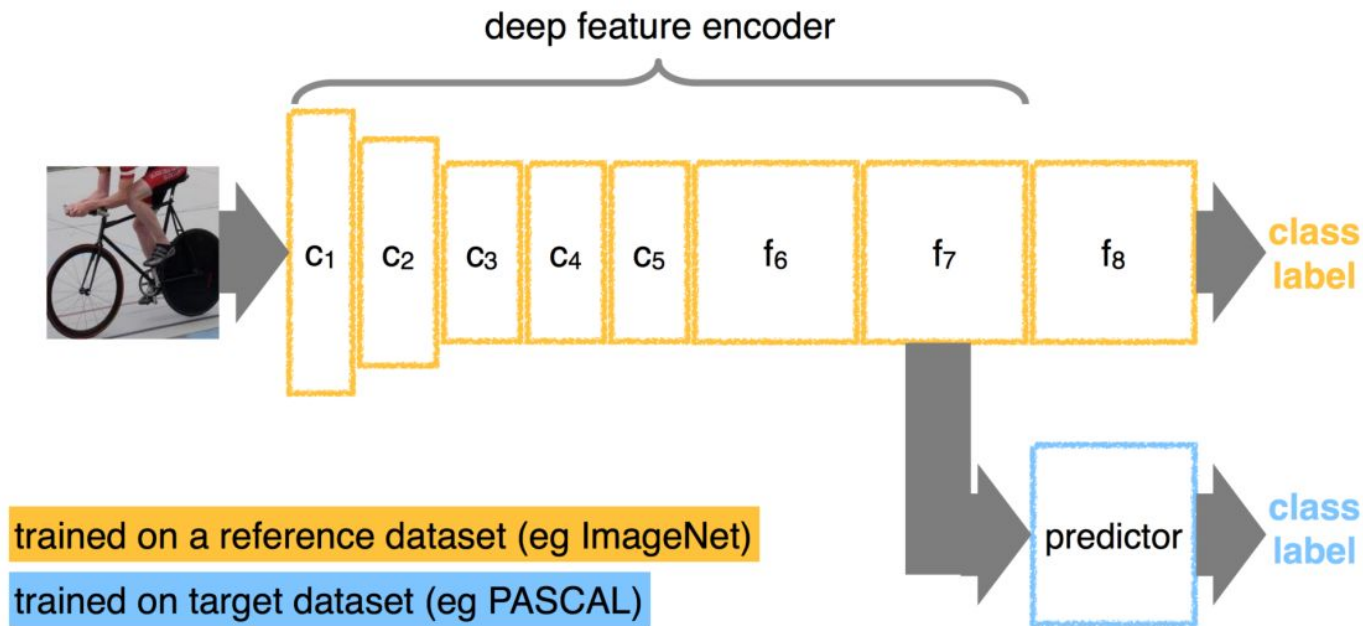


Figure: Трансфер между двумя глубинными сетями

Learning visual representations (Andrea Vedaldi)

Transfer learning

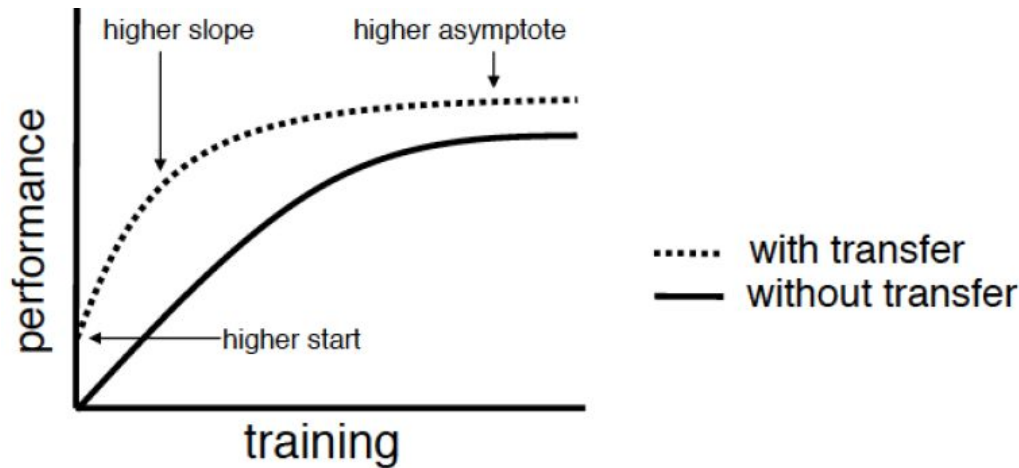


Figure: Цели трансфера знаний

- ▶ higher start — хорошее начальное приближение из-за априорной информации о распределении весов
- ▶ higher slope — ускорение сходимости алгоритма обучения
- ▶ higher asymptote — улучшение верхней достижимой границы качества

Transfer learning

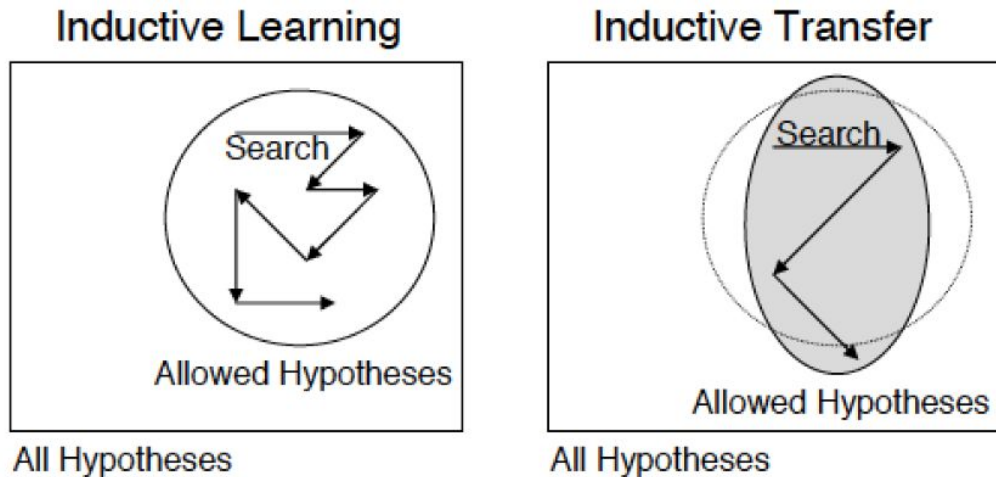


Figure: Трансфер знаний можно также рассматривать как некоторую регуляризацию, которая ограничивает пространство поиска до определенного набора допустимых и хороших гипотез

Примеры применения сверточных нейронных сетей



CNN для сегментации

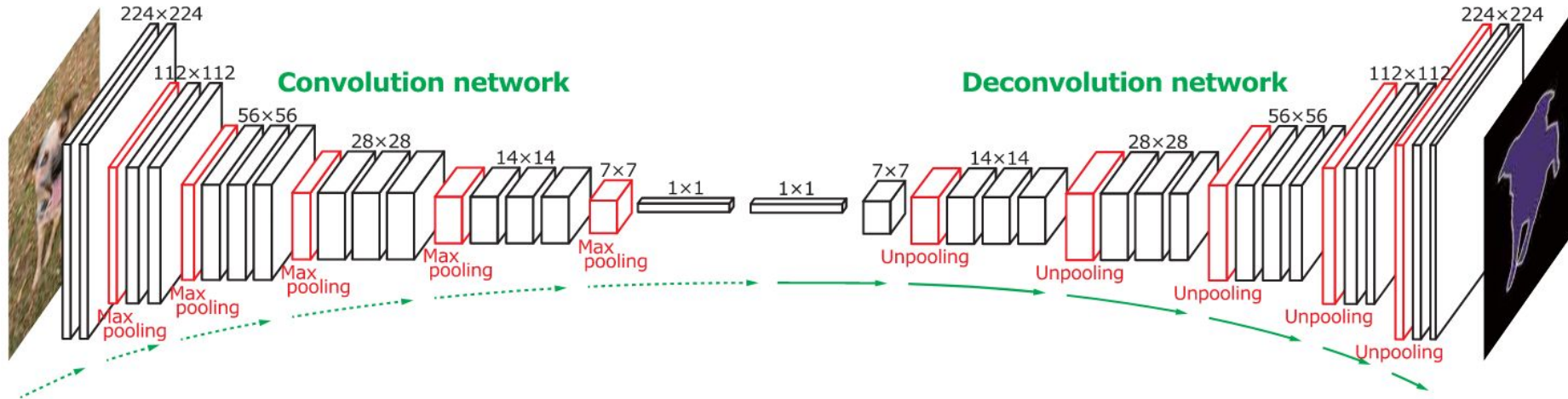


Figure: Применение CNN в сегментации изображения

https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_iccv_2015/papers/Noh_Learning_Deconvolution_Network_ICCV_2015_paper.pdf

CNN для распознавания речи

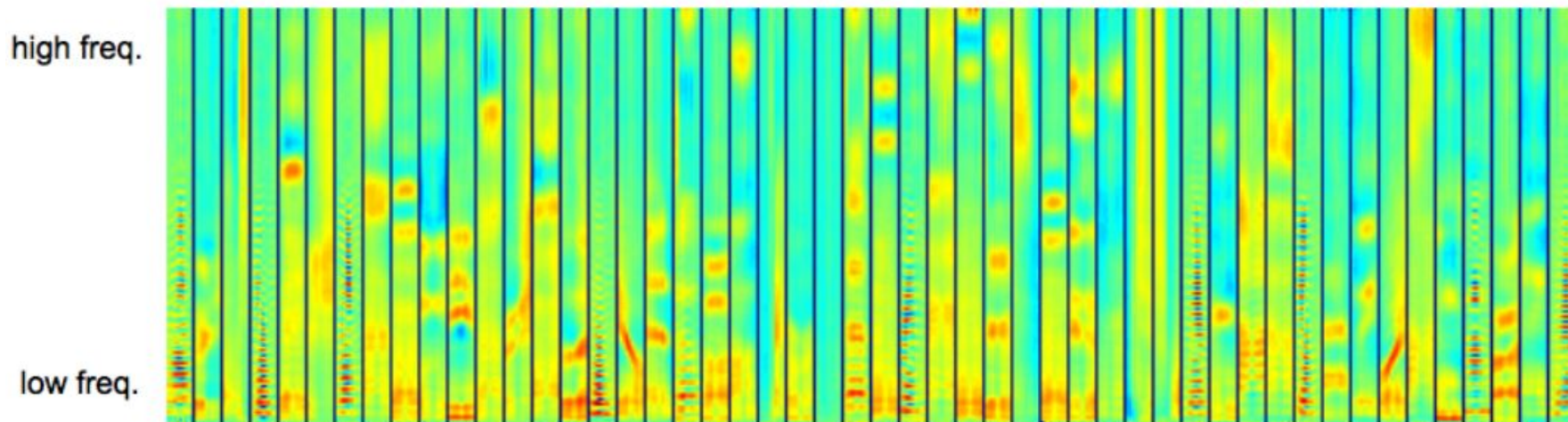


Figure: Выученные фильтры для спектрограмм голосового сигнала

CNN для текстов

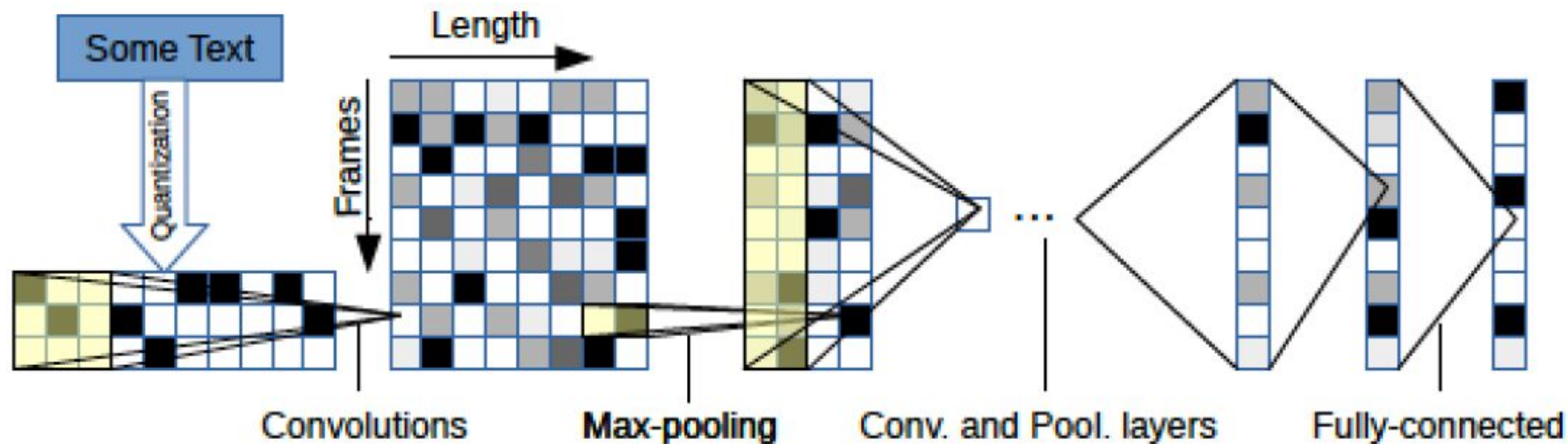


Figure: Обработка изображения представляющего текст

<http://arxiv.org/pdf/1502.01710v1.pdf>

http://nlp.seas.harvard.edu/~jbrown/papers/Kalchbrenner_DCNN_ACL14

Домашнее задание



Домашнее задание

- Обучить сверточную нейронную сеть с семинара

Спасибо!

