



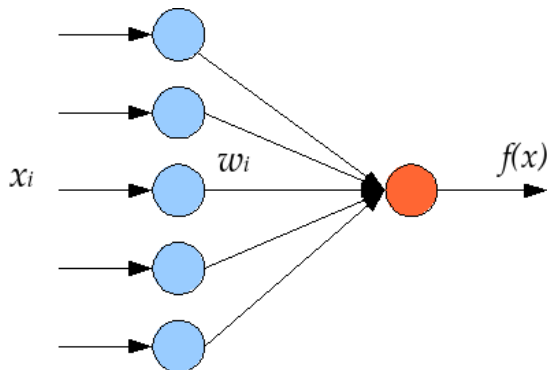
# ТЕХНОСФЕРА

## Лекция 4 Сверточные нейронные сети

Савинкина Дарья

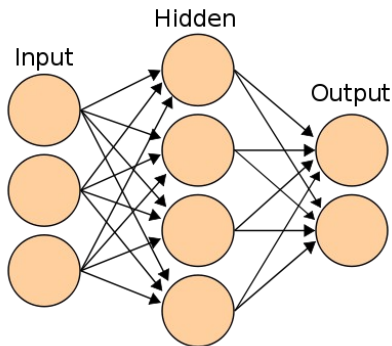
29 сентября 2022 г.

# 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.

---

<sup>1</sup>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

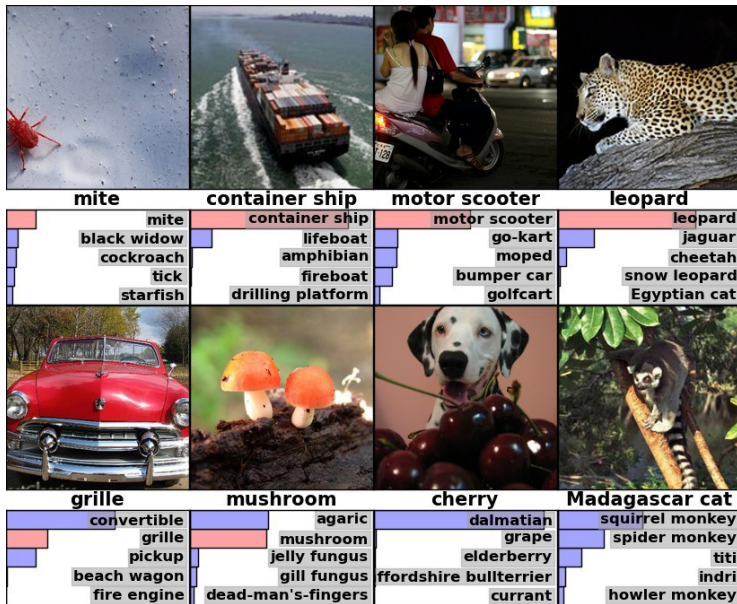
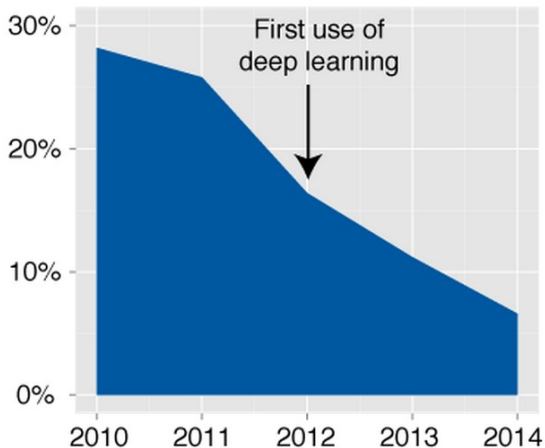


Figure: Примеры прогнозов



# ImageNet

Object classification error rate

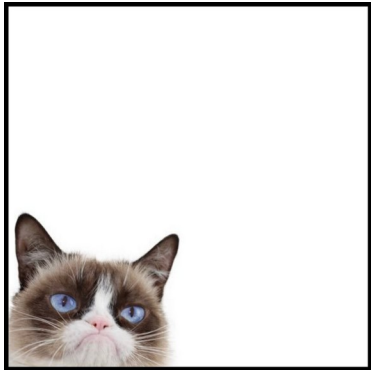


# Внутренние инварианты



(a) Кот

# Внутренние инварианты

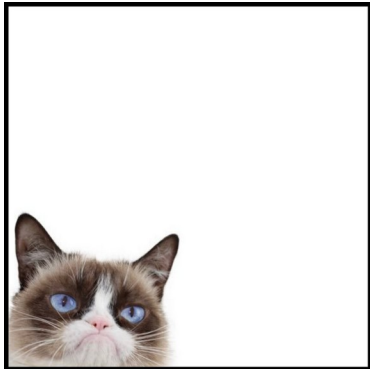


(a) Кот

# Внутренние инварианты



(a) Кот

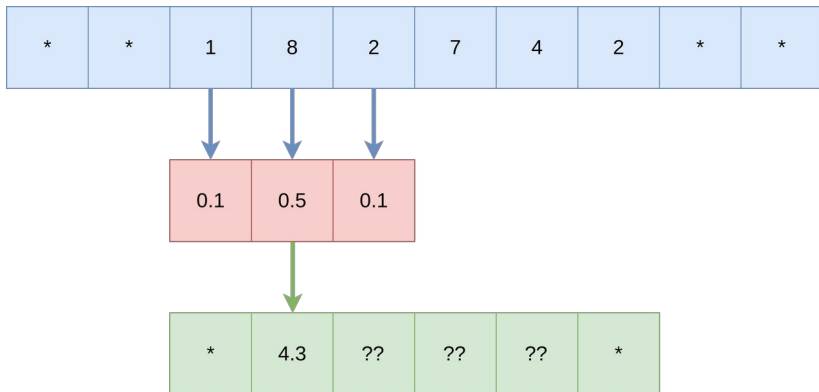


(b) Кот

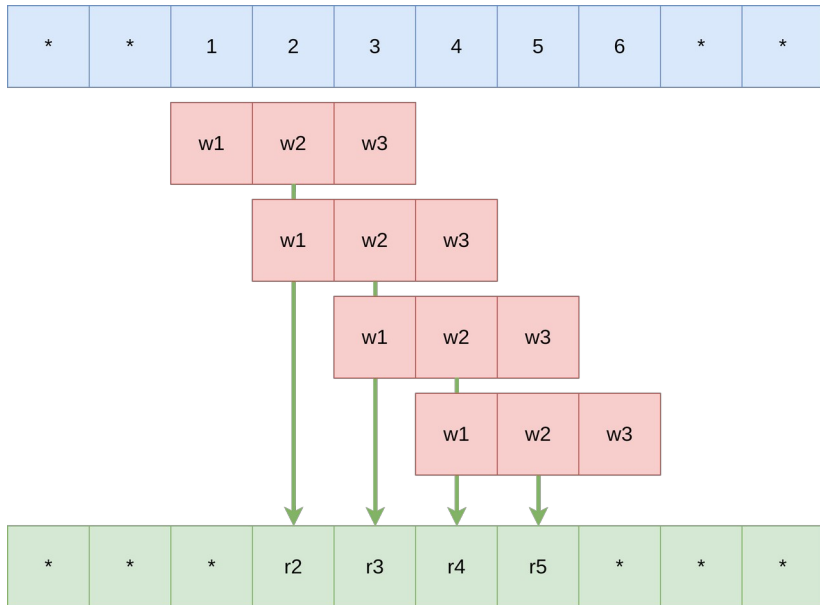
# Одномерная свертка (convolution)

## 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	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	0	0
---	---	----------	----------	----------	---	---

Продолжение границы

A	A	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	C	C
---	---	----------	----------	----------	---	---

Зеркальный отступ

B	A	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	C	B
---	---	----------	----------	----------	---	---

C	B	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	B	A
---	---	----------	----------	----------	---	---

Циклический отступ

B	C	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	A	B
---	---	----------	----------	----------	---	---

# Двумерная свертка (чб картинки)

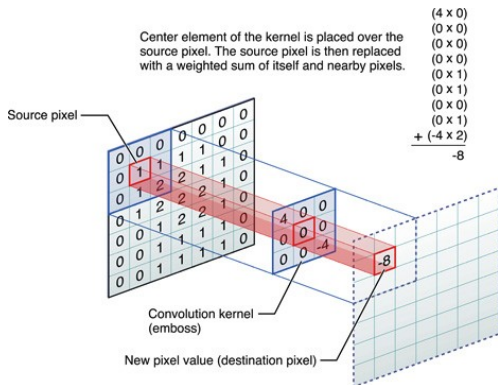


Figure: 2D convolution

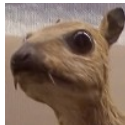
<sup>2</sup><https://developer.apple.com/library/ios/documentation/Performance/Conceptual/vImage/ConvolutionOperations/ConvolutionOperations.html>



# Примеры ядер

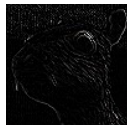
## ► Тожественное

0	0	0
0	1	0
0	0	0



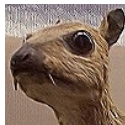
## ► Детектор границ

0	1	0
1	-4	1
0	1	0



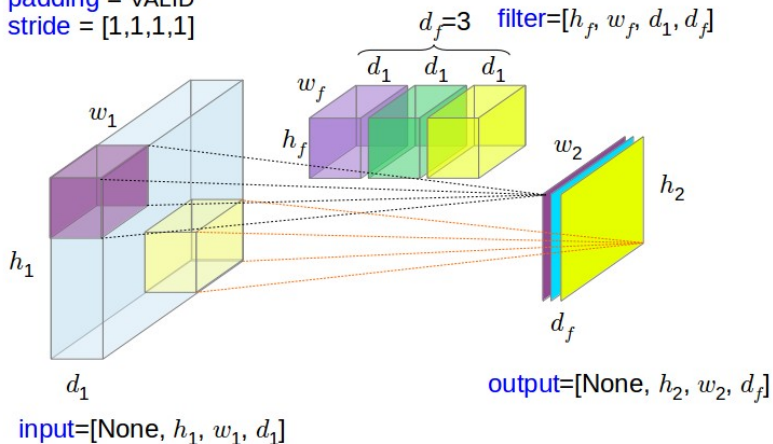
## ► Увеличение резкости

0	1	0
1	5	1
0	1	0

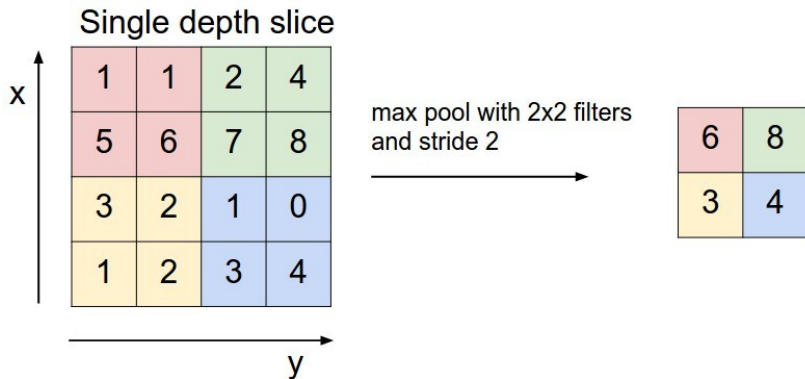


# Свертка в нейронных сетях

padding = VALID  
stride = [1,1,1,1]

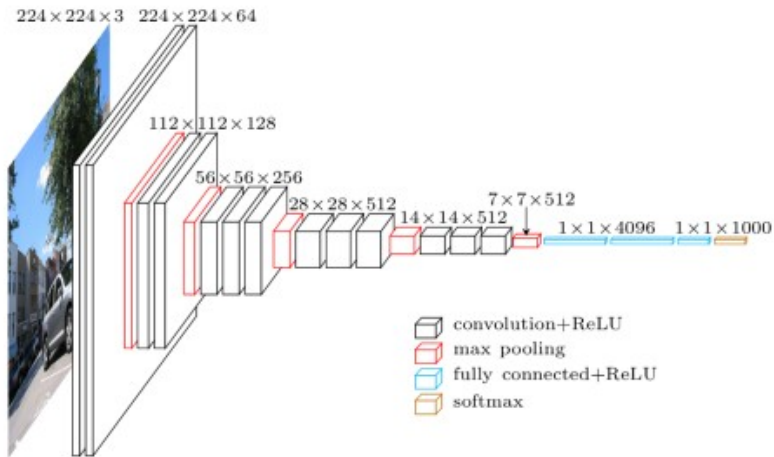


# Pooling



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

# Пример VGG-16



# Интерпретация обученных моделей

# Извлечение признаков

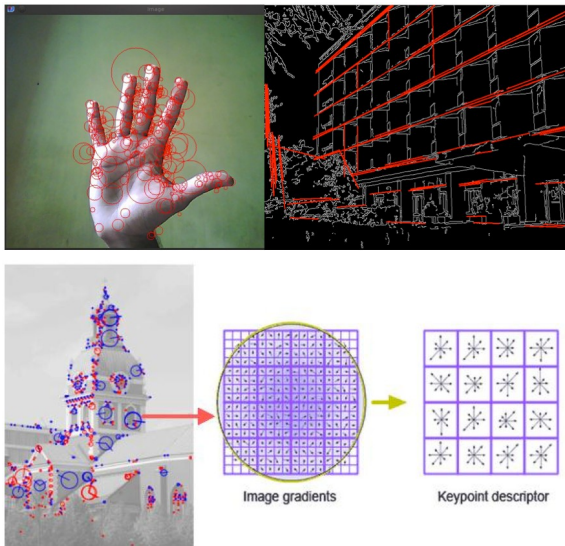


Figure: Классический подход к извлечению признаков

# Извлечение признаков, история

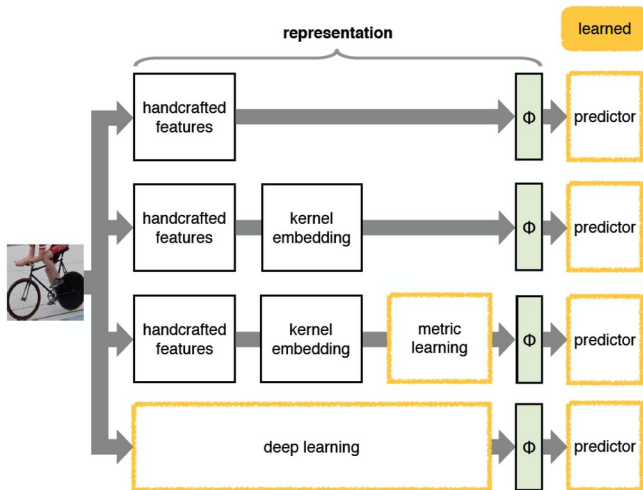
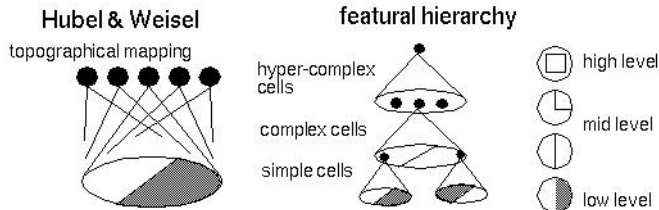


Figure: Глубинное обучение<sup>3</sup>

<sup>3</sup>Learning visual representations (Andrea Vedaldi)

# Модель Хьюбеля-Визеля



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



# Deconvolution сети

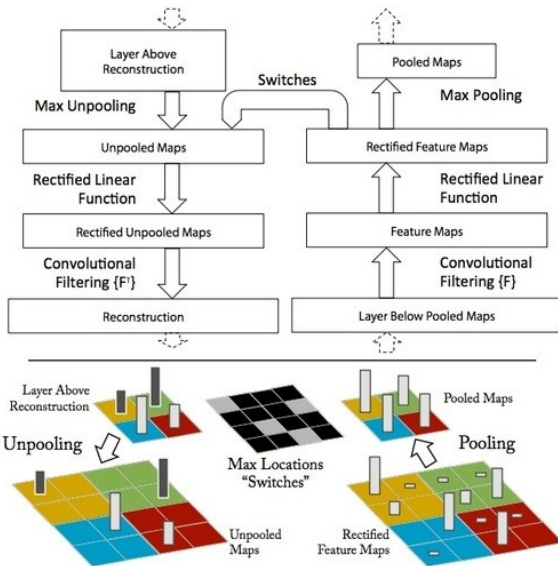


Figure: Схема deconvolution сети

# Deconvolution сети

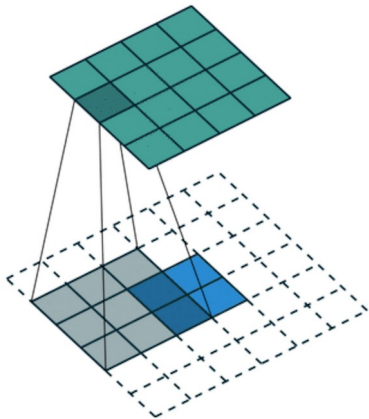


Figure: Convolution transposed<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup>[https://github.com/vdumoulin/conv\\_arithmetic](https://github.com/vdumoulin/conv_arithmetic)

# Deconvolution сети

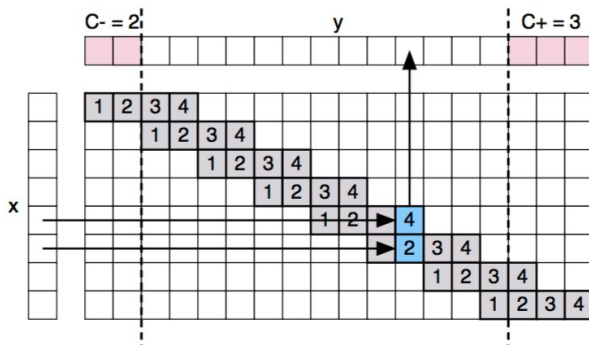


Figure: Convolution transposed

<sup>5</sup><http://www.vlfeat.org/matconvnet/matconvnet-manual.pdf>

# Выучиваемые признаки

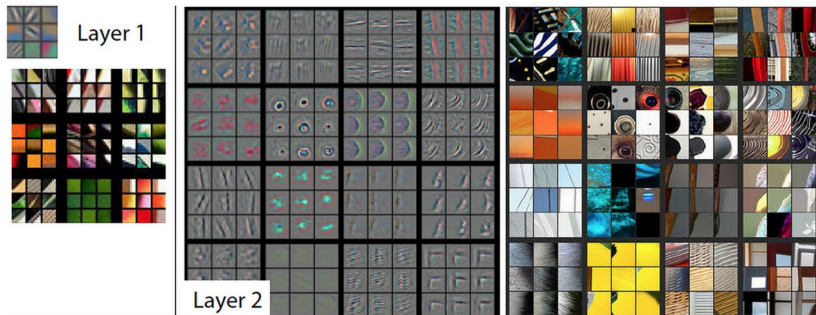


Figure: Visualizing and Understanding Convolutional Networks<sup>6</sup>

<sup>6</sup>Matthew D. Zeiler and Rob Fergus

# Выучиваемые признаки

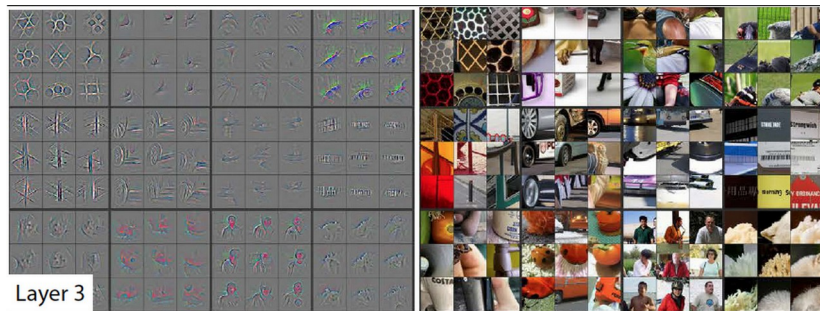
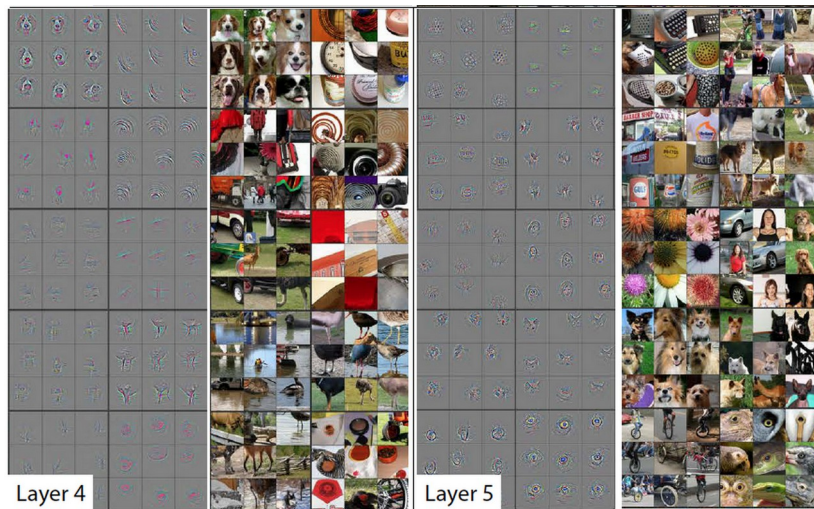


Figure: Visualizing and Understanding Convolutional Networks<sup>7</sup>

<sup>7</sup>Matthew D. Zeiler and Rob Fergus

# Выучиваемые признаки



**Figure:** Visualizing and Understanding Convolutional Networks

# Transfer learning

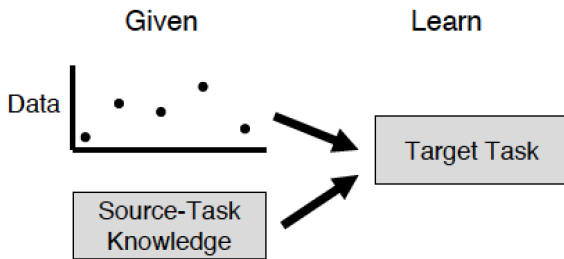


Figure: Модель решения задачи в рамках парадигмы трансфера зн

# Transfer learning

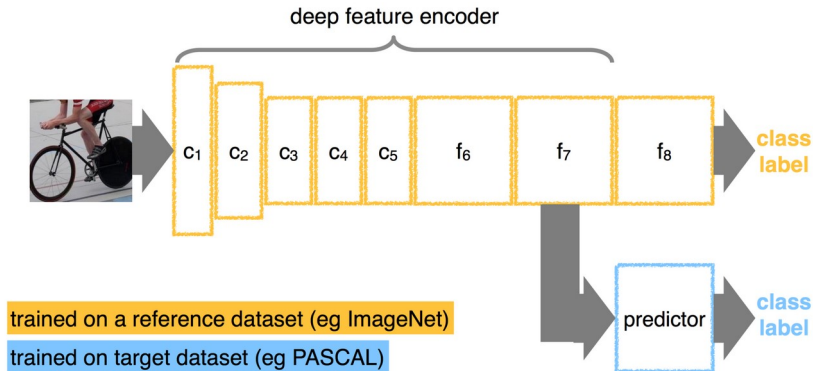


Figure: Трансфер между двумя глубинными сетями



# Transfer learning<sup>10</sup>

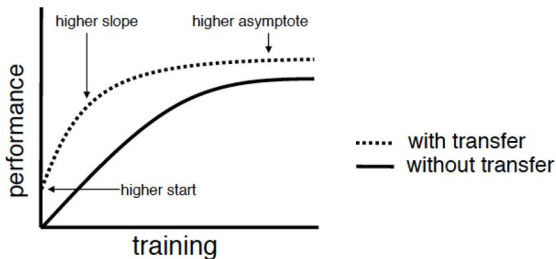


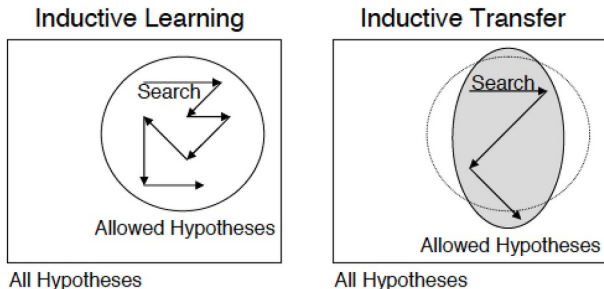
Figure: Цели трансфера знаний

- ▶ 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

<sup>10</sup>ftp:

//ftp.cs.wisc.edu/machine-learning/shavlik-group/torrey.handbook09.pdf

# Transfer learning



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

# CNN для распознавания речи<sup>11</sup>

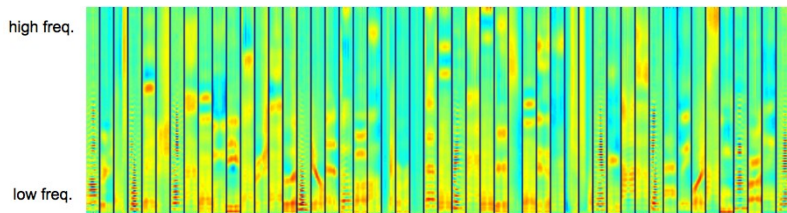


Figure: Выученные фильтры для спектрограмм голосового сигнала

<sup>11</sup><http://ai.stanford.edu/~ang/papers/nips09-AudioConvolutionalDBN.pdf>

# CNN для текстов<sup>1213</sup>

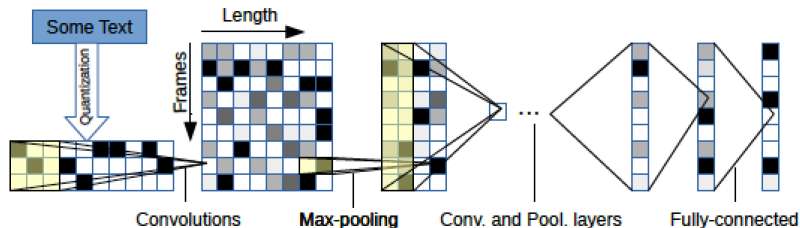


Figure: Обработка изображения представляющего текст

<sup>12</sup><http://arxiv.org/pdf/1502.01710v1.pdf>

<sup>13</sup>[http://nal.co/papers/Kalchbrenner\\_DCNN\\_ACL14](http://nal.co/papers/Kalchbrenner_DCNN_ACL14)

# Вопросы

