



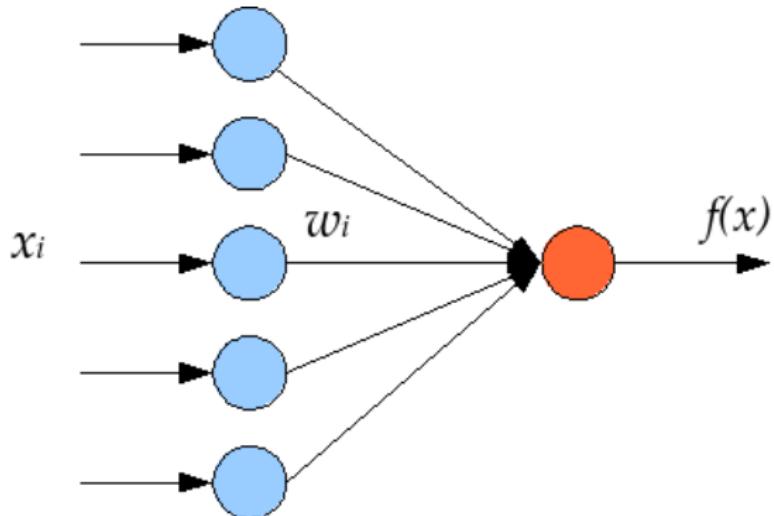
ТЕХНОСФЕРА

Лекция 4 Сверточные нейронные сети

Полыковский Даниил

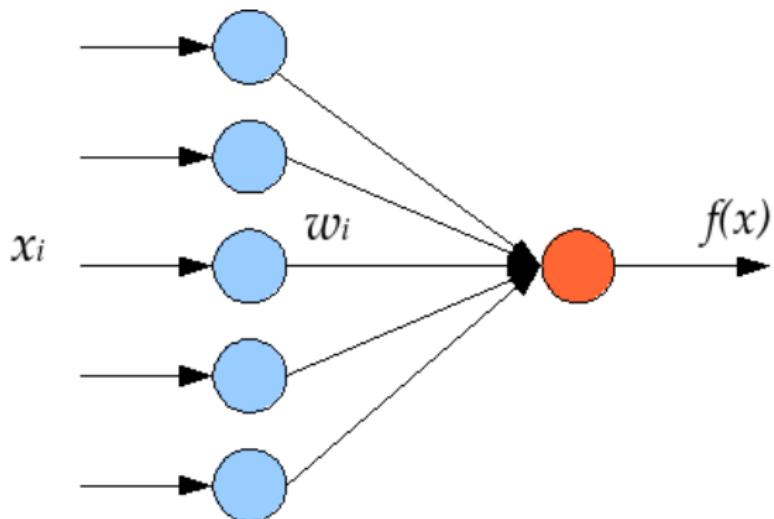
27 февраля 2017 г.

Перцептрон



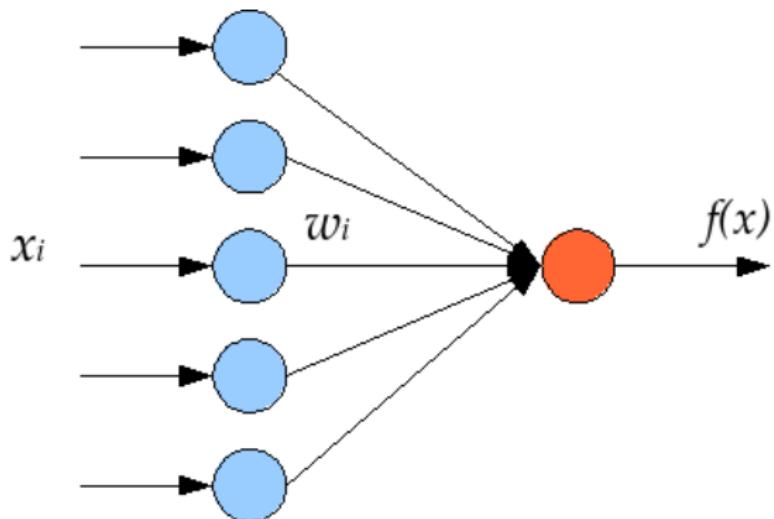
- ▶ Модели: линейная/логистическая регрессия
- ▶ Может моделировать:

Перцептрон



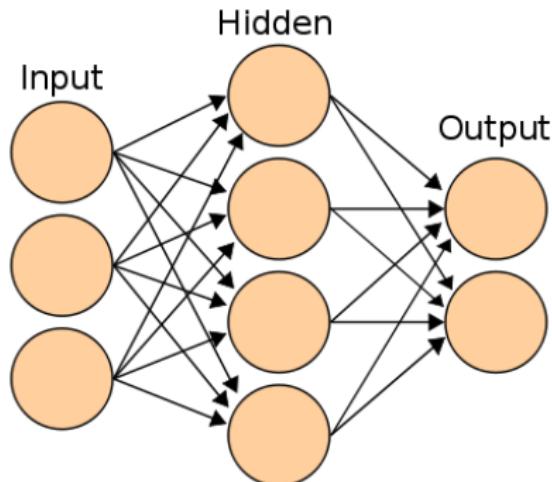
- ▶ Модели: линейная/логистическая регрессия
- ▶ Может моделировать: NOT, AND, OR
- ▶ Не может моделировать:

Перцептрон



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

Сети с одним скрытым слоем



Теорема (универсальный аппроксиматор)¹

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

¹Отличная визуализация:

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

Сети с одним скрытым слоем

Проблемы полносвязных нейронных сетей:

- ▶ Требуется огромное количество нейронов
- ▶ Серьезное переобучение

Возможное решение — введение новых типов слоев:

- ▶ Сверточные слои (сегодня)
- ▶ Пуллинг (сегодня)
- ▶ Dropout (лекция 6)
- ▶ Нормализация (лекция 6)
- ▶ ...

Сверточные нейронные сети

ImageNet



- ▶ 1000 классов
- ▶ около 1000 изображений в каждом классе
- ▶ около 1 000 000 изображений всего
- ▶ несколько номинаций: таких как распознавание и детектирование/локализация

ImageNet

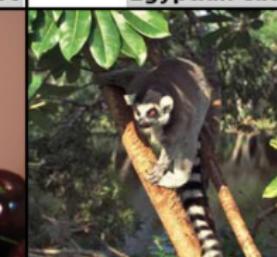
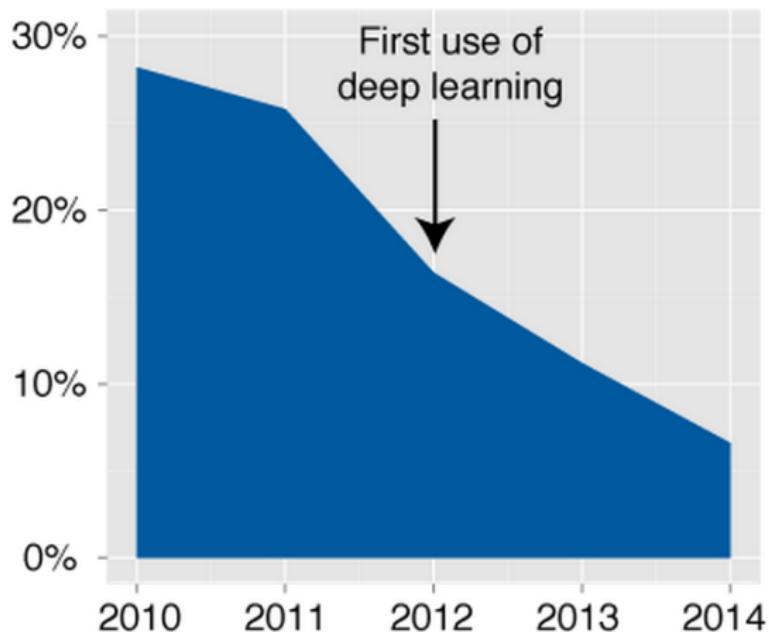
			
mite black widow cockroach tick starfish	container ship lifeboat amphibian fireboat drilling platform	motor scooter go-kart moped bumper car golfcart	leopard jaguar cheetah snow leopard Egyptian cat
			
grille convertible grille pickup beach wagon fire engine	mushroom agaric mushroom jelly fungus gill fungus dead-man's-fingers	cherry dalmatian grape elderberry ffordshire bullterrier currant	Madagascar cat squirrel monkey spider monkey titi indri howler monkey

Рис.: Примеры прогнозов

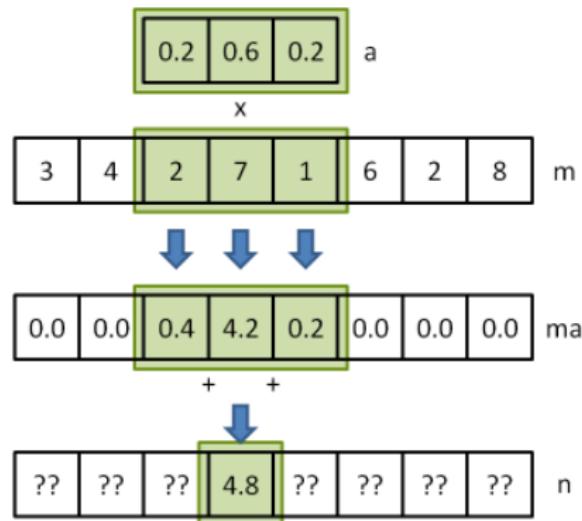
Objection classification error rate



Одномерная свертка

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)

Свойства:

- ▶ Ассоциативность: $a * (b * c) = (a * b) * c$
- ▶ Линейность:
 - ▶ $(\alpha a) * b = \alpha(a * b)$
 - ▶ $(a + b) * c = a * c + b * c$
- ▶ Коммутативность: $a * b = b * a$
- ▶ Преобразование Фурье: $\mathcal{F}[a * b] = \mathcal{F}[a]\mathcal{F}[b]$

Отступ (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	C	B	A
---	---	---	---	---	---	---	---

Циклический отступ

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

Двумерная свертка

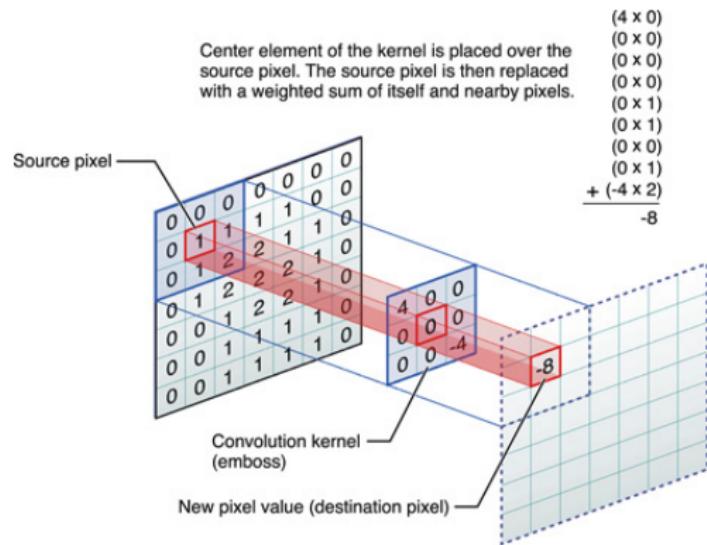


Рис.: 2D convolution²

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

Примеры ядер

- ▶ Тождественное

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

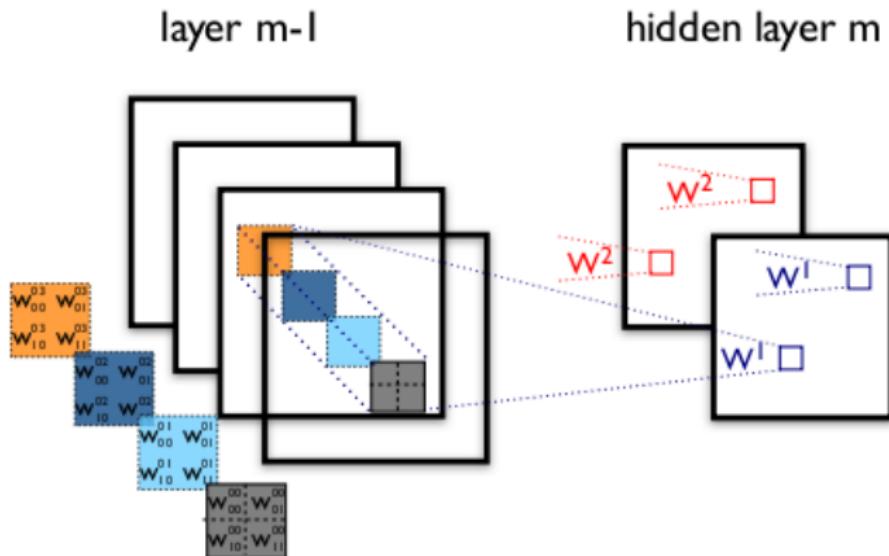


Рис.: Сверточный слой³

³<http://deeplearning.net/tutorial/lenet.html>

Пуллинг (pooling)

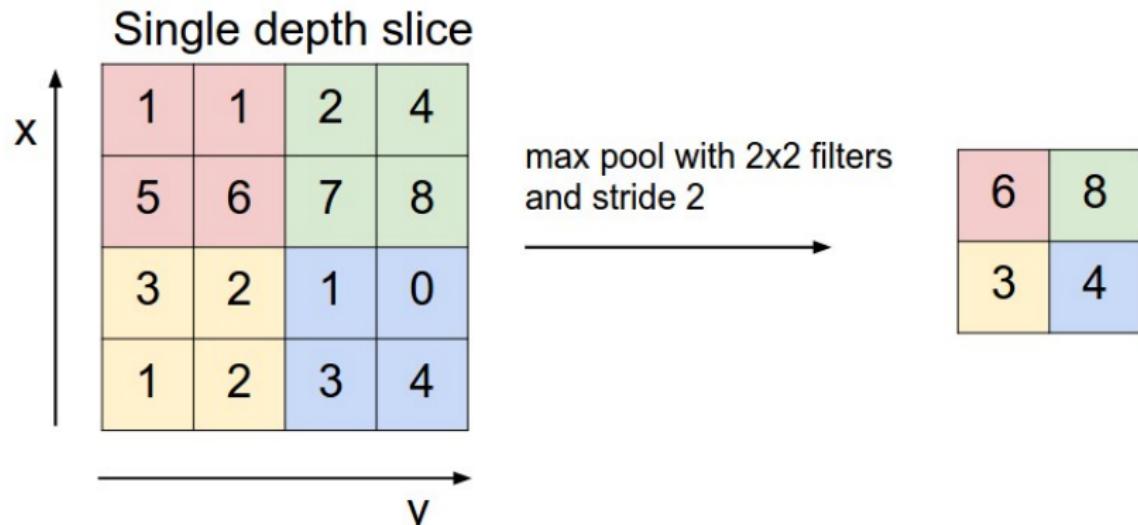


Рис.: Max pooling⁴

⁴<http://cs231n.github.io/convolutional-networks/>

Пулинг (pooling)

Виды пулинга:

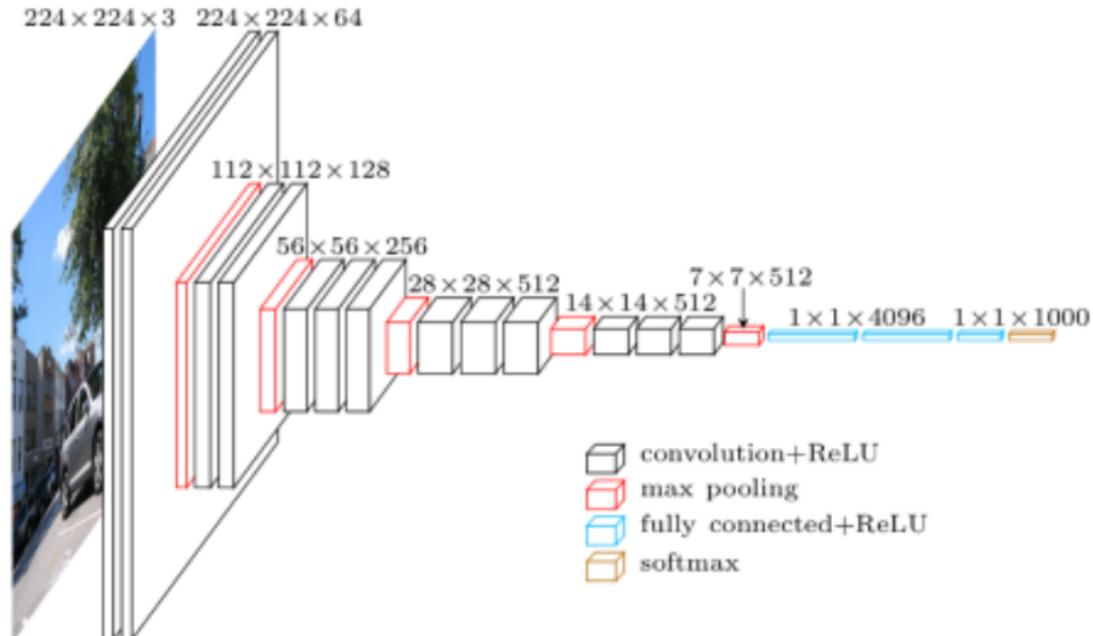
- ▶ sum
- ▶ average
- ▶ weighted
- ▶ max
- ▶ root-mean-square

Замечания:

- ▶ увеличиваются рецептивные области \Rightarrow больший охват
- ▶ аналог голосования
- ▶ можно заменить на conv с большим шагом (stride)
- ▶ max — выпуклая функция, можно использовать субградиент⁵ для оптимизации

⁵<https://en.wikipedia.org/wiki/Subderivative>

Пример: VGG-16



Интерпретация обученных моделей

Извлечение признаков, история

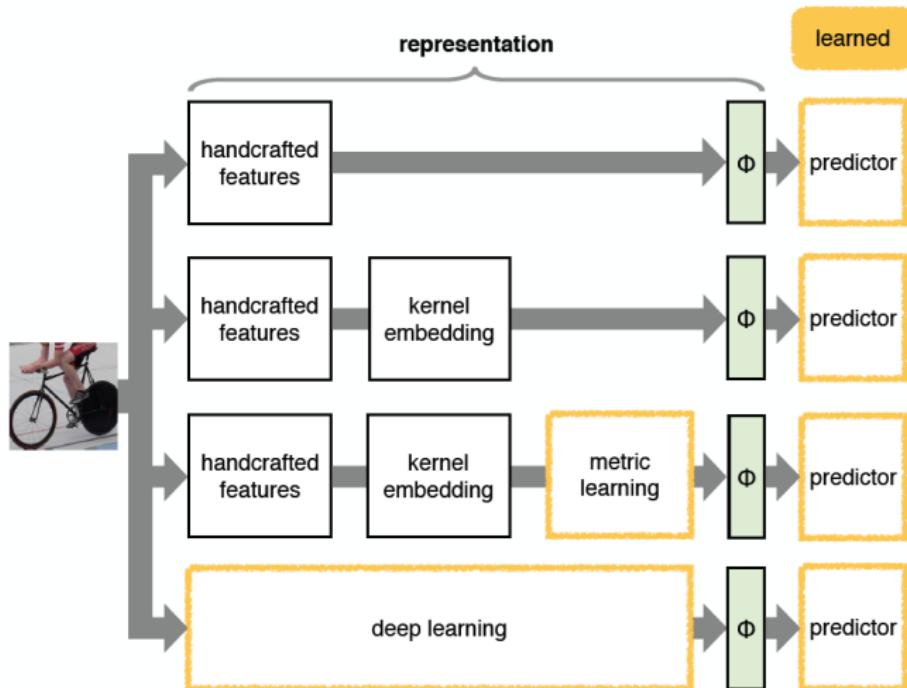


Рис.: Глубинное обучение⁶

⁶Learning visual representations (Andrea Vedaldi)

Извлечение признаков, примеры

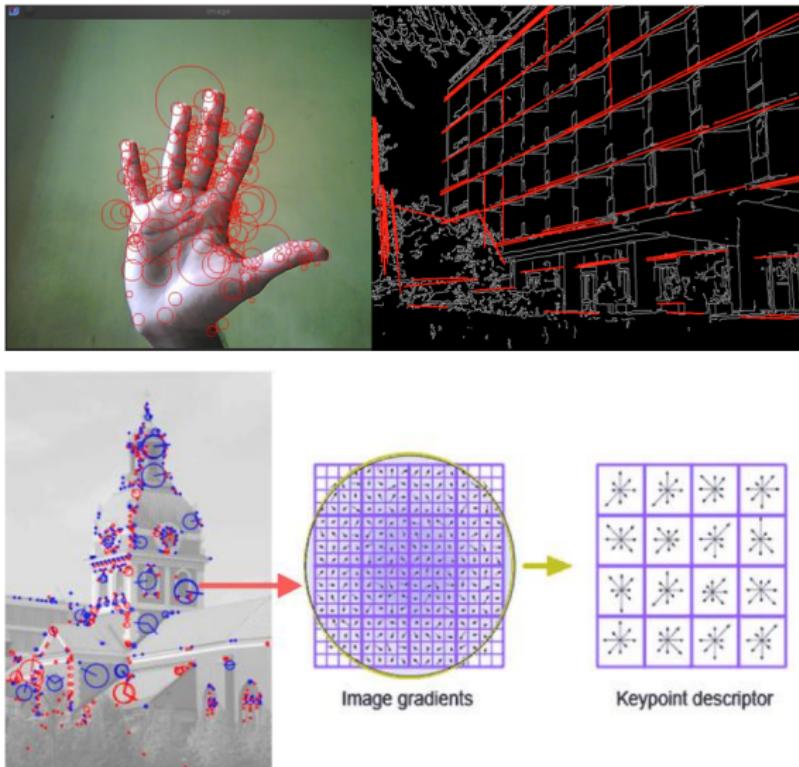
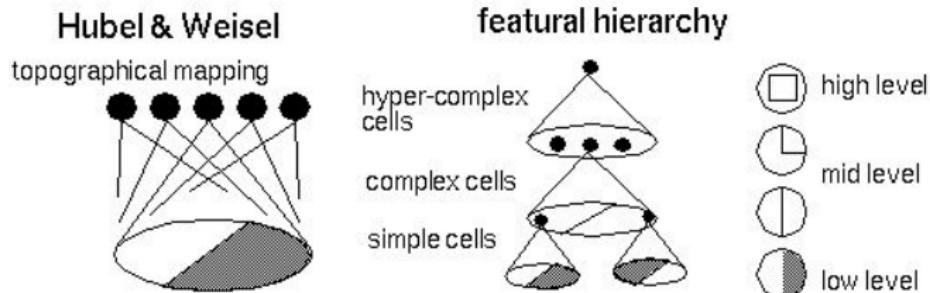


Рис.: Классический подход к извлечению признаков

Модель Хьюбеля-Визеля



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

Deconvolution сети

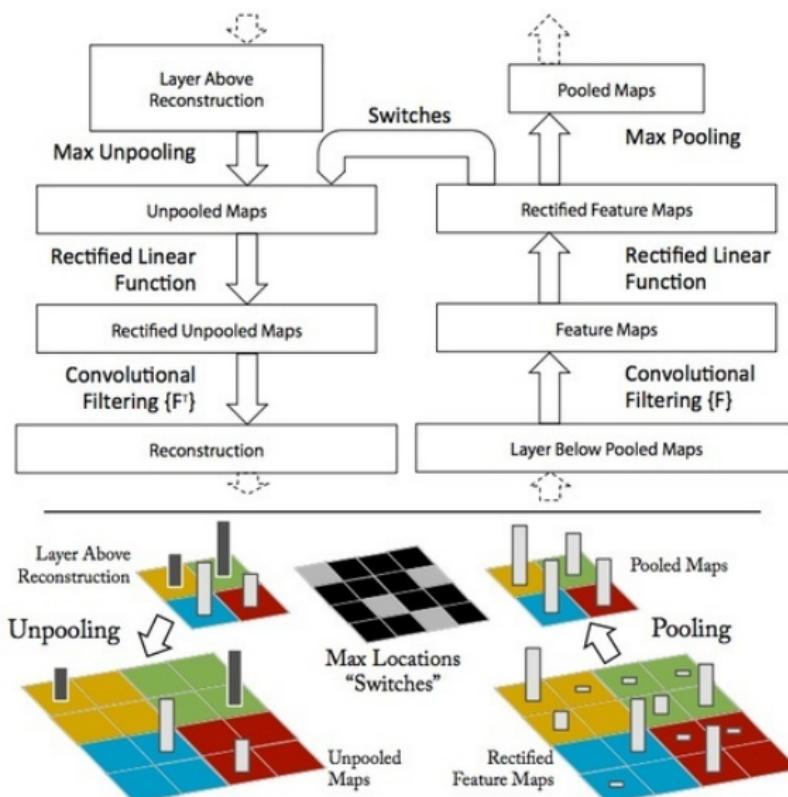


Рис.: Схема deconvolution сети

Deconvolution сети

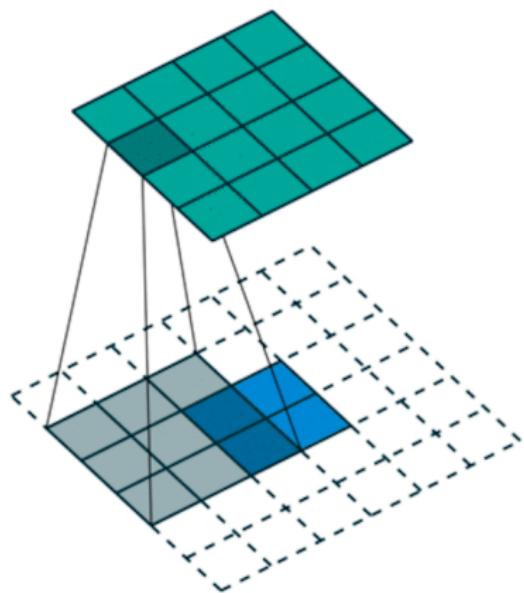


Рис.: Convolution transposed⁷

⁷https://github.com/vdumoulin/conv_arithmetic

Deconvolution сети

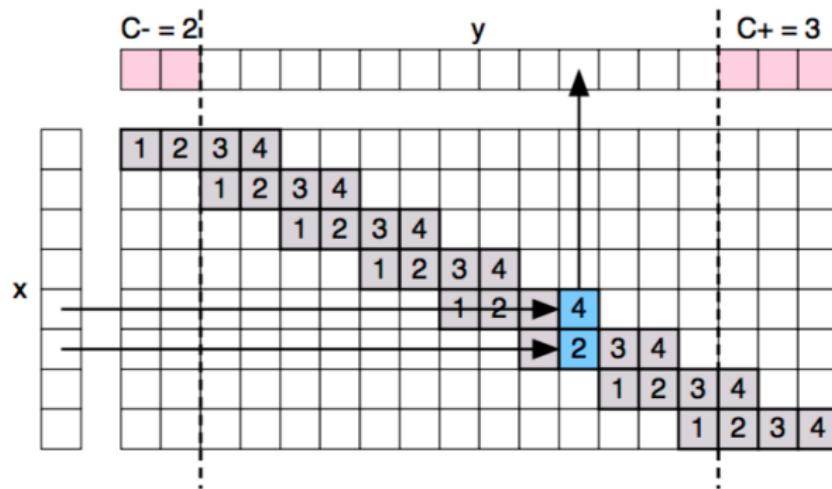


Рис.: Convolution transposed⁸

⁸<http://www.vlfeat.org/matconvnet/matconvnet-manual.pdf>

Выучиваемые признаки

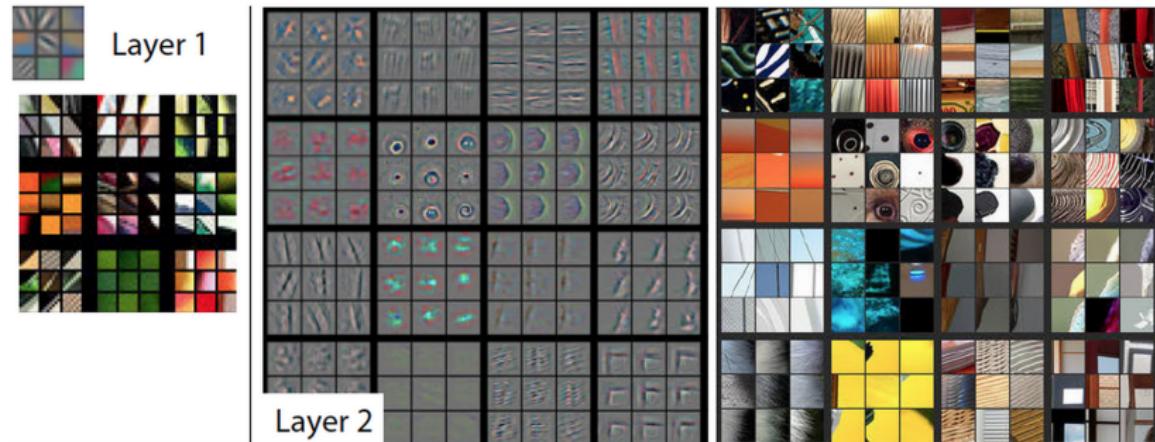


Рис.: Visualizing and Understanding Convolutional Networks⁹

⁹Matthew D. Zeiler and Rob Fergus

Выучиваемые признаки

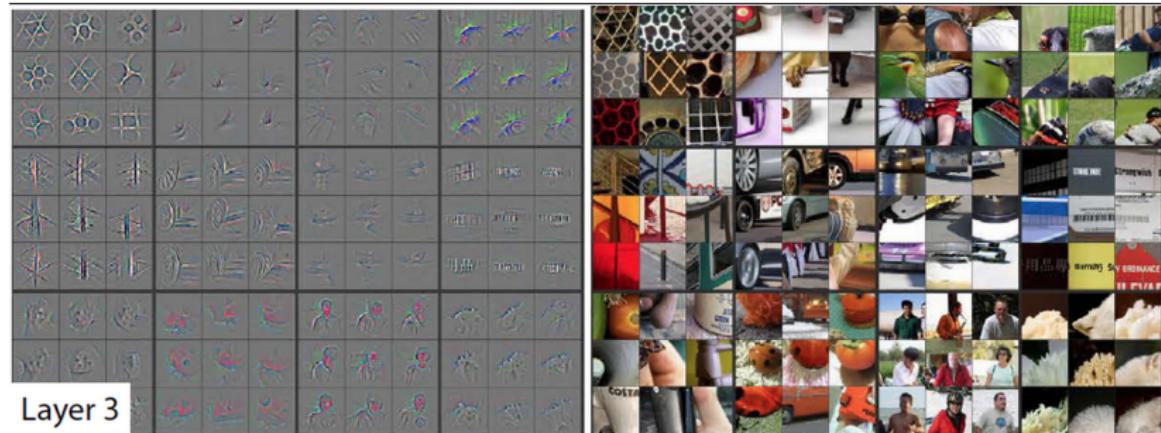


Рис.: Visualizing and Understanding Convolutional Networks¹⁰

¹⁰Matthew D. Zeiler and Rob Fergus

Выучиваемые признаки

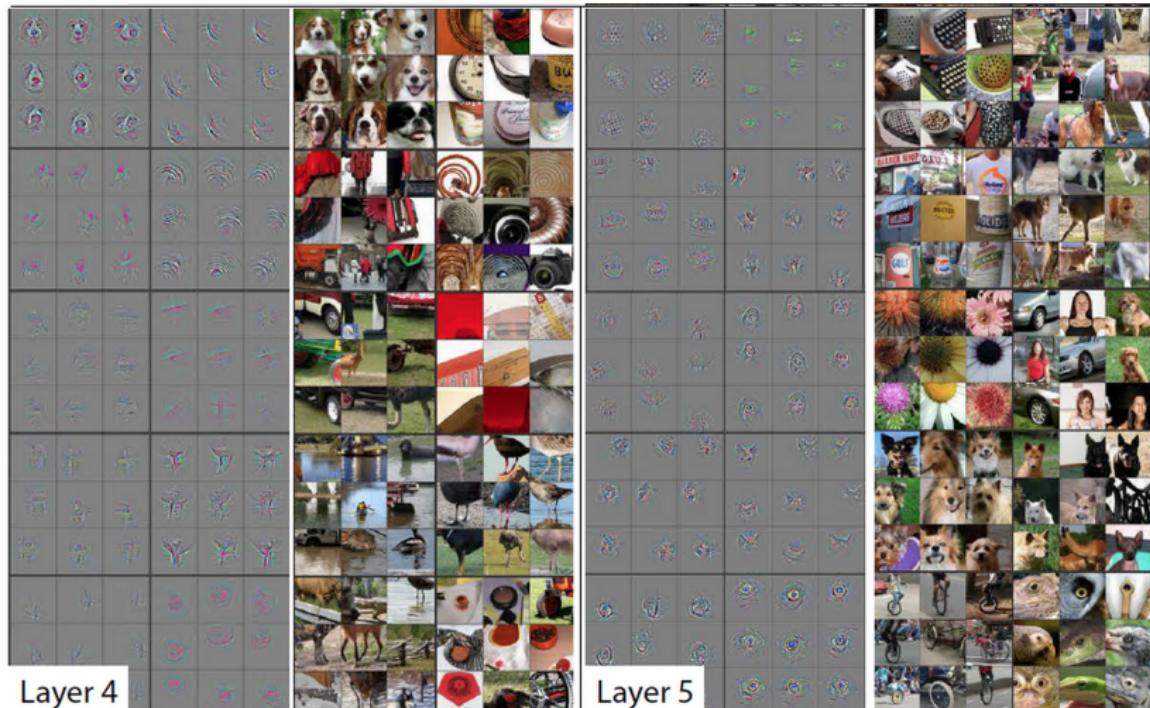


Рис.: Visualizing and Understanding Convolutional Networks¹¹

¹¹Matthew D. Zeiler and Rob Fergus

Transfer learning

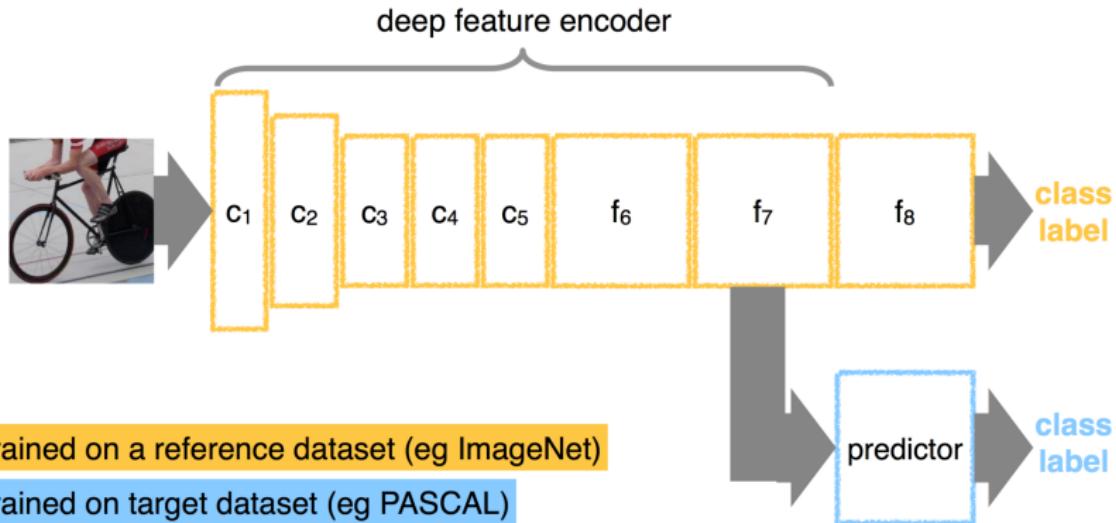


Рис.: Трансфер между двумя глубинными сетями¹²

¹²Learning visual representations (Andrea Vedaldi)

Transfer learning¹³, #1

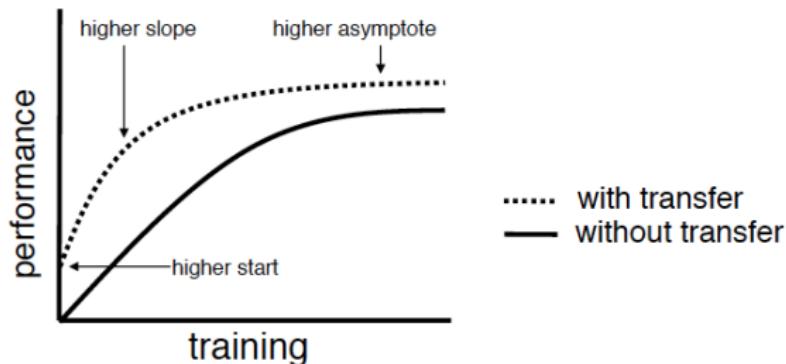


Рис.: Цели трансфера знаний

- ▶ 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

¹³ftp:

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

Transfer learning, #2

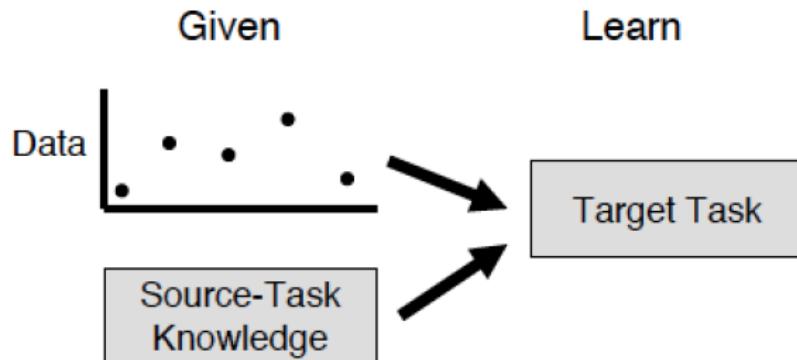


Рис.: Модель решения задачи в рамках парадигмы трансфера знаний

Transfer learning, #3

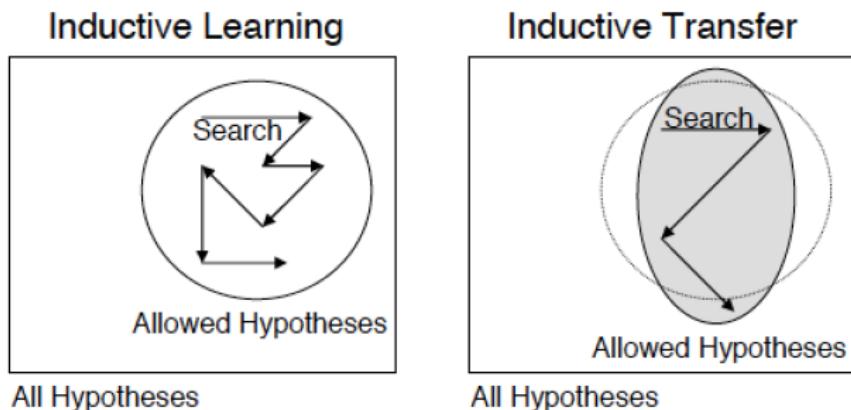


Рис.: Трансфер знаний можно также рассматривать как некоторую регуляризацию, которая ограничивает пространство поиска до определенного набора допустимых и хороших гипотез

CNN для распознавания речи¹⁴

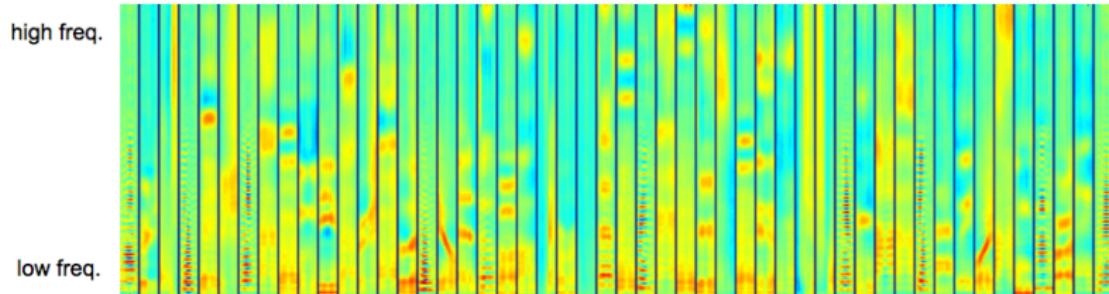


Рис.: Спектрограмма голосового сигнала

¹⁴<http://ai.stanford.edu/~ang/papers/nips09-AudioConvolutionalDBN.pdf>

CNN для текстов¹⁵¹⁶

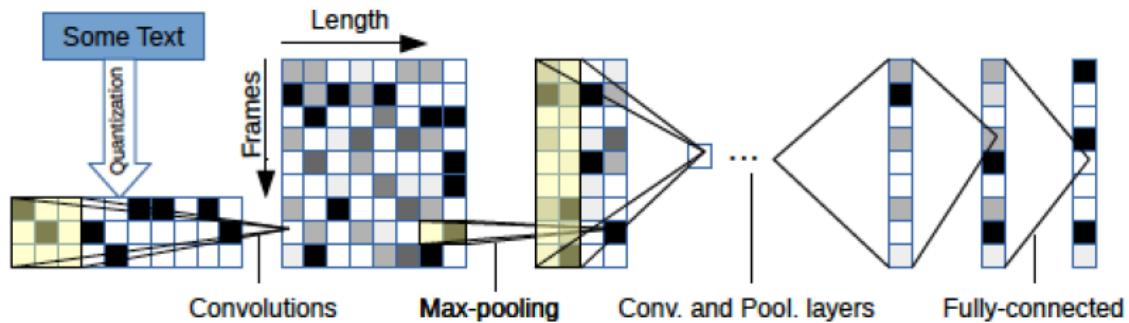


Рис.: Обработка изображения представляющего текст

¹⁵<http://arxiv.org/pdf/1502.01710v1.pdf>

¹⁶http://nlp.csail.mit.edu/papers/Kalchbrenner_DCNN_ACL14

Вопросы

