

Методы глубокого обучения: сегодняшние возможности и ближайшие перспективы

А.В. Макаренко
avm.science@mail.ru

Научно-исследовательская группа «Конструктивная Кибернетика»
Москва, Россия, www.rdcn.ru

Институт проблем управления РАН
Москва, Россия

Учёный совет ИПУ РАН

25 мая 2017 г.

Москва, Россия

Определение понятия

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ – это самостоятельное направление информатики, специализирующееся на разработке и исследовании искусственных интеллектуальных систем.

ИСКУССТВЕННАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА – это аппаратно-программный комплекс, способный решать творческие задачи, традиционно считающиеся прерогативой человека.

ТВОРЧЕСТВО – процесс деятельности, создающий качественно новые материальные и духовные ценности или итог создания объективно нового. Основной критерий, отличающий творчество от изготовления (производства) – уникальность его результата. Результат творчества невозможно прямо вывести из начальных условий. Именно этот факт придаёт продуктам творчества дополнительную ценность в сравнении с продуктами производства.

Проблематика



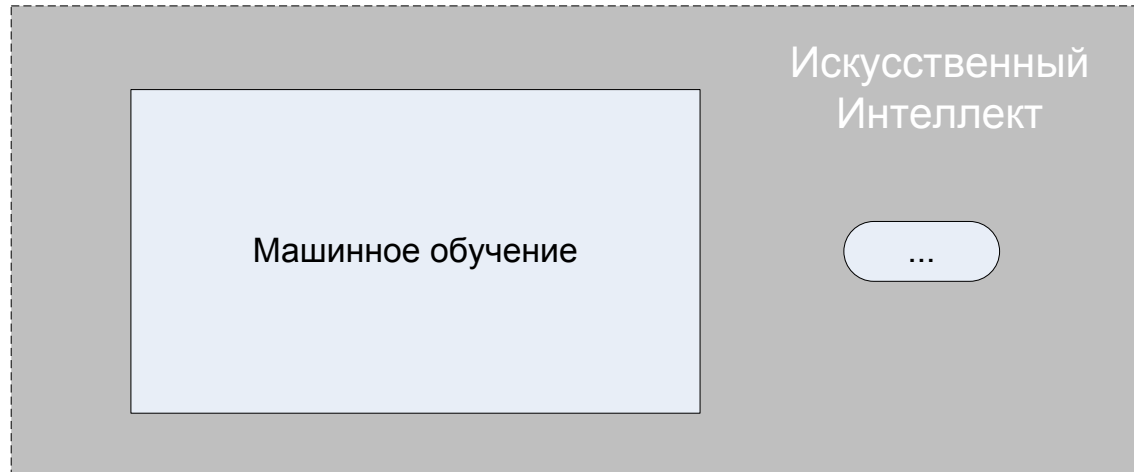
Джон Маккарти
(04.09.1927 – 24.10.2011)

«Проблема состоит в том, что пока мы не можем в целом определить, какие вычислительные процедуры мы хотим называть интеллектуальными. Мы понимаем некоторые механизмы интеллекта и не понимаем остальные. Поэтому под интеллектом в пределах этой науки понимается только вычислительная составляющая способности достигать целей в мире.»

John McCarthy, WHAT IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE?

<http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/whatisai.html>

Определение понятия



МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ – обширный (центральный) подраздел искусственного интеллекта, изучающий методы построения алгоритмов, способных обучаться.

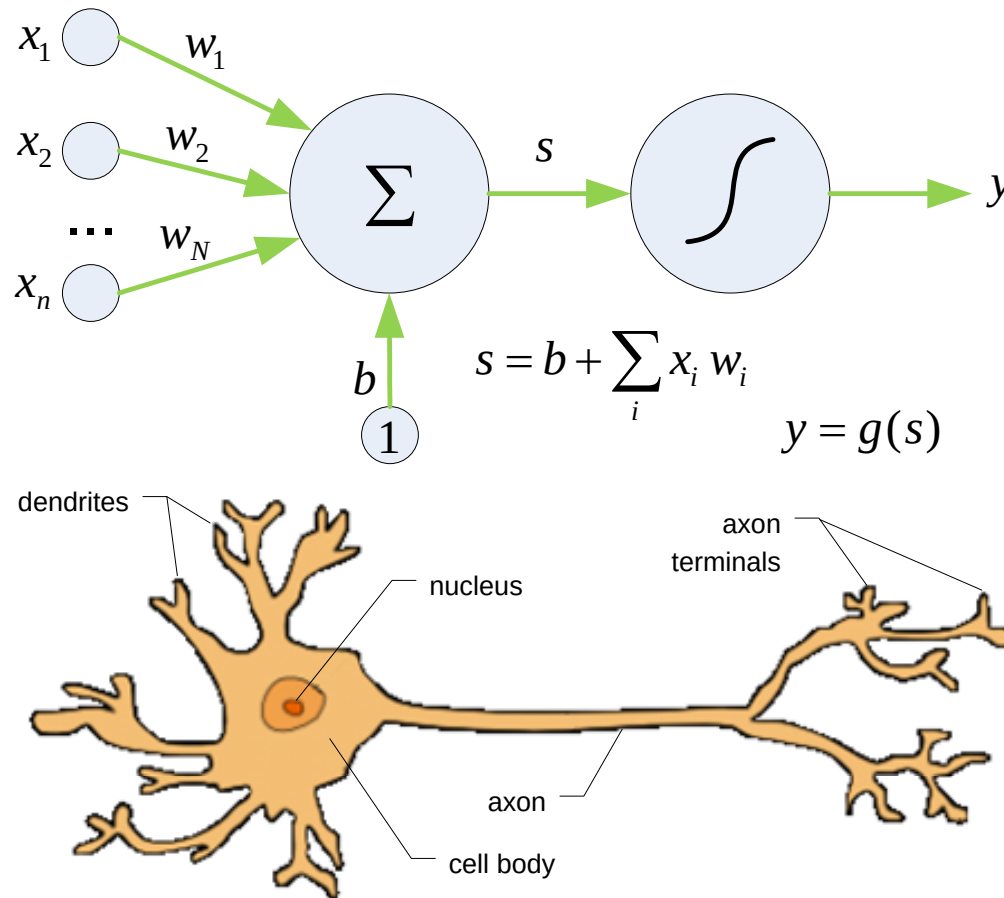
Различают два типа обучения машин:

- Дедуктивное обучение – предполагает формализацию знаний экспертов и их перенос в компьютер в виде базы знаний (область экспертных систем).
- Индуктивное обучение – (обучение по прецедентам) – основано на выявлении общих закономерностей по частным эмпирическим (экспериментальным) данным.

Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов. Наука, 1974.

Определение понятия

ГЛУБОКИЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ – это многослойные искусственные нейронные сети, с числом внутренних (скрытых) слоёв более одного.

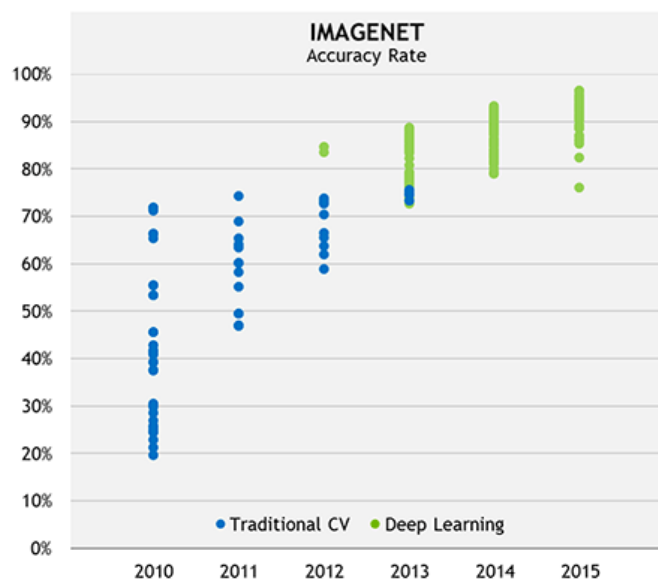


Примечание: на данный момент глубокие нейронные сети – это основная парадигма Deep Learning.

Начало новейшей истории

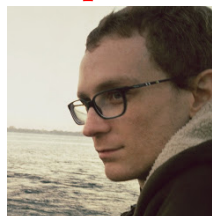
ImageNet – база данных аннотированных изображений, предназначенная для отработки и тестирования алгоритмов распознавания образов и машинного зрения. Для категоризации объектов на изображениях используется семантическая сеть **WordNet**. База данных определяет 1000 классов и по состоянию на 2016 год содержит около 10 млн. изображений.

2015: A MILESTONE YEAR IN COMPUTER SCIENCE



Alex Krizhevsky в 2012 году в соревновании по распознаванию изображений ImageNet применил подход на основе глубоких нейронных сетей. Его сеть AlexNet победила с существенным отрывом. Это дало исходный толчок к буму Deep Learning, который мы наблюдаем в настоящее время.

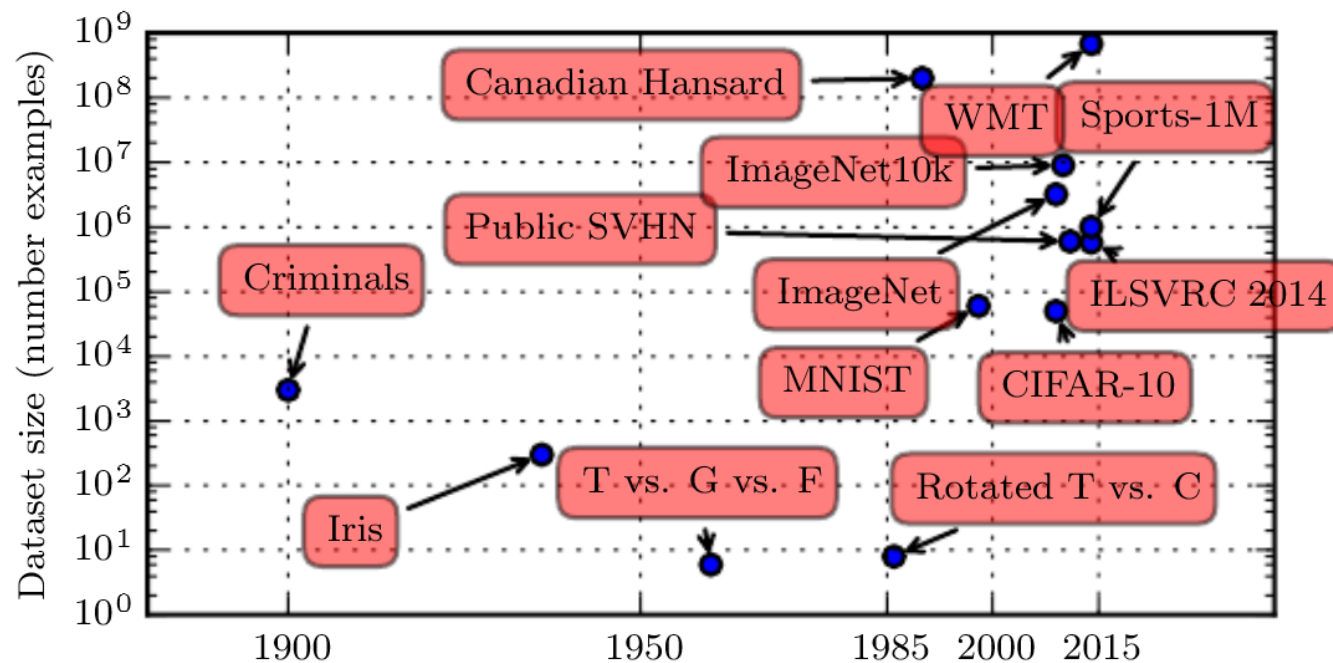
A. Krizhevsky, I. Sutskever, Geoffrey E. Hinton, ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks.



Источник: blogs.nvidia.com

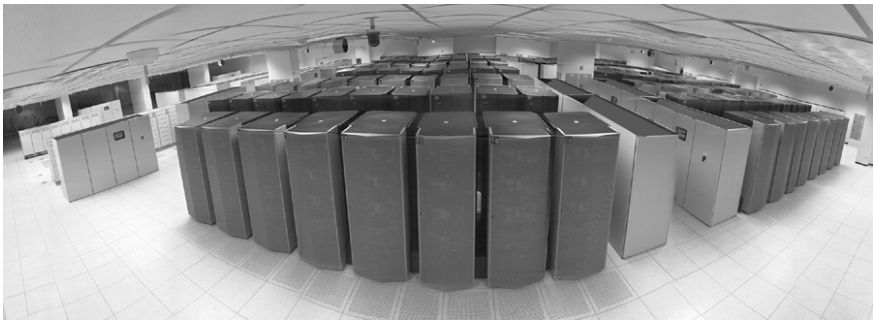
Данные для обучения

Тотальный перевод информации в электронную (машиночитаемую) форму. Наборы данных для обучения и тестирования алгоритмов машинного обучения увеличиваются в размерах, повышается их качество и разнообразие. Стоимость добычи данных существенно снижается.



Источник и расшифровка диаграммы: I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, *Deep Learning*. MIT Press, 2016.

Аппаратные вычислительные ресурсы



ASCI White (ноябрь 2000 – июнь 2002),
12.3 Тфлопс, 110 миллионов долларов
США, 6 МВт, 106 тонн.



GPU NVIDIA Volta (3-й квартал 2017),
15.0 Тфлопс, 1700 долларов США,
300 Вт, 370 г.

Программное обеспечение

С программным обеспечением в области Deep Learning сложилась уникальная ситуация, кардинально отличающаяся от принятых «правил игры» в других научно-технических областях:

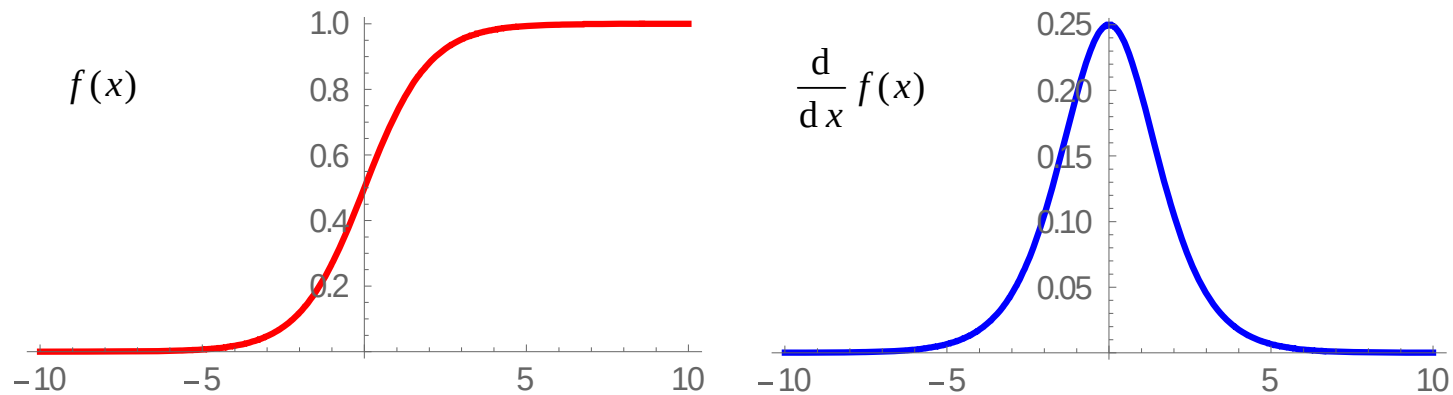
- Подавляющее большинство библиотек и фреймворков – бесплатно.
- Исходный код основных библиотек и фреймворков – открыт.
- Обучающие материалы – бесплатны и свободно доступны.
- Широкие и отзывчивые группы поддержки.

Caffe, Theano, Google TensorFlow, Microsoft CNTK, ...

Решение проблемы затухающего градиента

Активационная функция: Logistic Sigmoid

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$



Аргументы «ЗА»:

- Это классика...
- Именно такие профили сигнала в мозгу...
- Функция имеет зоны насыщения
- Сигмоида гладкая и дифференцируема

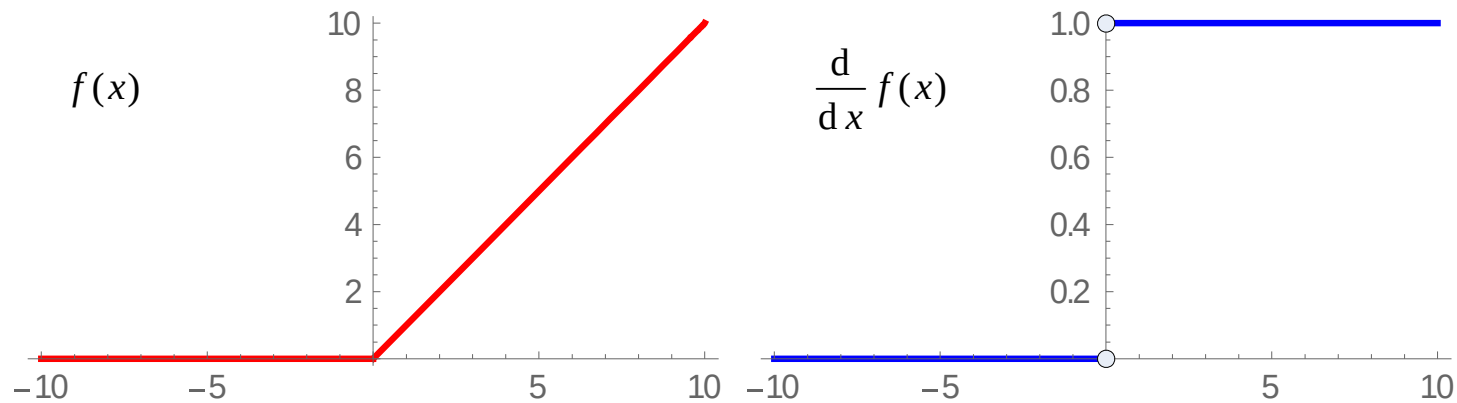
Аргументы «ПРОТИВ»:

- Функция дорогая в вычислительном плане
- Сигмоида имеет малый рабочий отрезок
- И не соответствует профилям сигнала в мозгу...

Решение проблемы затухающего градиента

Активационная функция: ReLU Function

$$f(x) = \begin{cases} x & x > 0, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$



Аргументы «ЗА»:

- Функция очень дешёвая в вычислительном плане
- ReLU имеет широкий рабочий отрезок

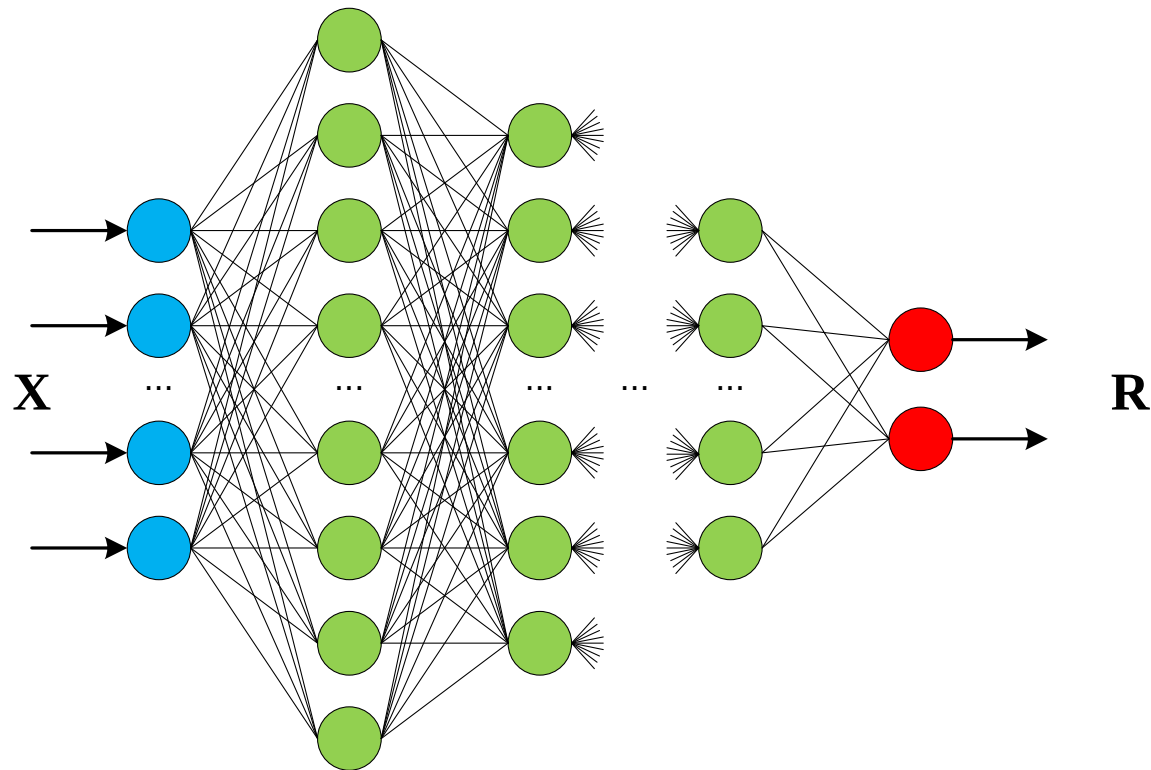
Аргументы «ПРОТИВ»:

- Не дифференцируема в 0
- Не ограничена справа
- И ни чему не соответствует...

Новая функция – это важный вклад в решение проблемы затухания градиента в глубине сети при её обучении.

Полносвязные сети

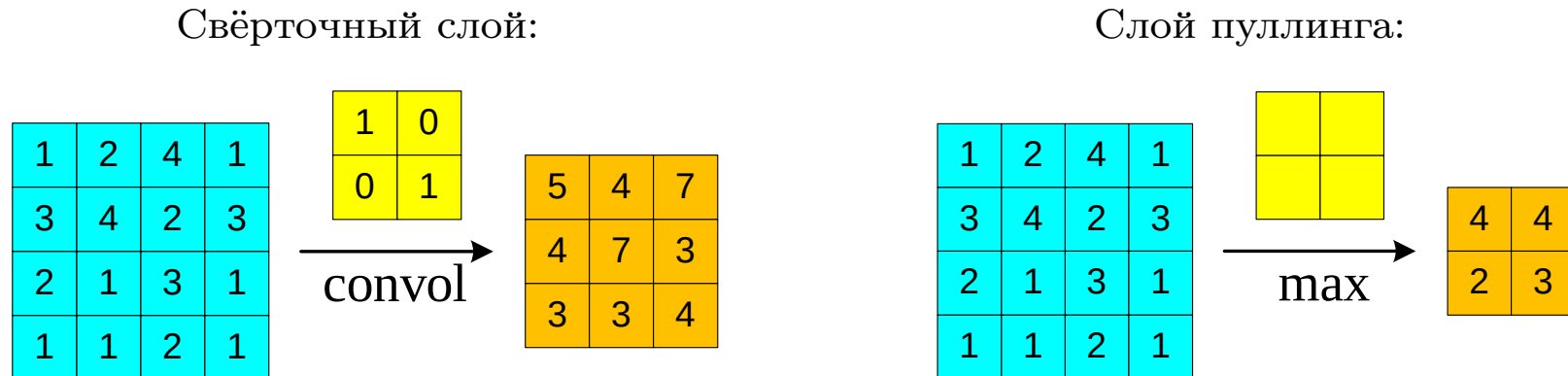
Полносвязная нейронная сеть (Fully Connected Neural Network, FCNN) формируется как последовательная комбинация элементарных нейронов.



Задаётся: топология сети, активационная функция. **Обучается:** веса и смещения нейронов.

Свёрточные сети

Свёрточная нейронная сеть (Convolution Neural Network, CNN) формируется как последовательная комбинация свёрточных слоёв и слоёв пуллинга.



Задаётся: топология сети, размеры, шаг и отступы свёрточных ядер, размеры, шаг, отступы и тип пуллинга, активационная функция. **Обучается:** веса и смещения нейронов в свёрточных слоях.

Дополнительные подвиды CNN: ResNet, Inception, DenseNet.

Дискриминантные задачи

I – Качество распознавания изображений превысило уровень человека. Ведутся работы по определению возраста, эмоционального состояния человека по фотографии.

II – Качество распознавания речи превысило уровень человека. Ведутся работы по распознаванию речи в условиях многоголосного окружения.

III – Качество перевода текстов существенно превысило уровень аналогичных систем до эпохи Deep Learning. Ведутся работы по распознаванию сарказма и иронии.

IV – Качество обработки медицинских данных и точность постановки диагнозов уже сейчас превышает уровень «среднего» специалиста.

V – Автопилоты вывели автомобили на дороги общего пользования. Ведутся работы по управлению автомашинами в условиях плохой (неполной) разметки дорожного полотна.

VI – Вопросы юриспруденции и права также попали в число успешно решаемых задач.

VII – Глубокое обучение постепенно проникает также в область управления технологическими процессами, включая традиционно консервативные области (нефтегазовая область, атомная энергетика, управление полётами и т.п.).

Генеративные задачи

I – Формирование словесного описания изображений и сцен в видеоряде.

II – Изменение стиля изображений, цветовой гаммы, текстуры.

III – Изменение голоса (тембр, окрас, характерные эффекты речи) диктора на любой другой.

IV – Синтез сценариев и видеоряда по заданному сценарию (простейшие попытки). Порождение анимации.




V – Разработка программного обеспечения (простейшие попытки).

VI – Синтез изображений заданных объектов по их словесному описанию.

VII – Проектирование систем (построение чертежей) через формальные требования (ТЗ) (простейшие попытки).

Базовые проблемы

I – Формирование ошибочных решений на «ровном месте». Эффект оптических иллюзий.

	$+ .007 \times$		$=$	
x		$\text{sign}(\nabla_x J(\theta, x, y))$		$x + \epsilon \text{sign}(\nabla_x J(\theta, x, y))$
“panda”		“nematode”		“gibbon”
57.7% confidence		8.2% confidence		99.3 % confidence

Источник: arXiv:1412.6572

II – Отсутствие понимания взаимосвязей объектов в действительности. Решение через интеграцию с онтологиями. Проблема в машинном синтезе адекватных и подробных онтологических сетей.

III – Небольшая исходная обобщающая способность сетей. Расширение обобщения через data augmentation. Решение через методы one shot learning.

IV – Склонность к переобучению. Потеря контекста. Решение через присоединение «памяти», реализация нейронных машин Тьюринга.

Выводы

В докладе, по причине ограниченного времени, не рассмотрен ряд важных вопросов, в том числе:

- Детальная предыстория развития парадигмы глубокого обучения.
- Почему и как работают глубокие нейронные сети.
- Чем обусловлена высокая эффективность нейросетей.
- Методы и алгоритмы обучения глубоких нейросетей.
- Топология данных, её влияние на обучаемость нейросетей.
- Извлечение «выученных знаний» из глубоких нейросетей.
- Комбинированные нейросетевые структуры.

Благодарю за внимание!

Методы глубокого обучения: сегодняшние возможности и ближайшие перспективы

А.В. Макаренко
avm.science@mail.ru

Научно-исследовательская группа «Конструктивная Кибернетика»
Москва, Россия, www.rdcn.ru

Институт проблем управления РАН
Москва, Россия

Учёный совет ИПУ РАН

25 мая 2017 г.

Москва, Россия