

Машинное обучение, искусственный интеллект и экономика будущего

Воронцов Константин Вячеславович

(Московский Физико-Технический Институт,
Вычислительный Центр им. А.А.Дородницына ФИЦ ИУ РАН)

voron@forecsys.ru

Докладчик: *Воронцов Константин Вячеславович*

The screenshot shows a web browser window displaying the profile page for 'Участник:Vokov' on the Machine Learning RU wiki. The browser's address bar shows the URL 'http://www.MachineLearning.ru/wiki?title=User:Vokov'. The page features a navigation menu at the top with options like 'участник', 'обсуждение', 'править', etc. The main content area includes a profile picture of a man with glasses, a list of his professional affiliations (Professor at RAS, Head of the 'Intelligent Systems' department at the Center for Intelligent Systems of the Institute of Information Technology, etc.), and a list of external profiles (SCOPUS, WoS, Google Scholar, etc.). A table of contents on the right side lists various topics such as 'Учебные материалы', 'Выступления на конференциях', and 'Публикации'.

http://www.MachineLearning.ru/wiki?title=User:Vokov

Участник:Vokov


Файл Правка Вид Избранное Сервис Справка

Vokov моя страница обсуждения настройки список наблюдения мой вклад завершение сеанса

участник обсуждение править история удалить переименовать защитить не следить

Участник:Vokov

Воронцов Константин Вячеславович
профессор РАН, д.ф.-м.н.
Зав. отделом «Интеллектуальные системы» Вычислительного центра ФИЦ ИУ РАН.
Проф. каф. «Интеллектуальные системы» ФУПМ МФТИ.
Доц. каф. «Математические методы прогнозирования» ВМиК МГУ.
Преподаватель Школы анализа данных Яндекс.
Зам. директора по науке ЗАО «Форексис», www.forecsys.ru.



Один из идеологов и Администраторов ресурса **MachineLearning.RU**.
Прочие подробности — на подстранице **Curriculum vitae**.
[Мне можно написать письмо.](#)

- Профиль SCOPUS ID = 6507982932
- WoS ResearcherID = G-7857-2014
- Профиль Google Scholar
- Профиль DBLP
- Профиль РИНЦ ID = 15081
- Профиль в системе ИСТИНА
- Профиль MathNet.ru

Содержание [убрать]

- Учебные материалы
 - Курсы лекций
 - Рекомендации для студентов и аспирантов
 - Материалы для преподавателей
 - Семинары
- Выступления на конференциях и семинарах
- Научные интересы
 - Анализ текстов и информационный поиск
 - Диагностика заболеваний по ЭКГ
 - Теория обобщающей способности
 - Комбинаторная (перестановочная) статистика
 - Прогнозирование объемов продаж
 - Другие проекты и виртуальные семинары
- Публикации
- Софт
- Аспиранты и студенты
 - Бакалаврские диссертации
 - Магистерские диссертации
 - Дипломные работы
 - Кандидатские диссертации

навигация

- Заглавная страница
- Сообщество
- Новости
- Последние правки
- Случайная статья
- Справка
- Инструктаж
- Вопросы и ответы
- ToDo

Энциклопедия анализа данных

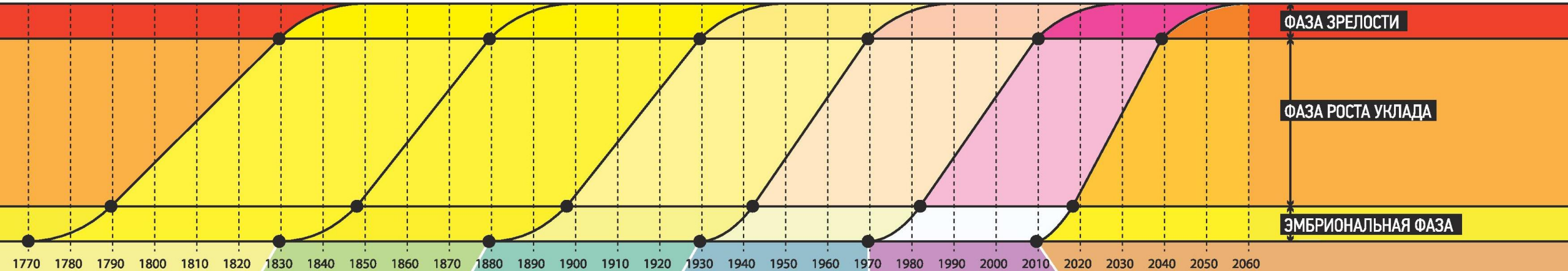
- Популярные и обзорные статьи
- Публикации
- Полезные ссылки

поиск

План доклада

- Машинное обучение – технология, меняющая жизнь людей
 - Технологические уклады и технологические революции
 - Искусственный интеллект, машинное обучение и науки о данных
 - Примеры практических применений машинного обучения
 - История развития: основные вехи и прорывы
- Чтобы оставаться на месте, надо очень быстро бежать
 - Отчёты правительства США о будущем искусственного интеллекта
 - Возможности, риски и стратегические планы для России

Технологические уклады и революции



ПЕРВЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД

Основной ресурс: энергия воды

Главная отрасль: текстильная промышленность

Ключевой фактор: текстильные машины

Достижение уклада: механизация фабричного производства

ВТОРОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД

Основной ресурс: энергия пара, уголь

Главная отрасль: транспорт, чёрная металлургия

Ключевой фактор: паровой двигатель, паровые приводы станков

Достижения уклада: рост масштабов производства, развитие транспорта

Гуманитарное преимущество: постепенное освобождение человека от тяжёлого ручного труда

ТРЕТИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД

Основной ресурс: электрическая энергия

Главная отрасль: тяжелое машиностроение, электротехническая промышленность

Ключевой фактор: электродвигатель

Достижения уклада: концентрация банковского и финансового капитала; появление радиосвязи, телеграфа; стандартизация производства;

Гуманитарное преимущество: повышение качества жизни

ЧЕТВЕРТЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД

Основной ресурс: энергия углеводородов, начало ядерной энергетики

Основные отрасли: автомобилестроение, цветная металлургия, нефтепереработка, синтетические полимерные материалы

Ключевой фактор: двигатель внутреннего сгорания, нефтехимия

Достижения уклада: массовое и серийное производство

Гуманитарное преимущество: развитие связи, транснациональных отношений, рост производства продуктов народного потребления

ПЯТЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД

Основной ресурс: атомная энергетика

Основные отрасли: электроника и микроэлектроника, информационные технологии, программное обеспечение, телекоммуникации, освоение космического пространства

Ключевой фактор: микроэлектронные компоненты

Достижения уклада: индивидуализация производства и потребления

Гуманитарное преимущество: глобализация, скорость связи и перемещения

ШЕСТОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД

Все составляющие нового технологического уклада носят характер прогноза

Основные отрасли: нано- и биотехнологии, наноэнергетика, молекулярная, клеточная и ядерная технологии, нанобиотехнологии, биомиметика, нанобионика, нанотроника и другие наноразмерные производства; новые медицина, бытовая техника, виды транспорта и коммуникаций, использование стволовых клеток, инженерия живых тканей и органов, восстановительная хирургия и медицина

Ключевой фактор: микроэлектронные компоненты

Достижения уклада: индивидуализация производства и потре-

бления, резкое снижение энергоёмкости и материалоёмкости производства, конструирование материалов и организмов с заранее заданными свойствами

Гуманитарное преимущество: существенное увеличение продолжительности и качества жизни человека и животных

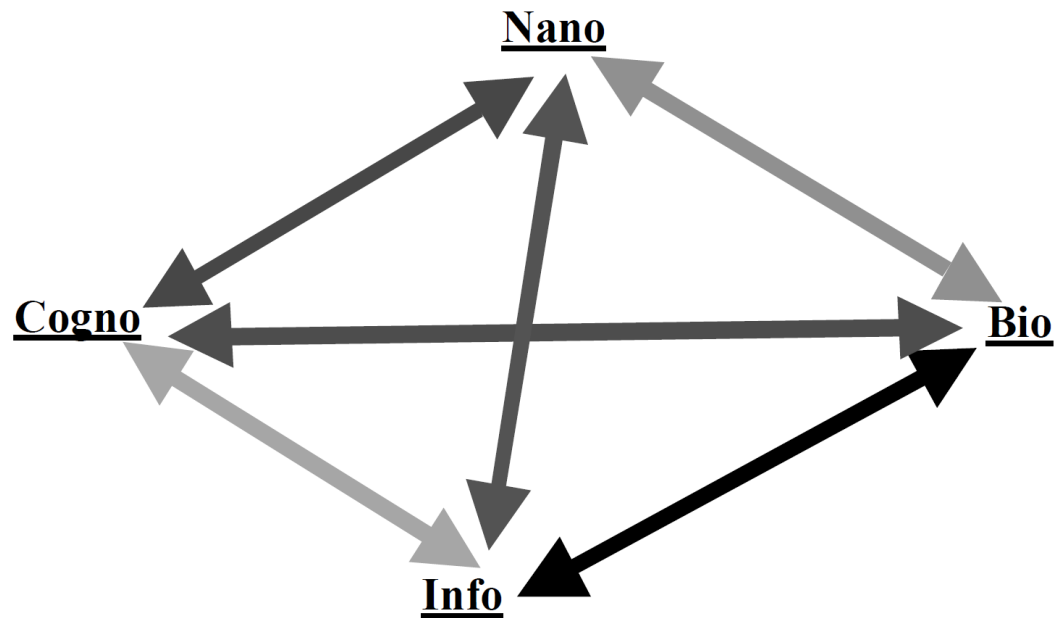
На 2010 год доля производительных сил пятого технологического уклада в наиболее развитых странах составляла примерно 60%, четвёртого — 20%, шестого — около 5%. По последним расчетам учёных, шестой технологический уклад в этих странах фактически наступит в 2014–2018 годах.

« Четвёртая технологическая революция строится на вездесущем и мобильном Интернете, искусственном интеллекте и *машинном обучении* »

Клаус Мартин Шваб,
президент Всемирного
экономического форума

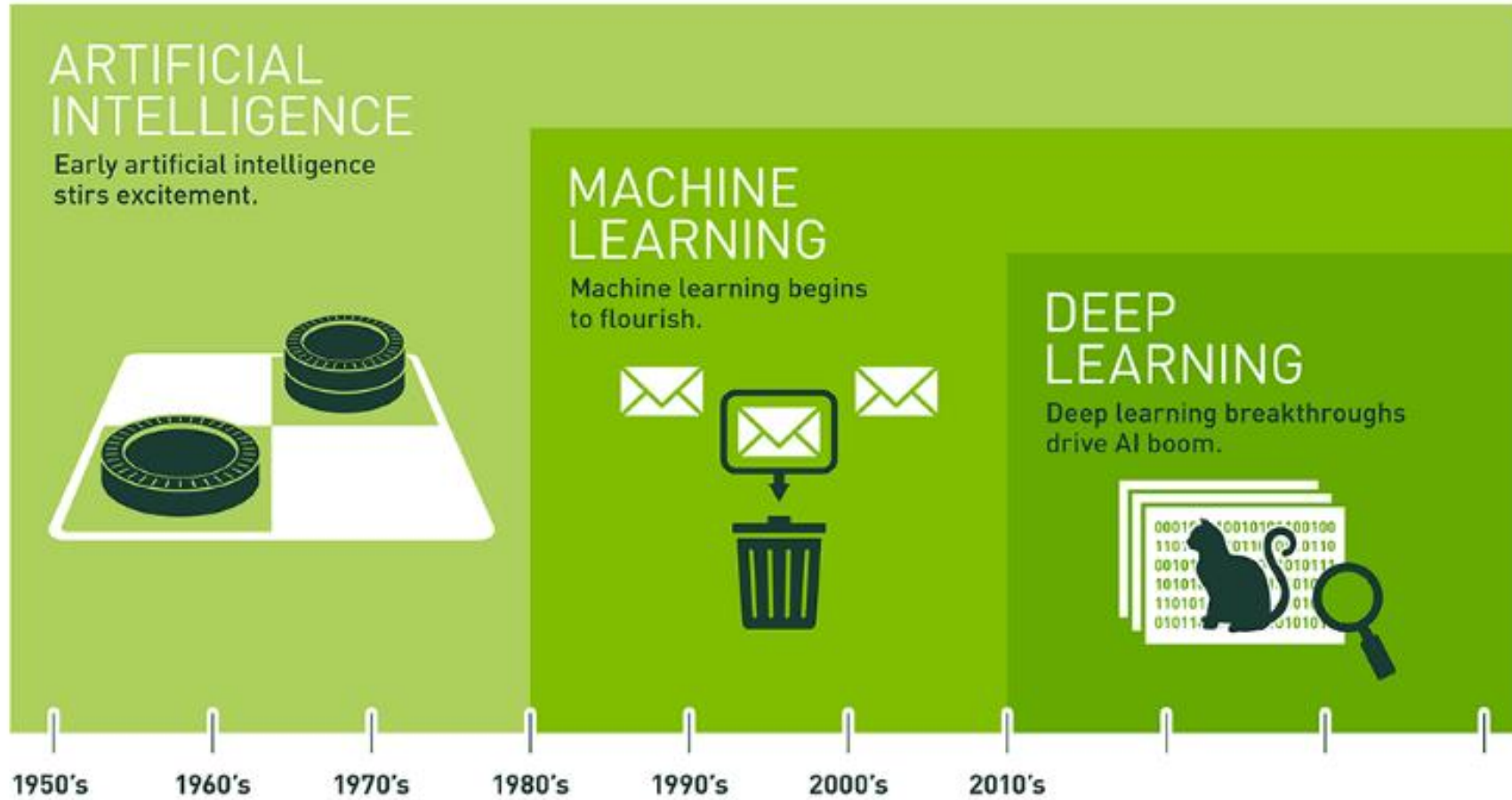


Технологии шестого уклада



- Info – технологии 5-го уклада
- Опережающее развитие Info
- Основные элементы Info
 - Интернет
 - Искусственный интеллект
 - Машинное обучение
 - Большие данные
 - Высокопроизводительные вычисления
 - Робототехника

Эволюция машинного обучения



Since an early flush of optimism in the 1950s, smaller subsets of artificial intelligence – first machine learning, then deep learning, a subset of machine learning – have created ever larger disruptions.

На полях:

Глубокое обучение – лишь одна из технологий машинного обучения

Демонстрации возможностей глубокого обучения

- Распознавание кадров с котами на видео из Youtube
- Автономные летательные аппараты



Машинное обучение – это ...

- одна из ключевых информационных технологий будущего
- наиболее успешное направление искусственного интеллекта, вытеснившее экспертные системы и инженерию знаний
- математическое моделирование в сложно формализуемых областях, когда данных много, знаний мало
- проведение функции через заданные точки в сложно устроенных пространствах
- тысячи алгоритмов на стыке математической статистики и численных методов оптимизации
- около 100 000 научных публикаций в год

На полях:

*Прежде всего,
машинное
обучение – это
математические
технологии*

Машинное обучение «и много других страшных слов»

- Статистический анализ данных (Statistical Data Analysis)
- Искусственный интеллект (Artificial Intelligence) 1955
- Распознавание образов (Pattern Recognition)
- Машинное обучение (Machine Learning) 1959
- Статистическое обучение (Statistical Learning)
- Интеллектуальный анализ данных (Data Mining) 1989
- Бизнес-аналитика (Business Intelligence, Business Analytics)
- Предсказательная аналитика (Predictive Analytics) 2007
- Большие данные (Big Data) 2008
- Аналитика больших данных (Big Data Analytics)
- Наука о данных (Data Science) 2011

Основная задача машинного обучения

Этап №1 – обучение с учителем

- **На входе:**
данные – выборка прецедентов «объект → ответ»
- **На выходе:**
алгоритм, по любому объекту предсказывающий ответ

Этап №2 – применение

- **На входе:**
данные – выборка новых объектов
- **На выходе:**
предсказания алгоритма на новых объектах

На полях:

*Если нет
данных,
то нет
и обучения*

Примеры задач машинного обучения

- **Медицинская диагностика:**
объект – данные о пациенте на текущий момент
ответ – диагноз / лечение / риск исхода
- **Распознавание месторождений полезных ископаемых:**
объект – данные о геологии района
ответ – есть/нет месторождение
- **Управление технологическими процессами:**
объект – данные о сырье и управляющих параметрах
ответ – количество/качество полезного продукта

Примеры задач машинного обучения

- **Кредитный скоринг:**
объект – данные о заёмщике
ответ – вероятность дефолта, решение о выдаче кредита
- **Предсказание оттока клиентов:**
объект – данные о клиенте на момент времени t
ответ – уйдёт ли клиент к моменту времени $t + \Delta$
- **Прогнозирование объёмов продаж:**
объект – данные о продажах товара на момент времени t
ответ – объём спроса в интервале от t до $t + \Delta$

Примеры задач машинного обучения

- **Информационный поиск в Интернете:**
объект – данные о паре «запрос и документ»
ответ – оценка релевантности документа запросу
- **Продажа рекламы в Интернете:**
объект – данные о тройке «пользователь, страница, баннер»
ответ – оценка вероятности клика
- **Рекомендательные системы в Интернете:**
объект – данные о паре «пользователь, товар»
ответ – оценка вероятности, что пользователь купит товар

Примеры задач машинного обучения

- **Статистический машинный перевод:**
объект – предложение на естественном языке
ответ – его перевод на другой язык
- **Перевод речи в текст:**
объект – аудиозапись речи человека
ответ – текстовая запись речи
- **Компьютерное зрение:**
объект – изображение предмета в видеопоследовательности
ответ – решение (объехать, остановиться, игнорировать)

На полях:

Прогресс в этих областях связан с большими данными

Бум искусственного интеллекта

1997: IBM Deep Blue обыграл чемпиона мира по шахматам

2005: Беспилотный автомобиль: DARPA Grand Challenge

2006: Google Translate – статистический машинный перевод

2011: 40 лет DARPA CALO привели к созданию Apple Siri

2011: IBM Watson победил в ТВ-игре «Jeopardy!»

2011–2015: ImageNet: 25% → 3,5% ошибок против 5% у людей

2015: Фонд OpenAI в \$1 млрд. Илона Маска и Сэма Альтмана

2016: DeepMind, OpenAI: динамическое обучение играм Atari

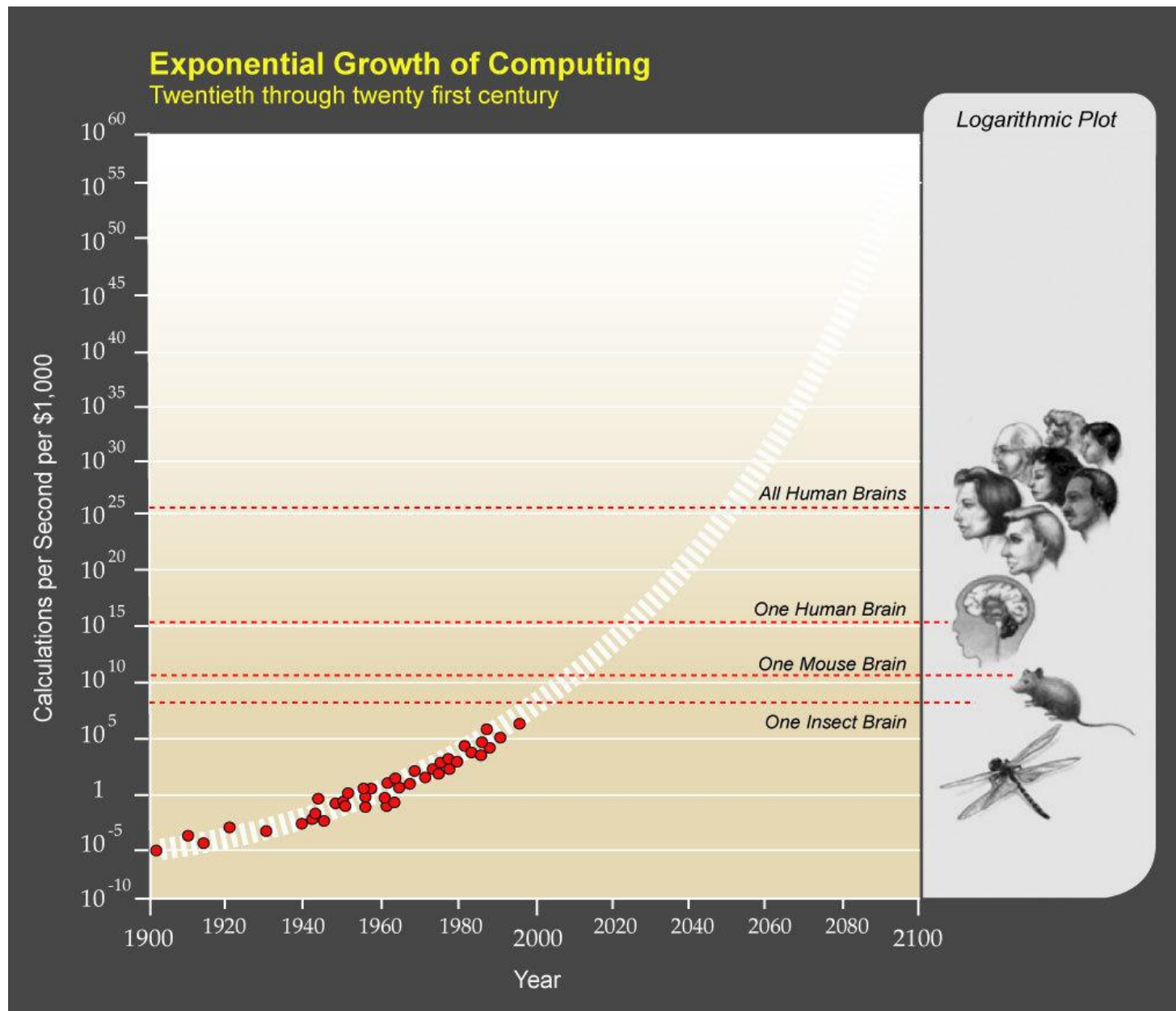
2016: Google DeepMind обыграл чемпиона мира по игре го

Три предпосылки этого бума

– три перехода количества в качество:

- Повсеместность и доступность компьютерных технологий
→ *Накопление больших выборок данных*
- Достижения микроэлектроники
→ *Рост вычислительных мощностей по закону Мура*
- Постепенное развитие математических методов и эвристик
→ *Накопление критической массы опыта*

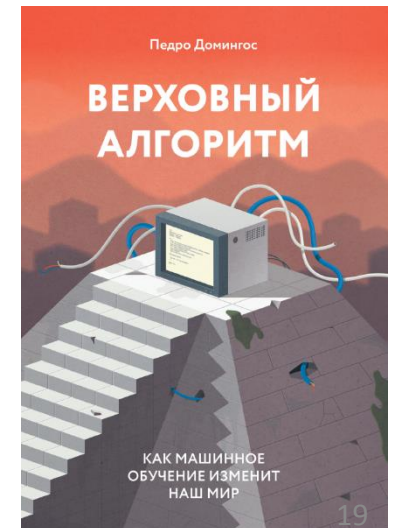
Закон Мура



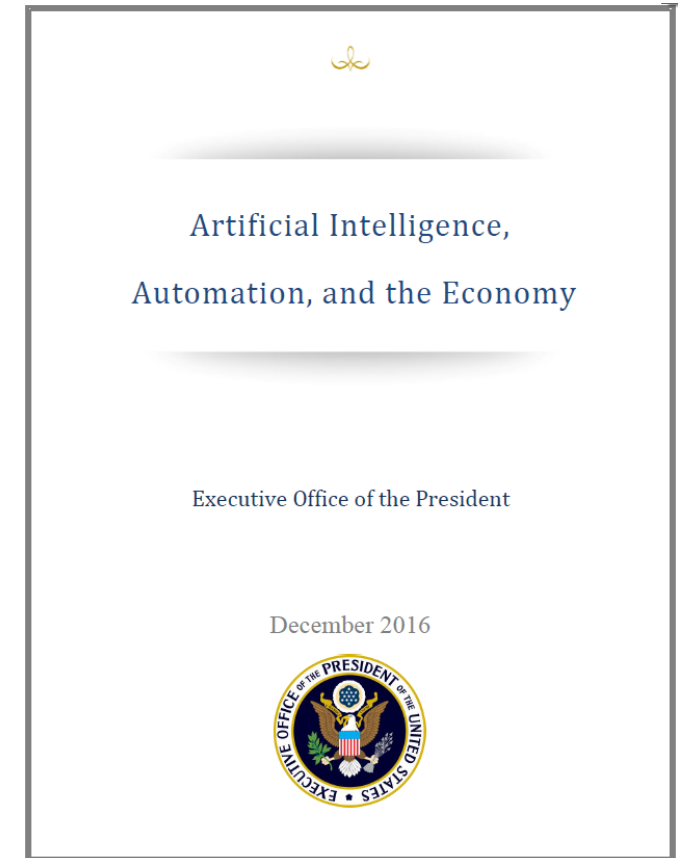
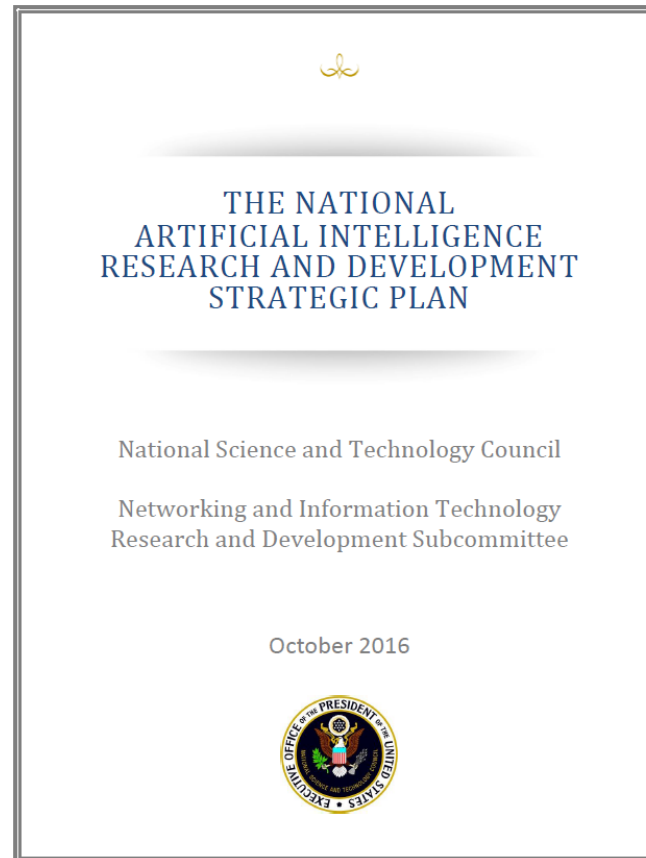
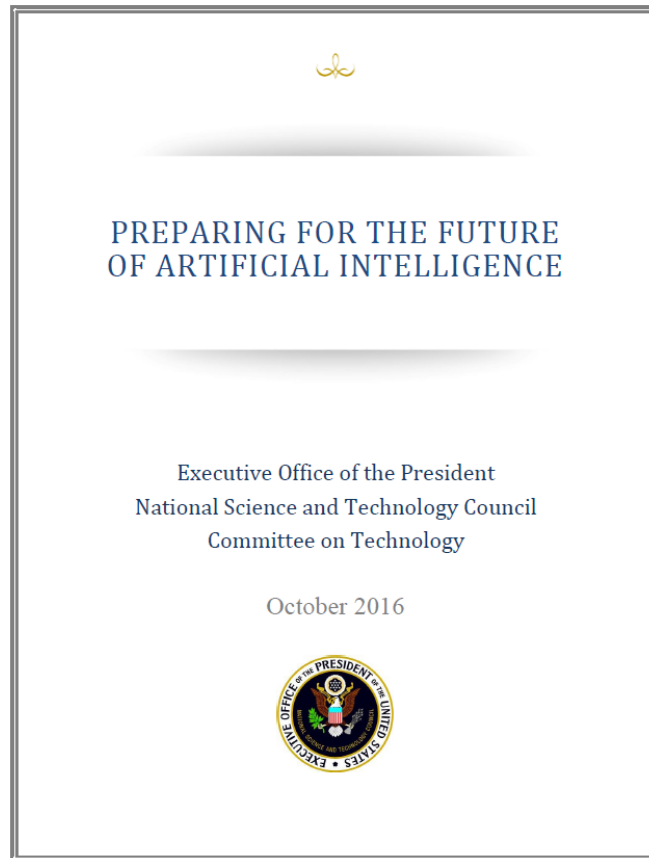
Основные школы машинного обучения

- *Символизм* – поиск логических закономерностей
- *Коннекционизм* – нейронные сети
- *Эволюционизм* – адаптивная оптимизация структуры моделей
- *Бейесионизм* – оценивание распределений над параметрами
- *Аналогизм* – «близким объектам близкие ответы»
- *Композиционизм* – кооперация моделей

Педро Домингос. «Верховный алгоритм». 2016.



Отчёты Белого дома США, октябрь 2016



Основные выгоды ИИ

- Автоматизация и сокращение издержек повсеместно
- Автономный транспорт и роботизация
- Оптимизация логистики и цепей поставок
- Оптимизация энергетических и транспортных сетей
- Сенсорные сети, мониторинг сельского хозяйства
- Информационные сервисы и распределённая экономика
- Персональная медицина, улучшение клинических практик
- Персональные образовательные траектории, социальная инженерия
- Автономные системы вооружений

Государственное финансирование ИИ

Правительство США выделяет на исследования по ИИ

- \$1.1 млрд. в 2015
- \$1.2 млрд. в 2016

(без учёта вложений в ИИ со стороны частных компаний США).

Согласно отчёту, для США необходимо в 2-4 раза больше.

\$1 млрд. выделяет Южная Корея,

\$1 млрд. выделяет компания Toyota,

\$1 млрд. инвестиций привлекла компания Илона Маска OpenAI.

Потенциальные опасности ИИ

- ИИ превзойдёт человеческий (прогнозы 2035-2050 г.)
 - нет, до создания общего ИИ ещё очень далеко
- Власть захватят машины (или плохие парни с машинами)
 - нет, если использовать открытый код и ограничивать автономность ИИ
- Машины лишат людей рабочих мест
 - нет, ИИ одновременно создаёт новые профессии и рабочие места (разработчики, инженеры, пользователи средств ИИ)
 - кроме того, можно уменьшать продолжительность рабочего дня
- Увеличится социальное неравенство
 - нет, если своевременно проводить массовую переподготовку кадров

Некоторые из 23 рекомендаций

- #1. Организации должны активно развивать партнёрство с научными коллективами для эффективного использования данных.
- #2. В приоритетном порядке развивать стандарты открытых данных для привлечения научного сообщества к решению задач.
- #8. Инвестировать в разработку систем автоматического управления воздушным трафиком.
- #11. Вести постоянный мониторинг развития ИИ в других странах.
- #13. Приоритетно поддерживать фундаментальные и долгосрочные исследования в области искусственного интеллекта.
- #20, #21. Развивать международную кооперацию по ИИ.

7 стратегий R&D в области ИИ

1. Долгосрочные инвестиции в исследования в области ИИ
2. Разработка эффективных человеко-машинных систем ИИ
3. Исследование этических, юридических и социальных аспектов ИИ
4. Обеспечение безопасности, надёжности и доверия к системам ИИ
5. Развитие открытых данных и средств разработки ИИ
6. Развитие стандартов и платформ для тестирования ИИ
7. Подготовка квалифицированных кадров в области ИИ

«Nations with the strongest presence in AI R&D will establish leading positions in the automation of the future»

Открытые данные для ИИ

- **Выгоды открытых данных**
 - вовлечение экспертов в решение задач, поиск кадров
 - обучение студентов на востребованных прикладных задачах
 - популяризация научных знаний в смежных областях
- **Конкурсы анализа данных**
 - www.NetflixPrize.com (2006-2009) – первый крупный конкурс, \$1 млн.
 - www.kaggle.com – самая известная платформа
 - www.FakeNewsChallenge.org – один из последних конкурсов
- DataRing.ru – отечественная конкурсная платформа
 - консалтинг по подготовке данных и условий конкурса
 - очистка, отбор, агрегирование, деперсонафикация данных

Открытые данные в России

- Портал «Открытые данные России» <http://data.gov.ru>
- Конкурс «Открытые данные РФ» <http://opendatacontest.ru>
- Росстат <http://www.gks.ru/opendata>
- Центральный Банк РФ <http://www.cbr.ru/statistics>
- Министерство финансов РФ <http://minfin.ru/opendata>
- Министерство транспорта РФ <http://www.mintrans.ru/opendata>
- Министерство образования и науки:
<http://открытые-данные.минобрнауки.рф/opendata>

Открытое программное обеспечение ИИ

- Выгоды открытого кода
 - Снижение издержек, ускорение разработки и внедрения
 - Координация усилий исследователей и разработчиков
 - Снижение технологических барьеров для выхода на рынок
- Примеры открытых экосистем машинного обучения
 - Python + SciPy + Sckit-learn
 - Java + WEKA + RapidMiner
 - Deductor - платформа отечественной разработки (BaseGroup.ru)
- Примеры открытых инструментов для нейронных сетей:
 - DeepMind, OpenAI, TensorFlow, Keras, Teano, Torch, Bonsai, ...

SWOT-анализ: ИИ для России

Сила	Слабость
Возможности	Угрозы

- Научные школы по математике и компьютерным наукам
- Компании-лидеры рынка (Яндекс, АВВУУ, Mail.Ru, ...)
- Программы поддержки инноваций (Бортник, Сколково, ...)
- Уровень проникновения Интернета:
97% (16-27 лет), 73% (16 лет и старше)
- Полное проникновение мобильной связи
- Высокая степень компьютеризации
- Люди и компании готовы работать через Интернет

SWOT-анализ: ИИ для России

Сила	Слабость
Возможности	Угрозы

- Технологическое отставание России
(доля 5-го уклада в экономике: США 60%, Россия 10%)
- Нехватка специалистов, «утечка мозгов»
- Таланты служат компенсаторами низкой культуры R&D
- Низкая доступность отечественных дата-центров
- Слабая интегрированность в международное сообщество
- Мало опережающих научных исследований
- Деградирующая аспирантура
- Незрелость и инертность инновационной среды
- Компании неохотно открывают свои данные

SWOT-анализ: ИИ для России

Сила	Слабость
Возможности	Угрозы

- Мировой рынок анализа данных растет на 40% в год, \$50 млрд. в 2016 году
- Открытые данные и открытый код
- Глобальные облачные сервисы
- Доступность научной литературы
- Доступность онлайн-образования
- Труд учёных в России пока ещё дешёв

SWOT-анализ: ИИ для России

Сила	Слабость
Возможности	Угрозы

- Демографический провал в науке (мало 30-50-летних)
- Глобальные рынки персональных данных уже поделены (Google, Facebook, Amazon, Microsoft, Baidu)
- Прямое влияние на пользователей (Пример: Cambridge Analytica)
- Зависимость от чужих прогнозов (Пример. *Джон Перкинс. «Исповедь экономического убийцы»*)
- Зависимость от чужого программного обеспечения

Преодоление технологического отставания

- Образование. Знания и таланты – это нефть XXI века
 - элитарное образование: поддержка лидирующих школ и университетов
 - инженерное образование: курсы переподготовки в области анализа данных
 - развитие национальной платформы онлайн-образования
 - задача СМИ: пропаганда науки, технологий, стратегий личного успеха
- Наука и инновации
 - создание реестра отечественных разработок
 - создание сетевой инфраструктуры, объединяющей центры компетенции, проектные научно-исследовательские группы, заказчиков и инвесторов
 - выработка стратегий в открытом диалоге между властью и учёными
- Формирование рынков данных
 - стимулирование партнёрства компаний и научных коллективов
 - продвижение открытых конкурсов анализа данных во всех отраслях
 - развитие облачных сервисов и центров коллективного пользования