

Две важных научных проблемы

Александр Горбань

План

- Смена эпохи в науках: от бегства от чуда к борьбе со сложностью.
- Проблема Эйнштейновского типа: темная материя
- Проблема нового типа: сетевой искусственный интеллект.

Бегство от чуда (Эйнштейн)

“The development of this world of thought is in a certain sense a continuous flight from ‘miracle’.”

Известные
законы,
простые и
красивые

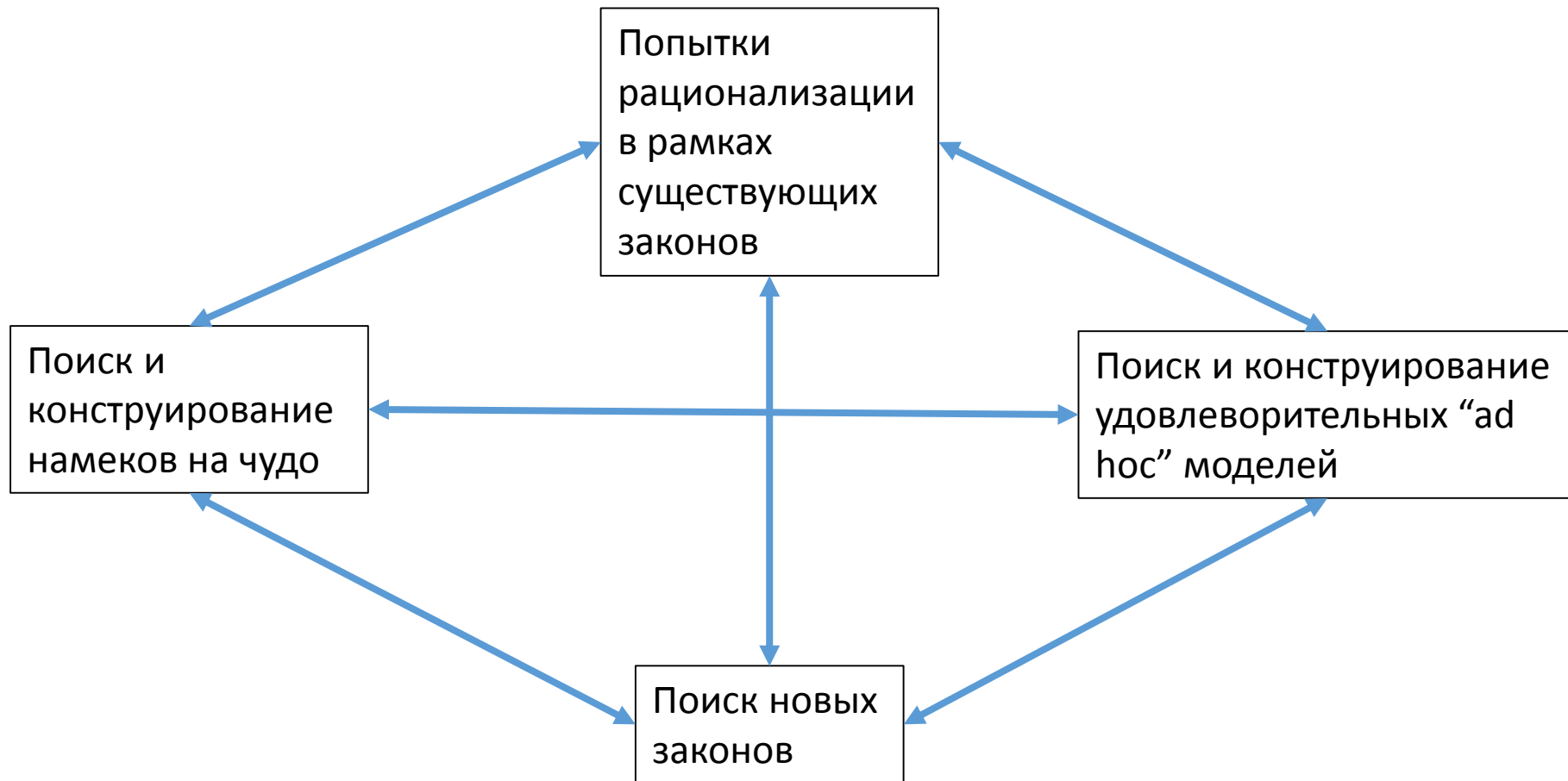
Чудо:

Феномен, который
противоречит
известным законам,
насколько мы знаем

Новые
законы,
простые и
красивые

Бегство от чуда (рационализация)

Элементы «технологической цепочки» бегства от чуда



АССИМИЛЯЦИЯ СЛОЖНОСТИ

Stephen Hawking, “I think the next century will be the century of complexity” (2000)

Феномен

Основные
законы, красивые
и простые

Модель – это устройство,
которое работает. Рождение
MODEL ENGINEERING

Сложная модель, которая
следует основным
законам, но **не работает**, и
мы уверены, что она верна

Модель, которая
работает

БИТВА СО СЛОЖНОСТЬЮ

Изобретение и первая критика темной материи



Лорд Келвин (1904): звезды в Млечном пути вращаются вокруг центра галактики слишком быстро, следовательно существует много скрытой массы. (Более того, по-видимому, **большая** часть массы невидима.)

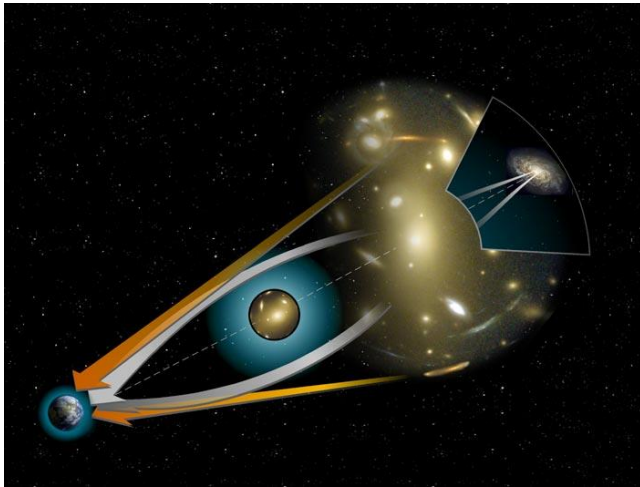


Анри Пуанкаре (1906): Данные, астрономических наблюдений позволяют утверждать, что темной материи нет, или, по крайней мере, ее не больше, чем видимой.

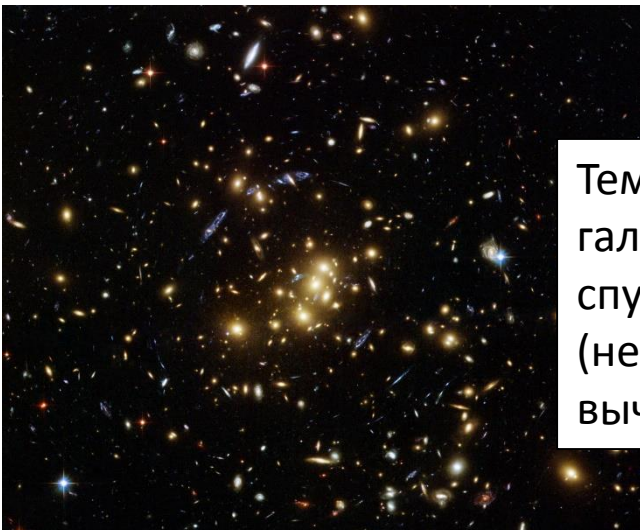


1933 Фриц Цвикки анализирует распределение скоростей и соотношение между кинетической и потенциальной энергией. Вывод как у Кельвина – темной материи много!⁶

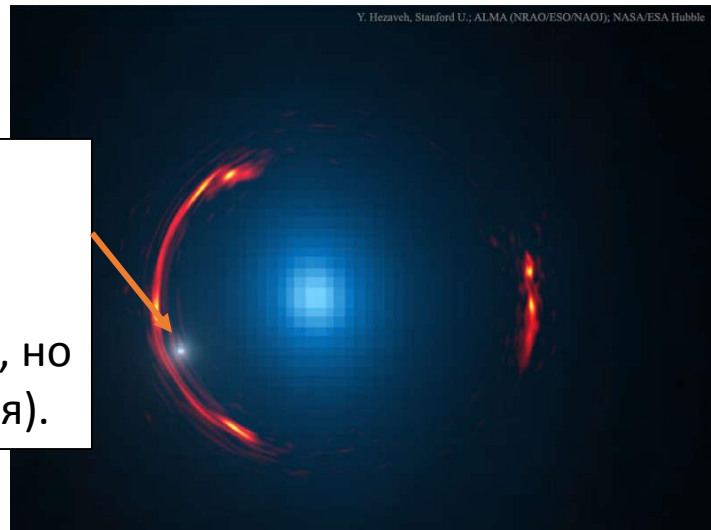
Гравитационные линзы – еще один источник информации о темной материи



Эффекты Гравитационных линз (Хвольсон-Эйнштейн 1924-1936) используются для оценки распределения темной материи (предложено Фрицем Цвикки, 1937).



Темная галактика – спутник (невидимая, но вычисленная).



Темная материя



Ядро темной материи (здесь - голубое) склеивает далеко отстоящие галактики (выделены красным) в кластер.

Первоначальные наблюдения (2007) настолько меняли привычную картину, что были объявлены ненадежными.

Однако новые результаты полученные Хаббл телескопом (NASA) подтвердили картину.

Изобретение темной энергии



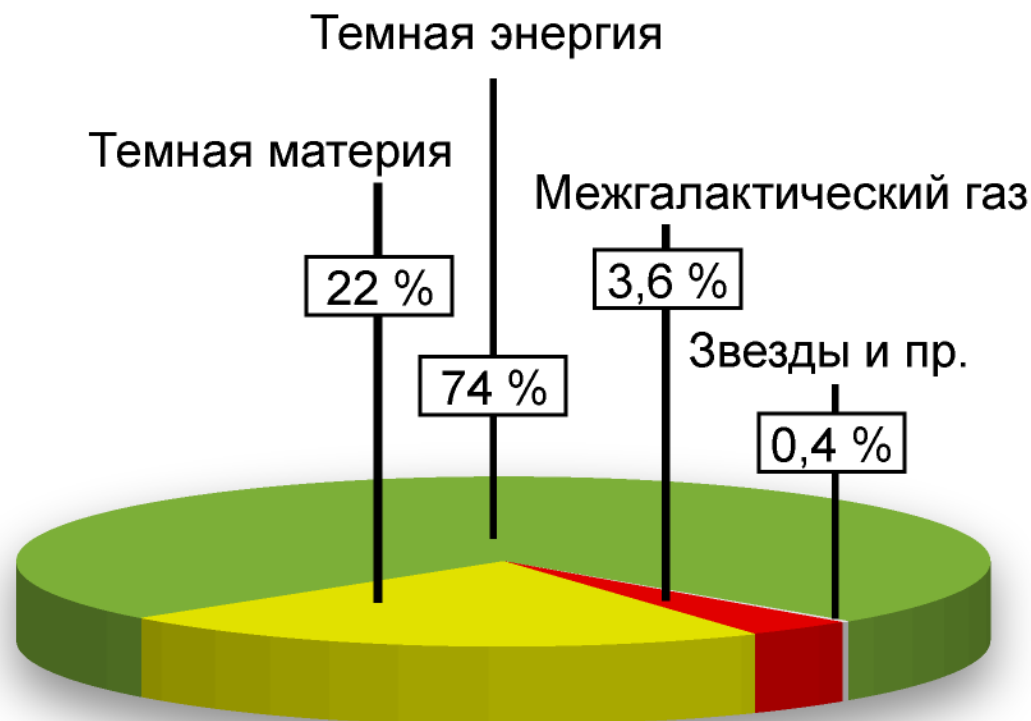
Введена Альбертом Эйнштейном в 1917 (в форме космологической постоянной Λ), чтобы получить стационарную Вселенную. Эйнштейн не любил эту работу (слишком *ad hoc* — для случая) и в какой-то момент даже назвал ее своим «величайшим идиотизмом». Вскоре Фридман предложил модель расширяющейся Вселенной и темная энергия (космологическая постоянная) была довольно долго не востребована.

Масса-энергия мира (современная интерпретация данных)

Типология данных:

- Динамика галактик и движение звезд;
- Расширение вселенной;
- Отклонение света (гравитационные линзы).

В обработке данных используется современная теория гравитации (ОТО).



Другие оценки:

- 68% - темная энергия,
- 27% - темная материя,
- Остальное – межгалактический газ, излучение, звезды.

Темная энергия

Эпоха ad hoc моделей:

- Космологическая константа Эйнштейна;
- Квинтэссенция – новое фундаментальное взаимодействие (скалярное поле);
- Энергия вакуума;
- Энергия пространства;
- Прочие констроябии.

Теории темной материи

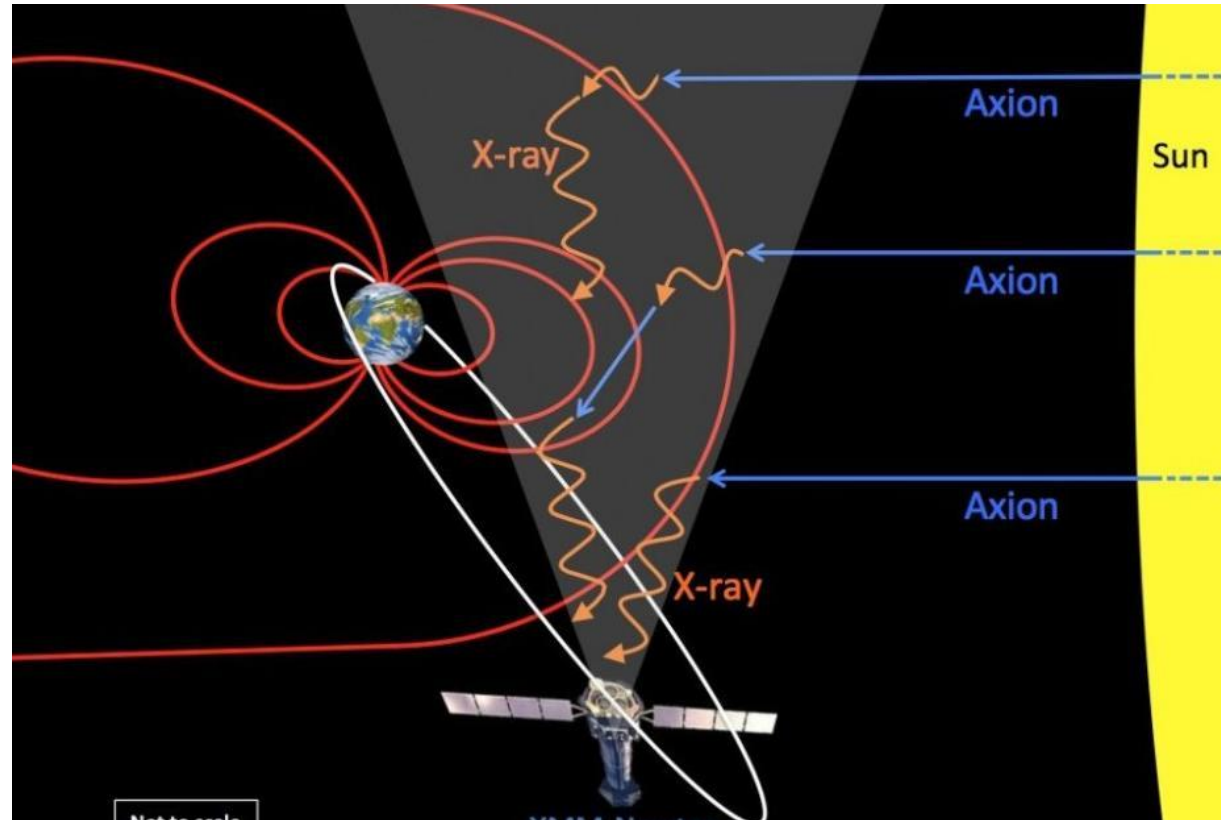
Эпоха ad hoc моделей:

- Темные барионы;
- Новые элементарные частицы - аксионы;
- Топологические дефекты пространства;
- Прочие констроябии.

Открытие аксионов (2014)?



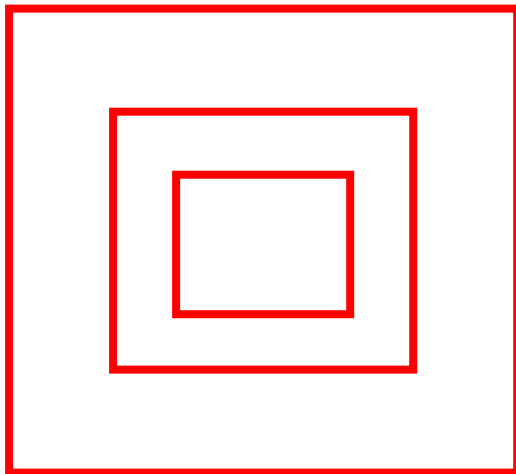
G. Fraser, Leicester



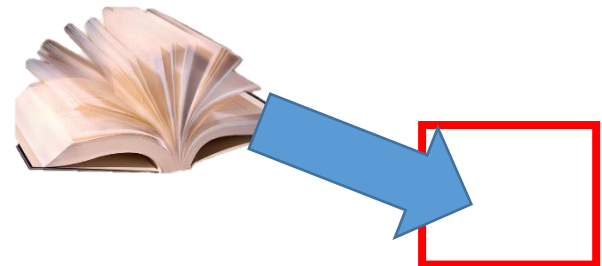
Результат обработки («раскопки») большого количества данных; нуждается в дополнительном подтверждении.

Два направления работы

Извлечение из данных как можно более жестких рамок для теорий темной энергии и темной материи. Сбор и подготовка таких данных.



Построение моделей, как можно более точно укладывающихся в рамки и не противоречащих (по возможности) базовым принципам (от чего-то придется отказываться).



Идея «стандартных моделей»

- Собираются модельные представления, наиболее успешно справляющиеся с данными и не слишком разрушающие красоту предшествующих базовых теорий.
- Эти «стандартные модели» используются для планирования экспериментов, критикуются и дорабатываются.
- Мечта о новых, красивых и простых законах светит, но не достигается.
- Не происходит удовлетворительной рационализации чуда - Источник «вечного движения».

Эта оценка может не разделяться энтузиастами.

В чем проблема (ограниченность рациональности?)

- Мы хотим знать больше о темной материи, но
- Возможен ли ответ «Эйнштейновского типа» в форме красивых и простых новых законов или мы обречены наблюдать бесконечную последовательность более-менее удовлетворительных, захватывающих все больше эмпирического материала, но не претендующих на истину стандартных моделей?
- Или проблема темной материи знаменует собой конец «эссенциализма», согласно которому «Лучшие и истинные научные теории описывают «сущности» или «сущностную природу» вещей — те реальности, которые лежат за явлениями. »
- ...все теории являются и остаются гипотезами: они суть предположения (doxa) в отличие от несомненного знания (episteme). К. Поппер. Логика и рост научного знания.
- Однако ранее лучшие из теорий хотя бы временно выглядели архитектурными ансамблями, а сейчас мы будем иметь дело с потоком «стандартных моделей».

Чем поддерживается высокий уровень вовлеченности?

Не знаю, но, возможно, следующие пункты важны:

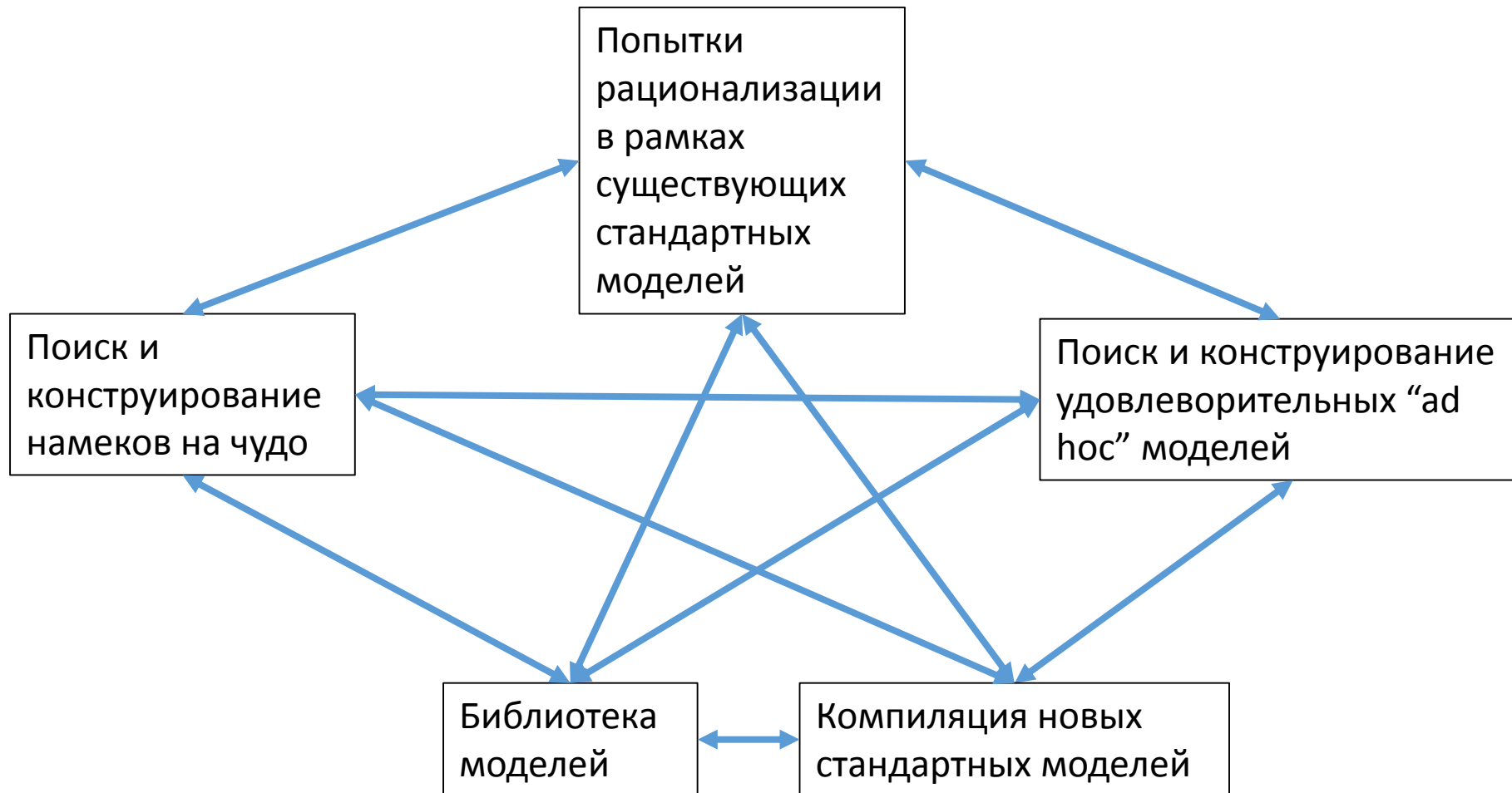
Вовлеченность великих ученых;

Соображения престижа;

Двойное назначение космических технологий;

Участие большого числа влиятельных академиков/профессоров (самовоспроизводство вовлеченности).

Может быть, так:



Три пришествия нейронных сетей

- Розеблат и Уидроу (конец 1950х - начало 1960х);
- Хопфилд и Хинтон с соавторами (1980е);
- GOOGLE, Amazon и другие гиганты (2000е - сейчас).

Технические возможности компьютеров накапливались монотонно.

Интеллектуальные прорывы в области нейронных сетей опережали технические возможности, а потом замедлялись до появления нового поля возможностей.

Терпеливые стали классиками!

Причины третьего пришествия

- Компьютеры стали достаточно мощными;
- Информационные гиганты (GOOGLE, AMAZON, FACEBOOK, MICROSOFT) в достаточной мере развили бизнес сетевых услуг;
- 10 марта 2000 года, индекс NASDAQ упал более чем в полтора раза при закрытии;
- Необходимость диверсификации дот-комов;
- Красивые технологические находки, оформленные в 2000-е. “This is deep learning’s Cambrian explosion.” Deep learning – много слоев нейронов друг за другом.

Кризис курса акций Amazon 2000-2001

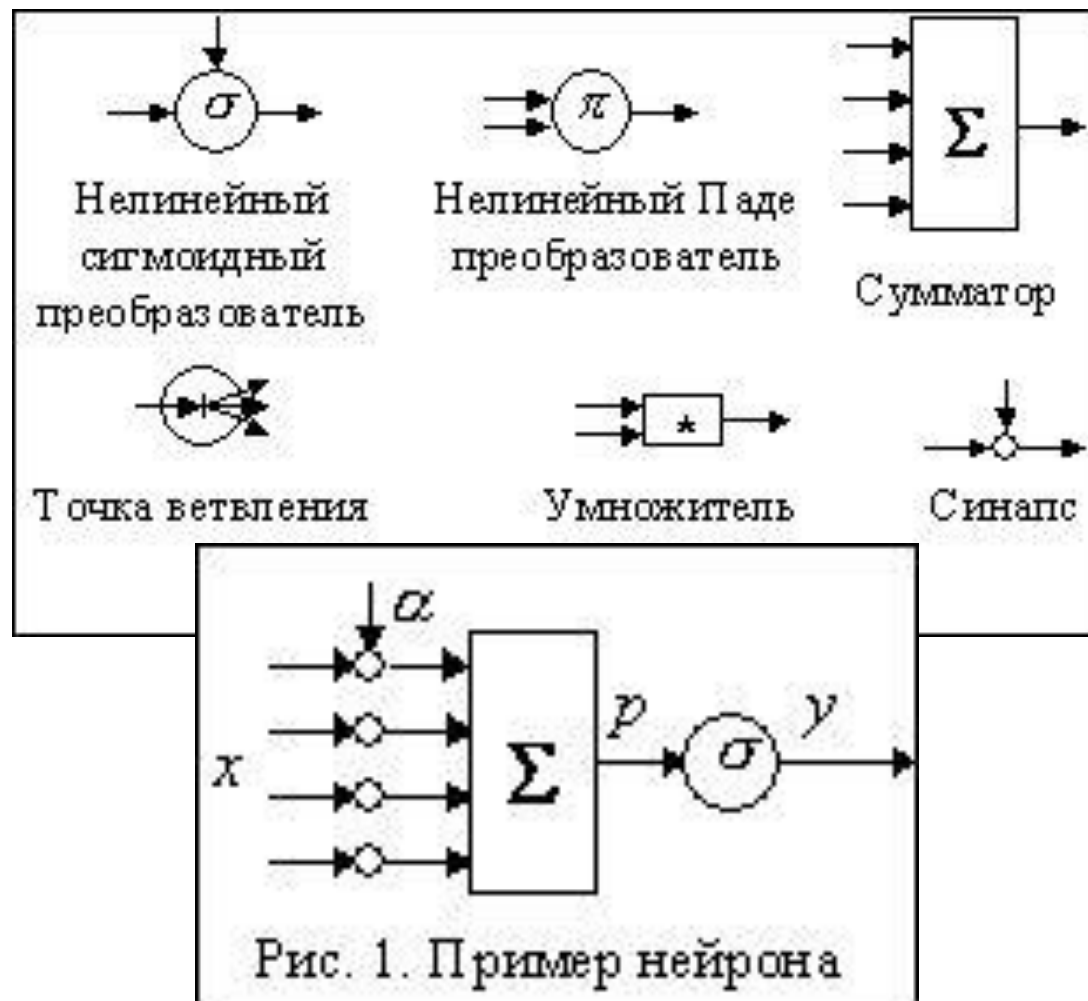


Несколько базовых идей.

Коннекционизм

- Однородность системы (элементы одинаковы и чрезвычайно просты, все определяется структурой связей);
- Каждая связь представляется как совсем простой элемент, служащий для передачи сигнала.
- Надежные системы из ненадежных элементов и «аналоговый ренессанс» использование простых аналоговых элементов;
- «Голографические» системы при разрушении случайно выбранной части система сохраняет свои свойства.

Элементы нейронных сетей



Смена базового принципа

Первая схема: **нейросети суммируют неявный опыт и используют его для решения задач** (можно тиражировать, как программы или устройства).

Следующая схема: **нейросети производят знания для использования человеком, переноса в другие программные продукты и др.**

«Именно нейросетевая технология производства знаний, по моему, является «точкой роста», которая по-новому развернет нейроинформатику, преобразует многие разделы информатики и создаст новые.» Горбань, 1998.

Нарождающаяся схема: **нейросети производят знания и учат друг друга.** Они функционируют в разных условиях, накапливают разные знания и обмениваются ими.

GOOGLE, Amazon продают

- Услуги нейронных сетей по распознаванию;
- Услуги стартапам по выращиванию нейронных сетей: «Google Cloud's AI provides **modern machine learning services**, with **pre-trained models** and a service to generate **your own tailored models**.»
- Услуги, использующие нейронные сети: «Major Google applications use Cloud machine learning, including Photos (image search), the Google app (voice search), Translate, and Inbox (Smart Reply).»

Профессии нейронных сетей

Распознавание образов:

- изображений, человеческих лиц, букв и иероглифов, отпечатков пальцев в криминалистике, речи, сигналов радара и сонара,
- элементарных частиц и происходящих с ними физических процессов (эксперименты на ускорителях или наблюдение за космическими лучами),
- заболеваний по симптомам (в медицине),
- местностей, где следует искать полезные ископаемые (в геологии, по косвенным признакам),
- признаков опасности в системах безопасности,
- свойств химических соединений по структуре.

Профессии нейронных сетей

Управление в реальном времени:

- автомобилями,
- самолётами и ракетами,
- станками и машинами,
- технологическими процессами непрерывного производства (в энергетике, металлургии и др.).

Профессии нейронных сетей

Прогнозирование в реальном времени:

- погоды,
- курса акций (и других финансовых показателей),
- исхода лечения,
- политических событий (результатов выборов, международных отношений и др.),
- поведения противника (реального или потенциального) в военном конфликте и в экономической конкуренции,
- устойчивости супружеских отношений.

Профессии нейронных сетей

- Оптимизация — поиск наилучших вариантов: при конструировании технических устройств, при выборе экономической стратегии, при лечении, при подборе команды.
- Протезирование («умные протезы») и усиление естественных функций.
- Перевод текстов на естественных языках.

Обучение с учителем



Производство знаний из данных

- **Нейросети производят знания для использования человеком, переноса в другие программные продукты и др.**
- «Именно нейросетевая технология производства знаний, по-моему, является «точкой роста», которая по-новому развернет нейроинформатику, преобразует многие разделы информатики и создаст новые.» Горбань, 1998.
- **Технология есть (давно), софт есть, но пользователей мало** – рынок требует «кнопочных решений».

Третья схема: разделение труда и взаимообучение в сообществах нейронных сетей (*версия*)

- Нейронные сети дают ответ с оценкой своей «степени уверенности» в нем.
- Ансамбль нейронных сетей учится с учителем так, чтобы для каждого примера самые уверенные в ответе на данный пример не ошибались. (Самый уверенный *«берет на себя ответственность»*.)
- Те, кто решает пример с ошибкой, учатся либо решать правильно, либо не быть слишком уверенным в своей ошибке.

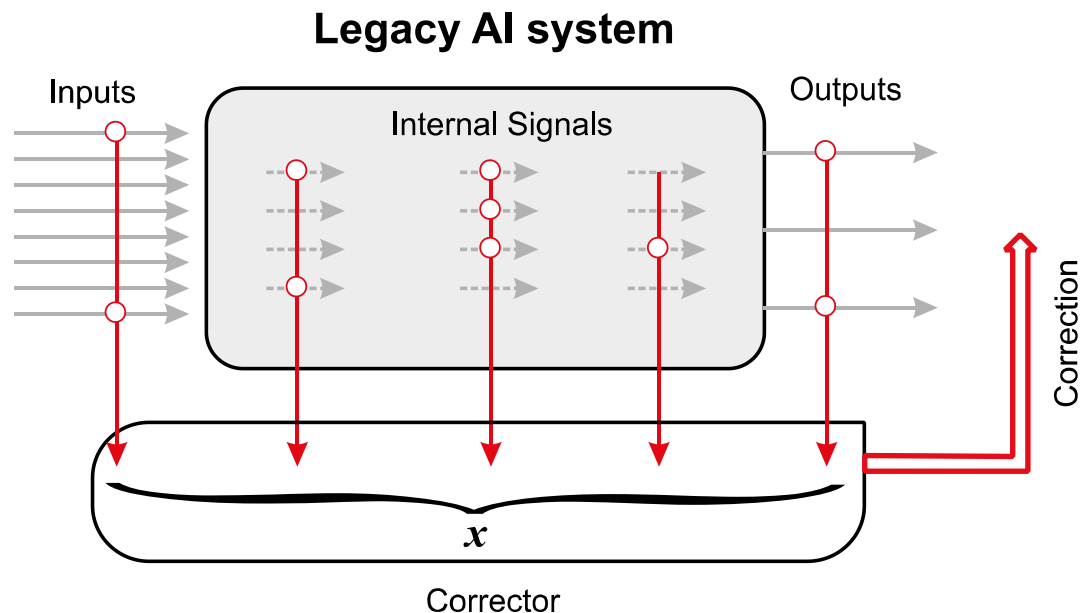
Третья схема: продолжение без учителя

- В каждой новой ситуации ответственность берут самые уверенные.
- Они дают ответ (становятся учителями) – и все подучиваются.
- Существуют схемы быстрого и обратимого подучивания «на лету» без порчи старых навыков. (Корректор)
- Накопив много поправок в корректоре, сеть занимается интериоризацией знаний. Скорректированная версия используется как учитель.

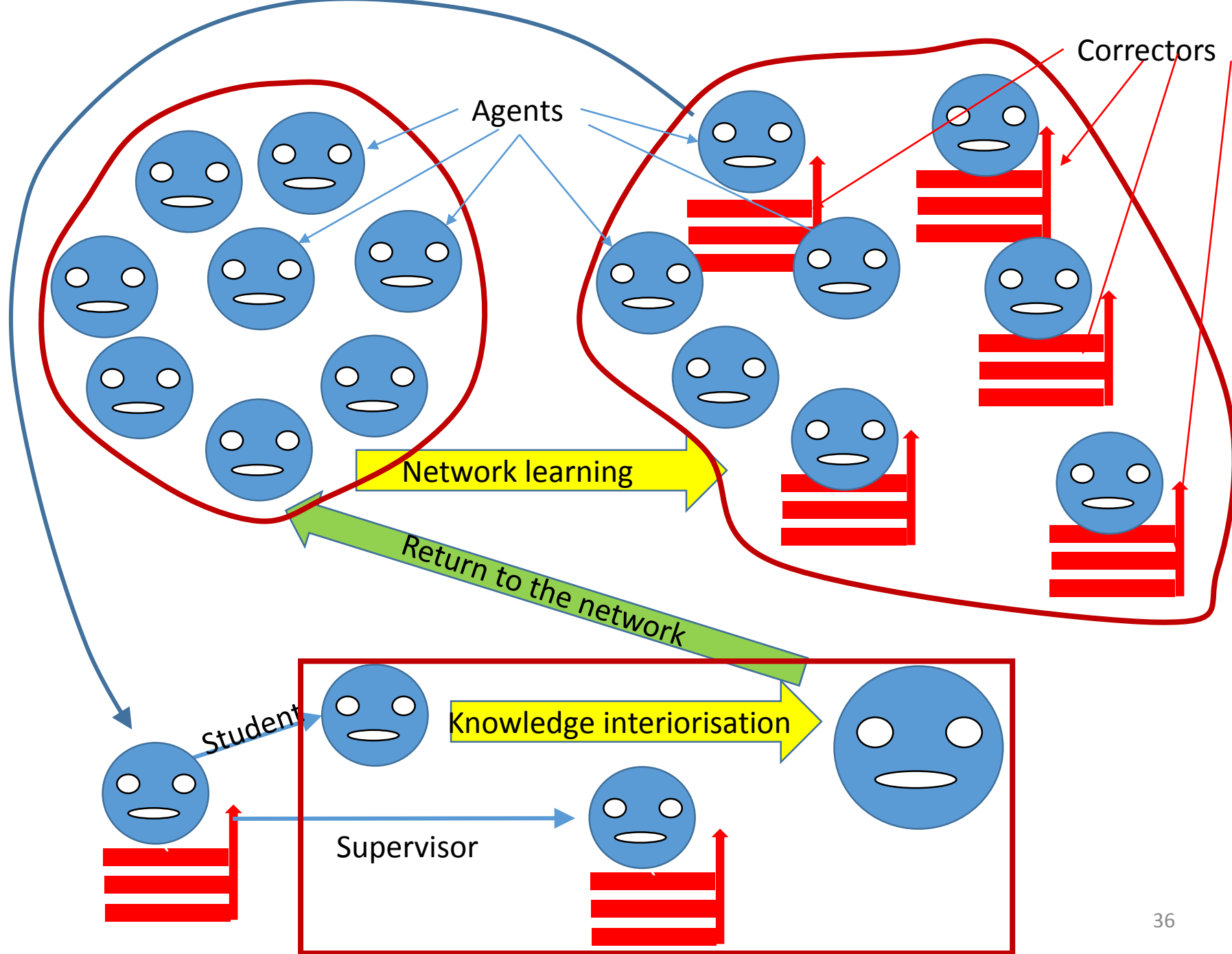
AUGMENTING ARTIFICIAL INTELLECT: A CONCEPTUAL FRAMEWORK

A paraphrase of Douglas C. Engelbart

Корректор «на лету»



Сам корректор состоит из линейных перцептронов или малых нейронных сетей



Следующие этапы

- Общение между нейронными сетями: обмен сигналами при решении задачи. Критерий обучения – эффективность совместной работы. Рождение языка.
- Фейсбук нейронных сетей с группами по интересам (и общением на внутренних языках).
- Проблема в управлении этим потоком.