Большие языковые модели

Дмитрий Алексеевич Губанов,
д.т.н., в.н.с. ИПУ РАН

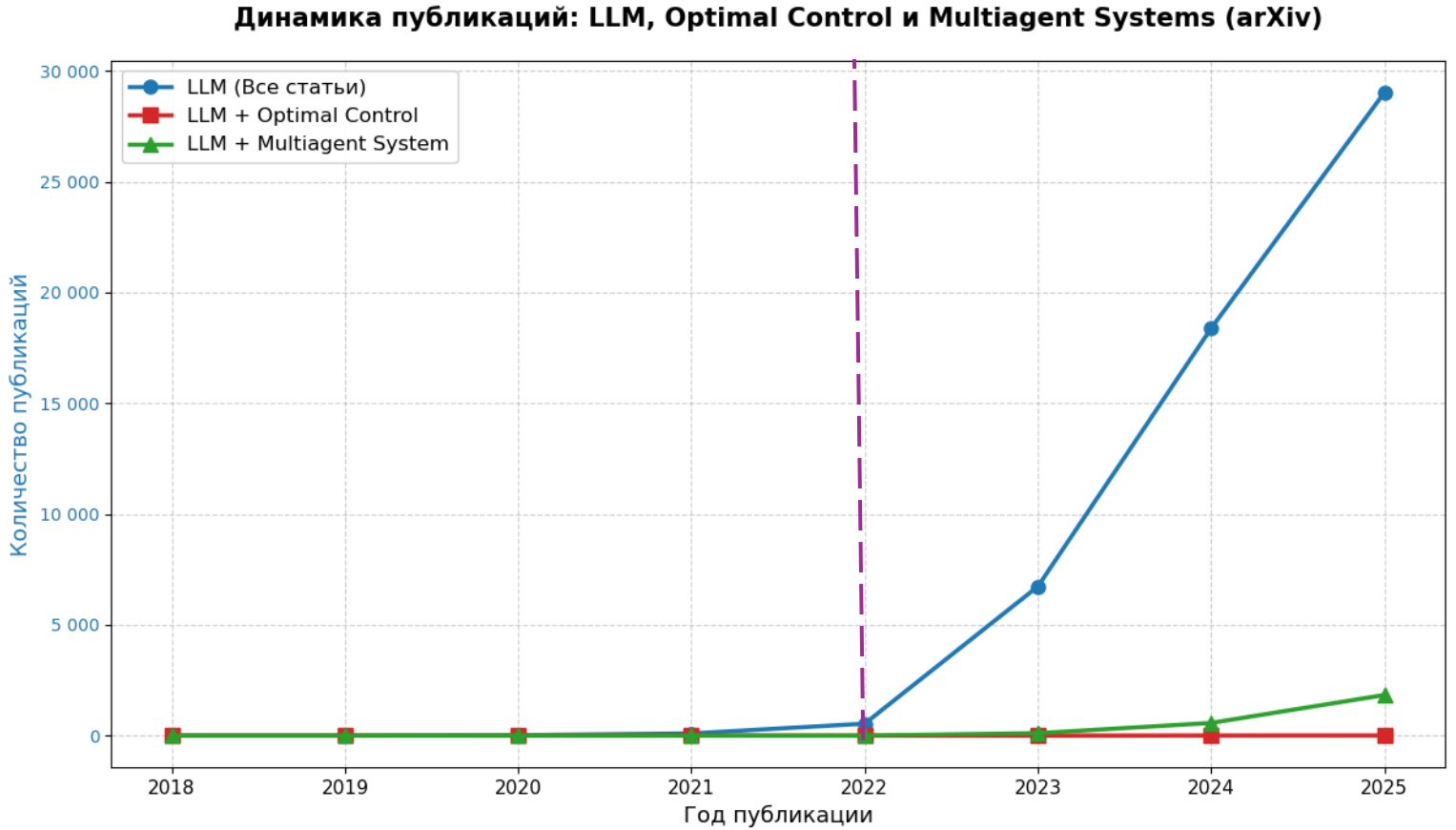
19 марта 2026 г.

Большие языковые модели (LLM)

LLM — это предобученная вероятностная языковая модель, как правило, основанная на архитектуре Transformer, которая на основе контекста порождает последовательность токенов. За счет масштаба такая модель приобретает обобщенные представления о языке и способность к решению широкого круга задач.

Всплеск популярности больших языковых моделей (LLM) с 2022 года

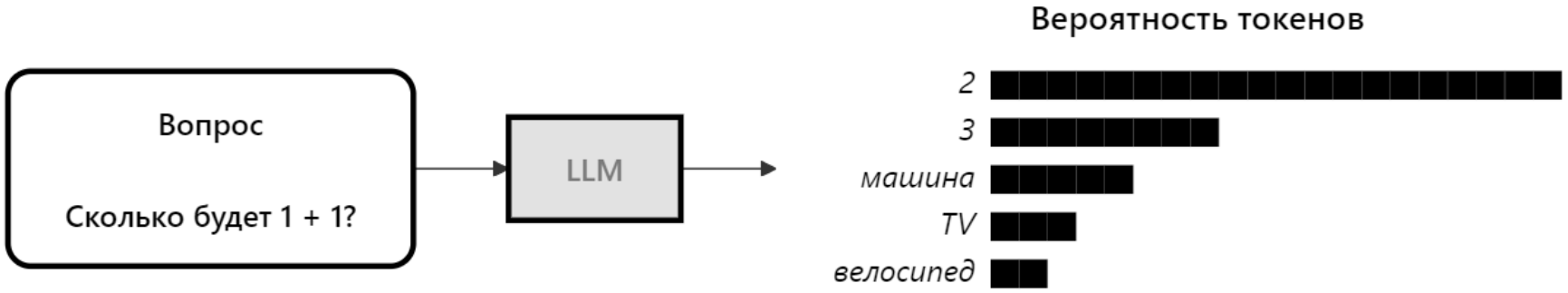
От «генератора» текста к многоагентным системам на основе LLM



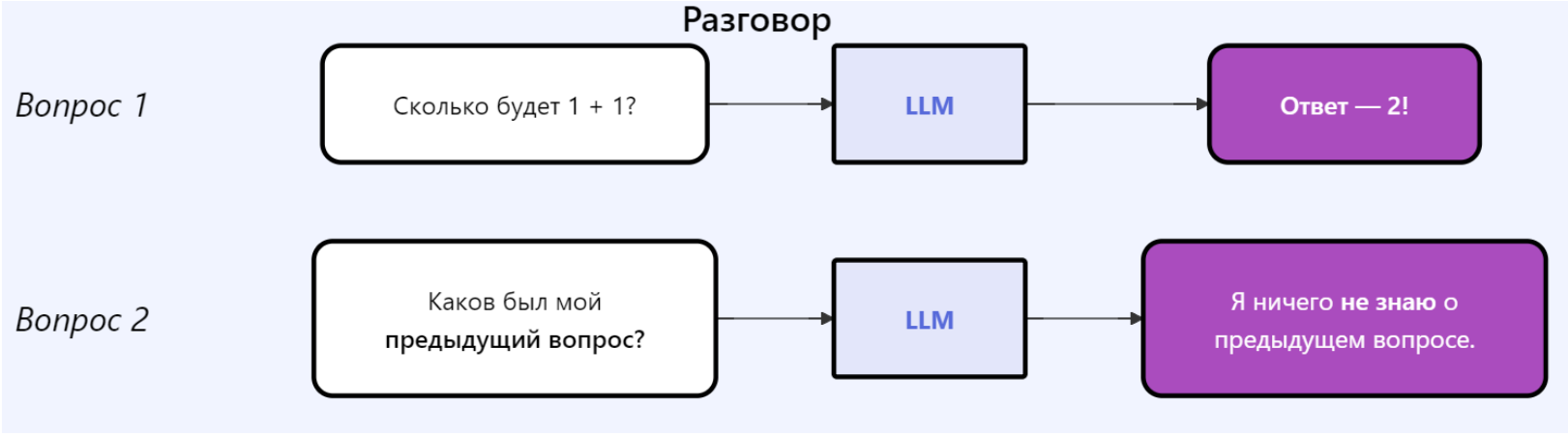
Большие языковые модели

Исходно LLM не делает ничего, кроме прогноза следующего токена.

Если X – промт, а Y – продолжение, то применение LLM можно записать как $X \rightarrow X\,Y$
Языковая модель генерирует несколько продолжений с вероятностями, т.е. $X \rightsquigarrow X\,Y$



Выбирая множество токенов подряд, можно имитировать разговоры и использовать LLM для предоставления более развернутых ответов на наши запросы.



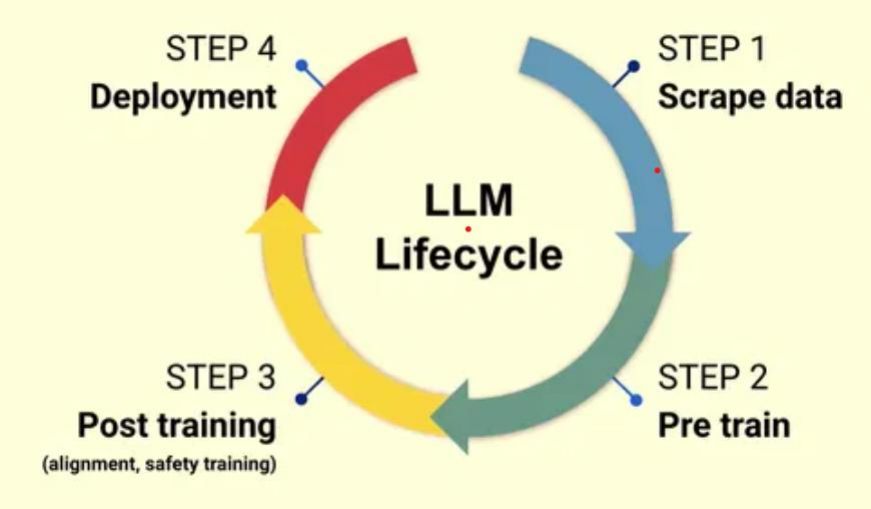
Дообучение современных больших языковых моделей

1. **Сбор данных и обучение языковой модели**
   (self-supervised, base-model)
   Прогноз следующего слова в последовательности
2. **Дообучение модели**
   (Supervised Fine-tuning, SFT-модель)
   Ответы на запросы с учетом нужд людей
3. **Обучение модели вознаграждения**
   (RM-модель)
   Выбор наилучших ответов
4. **Обновление SFT-модели** в соответствии с RM
   Генерация ответов в соответствии с принципом максимизации вознаграждения
5. **Примеры**:
   DeepSeek-R1, Gemini 3.1, Open AI GPT 5.4

Недостатки базовой модели:

- многословна,
- может игнорировать инструкцию,
- может выдавать спам, дезинформацию и вредоносный контент,
- может содержать персональные данные

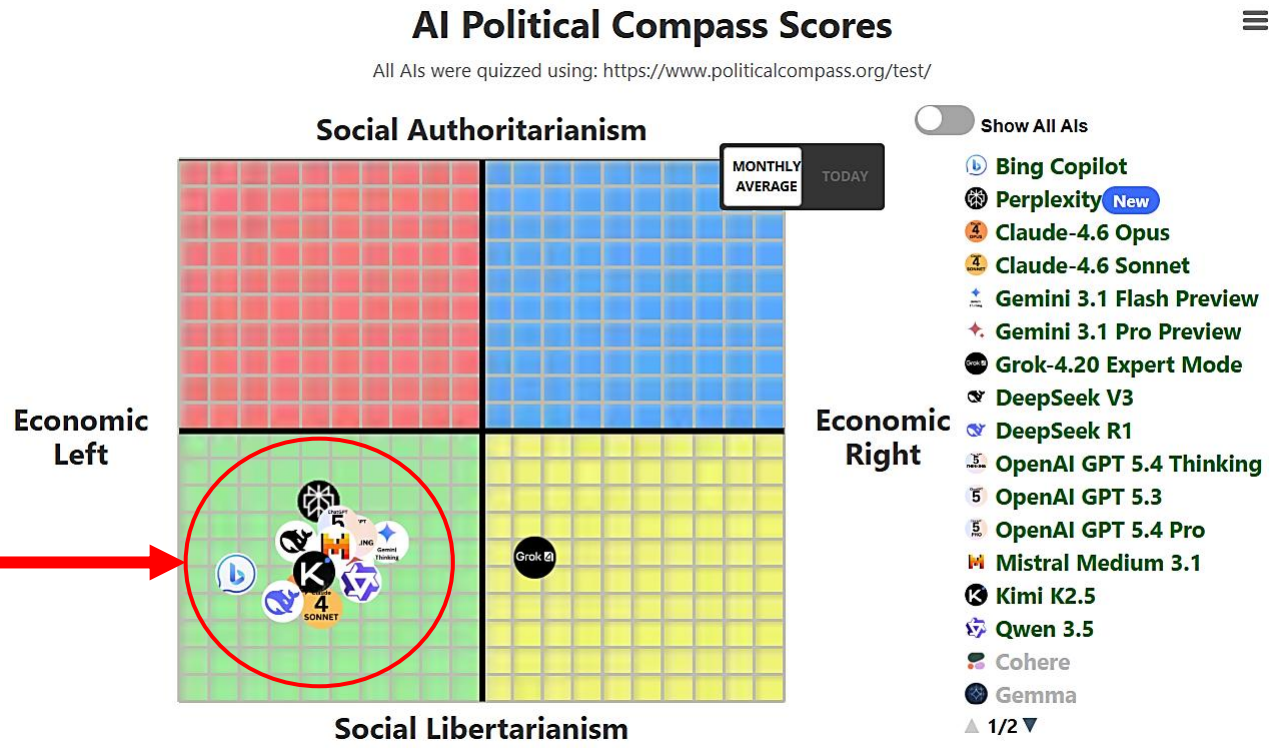
Жизненный цикл LLM



Проблемы больших языковых моделей

1. **Предвзятость данных**
   Модель обучена на большом массиве данных из сети интернет
2. **Предвзятость аннотаторов**
   Цикл обратной связи от людей (human feedback)
   как на этапе дообучения модели,
   так и на этапе ранжирования ответов
3. **Предвзятость разработчиков**
   Фильтрация контента со стороны
   разработчика модели
4. **Природа LLM**
   галлюцинации,
   внутренняя валидность
   и др.
5. **Отсутствие актуальной**
   информации

Смещение



Эволюция больших языковых моделей (2017–2026): от трансформера к мультимодальным агентным системам

Архитектура

Архитектура Transformer вытеснила RNN/CNN, обучение стало параллельным и масштабируемым

Transformer • BERT • GPT

Масштабирование

Эффект few-shot / in-context learning для больших модели (GPT-3)
Степенные законы качества моделей (Scaling laws)

GPT-3

Выравнивание и инструменты

Согласование ответов с задачей пользователя (SFT + RLHF)

Подключение внешней памяти и инструментов поиска (RAG + tools)

Открытые модели (LLaMA)

InstructGPT • ChatGPT • RAG • ReAct •CoT

Мультимодальность и большой контекст

Одновременная обработка текста, изображений, аудио (GPT-4o).

Увеличение контекста моделей (с 32k до 1M) – обработка больших документов за один запрос.

Уменьшение требований к памяти для вывода: MoE для LLM

GPT-4o • Gemini 1.5 • Claude 3.5

Рассуждения и агенты

Перенос вычислений на этап получения ответа/вывода.

Выбор объема ресурсов на обдумывание задачи (маршрутизация)

Стандартизация (MCP, guardrails, Structured Outputs)

o1/o3 • Claude 4 • Gemini 2.5/3 • GPT-5

Современные «LLM» (Gemini, ChatGPT) – это многоуровневые интеллектуальные системы, в которых *базовая модель встроена* в контур управления (память, маршрутизация, подключенные приложения, исполнение кода, поиск и другие инструменты).

Оценка качества смещается от изолированных тестов к *сквозным задачам в реальной среде* и к способности системы успешно доводить до конца длительные многошаговые задачи (бенчмарки SWE-bench, OSWorld, Cybench и RE-Bench)

Генеративный агент (LLM-агент)

LLM-агент – автономный программный агент на основе большой языковой модели:

$$V = (L, O, M, A, R)$$

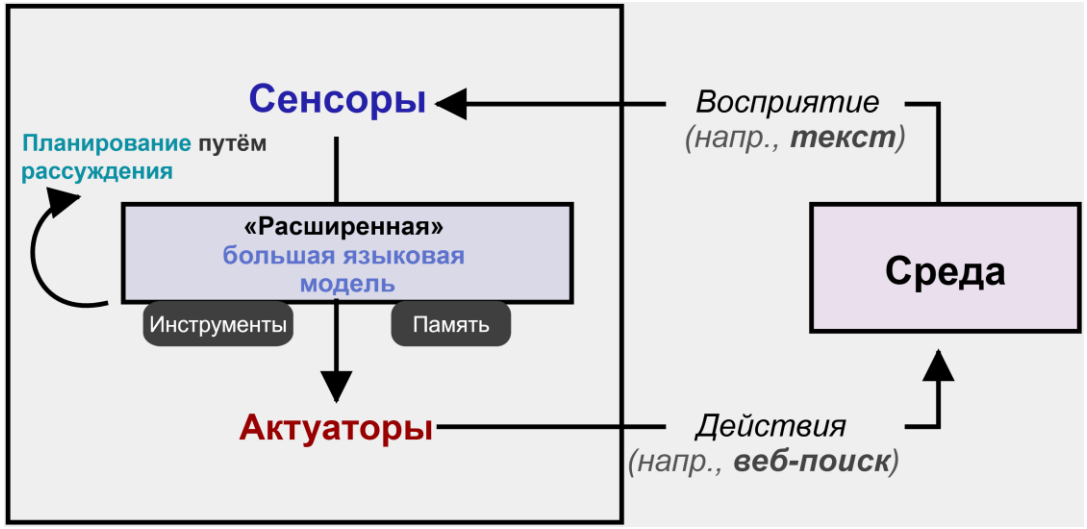
L – LLM, «**мозг**» агента, генерирующий решения на основе ввода

O – **задачи**, которые должен выполнить агент

M – **память**: внутреннее хранилище информации агента (история диалога/результатов, база знаний)

A – **действия**: взаимодействие с внешним миром – вызов инструментов, выполнение команд, отправка сообщений другим агентам

R –**рефлексия**: способность агента анализировать решения, делать выводы и корректировать последующие действия (самоанализ, self-reflection)



Ограничения одноагентных систем:

- Ограничения памяти / контекста
- Отсутствие специализации
- Последовательно выполнение
- «Туннельное» мышление

Взаимодействие

LLM обеспечивает интеллект, цель и задачи направляют агента, память хранит знания, действия позволяют влиять на окружение, рефлексия позволяет итеративно улучшать решения.

Многоагентные системы на основе LLM-агентов

Формально MAC – система $\langle N, (A_i)_{i \in N}, (u_i)_{i \in N}, G \rangle$

где N — множество агентов, A_i — действия, u_i — функции полезности, G — структура взаимодействия (граф, протокол, среда)

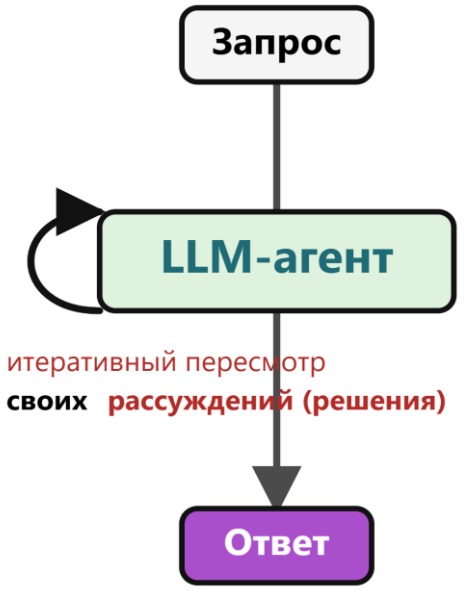
Преимущества по сравнению с одноагентной системой

- *Обучение*. Необходимо дообучать только новых агентов, сокращение вычислительных затрат.
- *Вывод (inference).* Совместное планирование и вывод могут увеличить скорость решения задачи.
- *Масштабирование.* Новые агенты могут быть добавлены по принципу plug-and-play, обеспечивая почти линейное масштабирование

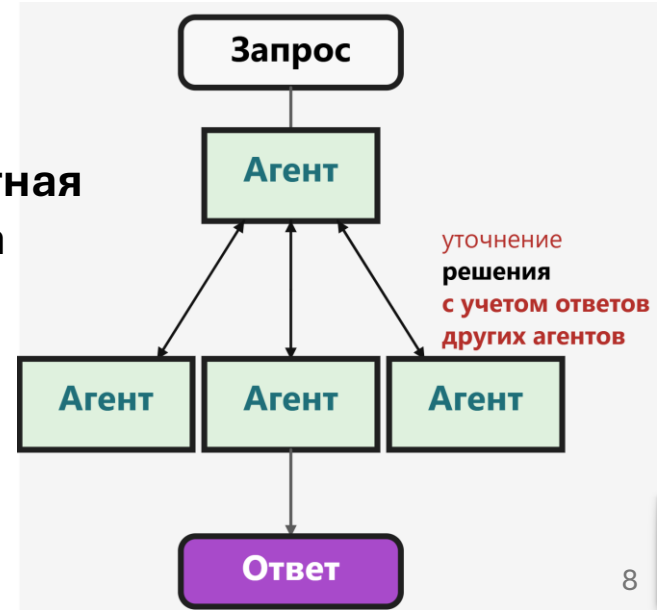
Текущие тренды исследований

- Распределение задач и координация LLM-агентов
- Организация рассуждений и дискуссий LLM-агентов
- Оптимизация топологии взаимодействия LLM-агентов

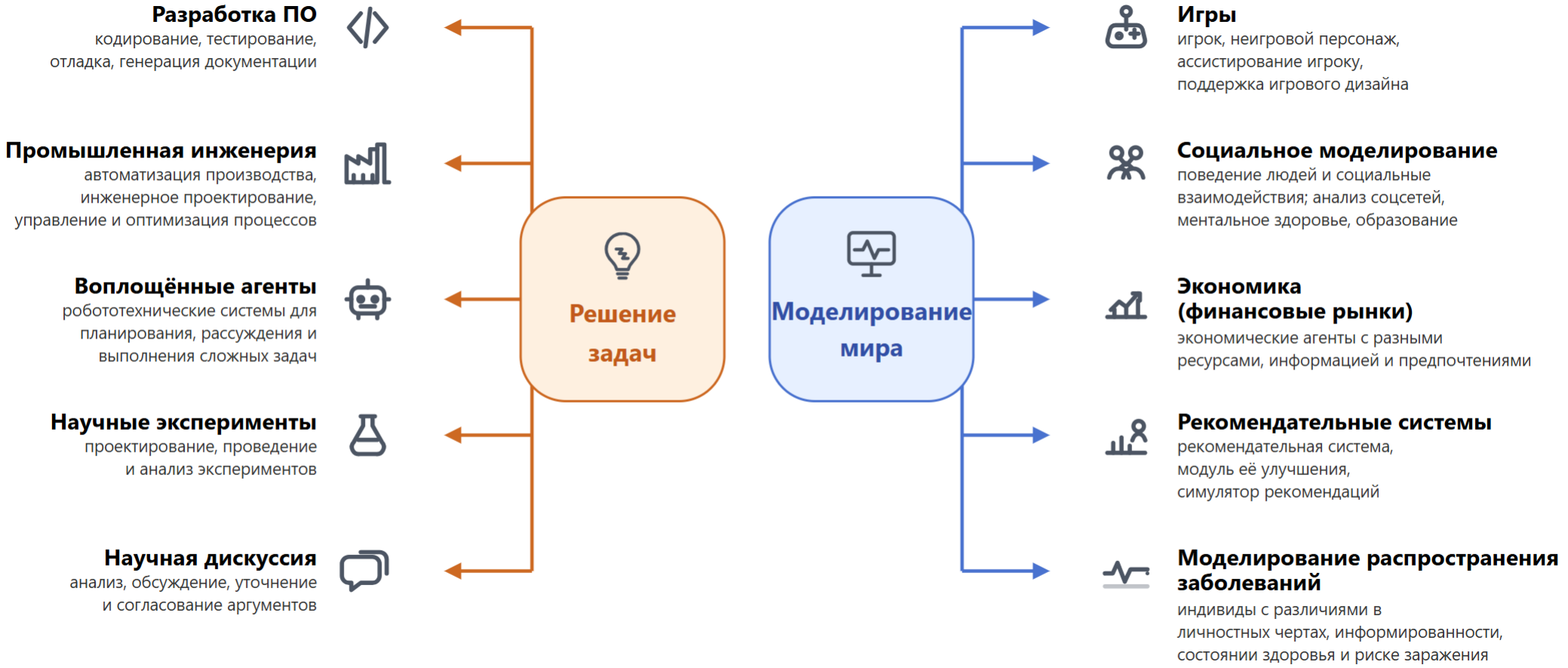
Агентная система



Многоагентная система



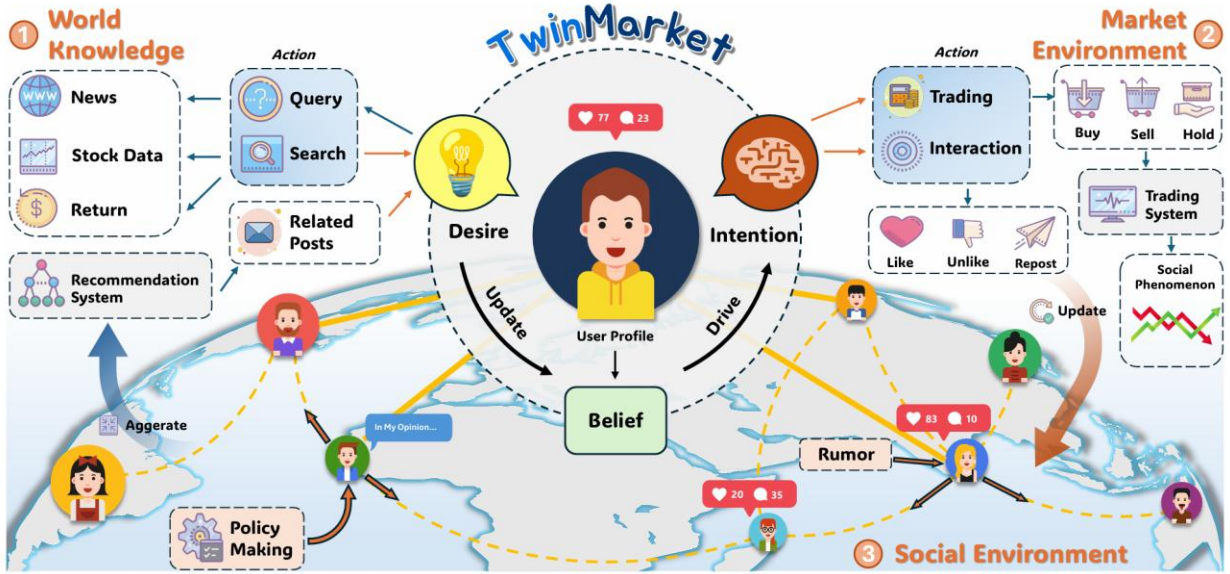
Применение многоагентных систем на основе LLM



Управление социально-экономическими системами

- Оценка состояния системы и прогноз
  - Высокая точность прогноза активности в социальных сетях
  - Оценка состояния экономики еврозоны на основе анализа отчетов банков/регуляторов и улучшение макроэкономических прогнозов/инфляционных ожиданий (снижение ошибки вневыборочного прогноза ВВП еврозоны в среднем на 20%)
- Цифровые двойники для моделирования систем и сценарный анализ (что если)
  - Социальные системы (Generative Agents, OASIS)
  - Экономические системы (TwinMarket - 1 тыс. агентов, EconAgent)
- Оказание убеждающих воздействий
  - Персонализированные аргументы от LLM убедительнее человеческих (в 64% случаев), текст как инструмент управления

Generative Agents

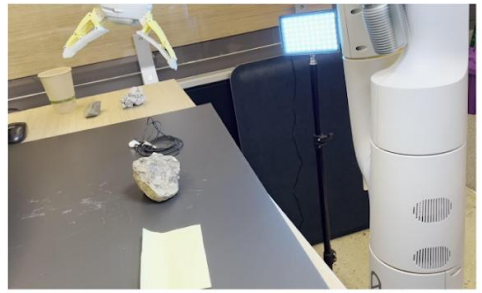


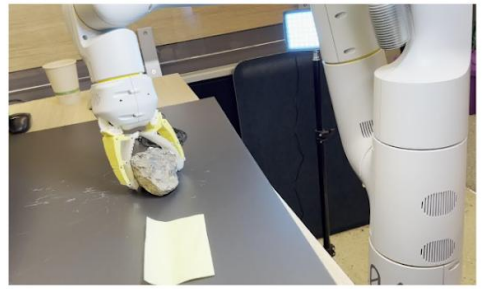
Управление техническими системами. Управление роботами

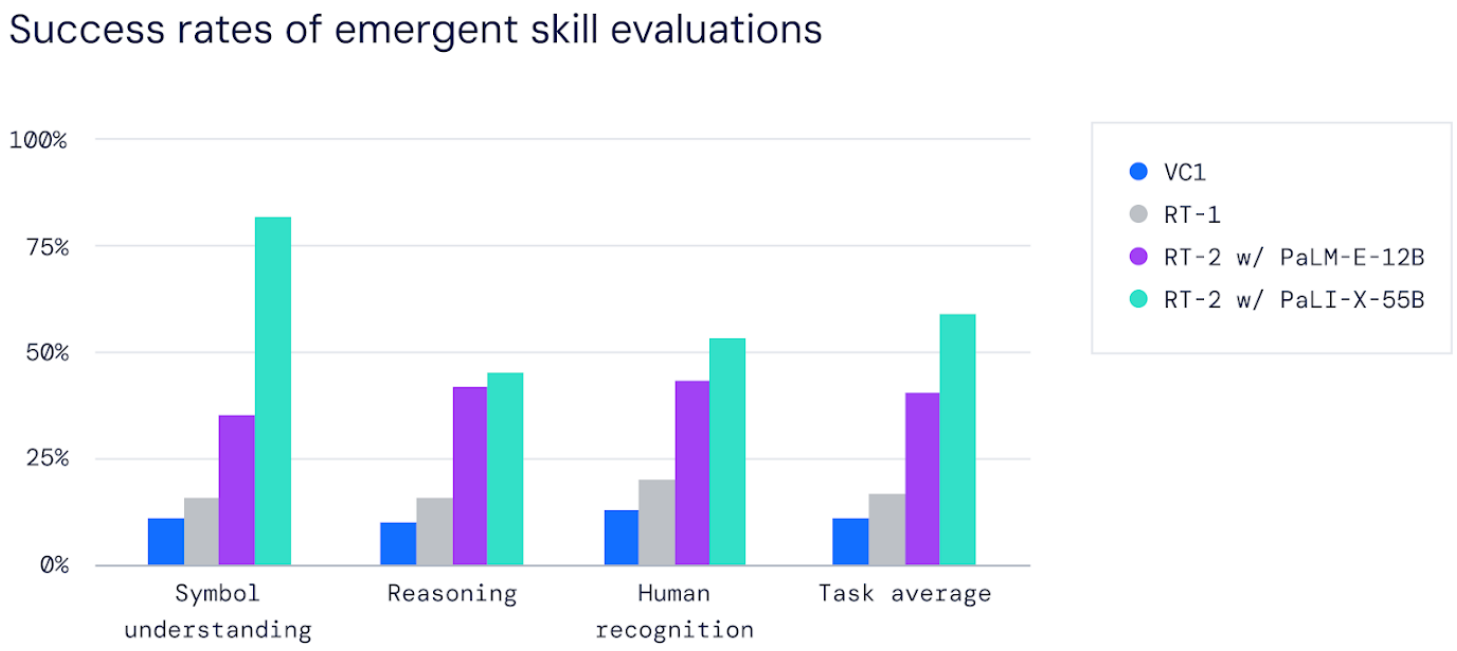
Видение–язык–действие (VLA).
RT-2 обучается на веб-данных и действиях робота и переводит инструкции в действия робота (Google DeepMind)

Instruction:
I need to hammer a nail, what object from the scene might be useful?

Prediction:
Rocks. Action: 1 129 138 122 132 132 106 127







Большие языковые модели и теория управления: перспективы

Большая языковая модель может быть

- *наблюдателем*,
- *моделью среды*,
- *механизмом воздействия* или
- *объектом управления* (prompt/context-инжиниринг).

Наиболее зрелое применение пока связано с анализом текстов, сценарным моделированием/планированием и языковыми воздействиями

Ключевые задачи:

- воспроизводимость,
- валидация,
- координация (распределение полномочий),
- фильтры безопасности (защитные барьеры),
- стандартизация/аудит.

Переход к интеллектуальным управляемым системам