

ИТМО

Генеративный ИИ для больших моделей и цифровых двойников

Александр Валерьевич Бухановский

Санкт-Петербург, 22 июня 2023



Поколение I - цифровые средства коллективного доступа "в ручном режиме" к разнообразным вычислительным ресурсам, сервисам, ПО, базам данных, библиотекам, лабораторному оборудованию и пр. (90е ХХ века)

Поколение II - механизмы бесшовной агломерации объектов коллективного доступа (в том числе, на основе интеллектуальных технологий), облегчающие процессы взаимодействия между пользователями и совместного использования ресурсов для решения собственных задач (WMS, семантические сервисы, облачные планировщики и пр.). (2000е)

Поколение III - механизмы, реализующие логику т.н. "4-й парадигмы науки" - автоматизация процессов получения новых знаний на основе данных (извлекаемых или синтезируемых на решениях I и II поколения) (2010е).

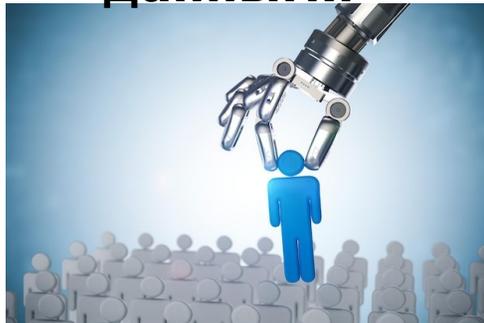
Поколение IV - механизмы цифровой трансформации научной деятельности посредством интеллектуальных технологий (2020е).

ИИ для воспроизведения базовых когнитивных функций (речь, зрение, NLP)



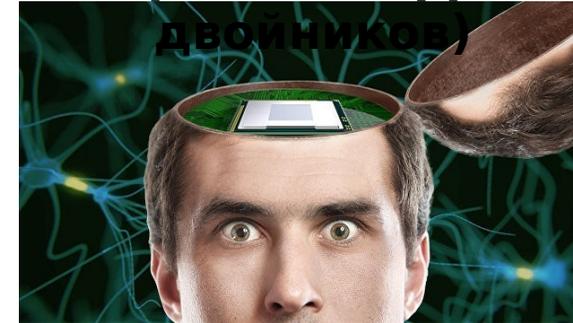
Неквалифицированный труд («лаборанты»)

ИИ для поддержки типовых рабочих процессов с моделями и данными



Линейный персонал («расчетчики»)

ИИ для поддержки креативной деятельности (создание моделей, настройка цифровых двойников)



Креативные специалисты

Перспективные методы искусственного интеллекта - методы, направленные на создание принципиально новой научно-технической продукции, в том числе в целях разработки универсального (сильного) искусственного интеллекта (автономное решение различных задач, автоматический дизайн физических объектов, автоматическое машинное обучение, алгоритмы решения задач на основе данных с частичной разметкой и (или) незначительных объемов данных, обработка информации на основе новых типов вычислительных систем, интерпретируемая обработка данных и др.)

Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490.

О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации

Статистика заявок на проекты РФФ (2022) на распределении перспективных направлений ИИ от Сбера

| | |
|----|--|
| | 1. Адаптация обученных моделей для применения в смежных приложениях |
| 2 | 2. Анализ социальных медиа-ресурсов |
| 10 | 3. Генеративный искусственный интеллект |
| | 4. Графовая вероятностная модель, байесовские сети |
| 1 | 5. Графовые нейронные сети |
| | 6. Классические методы машинного обучения и их развитие, отбор признаков |
| 1 | 7. Машинный перевод |
| | 8. Методы компактного представления для машинного анализа больших объёмов многомерных данных |
| 11 | 9. Методы представления знаний и логического вывода |
| | 10. Методы стохастической оптимизации в задачах машинного обучения |
| | 11. Моделирование нейробиологических процессов |
| 4 | 12. Новые архитектуры искусственных нейронных сетей |
| 12 | 13. Обнаружение объектов на изображениях и объектная сегментация изображений |
| 1 | 14. Обучение искусственных нейронных сетей на ограниченных наборах данных |

| | |
|---|--|
| 9 | 15. Обучение искусственных нейронных сетей с подкреплением |
| 2 | 16. Оценка распределений вероятности случайных векторов |
| 2 | 17. Повышение качества изображений, построение и изображений сверхвысокого разрешения |
| 1 | 18. Построение кинематических моделей человека (и других живых существ) |
| 2 | 19. Противодействие вредоносному воздействию на алгоритмы ИИ |
| 5 | 20. Распознавание по изображениям действий человека |
| 4 | 21. Распознавание речи, аудио-визуальные методы |
| | 22. Регрессии на основе гауссовских процессов, кригинг |
| 1 | 23. Синтез изображений |
| | 24. Совершенствование методов обучения моделей искусственного интеллекта |
| | 25. Человеко-машинные вопросно-ответные системы по результатам машинного анализа текстов |
| | 26. Эвристические алгоритмы оптимизации |
| | 27. 3D-реконструкция сцен и форм объектов по их изображениям |

* В ~60% заявок РФФ перспективные технологии не звучат в явном виде

D

Вот шутка:

-Когда грибочек пьет валерьянку?

-Когда он волнушка.

Сделай мне 5 таких же милых и похожих на эту.



1. Когда мышонок ест огурчик?

-Когда он огуречик.

2. Когда котенок пьет молоко?

-Когда он молоченок.

3. Когда медвежонок играет в волейбол?

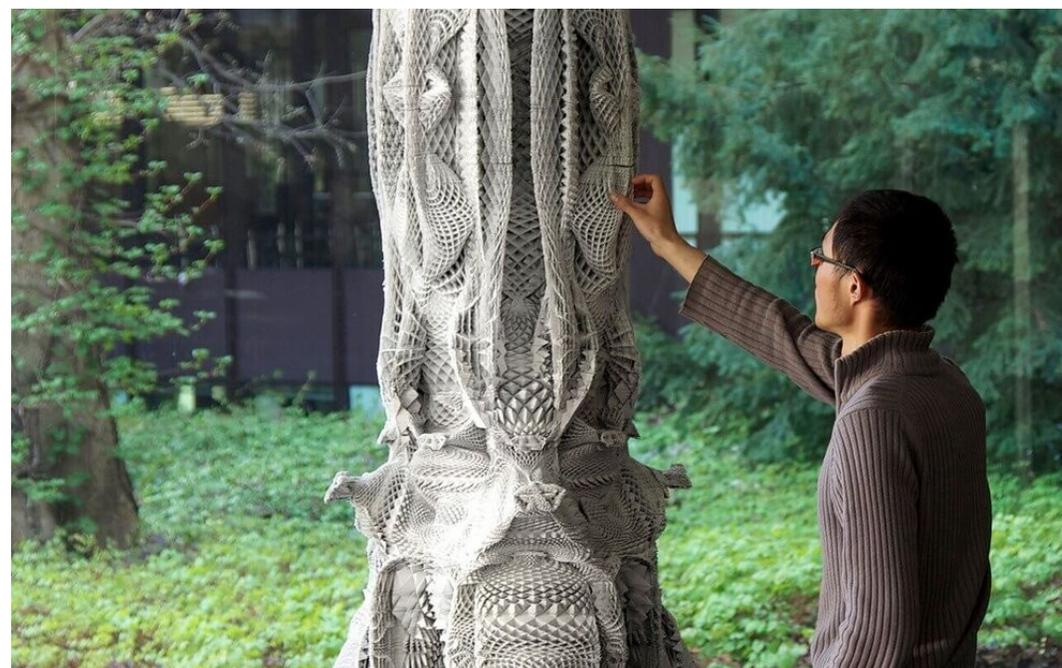
-Когда он медвежатьбол.

4. Когда зайчик кушает овощи?

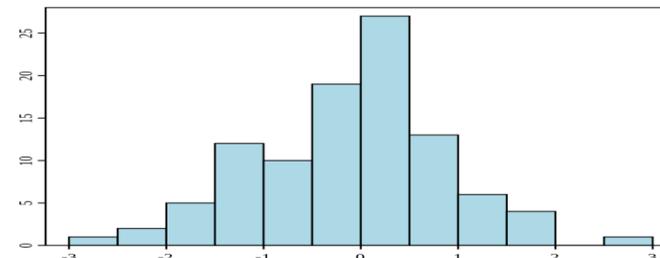
-Когда он зайчевочик.

5. Когда муравей смотрит телевизор?

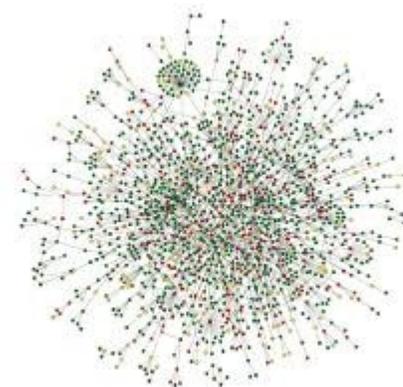
-Когда он муравьебай.



1) Классические методы Монте-Карло генерации выборок для случайных событий, величин и функций



2) Методы Монте-Карло для композитных объектов (комплексные сети и пр.)



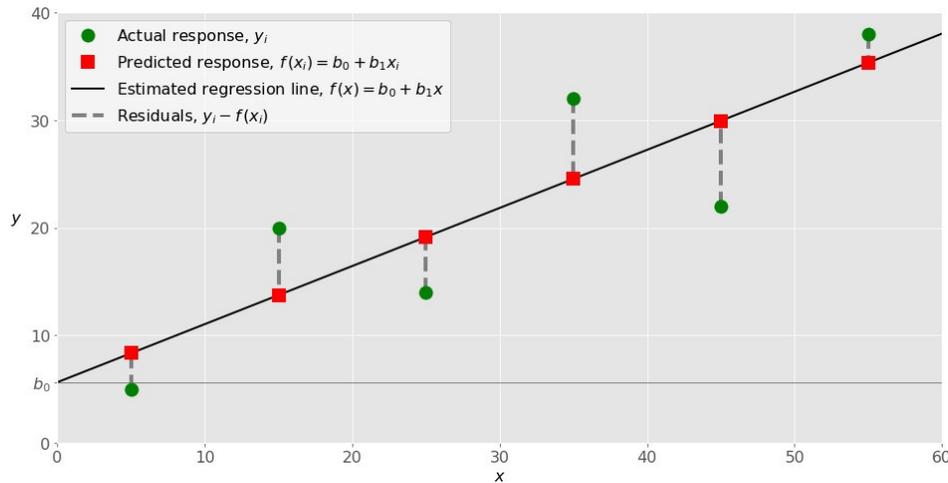
3) Привычные генеративные модели на основе нейросетей (генератор



Международная терминология (1950е-1990е):

Generative simulation, generative paradigm, (re)generative statistics

Классика: дедуктивное моделирование (обобщение)

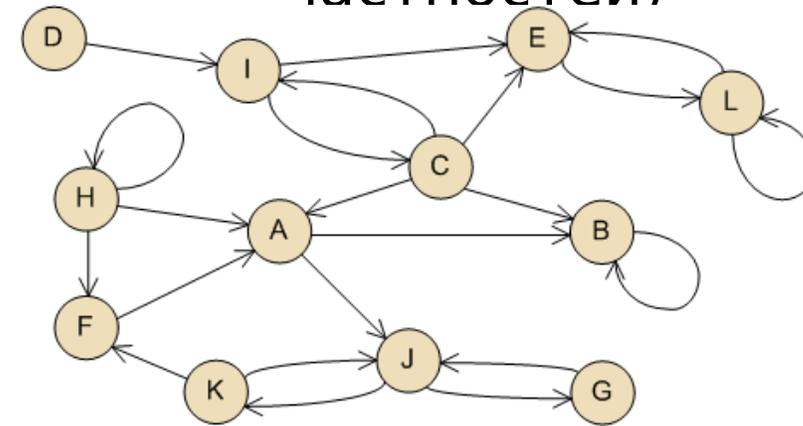


Предположение: все элементы разные, но мы считаем, что в чем-то они одинаковые (однородность)

Millington et al. Model histories: Narrative explanation in generative simulation modelling.

[Geoforum, Volume 43, Issue 6](#), November 2012, Pages 1025-1034

Нео-классика: генеративное моделирование (объединение частных)



Предположение: все элементы уникальны, а общность проявляется через связи между ними

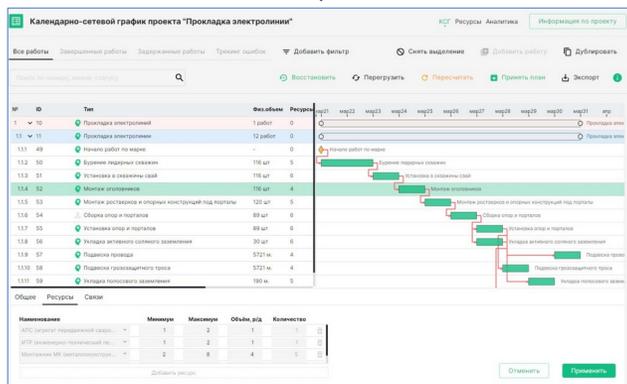
Цифровой двойник = модели + данные + механизмы их получения и усвоения



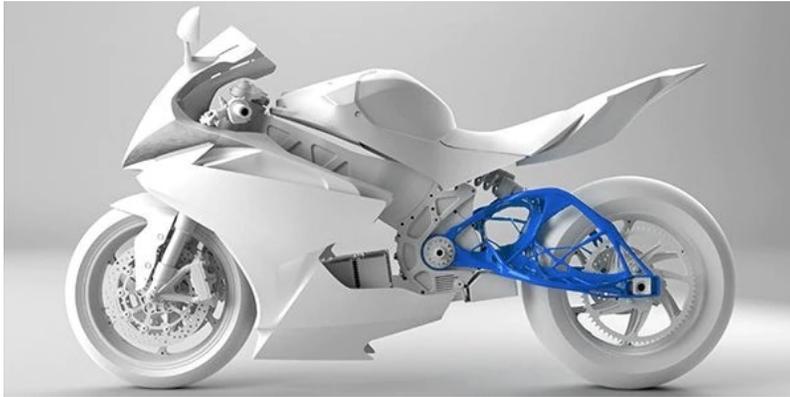
Цифровой двойник - система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями

ГОСТ Р 57700.37
— 2021

- ✓ Объективно сложные математические модели, эксклюзивные специалисты для их сопровождения
 - ✓ Отсутствие специалистов с компетенциями «на стыке» моделей из разных областей (мультифизика)
 - ✓ Трудоемкость процесса настройки моделей на основе данных, в т.ч. методом «проб и ошибок»
 - ✓ Чувствительность моделей к изменениям характеристик и условий эксплуатации исходного изделия или объекта
 - ✓ Необходимо иметь полную информацию об объекте
- Риски по направлению деятельности цифрового двойника**
- в сфере промышленности осуществлять внедрение результатов интеллектуальной деятельности и освоение производства инновационной промышленной продукции **(ст. 4, п. 2(3) ФЗ**



- ✓ Создание цифровых двойников изделия при отсутствии / неразвитости приемлемых математических моделей: как сократить затраты на разработку и адаптацию?
 - ✓ Комплексирование математических моделей для цифрового двойника: как объединить модели разных процессов и частей изделия из различных областей знания?
 - ✓ Цифровые двойники, «самообучающиеся» в ходе эксплуатации: как минимизировать усилия на настройку моделей, если условия работы меняются?
 - ✓ Создание цифровых двойников в ходе реинжиниринга готовых изделий: как ИИ воспроизводит неизвестную структуру на основе измеримых функций
 - ✓ Генеративный дизайн цифровых двойников новых объектов и изделий: как может выглядеть оптимальный образ объекта или изделия, которого еще нет?
- Ускорение процессов создания и внедрения цифровых двойников в условиях дефицита высококвалифицированных кадров-«модельеров»**



Генеративный дизайн - оптимизация структуры и характеристик объектов техники и технологий в условиях неопределенности и с «открытыми» ограничениями

- 1) **Неопределенность** в формулировках целевой функции и ограничений («в военное время косинус может достигать четырех «»»)»
- 2) **Вычислительная и физическая ничтожность** синтетических структур
- 3) Динамика воспроизводимой системы (объективное **отсутствие доказательства сходимости** алгоритма)
- 4) Отсутствие объективных **критериев качества (не всегда целевая функции и ограничения в явном виде)**
- 5) **«Нежданчики»:** эффекты сложности (complexity) – появление новых свойств системы, не следующих из генеративной логики



Обучение алгоритма ИИ на базе успешных архитектурно-ландшафтных проектов

Планирование зелёных зон Карта [О проекте](#)

ОБЪЕКТ

Новый парк
 □ 68.21 га (682 079 м²)

ВЫБРАННАЯ ЗОНА

■ Зона активного отдыха: детские и спортивные площадки, скейт-парки, сцены, площадки со скамейками □ 1.39 га (13 865 м²)

| | |
|---------------------------------|--------------|
| Парковка | 351 м. |
| Остановка транспорта | 147 м. |
| Крупная станция транспорта | 598 м. |
| Переход | 90 м. |
| Крупная улица | 334 м. |
| Местная улица | 37 м. |
| Объект культуры и отдыха | 595 м. |
| Объект образования | 96 м. |
| Велопрокат | 668 м. |
| Объект здравоохранения | 140 м. |
| Детская или спортивная площадка | 44 м. |
| Граница парка | 25 м. |

[Скачать](#) [Сбросить](#)

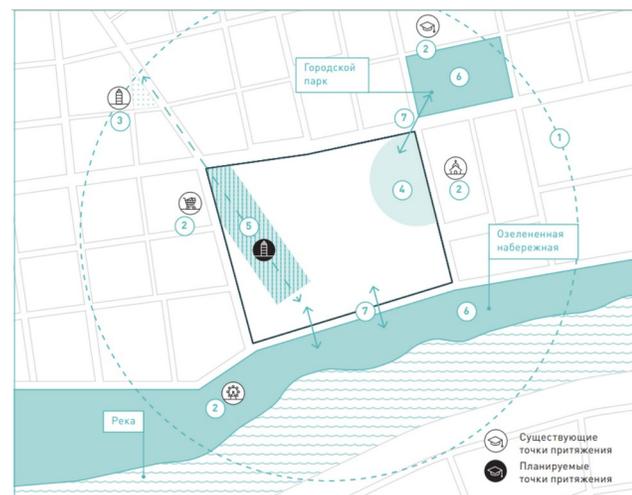
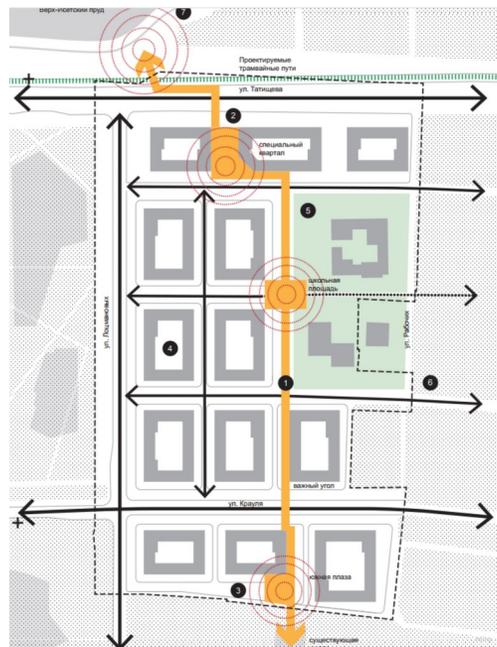
НЦКР
 Leaflet | © OpenStreetMap contributors

Назначение

- Автогенерация проектов на базе архитектурных замыслов

Результаты

- Автоматический анализ архитектурных концепций на предмет системных архитектурных и планировочных решений
- Создание проектов не (только) по нормам, а с градостроительными смыслами
- Учёт окружающего городского контекста



- Территория проектирования
- Существующие озелененные территории
- Пролдлеваемые зеленые коридоры
- ↔ Планируемые зеленые коридоры
- Планируемые озелененные территории



Внешний вид расширяемых ВЗС

Возможные точки расширения для существующих ВЗС (на примере порта г. Сочи)

Сложившийся подход:

ручная оптимизация экспертами-гидротехниками, проверка с помощью численного и физического моделирования

Недостатки такого подхода:

- Большие временные затраты на решение задачи
- Сложность ручной проверки большого числа конфигураций
- Быстрый рост сложности задачи при увеличении размерности

Решение:

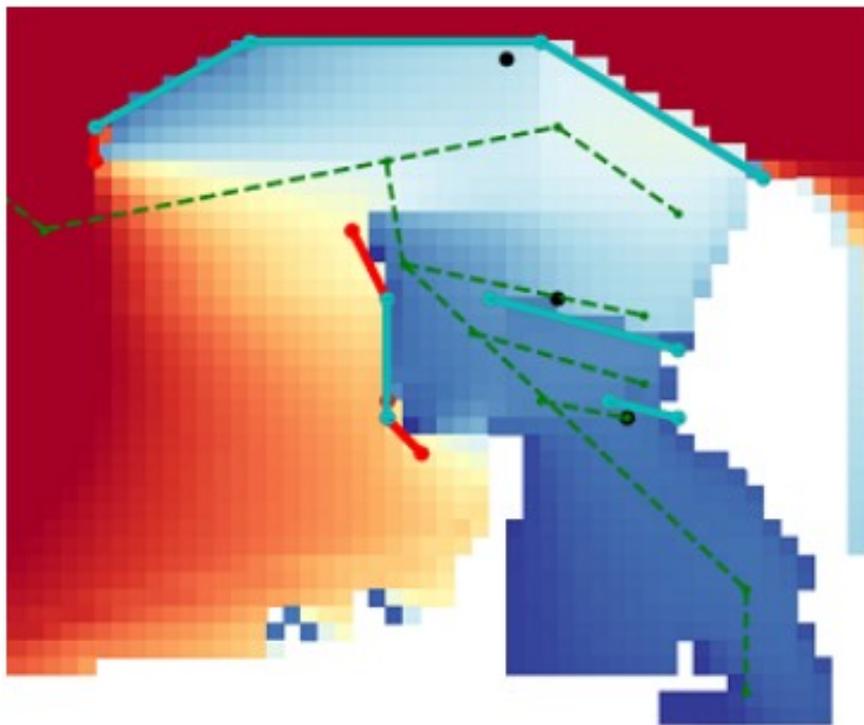
- **Переход к постановке задачи интеллектуальной**



Увеличение размерности задачи

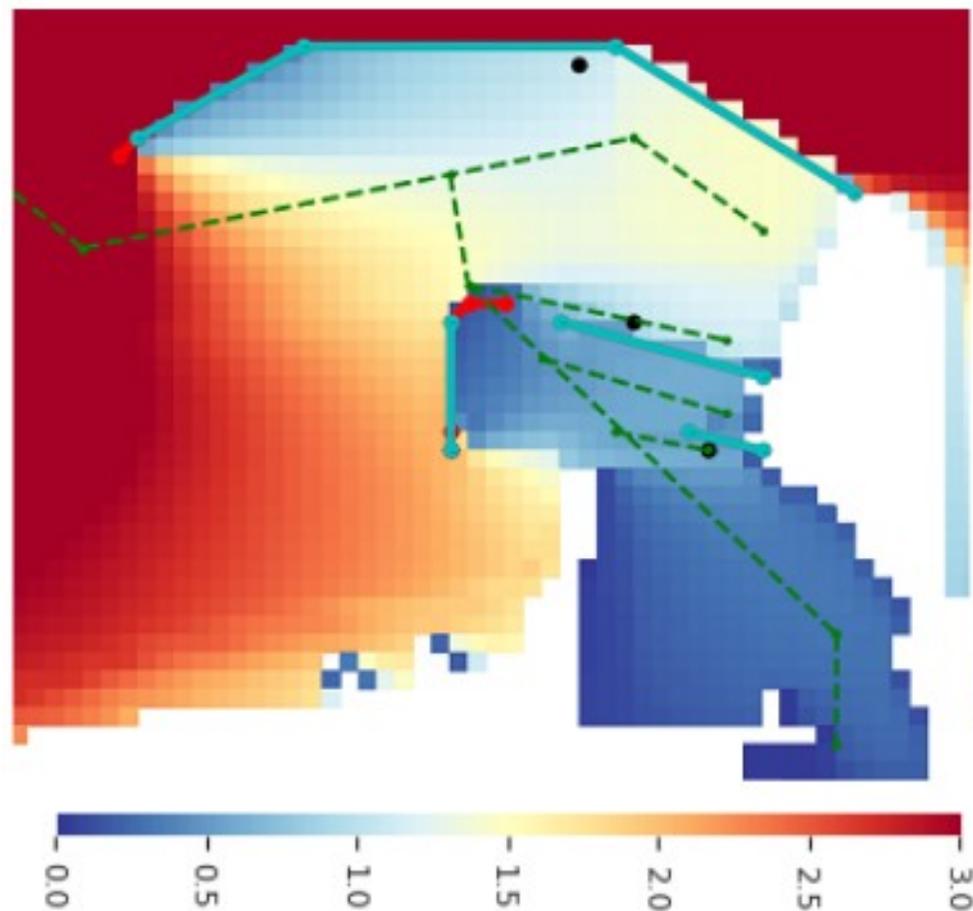


Конфигурация №1



За счет более высокой протяженности сооружений достигнута эффективная защита от волн

Конфигурация №2



Шкала значительных высот волн (м)

Небольшое увеличение протяженности сооружений дало меньшей эффект, но удельная эффективность (результат / стоимость) выше.

Проблема неразличимости конфигураций (точность модели волн vs. климатическая изменчивость)!

Прикладное назначение.

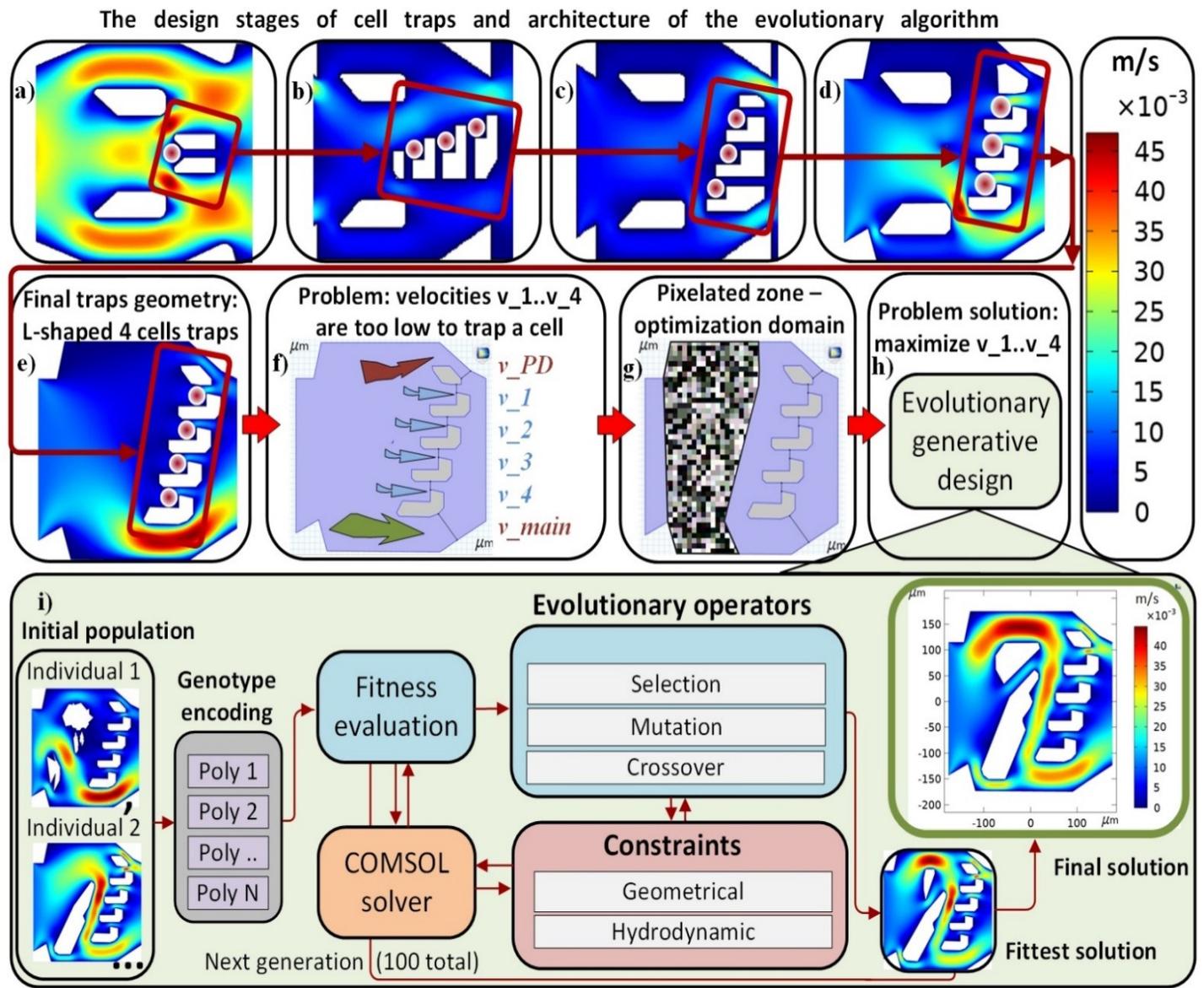
Автоматическое проектирование геометрических объектов в заданной области пространства, находящихся под воздействием сплошной среды

Возможности:

- ✓ построение системы объектов с оптимальной геометрией посредством эволюционных алгоритмов;
- ✓ управление границей поиска оптимальных решений;
- ✓ подключение внешних моделей динамики сплошной среды.

Конкурентные преимущества:

Ускорение за счет суррогатных моделей, многосвязные области, учет множественных критериев





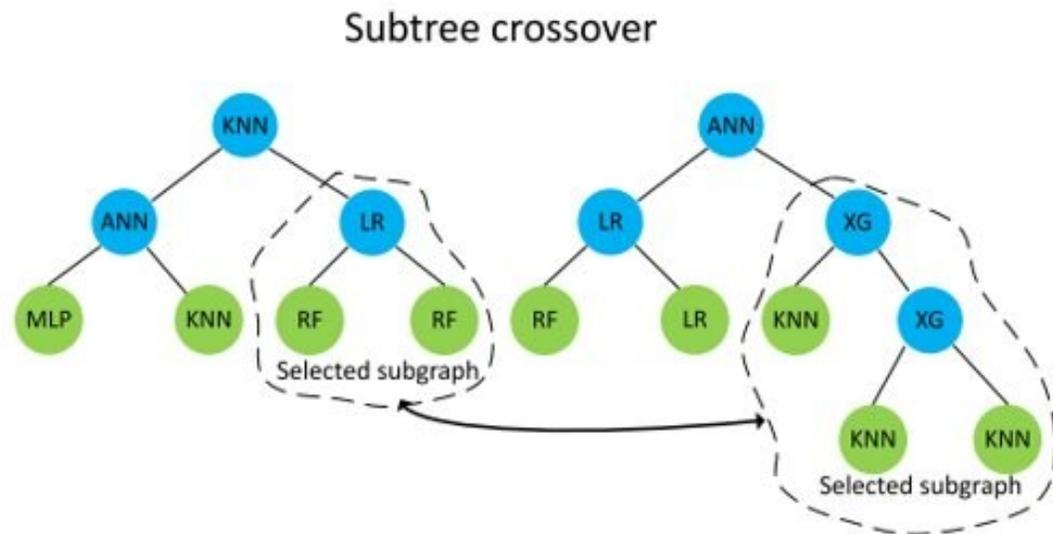
Пример: концептуальный дизайн промышленно-логистической инфраструктуры в Арктической зоне (порт в Обской губе) с учетом экстремальных

Автоматическое машинное обучение - алгоритмы **автоматического** поиска решения, поставленной пользователем задачи, в виде модели машинного обучения. Пользователь может сформировать ряд правил и ограничений (например на структуру модели), который алгоритм должен учитывать при поиске.

Как искать решение?

Генеративный ИИ на основе

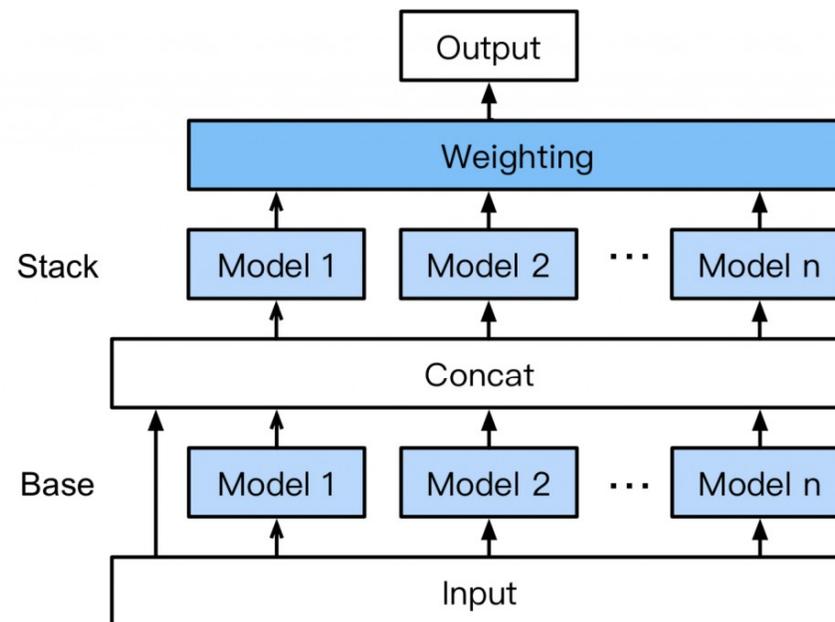
Идея: "выращивание" финальной модели, используя правила лежащие в основе эволюции биологических видов (мутации, скрещивание, и др).



Примеры: **FEDOT, TPOT, др.**

Экспертный подход

Идея: "комбинирование" между собой известных моделей (DL, Tree-based модели и др) и методов ансамблирования (бустинг, блендинг и др).

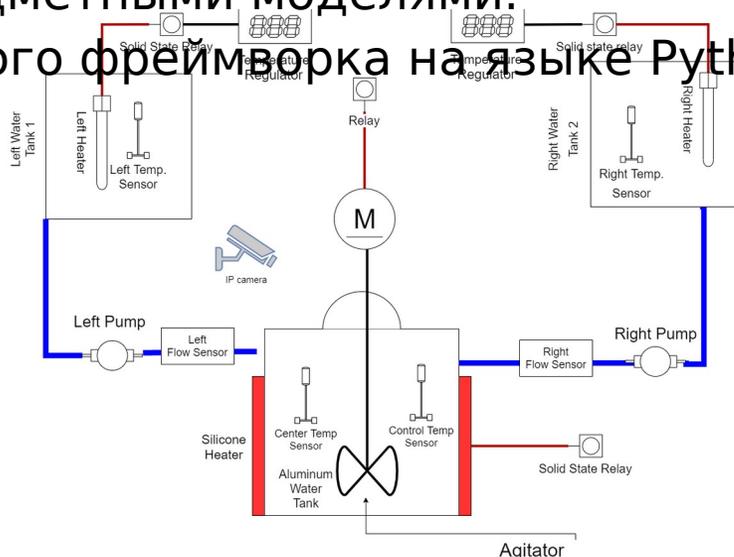


Примеры: **H2O, AutoGluon и др.**

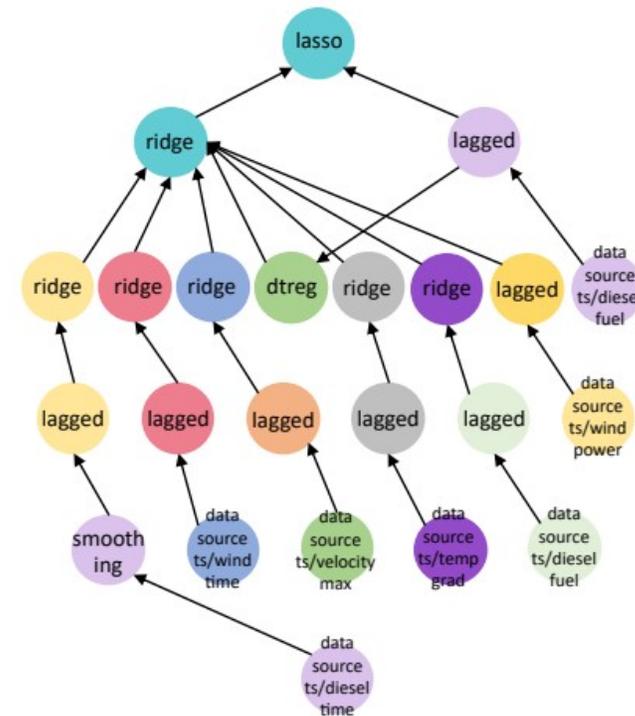
FEDOT - технология создания композитных моделей на данных посредством автоматического машинного обучения

обучения

- ✓ Применение эволюционных алгоритмов и методов регуляризации для поиска оптимальной структуры модели на данных
- ✓ Работа с мультимодальными данными (табличные данные, изображения, текст).
- ✓ Эффективное использование распределенных инфраструктур.
- ✓ Использование (любых) открытых библиотек машинного обучения, интеграция с предметными моделями.
- ✓ Реализация в форме открытого фреймворка на языке Python.



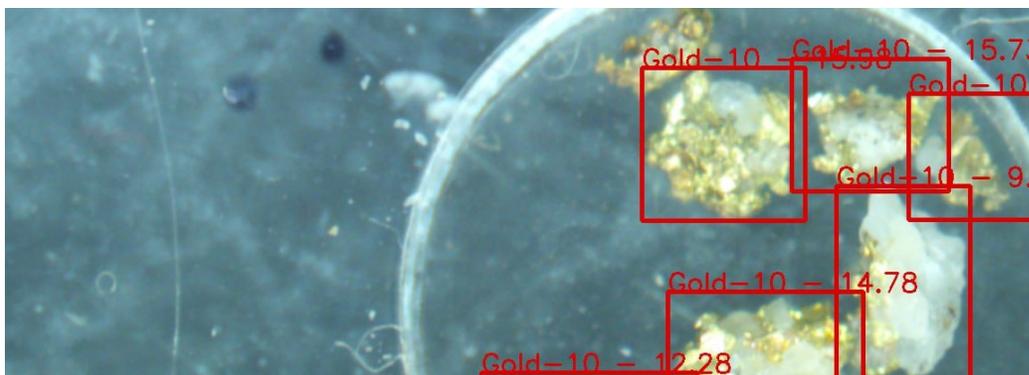
Пример 2: Установка для создания ЦД химического



Пример 1: Структура ЦД электрогенератора на основе композиции стандартных моделей ML

Ускорение разработки и настройки ЦД - до 20 раз

FEDOT.Industrial - технология создания моделей промышленных процессов с автоматическим мониторингом эксплуатации, обнаружением аномалий и дообучением при значимых изменениях условий эксплуатации



Стенд «Детектирование и классификации минералов в горных отвалах»

Стенд «Предиктивная аналитика в технических системах»

Прикладное назначение. Автоматическая идентификация структуры данных в виде системы дифференциальных уравнений (ODE/PDE) для получения классических моделей, которые могут быть проанализированы с точки зрения инструментов математической физики и интерпретированы с точки зрения прикладной области

Возможности. Автоматическое обучение структуры композитных моделей, совмещающих дифференциальные уравнения (ДУ) и модели МО для задач:

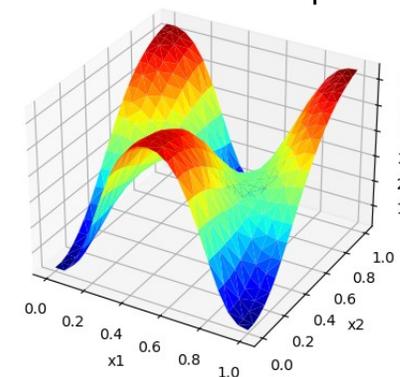
- ✓ построения классических математических моделей (потенциально более интерпретируемых и понятных предметным специалистам) с помощью методов машинного обучения в автоматическом режиме по данным;
- ✓ определения связи между признаками в виде системы ДУ.

Конкурентные преимущества. Широкий класс моделей, независимость от эксперта, который задаёт библиотеку слагаемых, интерпретируемый процесс получения результата.

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = 0$$

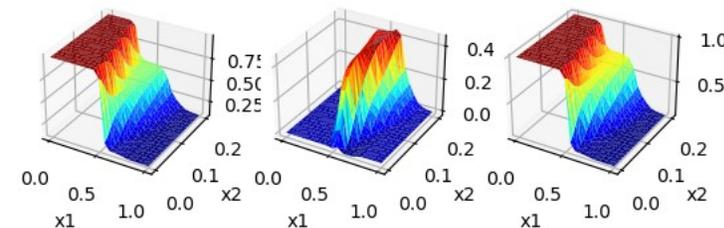
одно уравнение
(одна функция-признак)

численно
е
решение
с
помощью
нейронно
й сети



$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + v \frac{\partial \rho}{\partial x} + \rho \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \\ \rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial p}{\partial t} + \gamma p \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \end{cases}$$

система
Эйлера(функции-
признаки) +
все признаки
взаимосвязаны



Полигон для оценки качества и реинжиниринга цифровых систем: для объективной оценки точности и границ применимости систем ИИ, создания объясняющих моделей для «коробочных» решений и сторонних ЦД

- ✓ объективная оценка точности и границ применимости систем ИИ на синтетических данных;
- ✓ создание объясняющих моделей для «коробочных» решений с элементами ИИ;
- ✓ построение «эталонов» с использованием AutoML;
- ✓ оценка потенциала...

3G/4G
WiFi
GPS
DC power
RJ45 port
I/O Alarm
Audio/Video
AV IN/OUT
AV/IN 5-8
VGA for video output

Честный пример с Ai-Express

Построение baseline для модуля "Тестирование модели LogisticRegression.pkl"

Анализ данных и текущего состояния графа

Здесь будет отображаться список функций, которые улучшат качества вашего графа

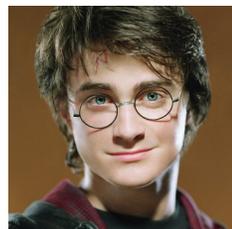
Задача машинного обучения: Classification

Целевой столбец: default

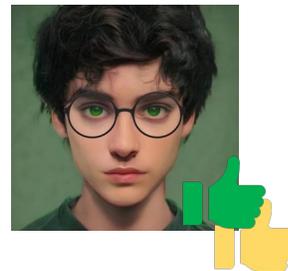
Построение графа для тестирования моделей классификации

- Создание узла с входными данными
- Загрузка модели
- Оценка загруженной модели
 - Бутстреппинг
 - Создание узла с выходными данными
 - Применение загруженной модели
 - Оценка результата
- Устойчивость к низким шумам
 - Добавление шумов к данным
 - Бутстреппинг
 - Создание узла с выходными данными
 - Применение загруженной модели
 - Оценка результата
- Устойчивость к высоким шумам
 - Добавление шумов к данным
 - Бутстреппинг
 - Создание узла с выходными данными
 - Применение загруженной модели
 - Оценка результата

Очистить граф



Характеристик
и реальных
личностей



Синтетические
цифровые
личности

Атрибуты
пользователя

Рексервис

Фреймворк Sim4Rec (ИТМО-Сбер)

Модель отклика

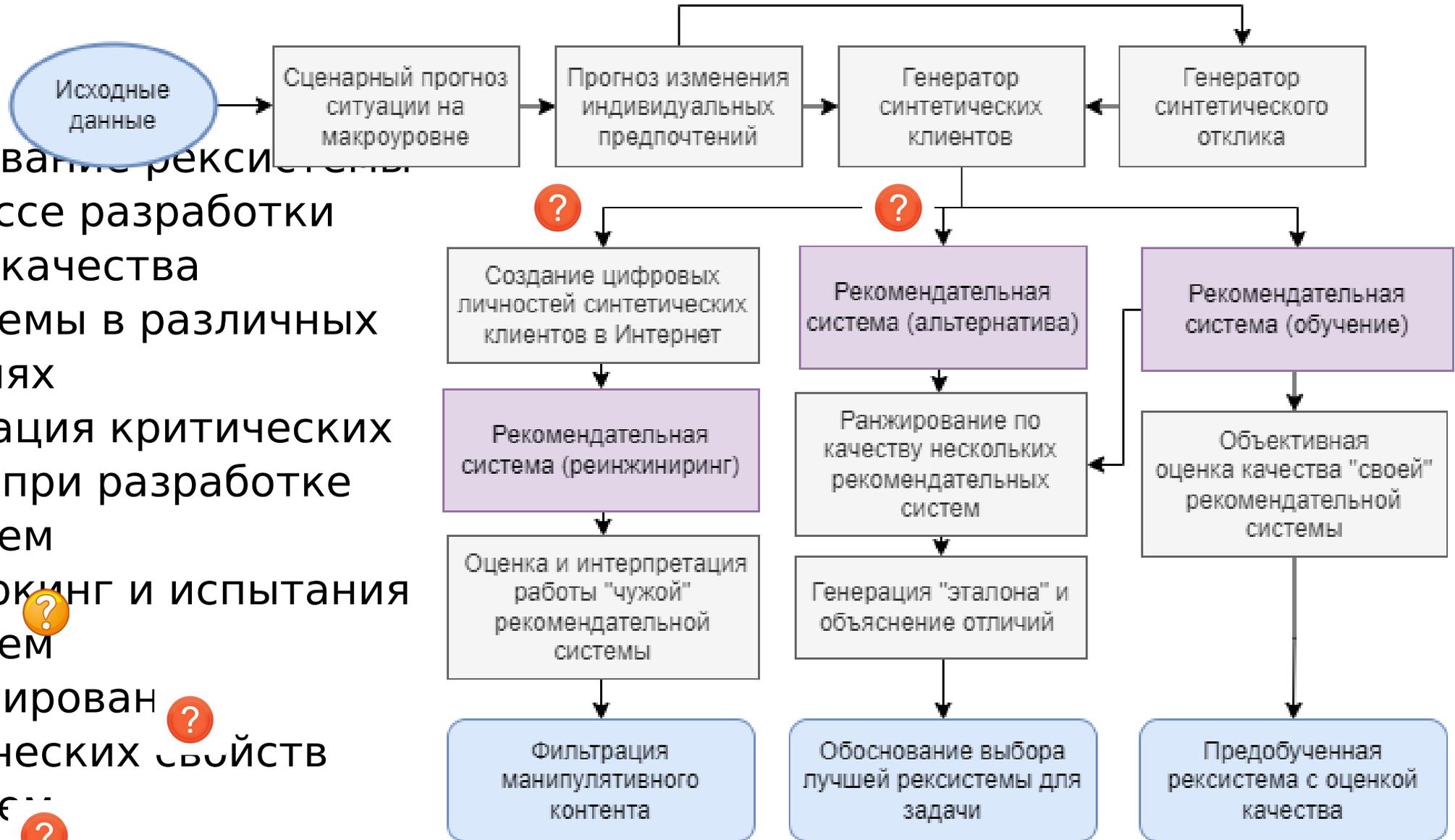
Отклик

Рекомендованный контент



Генерация популяции цифровых личностей и их откликов на предложения контента, товаров и услуг для тестирования и обучения массовых рекомендательных сервисов

- 1) Тестирование рексистем в процессе разработки
- 2) Оценка качества рексистемы в различных сценариях
- 3) Обфускация критических данных при разработке рексистем
- 4) Бенчмаркинг и испытания рексистем
- 5) Прогнозирование динамических свойств рексистем
- 6) Реинжиниринг



<https://github.com/aimclub>

17 репозиторийев (+6 в разработке)
 > 4 тыс. лицензий в месяц
 > 1080 «звезд»

| Пакет | Назначение |
|-----------------|---|
| FEDOT | Автоматическое машинное обучение на основе композитных моделей |
| ASID | Автоматическое машинное обучение на несбалансированных выборках |
| GOLEM | Структурное обучение композитных моделей |
| iOpt | «Легкая» оптимизация гиперпараметров моделей машинного обучения |
| SAMPO | Мультикритериальное планирование производственных процессов |
| EvoGues S | Снижение трудоемкости SAT-солверов |
| StableGN N | Автономное обучение объяснимых GNN |
| Explain- NNS | Механизмы объяснения нейросетевых моделей различной природы |
| GEFEST | Генеративный дизайн пространственных объектов в сплошных средах |
| ВОСТОК | Базисный нейросетевой дизайн |