

ИТМО

Генеративный ИИ для больших моделей и цифровых двойников

Александр Валерьевич Бухановский

Санкт-Петербург, 22 июня 2023



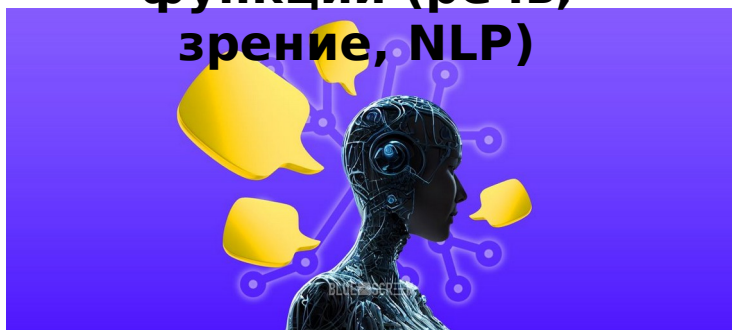
Поколение I - цифровые средства коллективного доступа "в ручном режиме" к разнообразным вычислительным ресурсам, сервисам, ПО, базам данных, библиотекам, лабораторному оборудованию и пр. (90е ХХ века)

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).

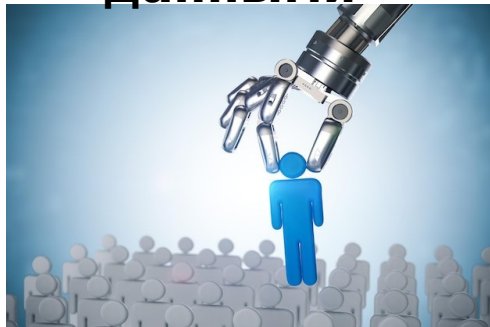
Поколение IV - механизмы цифровой трансформации научной деятельности посредством интеллектуальных технологий (2020е).

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 и 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?

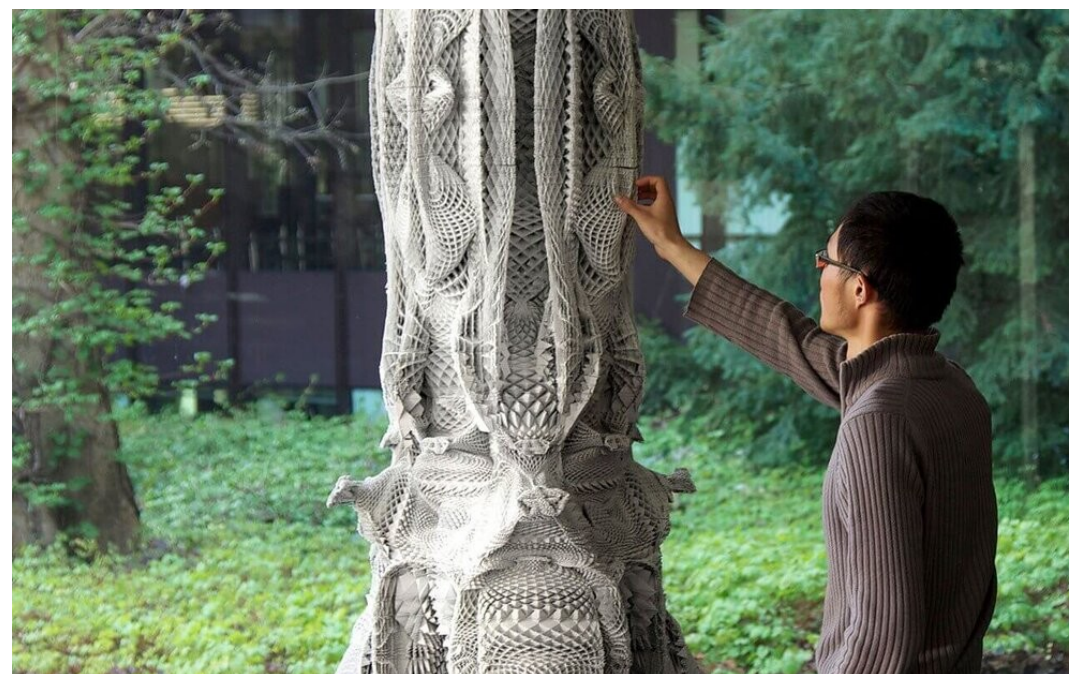
-Когда он медвежатьбол.

4. Когда зайчик кушает овощи?

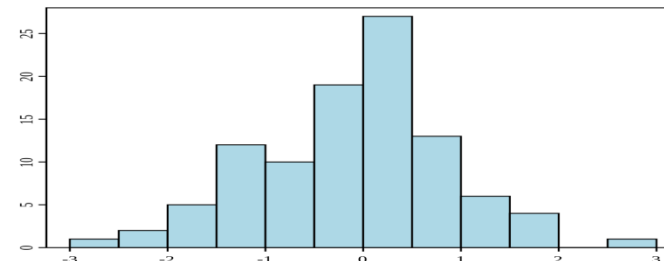
-Когда он зайчевочик.

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.)



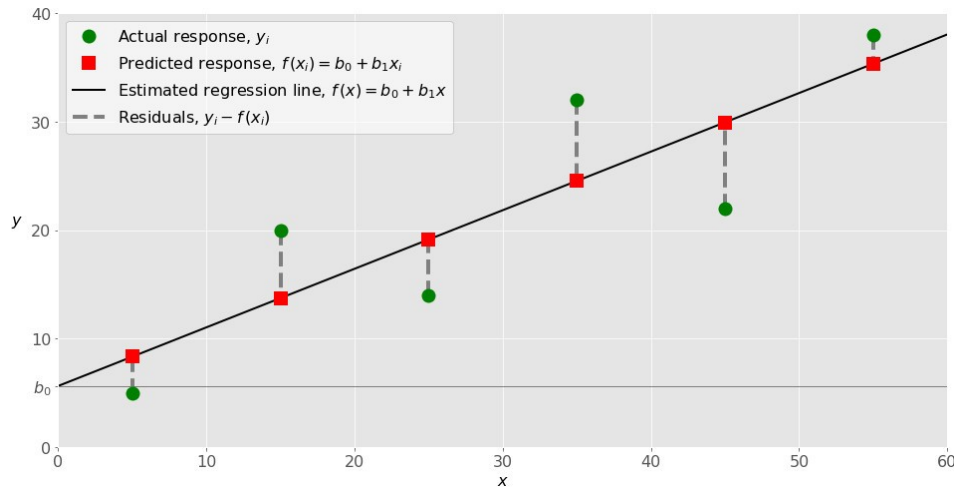
3) Привычные генеративные модели на основе нейросетей (генератор



Международная терминология (1950е-1990е):

Generative simulation, generative paradigm, (re)generative statistics

Классика: дедуктивное моделирование (обобщение)

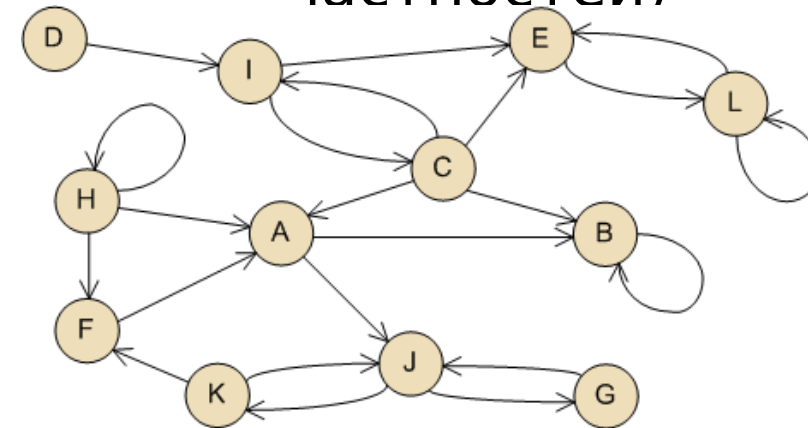


Предположение: все элементы разные, но мы считаем, что в чем-то они одинаковые (однородность)

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

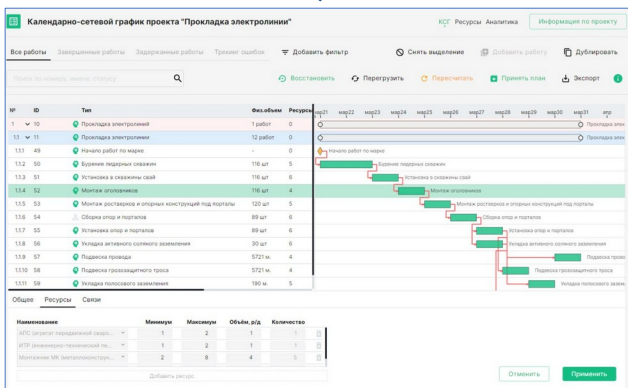
Цифровой двойник = модели + данные + механизмы их получения и усвоения



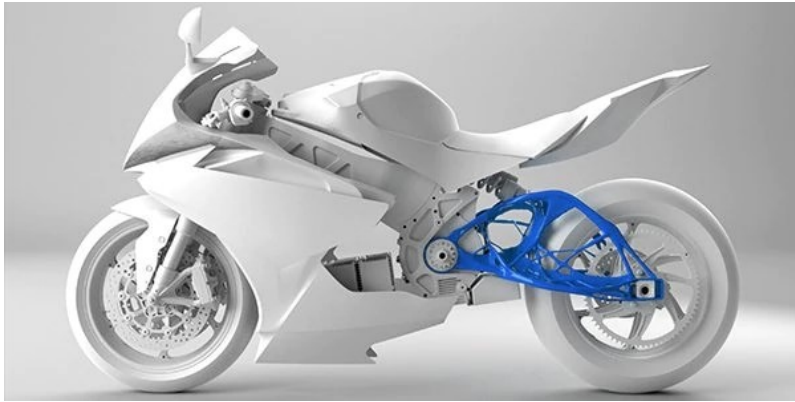
Цифровой двойник - система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями

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

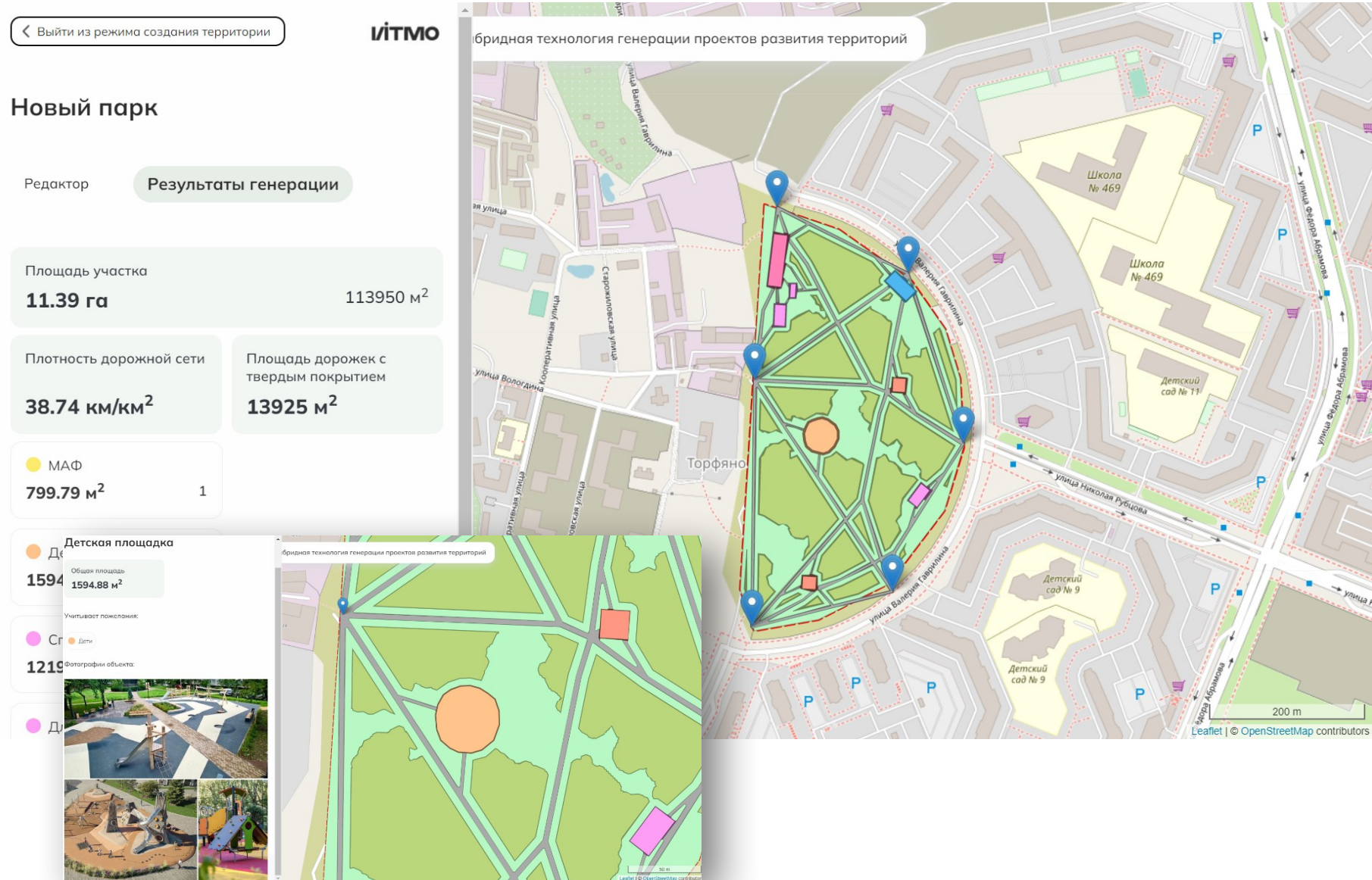
НЦКР
Leaflet | © OpenStreetMap contributors

Назначение

- Планирование городских парков и общественных пространств

Результаты

- Планирование территорий под озеленение и благоустройство
- Функциональный состав сервисов и инфр-ры в рекреационных зонах
- Учет потребностей горожан исходя из масштабов рекреационных зон
- Подбор оптимального породного состава зеленых насаждений

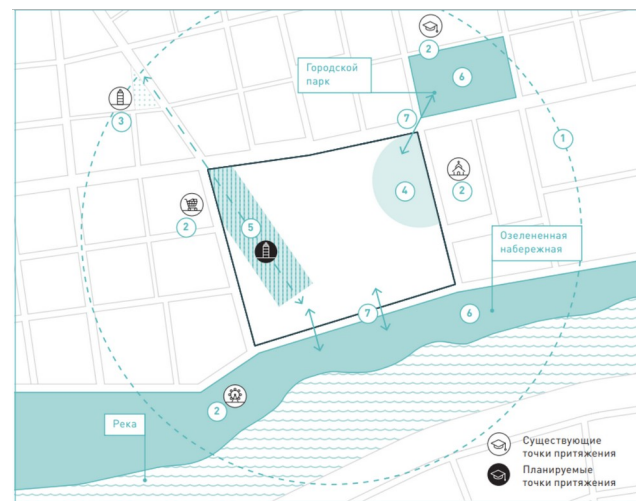
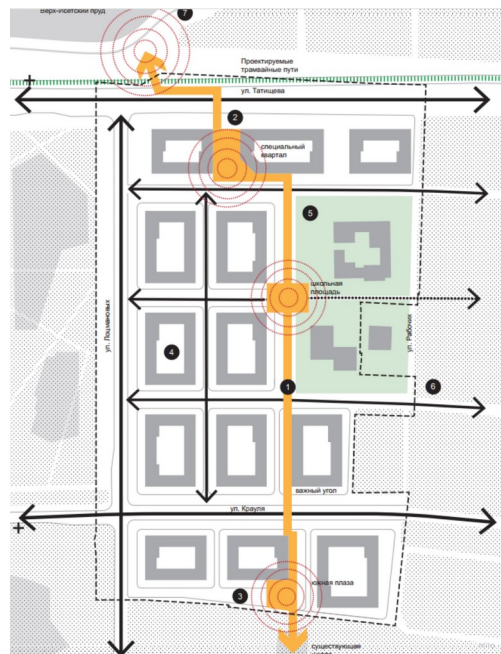


Назначение

- 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
- Продлеваемые 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:

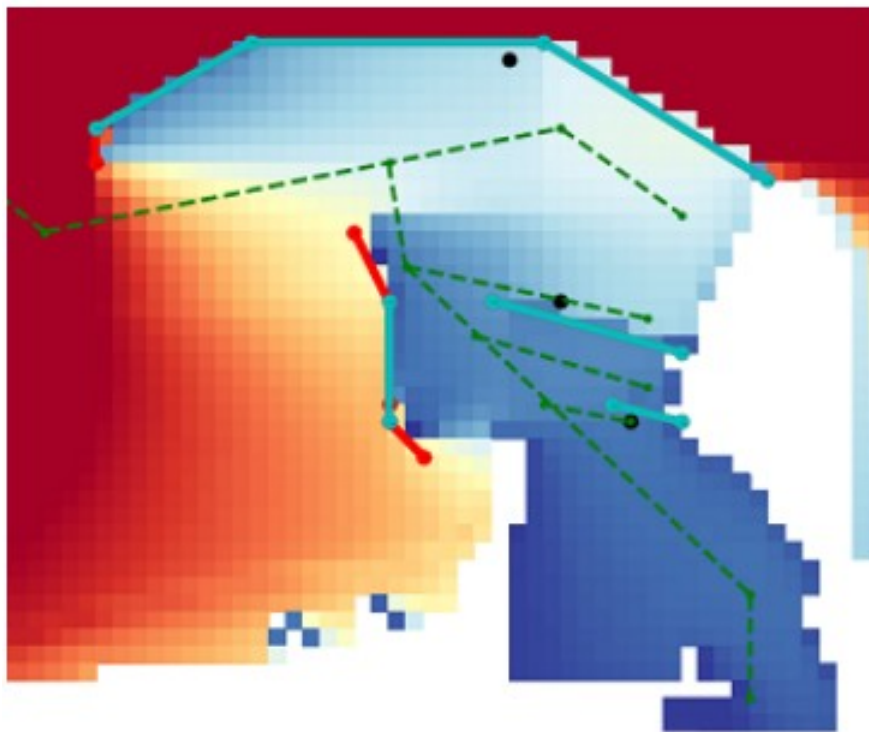
- **Переход к постановке задачи интеллектуальной**



Увеличение размерности задачи

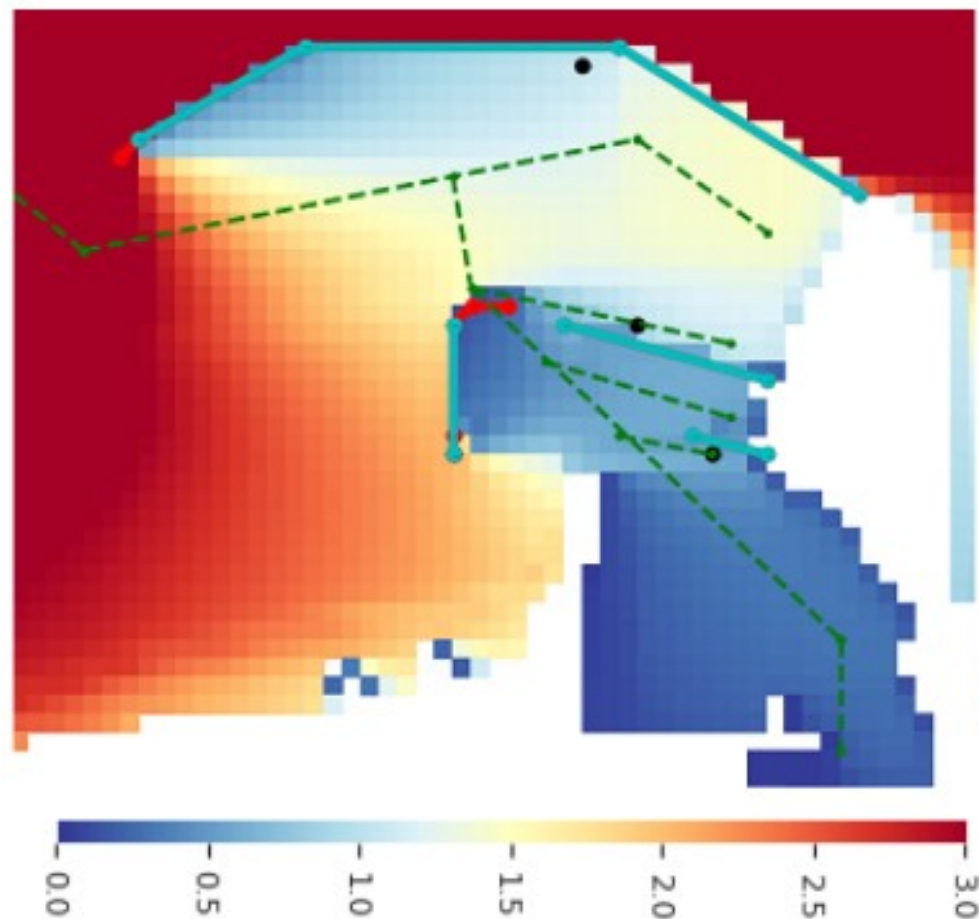


Конфигурация №1



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

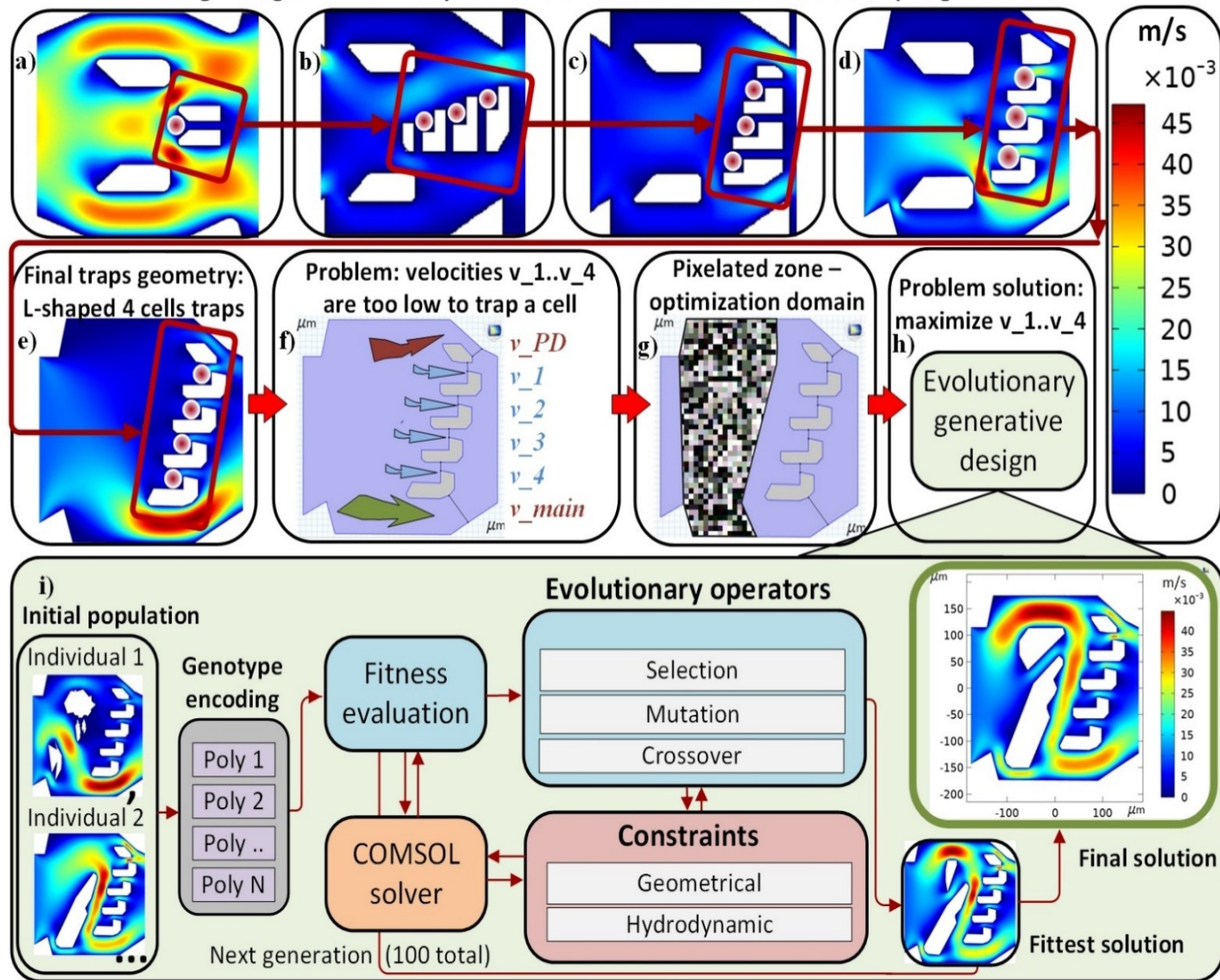
Возможности:

- ✓ 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

The design stages of cell traps and architecture of the evolutionary algorithm





Общая информация

Параметры территории	
Площадь участка, га	31,62
Протяженность береговой линии, м	811,41
Зона размещения	
Площадь промзона, кв. м	54,449,08
Площадь зоны топливного терминала, кв. м	156,343,06
Площадь зоны контейнерного терминала, кв. м	67,073,42
Площадь зоны складского терминала, кв. м	26,940,92
Площадь зоны верфи, кв. м	2,370,57
Площадь зоны складского терминала, кв. м	1,637,37
Площадь публичной зоны, кв. м	62,237,63
Площадь закрытой зоны, кв. м	253,034,46
Количество объектов инфраструктуры	
Количество дугоподъемных кранов	16
Количество топливных бункеров	32
Количество складов	4
Количество открытых складов	2

Назад

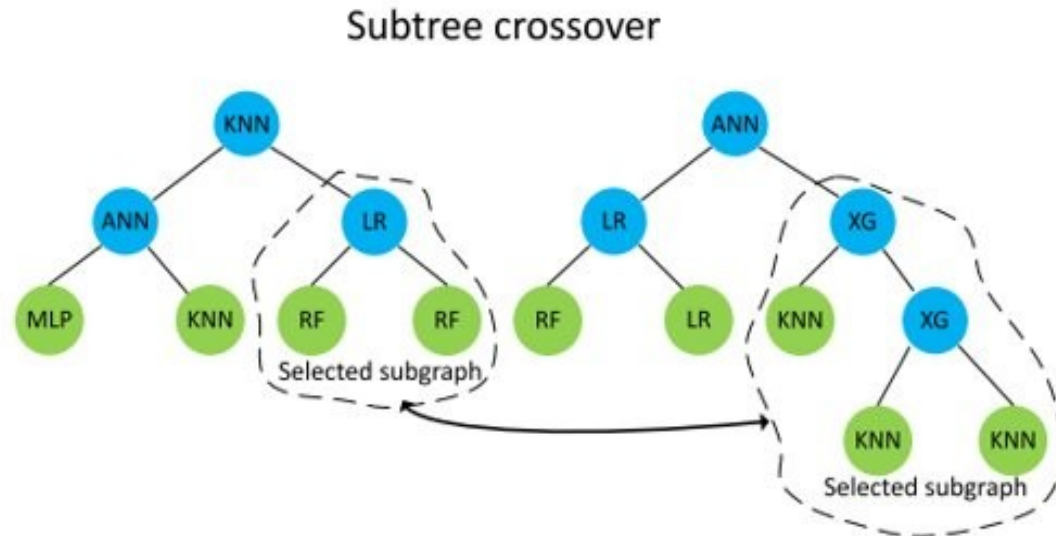
Пример: концептуальный дизайн промышленно-логистической инфраструктуры в Арктической зоне (порт в Обской губе) с учетом экстремальных

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

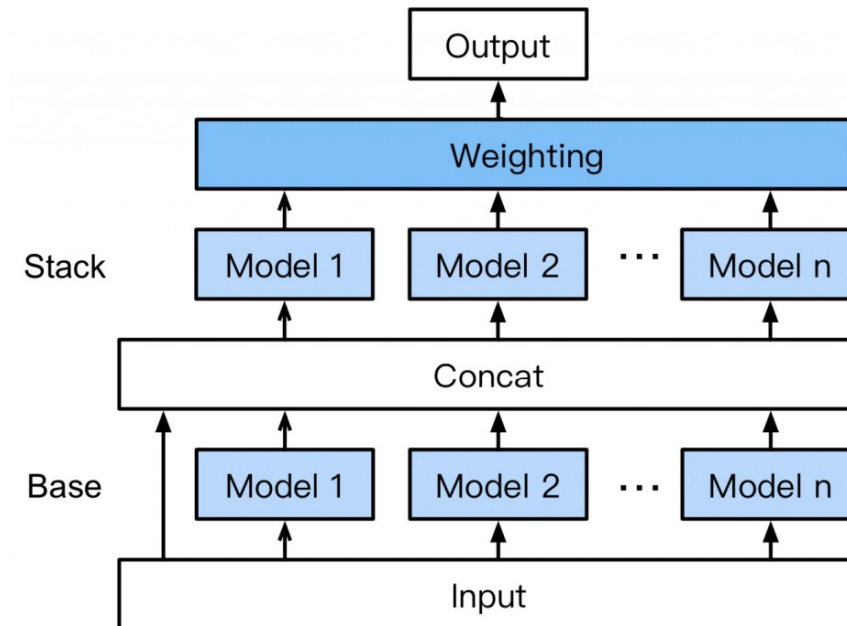
Идея: "выращивание" финальной модели, используя правила лежащие в основе эволюции биологических видов (мутации, скрещивание, и др).



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).

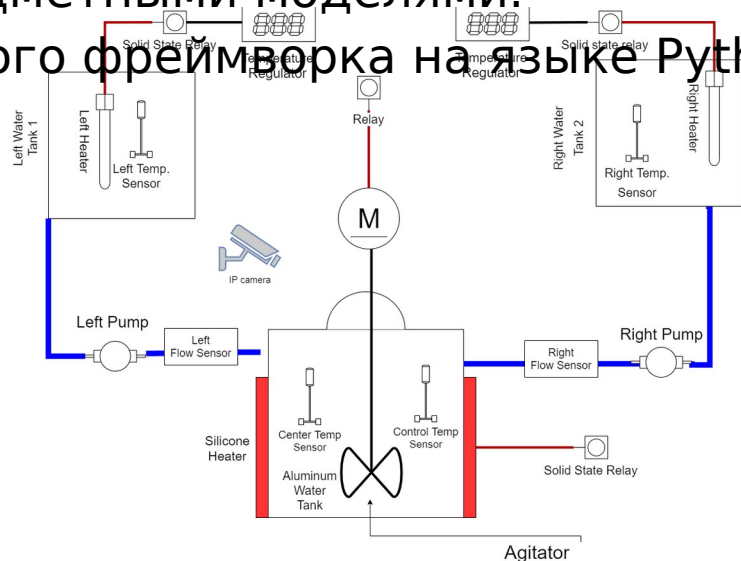


Примеры: **H2O, AutoGluon и др.**

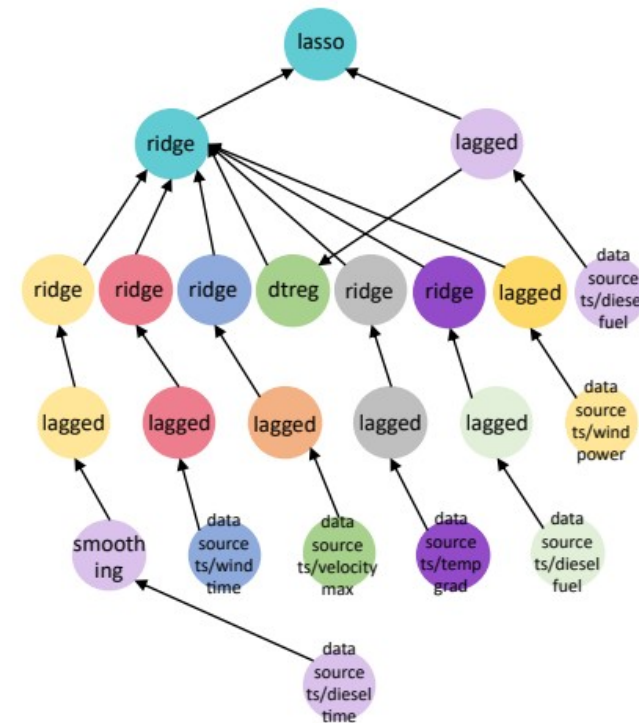
FEDOT - технология создания композитных моделей на данных посредством автоматического машинного обучения

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.



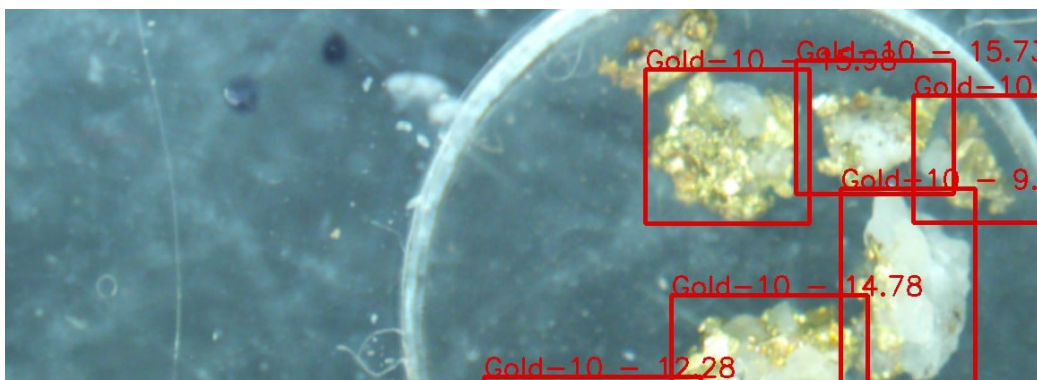
Пример 2: Установка для создания ЦД химического



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:

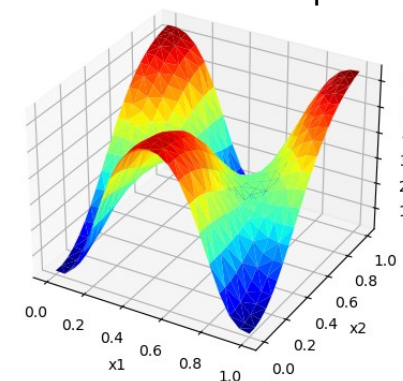
- ✓ построения классических математических моделей (потенциально более интерпретируемых и понятных предметным специалистам) с помощью методов машинного обучения в автоматическом режиме по данным;
- ✓ определения связи между признаками в виде системы ДУ.

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

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

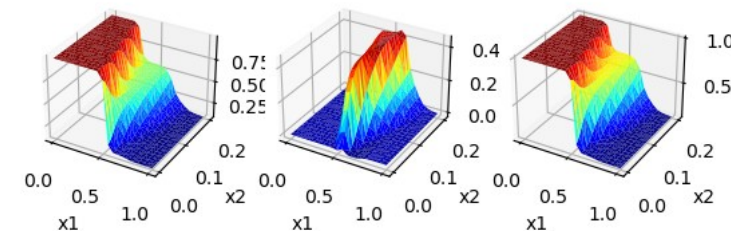
одно уравнение (одна функция-признак)

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

Модель отклика

Отклик

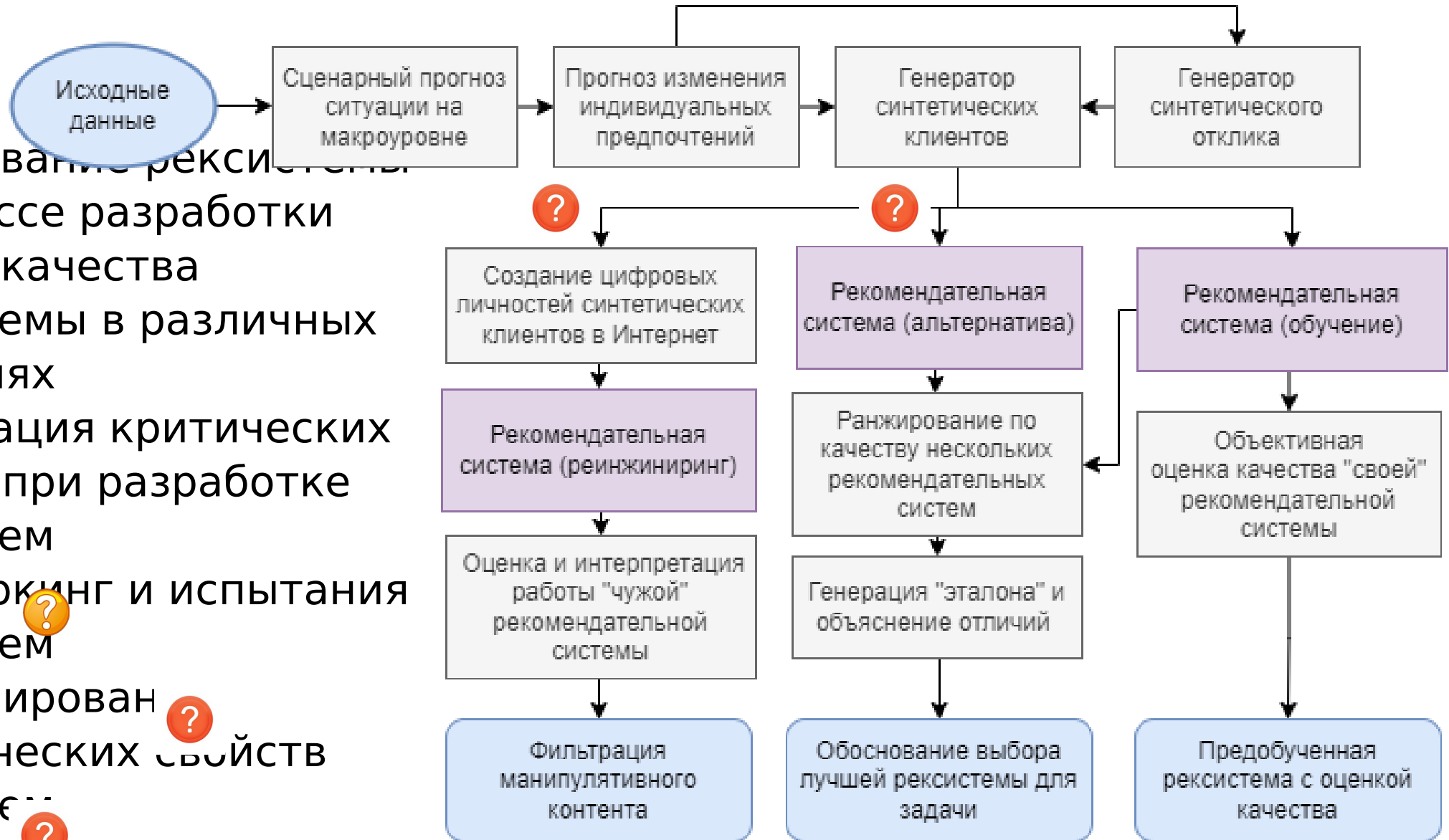
Рекомендованный
контент



Фреймворк Sim4Rec (ИТМО-Сбер)

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