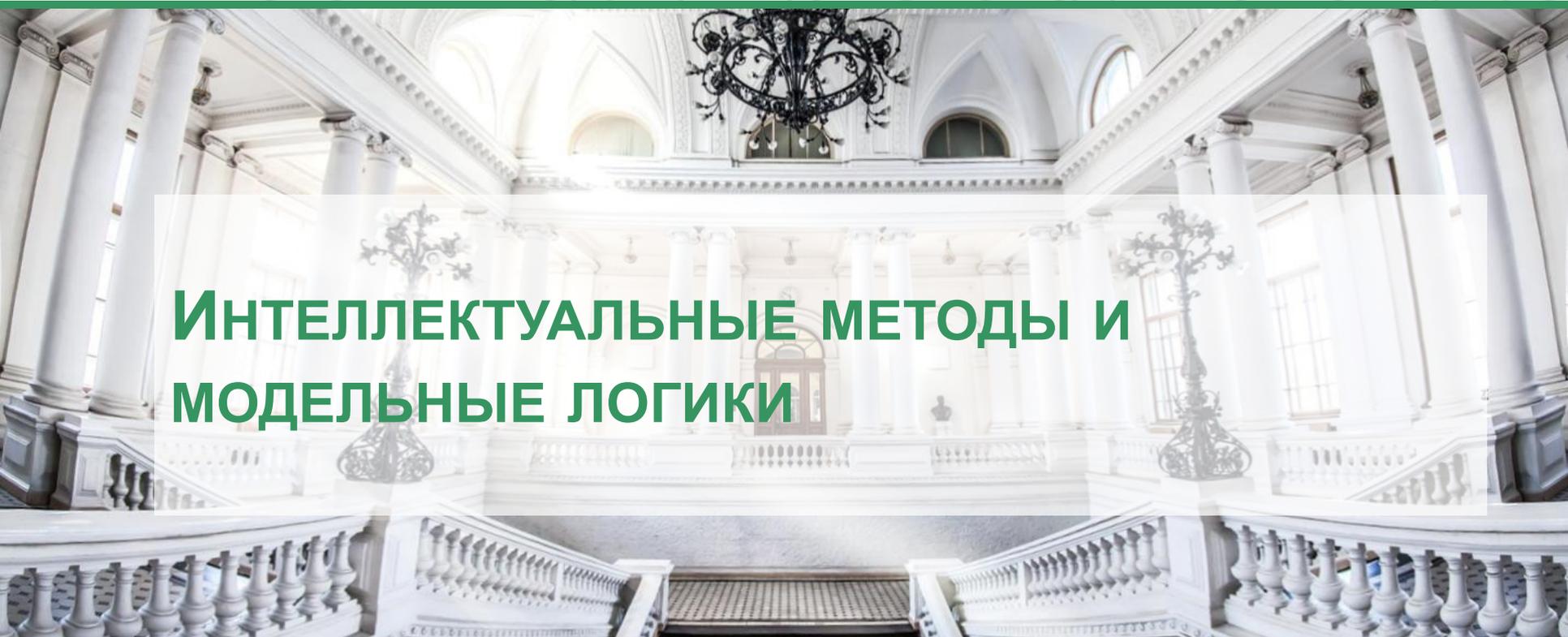




ПОЛИТЕХ

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

COMPUTO ERGO SUM



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛЬНЫЕ ЛОГИКИ

10 сентября 2019 г.
СПб



ПРИМЕНЕНИЕ ФОРМАЛЬНЫХ МЕТОДОВ

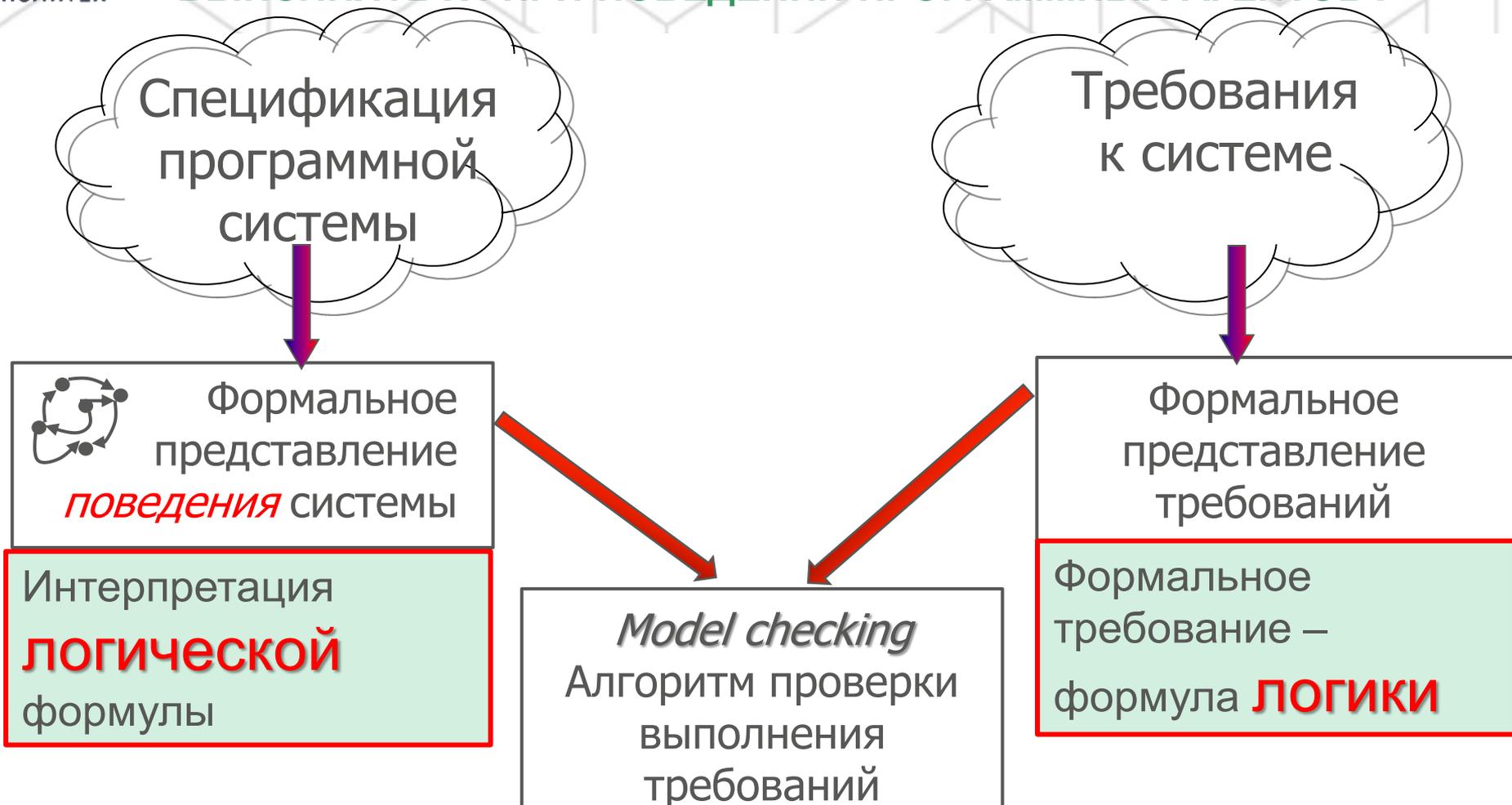
- Формальные методы сегодня почти не используются в практике программирования..
- Программисты строят свои программы, исходя из “здорового смысла”.

Разработать интеллектуальную многоагентную систему
с предсказуемым и контролируемым
поведением,
исходя из “общих соображений”,

НЕВОЗМОЖНО !

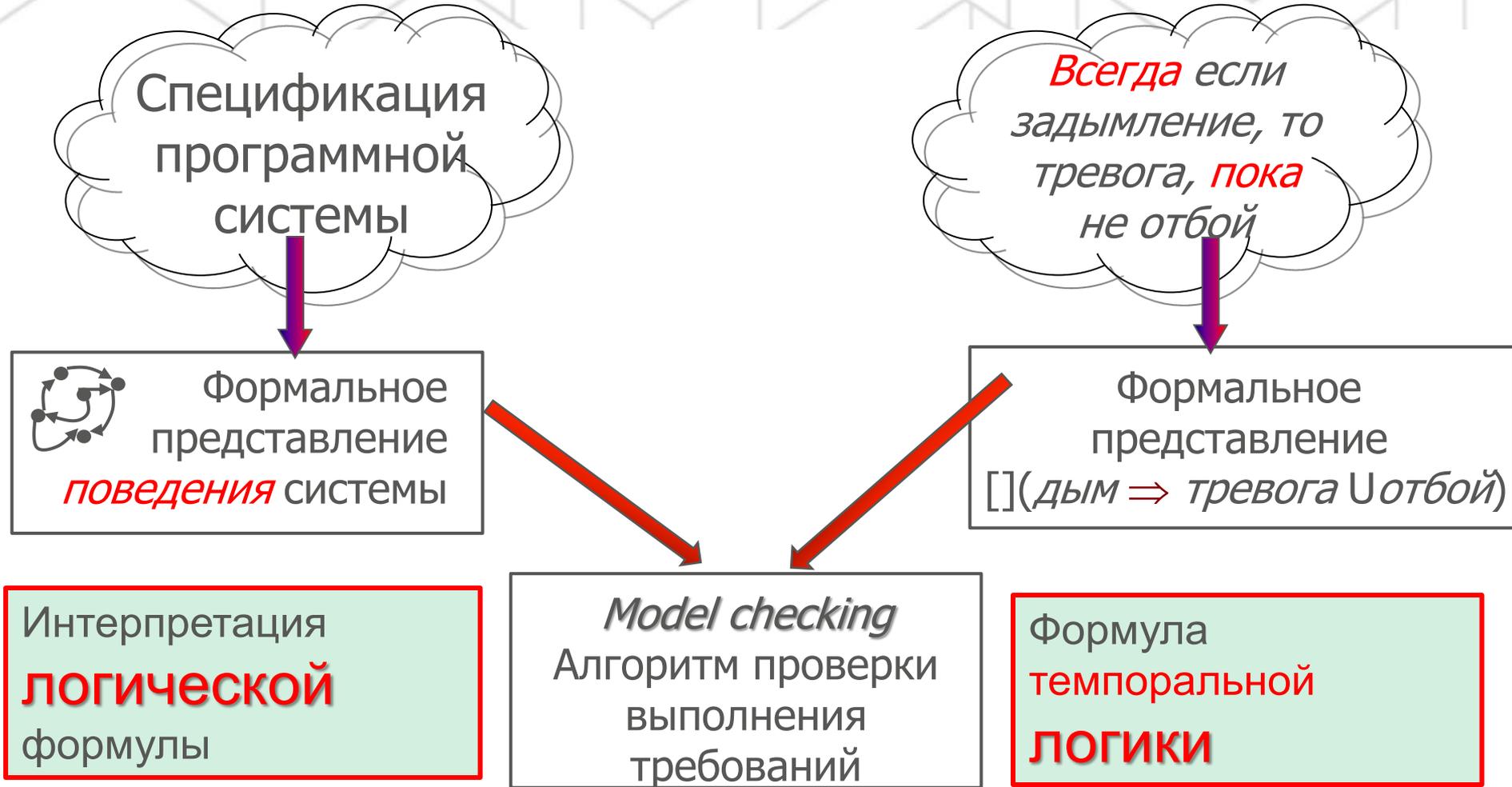
Например, вопросы изменения **знаний** агентов, задания норм поведения агентов в социуме и множество подобных проблем требуют тонких формальных методов их спецификации и анализа.

КАК МОЖНО ГАРАНТИРОВАТЬ, ЧТО ТРЕБОВАНИЯ БУДУТ ВЫПОЛНЯТЬСЯ ПРИ ПОВЕДЕНИИ ПРОГРАММНЫХ АГЕНТОВ?



- **Model checking** – алгоритм проверки того, что логическая формула на данной интерпретации выполняется - принимает значение “истина”

ТРЕБОВАНИЯ К БУДУЩЕМУ ПОВЕДЕНИЮ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ – ФОРМУЛЫ ТЕМПОРАЛЬНОЙ ЛОГИКИ



ВСЕ алгоритмы управления должны проверяться относительно их БУДУЩЕГО поведения во времени



КАК МОЖЕТ ЧЖЕН ЦЗЯЦЗЯ ПОСТРОИТЬ ИНЪИН С НУЖНЫМИ СВОЙСТВАМИ?

Спецификация
ИнъИн



Формальное
представление
поведения ИнъИн

ИнъИн *никогда* не
забудет просьбу мужа
до тех пор, *пока* ее не
выполнит



Формула
 $G(req \Rightarrow reqUdone)$

Алгоритм проверки
выполнения
требований

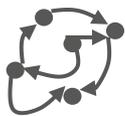
Формальное
требование –
формула
**ТЕМПОРАЛЬНОЙ
ЛОГИКИ**



ПОЛИТЕХ

КАК МОЖЕТ ЧЖЕН ЦЗЯЦЗЯ ПОСТРОИТЬ ИНЪИН С НУЖНЫМИ СВОЙСТВАМИ?

Спецификация
ИнъИн



Формальное
представление
поведения ИнъИн

Система должна уметь распознавать ситуацию и руководствоваться правилами морали

Всегда, если ИнъИн **НЕ знает**, что мужа нет дома, пылесосить **запрещено**

Формула
 $G(\neg K_{И} \text{ЦзяЦзя_is_Absent} \Rightarrow \neg \text{Permitted } r)$

Алгоритм проверки выполнения требований

Формула
**ТЕМПОРАЛЬНОЙ,
ЭПИСТЕМИЧЕСКОЙ
и ДЕОНТИЧЕСКОЙ
ЛОГИК**

Может ли ИнъИн **выбросить** “источник мусора” - Чжэн Цзяцзя из окна, чтобы условия для уборки квартиры были выполнены? 6



ПРИМЕРЫ ТРЕБОВАНИЙ

- *Всегда* действие R *разрешается* выполнить только тогда, когда ИнъИн *знает*, что мужа дома нет
 - $G(\neg K_A \neg \text{HusbandAtHome} \Rightarrow \neg \text{Permitted } R)$
- *Всегда* ИнъИн *обязана НЕ* отключаться сама по себе, по своей воле
 - $G(\text{isOn} \rightarrow \text{Obligatory}(\text{isOn} \cup (\text{pushOff} \vee \text{noBattery})))$
- Законы Айзека Азимова:
 1. робот *не должен* причинять вреда человеку;
 2. робот *обязан* повиноваться человеку;
 3. робот *может* заботиться о собственной безопасности, если это не противоречит первым двум пунктам.

- Что значит “*должен*”, “*обязан*”, “*разрешено*”, “*знает*”, ... “*всегда*”??

В классической логике эти требования не формализуются

Классическая логика может формализовать и анализировать лишь малый фрагмент обычных утверждений естественного языка, отбрасывая все, что не относится к статичной неизменяемой УНИВЕРСАЛЬНОЙ истине.



ПОЛИТЕХ

Что такое модальность?

- ЭТО **характеризация** истины
- *ИнъИн* пылесосит.

обязательно
 Чжен знает, что
 в будущем будет
 случилось, что
 Чжен верит, что
 должна
 не имеет право
 может

... ..

- Модальные операторы формально обозначаются:
 [] "*ИнъИн_пылесосит*"
 или ◇ "*ИнъИн_пылесосит*"

ИнъИн пылесосит



Модальная логика – любая логика, позволяющая формализовать и анализировать рассуждения с различными характеристиками ИСТИНЫ: возможность/необходимость, знание/вера и т.п.



МОДАЛЬНАЯ ЛОГИКА – ЛОГИКА С МОДАЛЬНЫМИ ОПЕРАТОРАМИ

- Модальность (от лат. *modus* – вид, способ, наклонение) – **оценочная категория**, определяющая **отношение** высказывания к действительности.

Модальная логика - любая формальная логическая система, в которой присутствуют модальные операторы.

– $\diamond p$ - “*p* возможно (может быть) истинно”

– $\Box p$ - “*p* обязательно (должно быть) истинным”

} *Логика
возможности/
необходимости*

– $\diamond p$ – “когда-нибудь в будущем *p* будет истинным”

– $\Box p$ – “*p* будет истинным всегда в будущем”

} *Временная
логика*

– $\Box_A p$ – “агент *A* **знает**, что *p* истинно”

– $\diamond_A p$ – “агент *A* **предполагает**, что *p* истинно”

\Box_i “идет дождь” – “агент *i* **знает**, что идет дождь”.

} *Логика знаний*



МОДАЛЬНАЯ ЛОГИКА: ЛОГИКА “СИЛЬНЫХ” И “СЛАБЫХ” ИСТИН

- МЛ – формализм для изучения *логически связанных пар модальностей* типа “необходимо” и “возможно”, которые могут стоять перед утверждениями (высказываниями) с возможными значениями “истина” или “ложь”.

Формально эти модальности обозначаются операторами \Box и \Diamond .

Логика	Модальность необходимого $\Box p$	Модальность возможного $\Diamond p$
Алетическая alethic	p необходимо (p is necessary)	p возможно (p is possible)
Доксастическая doxastic	p обязательно (p is believed)	P предположительно (p is supposed)
Темпоральная temporal	всегда в будущем p (p always)	иногда в будущем p (p sometimes)
Деонтическая deontic	p должно быть выполнено (p is obligatory)	p разрешается выполнить (p is allowed)
Эпистемическая epistemic	знаю, что p (p is known)	думаю (полагаю), что p (p is believed)
...



- Valentin Goranko (Stockholm University, Sweden) “Modalities for multi-agent systems”:

“Over the past 10-15 years modal logic has become an increasingly popular and successful framework for modeling and analyzing multi-agent systems. Various logical systems have been proposed and studied for that purpose. Besides the purely technical and intrinsically logical problems that have arisen in these studies, a multitude of new conceptual questions related to the semantics of these logics have emerged”.

Формализация в области разработки многоагентных систем играет ту же роль, которую она играет в других областях инженерной деятельности:

*она позволяет изучать свойства разрабатываемой системы **на модели***

вместо того, чтобы ликвидировать последствия некорректного функционирования системы, которая была изначально построена

*из “общих соображений”, на основе “здравого смысла”. **Здравый***

СМЫСЛ НЕ ПОМОГАЕТ СТРОИТЬ КОРРЕКТНЫЕ СИСТЕМЫ!



ЧТО ДЕЛАТЬ ПРОГРАММИСТАМ? NO SILVER BULLET. COMPUTER, N4, 1986



*“Из всех монстров, которыми наполнены кошмары нашего фольклора, самыми страшными являются **оборотни**: нас пугает неожиданное превращение того, что нам хорошо знакомо, в нечто ужасное.*

Мы ищем серебряные пули, которые могли бы волшебным образом уложить оборотней наповал”.

“Хорошо знакомый программный проект напоминает оборотней тем, что, будучи простым и невинным на вид, он может стать чудищем проваленных графиков работы, раздувшихся бюджетов и неработающих продуктов. И мы слышим отчаянные крики с просьбами дать пулю ...

Но взглядываясь в предстоящее десятилетие, мы не видим серебряной пули!

Хотя мы не видим ошеломляющих прорывов и считаем их несвойственными природе программирования, происходит много вселяющих надежды нововведений в борьбе со сложностью проектов.

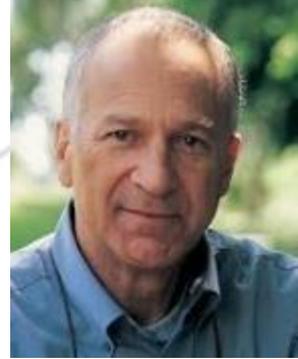
“Нет царского пути, но все же путь есть”.





ПОЛИТЕХ

BITING THE SILVER BULLET. COMPUTER, N1, 1992



Дэвид Харел

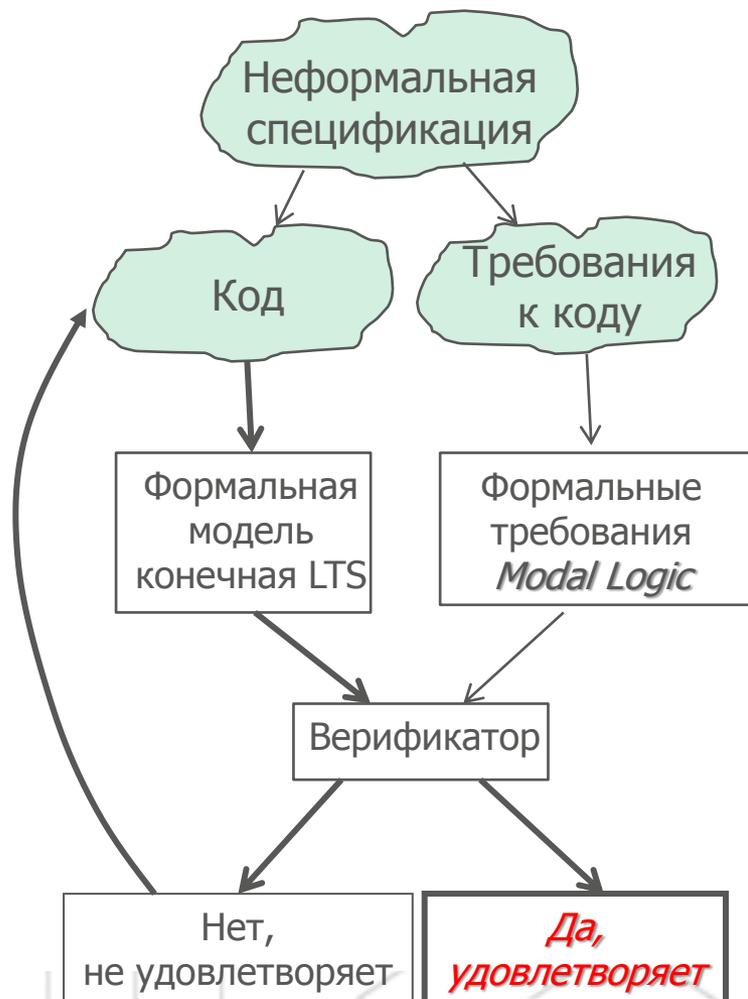
David Harel: “хотя единственного средства (серебряной пули) нет, но последовательное внедрение новых идей может внести существенный вклад в разработку сложных программных систем”.

*При разработке мультиагентных систем
полностью описать требования к ним невозможно!!!
Впереди трудная, болезненная работа (**biting the silver bullet!**)
получение новых теоретических результатов,
разработка и внедрение практических технологий
на основе модальных логик*

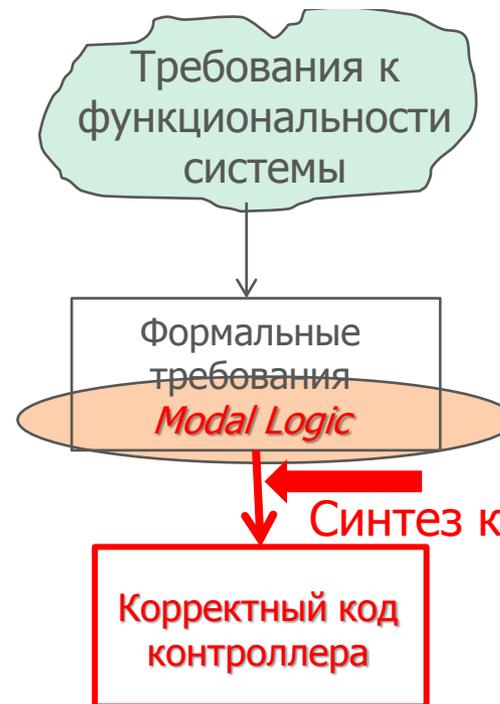
НЕТ СЕРЕБРЯНОЙ ПУЛИ. А КАК НАСЧЕТ ОСИНОВОГО КОЛА?



Классический подход



Синтез супервизоров



Первое средство от обратной –
ОСИНОВЫЙ КОЛ!

Синтез кода

Корректный код контроллера

В области построения контроллеров для координации действий распределенных дискретных 'событийных' систем получены интересные результаты



ПРОБЛЕМА «СХОЖЕСТИ» VS «РАСПОЗНАВАНИЯ»

Суть проблемы классического алгоритмического распознавания в необходимости ответить «да» или «нет». Существуют алгоритмически неразрешимые проблемы: эквивалентность слов (т. Поста-Маркова), тождественности групп (т. Новикова), выводимости (т. Черча)

Гипотеза: множество признаков «схожести» объектов «мягче, чем множество распознаваемых признаков», поэтому оно перечислимо, а проблема вычисления меры «схожести» (0-100%) алгоритмически разрешима (существует алгоритм, который вычисляет эту меру за конечное время)

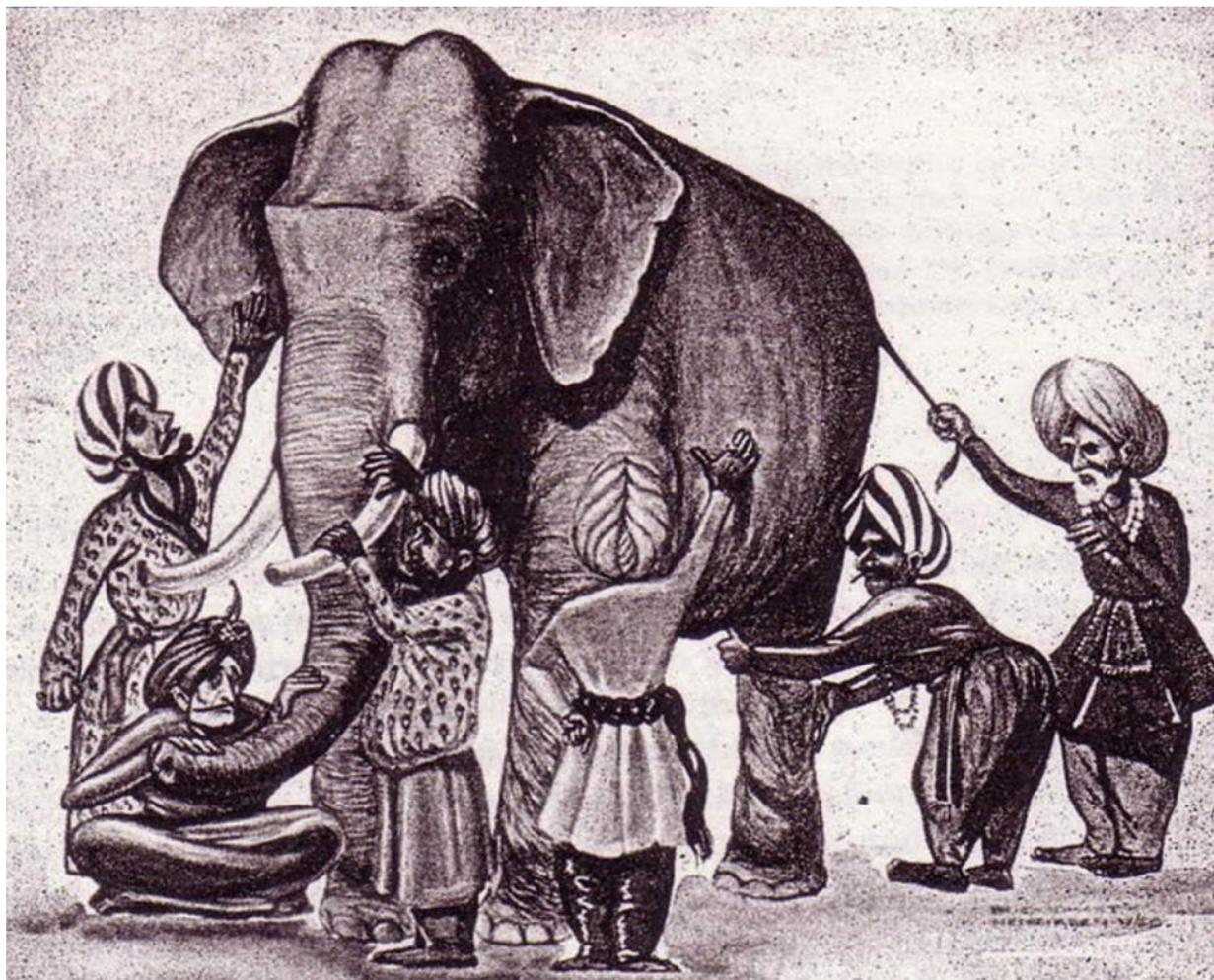


ПОЛИТЕХ

ПРОЕКЦИОННАЯ СЕМАНТИКА



ВВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМУ СХОЖЕСТИ ОБЪЕКТОВ

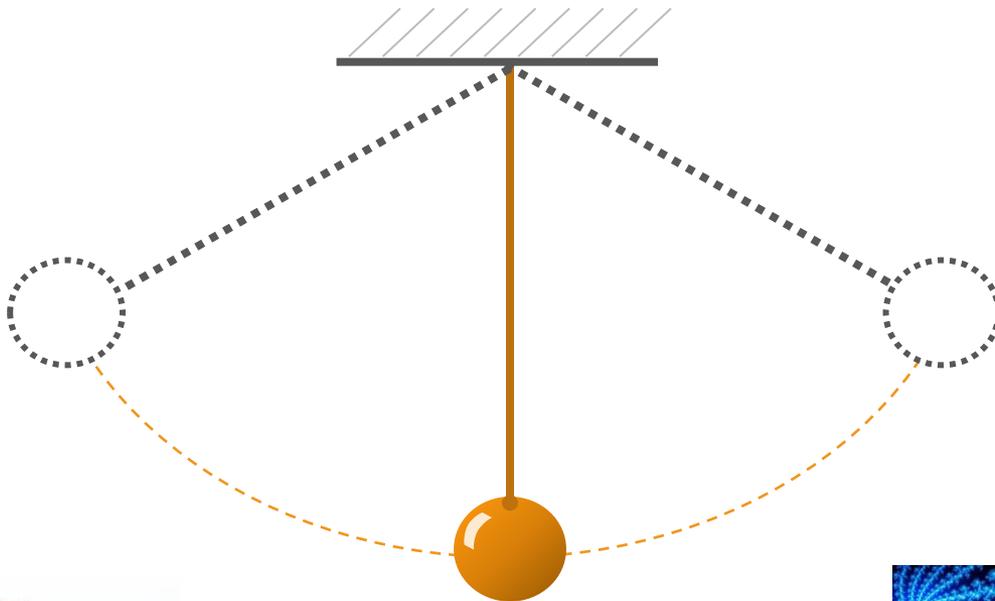




ПОЛИТЕХ

ОТ «ТОЧНЫХ» К «БОЛЬШИМ» ДАННЫМ

математика
«ТОЧНЫХ
данных»:
алгебра,
топология,
отношения
порядка



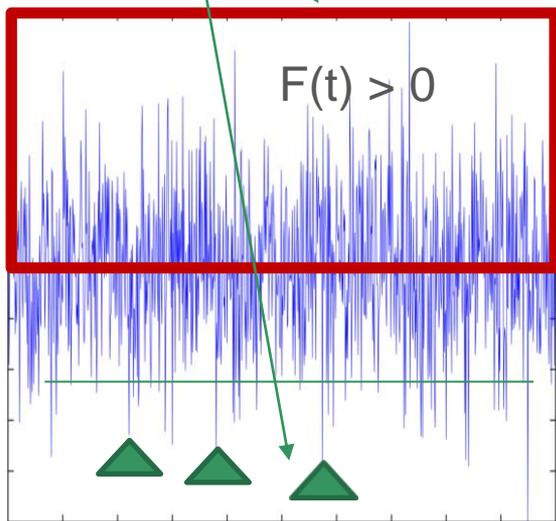
математика
«больших
данных»:
статистика,
вероятность,
классификация,



Принцип математических наук –
«тождественность неразличимых»

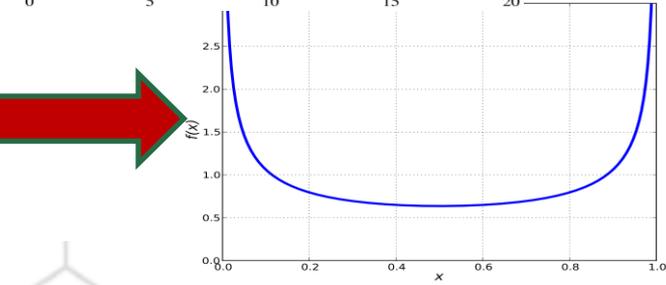
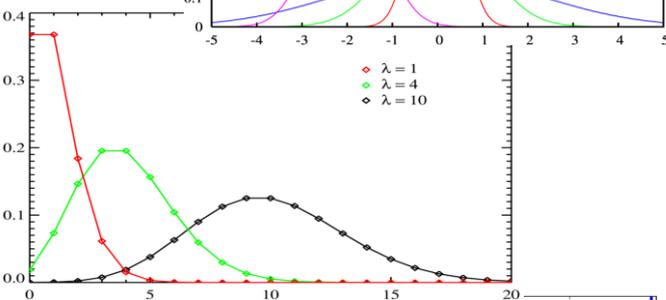
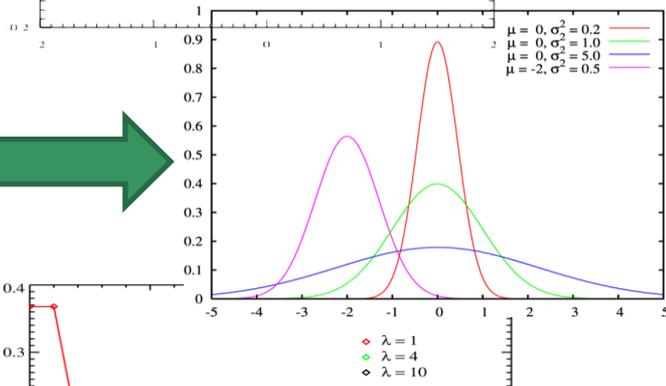
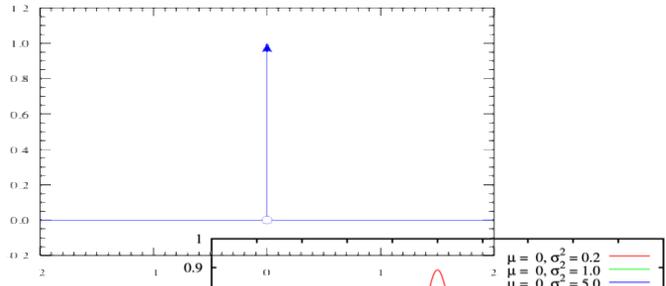
От «БОЛЬШИХ ДАННЫХ» К СТАТИСТИЧЕСКИМ ИНВАРИАНТАМ

Физический процесс –
белый шум и его
отдельные составляющие

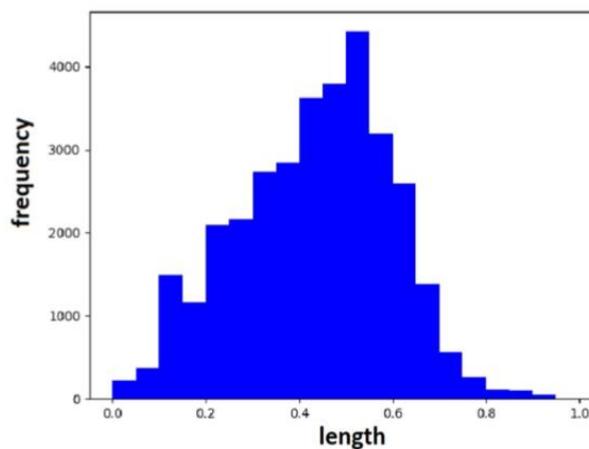
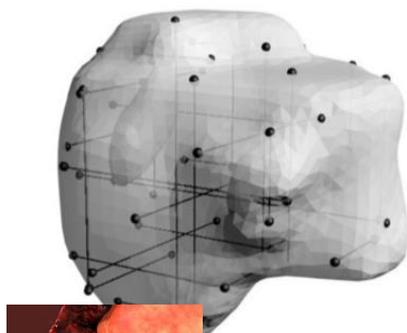


Случайные дискретные
значения

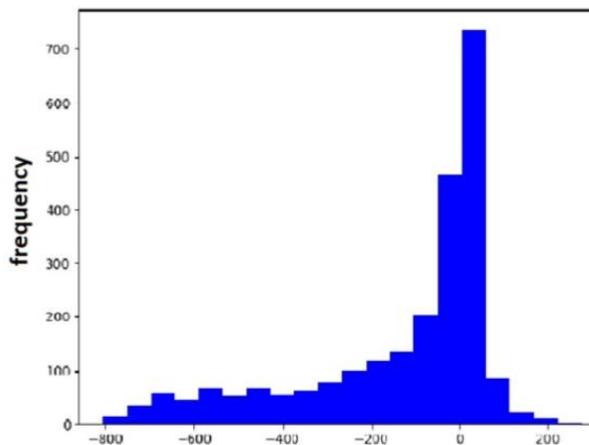
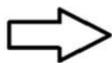
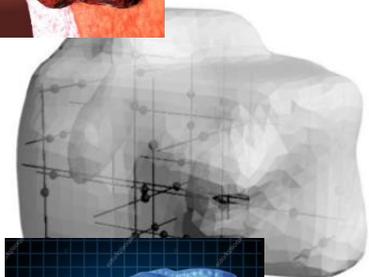
Интеллектуальный классификатор

«СХОЖЕСТЬ»: КОГНИТИВНЫЕ «ВОЗМОЖНОСТИ» VS «СПОСОБНОСТЬ» ВЫЧИСЛЯТЬ



Гистограммы
длин хорд,
соединяющи
е случайные
точки на
поверхности
объекта

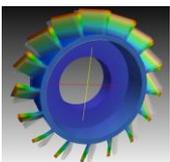


Гистограммы
плотности
материала,
из которого
состоит
объект

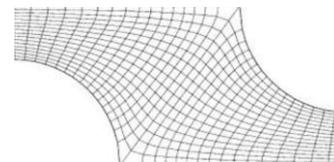
ЭКОСИСТЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ, ОСНОВАННЫХ НА СВОЙСТВАХ СХОЖЕСТИ ТРЕХМЕРНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

ФИПС/Роспатент

Инжиниринговые центры



Расчетные сетки МКЭ

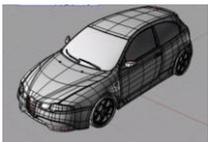


Производители деталей и компонент



- Системы видеомониторинга
- Центры ГИС
- Персонализированная медицинская диагностика

Сборочные производства



PLM центры и системы:
MC-21, Камаз, Lada

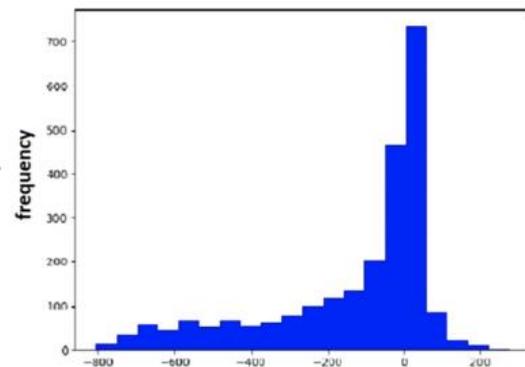
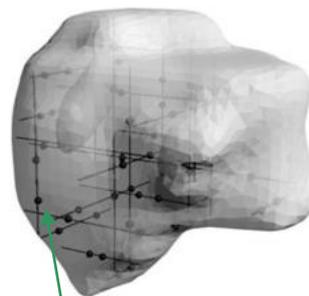
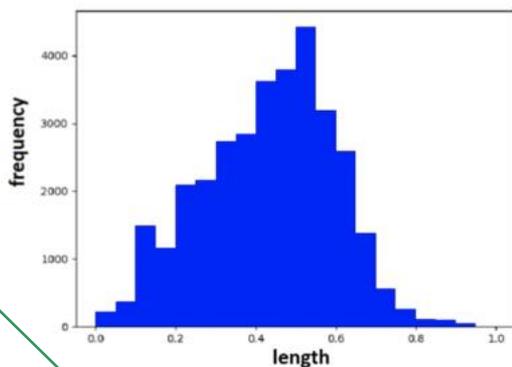
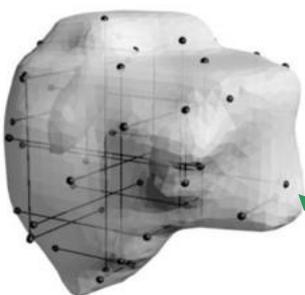


Поставщики комплектующих





ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ МНОГОМЕРНЫХ ВЕКТОРОВ - ГИСТОГРАММ



Параметры гистограмм:

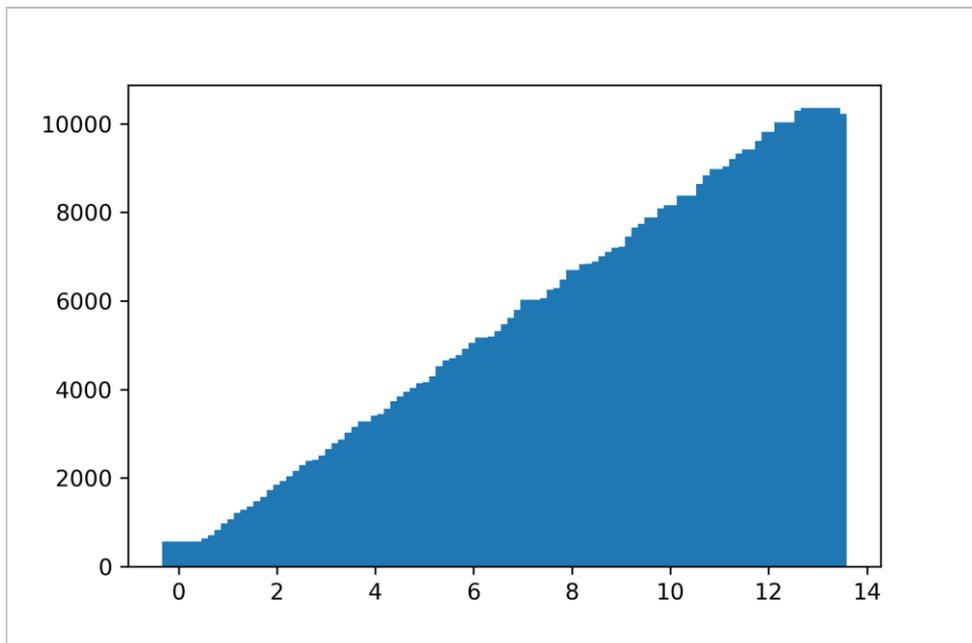
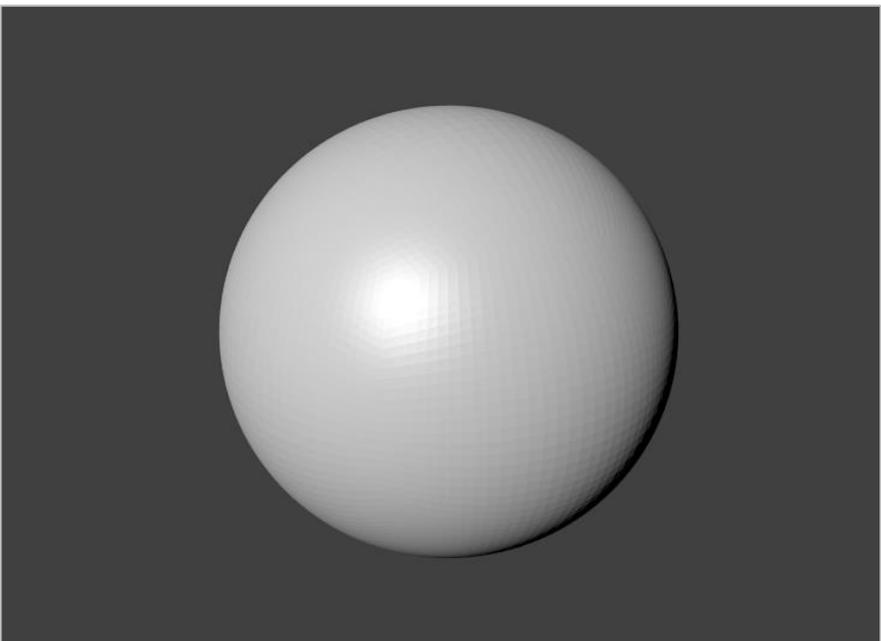
- n – количество точек на поверхности 3D модели для вычисления длин хорд и точек, в которых «измеряется» плотность материала объекта
- m – количество гистограмм для усреднения формы огибающей
- k – количество интервалов (разрядов) на каждой из m гистограмм

$$H_{\text{объекта}} = \frac{\sum_{i=1}^m H_i}{m}$$

$$H_i = H(\{v_1, v_2, \dots, v_n\}, k), \\ i = \overline{1, m}$$

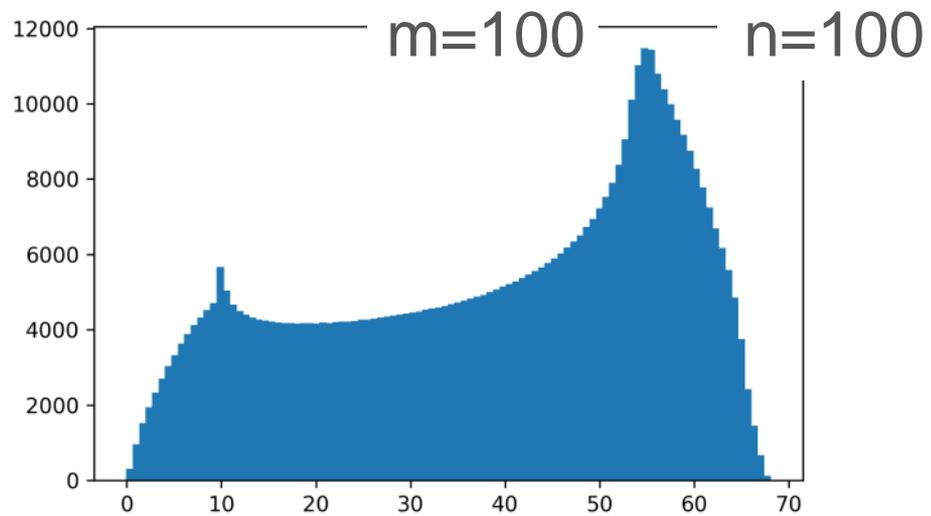
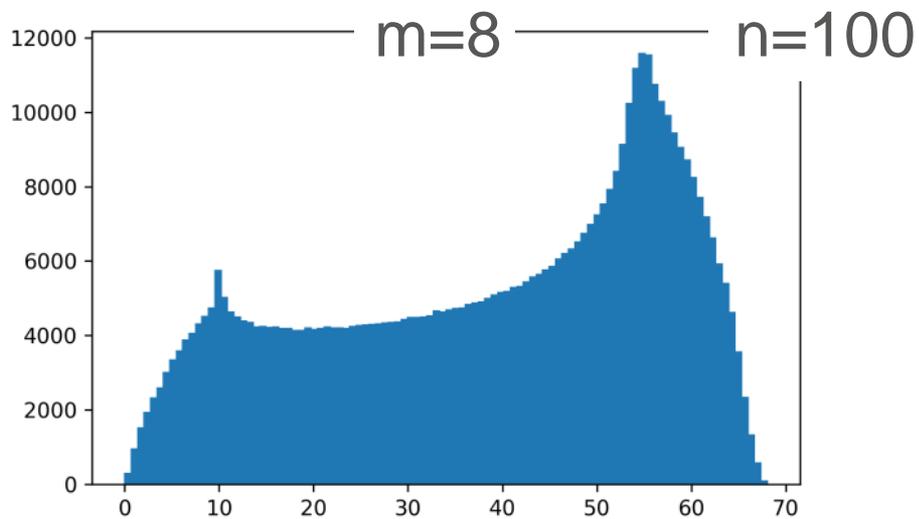
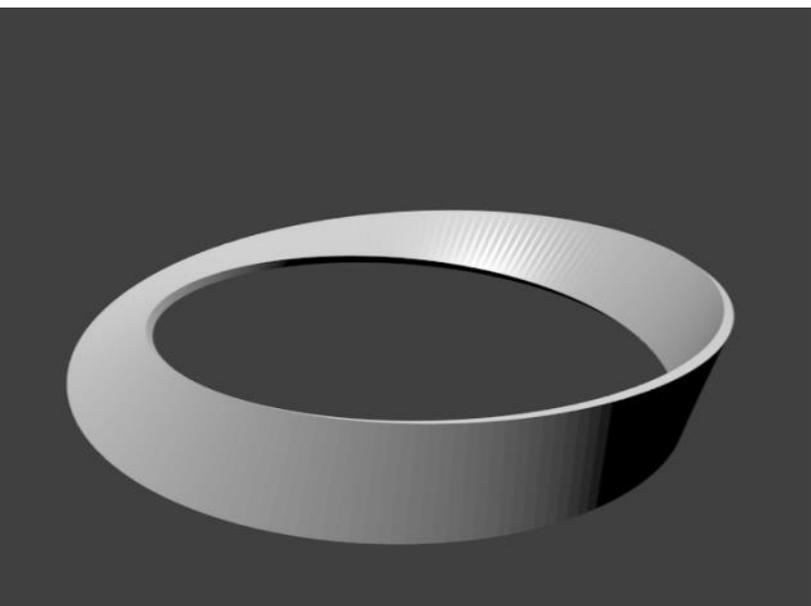


ПОЛИТЕХ





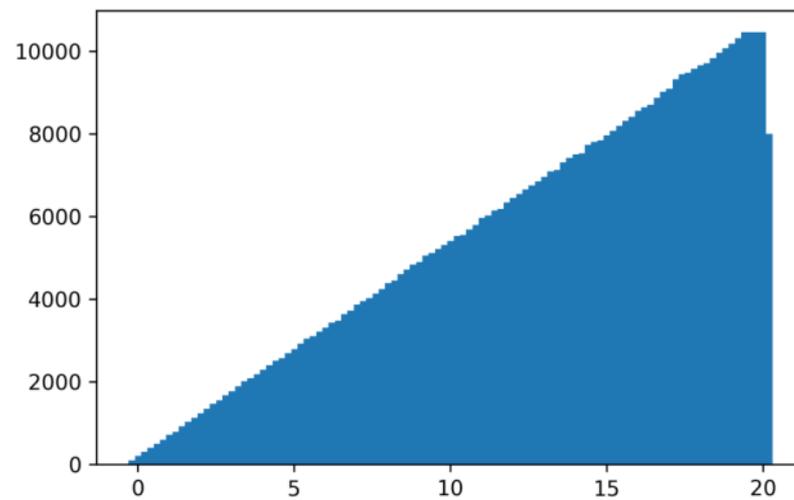
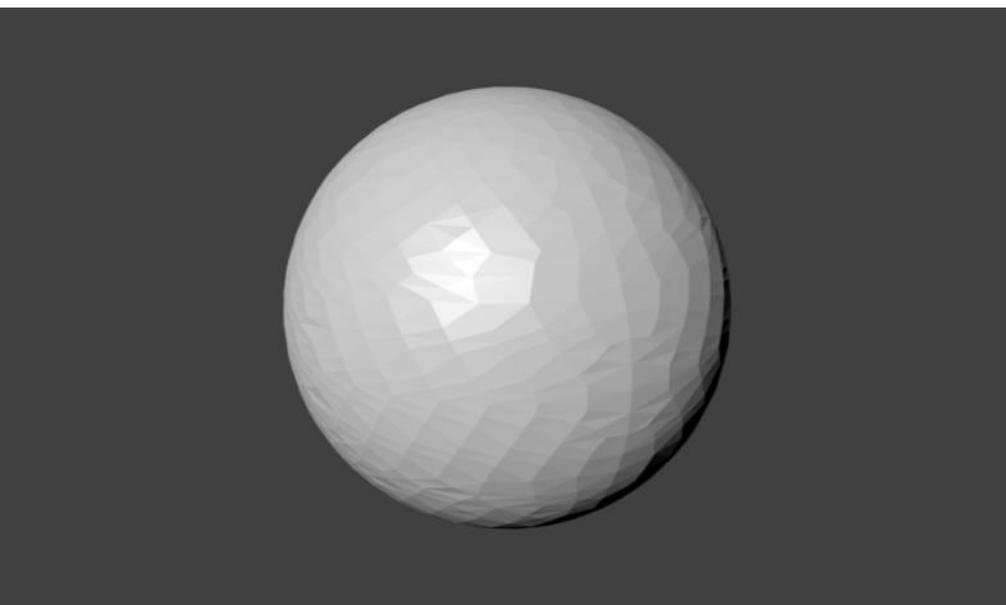
ПОЛИТЕХ





ПОЛИТЕХ

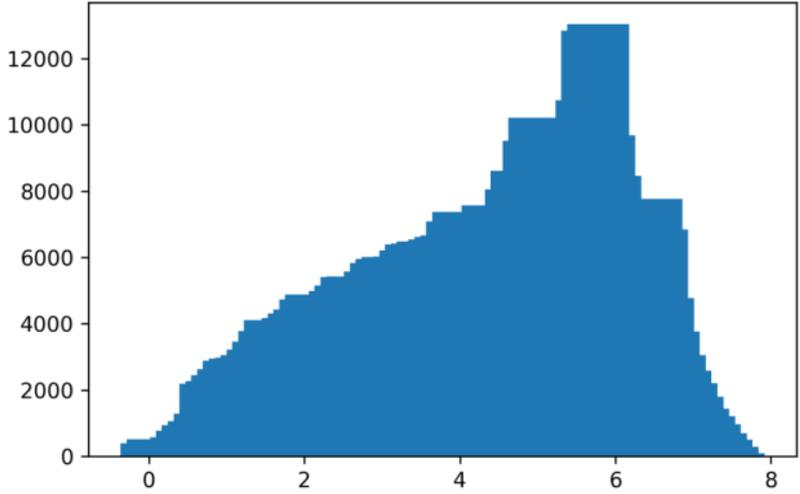
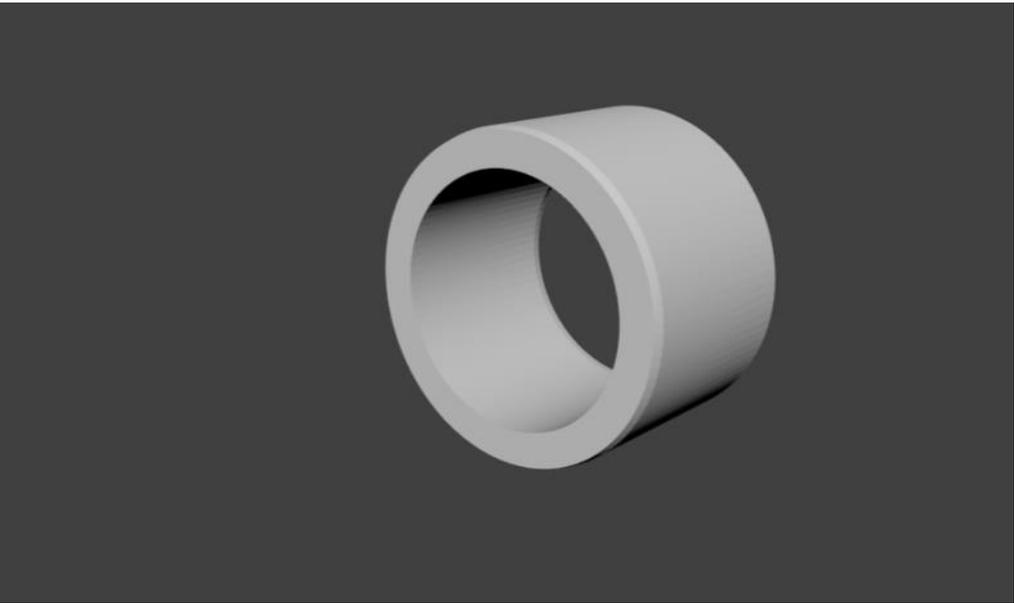
$n=100$ $m=8$





ПОЛИТЕХ

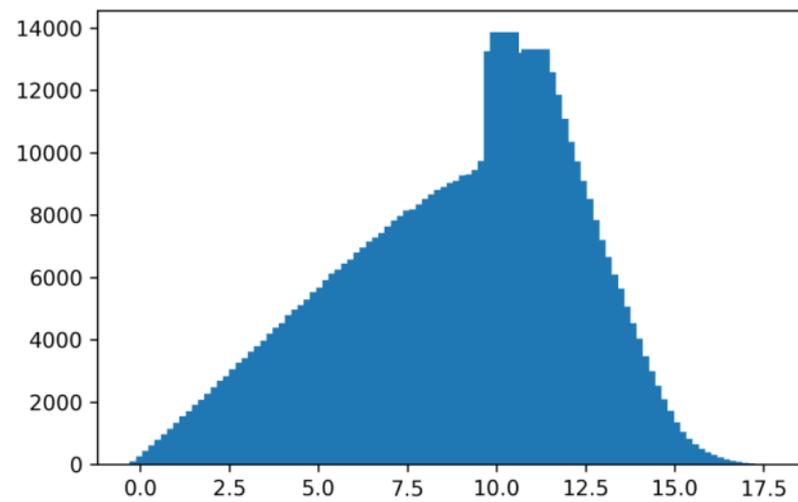
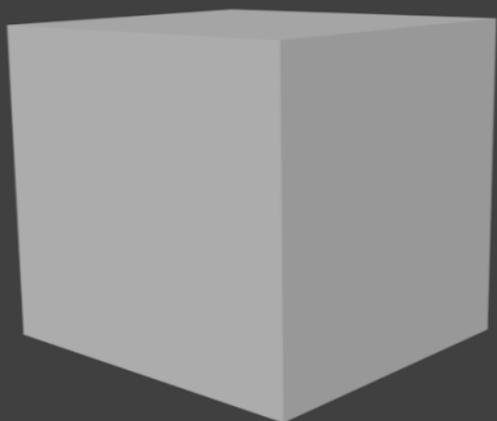
$n=100$ $m=8$





ПОЛИТЕХ

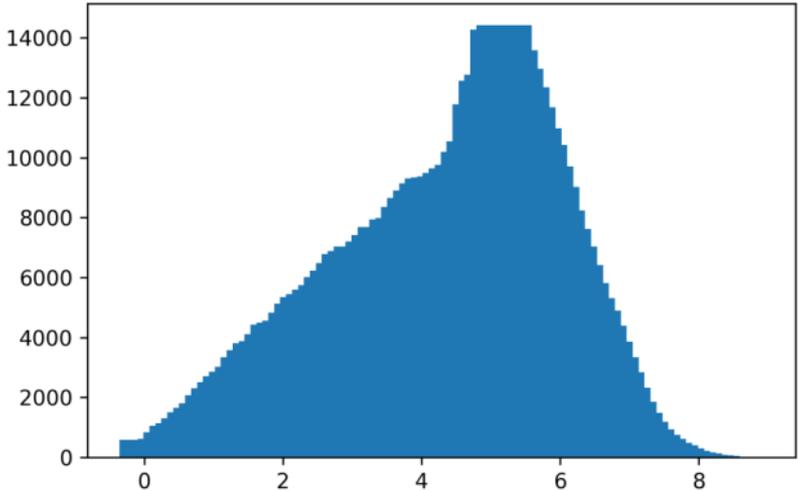
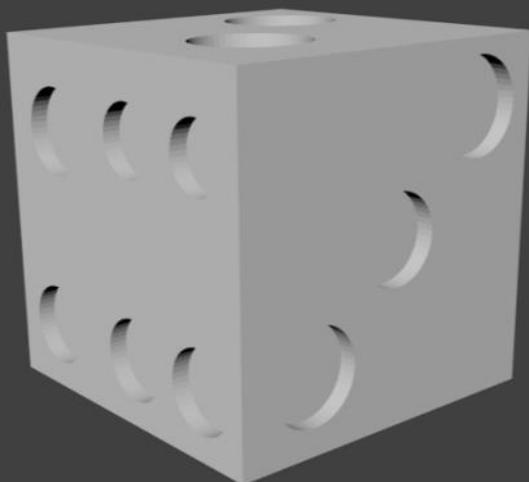
$n=100$ $m=8$





ПОЛИТЕХ

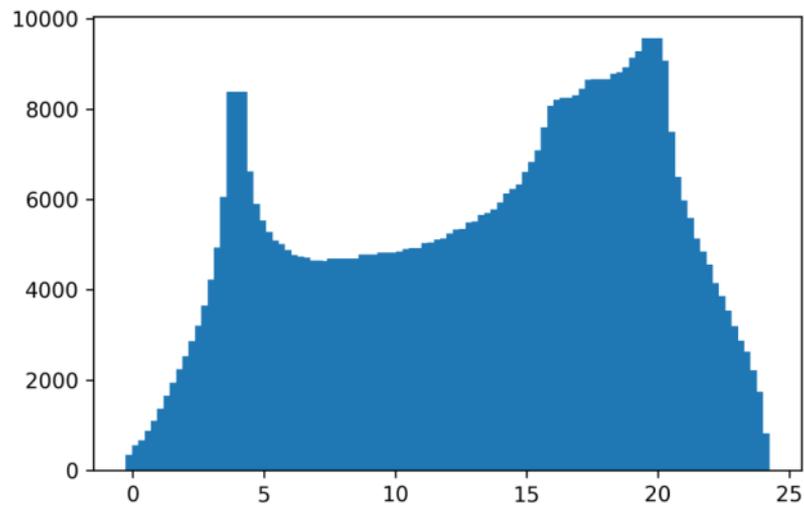
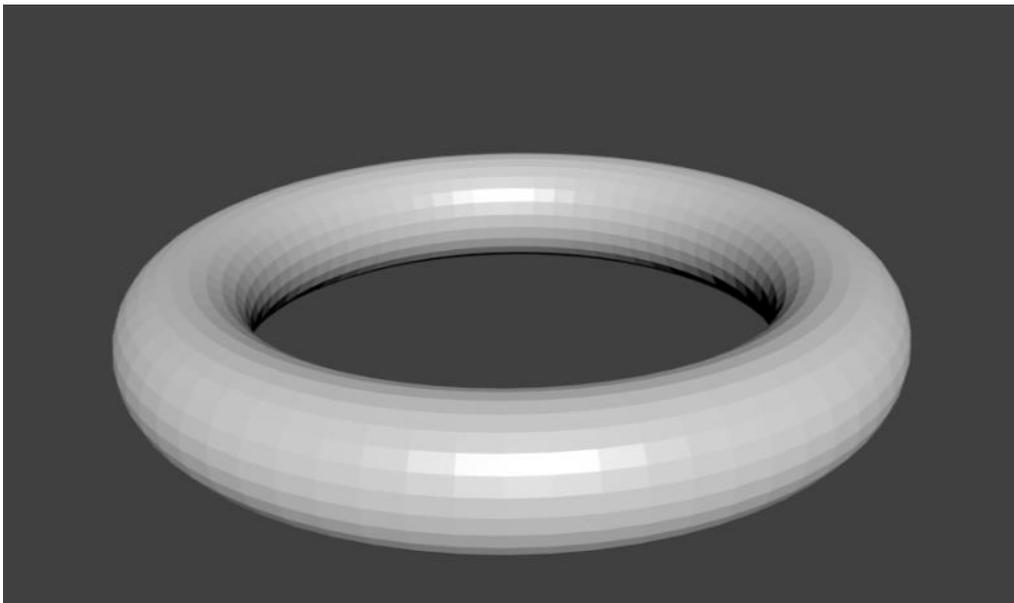
$n=100$ $m=8$



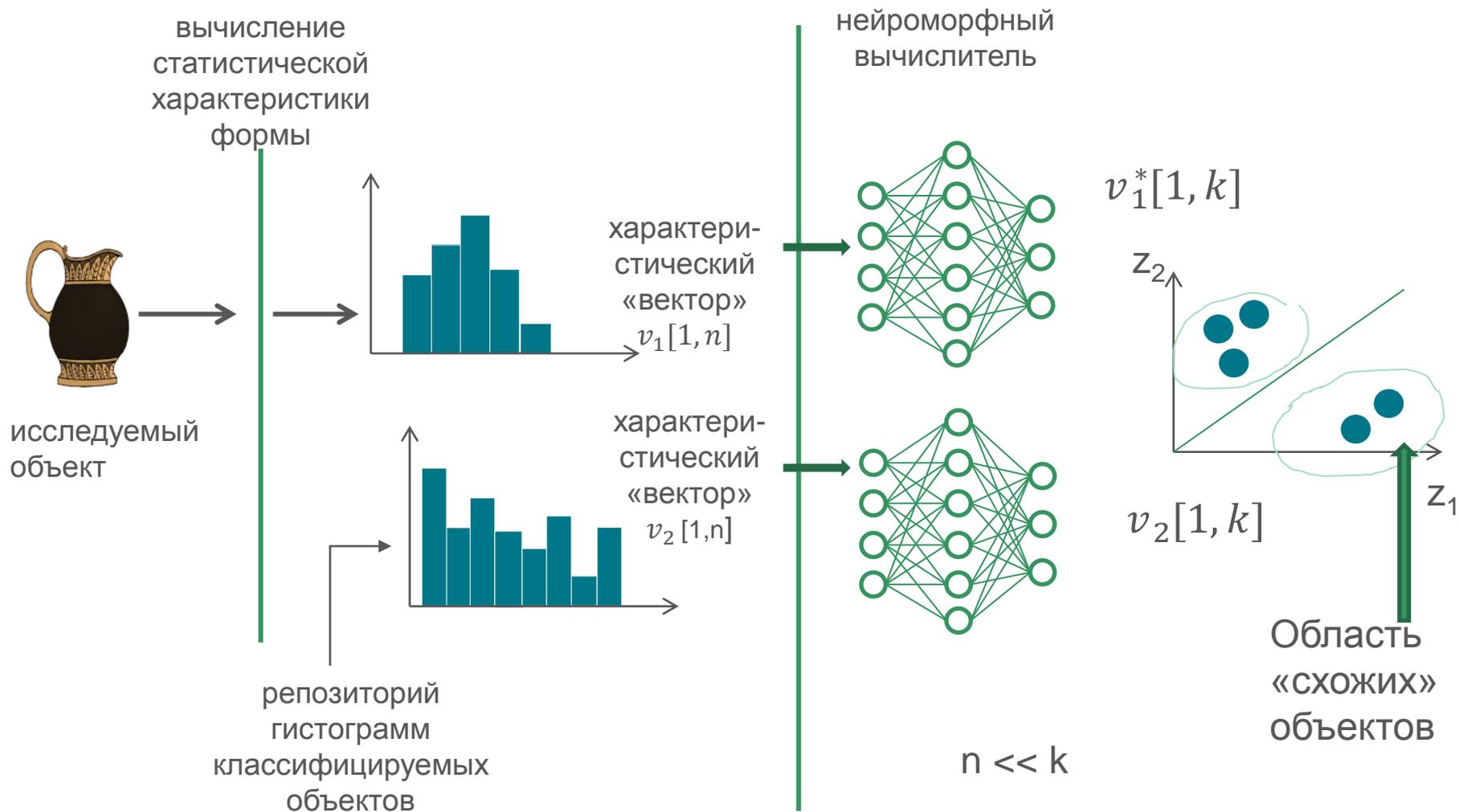


ПОЛИТЕХ

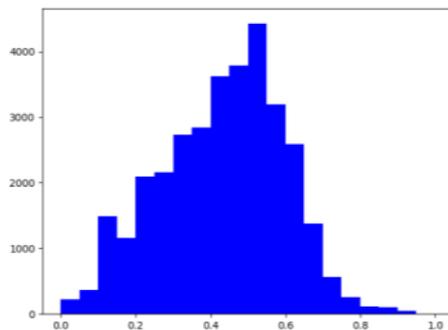
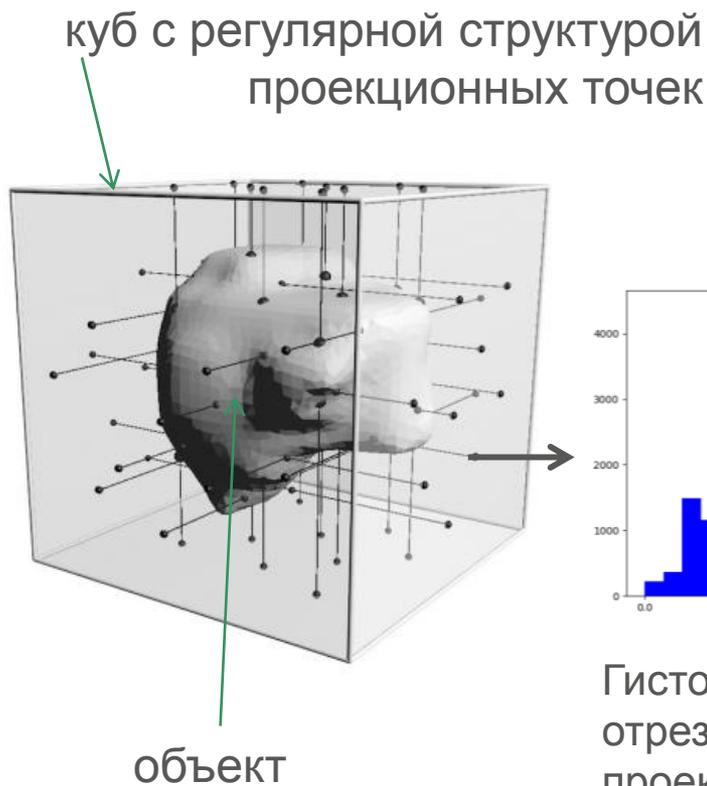
$n=100$ $m=8$



СИАМСКАЯ НЕЙРОМОРФНАЯ СЕТЬ



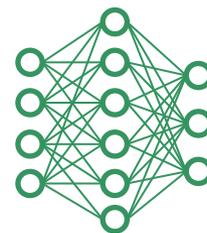
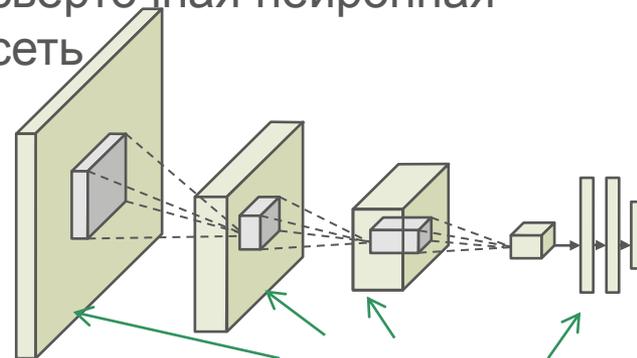
СТАТИСТИЧЕСКИЙ ИНВАРИАНТ НА РЕГУЛЯРНОЙ СЕТКЕ



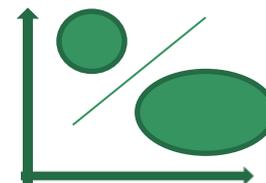
Гистограмма длин отрезков от проекционных точек до точки поверхности объекта

Репозиторий верифицированных образцов

Многослойная сверточная нейронная сеть



Сиамская сеть



ВЫЧИСЛЕНИЕ МЕРЫ «СХОЖЕСТИ» ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ СРАВНЕНИЯ ГИСТОГРАММ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Алгоритм вычисления:

- 1) По всем столбцам гистограмм сравниваемых объектов вычисляется абсолютная величина разности
- 2) Полученные значения суммируются
- 3) Сумма делится на количество измерений, а именно число хорд между 1024 точками ($1023 * 1024 / 2 = 523776$). Полученный результат умножается на 100% - это есть «мера отличия»
- 4) Оценка «похожести» = 100% - «мера отличия»

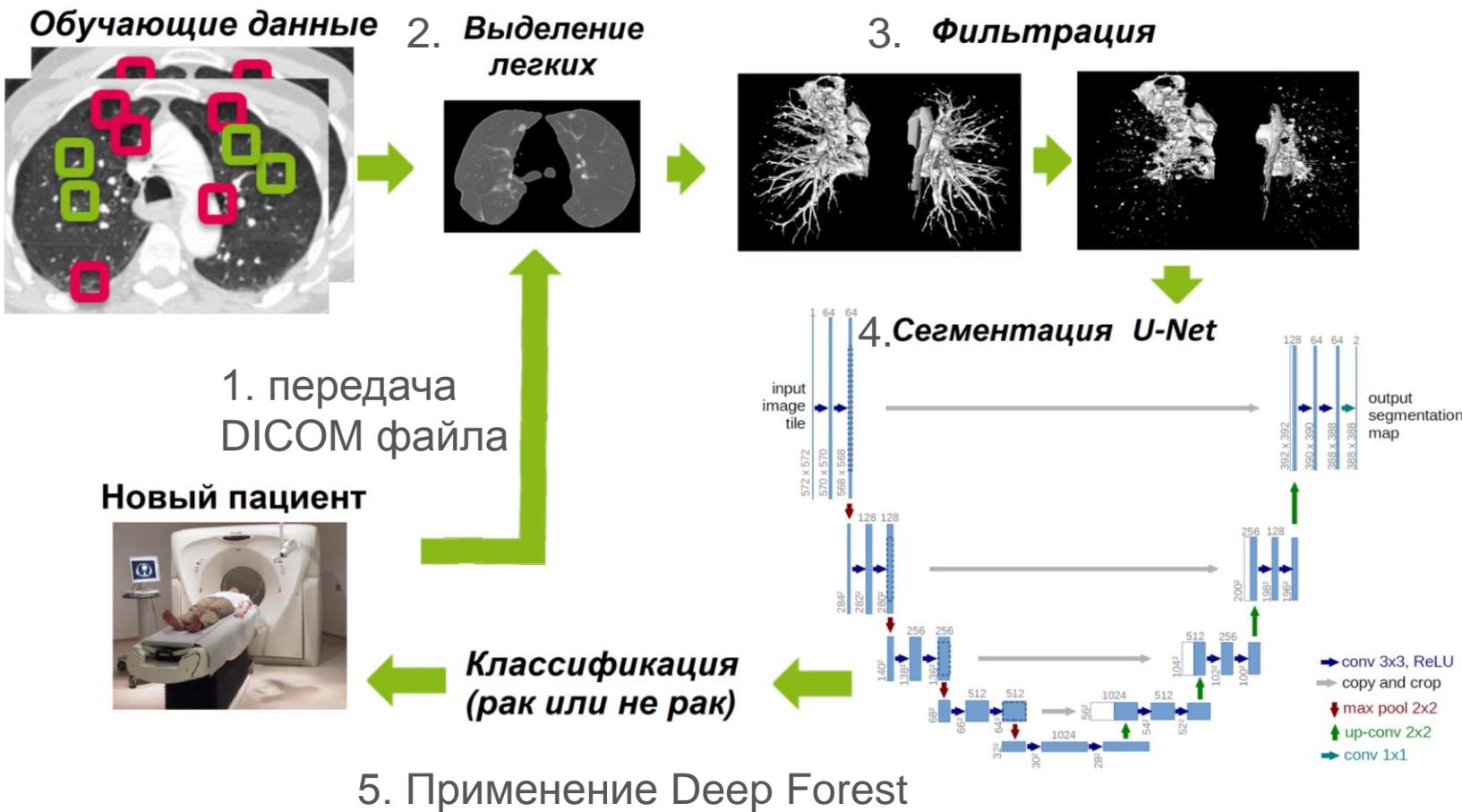
Код: `distance = np.abs(hist_1 - hist_2).sum() / 523776.0 * 100`

мера : `score = 100 - distance`

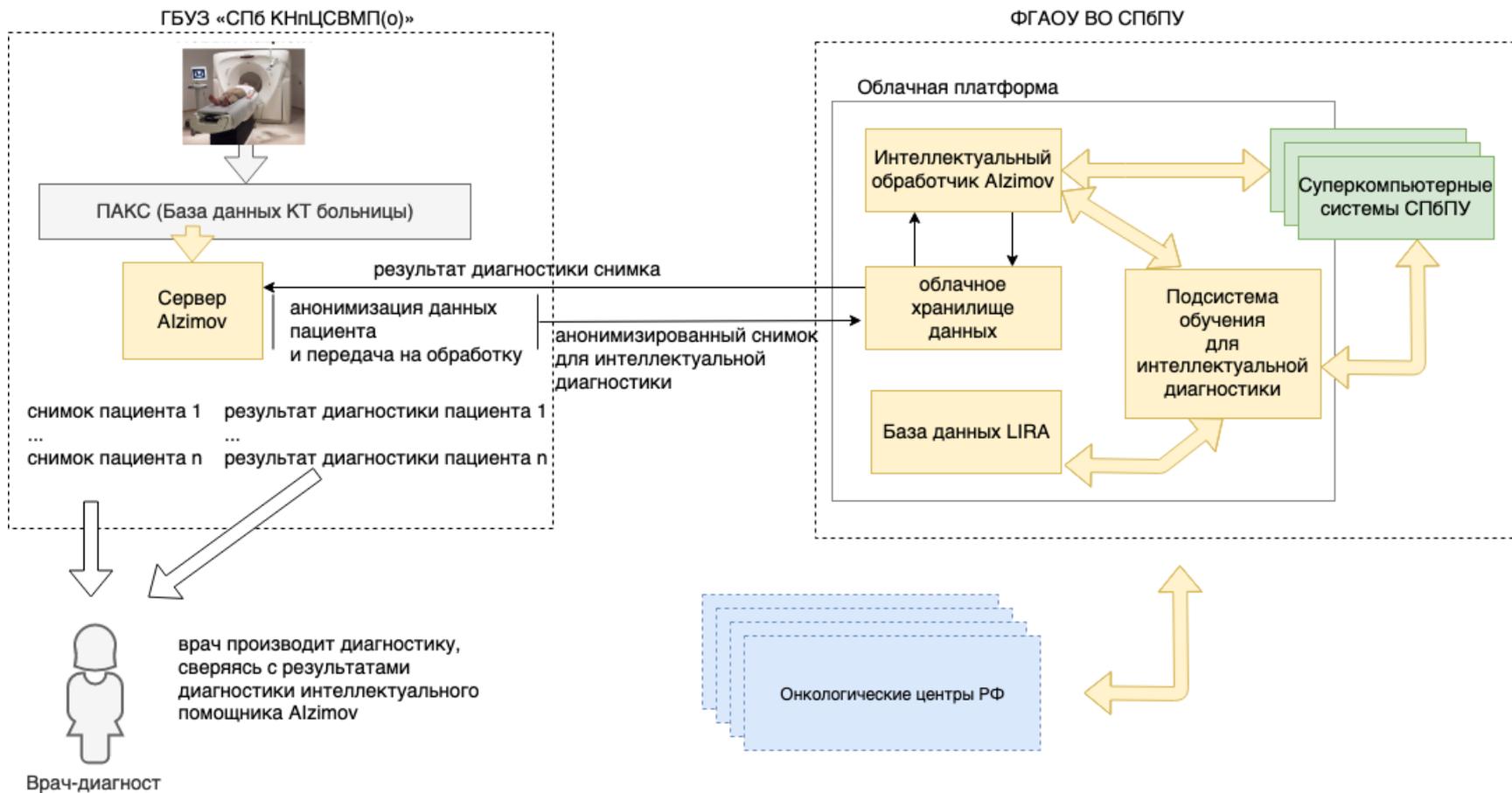


ПОЛИТЕХ

ЭТАПЫ «ВНЕДРЕНИЯ» ТЕХНОЛОГИИ СРАВНЕНИЯ: ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА НОВООБРАЗОВАНИЙ ПО ДАННЫМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ



АРХИТЕКТУРА ПЛАТФОРМЫ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ»



Исходные данные:

гистограмма-вектор образца X [1:n]

гистограмма-вектор прототипа Y [1:n]

Вектор невязки D [1:n]

- Мера схожести по критерию «связанности» :

$$d_1^2 \cdot y_1^2 + d_2^2 \cdot y_2^2 + \dots + d_n^2 \cdot y_n^2$$

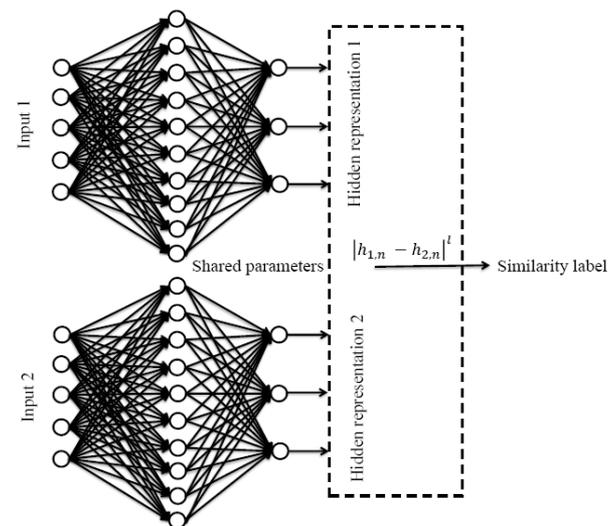
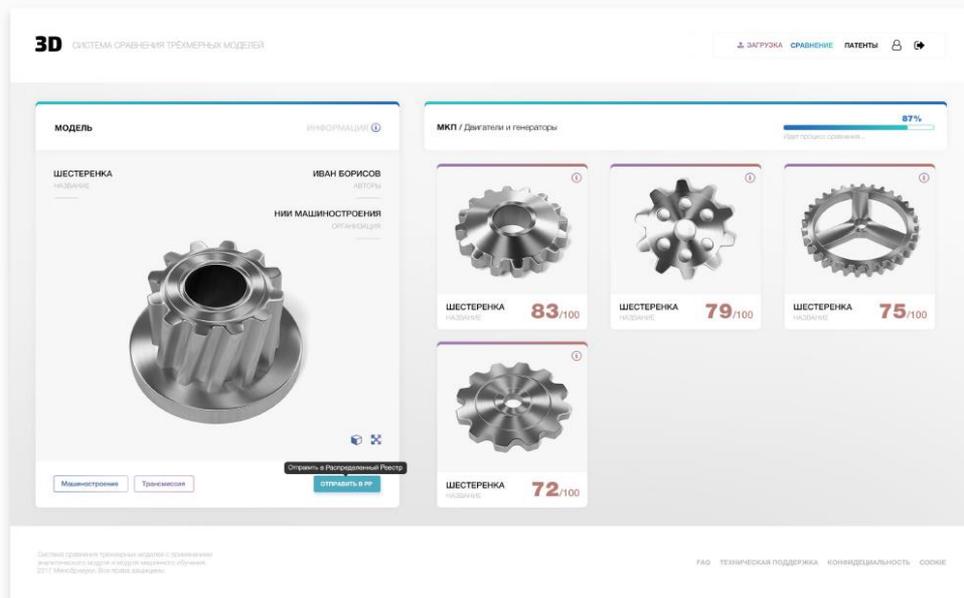
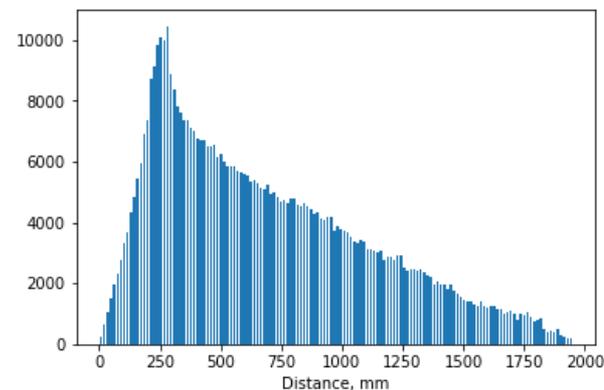
- Мера схожести по критерию «объема» :

$$d_1^2 / y_1^2 + d_2^2 / y_2^2 + \dots + d_n^2 / y_n^2$$

-

ЭТАПА ВНЕДРЕНИЯ: ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СХОЖЕСТИ ТРЕХМЕРНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ «ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБРАЗЦОВ»

- Применены сиамские нейронные сети для сравнения форм;
- Создана база данных 3д моделей запатентованных в ФИПС промышленных образцов;
- На базе СКЦ «Политехнический» разработана суперкомпьютерная гибридная платформа обучения «интеллектуального» узла для сравнения моделей и вычисления оценки «схожести»



МЕРЫ «СХОЖЕСТИ» ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ СРАВНЕНИЯ ГИСТОГРАММ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Алгоритм вычисления:

- 1) По всем столбцам гистограмм сравниваемых объектов вычисляется абсолютная величина разности
- 2) Полученные значения суммируются
- 3) Сумма делится на количество измерений, а именно число хорд между 1024 точками ($1023 * 1024 / 2 = 523776$). Полученный результат умножается на 100% - это есть «мера отличия»
- 4) Оценка «похожести» = 100% - «мера отличия»

Код: `distance = np.abs(hist_1 - hist_2).sum() / 523776.0 * 100`

мера : `score = 100 - distance`

ОЦЕНКИ «СХОЖЕСТИ» МОДЕЛЕЙ: КУЗОВА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

МОДЕЛЬ

Bugatti_Duplicate
НАЗВАНИЕ

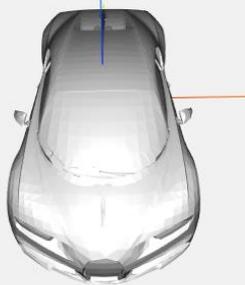
Автомобили
КЛАСС

Изобретатель
АВТОРЫ

ОРГАНИЗАЦИЯ

ОТКРЫТЬ РЕФЕРАТ

РЕФЕРАТ



НАЗАД К МОДЕЛИ

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ

100%
Задача завершена

 <p>Car7 АВТОМОБИЛИ</p> <p>ПАТЕНТ 100/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Car6 АВТОМОБИЛИ</p> <p>ПАТЕНТ 92/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Car2 АВТОМОБИЛИ</p> <p>ПАТЕНТ 91/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Car5 АВТОМОБИЛИ</p> <p>ПАТЕНТ 91/100</p> <p>УБРАТЬ</p>
 <p>Car3 АВТОМОБИЛИ</p> <p>ПАТЕНТ 91/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Minivan2 АВТОМОБИЛИ</p> <p>ПАТЕНТ 88/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Car4 АВТОМОБИЛИ</p> <p>ПАТЕНТ 87/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Minivan3 АВТОМОБИЛИ</p> <p>ПАТЕНТ 86/100</p> <p>УБРАТЬ</p>

ОЦЕНКИ «СХОЖЕСТИ» МОДЕЛЕЙ: МОБИЛЬНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ

МОДЕЛЬ

iPhone_duplicate
НАЗВАНИЕ

Изобретатель
АВТОРЫ

Мобильные телефоны
КЛАСС

ОРГАНИЗАЦИЯ

ОТКРЫТЬ РЕФЕРАТ

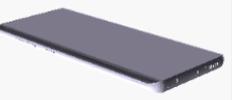
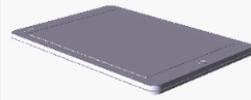
РЕФЕРАТ



НАЗАД К МОДЕЛИ

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ

100%
Задача завершена

 <p>Phone1 МОБИЛЬНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ</p> <p>ПАТЕНТ 100/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Phone6 МОБИЛЬНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ</p> <p>ПАТЕНТ 94/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Phone4 МОБИЛЬНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ</p> <p>ПАТЕНТ 86/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Phone2 МОБИЛЬНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ</p> <p>ПАТЕНТ 85/100</p> <p>УБРАТЬ</p>
 <p>Phone5 МОБИЛЬНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ</p> <p>ПАТЕНТ 85/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Tablet2 МОБИЛЬНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ</p> <p>ПАТЕНТ 84/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Tablet1 МОБИЛЬНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ</p> <p>ПАТЕНТ 82/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Phone3 МОБИЛЬНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ</p> <p>ПАТЕНТ 76/100</p> <p>УБРАТЬ</p>

ОЦЕНКИ «СХОЖЕСТИ» МОДЕЛЕЙ: ОБРАЗЦЫ МЕБЕЛИ

МОДЕЛЬ

Chair_duplicate
НАЗВАНИЕ

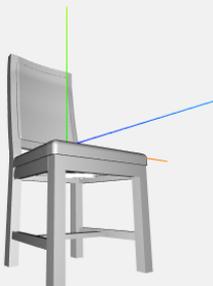
Изобретатель
АВТОРЫ

Стулья (мебель)
КЛАСС

ОРГАНИЗАЦИЯ

ОТКРЫТЬ РЕФЕРАТ

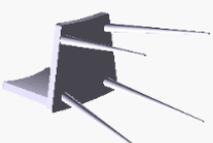
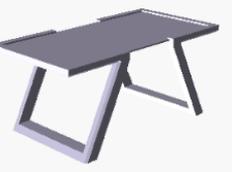
РЕФЕРАТ



НАЗАД К МОДЕЛИ

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ

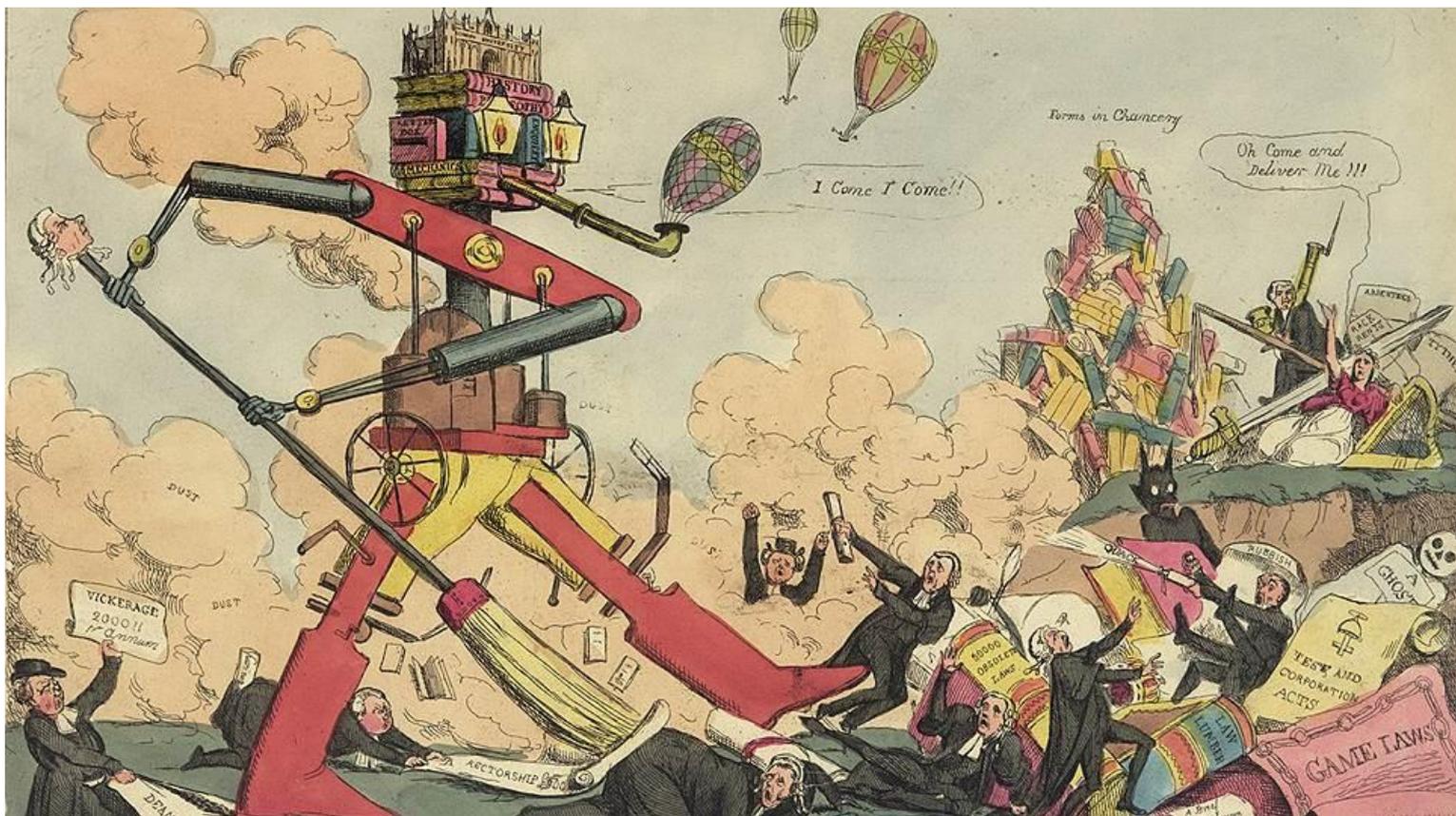
100%
Задача завершена

 <p>Chair1 СТУЛЯ (МЕБЕЛЬ)</p> <p>ПАТЕНТ 100/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Chair3 СТУЛЯ (МЕБЕЛЬ)</p> <p>ПАТЕНТ 76/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Chair5 СТУЛЯ (МЕБЕЛЬ)</p> <p>ПАТЕНТ 76/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Chair2 СТУЛЯ (МЕБЕЛЬ)</p> <p>ПАТЕНТ 72/100</p> <p>УБРАТЬ</p>
 <p>Table4 СТУЛЯ (МЕБЕЛЬ)</p> <p>ПАТЕНТ 70/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Table2 СТУЛЯ (МЕБЕЛЬ)</p> <p>ПАТЕНТ 55/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Table1 СТУЛЯ (МЕБЕЛЬ)</p> <p>ПАТЕНТ 54/100</p> <p>УБРАТЬ</p>	 <p>Chair4 СТУЛЯ (МЕБЕЛЬ)</p> <p>ПАТЕНТ 48/100</p> <p>УБРАТЬ</p>



- **Интеллектуальные методы** решения задач классификации и оценки схожести, основанные на объединении программно-алгоритмических (вычислительных) и «когнитивных» принципов обработки информации , **позволяют повысить эффективность** применения компьютерных технологий в решении актуальных задач «цифровой трансформации» знаний
- Использование технологий ИИ в промышленном масштабе **требует создание принципиально новой** «распределенной, реконфигурируемой гетерогенной суперкомпьютерной инфраструктуры» эффективность, безопасность и надежность которой обеспечивается сочетанием средств программного управления и машинного обучения (адаптации)
- Созданные в СПбПУ системы «сравнения» промышленных образцов и медицинской диагностики уже **доступны для использования в режиме удаленного доступа** и могут применяться в режиме опытной эксплуатации всеми заинтересованными организациями.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ: «ЧЕРНЫЙ ЛЕБЕДЬ» ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ



Фактология: Повысить рентабельность производства можно только за счет **расширения** рынка сбыта и **сокращения** расходов на услуги посредников включая «постоянно ошибающихся» менеджеров/чиновников.