



Санкт-Петербургский  
Государственный  
Политехнический  
Университет

Институт прикладной  
математики и механики

# КАФЕДРА ТЕЛЕМАТИКА

•  
**семинар: экспериментальные  
исследования**

**экспериментальные исследования в  
области компьютерных наук и  
математики:  
подходы к сравнению 3D моделей:  
занятие 1**

---

9 Февраля 2022 г.

# Компьютерные науки – это о том, что можно доказать, а не то, что является истинным



М. Л. Громов

Внёс

большой вклад в развитие метрической геометрии, симплектической геометрии, геометрической теории групп.

Ю. И. Манин. Математика – как метаформа. Он внес вклад в алгебраическую геометрию и сформулировал идею «квантовых вычислений».

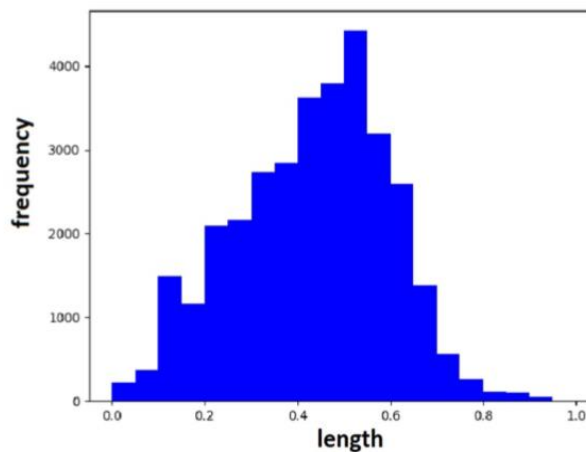
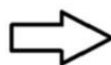
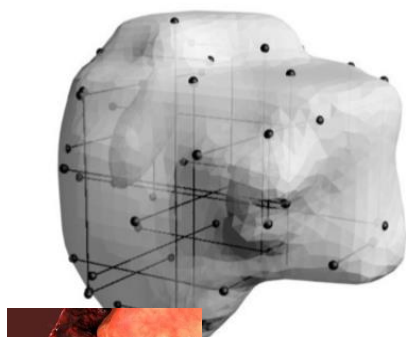
Манин: Математика это наука про идеальные **сущности**, но не про их **объективную истинность**, а про **их доказуемость** (психологическую или формальную). Операции над идеальными сущностями м.б. сведены к операциями над множествами символов ?!, а сами символы могут иметь разную «размерность» 1 – «точки», 2 – плоские знаки, 3 – объемные знаки....- **топология!!!**

# Новая антиэнтропийная парадигма

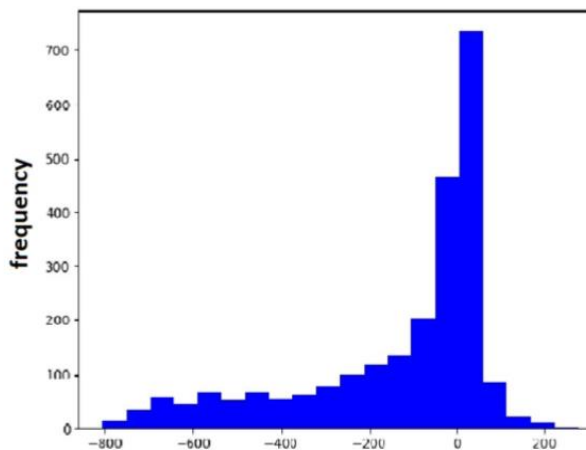
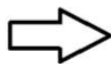
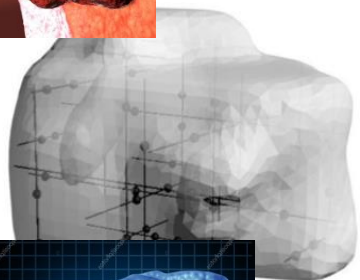
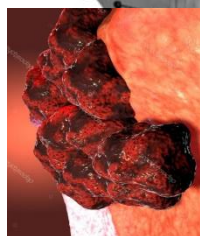
суть новой парадигмы.

- Теорфизическая” парадигма. Основу этой парадигмы составляет **система понятий и постулатов**, задающих фундаментальный объект физики – “квантовую частицу”, которую можно представить как предельный по точности результат квантования классической системы, выполненный с учетом соотношения неопределенности и принципа тождественности «неразличимости» квантовых частиц.
- Состояние квантовой частицы задается с помощью **“волновой функции”  $\Phi(t)$**  и уравнения Шредингера в качестве уравнения движения  $\Phi(t)$  на которое влияет «возможное» внешнее окружение. Появление вероятности в описании частицы- есть «плата» за учет в ее описании всего «пространства» потенциальных возможностей, принимающих, в данном случае, форму волновых свойств квантовой частицы.
- Неопределенность (энтропия) состояние квантовой системы определяется не значениями ее координат, а распределениями вероятностей их значений, как результата соответствующих измерений.
- **Антиэнтропийная парадигма: одно измерение (наблюдение) не характеризует состояние квантовой системы**, а чтобы определить распределение вероятностей состояния, требуется достаточно длинная серия измерений, которая приводит существенному изменению метрологических принципов по сравнению с классической механикой - случайная координата заменяется детерминированной функцией распределения

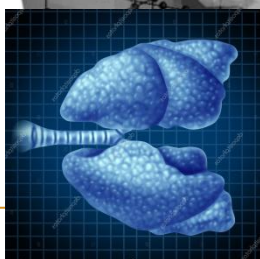
# «Схожесть»: когнитивные «возможности» воспринимать vs «способность» вычислять



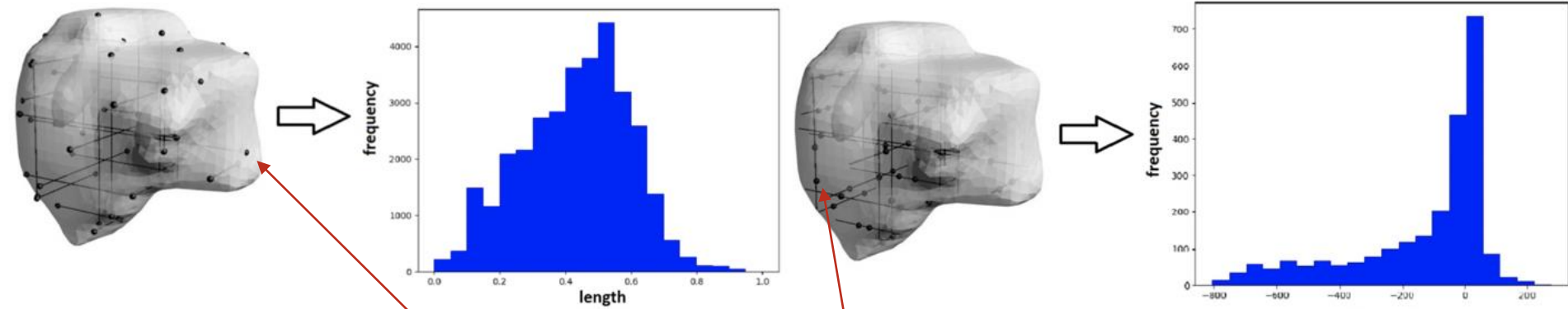
Гистограммы **длин хорд**, соединяющие случайные точки на поверхности объекта



Гистограммы **плотности материала**, из которого состоит объект



# Параметризация топологических инвариантов объектов с помощью гистограмм покрытия поверхности



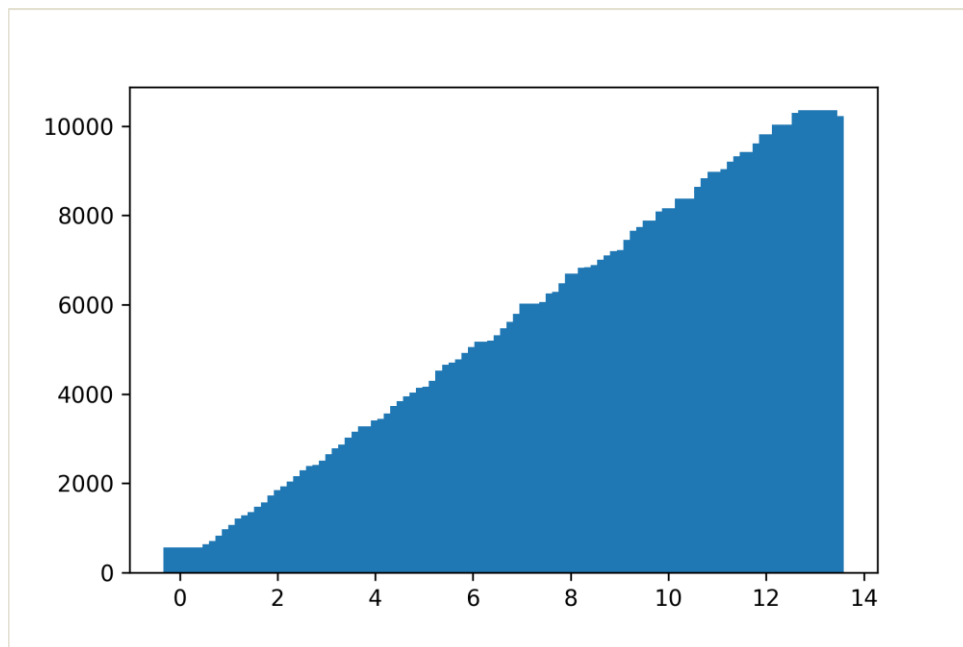
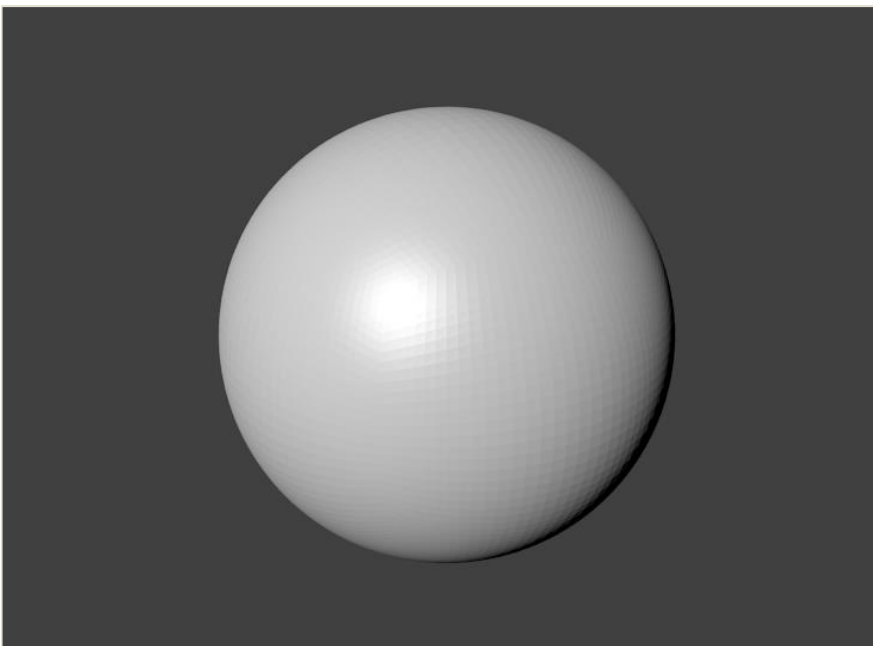
## Параметры гистограмм:

- $n$  - 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

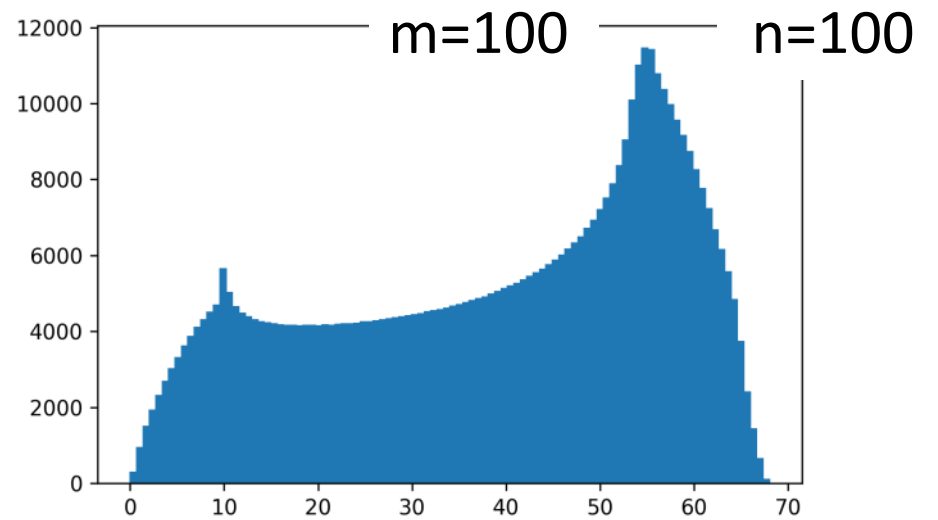
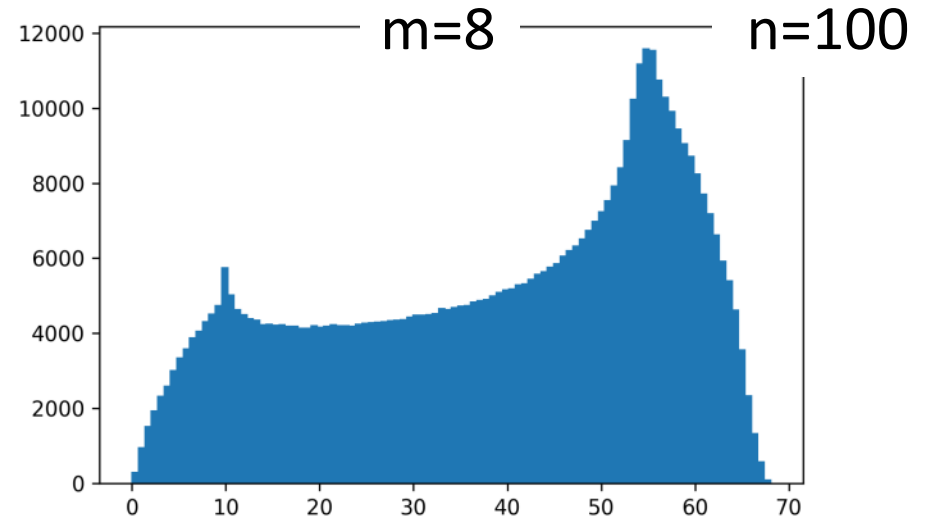
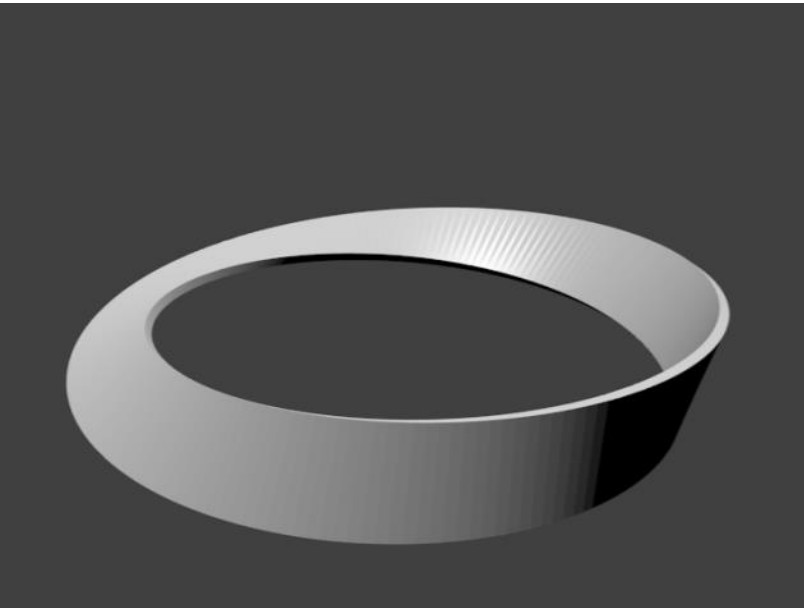
$$H_{\text{объекта}} = \frac{\sum_{i=1}^m H_i}{m}$$

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

# 3D ОБЪЕКТЫ И ИХ 2D ИНВАРИАНТЫ

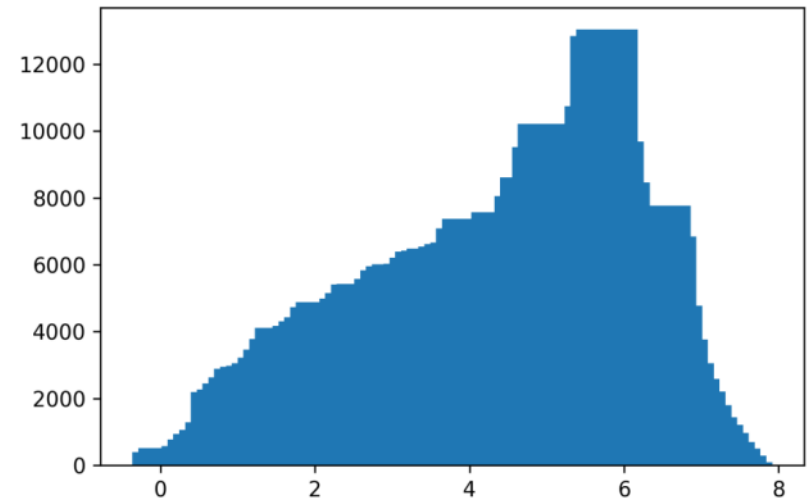
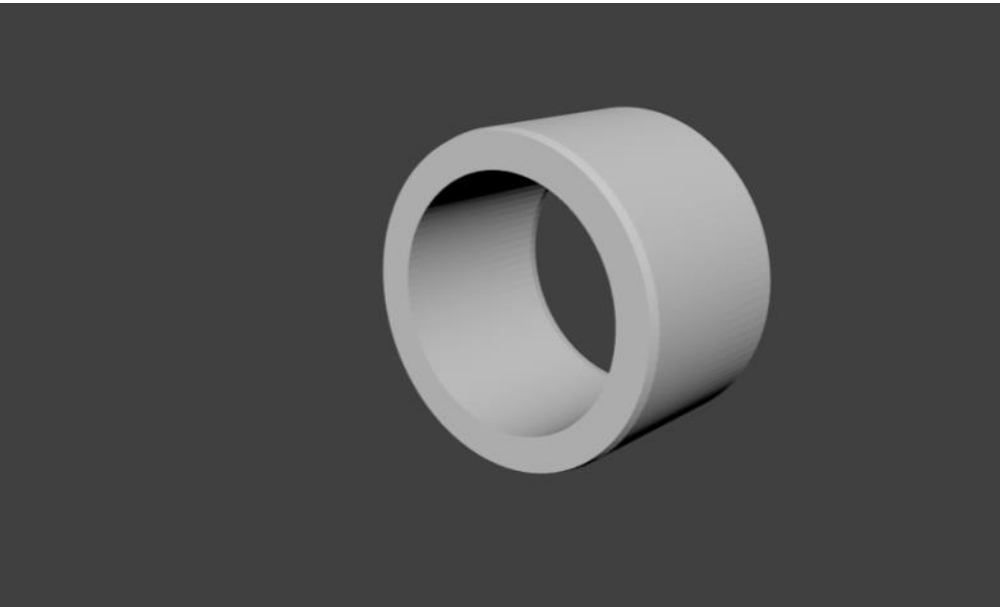


# 3D ОБЪЕКТЫ И ИХ 2D ИНВАРИАНТЫ



# 3D ОБЪЕКТЫ И ИХ 2D ИНВАРИАНТЫ

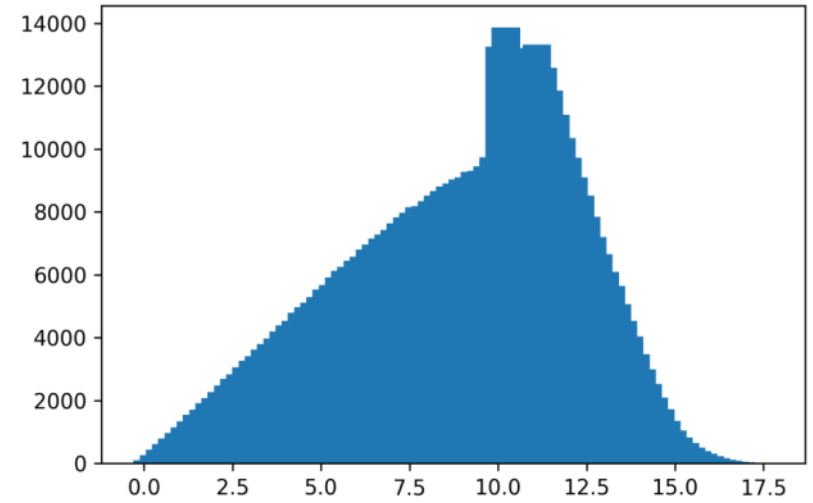
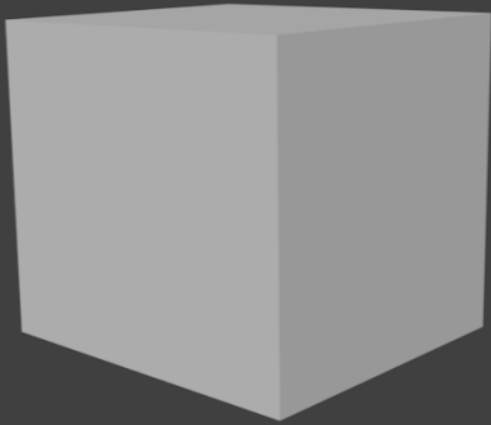
$n=100$   $m=8$



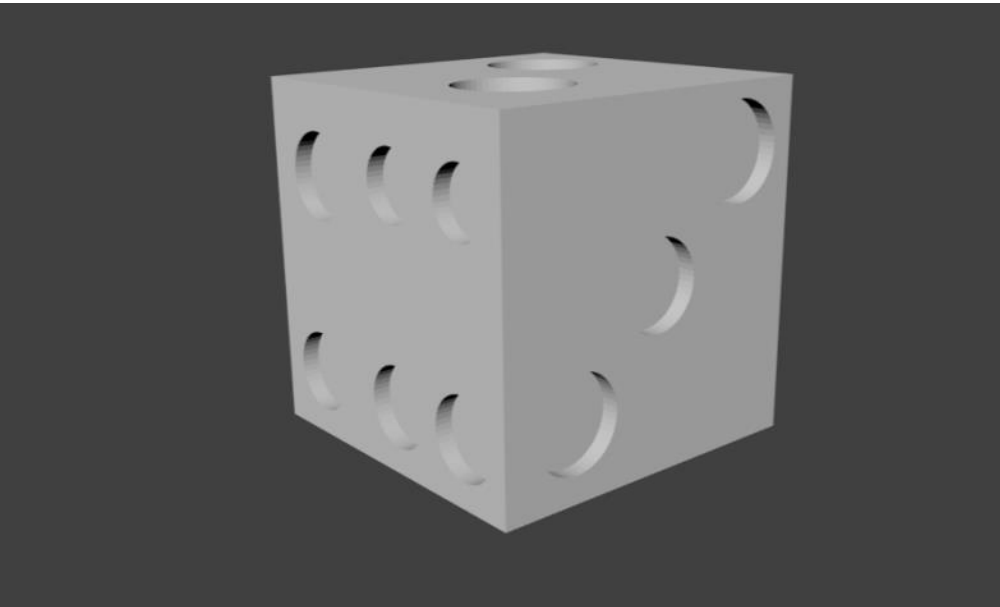


# 3D ОБЪЕКТЫ И ИХ 2D ИНВАРИАНТЫ

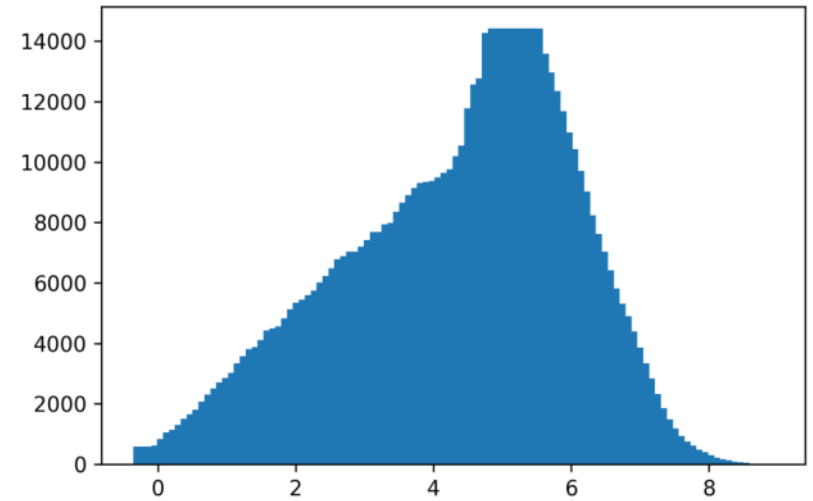
$n=100$   $m=8$



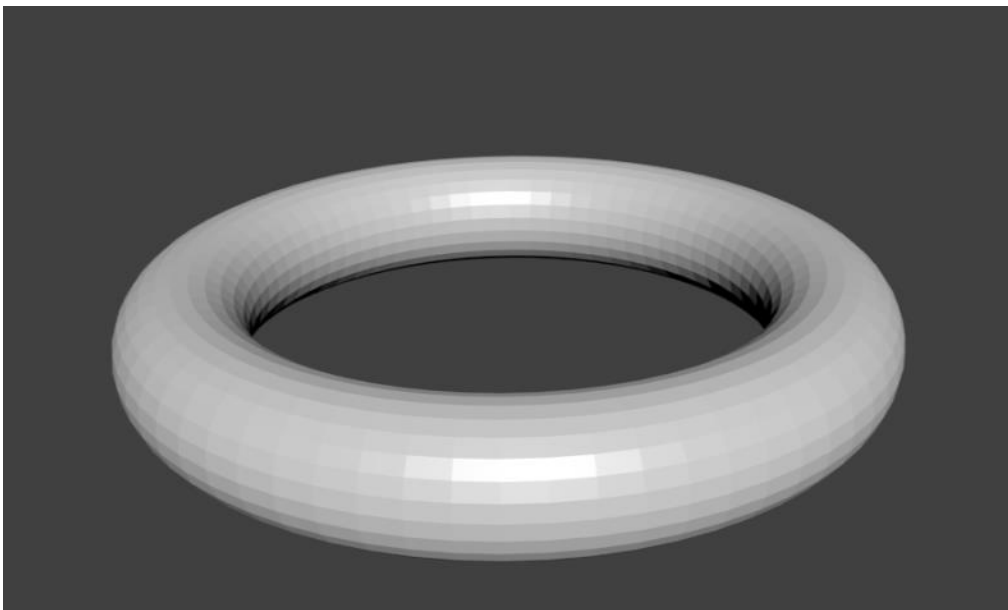
# 3D ОБЪЕКТЫ И ИХ 2D ИНВАРИАНТЫ



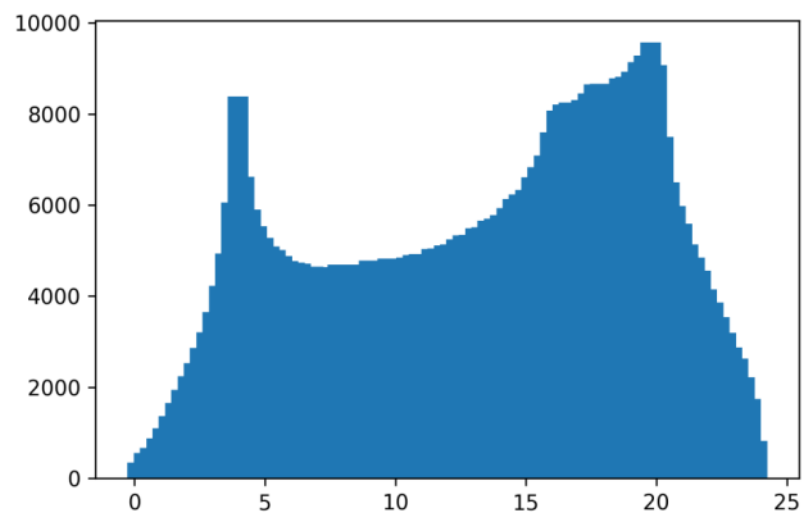
$n=100$   $m=8$



# 3D ОБЪЕКТЫ И ИХ 2D ИНВАРИАНТЫ



$n=100$   $m=8$



# Фактор «новизны» на примере объектов интеллектуальной собственности

- В настоящий момент времени для оценки ИС используется международная «формула **новизны**» изобретения, которая отражает информацию о фактическом применении решения, в отношении которого запрашивается патент.
- Это требует оценить фактор **объективной новизны**, т. е. новизны технического решения или дизайна, описанного в патентной заявке, а **не субъективного** представления о новизне **автора изобретения**.
- Для этого требуется математика, которая развивается на базе теории категорий. Итак:
  - "изобретение является **новым**, если оно не известно из «уровня техники» в отношении **всей совокупности признаков**, содержащихся **в независимом пункте формулы изобретения** (уровень техники это любые сведения ставшие общедоступными в мире до даты приоритета изобретения)
  - Изобретение будет признано **новым**, если противопоставленное изобретение (с теми же признаками, одинаковой конструкцией или составом вещества и т.д.) не охватывало предложенную **область применения** или удовлетворяет потребности совсем иного характера.

# Известны два вида формул изобретения....

- **функциональная формула** пишется в одно предложение, а признаки располагаются в соответствии с их функциональным назначением (исполнением) без разделения на известные и неизвестные из уровня техники.
- **логическая формула** пишется в одно предложение и разделена на ограничительную и отличительную части:
  - Ограничительная часть содержит известные существенные признаки, совпадающие с признаками прототипа и начинается с родового признака, указывающего **назначение**.
  - Отличительная часть содержит только отличительные от признаков прототипа существенные признаки и присоединяется к ограничительной части через словосочетание «отличающийся/аяся/еяся тем, что.....»

# Для автоматизированных систем сравнения формы моделей нужен новый вид формулы изобретения

- Цель работы: Предложить новый вид формулы изобретения т.н. («метрическая формула»), которая автоматически генерируется на основе формы 3D модели патентуемого объекта и представляет из себя совокупность данных, которые начинаются с
  - Указывания назначения
  - Перечня прототипов
  - Списка признаков сравнения
  - **Количественной меры отличия** признаков модели и прототипов
- Для этого необходимо построить **гомоморфные отображение** «больших данных» - несущее множество, которое определяет форму 3D модели, **в фактор-множество** рассматриваемых **классов эквивалентности**. При этом 3D модели, входящие в класс эквивалентности, характеризуются «персональным» числовым дискриптором, который представляет собой меру схожести с данным классом и меру различия с другими моделями.

# Какие проблемы необходимо решить

1. Ввести отношение эквивалентности и предложить методику, которая позволяет количественно вычислить меру «похожести» сравниваемых 3D моделей (т.е. оценить степень принадлежности к заданным классам эквивалентности)
2. **Доказать**, что гомеоморфные фигуры имеющие «схожие» топологические инварианты могут являться **разными** объектами **интеллектуального права**.

Этот факт не вытекает с достоверностью из процедуры сравнения «топологических инвариантов», поэтому в алгоритм сравнения предлагается ввести вычисление нескольких модели **топологических инвариантов**, **которые образуют вектор с определенной длиной и направлением**.

# Суть решения проблемы

**Проблема.** Существующая модель «знаний» эксперта Роспатента основана на использовании различных когнитивных отношений, выработанных в процессе его профессиональной деятельности и формально алгоритмически не выразимых.

**Предлагаемое решение** – реализация методов искусственного интеллекта на базе открытой гетерогенной суперкомпьютерной структуры для вычисления **меры новизны** ОИП на основе решения обратных задач описания 3D поверхностей с помощью топологических инвариантов и различных методов регуляризации.

НАДО ПОКАЗАТЬ: что

- рассматриваемая задача сводится к проблеме «**разрешимости**» – принадлежности модели к классу моделей имеющих «новизну».
- в открытой вычислительной системе в оракулом **мера новизны** 3D модели промышленного образца **алгоритмически вычислима** (человек или машина Корсакова выступает в роли оракула).



# Алгоритм сравнения с «оракулом»

**Оракул — абстракция, вычисляющая за  $O(1)$  времени, верно ли, что  $x$  принадлежит множеству  $A$ .**

Вычисления с оракулом — вычисление с помощью машины Тьюринга, дополненной оракулом с **неизвестным внутренним устройством**.

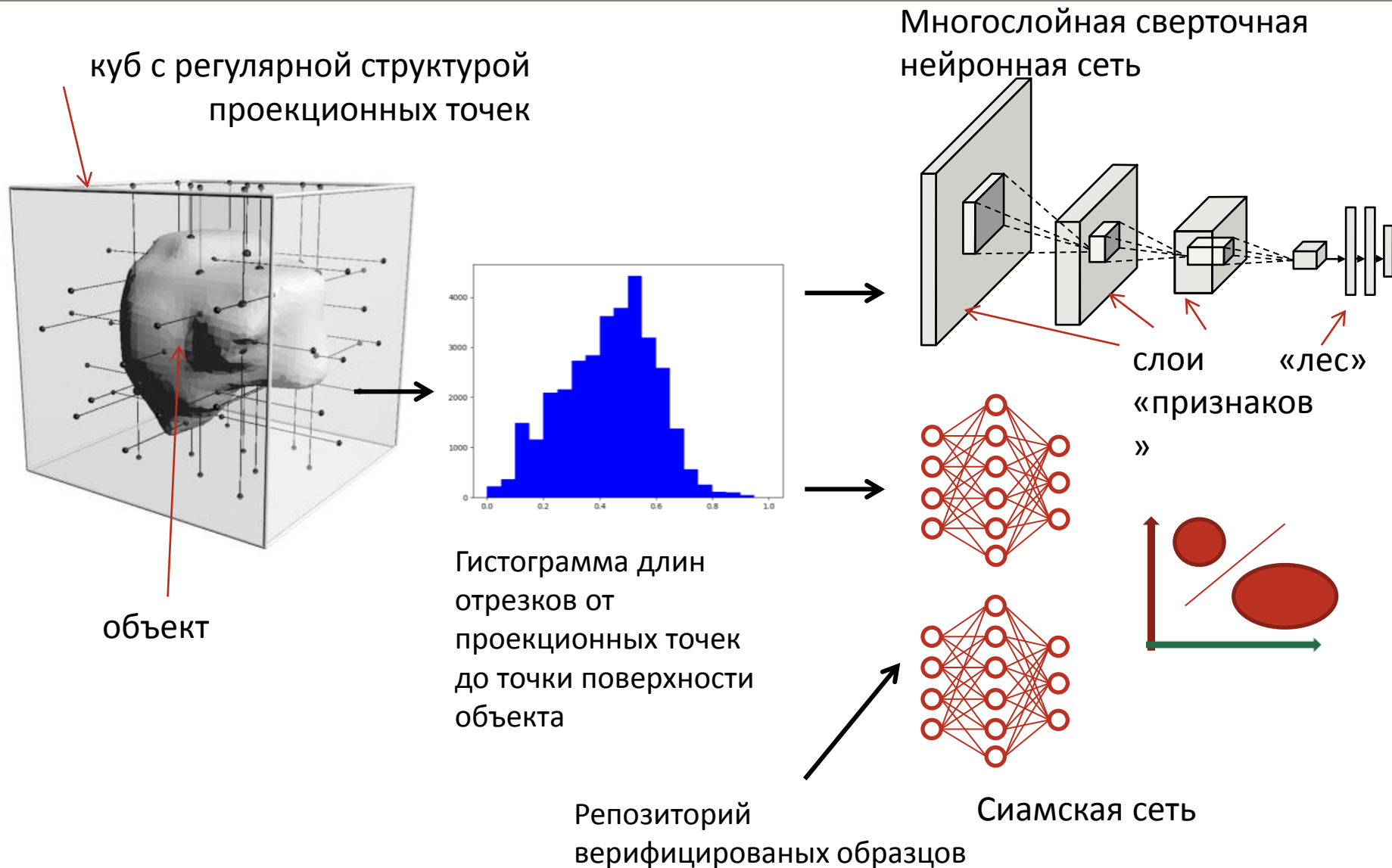
Считается, что оракул способен «**угадать**» решение проблемы разрешимости есть или нет новизны в модели за одно обращение (**один такт** вызывающей его машины Корсакова-Тьюринга), после чего (машине Тьюринга) останется лишь это решение проверить.

В теории вычислимости сведение по Тьюрингу задачи  $A$  к задаче  $B$  — это сведение, которое решает  $A$ , предполагая, что  $B$  уже известно. Это можно понимать как алгоритм, который может быть использован для решения  $A$ , если в его распоряжении имеются подпрограммы для решения  $B$ . **Более формально, сведение по Тьюрингу является функцией, вычисляемой машиной с оракулом для  $B$ .**

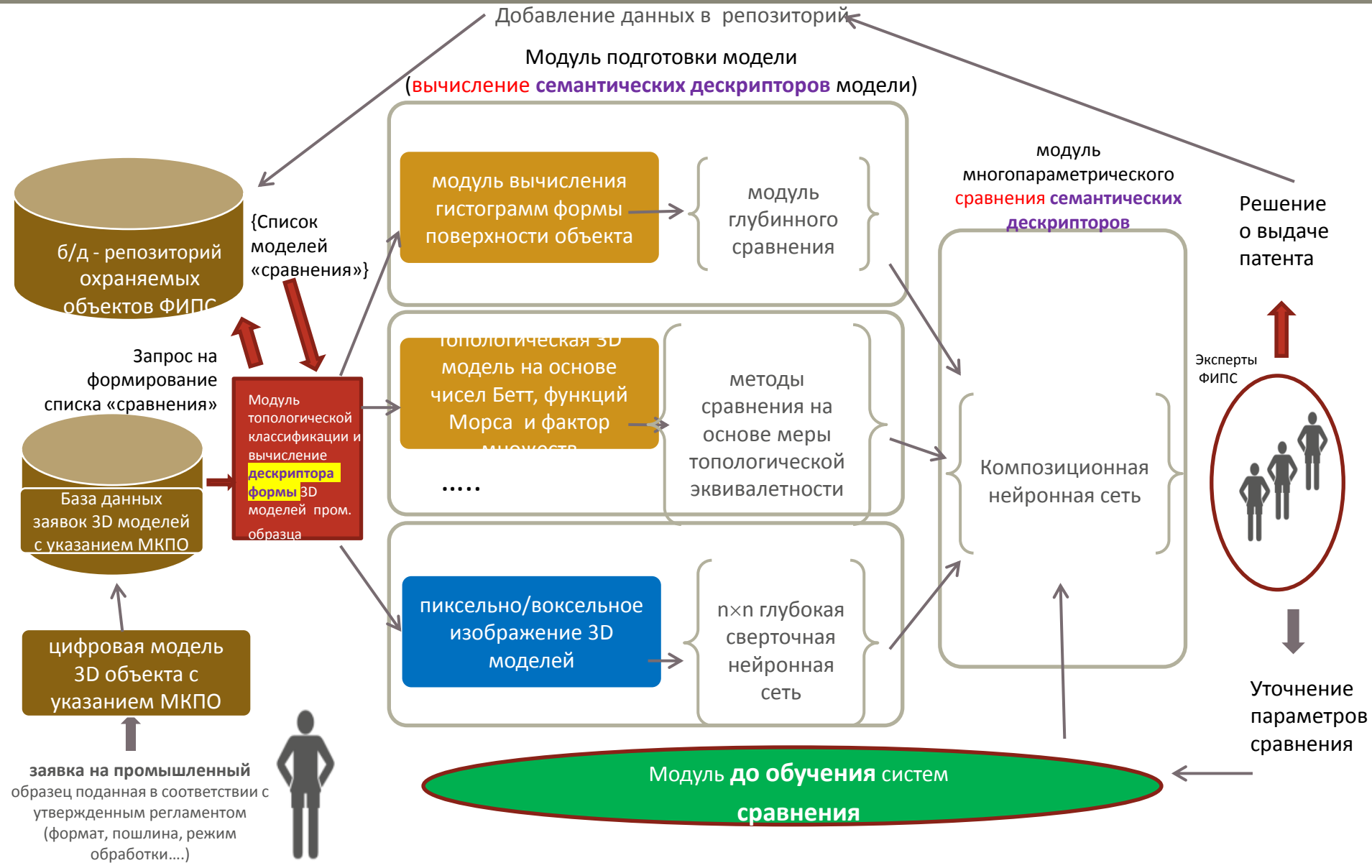
# Определение

- **Определение.** Если даны два множества (натуральных) чисел  $A$  и  $B$ , тогда говорим, что  $A$  **сводится по Тьюрингу** к  $B$  ( $A \leq_T B$ ), если есть машина с оракулом  $B$ , которая вычисляет **характеристическую функцию  $A$**  (область значений этой функции  $0$  и  $1$ ). В этом случае мы также говорим, что  $A$  является  $B$ -рекурсивным и  $B$ -вычислимым.
- **Два оракула нужны** для того, чтобы машина Тьюринга (алгоритм) получив данные от одного оракула **не смога узнать** о своём результате (будущем), до полного выполнения всей своей программы. Узнав же результат своей работы, машина Тьюринга (алгоритм) может изменить своё «поведение», тем самым опровергнуть утверждение оракула.
- Машина Корсакова-Тьюринга взаимодействует с оракулом путем **записи** на свою ленту **входных данных** для оракула (эксперта) и его **запуском** его на исполнение. За один **шаг оракул вычисляет характеристическую функцию сравнения**, стирает **входные данные** с «ленты» и пишет полученные им выходные данные на ленту.

# Топологический инвариант на регулярной сетке



# Архитектура открытой экзо-интеллектуальной платформы сравнения 3D моделей Роспатента, в которой используется предложенное СПбПУ решение



# Перспективная архитектура Системы хранения и определения схожести цифровых 3D моделей объектов ИС



# Роль «эксперта» в оценке интеллектуальной собственности

- Поскольку полнота и точность воспроизведения физических объектов в сознании человека всегда **относительны** (а о «взаимной однозначности», т.е. изоморфизме вообще не может быть речи), то сравнение объектов интеллектуального права в настоящее время носят субъективный характер.
- **Объективизация** процесса выявления новизны объектов в патентной заявке – есть цель статьи. Поэтому создаваемая система должна быть открытой и использовать «картину мира» с учетом постоянного изменения «внешней среды»
- Создаваемая система выступая в роли «наблюдателя» за счет использования алгоритма работы с оракулом. Система должна все время формировать **векторную функцию** схожести промышленного образца, используя «вычислимую» формулу формы объекта ИП, компоненты которой строятся с помощью различных топологических инвариантов

# Построить модель топологического пространства возможностей, существующее в сознании эксперта

- Для эксперта, как *homo sapiens*, реальность состоит **двух сущностей** –
  - уже состоявшегося множества объектов (носитель этой сущности 4-х мерное пространство-время)

И

- потенциально возможного (наделенного или пока еще не наделенного смыслом).

Переходы между «состоявшимся» и «возможным» состояниями происходят в рамках процессов информационного взаимодействия когнитивных процессов в сознании на основе «вычисления» меры схожести.

# «топологические инварианты» формы поверхности ПО используя

- Числа Бетти — последовательность инвариантов топологического пространства. Каждому пространству соответствует некая последовательность чисел Бетти. Нулевое число Бетти совпадает с числом связных компонент..
- Функцию Морса — гладкую функцию на многообразии, имеющая невырожденные критические точки. Функции Морса возникают и используются в как основной инструмент дифференциальной топологии.
- Фактор-множество — множество всех классов эквивалентности для заданного отношения эквивалентности. на множестве. Разбиение множества на классы эквивалентных элементов называется его факторизацией.



# Можно ли построить вычислимую функцию генерации новых знаний (алгоритмов) в области компьютерных наук ?

- Тема сообщения для занятия №2:

- Какие проблемы теории алгоритмов ( computer science) могут решаться в рамках концепции деонтической логики?

- источники

- 1) Discursive Input/Output Logic: Deontic Modals, and Computation, глава 1

- 2) DE FINETTI'S THEOREM IN CATEGORICAL PROBABILITY by TOBIAS FRITZ, TOMÁŠ GONDA, AND PAOLO PERRONE

- Тема сообщения для занятия №:

- Можно ли построить процессоры-ускорители для решения задач искусственного интеллекта (AI, artificial intelligence) и высокопроизводительных вычислений (HPC, high end computing).

- источники:

- 1) Eyerman S., Heirman W. Programmable Unified Memory Architecture (PUMA). Graph Processing With PUMA // Видео доклада, 20 мин,

- <https://www.youtube.com/watch?v=BUYw5X5n9NY>

- 2) Ahn J.H., Binkert N., Davis A.I., McLaren M., Schreiber R.S. HyperX: Topology, Routing, and Packaging of Efficient Large-Scale Networks // SC'09, November 14-20, 2009, 11 pp. // <https://my.eng.utah.edu/~cs6810/HyperX-SC09.pdf>