

СЕМАНТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Академик РАН, ГОНЧАРОВ СЕРГЕЙ

Тел: +7 913 920 12 47

E-mail: s.s.goncharov@math.nsc.ru

Д.ф.-м.н., СВИРИДЕНКО ДМИТРИЙ

Тел: +7 961 875 18 08

E-mail: dsviridenko47@gmail.com

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ им. С.Л.СОБОЛЕВА СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН




Институт математики им. С. Л. Соболева – один из крупнейших математических центров в мире.


Основные научные направления:

- Теоретическая математика.
- Теоретическая информатика и дискретная математика.
- Фундаментальные проблемы физики элементарных частиц и космологии: теория и эксперимент

ИМ СО РАН - институт 1-й категории, имеет 28 лабораторий и филиал в г. Омске, в нем работает 374 человека, в т.ч. 305 научных сотрудников, среди которых 6 академиков РАН и 1 академик РАО; 5 членов-корреспондентов РАН, 8 профессоров РАН; 117 докторов наук, 143 кандидата наук. В 2014-2018гг. ИМ СО РАН выполнялось более 200 грантов РФФИ и РГНФ, 11 грантов РНФ и 1 мегагрант.



■ СОВРЕМЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ –
ОДИН ИЗ ЭФФЕКТИВНЕЙШИХ
ИНСТРУМЕНТОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ,
НО ...



```
graph TD; A[МОДЕЛИРОВАНИЕ] --> B[МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ]; A --> C[ЭМПИРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ]; B --> D[ГИБРИДНЫЕ МОДЕЛИ]; C --> D; E[ИНСТРУМЕНТАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА] --> D
```

МОДЕЛИРОВАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ

ЭМПИРИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ

ГИБРИДНЫЕ
МОДЕЛИ

? ↑ ?

ИНСТРУМЕНТАЛЬНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ
ПЛАТФОРМА

```
graph TD; A[МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ] --> B[ДИСКРЕТНЫЕ МОДЕЛИ]; A --> C[НЕПРЕРЫВНЫЕ МОДЕЛИ]; B --> D[ГИБРИДНЫЕ МОДЕЛИ]; C --> D; E[ИНСТРУМЕНТАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА] -- "? ↑ ?" --> D;
```

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ

ДИСКРЕТНЫЕ
МОДЕЛИ

НЕПРЕРЫВНЫЕ
МОДЕЛИ

ГИБРИДНЫЕ
МОДЕЛИ

? ↑ ?

ИНСТРУМЕНТАЛЬНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ
ПЛАТФОРМА



```
graph TD; A[ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ] --> B[АКСИОМАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД]; A --> C[ТЕОРЕТИКО-МОДЕЛЬНЫЙ ПОДХОД]; B --> D[ГИБРИДНЫЕ МОДЕЛИ]; C --> D; E[ИНСТРУМЕНТАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА] -- "? ↑ ?" --> D;
```

ЛОГИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ

АКСИОМАТИЧЕСКИЙ
ПОДХОД

ТЕОРЕТИКО-
МОДЕЛЬНЫЙ ПОДХОД

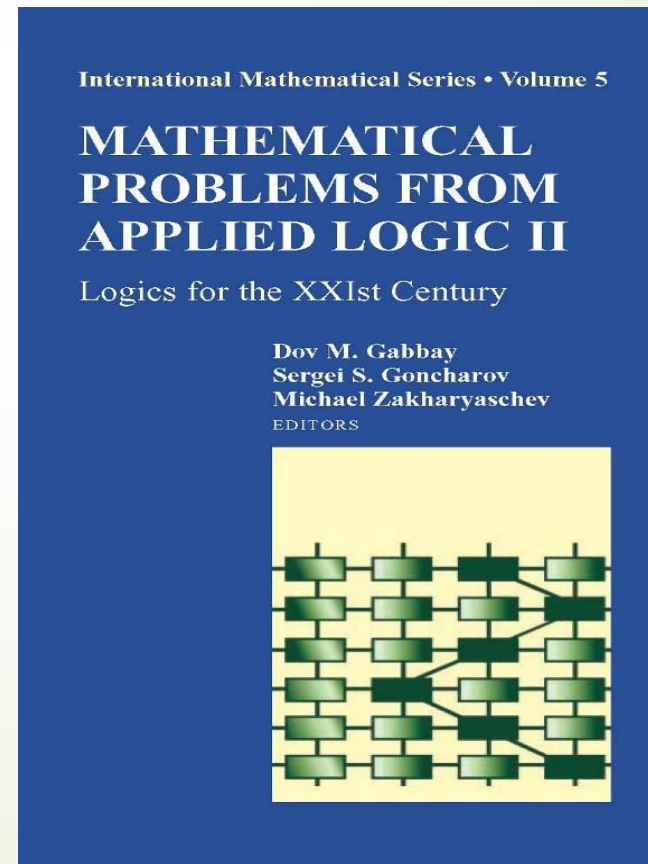
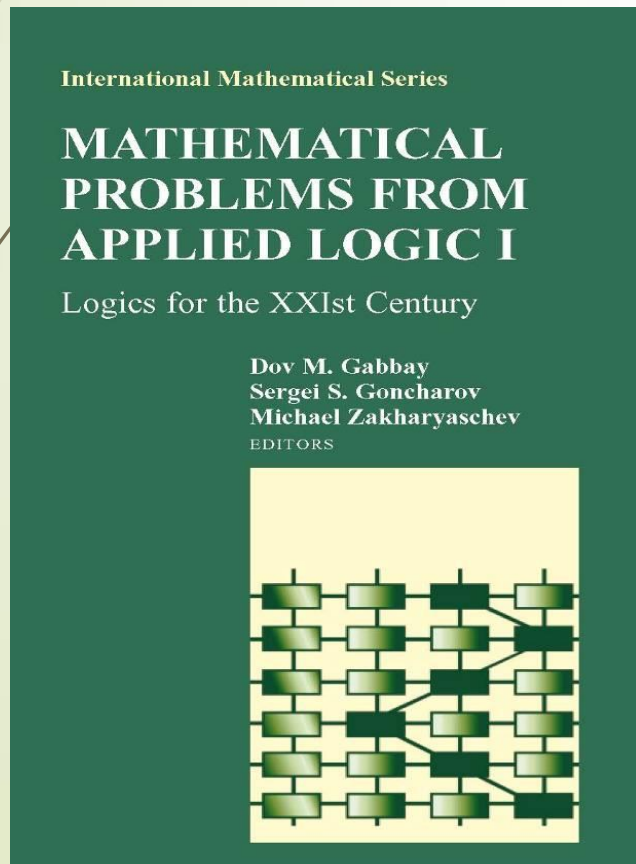
ГИБРИДНЫЕ
МОДЕЛИ

? ↑ ?

ИНСТРУМЕНТАЛЬНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ
ПЛАТФОРМА

Проблемы прикладной логики.

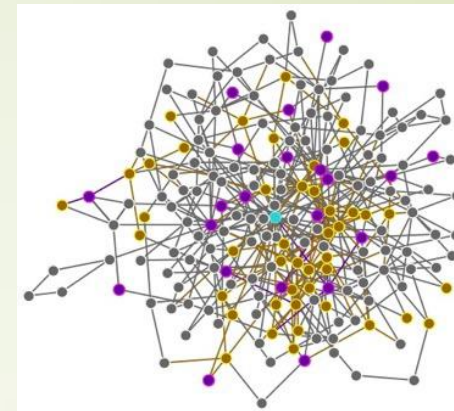
D.Gabbay, S.Goncharov,
M.Zakharyashev, 2007 год



КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ: семантика на выходе



Обычная
практика



Модель (база знаний)

Медицинские
данные

- Конвертор в базы данных
- Конвертор в текстовые форматы

Семантически
разрушенные
данные



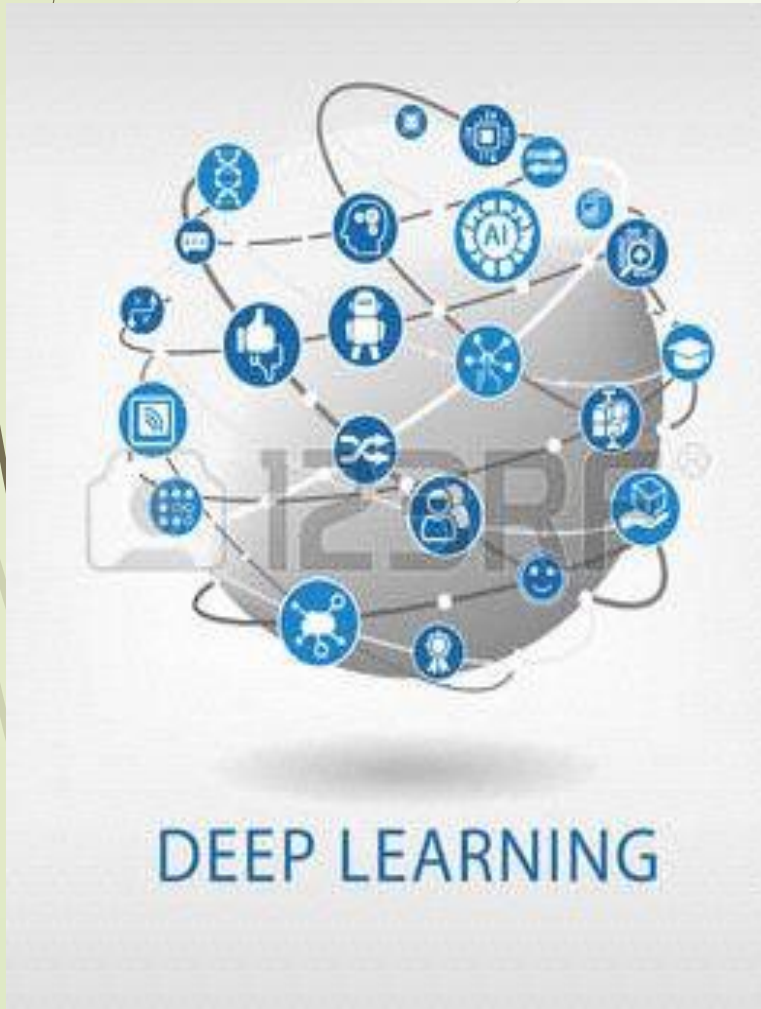
"Болото"
неструктурированных
больших данных

Восстановленные
структуры данных


- Обработчик больших данных
- Восстановитель семантики (ОНС)

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ:

автоматический вывод, нейронные сети, машинное обучение



- Много успешных приложений
- Обучение через «натаскивание»
- Изолированность от знаний
- Невозможность обоснования решения — никто не знает, как нейронная сеть приходит к своим решениям (**эффект “Черного ящика”**).
- **Нестабильность** - непредсказуемое поведение в нестандартных ситуациях.



РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ: СЕМАНТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ИСХОДНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СЕМАНТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ :

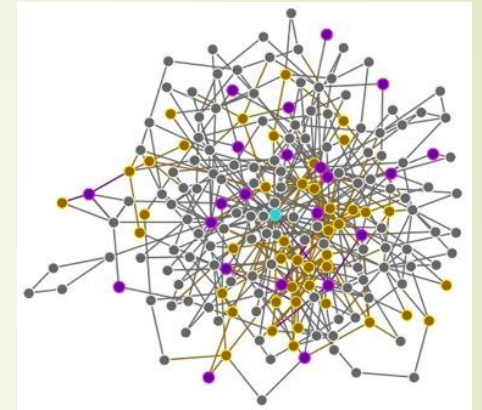
- Методологическую основу семантического моделирования составляет **задачный подход**, теоретической базой является **математическая логика, теория вероятностей, дифференциальные уравнения, геометрическая теория управления** и другие разделы математики.
- Решение задач осуществляется в рамках и терминах, релевантных предметной области на основе методологически **единой математической платформы**.
- Описание предметной области и постановка задачи осуществляется в **декларативном виде** в виде некоторой **исполнимой логико-вероятностной системы**. Подобное формальное декларативное описание предметной области и запросов к ней носит название **семантической модели**.
- Процесс моделирования предметной области в виде семантической модели представляет собой **процесс проектирования** информационной модели, представляющей данную предметную область. Данный процесс протекает в определенной **технологической среде**, основным элементом которой является **инструментально-технологическая платформа (bSystem, DISCOVERY, KIRIK)**.

СЕМАНТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ: семантика на входе



Медицинские
данные

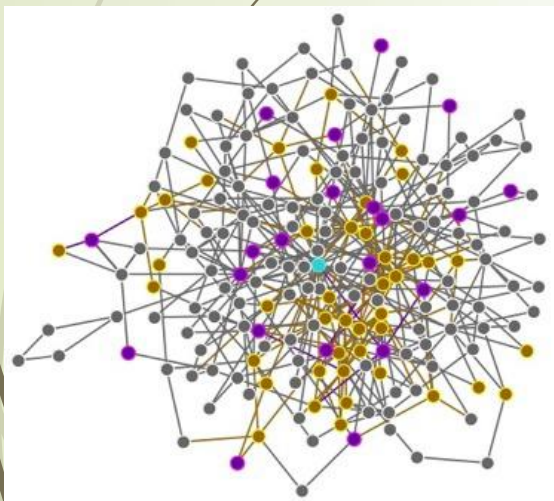
Структуризация
информации
и публикации в базе
знаний



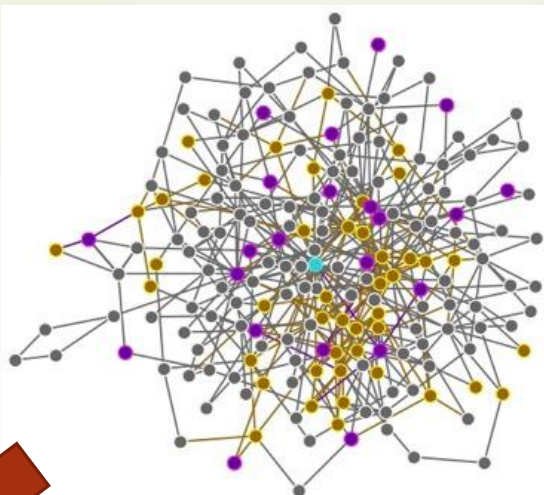
Исполняемая
семантическая
модель
(база знаний)

Семантическое моделирование

Моделируем,
полностью сохраняя
исходную семантику
предметной области



ИСПОЛНИМАЯ СЕМАНТИЧЕСКАЯ
МОДЕЛЬ



ПРЕДМЕТНАЯ
ОБЛАСТЬ

Обычная практика

Программируем,
рассыпая наше
представление о
предметной области
на код и базу данных



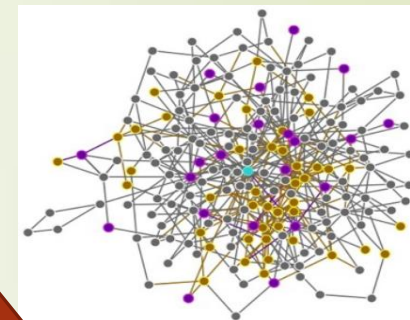
ПРОГРАММНАЯ
СИСТЕМА

Семантический вывод vs нейронные сети

Предметная область



Семантическая модель



Действие

Действие

Обратная связь

Обратная связь

Обучение путем
«натаскивания»

Обучение



Традиционная нейронная сеть



Семантический вывод



Семантическое моделирование vs программирование

| Аспекты | Программирование | Семантическое моделирование |
|----------------|--|--|
| Модель Язык | Неявная, расчлененная Императивный язык программирования | Явная, цельная, локальная Декларативный логико- вероятностный язык |
| Эластичность | Перепрограммирование | Корректировка модели и языка |
| Интеграция | Перепрограммирование | Расширения модели и/или объединение моделей |
| Решение | «Большой кровью» | «По уровням локализации» |
| Код и данные | Раздельная обработка | Единая среда |
| Разработчик | Модельер + Программист | Модельер |



ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ

Концепция, математические
основания, приложения

НГУ

Теория,
приложения

Платформа
DISCOVERY

ИрГУ

Теория,
приложения

Платформа
B-system

ИЦИГ СО РАН

Теория,
приложения

Платформа
DISCOVERY

МГК АЙЛАЙН

Приложения

Платформа
KIRIK

НРО РИА

Приложения

Платформа
ГЦП

Приложения семантического моделирования

- Научные проекты - генетика, медицина; робототехника, адаптивные системы управления, финтех
- Ритейл, потребкооперативы, госучреждения
- Логистика, АЗС, сервисы для сотовых операторов и финтеха, ЕЯ, «умные» чат-боты, цифровая экономика: платформы для ICO, блокчейна, "умных" контрактов и кошельков
- Big&Stream Data, нейронные сети, платежные системы, системы видеонаблюдения, коммуникационные сети
- Цифровые платформы, блокчейн

ИМ
ИЦиГ

ИрГУ

ГК
АЙЛАЙН

НГУ

НРО
РИА

Реляционная система извлечения знаний Discovery

<http://www.math.nsc.ru/AP/ScientificDiscovery/>

Scientific  Discovery

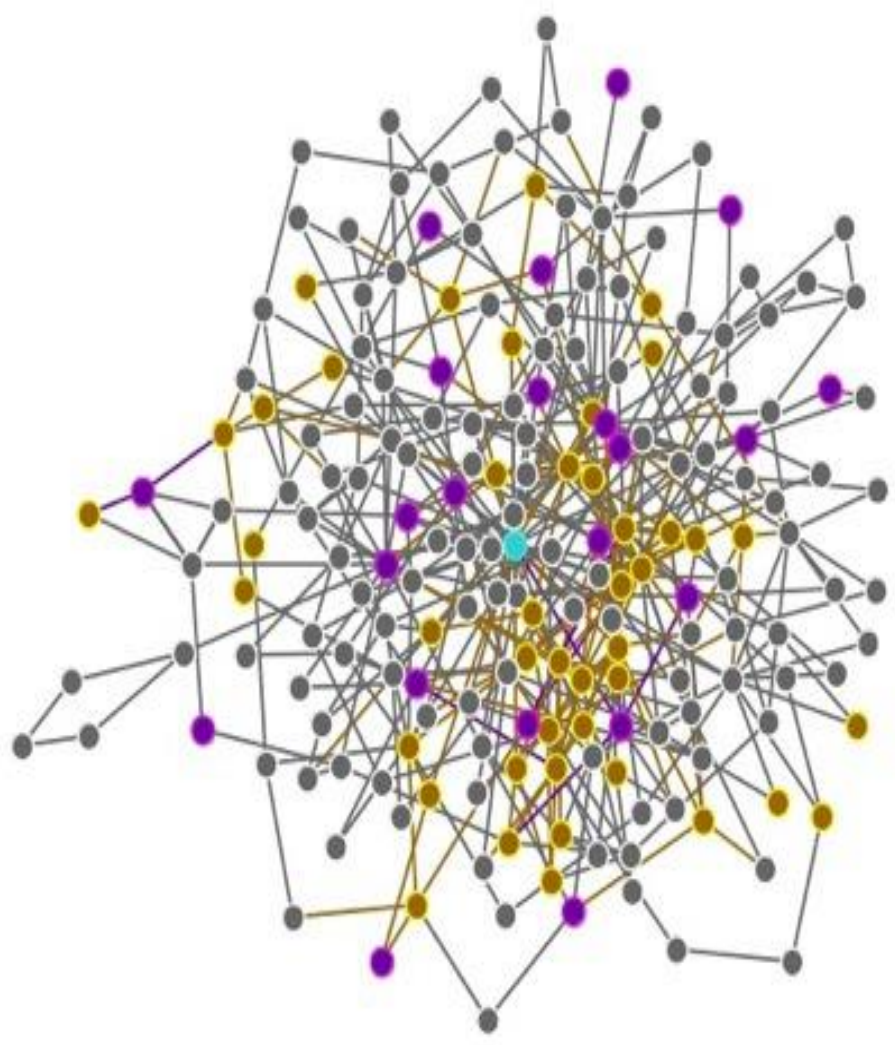


Система автоматической реконструкции сетей молекулярно-генетических взаимодействий



ПРИМЕР: построение семантической модели в бизнесе

(www.inbox.io)



1. Проектируются **базовые документы** объектов, аналитик, операций
2. «Примешиваются» нужные **модели** («пластилинное» моделирование)
3. Проектируются **документы-агрегаторы**
4. Формируются **умные контракты**
5. Надстраиваются методы ИИ 2.0 (**семантическое машинное обучение, управляющие роботы**)

ПРИМЕР: анализ потоковых данных и семантическое машинное обучение

- **Обработка естественного языка и распознавание речи**
- **Компьютерное зрение**
- **Совершенствование алгоритмов семантического машинного обучения**
- **Семантический скоринг**
- **Потоковая обработка данных в телекоммуникационных сетях**
- **Применение глубокого семантического машинного обучения для научных задач (биоинформатика, генетика, физика, медицина)**
- **Построение семантических нейросетевых моделей крупных природных объектов (нефтяные и газовые месторождения, модель Байкала и прочее)**

ПРИМЕР: разработка адаптивных систем управления и модульных роботов

- Основные проблемы при разработке обучающихся систем управления:
 - Обучение на опыте взаимодействия со средой
 - Формирование новых типов поведения
 - Универсальность
- Основные проблемы при разработке модульных роботов:
 - генерация системы управления
 - генерация локомоции
 - реструктуризация робота
 - роевые задачи
- Преимущества модульных роботов:
 - адаптивные
 - самовосстанавливающиеся
 - простые в производстве



ПРИМЕР: БЛОКЧЕЙН И «УМНЫЕ» КОНТРАКТЫ



Семантическое моделирование и блокчейн

**ПРОЕКТ
«КИРИК»**
(www.kirik.io)

**Blockchain
API**

БЛОКЧЕЙН 1

...

БЛОКЧЕЙН N

- Семантическая модель первична, блокчейн вторичен
- Роль блокчейна: фиксация изменений в критически значимых компонентах семантической модели
- Не обязательно уводить в блокчейн всю семантическую модель
- Можно использовать разные блокчейн-платформы



Доверие – контракт сохранен в блокчейне. Невозможно отрицать и изменять



Автономность – не нужен брокер, юрист или другой посредник для подтверждения



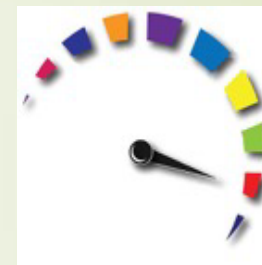
Инновационность – предлагает невиданные бизнес-модели, например, ICO



Бэкап – невозможно потерять документ: он повторен много раз в блокчейне



Безопасность – криптография хранит документы в безопасности



Скорость – сокращается время на бумажную работу и проверки



Экономия – умные контракты сберегают деньги на посредников, например, на нотариуса



Аккуратность – верифицированный умный контракт может многократно использоваться без проверок

УМНЫЙ КОНТРАКТ

Эфириум – самая популярная платформа для умных контрактов



Виталик Бутерин на ПМЭФ'17

- **Эфир** (Ethereum, ETH) – криптовалюта
- **Solidity** – полный по Тьюрингу язык для разработки умных контрактов
- **Умный контракт** – программа на Solidity
- Применение - **ICO** (Initial Coin Offering)



Есть трудности с юридической верификацией Solidity-программ (математически **нереализуемо**)



КИРИК – платформа для семантических «умных» контрактов

Эфир (Ethereum, ETH) – криптовалюта

- Интерпретация умного контракта как программы – **концептуально ошибочна!**
- Семантический «умный» контракт – это автоматически действующая семантическая модель взаимодействия контрагентов



трудности с юридической верификацией Solidity-программ (математически **нереализуемо**)





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!