

# Моделирование и визуализация динамических систем

Носивской Владислав Дмитриевич,  
Венедиктов Роман Михайлович,  
Карнаухов Кирилл Евгеньевич  
Ментор: Бирюков Илья Юрьевич

НИУ ВШЭ - Санкт-Петербург

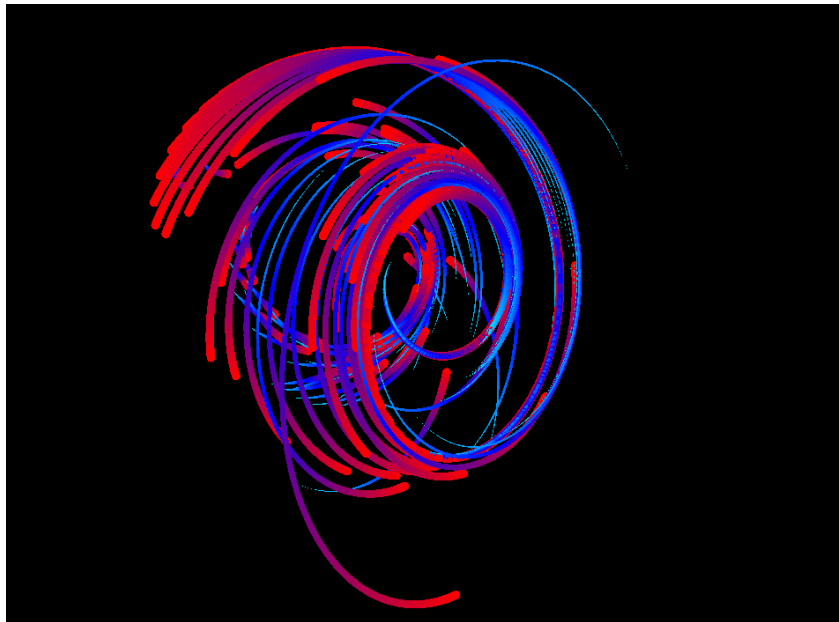
4 июня 2020 г.

$$\frac{dx}{dt} = \sigma(y - x)$$

$$\frac{dy}{dt} = x(\rho - z) - y$$

$$\frac{dz}{dt} = xy - \beta z$$

- Есть система уравнений (в нашем случае дифференциальных), которые описывают положение точек в пространстве с течением времени.
- Нас привлекли **странные аттракторы** – условно “области притяжения” динамических систем. Они возникают в различных физических моделях.



В итоге был найден только один аналог: Visions Of Chaos. Особенности:

- Работает только на Windows.
- Визуализирует различные математических моделей (аттракторы, фракталы, физические явления и т.д.), но количество не переходит в качество.
- Большие возможности кастомизации — из-за этого запутанный интерфейс.
- Перемещение камеры есть, но неудобное.
- Есть возможность записи видео.
- Приложение не оптимизировано.

# Описание проекта. Что хотим от приложения?

- Одновременно простой и мощный инструмент исследования странных аттракторов.
- Все запросы исследователя можно удовлетворить из настроек моделирования — без необходимости править код.
- Удобное управление и возможность записи видео.

- Всё приложение написано на Qt5.
- Визуализация на обертке Qt над OpenGL. Эта часть считается на GPU.
- Модель считается на C++ без использования фреймворков.
- Системы дифф. уравнений решаем методом Рунге-Кутты.
- Сборка CMake + Ninja.
- Travis CI.
- Google Test.

# Подзадачи. Визуализация. Карнаухов Кирилл Евгеньевич

- Задачи:

- Научиться быстро визуализировать данные.
- Разработать модель камеры.
- Реализовать запись видео.

- Решения:

- Использовать OpenGL для отрисовки.
- Производить вычисления на GPU.
- Интерполировать кривые, чтобы сгладить.
- Использовать libav для записи видео.

# Подзадачи. Модель. Венедиктов Роман Михайлович

## ● Задачи:

- Найти и добавить странные аттракторы.
- Научиться численно решать системы дифференциальных уравнений программно.
- Построить удобную архитектуру, при этом сделав упор на производительность.
- Добавить возможность обработки произвольных уравнений.

## ● Решения:

- Было найдено 35 систем уравнений, моделирующих странные аттракторы.
- Для вычислений используется метод Рунге-Кутты 4 порядка.
- Всё, что связано с вычислениями, написано в стиле метапрограммирования для достижения максимальной производительности.



# Подзадачи. Контроллер + UI. Носивской Владислав Дмитриевич

## ● Задачи:

- Спроектировать и написать контроллер так, чтобы модель и визуализация не знали о существовании друг друга.
- Сформировать UI/UX. Некоторые элементы должны генерироваться программно.
- Создать инфраструктуру проекта.
- Вынести сложные вычисления в другой поток.

## ● Решения:

- Контроллер и рутинная работа.
- Встроенный в Qt Creator дизайнер UI.
- GitHub + Travis CI + CMake + GTest.
- Самописная обертка над Thread для возможности остановки вычислений.

# Что мы умеем в итоге? (1/2)

- Можем визуализировать 35 аттракторов. Визуализация происходит в трехмерном пространстве, соответственно, есть возможность летать и изменять положение камеры (ориентировались на удобное управление Minecraft).
- Можно менять параметры (константы в системе дифференциальных уравнений) и перестраивать систему.
- Есть возможность перемотки времени, паузы.
- Добавлено окно настроек, есть возможность изменять низкоуровневые параметры моделирования.

## Что мы умеем в итоге? (2/2)

- Поддерживается ввод любых уравнений, для этого написан парсер выражений.
- Появилась возможность записи видео внутри приложения. Поддерживается любое разрешение, рендеринг происходит offline.
- Тяжелые вычисления происходят вне UI-потока.

- Добавить JIT (LLVM) компиляцию выражений парсера в проект.
- Настроить автоматическую сборку релиз-пакетов для MacOS, Linux, Windows.

Репозиторий: [github.com/vladnosiv/dynsys](https://github.com/vladnosiv/dynsys)

Наш телеграм канал с видео: [t.me/strangeattractors](https://t.me/strangeattractors)