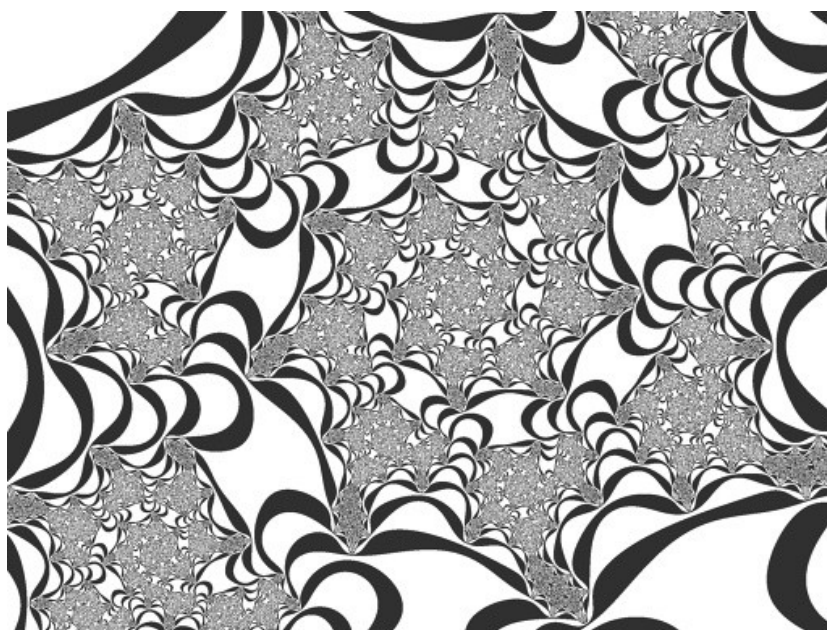


Муниципальное автономное образовательное учреждение "Физико-технический лицей №1"

**Индивидуальный проект «Фракталы, их исследование, и почему самоподобие - это хорошо.»**

Выполнил  
Ученик 10-2 класса  
**Филиппов Андрей**  
Руководитель  
**Удалова Т.Л.**



г. Саратов  
2017-2018 год

# Оглавление

Ввод.....	3
Цели.....	3
Задачи.....	3
Актуальность темы.....	3
История.....	4
Типы Фракталов.....	5
Геометрические фракталы.....	5
Алгебраические фракталы.....	5
Стохастические фракталы.....	6
Системы итерируемых функций.....	6
Применение Фракталов.....	7
Физика.....	7
Биология.....	7
Информатика.....	7
Графика.....	7
Децентрализованные сети.....	7
Музыка.....	8
Масштабирование.....	8
Другое.....	8
Построение и примеры фракталов.....	9
Простейшие фракталы.....	9
Кривая Коха.....	9
Ковёр Серпинского.....	9
Треугольник Серпинского.....	9
Звуковые фракталы.....	10
Генераторы фракталов.....	11
Практическая часть.....	13
Заключение.....	15
Ссылки проекта.....	16
Приложение.....	17
1. Галерея.....	17
1.1. Изображения построенные в Drcception.....	17
1.2. Демонстрационные материалы по работе Drcception.....	17
2. Существующее ПО для работы с фракталами.....	18
2.1. Список от авторов ChaosPro.....	18
2.2. Мой список.....	19
3. Примечания.....	22
4. Дополнительная информация по программе Drcception.....	23
4.1. Что использует.....	23
4.2. Зависимости.....	23
4.3. Планы на будущее.....	23
Библиография.....	24
Алфавитный указатель.....	25

## Ввод

**Фрактáл** (лат. Fractus — дроблённый, сломанный, разбитый) — множество, обладающее свойством самоподобия (объект, в точности или приближённо совпадающий с частью себя самого, то есть целое имеет ту же форму, что и одна или более частей).

Самоподобные фигуры, повторяющиеся конечное число раз, называются предфракталами.

То есть сразу надо обговорить, что речь будет идти о фракталах, но так как их построить полностью не возможно, то строить мы будем предфракталы, далее и те и другие для удобства будут называться просто фракталами.

## Цели

- Изучить фракталы
- Научиться их строить
- Закрепить знания на практике

## Задачи

- Узнать историю фракталов
- Изучение дополнительной математической теории (комплексные числа, производные и др.)
- Изучить основную теорию фракталов
- Создание прикладного приложения

## Актуальность темы

Фрактал — это математический объект, который может выступать инструментом при решении различных задач. Кроме того, активным изучением этой темы занялись всего лишь несколько десятков лет назад, невозможно предугадать насколько полезны будут эти исследования, но область явно интересная.

## История

Вплоть до 20 века шло накопление данных о таких странных объектах, без какой-либо попытки их систематизировать. Так было, пока за них не взялся Бенуа Мандельброт – отец современной фрактальной геометрии и слова «фрактал».

Работая в IBM математическим аналитиком, он изучал шумы в электронных схемах, которые невозможно было описать с помощью статистики. Постепенно сопоставляя факты, он пришел к открытию нового направления в математике – фрактальной геометрии.

Термин «фрактал» Б.Мандельброт ввёл в 1975 г.. Согласно Мандельброту, фракталом (от лат. «fractus» – дробный, ломанный, разбитый) называется структура, состоящая из частей, подобных целому. Свойство самоподобия резко отличает фракталы от объектов классической геометрии. Термин самоподобие означает наличие тонкой, повторяющейся структуры, как на самых малых масштабах объекта, так и в макромасштабе. То есть, сколько фрактал не увеличивай, из новой его части на нас будет смотреть его маленькая копия.

# Типы Фракталов

Фракталы делятся на группы. Самые большие группы это:

- Геометрические фракталы
- Алгебраические фракталы
- Стохастические фракталы
- Системы итерируемых функций

## Геометрические фракталы

Именно с них и начиналась история фракталов. Этот тип фракталов получается путем простых геометрических построений. Обычно при построении этих фракталов поступают так: берется основа, её ещё иногда называют аксиомой, набор геометрических объектов (например, набор отрезков), на основании которых будет строиться фрактал. Далее к этой основе применяют набор правил, который преобразует ее в какую-либо геометрическую фигуру. Далее к каждой части этой фигуры применяют опять тот же набор правил. С каждым шагом фигура будет становиться все сложнее и сложнее, и если мы проведем (по крайней мере, в уме) бесконечное количество преобразований - получим геометрический фрактал.

Классические примеры геометрических фракталов - Снежинка Коха, Лист, Треугольник Серпинского.

В машинной графике использование геометрических фракталов необходимо при получении изображений деревьев, кустов, береговой линии. Двухмерные геометрические фракталы используются для создания объемных текстур (рисунка на поверхности объекта). Примерами таких кривых служат: кривая дракона; кривая Коха; кривая Леви; кривая Минковского; кривая Пеано.

К геометрическим фракталам также относят фракталы, получаемые похожими процедурами, например: множество Кантора; треугольник Серпинского; коврик Серпинского; кладбище Серпинского; губка Менгера; дерево Пифагора.

## Алгебраические фракталы

Вторая большая группа фракталов - алгебраические. Свое название они получили за то, что их строят, на основе алгебраических формул иногда весьма простых. Методов получения алгебраических фракталов несколько. Один из методов представляет собой многократный (итерационный) расчет функции  $Z_{n+1} = f(Z_n)$ , где  $Z_i$  - комплексное число, а  $f(z)$  - некая функция. Расчет данной функции продолжается до выполнения определенного условия. И когда это условие выполнится - на экран выводится точка. При этом значения функции для разных точек комплексной плоскости может иметь разное поведение:

- С течением времени стремится к бесконечности.
- Стремится к 0
- Принимает несколько фиксированных значений и не выходит за их пределы.
- Поведение хаотично, без каких либо тенденций.

Чтобы проиллюстрировать алгебраические фракталы обратимся к классике — множеству Мандельброта.

Для его построения нам необходимы комплексные числа. Комплексное число - это число, состоящее из двух частей - действительной и мнимой, и обозначается оно  $a+bi$ .

Действительная часть  $a$  это обычное число в нашем представлении, а вот мнимая часть  $b \cdot i$  интересней.  $i$  - называют мнимой единицей. Почему мнимой? А потому, что если мы возведем  $i$  в квадрат, то получим  $-1$ .

Примеры алгебраических фракталов: множество Мандельброта; множество Жюлиа; бассейны Ньютона; биоморфы.

## Стохастические фракталы

Еще одним известным классом фракталов являются стохастические фракталы, которые получаются в том случае, если в итерационном процессе случайным образом менять какие-либо его параметры. При этом получаются объекты очень похожие на природные - несимметричные деревья, изрезанные береговые линии и т.д. Двумерные стохастические фракталы используются при моделировании рельефа местности и поверхности моря

Типичный представитель данного класса фракталов "Плазма". Для ее построения возьмем прямоугольник и для каждого его угла определим цвет. Далее находим центральную точку прямоугольника и раскрашиваем ее в цвет равный среднему арифметическому цветов по углам прямоугольника плюс некоторое случайное число. Чем больше случайное число - тем более "рваным" будет рисунок. Если мы теперь скажем, что цвет точки это высота над уровнем моря - получим вместо плазмы - горный массив. Именно на этом принципе моделируются горы в большинстве программ. С помощью алгоритма, похожего на плазму строится карта высот, к ней применяются различные фильтры, накладываем текстуру и фотореалистичные горы готовы.

## Системы итерируемых функций

Метод "Систем Итерируемых Функций" (Iterated Functions System - IFS) появился в середине 80-х годов как простое средство получения фрактальных структур.

В 1988 году известные американские специалисты в теории динамических систем и эргодической теории Барнсли и Слоан предложили некоторые идеи, основанные на соображениях теории динамических систем, для сжатия и хранения графической информации. Они назвали свой метод методом фрактального сжатия информации. Происхождение названия связано с тем, что геометрические образы, возникающие в этом методе, обычно имеют фрактальную природу в смысле Мандельброта.

На основании этих идей Барнсли и Слоан создали алгоритм, который, по их утверждению, позволит сжимать информацию в 500-1000 раз.

# Применение Фракталов

Фракталы нашли широкое применение в различных областях науки и техники.

## Физика

В физике фракталы возникают при моделировании нелинейных процессов, таких, как пламя, турбулентное течение жидкости, облака, сложные процессы диффузии-адсорбции и т. п. При моделировании пористых материалов (в нефтехимии) также используются фракталы.

## Биология

Для описания систем внутренних органов и моделирования популяций они применяются в биологии.

Таким образом, исследования, связанные с фракталами, меняют многое из привычных представлений об окружающем нас мире, о самых обычных предметах, таких как облака, реки, деревья, горы, травы и др.

## Информатика

### Графика

Существуют алгоритмы сжатия изображения с помощью фракталов. Они основаны на идее о том, что вместо самого изображения можно хранить сжимающее отображение, для которого это изображение (или некоторое близкое к нему) является неподвижной точкой. Один из вариантов данного алгоритма был использован фирмой Microsoft при издании своей энциклопедии, но большого распространения эти алгоритмы не получили.

Фракталы широко применяются в компьютерной графике для построения изображений природных объектов, таких как деревья, кусты, горные ландшафты, поверхности морей и так далее. Существует множество программ, служащих для генерации фрактальных изображений.

Поэтому применять фрактальные изображения можно в самых разных сферах: создание обычных текстур и фоновых изображений, фантастических ландшафтов для компьютерных игр и книжных иллюстраций.

Создаются подобные фрактальные изображения путем математических расчетов, но базовым элементом фрактальной графики (в отличие от векторной графики) является математическая формула. Это означает, что в памяти компьютера никаких объектов не сохраняется и изображение строится только на основе уравнений.

### Децентрализованные сети

Система назначения IP-адресов в сети Netsukuku использует принцип фрактального сжатия информации для компактного сохранения информации об узлах сети. Каждый узел сети Netsukuku хранит всего 4 Кб информации о состоянии соседних узлов, при этом любой новый узел подключается к общей сети без необходимости в центральном регулировании раздачи IP-адресов, что, например, характерно для сети Интернет. Таким образом, принцип фрактального сжатия информации гарантирует полностью децентрализованную, а следовательно, максимально устойчивую работу всей сети.

## Музыка

Сочинение музыки на основе фрактальных объектах. Программы, моделируют сочинение музыки на основе фрактальных объектов. Одну из наиболее известных подобных программ – MusiNum – разработал Ларс Киндерман. Модули программы позволяют делать выбор голосов, устанавливать темп композиции, задавать сценарий, который позволяет изменять параметры синтеза музыки в процессе исполнения композиции. Можно выбрать характер звучания, панораму и громкость голоса. Далее будет рассмотрена подробнее другая программа — Aural (<https://www.auralfractals.net/>).

## Масштабирование

Масштабирование - уникальная особенность, присущая фракталам. Со временем ее, видимо, будут активно использовать как в специальных алгоритмах масштабирования, так и во многих приложениях. Действительно, этого требует концепция "приложение в окне". Было бы неплохо, если бы изображение, показываемое в окне 100x100, хорошо смотрелось при увеличении на полный экран - 1024x768.

## Другое

В последнее время растет популярность фракталов у трейдеров и используется для анализа состояния биржевых рынков. Фракталы рынка являются одним из индикаторов в торговой системе Била Вильямса. Считается, что он же впервые и ввел это название в трейдинг.

Таким образом главная особенность фракталов — самоподобие является очень полезным свойством, которое даёт им столько возможных применений. Поэтому можно сказать, что самоподобие — это «хорошо».



# Построение и примеры фракталов

## Простейшие фракталы

Здесь рассматриваются только самые простые, геометрические фракталы. Они позволяют понять принцип и основные свойства фракталов.

### Кривая Коха

**Кривая Коха** — фрактальная кривая, описанная в 1904 году шведским математиком Хельге фон Кохом.

Три копии кривой Коха, построенные (остриями наружу) на сторонах правильного треугольника, образуют замкнутую кривую бесконечной длины, называемую снежинкой Коха.

Кривая Коха является типичным геометрическим фракталом. Процесс её построения выглядит следующим образом: берём единичный отрезок, делим на три равные части и заменяем средний интервал равносторонним треугольником без этого сегмента. В результате образуется ломаная, состоящая из четырёх звеньев длины  $1/3$ . На следующем шаге повторяем операцию для каждого из четырёх получившихся звеньев и т. д... Предельная кривая и есть кривая Коха.

### Ковёр Серпинского

**Ковёр Серпинского** (квадрат Серпинского) — фрактал, один из двумерных аналогов множества Кантора, предложенный польским математиком Вацлавом Серпинским.

Квадрат  $Q_0$  делится прямыми, параллельными его сторонам, на 9 равных квадратов. Из квадрата  $Q_0$  удаляется внутренность центрального квадрата. Получается множество, состоящее из 8 оставшихся квадратов «первого ранга». Поступая точно так же с каждым из квадратов первого ранга, получим множество  $Q_1$ , состоящее из 64 квадратов второго ранга. Продолжая этот процесс бесконечно, получим бесконечную последовательность

$Q_0 \supset Q_1 \supset \dots \supset Q_n \supset \dots$ , пересечение членов которой есть ковер Серпинского.

### Треугольник Серпинского

**Треугольник Серпинского** — фрактал, один из двумерных аналогов множества Кантора, предложенный польским математиком Вацлавом Серпинским в 1915 году. Также известен как «салфетка» Серпинского.

Середины сторон равностороннего треугольника  $T_0$  соединяются отрезками. Получаются 4 новых треугольника. Из исходного треугольника удаляется внутренность срединного треугольника. Получается множество  $T_1$ , состоящее из 3 оставшихся треугольников «первого ранга». Поступая точно так же с каждым из треугольников первого ранга, получим множество  $T_2$ , состоящее из 9 равносторонних треугольников второго ранга. Продолжая этот процесс бесконечно, получим бесконечную последовательность  $T_0 \supset T_1 \supset \dots \supset T_n \supset \dots$ , пересечение членов которой есть треугольник Серпинского.

## Звуковые фракталы

В результате своих исследований фракталов я решил пойти глубже, в результате я наткнулся на очень интересную программу для генерации звуковых фракталов.

Программа называется Aural (<https://www.auralfractals.net/>). Она делает следующее: она генерирует последовательность нот, высота и длительность которых и определяется выбранными алгоритмами и их параметрами (по аналогии с определением позиции пикселя и его цвета при генерировании графических фракталов).

Можно определить сразу много каналов, для каждого из которых выбрать свой инструмент и алгоритмы. После генерации пользователю предоставляется возможность сохранить результат в MIDI файле, то есть в файле формата, который понимается большинством аудио-программ. Этот файл можно либо использовать при создании полноценной музыкальной композиции.

Вот примеры музыкальных композиций, полученных только с помощью программы Aural:

- Fractal\_Hermit - Aural2048
- Fractal\_Hermit - Fast Pianos
- Fractal\_Hermit - Lyapunov Music

Аудио файлы взяты отсюда: [https://soundcloud.com/fractal\\_hermit](https://soundcloud.com/fractal_hermit).

Послушать следующие файлы можно на сайте проекта (<https://drception.sourceforge.io/>) в разделе „Gallery“.

# Генераторы фракталов

Генератор фракталов — это компьютерная программа, генерирующая изображения фракталов. Существует множество подобных программ, бесплатных и коммерческих, открытых и проприетарных.

Большинство подобных программ позволяют выбрать алгоритм генерации фрактала, увеличить тот или иной фрагмент изображения, поменять цветовую гамму, редактировать некоторые топологические параметры и сохранять полученное изображение в одном из популярных графических форматов, таких как JPEG, TIFF, PNG и т. д., а также хранить параметры генерации конкретного фрактала, что позволяет повторное использование и модификацию таких фрактальных изображений.

Некоторые программы позволяют также вводить собственные формулы, и осуществлять дополнительный контроль, вроде фильтрации полученного изображения. Некоторые пакеты позволяют генерировать фрактальную анимацию.

Ряд графических редакторов общего назначения, например GIMP, включают фильтры или плагины для генерации фракталов.

Список генераторов фракталов (Wikipedia):

- Apophysis
- Chaoscope
- ChaosPro
- Electric Sheep
- Fractal Explorer
- Fractint
- Fractracer
- IFS Builder 3d
- Mandelbulb3D
- Mandelbulber
- Sterling
- SpangFract
- Ultra Fractal
- XaoS
- XenoDream
- FLAM3

Список генераторов фракталов от авторов программы ChaosPro можно посмотреть в приложении 2.1. Авторы хотели отразить то, что регулярно поддерживаемого ПО для работы с фракталами попросту нет. Последний релиз их собственной программы был в 2011 году!

Я сам провёл анализ существующего ПО для работы с фракталами. Результат можно посмотреть в приложении 2.2.

Таким образом, я понял, что, хотя подобных программ много, они не регулярно обновляются и не обеспечивают полный контроль над процессом построения изображений.

Я решил создать собственную программу, которая не будет иметь эти и многих других недостатков и будет направлена на построение любых фракталов для их последующего изучения.

## Практическая часть

Продукт: прикладная программа для построения графических фракталов для их последующего изучения.

Название: Drception.

Разработчик: FireCream.

Drception – программа, которая способна построить почти любой фрактал, заданный на языке JavaScript. В текущей версии имеется 32 пункта для фракталов, но только 8 из них пока реализованы. Все скрипты доступны для просмотра.

Зачастую для изучения фракталов необходим сильный инструмент, так как фрактал может являться хаотическим или очень сложным объектом. Drception является этим автоматизированным и удобным инструментом.

Примечание по языку программирования JavaScript см. в приложении 3.

Любой человек, знающий основы JavaScript, с помощью документации к Drception способен добавить свой фрактал в эту программу. JavaScript является очень распространенным и мощным языком программирования. Его выбор - это одно из важнейших преимуществ над другими программами-генераторами фракталов. Вся работа Drception со скриптами прозрачна, что даёт пользователю возможность контролировать весь процесс построения фрактала. Удобный интерфейс и возможность быстро менять параметры, не открывая код и вообще в нём не разбираясь.

*Для работы Drception необходимо просто скачать соответствующую вашей платформе версию программы с сайта (см. далее). Простая инструкция по запуску содержится в файле README.txt рядом в папке с программой.*

Кроме того, программа устроена так, что напоминает полноценную среду разработки (программ на JavaScript) с использованием графики. В данном случае, её удобнее всего использовать как среду разработки графических фракталов, но в будущем планируется добавить возможность генерации и других видов фракталов (например, звуковых).

Полный список возможностей программы ниже.

Сохраненные фракталы, сгенерированные с помощью Drception можно найти в приложении 1.1.

Демонстрационные материалы по Drception можно найти в приложении 1.2.

Особенности и возможности:

- Изменение параметров построения фрактала без изменения скрипта.
- Сохранение изображения и конфигурации фрактала, в PNG и XML соответственно.
- Работа с областью вывода фрактала: изменение размеров, отключение GUI, перевод в режим полного экрана (без рамки окна).
- Настройки программы автоматически сохраняются после её завершения и автоматически восстанавливаются во время повторного запуска.
- Для каждого фрактала имеется описание, которое содержит много полезной информации и ссылки, оно задаётся в специальной версии языка разметки HTML.

- Имеется консоль внутреннего движка JavaScript, которая отображает все сообщения из скрипта, которые посылаются с помощью функции WriteLn(), а так же сообщения об ошибках, если не получилось корректно выполнить скрипт.
- Управление задачами, составление списка задач (задачи построения большого количества фракталов огромной сложности и их последующая запись на диск) для его автономного выполнения. Это особо важная функция, необходимая при изучении фракталов.
- Выполнение задач (построение фракталов, сохранение на диск) выполняются в отдельном потоке. Т. е. приложение Drcertion - многопоточно, поэтому с ним можно работать без задержек.
- Возможность включить сетку на изображении фракталов, которая может помочь в расчётах.
- Работа со скриптами фракталов: отображение и редактирование с подсветкой синтаксиса и помощником дописывания.
- Печать изображений фрактала.
- Полное управление окнами и областями окон и тулбарами.
- Управление списками фракталов (это группы фракталов, сохраненные в один файл), множественное открытие различных списков фракталов, быстрое переключение между ними.
- Возможность строить анимированные фракталы.
- Вывод информации о построении фрактала: время построения, количество кадров, ошибки при построении, процесс построения, дополнительная информация; а из-за того, что приложение многопоточная вся эта информация выводится и обновляется в реальном времени.

Ссылки на рабочую версию можно найти в разделе «Ссылки проекта».

Справочную информацию (по Qt и GCC) см. в приложении 3.

Дополнительную информацию по программе Drcertion (что использует, зависимости, планы на будущее) см. в приложении 4.

## Заключение

Хотелось бы только сказать, что со времени возникновения теории прошло не более трети века, но за это время фракталы для многих исследователей стали внезапным ярким светом в ночи, которые озарил неведомые доселе факты и закономерности в конкретных областях данных. С помощью теории фракталов стали объяснять эволюцию галактик и развитие клетки, возникновение гор и образование облаков, движение цен на бирже и развитие общества и семьи. Может быть, в первое время данное увлечение фракталами было даже слишком бурным и попытки все объяснять с помощью теории фракталов были неоправданными. Но, без сомнения, данная теория имеет право на существование, и я сожалею, что в последнее время она как-то забылась и осталась уделом избранным. При подготовке данной работы мне было очень интересно находить применения теории на практике. Потому что очень часто возникает такое ощущение, что теоретические знания стоят в стороне от жизненной реальности.

Важным помощником при изучении фракталов является компьютер.

Компьютер - это новое средство познания. Он позволяет увидеть связи и значения, которые до сих пор были скрыты от нас. В истории открытия фракталов это относится к компьютерной графике, переживающей сегодня период интенсивного развития и обогатившей наши возможности в такой степени, которая редко достигалась другими средствами науки. Там, где предыдущие поколения ученых были вынуждены упрощать свои уравнения или вообще отказываться от них, мы можем увидеть их суть на экране дисплея. Естественные процессы, представленные графически, можно постичь во всей их сложности, опираясь на нашу интуицию. При этом стимулируются новые идеи, новые ассоциации, и у каждого, кто мыслит в образах, пробуждается творческий потенциал. Роль фракталов в машинной графике сегодня достаточно велика. Они приходят на помощь, например, когда требуется, с помощью нескольких коэффициентов, задать линии и поверхности очень сложной формы. С точки зрения машинной графики, фрактальная геометрия незаменима при генерации искусственных облаков, гор, поверхности моря. Фактически найден способ легкого представления сложных неевклидовых объектов, образы которых весьма похожи на природные. Компьютеры становятся все мощнее, и все более тонкие эффекты они позволяют нам наблюдать на экране дисплея. Нас ждет еще много интереснейших и необычайных находок.

## Ссылки проекта

SourceForge: <https://sourceforge.net/projects/drception/>

Website (SourceForge): <https://drception.sourceforge.io/>

E-mail: [programmingspecial@gmail.com](mailto:programmingspecial@gmail.com)

Скачать программу можно по первой ссылке, а вся дополнительная информация по ней и по проекту по второй ссылке.

Вторая ссылка содержит в открытом доступе все приложенные к проекту файлы (сами документы проекта, видео-демонстрация Drception, изображения сгенерированные с помощью Drception, музыкальные фракталы). **Здесь вы также сможете найти всю документацию к Drception.**



# Приложение

## 1. Галерея

Описанные здесь материалы сложно напечатать.

### 1.1. Изображения построенные в Drception

См. на сайте проекта в разделе „Gallery“: <https://drception.sourceforge.io/>.

### 1.2. Демонстрационные материалы по работе Drception

См. на сайте проекта в разделе „Demo“: <https://drception.sourceforge.io/>.

## 2. Существующее ПО для работы с фракталами

### 2.1. Список от авторов ChaosPro

Список генераторов фракталов от авторов программы ChaosPro

(<http://www.chaospro.de/scripts/related.php?PHPSESSID=2a0fa2eabbb36e9e550e55f8c5abd8b1>):

Program	Version	Program Actuality	Homepage Actuality
Apophysis	2.09/10 Sep 2009	10 Sep 2009	-
Chaoscope	V0.3.1/20 May 2006	5 Apr 2009	-
Double Fractal	V2.9/31 Oct 2006	21 May 2007	-
Fast Floating Fractal Fun (FFFF)	3.2.3/18 Mar 2006	23 May 2007	-
Fractal Explorer	V2.02/12 Jan 2005	26 Mar 2006	-
Fractal Forge	V2.8.2/25 Aug 2002	26 Mar 2006	-
FractInt	V20.0/9 Sep 1999	26 Mar 2006	-
IFS Lab	1.1/22 Apr 2006	8 Oct 2006	-
L-System	V4.01/25 Jan 2004	26 Mar 2006	-
Quat	V1.20/28 May 2002	26 Mar 2006	-
Ultra Fractal	V5.03/5 Aug 2009	31 Aug 2009	-
Visions Of Chaos	43.9/9 Sep 2009	9 Sep 2009	-
Xaos	3.5/17 Jul 2009	17 Jul 2009	-
XFrog	3.5/8 Aug 2005	26 Mar 2008	-

## 2.2. Мой список

Сравнение генераторов фракталов (составлено автором проекта, находится на стадии дополнения и доработки):

Название	Описание	Лицензия	Поддерживаемые ОС					Написана на	Последняя версия	Сайт
			Windows	Linux	OS X	Others	Cross-platform			
Apophysis	Генератор	GNU GPL	+	-	-	-	-	Delphi	2.09 (сентябрь 2010)	<a href="http://www.apophysis.org/">http://www.apophysis.org/</a>
Chaoscope	Генератор	Free open source	+	+	-	-	-		0.3.5 (31 октября 2010)	<a href="http://www.chaoscope.org/index.htm">http://www.chaoscope.org/index.htm</a>
ChaosPro	Генератор		+	-	-	-	-		4.0.249 (21 ноября 2011)	<a href="http://www.chaospro.de/">http://www.chaospro.de/</a>
Electric Sheep	Клиент-серверный Скринсейвер	Client: GNU GPL Server: not available for 2.7.X	+	+	+	Android, iOS, Apple TV	-		3.0.1 on OS X (5 октября 2017), 3.0.1 on Windows (5 октября 2017)	<a href="https://gold.electricsheep.org/">https://gold.electricsheep.org/</a>
Fractal Explorer									no-info	

Fractint	Генератор	Freeware	+	-	-	DOS	-		20.04p14 (22 августа, 2015)	<a href="https://fractint.org/">https://fractint.org/</a>
Fractracer									1.4.2.2 (21 мая 2016)	
IFS Builder 3d									1.7.6 (30 мая 2011)	
Mandelbulb3D	Генератор								1.9.9 (27 августа 2017, форум)	<a href="http://www.fractalforums.com/mandelbulb-3d/">http://www.fractalforums.com/mandelbulb-3d/</a>
Mandelbulber									V2 2.12 (16 ноября 2017, форум)	
Sterling	Генератор	Freeware	+	-	-	-	-	C	V1.7 (сентябрь, 2008)	<a href="http://soler7.com/FractalS/Sterling2.html">http://soler7.com/FractalS/Sterling2.html</a>
SpangFract									no-info	

Ultra Fractal	Генератор		+	-	-	-	-		5.04 (11 августа 2010)	<a href="http://www.ultrafractal.com/">http://www.ultrafractal.com/</a>
Хаос	Генератор	GPL					+		3.6 (1 ноября 2013)	<a href="http://matek.hu/chaos/documentation.php">http://matek.hu/chaos/documentation.php</a>
XenoDream	Генератор								no-info	<a href="http://www.xenodream.com/index.html">http://www.xenodream.com/index.html</a>
FLAM3									no-info	<a href="http://flam3.com/">http://flam3.com/</a>

### 3. Примечания

Основная часть примечаний взята из Википедии.

JavaScript — мультипарадигменный язык программирования. Поддерживает объектно-ориентированный, императивный и функциональный стили. Является реализацией языка ECMAScript (стандарт ECMA-262).

JavaScript обычно используется как встраиваемый язык для программного доступа к объектам приложений. Наиболее широкое применение находит в браузерах как язык сценариев для придания интерактивности веб-страницам.

Мультипарадигменный (или Мультипарадигмальный) язык программирования определяют как «язык, который поддерживает больше чем одну парадигму программирования». Парадигма программирования — методология представления целостной программы (например, как набор объектов или подпрограмм).

Qt (произносится ['kju:t] (кьют) как «cute» или неофициально Q-T (кью-ти)) — кроссплатформенный фреймворк для разработки программного обеспечения на языке программирования C++.

Фрэймворк (иногда фреймвóрк; англицизм, неологизм от framework — остов, каркас, структура) — программная платформа, определяющая структуру программной системы; программное обеспечение, облегчающее разработку и объединение разных компонентов большого программного проекта.

GNU Compiler Collection (обычно используется сокращение GCC) — набор компиляторов для различных языков программирования, разработанный в рамках проекта GNU. GCC является свободным программным обеспечением, распространяется фондом свободного программного обеспечения (FSF) на условиях GNU GPL и GNU LGPL и является ключевым компонентом GNU toolchain. Он используется как стандартный компилятор для свободных UNIX-подобных операционных систем.

## 4. Дополнительная информация по программе Drception

### 4.1. Что использует

Язык программирования: C/C++ (Qt) и модули на JavaScript.

В данный момент программа поддерживает операционную систему Linux x64 (Ubuntu). Для её работы необходимы только файлы самой программы.

### 4.2. Зависимости

Зависимости часто обновляются. См. на сайте проекта.

### 4.3. Планы на будущее

Планы Drception на будущее:

- Реализовать больше фракталов и улучшить существующие, которые сейчас есть в официальной версии,
- Добавить 3D фракталы.
- Добавить переводы на другие языки
- Добавить возможность сохранения в других форматах
- Добавить возможность открытия ранее сохраненной конфигурации
- Добавить возможность создавать скрипты на других языках программирования, таких как Lua, Python, PHP, ...
- Добавить настройки
- Добавить темы
- Добавить многофункциональный экспорт анимации, видео и др.
- Добавить возможность плагинов
- Добавить веб-библиотеку фракталов
- Добавить серверное приложение, которое позволит не задействовать мощности персонального компьютера, а только транслировать результат на клиентское приложение
- Добавить возможность установки фрактала на рабочий стол или скринсейвер
- Добавить возможность генерации изображений на удаленном сервере

## Библиография

- [1] Народ, Компьютерная графика | Уроки, алгоритмы, программы, примеры, , <http://grafika.me/>
- [2] Неизвестно, Fractals and Dimensions, , <https://mathigon.org/world/Fractals>
- [3] Народ, Фрактал, , <https://ru.wikipedia.org/wiki/Фрактал>
- [4] Божокин С.В., Паршин Д.А., Фракталы и мультифракталы,
- [5] Неизвестно, Язык фракталов, , <http://www.ega-math.narod.ru/Nquant/Fractals.htm>
- [6] Соколов Илья, Фракталы и их применение, , <https://sibac.info/shcoolconf/natur/v/31852>
- [7] Сергей и Марина Бондаренко, Загадочный беспорядок: история фракталов и области их применения, , <https://3dnews.ru/754657>
- [8] The Fractal Foundation, What are Fractals?, , <http://fractalfoundation.org/resources/what-are-fractals/>
- [9] Михаил Шакин, Фракталы - безумно красивая коллекция, , <http://shakin.ru/creative/fractals.html>
- [10] Wolfram MathWorld, Fractal, , <http://mathworld.wolfram.com/Fractal.html>
- [11] Б. Мандельброт, Фракталы, случай и финансы,
- [12] Б. Мандельброт, Фрактальная геометрия природы,
- [13] Ричард М. Кроновер, Фракталы и хаос в динамических системах,
- [14] М. Шредер, Фракталы, хаос, степенные законы. Миниатюры из бесконечного рая,



# Алфавитный указатель

## А

Алгебраические фракталы, 5  
алгоритмы сжатия изображения с помощью фракталов, 7

## Б

Б.Мандельброт, 4  
Барнсли, 6  
бассейны Ньютона, 6  
Бенуа Мандельброт, 4  
Бил Вильямс, 8  
биоморфы, 6

## Г

Генераторы фракталов, 11  
Геометрические фракталы, 5  
губка Менгера, 5

## Д

дерево Пифагора, 5

## З

Звуковые фракталы, 10

## К

кладбище Серпинского, 5  
Ковёр Серпинского, 9  
коврик Серпинского, 5  
кривая дракона, 5  
кривая Коха, 5  
Кривая Коха, 9  
кривая Леви, 5  
кривая Минковского, 5  
кривая Пеано, 5

## Л

Ларс Киндерман, 8  
Лист, Треугольник Серпинского, 5

## М

Мандельброт, 6  
множество Жюлиа, 6  
множество Кантора, 5  
множество Мандельброта, 6  
множеству Мандельброта, 6  
Мультипарадигмальный, 22  
Мультипарадигменный, 22

## П

предфракталы, 3  
Применение Фракталов, 7

## С

Самоподобные фигуры, 3  
Системы итерируемых функций, 5  
Слоан, 6  
Снежинка Коха, 5  
Стохастические фракталы, 5

## Т

Типы Фракталов, 5

Треугольник Серпинского, 9  
треугольник Серпинского, 5

## Ф

фрактал, 4  
Фрактал, 3  
фрактальная кривая, 9  
Фреймворк, 22

## А

Aural, 8, 10

## С

C/C++, 23  
ChaosPro, 11, 18p.

## D

Drcption, 13p., 16p., 23

## E

ECMAScript, 22

## F

FireCream, 13

## f

fractus, 4

## F

Fractus, 3

## G

GCC, 14, 22  
GIMP, 11  
GNU Compiler Collection, 22

## I

IBM, 4  
IFS, 6  
IP-адресов, 7  
Iterated Functions System, 6

## J

JavaScript, 13, 22p.

## L

Linux, 23

Lua, 23

## M

MIDI, 10  
MusiNum, 8

## N

Netsukuku, 7

## P

PHP, 23  
Python, 23

## Q

Qt, 14, 22p.

## U

Ubuntu, 23