



УДК 004.42; 004.9
doi:10.21685/2587-7704-2022-7-1-15



Open
Access

RESEARCH
ARTICLE

Применение математической модели на основе фракталов в дизайне

Валерия Александровна Агапова

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
valeriaagapova.2001@gmail.com

Александр Сергеевич Кудашов

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
sasha.kudaschov2014@yandex.ru

Елена Анатольевна Дзюба

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
pm@pnzgu.ru

Аннотация. Работа посвящена поиску способа применения фракталов в дизайне. Актуальность основывается на желании потребителей иметь возможность создавать не только уникальные, но и оказывающие положительное влияние на психику вещи. Подробно описываются все этапы практической реализации выявленного способа применения фракталов. Результатом является разработанное web-приложение, позволяющее пользователям создавать уникальное оформление с помощью фракталов. Выделен ряд направлений для дальнейшего усовершенствования разработанного приложения путем внедрения в систему дополнительных функций.

Ключевые слова: фрактал, дизайн, веб-приложение, программа, математическая модель на основе фракталов, фрактал Мандельброта

Для цитирования: Агапова В. А., Кудашов А. С., Дзюба Е. А. Применение математической модели на основе фракталов в дизайне // Инжиниринг и технологии. 2022. Т. 7(1). С. 1–5. doi:10.21685/2587-7704-2022-7-1-15

Application of a mathematical model based on fractals in design

Valeriya A. Agapova

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
valeriaagapova.2001@gmail.com

Aleksandr S. Kudashov

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
sasha.kudaschov2014@yandex.ru

Elena A. Dzyuba

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
pm@pnzgu.ru

Abstract. The paper is devoted to searching a way to use fractals in design. The relevance is based on the desire of consumers' ability to create unique things having a positive impact on the psyche. The paper describes in detail all the stages of practical implementation of the identified method of using fractals. The result is a developed web application that allows users to create a unique design using fractals. A number of directions have been identified for further improvement of the developed application by introducing additional functions into the system.

Keywords: fractal, design, web application, program, mathematical model based on fractals, Mandelbrot fractal

For citation: Agapova V.A., Kudashov A.S., Dzyuba E.A. Application of a mathematical model based on fractals in design. *Inzhiniring i tekhnologii = Engineering and Technology*. 2022;7(1):1–5. (In Russ.). doi:10.21685/2587-7704-2022-7-1-15



Введение

Дизайн является неотъемлемой частью практически всех сфер нашей жизни. Упаковки продуктов, телефоны и компьютеры, обложки книг, одежда – все это является результатом деятельности дизайнеров. Однако в последнее время люди все больше нацелены на реализацию своего творческого потенциала, креативности, хотят получить уникальные вещи. В данной ситуации человеку могут помочь фракталы, которые дают возможность создавать эксклюзивный дизайн вещей.

Фрактал – это множество, обладающее свойством самоподобия, т.е. объект, в точности или приближенно совпадающий с частью себя самого, где целое имеет ту же форму, что и одна или более частей [1].

Термин «фрактал» был введен в 1975 году Бенуа Мандельбротом, но лишь с развитием информационных технологий приобрел широкую известность. В настоящее время фракталы применяются в сфере IT. Существуют алгоритмы сжатия изображения с помощью фракталов, а также они используются в компьютерной графике, есть специализированные программы для генерации такого типа фигур.

Кроме того, фрактальный биодизайн увеличивает стрессоустойчивость более чем на 60 % и улучшает настроение, согласно результатам исследований, проведенных в 2008 году журналом Perception [2].

Ученые обуславливают это тем, что естественный ход поисковых движений человеческих глаз – фрактальный. При совпадении размерности траектории движения глаз и фрактального объекта человек впадает в состояние физиологического резонанса, за счет чего активизируется деятельность определенных участков мозга [3].

Цель работы заключается в поиске способа применения фракталов в дизайне и разработке программных средств (ПС) для его практического применения.

Практическая значимость проекта заключается в том, что разработанное программное средство может быть использовано широким кругом непрофессиональных пользователей для создания уникальных дизайнов на основе фракталов. Кроме того, результаты работы данного ПО могут быть применены и в промышленном дизайне для выпуска больших серий продукции с изображением фракталов.

Обзор конкурентов

Для формирования представления о существующих способах разработки индивидуального дизайна рассмотрим сайт лидера рынка сервисов-конструкторов одежды – платформу «всемайки.ру», которая предоставляет возможность с помощью онлайн-конструктора создавать индивидуальные дизайны для широкого ассортимента одежды. После чего созданные товары помещаются в корзину, и компания приступает к изготовлению индивидуального заказа.

Данный сервис имеет ряд существенных недостатков для изготовления продукции с изображением фракталов. Выбор иллюстраций ограничен, пользователь не всегда может создать что-то особенное для себя. При загрузке изображения фрактала из интернета его невозможно настроить. Фрактальный конструктор даст возможность создавать множество дизайнов, что позволит в большей степени удовлетворить потребности пользователей.

Необходимый функционал

На начальной стадии разработки к минимальной жизнеспособной версии продукта были выдвинуты следующие требования:

- возможность выбора предметов для разработки дизайна – на первом этапе разработки были выбраны такие изделия, как футболка, сумка-шоппер и чехол для смартфона;
- масштабирование фрактала – на разных уровнях масштабирования фракталы изменяются, что позволяет получить большее количество узоров для одежды;
- перемещение фрактала – позволит менять положение рисунка на изделии, а также искать и выбирать различные части фрактала при приближении;
- выбор цветов – гибкая настройка цветовой гаммы фрактала (как правило, не менее трех цветов) увеличит количество уникальных дизайнов.

Проектирование

Как правило, отрисовка фракталов сложна, так как их глубинная природа определяется концепцией рекурсии. Говоря о графиках и их вычерчивании, обычно считают, что они образованы пикселями



или векторами, но количество пикселей или векторов всегда ограничено, а фракталы по определению бесконечно рекурсивны. Таким образом, попытавшись нанести фрактал на координатную сетку, мы в какой-то момент должны будем остановиться, и именно поэтому в данном случае говорится об «итерациях». На каждой итерации фрактал становится все сложнее, и в какой-то момент становится невозможно отличить две его итерации, следующие друг за другом (такой момент наступает, когда изменения происходят на уровне, сравнимом с размером пикселя) [4]. Поэтому при генерации фракталов в поставленных ранее целях было принято решение остановиться на меньшем количестве итераций.

Для реализации проекта были выбраны HTML5, CSS3, JavaScript.

Непосредственное ограничение отрисовки части фрактала по контуру приведет к громоздкому алгоритму с большим количеством вычислений и проверок, что неоптимально. Было принято решение отображать фрактал на всей поверхности холста canvas. После этого отрисовывать над получившимся фракталом изображение с белым фоном и прозрачной частью в форме изделия внутри. Получилась так называемая маска. Наличие прозрачного фрагмента в изображении позволяет сохранить необходимую часть фрактала и возможность взаимодействия с ним.

Для реализации всего предусмотренного функционала было запланировано создать класс Mandelbrot с набором методов для отрисовки фрактала и взаимодействия с ним.

Набор методов класса Mandelbrot представлен в табл. 1. Структура разработанного алгоритма показана на UML-диаграмме деятельности (рис. 1).

Таблица 1

Методы класса Mandelbrot

Метод	Описание метода
palette()	Генерация палитры цветов и ее изменение пользователем
hexToRgb(hex)	Конвертирование цвета из формата HEX в формат RGB (параметр hex – цвет в формате HEX)
redraw()	Перерисовка окна при перемещении/масштабировании фрактала и изменении цветов
mandel(x, y)	Вычисление фрактала Мандельброта (параметры x, y – абсцисса и ордината начальной точки соответственно)
pset(x, y, k)	Заполнение данных в объекте ImageData об 1 пикселе (параметры x, y – координаты пикселя, k – параметр цвета)
click(e)	Обработка событий мыши (при перемещении) и клавиатуры (при масштабировании)

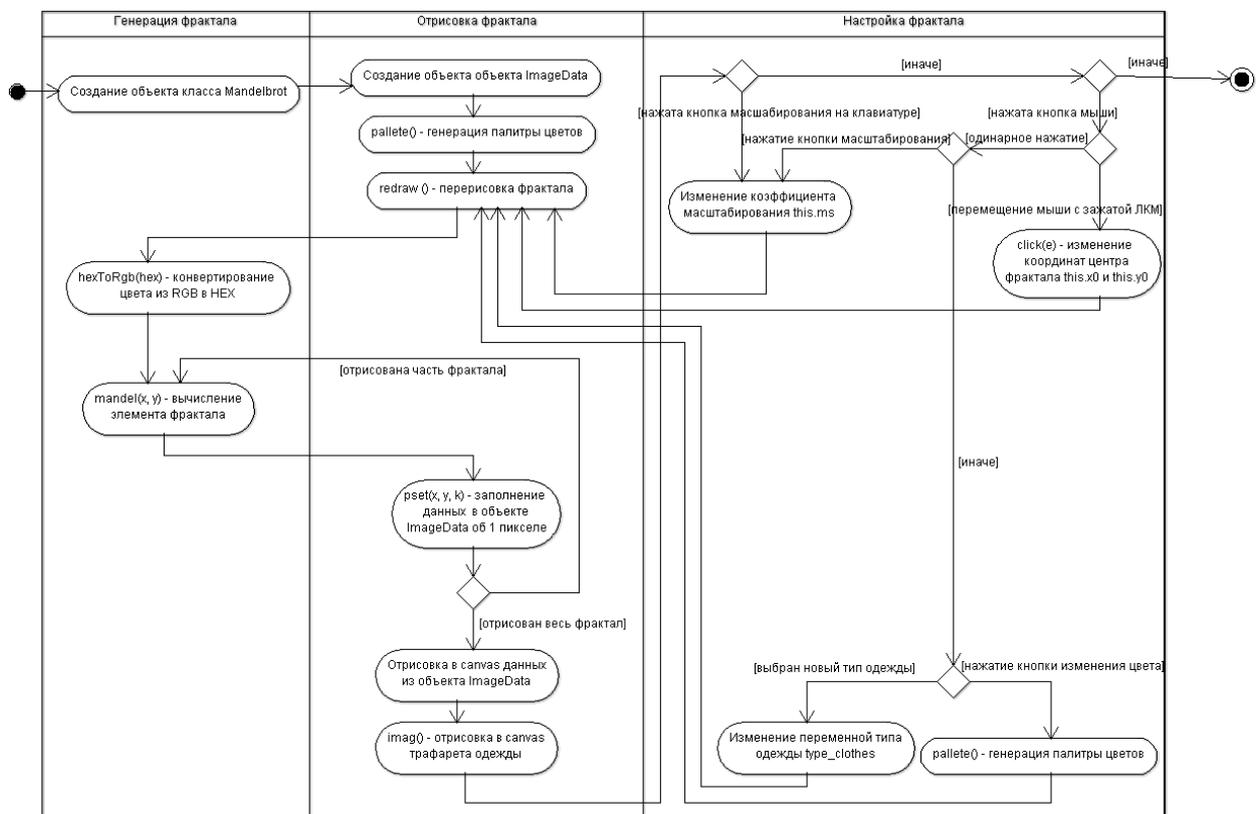


Рис. 1. Диаграмма деятельности



Реализация

Метод `palette()` – генерирует массив с палитрой цветов. В основе данного метода лежит принцип линейной интерполяции. Интерполяция – это восстановление значения в промежуточной точке по известным значениям соседних точек, называемых узлами. В методе используется матрица `pal`, задающая 3 цвета (в каждой строке по цвету), где 0-й столбец – порядковый номер, а 1–3-й столбцы – сам цвет RGB. Промежуточные цвета вычисляются с помощью стандартного алгоритма интерполяции для каждого из отрезков: `pal[0][0] – pal[1][0]` и `pal[1][0] – pal[2][0]` и записываются в массив `palbank[]`.

Вычисление фрактала Мандельброта происходит с использованием формулы $Z(i+1) = Z^2(i) + C$ в методе `mandel(x, y)`, принимающем в параметре координаты точки C . Возвращаемое значение – номер элемента цветовой палитры в рассматриваемой точке. Реализация представлена в листинге (рис. 2).

```
mandel(x, y) {  
  let max = 255;  
  let [cx, cy] = [x, y];  
  for (let i = 0; i <= max; i++) {  
    if (x*x + y*y > 4) return i;  
    let x_ = x*x - y*y + cx;  
    let y_ = 2*x*y + cy;  
    [x, y] = [x_, y_];  
  }  
  return max;  
}
```

Рис. 2. Метод `mandel(x, y)`

Проект опубликован в открытом репозитории на GitHub: https://github.com/Alex-Kud/fractal_clothing.

Тестирование

Реализованный проект был выгружен на сервер и протестирован в различных браузерах. Результаты тестирования представлены на рис. 3.

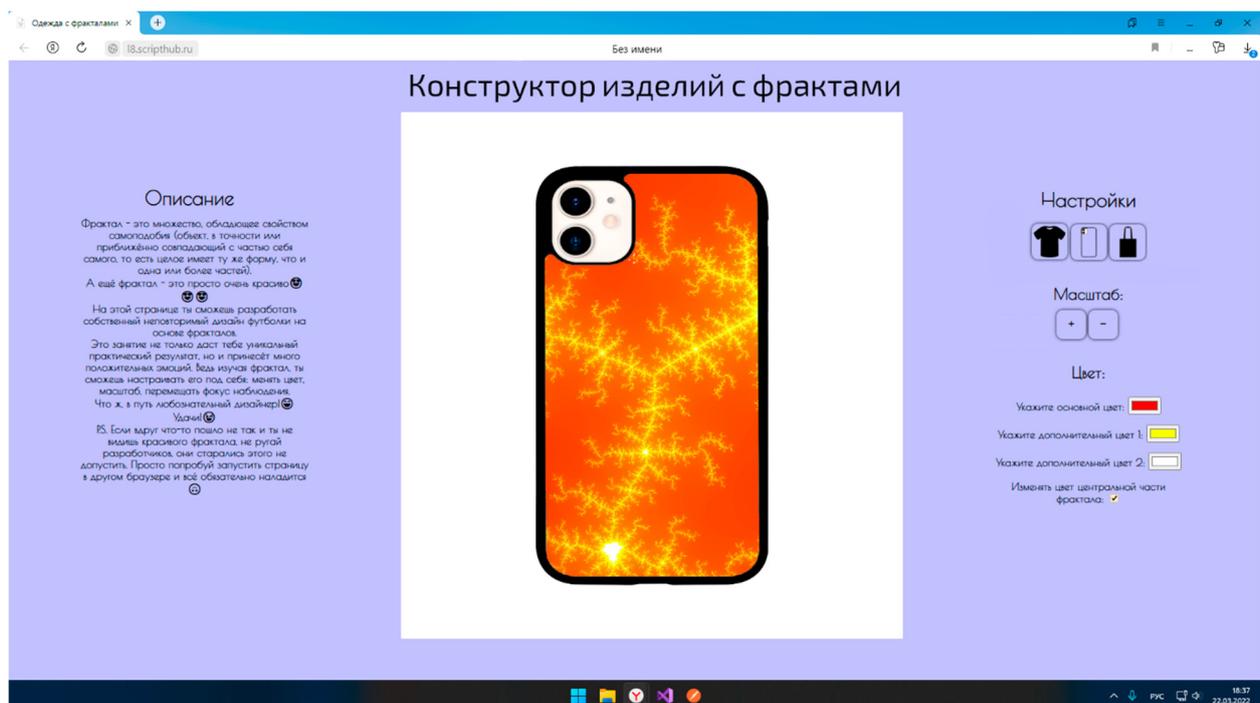


Рис. 3. Фрактал на чехле для смартфона. Яндекс.Браузер



Перспективы развития

В настоящий момент разработан лишь минимально жизнеспособный продукт, обладающий достаточными для удовлетворения первых потребителей функциями, который требует усовершенствований. На основании этого были намечены следующие направления развития:

- расширение ассортимента продукции;
- изменение дизайна и адаптивность;
- увеличение количества фракталов для построения узоров;
- создание личного кабинета;
- добавление на сайт корзины и страницы с историей заказов.

Заключение

В ходе выполнения работы были изучены существующие конструкторы одежды и способы применения фракталов в дизайне. Выяснено, что на данный момент конструкторов фрактальной продукции не существует. На основе анализа рынка была разработана web-страница, которая дает возможность пользователям создавать уникальное оформление одежды и аксессуаров с помощью фракталов. Web-приложение успешно прошло функциональное тестирование в различных браузерах. Разработанный продукт может быть усовершенствован в дальнейшем, а его функционал расширен.

Список литературы

1. Ильин И. Фракталы, DLA кластеры и случайные блуждания // IlinVlog. URL: http://ilinblog.ru/article.php?id_article=38 (дата обращения: 15.03.2022).
2. Investigations of Human EEG Response to Viewing Fractal Patterns: research / Caroline Madeleine Hagerhall, Thorbjorn Laike, Richard Taylor [and other]. // ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/23641221_Investigations_of_Human_EEG_Response_to_Viewing_Fractal_Patterns (дата обращения: 16.03.2022).
3. Созерцание великого фрактального подобия // Habr. URL: <https://habr.com/ru/company/mailru/blog/482410/> (дата обращения: 17.03.2022).
4. Фракталы на Python. Подробное руководство // Habr. URL: <https://habr.com/ru/company/piter/blog/496538/> (дата обращения: 17.03.2022).

References

1. Il'in I. Fractals, DLA clusters and random walks. *IlinVlog*. (In Russ.). Available at: http://ilinblog.ru/article.php?id_article=38 (accessed 15.03.2022).
2. Hagerhall C.M., Laike T., Taylor R. [et al.]. Investigations of Human EEG Response to Viewing Fractal Patterns: research. *ResearchGate*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/23641221_Investigations_of_Human_EEG_Response_to_Viewing_Fractal_Patterns (accessed 16.03.2022).
3. Contemplation of the great fractal likeness. *Habr*. (In Russ.). Available at: <https://habr.com/ru/company/mailru/blog/482410/> (accessed 17.03.2022).
4. Fractals in Python. A detailed guide. *Habr*. (In Russ.) Available at: <https://habr.com/ru/company/piter/blog/496538/> (accessed 17.03.2022).

Поступила в редакцию / Received 10.03.2022

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 17.04.2022

Принята к публикации / Accepted 05.05.2022