

Список литературы

1. **Филисюк, Н. В.** Инженерная графика. Построение перспективы здания и теней.: методические указания для практических занятий и самостоятельной работы студентов всех направлений всех форм обучения. / Н. В. Филисюк, В. А. Мальцева. – Тюмень: РИО ФГБОУ ВПО ТюмГАСУ, 2014.– 26 с.
2. **Манакова, Г. И.** Перспективные проекции / Г. И. Манакова, И. В. Буторина. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 22 с.
3. **Соловьев, С. А.** Черчение и перспектива / С. А. Соловьев, Г. В. Буланже, А. К. Шульга. – М.: «Высшая школа», 1982. – 319 с.

УДК 004.92 : 517.9

О ФРАКТАЛЬНЫХ СЕТКАХ

А. А. Бойков, старший преподаватель

*МИРЭА – Российский технологический университет,
г. Москва, Российская Федерация*

Ключевые слова: алгебраические фракталы, гиперфракталы, множество Мандельброта, множество Жюлиа, бесшовные паттерны, графические сетки.

Аннотация. Сформулирована задача создания фрактальных сеток – сетчатых узоров на основе фрактальных изображений. Показано создание бесшовных сетчатых узоров на основе многомерного подхода: гиперфрактал рассекается подходящей сферой, поверхность которой с фрактальным изображением разворачивается. Приводится необходимое и достаточное условие для того, чтобы развертка фрактала на сфере была бесшовным узором. Отмечается, что наиболее общий способ создания бесшовных фрактальных изображений – рассечение гиперфрактала тором с последующим разворачиванием поверхности. Также предлагается алгебраический способ создания сетчатых фрактальных узоров – для этого итерационная формула должна строиться на основе периодических функций. Приводятся примеры сетчатых фрактальных узоров и их применение в графическом дизайне.

Введение. Одной из частных задач графического дизайна является оформление повторяющихся элементов типа прямоугольных таблиц и сеток – это могут быть визитки, бейджи, карточки или фишки для настольных игр и т. д. В то же время представляет интерес использование в оформлении элементов фрактальных изображений [1, 2], однако известные фракталы (множество Жюлиа, множество Мандельброта, бассейны Ньютона, Нова и др.) представляют собой либо компактные, либо бесконечно протяженные неповторяющиеся фигуры, – использование их для оформления таблиц и сеток требует дополнительных усилий дизайнера.

В настоящей статье предлагается подход, позволяющий естественным образом получить повторяющиеся фрактальные фигуры типа сеток. Кроме того, как показано в [3], создание таких фракталов может стать предметом студенческой научной работы на геометро-графических кафедрах или кафедрах дизайна.

Многомерный способ создания бесшовных узоров. Очевидно, для оформления таблиц и сеток требуется один из сетчатых орнаментов [4, 5].

Частным случаем сетчатого орнамента являются так называемые бесшовные текстуры или узоры (паттерны).

В [2] для создания бесшовных фрактальных изображений предлагается использовать развертки фракталов, получаемых как сечения гиперфрактала сферой. При этом автоматически получается повторяющийся узор типа ленты или бордюра. Чтобы развертка фрактала стала сетчатым орнаментом, *необходимо и достаточно*, чтобы на концах меридиана, по которому поверхность секущей сферы разрезается, гиперфрактал имел одинаковые цветные точки. Действительно, концы меридиана (полюса) на развертке превращаются в отрезки, состоящие из одинаковых точек, и если точки в полюсах также одинаковы, тогда противоположные края развертки идентичны и склеиваются без шва.

В случае симметричных гиперфракталов, например, Жюлиа-Мандельброта, порождаемых итерационной формулой:

$$Z_{n+1} = Z_n^k + C \quad (1)$$

где Z и C – комплексные числа, а k – любое натуральное число, обеспечить условие бесшовности развертки можно, поместив центр секущей сферы в плоскость симметрии гиперфрактала, чтобы полюса стали симметричны относительно нее. Цвет в симметричных точках окажется одинаковым, а развертка – бесшовным узором. На рис. 1 показан пример такой развертки, полученный способом [2, 6], для квадратичного фрактала Жулиа-Мандельброта: гиперсферы, задающие секущую сферу, имеют координаты:

слева – $(-0,35; 0; 0; -1,1)$ и $(-0,35; 0; 0; 1,1)$, радиус 1,44;

справа – $(-0,14; 0,34; 0; -1,1)$ и $(-0,14; 0,34; 0; 1,1)$, радиус 1,42.

В общем случае бесшовные развертки можно получить, если использовать в качестве секущей поверхности тор-кольцо.

В рассматриваемой задаче, однако, оказывается недостаточным, чтобы фрактальное изображение было сетчатым орнаментом. Требуется также, чтобы на его границах образовывался рисунок наподобие линий сетки.

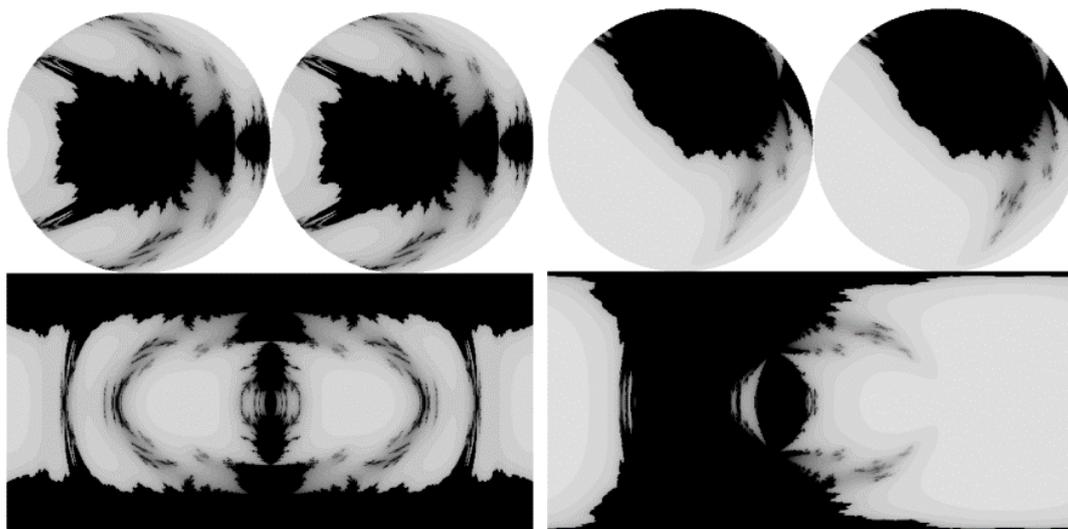


Рисунок 1 – Бесшовные фракталы, полученные рассечением гиперфрактала $Z_{n+1} = Z_n^2 + C$ сферой: сверху – проекции сферы, внизу – развертка

Алгебраический способ создания сетчатого узора. Заметим, что существуют функции, обладающие свойством периодичности. Это элементарные тригонометрические функции ($\sin x$, $\operatorname{tg} x$), а также производные от тригонометрических ($\sin^2 x$, $|\operatorname{tg} x|$). Также мы можем конструировать итерационные формулы, в которых периодические функции будут иметь аргументами отдельно действительные и мнимые части комплексных параметров.

Это позволяет сравнительно просто конструировать итерационные формулы, порождающие фрактальные изображения, которые повторяются по горизонтали, вертикали или в обоих направлениях (рис. 2). При помощи аффинных преобразований квадратные сетки превращаются в прямоугольные и наклонные (из ромбов и параллелограммов). Задачу поиска подходящих формул можно поставить перед студентами.

На рис. 3 показаны примеры использования фрактальных сеток в макете листа с жетонами для настольной игры и в макете листа с бейджами.

Выводы. Сформулирована задача создания фрактальной сетки, как элемента графического дизайна. Ранее постановка задачи создания сетчатого фрактального узора автору не встречалась. Фрактальная сетка является частным случаем сетчатого узора.

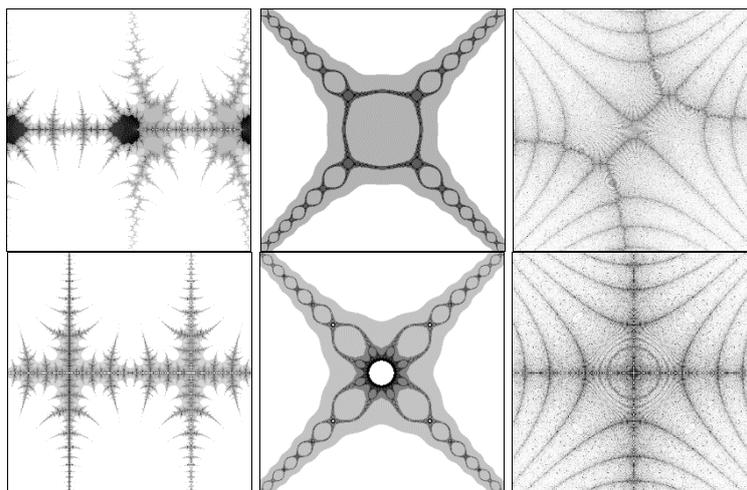


Рисунок 2 – Бесшовные фракталы, полученные алгебраическим способом

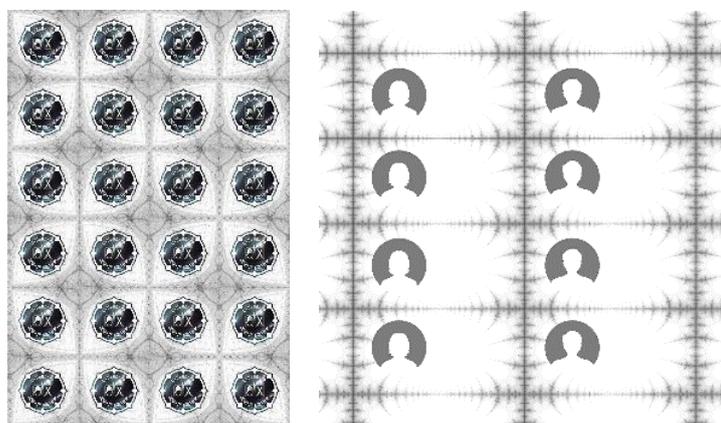


Рисунок 3 – Применение фрактальных сеток

Показано создание сетчатых фрактальных узоров на основе многомерного подхода – развертывание замкнутой поверхности, рассекающей гиперфрактал. Показано необходимое и достаточное условие для того, чтобы развертка фрактала на сфере была сетчатым узором. Показано создание фрактальных сеток алгебраическим способом и примеры фрактальных сеток в дизайне. Поиск подходящих секущих поверхностей и подходящих итерационных формул для создания фрактальных сеток может стать темой студенческой научной работы, как показано в [3].

Список литературы

1. **Бойков, А. А.** О создании фрактальных образов для дизайна и полиграфии и некоторых геометрических обобщениях, связанных с ними / А. А. Бойков, Е. В. Орлова, А. В. Чернова, А. А. Шкилевич // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. Материалы VIII Международной научно-практической интернет-конференции, февраль – март 2019 г. – Пермь: ПНИПУ, 2019. – С. 325–339.
2. **Бойков, А. А.** Об одном способе создания бесшовных фрактальных паттернов для дизайна на основе многомерного подхода / А. А. Бойков, И. И. Гудаев // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы : сборник трудов Международной научно-практической конференции, 23 апреля 2021 года, Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2021. – С. 35–39.
3. **Бойков, А. А.** О студенческой научно-исследовательской работе на геометрографических кафедрах / А. А. Бойков, А. В. Ефремов, В. В. Рустамян // Геометрия и графика. – 2023. – Том 11. Выпуск 4. – С. 61–75. – DOI: 10.12737/2308-4898-2024-11-4-61-75
4. **Вейль, Г.** Симметрия / Г. Вейль. – М.: Наука, 1968. – 192 с.
5. **Шубников, А. В.** Симметрия в науке и искусстве / А. В. Шубников, В. А. Копчик. – М.-Ижевск: ИКИ, 2004. – 560 с.
6. **Бойков, А. А.** Геометрические модели и алгоритмы построения сферических сечений гиперфрактала / А. А. Бойков, И. И. Гудаев // Журнал естественнонаучных исследований. – 2020. – Т. 5, №4. – С. 16–25.

УДК 004.93

ПРИМЕНЕНИЕ 3D СКАНИРОВАНИЯ В РЕВЕРСИВНОМ ИНЖИНИРИНГЕ

Д. А. Боровков, студент,
М. А. Прец, ст. преподаватель

*Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Российская Федерация*

Ключевые слова: 3D-сканер, объект, сканирование, лазерные лучи, координаты, данные.

Аннотация. В статье представлена информация о 3D-сканерах, их категориях, среди которых выделены контактные и бесконтактные 3D-сканеры, а также о применении этих технологий в различных сферах.

3D-сканеры – это инновационное технологическое решение, которое позволяет создавать точные трехмерные модели объектов. С их помощью можно сканировать