

метрами, а затем по результатам рассчитать усреднённые значения. Таким образом, может возникнуть необходимость в статистической обработке большого числа файлов. Для этого предусмотрена функция групповой обработки каталога изображений, а соответствующее окно содержит компоненты: область выбора открываемого каталога, блок выбора типа поверхности, индикатор хода выполнения операции, кнопки управления вложенностью анализируемых подкаталогов.

Расчитанные значения записываются в файл электронных таблиц Excel, расположенный в текущей папке, что весьма удобно для проведения дальнейшей статистической обработки результатов. Данный файл представляет собой многостраничный документ, каждая страница в котором предназначена для отдельного каталога и имеет название, соответствующее его полному имени. В этом документе в соответствии каждому значению размерности будет указано имя файла, для которого была рассчитана данная величина. По завершении выполнения обработки на экран выдается сообщение о записи файла-отчёта.

Программная система реализована в среде Delphi 5.0. Тестирование и испытание системы показало ее полную функциональную работоспособность и пригодность для задач синтеза и анализа нерегулярных фрактальных поверхностей.

Литература

1. Раткевич А.В., Дереченник С.С. Применение фрактальных методов в теоретических и экспериментальных исследованиях тонкопленочных структур // Вестник БГТУ. - Машиностроение, автоматизация, ЭВМ. - 2003, № 4 (22). - С. 39-43.
2. Федер Е. Фракталы. - М.: Мир, 1991. - 262 с.
3. Прэрт У. Цифровая обработка изображений. - М.: Мир, 1982. - Кн.2. - 480 с.

УДК 510: 516.5

ШЕПЕЛЕВИЧ И.С., ХВИСЮК Д.А.

Научный руководитель: доцент Дереченник С.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СИНТЕЗА ФРАКТАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И АНАЛИЗА ИХ РАЗМЕРНОСТИ

Известные методы построения нерегулярных фрактальных поверхностей: метод случайного сложения и случайного переноса - позволяют получать модельные поверхности в широком диапазоне их свойств [1]. Аналогично, разнообразные методы вычисления фрактальной размерности таких объектов отличаются по достигаемой точности расчетного параметра, сложности используемых вычислительных алгоритмов, их устойчивости, степени пригодности для изучения объектов конкретного типа и т.п. [1, 2]. Для исследования упомянутых особенностей была разработана оригинальная программная система, позволяющая генерировать нерегулярные поверхности с использованием двух базовых алгоритмов, а также вычислять их фрактальные размерности: клеточную, информационную размерности и размерность по правилу Корчака (для чего в программной системе реализована также функция получения горизонтальных срезов поверхности).

Перед проведением вычислительных экспериментов была осуществлена проверка корректности применяемых методов определения фрак-

тальной размерности с использованием стандартных (регулярных) фракталов, для которых точное значение размерности определяется аналитически. Для этих целей были выбраны ковер Серпинского и снежинка Коха, имеющих размерности 1,8927 и 1,26, соответственно. Для этих фрактальных объектов были получены следующие расчетные значения:

- для ковра Серпинского: клеточная размерность - 1,8960, информационная - 1,8897;
- для снежинки Коха: клеточная размерность - 1,2612, информационная - 1,3087.

Данные результаты демонстрируют приемлемую точность используемых способов определения размерности стандартных фракталов, что даёт нам право ожидать достоверных результатов при работе с недетерминированными фрактальными объектами.

При помощи разработанной программной системы были проведены серии экспериментов по вычислению фрактальной размерности для изображений, соответствующих поверхностям случайного переноса и поверхностям случайного сложения.

Первая группа экспериментов касалась срезов поверхностей случайного переноса. Исходные данные - совокупность графических файлов, хранящих изображение горизонтальных срезов поверхностей по нулевому уровню. Эта совокупность охватывала комбинации следующих значений параметров генерации: α - от 0,95 до 0,975 с шагом 0,05; j - 15, 20, 25, 30 и 40; β (прямо влияющий на величину предполагаемой размерности D образующей кривой: $\beta = 2^{-D}$) - в диапазоне от 0,2 до 0,9 с шагом 0,05.

Для каждой комбинации параметров α , j и β было сгенерировано 40 поверхностей со срезами, а полная совокупность состояла, таким образом, из 18000 файлов.

Обработав полученные результаты эксперимента, мы установили наличие влияния параметров α и j на фактически получаемые значения размерностей. График соотношения ожидаемой (для выбранных параметров генерации) размерности и фактической клеточной размерности представлен на рис. 1 (в качестве примера выбраны поверхности с параметром α , равным 0,95 и параметрами j и β , принимающими различные значения).

Анализ поверхностей с другими значениями α , дал следующие результаты: значения фактической размерности уменьшаются с увеличением α . Видно, что α и j противоположным образом влияют на клеточную размерность.

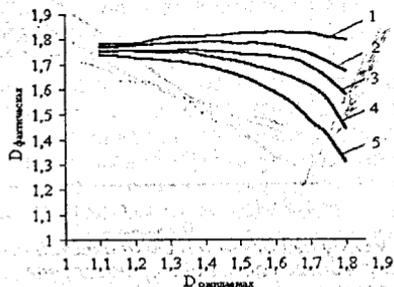


Рис. 1. Влияние параметра j на зависимость между ожидаемыми и фактическими значениями клеточной размерности: 1 - $\alpha=0,95, j=40$; 2 - $\alpha=0,95, j=30$; 3 - $\alpha=0,95, j=25$; 4 - $\alpha=0,95, j=20$; 5 - $\alpha=0,95, j=15$.

Подобная ситуация наблюдается и при расчёте информационной размерности. В предлагаемом же соотношении $B=2^{-D}$ ([1]) параметры α и j никак не учитываются, результаты же эксперимента показывают, что они оказывают значительное влияние на величину фактической размерности. Это может привести, например, к тому, что полученные результаты значений клеточной либо информационной размерности абсолютно не совпадут с ожидаемыми теоретическими значениями (корреляция между ожидаемыми и фактическими параметрами даже отрицательна). Поскольку корректность применяемых методов вычисления размерности была доказана ранее, следует заключить, что данный литературный источник содержит неверные рекомендации для определения размерности поверхностей при их генерации методом случайного переноса.

Теперь проведём серию экспериментов для поверхностей случайного сложения. Для данных поверхностей значение их размерности D зависит от показателя Херста H , согласно соотношению $D=3-H$ ([1]). Поэтому исходные данные для опытов представлялись в виде групп по 40 файлов с одинаковым значением именно этого показателя, а в различных группах он изменялся в диапазоне от 0,1 до 0,9 с шагом 0,05. Графическая интерпретация результатов статистической обработки значений размерностей, полученных по серии изображений, представлены на рис. 2.

Из представленных данных видно, что расчет фактической информационной размерности дает результат, менее приближенный к ожидаемому, при этом зависимости 2 и 3 являются практически линейными, что позволяет легко организовывать взаимодействие между модулями, например, предсказывать результаты при анализе сгенерированных первым модулем поверхностей, а также генерировать фрактальные поверхности с задаваемой размерностью.

Сравнивая также результаты анализа срезов поверхностей, сгенерированных обоими методами (случайного переноса и случайного сложения), можно сделать вывод о том, что модельные поверхности, получаемые с использованием второго алгоритма, более пригодны для исследований, поскольку значения их размерностей ближе к ожидаемым значениям. К тому же, поверхности случайного сложения зрительно выглядят более реалистичными, чем модели, созданные по первому алгоритму.

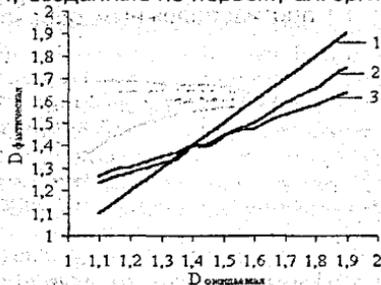


Рис. 2. Соотношение между ожидаемой и фактической размерностями для срезов поверхностей случайного сложения: 1 - идеальная зависимость (совпадение ожидаемых и фактических значений); 2 - соотношение для клеточной размерности; 3 - соотношение для информационной размерности

В предыдущих экспериментах анализировались изображения горизонтальных срезов поверхности по нулевому уровню. Теперь выясним, из-

меняются ли (а если изменяются, то как именно), фактические значения клеточной и информационной размерности при изменении уровня среза. Значение уровня среза изменялось относительно самой высокой, по сравнению с нулевым уровнем, точки. С помощью модуля генерации поверхностей был создан необходимый набор моделей, в котором каждому значению показателя Херста ставилось в соответствие 10 уровней среза: от 0 до 90% с шагом 10%. При этом, показатель Херста изменялся от 0,1 до 0,9 с шагом 0,05. Как и ранее, для каждой комбинации параметров создано 40 файлов с изображениями срезов, статистически обработанные результаты представлены на рис. 3.

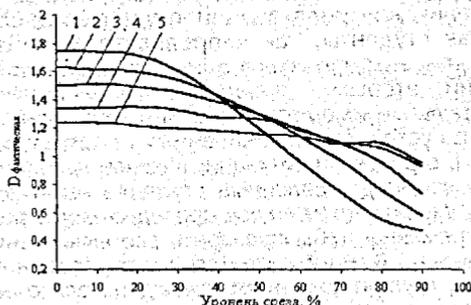


Рис. 3. Зависимость фактических значений клеточной размерности, определённой при анализе плоскостного среза, от уровня среза:
1 - $H=0,10$; 2 - $H=0,25$; 3 - $H=0,40$; 4 - $H=0,65$; 5 - $H=0,90$

На основании этих результатов можно сделать вывод, что после превышения некоторого критического значения уровня среза (для каждой размерности оно различно) информация теряется, что проявляется в значительном отклонении фактических размерностей от размерностей, ожидаемых при генерации. Величина критического уровня среза возрастает с уменьшением ожидаемой размерности. Например, если для зависимости 1 (соответствует поверхностям с размерностью 2,90), критический уровень среза составляет 30%, то для зависимости 5 (предполагаемая размерность 2,10), критический уровень среза равен уже 80%. Аналогичные результаты получены при анализе влияния уровня среза на фактическую информационную размерность.

Таким образом, проведенные исследования позволили уточнить рекомендации по выбору режимов генерации поверхностей случайного переноса и случайного сложения, что позволяет с большей точностью добиваться желаемых фрактальных свойств нерегулярных поверхностей при их моделировании. Больше согласие ожидаемых и фактически вычисляемых значений фрактальной размерности наблюдается для клеточной размерности (по сравнению с информационной размерностью). Выявлен также характер влияния на размерность, вычисляемую по горизонтальному срезу поверхности, уровня выполняемого среза.

Литература

1. Федер Е. Фракталы. - М.: Мир, 1991. - 262 с.
2. Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы. - Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика», 2001. - 528 с.