

ния (характеризует влияние переменной систематической погрешности обработки) - было запрограммировано в виде электронной таблицы Excel.

Предложенная математическая модель и прикладная программа в виде электронной таблицы Excel позволяет сократить материальные ресурсы и время для проведения реального эксперимента и может быть применена для проведения лабораторных работ по дисциплине «Исследования и изобретательство в машиностроении».

Литература

1. Кане М. М. Основы научных исследований в технологии машиностроения - Мн.: Высш. шк., 1987.

УДК 516.5: 530.1

ХВИСЮК Д.А., ШЕПЕЛЕВИЧ И.С.

Научный руководитель: доцент Дереченник С.С.

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТЕЙ

Математический аппарат фрактального анализа все шире применяется в исследованиях физических объектов различной природы, например при изучении текстуры поверхностей пленочных микроэлектронных структур [1]. Выбор наиболее подходящего из способов расчета фрактальной размерности зависит, в числе прочего, от особенностей структуры анализируемого объекта и осуществляется в каждом конкретном случае исходя из соображений достоверности, точности, удобства и т.д. Известные методы расчета можно подвергнуть эффективной сравнительной оценке, используя специально сгенерированные модельные объекты (например, нерегулярные фрактальные поверхности) с заданными свойствами. С этой целью была разработана специализированная программная система, реализующая ряд методов (алгоритмов) генерации поверхностей и вычисления их фрактальной размерности.

Программная система состоит из двух основных модулей, связанных информационным взаимодействием: модуля генерации поверхностей и модуля вычисления размерности. Выходные данные модуля генерации: монохромные графические файлы точечного формата, в которых содержится изображение среза сгенерированной поверхности либо тени, отбрасываемой неровностями этой поверхности при ее косом освещении. Эти же файлы служат входными данными модуля вычисления размерности. Модули могут управляться и функционировать независимо друг от друга.

Интерфейс пользователя модуля генерации поверхностей содержит следующие компоненты: область вывода трёхмерного изображения поверхности; область выбора метода генерации и панель инструментов.

Первый компонент предназначен для вывода на экран трёхмерного изображения сгенерированной поверхности. Изображение представляется в виде точечного рисунка либо в виде рисунка с заливкой (применение полигонов). При этом отображение поверхности в одном стиле не препятствует последующему её просмотру в другом стиле.

Панель инструментов (кнопки управления) позволяет осуществлять следующие действия: создание новой поверхности, её просмотр (в двух вариантах стиля), сохранение, загрузка ранее сохранённой поверхности, получение среза поверхности, получение тени и изменение настроек.

После запуска модуля первым шагом является выбор метода генерации поверхности - метода случайного сложения (по умолчанию) или метода случайного переноса. В алгоритме случайного сложения в появившемся поле вводится значение H показателя Хёрста, влияющее на прогнозируемую размерность D поверхности: $D = 3 - H$ ([2]). Поле установки параметров для генерации поверхности случайного переноса предусматривает ввод значений α , β , $f_{0,j}$, числа слоёв. Прогнозируемое значение размерности образующей кривой при этом: $D = 2 - \beta$ (а получаемой поверхности соответственно $3 - \beta$).

Ход выполнения генерации поверхности, после запуска процесса, отображается специальным компонентом - индикатором, представляющим собой белую полосу, заполняющуюся слева направо полями синего цвета по мере выполнения. После окончания генерации (заполнившись, полоса исчезла с экрана) поверхности можно вывести ее изображение на экран (см. выше).

В программе реализована возможность создания горизонтального среза сгенерированной поверхности (соответствующая функция управляется с панели инструментов). Первый срез создается, по умолчанию, по нулевому уровню высоты. При этом на экране появляется шкала, позволяющая изменять значение уровня среза в заданном диапазоне, который вычисляется отдельно для каждой поверхности и зависит от максимальной высоты вершины. Уровень среза численно может выражаться при помощи абсолютных значений либо в процентном выражении. Изображение среза поверхности выводится в отдельном окне.

Генерация изображения тени, отбрасываемой неровностями поверхности, происходит при задании соответствующей функции на панели инструментов (изображение выводится в новом окне). В правой части главного окна программы появляется поле для ввода значения угла освещения, который напрямую влияет на получаемый результат. Так, малые углы освещения дают изображения с малой степенью заполнения и наоборот.

Функция сохранения поверхности необходима для того, чтобы пользователь мог впоследствии вернуться к созданной ранее поверхности. При этом записываются координаты всех точек поверхности (две плоскостные и одна вертикальная). Это позволит исследовать конкретную поверхность, возможно, под другим углом освещения или на другом уровне среза, а также просто сохранить для последующего воспроизведения наиболее «удачные» поверхности. Функция открытия файла тесно связана с предыдущей и служит для загрузки ранее созданной поверхности. Для хранения данных сгенерированной поверхности нами был разработан специальный «точечный» формат: загружаемые файлы должны иметь расширение frs.

Окно настроек (появляется при нажатии кнопки «Настройки») имеет три вкладки: «Генерация», «Срез, тень» и «Общие».

На первой вкладке отображены действия, выполняемые по умолчанию. Во-первых, можно выбрать, что будет выводиться на экран (в область изображения) при генерации - точечный рисунок или рисунок с заливкой. На данной вкладке можно также указать, надо ли выводить на экран, помимо указанного выше, срез поверхности (выбрать уровень среза) и тень (выбрать угол освещения), а также выбрать масштаб, в котором будет выводиться изображение.

Вкладка «Срез, тень» предназначена для указания параметров при генерации совокупности изображений для одной поверхности. Это означает, что

для одной поверхности можно, например, создать группу файлов с изображением среза на различных уровнях (указав начальное и конечное значения, а также шаг изменения). Аналогичным образом производятся настройки при генерации совокупности файлов с изображением тени.

Вкладка «Общие» позволяет определять рабочий каталог, в котором будут размещены все файлы (при необходимости их сохранения), а также добавлять к имени сохраняемого файла время и/или параметры поверхности и др.

После того как нужные поверхности сгенерированы, а файлы, содержащие их срезы и тени, сохранены, можно запускать модуль вычисления размерности. Главное окно этого модуля имеет следующие области: область вывода изображения, область вывода диаграммы, блок выбора действий и параметров при работе с изображением, блок выбора действий и параметров при вычислении размерности.

Пользователь может открыть любой файл либо обработать весь каталог. Для предварительного просмотра изображения в специальной прямоугольной области выводится также соответствующая диаграмма.

Третий из перечисленных блоков главного окна программного модуля позволяет фильтровать исходное изображение, выделять его контуры, а также восстанавливать изображение после осуществлённых изменений. Для выполнения первой функции реализован медианный фильтр - метод нелинейной обработки сигналов, эффективный при подавлении импульсного шума изображения [3]. Предусмотрена возможность выбора одного из вариантов фильтра: крестообразного, вертикального, горизонтального, а также его размера (в диапазоне от 3 до 17). Для выделения контуров изображения применяется нелинейный фильтр Робертса [3].

После открытия файла изображения можно выполнять непосредственно расчет его фрактальных размерностей. Необходимо выбрать и указать тип определяемой размерности (клеточная, информационная; либо по правилу Корчака) и тип поверхности, по которой сгенерировано обрабатываемое изображение (поверхность случайного сложения или поверхность случайного переноса), что влияет на ход вычислений. В ходе выполнения вычислений в область диаграммы будет выведен график (кривая зависимости в двойных логарифмических координатах, а также аппроксимирующая его прямая), с помощью которого и рассчитывается значение размерности. Оси диаграммы в зависимости от того, какой тип размерности вычисляется (клеточная, информационная или по правилу Корчака), будут иметь различные названия, которые будут изменяться в ходе выполнения программы. При вычислении размерности по правилу Корчака аппроксимируемая кривая может иметь очень сложный вид, малопригодный для линейной аппроксимации, поэтому для получения наиболее точных результатов введена возможность изменения нижней и верхней границ диапазона аппроксимации, в целях чего используются две специальные полосы прокрутки. После изменения диапазона необходимо выполнить пересчет параметров поверхности.

Поскольку исследуемые программной системой объекты (поверхности) не являются регулярными фракталами, то полученные при анализе производных от них изображения значения не могут дать точную оценку их фрактальных свойств. Поэтому для получения результатов, позволяющих сделать какие-либо выводы, надо проводить серию экспериментов, состоящую в исследовании группы изображений, соответствующих поверхностям, сгенерированным с абсолютно одинаковыми пара-

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-