

УДК 004.932, 681.518, 620.18

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОЙ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ НЕОДНОРОДНЫХ СТРУКТУР МАТЕРИАЛОВ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ

Грибова Е. С., Паламарь И. Н.

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П. А. Соловьева, г. Рыбинск

Одна из задач материаловедения – это количественное описание сложных, на первый взгляд хаотичных, структур. Это могут быть изображения зерен, пор, точечных дефектов, структуры различных материалов. Для различения похожих изображений и выявления скрытых процессов в структурах вводятся наборы количественных характеристик структур материалов. Но самая важная задача – это установление связи между реальными свойствами материала и его количественными характеристиками, количественное описание структур.

Один из вариантов решения этой задачи – использование теории фракталов. Фрактал (лат. *fractus* – дроблёный, сломанный, разбитый) – математическое множество, обладающее свойством самоподобия. Самоподобный объект – это объект, в точности или приближённо совпадающий с частью себя самого (то есть целое имеет ту же форму, что и одна или более частей). Многие объекты реального мира (береговые линии, естественный ландшафт, растения и деревья) обладают свойством статистического самоподобия. Проще говоря, если мы рассмотрим небольшой фрагмент регулярной фигуры в очень крупном масштабе, то он будет похож на фрагмент прямой. Для фрактала увеличение масштаба не ведёт к упрощению структуры, то есть на всех шкалах мы увидим одинаково сложную картину. Б. Б. Мандельброт открыл общую закономерность природных объектов, проявляющуюся в самоподобию их строения, что помогает описывать внешне неупорядоченные структуры [1]. В основном фракталы делят на геометрические, алгебраические и стохастические. При определенных условиях стохастические фракталы могут называться мультифракталами. Это значит, что мультифрактал содержит в себе несколько различных типов фракталов.

Структура материалов, образованная элементами различной формы, является неоднородной. Для решения задачи количественного анализа микроструктур материалов, имеющих случайную природу, необходимо использовать параметры мультифракталов, описывающих совокупность разнородных структур.

Для оценки параметров фракталов применяются расчеты размерности Минковского для сегментированных и бинаризованных изображений и визуальное отображение плотностей цвета на изображении. Изображение разбивается на квадратные кластеры, после чего в каждом из них рассчитывается плотность изображения. Каждый кластер окрашивается соответственно его плотности, после чего, становятся визуально различимы различные структуры. Области, которые имеют фрактальную природу, целиком окрашиваются в один цвет. Разнородные включения в структуру будут иметь цвет, отличный от окружающей области.

Существующие программы [2] чаще всего работают только с бинарными изображениями или с текстом в качестве входной информации (например, зависимость уровня сигнала от времени). Перед нами стоит задача совершенно другого рода – анализ изображений, которые далеки от двухмерных графиков. Это могут быть изображения микро- и макроструктур материалов, ландшафтов, рельефов, тканей растительного и животного происхождения, минералов и т. п. Это значит, что способы расчета показателей сигналов в нашем случае малоприменимы (или неприменимы

совсем) в том виде, в котором они работают в известных программных продуктах (*Fractan, Multifrac*). Кроме того, изображения бывают: бинарные – состоящие только из двух цветов (необязательно черный и белый), сегментированными – это упрощенное (цветное или черно-белое) изображение, серыми (содержащие промежуточные оттенки по ахроматической оси) и цветными, что дополнительно усложняет задачу анализа. В изображении могут быть оптические, геометрические, цветовые искажения.

Для конкретной предметной области существуют свои особенности в описании свойств структурных объектов по изображению и необходимый инструментарий. Программа, которая позволяет описывать сложные неоднородные структуры, должна служить инструментом для специалиста предметной области. Для успешной работы в предметной области, необходимо провести множество тестов с различными изображениями, чтобы как можно точнее связать словесное описание изображенных материалов с полученными количественными характеристиками.

Программа, разработанная на данный момент, может рассчитать размерность Минковского для сегментированных и бинаризованных изображений, параметр Хёрста [3] (параметр характеризует степень изрезанности исследуемого графика). В программе имеется возможность корректировки изображения: бинаризация с выбранным порогом (для любого типа изображений), сегментация (основанная на гистограмме изображения), обесцвечивание изображения. Для удобства работы в программе присутствуют функции: визуального выделения цветовой области для работы, настройка размера кластеров, визуальное отображение плотностей цвета в кластерах, запись результатов в файл (изображений и полученных графиков), формирование отчета о процессе анализа структуры.

Интересное практическое применение имеет анализ строения среза костей (или рентгенограммы) [4]. Губчатая кость – это одна из структур, которая не поддается моделированию с помощью простых форм, кость имеет сложную структуру ячеек и ветвлений. В данном примере стоит задача соотнести прочность костной ткани и плотность, поскольку существует множество вариантов прочности ткани при одинаковой плотности. Главная идея анализа костной ткани не содержание минеральных веществ в структуре, а их расположение в пространстве, что и определяет прочность кости. Фрактальная размерность участков кости может быть связана с прочностью.

По мере исследования параметризации структур будет ясно, какие еще методы следует использовать в работе. Возможно, будет необходимо применить распознавание отдельных элементов изображения.

Библиографический список

1. Божокин С. В., Паршин Д. А. Фракталы и мультифракталы. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 128с.
2. Виноградова А. А., Трутненко С. В. Сравнительные особенности программ мультифрактального анализа. *изв. вузов. приборостроение*, 2011. – Т. 54. – № 7.
3. Короленко П. В., Маганова М. С., Меснякин А. В. Новационные методы анализа стохастических процессов и структур в оптике. Фрактальные и мультифрактальные методы, вейвлет-преобразования. Учебное пособие. – М.: Московский Государственный университет им. М. В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скобельцына, 2004. – 82с.
4. Фрактальный анализ костей [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. дан. Режим доступа: <http://m-rush.ru/theory/item/284-fraktalnyj-analiz-kostej.html> (дата обращения 06.06.17).