

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТУРОВ НА СКЕЙЛИНГОВЫХ РАСТРОВЫХ  
ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Деревянко А.И., Михалев А.И., Власова Т.Е.

**Введение.** В качестве объекта исследования в работе рассмотрены растровые изображения металлоструктур, которые в значительной степени характеризуются своими контурами - границами объектов, отделяющими их от окружающего фона. Контурные, полученные сечением плоскостью 3-мерных объектов, содержат важную информацию, которая используется для последующего «тонкого» анализа графических изображений. Отличительной особенностью рассмотренных объектов исследования является подобие фрагментов их изображений (скейлинг), что рассматривается в работе как проявление фрактальных свойств, в пределах ограниченного диапазона пространственных масштабов.

**Анализ публикаций.** Существующие методы выделения контуров в большинстве своем используют параметры, которые задаются оператором для визуального результирующего анализа изображения. Причем для разных участков изображения лучшие результаты, с точки зрения человека-оператора, могут достигаться при различных параметрах. Проблема определения параметров, необходимой степени сглаживания изображения остается нерешенной [1, 2]. В свою очередь, значения параметров, при которых результат обработки изображения перестает содержать неискаженную информацию, также не поддаются определению.

**Постановка задачи.** Основной задачей работы является разработка метода выделения границ объектов на скейлинговых растровых изображениях на основе анализа фрактальной размерности. Полученное бинарное изображение подвергается дальнейшей обработке для определения площадей изображений объектов и периметров их границ.

**Основная часть.** Разработанный алгоритм обработки изображений включает следующую последовательность этапов.

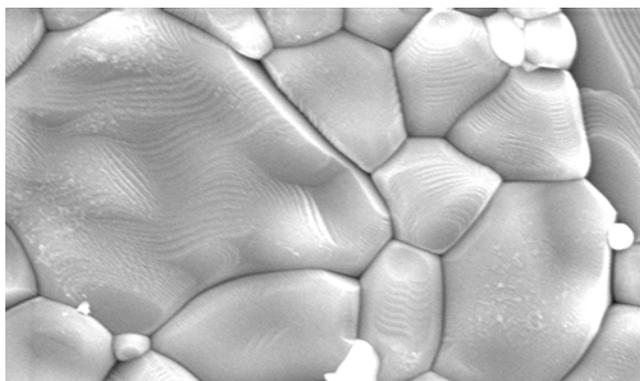


Рис. 1. Исходное изображение металлического сплава, полученного спеканием порошкового материала ( 1424x840 пикселей )

- *Сглаживание и численное определение значений «второй производной» в точках исходного изображения в градациях серого (рис. 1). С этой целью используется DoB-фильтр (“Difference of Boxes”), который формирует модель размытия растрового изображения [1].*
- *Фильтрация изображения для выделения линий и подавления их разрывов. Такая фильтрация позволяет произвести усиление контраста изображения, чувствительное к ориентации и длине элементов контура.*

• Пороговая обработка и бинаризация массива.

Фрактальная размерность [3] является интегральной характеристикой изображения, обусловленной топологией изображения, поэтому любые изменения структуры изображения, связанные с изменением масштаба градаций серого, вызывают изменение ее значения. При этом скачок значения фрактальной размерности связан с возникновением нежелательных разрывов контуров, что дает возможность использовать значение размерности для определения порога при бинаризации. В качестве критерия остановки изменения порогового значения используется резко выраженное нарушение топологических свойств обрабатываемого изображения (появление разрывов контуров).

Для вычисления фрактальной размерности использовался метод «Triangular prism surface area» [4], предназначенный для обработки изображений в градациях серого. Размерность вычислялась отдельно для положительных и отрицательных элементов массива, полученного в результате численного дифференцирования изображения DoV фильтром. Изменение фрактальной размерности в зависимости от значения порога бинаризации иллюстрирует рис. 2.

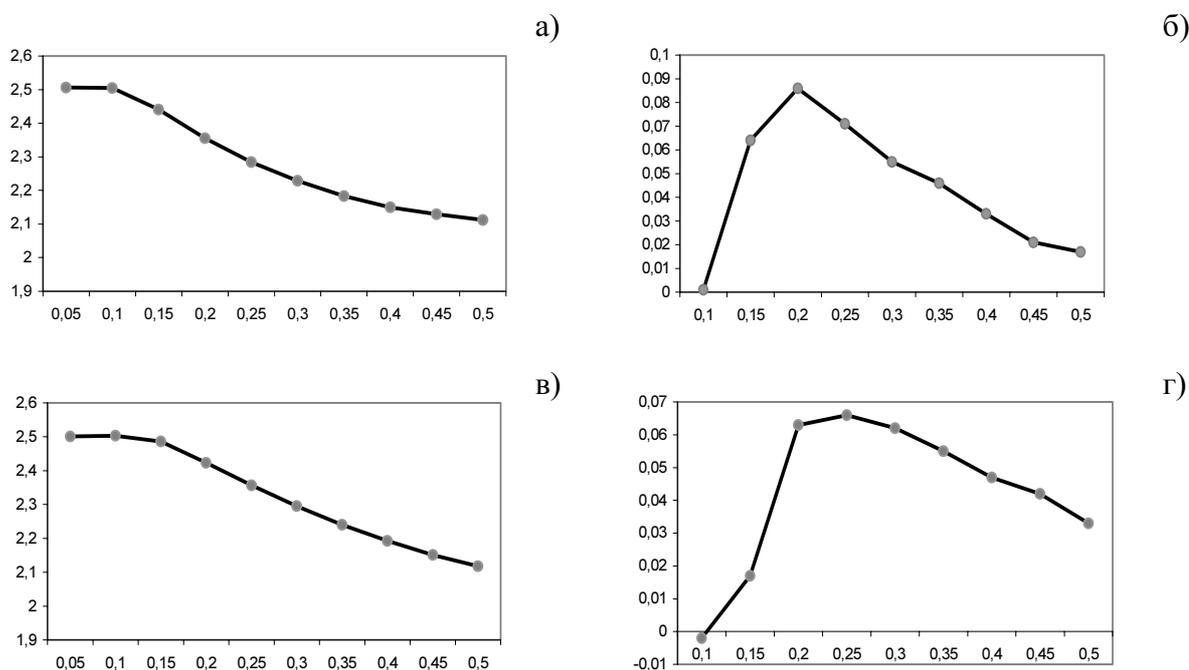


Рис. 2. Зависимость фрактальной размерности от порогового значения для изображения (рис.1):

- а) зависимость для отрицательных элементов массива;
- б) дифференциальная зависимость фрактальной размерности для отрицательных элементов;
- в) зависимость для положительных элементов массива;
- г) дифференциальная зависимость фрактальной размерности для положительных элементов

В качестве порогового значения принято наибольшее, положительное или отрицательное значение элемента в массиве, соответственно.

С целью уменьшения вычислительных затрат был разработан рекурсивный алгоритм определения порога, использующий метод «вложенных интервалов». Следуя этому алгоритму, изначально выбираются максимально и минимально возможные значения порога, а также их среднее значение. Для каждого из них вычисляется фрактальная размерность, далее процесс повторяется для интервала, разность размерностей на концах которого

го больше. Рекурсия прекращается при достижении заданной точности определения порогового значения. Результат работы алгоритма на этом этапе представлен на рис. 3.

- *Сглаживание для устранения незначительных разрывов и формирование замкнутых областей.* Результат этого этапа алгоритма обработки изображения представлен на рис. 4.

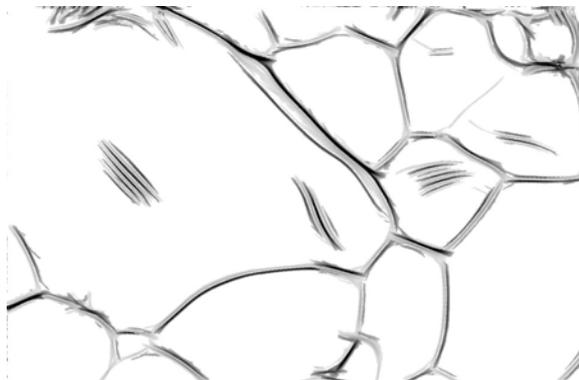


Рис. 3. Массив изображения после фильтрации и пороговой обработки. Положительные значения массива представлены темным цветом, отрицательные – светлым

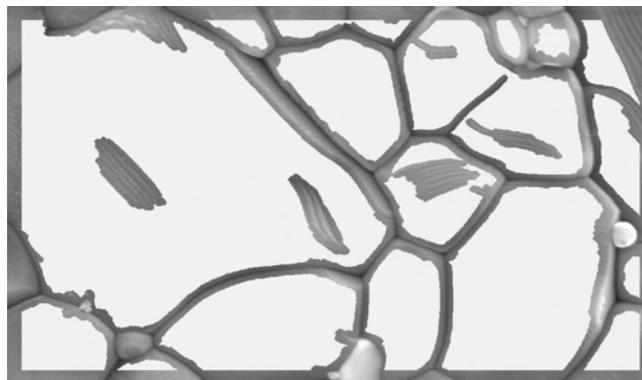


Рис. 4. Тестовое изображение с наложенными областями, определенными алгоритмом

Формирование на основе контура внутренних областей позволяет определить численные характеристики для изображений микрошлифов металлических сплавов, таких как площадь, длина и извилистость линии контура.

Для фрактальных кривых отношение периметра к площади замкнутой фигуры, образованной ими, имеет вид

$$k = \frac{(P(h))^{1/D}}{(S(h))^{1/2}},$$

где  $h$  – эталон длины,  $P$  – периметр,  $S$  – площадь,  $D$  – фрактальная размерность.

Проведенный анализ изображений микрошлифов металлических материалов показал отсутствие в них внутренних пространственных масштабов, т.е. объекты, образующие структуру этих материалов, являются самоаффинными фракталами.

Наиболее значительным фактором эффективности процесса спекания порошковых материалов является показатель пористости, оценка которого связана с определенными экспериментальными трудностями, для преодоления которых был использован метод, основанный на приведенном выше отношении периметра к площади для фрактальных фигур.

Исходно определяется фрактальная размерность  $D$ , как интегральная характеристика всех фигур, образующих изображение.

Для одной из этих фигур определяется значение периметра, как количество точек, образующих ее границу с учетом показателя разрешения изображения.

$$P = N * h^D,$$

где  $N$  – количество точек, образующих границу фигуры.

Площадь выбранной фигуры определяется методом Монте-Карло. Затем для выбранной фигуры оценивается значение  $k$ , которое является универсальным для всех элементов изображения.

Определение площадей остальных фигур изображения основано на полученной оценке значения  $k$ , на приведенном выше отношении периметра к площади и оценке их периметров, как и в случае начальной фигуры. Отношение суммарной площади фигур, полученных в результате выделения границ-контуров, к площади всего изображения слу-

жит показателем пористости материала. Следует отметить независимость полученного показателя от значения разрешения обрабатываемого растрового изображения микроструктуры.

**Выводы.** Предложенный метод выделения контуров изображения, использующий сохранение топологических свойств растрового изображения для бинарного градиентного порогового метода, позволил численно оценить качество выделения контуров. Программная реализация алгоритма этого метода является частью программного комплекса по обработке растровых изображений микрошлифов металлических сплавов.

The method of binarization threshold for the detection raster images edges, based on fractal theory, was proposed. As criterion of the binarization threshold estimation topological image features disturbance, linked with the fractal dimension changing.

1. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
2. Gomati J., Mulholand A.J. Fractal morphology of deposits in heat exchangers and their physical properties. // Fractals – 2001. - V.9, #1. - P. 31-51.
3. Федер Е. Фракталы. – М.: Наука, 1991. – 136 с.
4. Помулев В.В., Михальов О.І., Дерев'янюк О.І. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 10284 «Комп'ютерна програма обчислення фрактальної розмірності зображень (FNav03)» від 14.06.04.