

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОРИСТЫХ СТРУКТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО МЕТОДА ОБРАБОТКИ ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

© 2009 В.Н. Кокорин, В.Е. Дементьев, А.С. Марков

Ульяновский государственный технический университет

Поступила в редакцию 20.07. 2009

В настоящей статье авторы рассматривают вопросы сегментации как этапа обработки визуальной информации, которая является естественным и логичным расширением функциональных возможностей систем цифровой обработки информации, так как позволяет осуществлять визуальный анализ областей-объектов, их яркостных и геометрических характеристик, то есть сегментация рассматривается как начальный этап построения формального описания сцены, качество выполнения которого во многом определяет успех решения задачи распознавания изображений, интерпретации визуально наблюдаемых объектов.

Ключевые слова: сегментация, цифровая обработка, визуальная информация, формальное описание, распознавание изображений.

В приложении к задаче определения плотности пористых структур применение алгоритмов сегментации выглядит следующим образом [3]. На изображении объекта (изображение структуры при увеличении  $\times 500$ , использован электронный микроскоп) четко различимы три области (рис. 1). Первая – фоновая составляющая, определяемая оптическими ограничениями используемого микроскопа (темная область вокруг содержащего информацию круга). Вторая и третья области соответствуют металлической матрице и порам. Таким образом, выделение с помощью алгоритмов сегментации этих трех областей позволит определить их площади (соответственно

$S_1, S_2, S_3$ ) составить отношение  $\frac{S_2}{S_2 + S_3}$ , пока-

зывающее искомую характеристику материала.

Для решения поставленной задачи автоматизированной классификации предлагается следующая методика.

Перед непосредственным применением алгоритмов сегментации изображение следует подвергнуть предварительной обработке с целью уменьшения погрешности расчетов. Первым этапом такой обработки будет сокращение цветности изображения. Известно [1-4], что любое цифровое изображение представляет собой прямоугольный массив элементов (пикселей). В

*Валерий Николаевич Кокорин, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой "Материаловедение и обработка металлов давлением". E-mail: E-mail: omd@mf.ulstu.ru.*

*Виталий Евгеньевич Дементьев, кандидат технических наук, доцент.*

*Александр Сергеевич Марков, аспирант.*

каждом таком пикселе цветного изображения заключен вектор, составленный из трех значений интенсивности, соответственно, синего, красного и зеленого цвета. Список возможных значений, которые может принимать интенсивность того или иного цвета, ограничен целыми числами от 0 до 255 (всего 256 значений). Поэтому каждый пиксель фактически задан 24 битным ( $3 \times 2^8$  вариантов возможных значений) числом. В связи со значительными сложностями обработки векторозначных (цветных) изображений обычно [3] их переводят в оттенки серого, то есть из цветного (24 битного) трансформируют в полутоновое (8 битное). Существуют несколько основных подходов к сокращению цветности

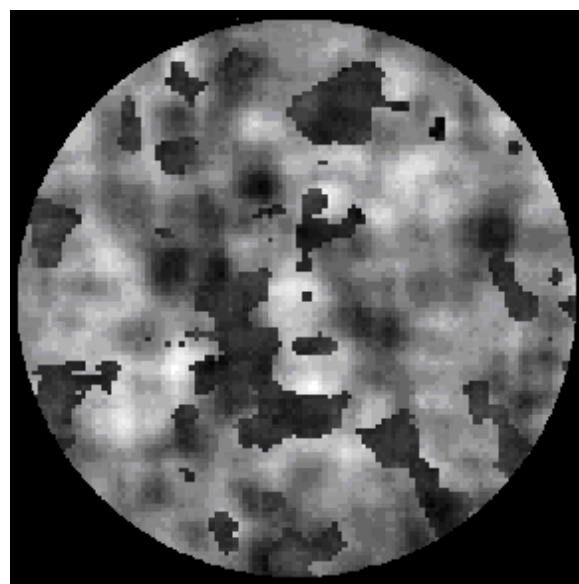


Рис. 1. Изображение пористой структуры при увеличении  $\times 500$

изображений. Среди них можно отметить методы Флойда-Штейнберга, Штуки, Сиерра, Джа Лу Ни, Баркеса [1]. Анализ этих подходов показал, что наиболее приемлемым в смысле сохранения качества изображения является преобразование изображения по следующей формуле

$$z_{gray}(i, j) = 0.60z_{red}(i, j) + 0.29z_{green}(i, j) + 0.11z_{blue}(i, j),$$

где  $z_{red}(i, j)$ ,  $z_{green}(i, j)$ ,  $z_{blue}(i, j)$  – значения составляющих красного, зеленого и синего цвета исходного пикселя с координатами  $(i, j)$ ;  $z_{gray}(i, j)$  – значение яркости пикселя с координатами  $(i, j)$ , полученного в результате монохромизации. Вторым этапом предварительной обработки является устранение фоновой составляющей. Проведенный анализ яркостной составляющей изображений показывает, что яркость фоновых фрагментов существенно отличается от яркости основного изображения и составляет, как правило, по 255-разрядной шкале 0-6. Это позволяет достаточно уверенно различать фон и не учитывать его при дальнейших расчетах. Третьим этапом обработки изображений является устранение импульсных шумов, то есть яркостных искажений, вызванных несовершенством оптических детекторов на микроскопе. Корреляционный анализ отдельных фрагментов тестовых изображений показывает, что они содержат хорошо заметный импульсный шум. На изображении такой шум выражается малоразмерным (один – два пикселя), но существенным (до 45% к соседним пикселям) повышением яркости. Природа этого шума определяется наличием оптических искажений и отражений при съемке. Для устранения влияния импульсных шумов на конечный результат предлагается воспользоваться нелинейной медианной фильтрацией [3]. При этом используется скользящее окно, последовательно перемещающееся по всевозможным позициям на изображении. Для каждого положения скользящего окна строится числовой ряд значений  $z_1, z_2, \dots, z_k, \dots, z_{2k+1}$ , соответствующий яркости выбранных пикселей. Далее числовой ряд ранжируется и в качестве оценки яркости пикселя в центре текущего положения окна выбирается центральное значение полученного

ряда  $z'_1, z'_2, \dots, z'_k, \dots, z'_{2k+1}$ . Иллюстрация такой процедуры приведена на рис. 2.

Понятно, что в случае наличия в центре текущего положения окна импульсного шума (всплеска яркости) этот шум будет компенсирован без влияния на информативность соседних пикселей. Пример работы медианной фильтрации представлен на рис. 3.

Последним четвертым этапом предварительной обработки является процедура эквалайзинга [3]. Она состоит в растягивании гистограммы изображения с целью повышения качества отображения фрагментов заданной яркости. Для построения гистограммы изображения достаточно каждого элементу целочисленного массива чисел  $ar[i]$  ( $i=0..255$ ) поставить в соответствие число элементов на изображение с заданной яркостью. Выделение границ для эквалайзинга можно осуществлять в ручном или автоматических режимах. В последнем варианте границы гистограммы отсекаются слева и справа до номеров, соответствующих значительному количеству пикселей на изображении. Эксперименты показывают, что это количество составляет для исследуемого типа изображения примерно 0.15% от общего числа пикселей.

После определения границ выполняется расчет значений яркости изображения по следующей формуле

$$z_p(i, j) = \frac{255(z(i, j) - l)}{r - l},$$

где  $z(i, j)$  – значение яркости в пикселе с координатами  $(i, j)$  исходного изображения;  $z_p(i, j)$  – значение яркости в пикселе с координатами  $(i, j)$  полученного изображения;  $l$  и  $r$  – левая и правая граница для эквалайзинга. Гистограммы изображения до и после эквалайзинга изображены на рис. 4а, 4б.

После проведения предшествующих описанных операций процедура сегментации изображения является несложной. Для ее проведения на гистограмме конечного изображения определяются локальные максимумы. В целях упрощения поиск таких максимумов предлагается свести к определению максимальных значений гистограммы в определенном промежутке. Тогда алгоритм поиска выглядит следующим образом:

1. Задается размер  $M$  области локального максимума (после эквалайзинга не менее 40).

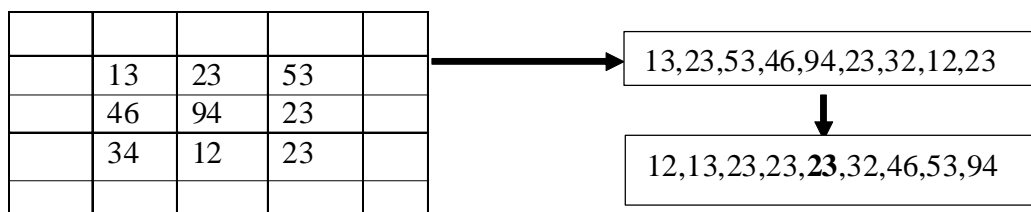


Рис. 2. Схема выбора центрального значения ряда

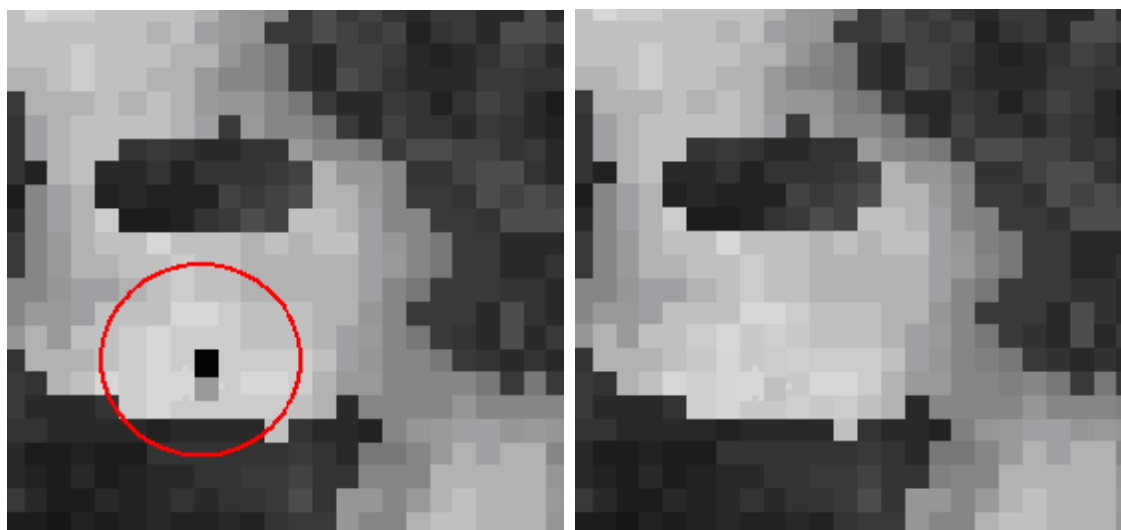


Рис. 3. Результаты медианной фильтрации

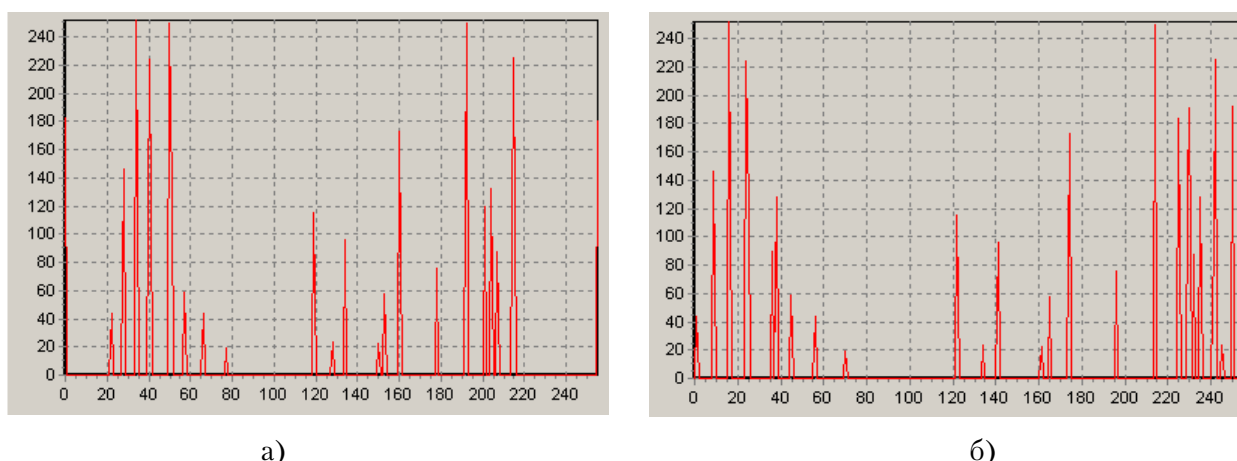


Рис. 4а. Гистограмма изображения:  
а – до эквалайзинга; б – после эквалайзинга

2. На всей гистограмме ищется максимальное значение  $\max_1 = \max_{i=0..255}(ar[i])$ .

3. На части гистограммы, не включающей в себя найденный локальный максимум, а также область размером  $M$  слева и справа от этого максимума ищется второй максимум

$$\max_2 = \max_{i \in 0..255 \cap (-M + \max_1 + M)}(ar[i])$$

4. Природа исследуемых изображений такова, что на них присутствуют две основные области. Поэтому найденные максимумы будут неизбежно соответствовать наиболее характерным для этих областей яркостям.

5. Ищется граница между этими максимумами. Проведенные исследования показывают, что наиболее адекватными результаты получаются после выбора границы по следующей формуле:

$$gran = \frac{ar[\max_1] \max_1}{ar[\max_1] + ar[\max_2]} + \frac{ar[\max_2] \max_2}{ar[\max_1] + ar[\max_2]}$$

позволяющей учесть размеры искомых областей

6. Наконец, все пиксели изображения, не отнесенные к фону, разделяются на две области в соответствии с правилом (рис. 5):

$$z(i, j) \in \begin{cases} \text{область1}, & z(i, j) < gran \\ \text{область2}, & z(i, j) \geq gran \end{cases}$$

После определения искомых областей выполняется определение их размера, как суммы количества пикселей их составляющих.

$$S_k = \sum_{i, j \in \text{область}k} |Sign(z(i, j))|, \quad k = 2, 3$$

и выполняется расчет искомого отношения

$$S = \frac{S_2}{S_2 + S_3},$$

где  $S_2$  – площадь светлых областей образца,  $p_1$ ;  $S_3$  – площадь темных областей образца,  $p_2$ ;

Находим расчетную плотность образца

$$\rho = \rho_k \cdot S,$$

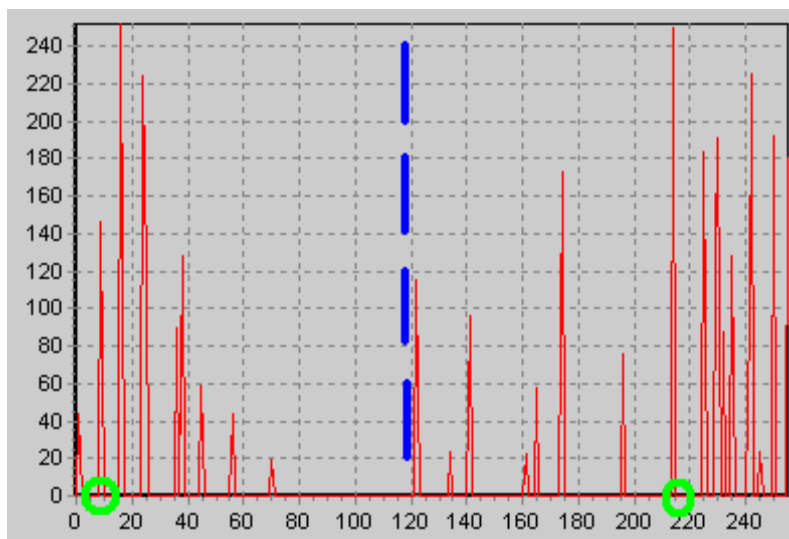


Рис. 5. Схема разделения на характерные области

$\rho_k$  – плотность компактного материала, 7,85 г/см<sup>3</sup>;

Проведенные исследования показывают, что предлагаемая методика позволяет достаточно точно (с вероятностью ошибки менее 5%) определяется величина пористости структуры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. – М.:

Мир, 1982. Т.1. 312 с.

2. Васильев К.К., Крашенинников В.Р. Методы фильтрации многомерных случайных полей: - Саратов: СГУ, 1990. - 124 с.

3. Грузман И.С., Киричук В.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах. - Новосибирск: НГТУ, 2002. - 351 с.

4. Vasilev K.K., Dementev V.E. The Analysis of correlation properties of autoregression casual fields. - Pattern recognition and image analysis, 2004, v. 2, p. 415-417.

#### WAY OF DEFINITION OF DENSITY OF POROUS STRUCTURES WITH USE OF THE TELECOMMUNICATION METHOD OF PROCESSING OF THE VISUAL INFORMATION

© 2009 V.N. Kokorin, V.E. Dementyev, A.S. Mark

Ulyanovsk State Technical University

In present clause authors consider questions of segmentation as stage of processing of the visual information which is natural and logical expansion of functionalities of systems of digital processing of the information as the visual analysis of areas-objects allows to carry out, them яркостных and geometrical characteristics, that is segmentation is considered as the initial stage of construction of the formal description of a stage which quality of performance in many respects defines success of the decision of a problem of recognition of images, interpretations of visually observable objects.

Key words: segmentation, digital processing, formal description, recognition of images.

Valery Kokorin, Candidate of Technics, Associate Professor, Head at the Materials and Processing of Metals under Pressure Department. E-mail: omd@mf.ulstu.ru.

Vitaly Dementiev, Candidate of Technics, Associate Professor. Alexander Markov, Graduate Student.