

UDC 004.932

## Some Numerical Characteristics of Image Texture

<sup>1</sup>O. Samarina<sup>2</sup>V. Slavsky

<sup>1</sup>Yugra State University, Russia  
Chehova street 16, Khanty-Mansiysk, 628011  
PhD (Physical and Mathematical), Assistant Professor  
E-mail: samarina\_ov@mail.ru

<sup>2</sup>Yugra State University, Russia  
Chehova street 16, Khanty-Mansiysk, 628011  
Dr. (Physical and Mathematical), Professor  
E-mail: slavsky2004@mail.ru

**Abstract.** Texture classification is one of the basic images processing tasks. In this paper we present some numerical characteristics to the images analysis and processing. It can be used at the solving of images classification problems, their recognition, problems of remote sounding, biomedical images analysis, geological researches.

**Keywords:** invariants; image analysis; texture feature.

Рассмотрим трехканальное изображение. В математической постановке это означает, что заданы три неотрицательные функции в некоторой области на плоскости  $u_i(x, y)$ ,  $i = 1, 2, 3$ . Заметим, что для непрерывно дифференцируемой функции на плоскости из регулярности ее в центре окрестности (т.е. градиент отличен от нуля) следует, что линия уровня, проходящая через центр окрестности, разбивает ее две связанные компоненты.

По аналогии дадим определение регулярности дискретной функции задающей цифровое изображение. Дискретное изображение представляет собой множество значений функции, заданных в узлах прямоугольной сетки (пикселях). Будем рассматривать значение функции в данном пикселе изображения и в пикселях его окружающих [1]. Представим эти значения в виде матрицы размера  $3 \times 3$  (рис. 1).

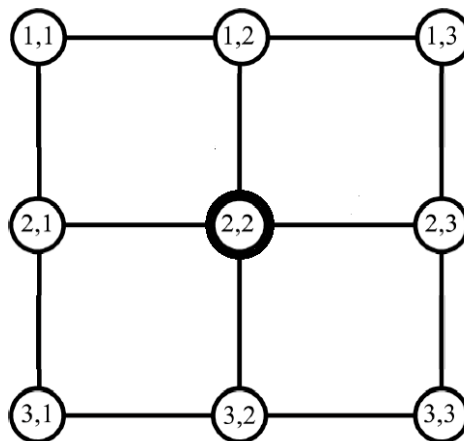


Рис. 1. Прямоугольная сетка размера  $3 \times 3$

Центральный элемент матрицы примем за 0, граничные значения определим так: если значение пикселя больше чем в центре, то ставим «+», если меньше то ставим «-».

Если в результате множество граничных пикселей разделится на два связанных куса с плюсами и с минусами, то будем называть изображение регулярным на данном пикселе. Если компонент связности две или одна, то назовем изображении обобщенно регулярным. Если компонент больше двух, то изображение нерегулярно.

Степень регулярности цифрового изображения определим как вероятность того, что изображение обобщенно регулярно в случайно выбранном пикселе. Данное свойство цифрового изображения важно для правильной морфологической обработки изображений.

Оценим вероятность образования связных областей из «+» и «-» для произвольной случайной функции. Для более наглядного представления отобразим множество граничных пикселей в виде круговой области (рис. 2).

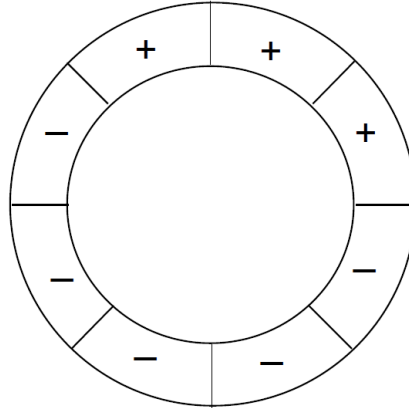


Рис. 2. Множество граничных пикселей в виде круговой области

Число всех возможных расстановок  $Pm$  знаков равно  $2^8 = 256$ . Непосредственным счетом получаем следующую таблицу:

$n_1$	$n_2$	$n_4$	$n_6$	$n_8$
2	56	140	56	2

где  $n_i$  число расстановок, которым соответствуют  $i = 1, 2, 4, 6, 8$  компонент связности множества граничных пикселей. Следовательно, для случайного цифрового изображения степень регулярности определяется формулой:

$$\frac{n_1 + n_2}{n_1 + n_2 + n_4 + n_6 + n_8} = \frac{29}{128} = 0.226563$$

Для оценки степени регулярности произвольного изображения были проведены испытания для 10 000 пикселей трех различных типов изображений, а именно снимка земной поверхности из космоса (восьмиканального снимка, полученного со спутника Landsat), фотографии естественного содержания (снимок формата jpg) и фотографии искусственного содержания (искусственно сгенерированного в Matlab). Данные изображения представлены на рисунке 3.

Степени регулярности для рассмотренных изображений составили соответственно:

$$R_1 = \frac{n_1 + n_2}{n_1 + n_2 + n_4 + n_6 + n_8} = \frac{1744 + 4092}{10000} = 0.5836$$

$$R_2 = \frac{n_1 + n_2}{n_1 + n_2 + n_4 + n_6 + n_8} = \frac{1904 + 4215}{10000} = 0.6119$$

$$R_3 = \frac{n_1 + n_2}{n_1 + n_2 + n_4 + n_6 + n_8} = \frac{1058 + 6005}{10000} = 0.7063$$

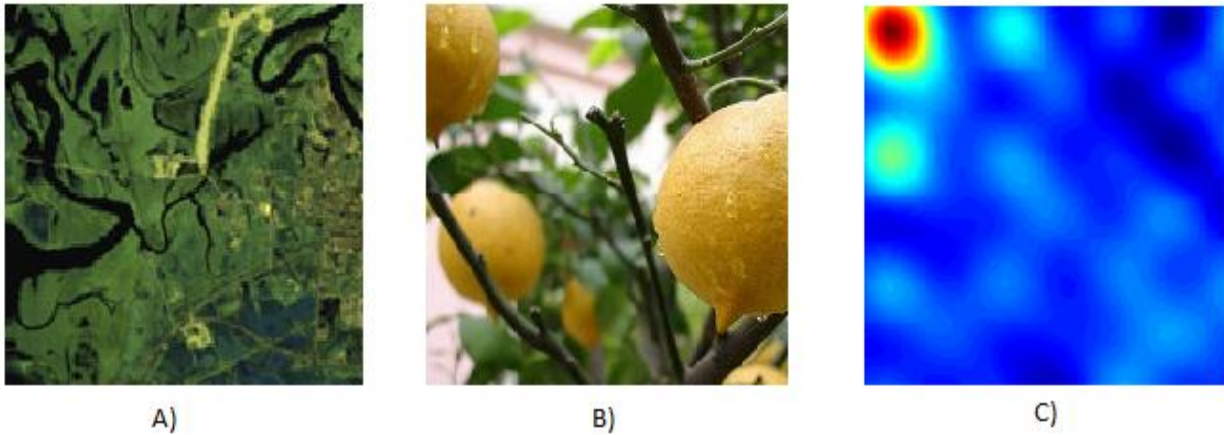


Рис. 3. А) Снимок земной поверхности из космоса, В) Фотография естественного содержания, С) Фотография искусственного содержания

В предположении независимости быть или не быть пикселем обобщенно регулярным и используя интегральную теорему Лапласа легко доказать, что полученные результаты не могут быть случайными. Следовательно, степень регулярности изображений можно использовать в качестве определенной характеристики текстуры изображений.

Определим еще одну характеристику текстуры изображений. Под топографическими характеристиками цифрового изображения будем понимать различные числовые характеристики семейств слоев  $l^+_c[u] = \{(x, y) : u(x, y) \geq c\}$ , где функция  $u(x, y)$  определяет полутоновую яркость или уровень серого и обозначает количественную меру интенсивности, которая принимает значения в диапазоне от черного до белого, с промежуточными серыми оттенками [2]. Примером такой характеристики служит площадь множеств  $l^+_c[u]$ , где параметр  $c$  обычно целочисленный из промежутка  $[0, 255]$ . Данная характеристика изображения легко вычисляется и широко используется в различных приложениях цифровой обработки изображений.

В отличие от площади длину границы множеств  $l^+_c[u]$  цифрового изображения непосредственно сложно вычислить в силу дискретности цифрового изображения. Обозначим через  $F(c)$  следующий интеграл

$$F(c) = \iint_{l^+_c[u]} |\nabla u| dx dy,$$

где  $|\nabla u|$  – градиент функции. Справедлива формула  $\frac{dF}{dc} = L(c)$ , где  $L(c)$  длина границы множества  $l^+_c[u]$ . Данная формула справедлива лишь для функций класса  $f \in C^2$  и для почти всех  $c \in R$  (это следует из теорема Сарда). Для цифрового изображения производная  $\frac{dF}{dc}$  легко численно вычисляется и может быть взята в качестве меры регулярности текстуры цифрового изображения.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что представленные в данной работе характеристики текстуры цифрового изображения являются достаточно эффективными и их можно использовать для решения различного типа задач анализа и обработки изображений.

#### Примечания:

1. Самарина О.В. Групповые инварианты изображения. Germany: Lambert Academic Publishing, 2010. 79 с.

2. Карьякина Н.А. Топографические характеристики цифрового изображения // Сборник трудов региональной конференции МАК–2010, г. Барнаул. С.57–58.

УДК 004.932

### **Некоторые числовые характеристики текстуры изображений**

<sup>1</sup> О.В. Самарина

<sup>2</sup> В.В. Славский

<sup>1</sup> Югорский государственный университет, Россия

628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16

Кандидат физико-математических наук, доцент

E-mail: samarina\_ov@mail.ru

<sup>2</sup> Югорский государственный университет, Россия

628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16

Доктор физико-математических наук, профессор

E-mail: slavsky2004@mail.ru

**Аннотация.** В данной работе определяются и исследуются некоторые инвариантные характеристики текстуры цифрового изображения. Данные характеристики могут быть использованы при решении широкого класса задач цифровой обработки изображений: задач дистанционного зондирования, анализа биомедицинских изображений, геологических исследованиях, задачах распознавания образов.

**Ключевые слова.** Инвариантные характеристики; степень регулярности; анализ текстуры изображений.