

Федотов Н.Г., Голдуева Д.А. Формирование признакового пространства трехмерных поверхностей с позиций стохастической геометрии и функционального анализа. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XVI Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2016. – С. 52-55.

УДК 004.93

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА ТРЕХМЕРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПОЗИЦИИ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА\***

Н.Г. Федотов, Д.А. Голдуева

### **3D-SURFACE FEATURE SPACE GENERATION BASED ON STOCHASTIC GEOMETRY AND FUNCTIONAL ANALYSIS**

N.G. Fedotov, D.A. Goldueva

**Аннотация.** Представлены особенности применения аппарата стохастической геометрии и функционального анализа к проблеме построения признакового пространства трехмерных поверхностей.

**Ключевые слова:** признаковое пространство, трехмерные поверхности, стохастическая геометрия, функциональный анализ.

**Abstract.** Represented are particularities of stochastic geometry and functional analysis application to 3D-surface feature space generation.

**Keywords:** feature space, 3D surface, stochastic geometry, functional analysis.

Одной из актуальных проблем современной науки и техники является проблема распознавания образов. В ряде прикладных задач распознаванию подлежат изображения трехмерных поверхностей (например, задача анализа рельефа местности и т.д.). При решении подобных задач одной из основных проблем является проблема формирования признаков, описывающих анализируемые.

подавляющее большинство существующих в настоящий момент времени методов формирования признаков 3D объектов не позволяют достаточно детально описать анализируемые изображения в силу того, что предполагают существенное упрощение распознаваемых объектов, заключающееся в приведении к двумерному случаю. Подобное упрощение отрицательно сказывается на точности распознавания.

В настоящей статье предлагается метод формирования признакового пространства трехмерных поверхностей с позиций стохастической геометрии и функционального анализа. Настоящий подход позволяет автоматически, без непосредственного участия эксперта генерировать большое число признаков, являющихся математической абстрактной характеристикой изображения. Опора на большое количество признаков повышает надежность распознавания. При этом формирование признаков трехмерных поверхностей с позиций рассматриваемого метода предполагает анализ изображений без предварительного их упрощения, что делает возможным детальное описание анализируемого объекта.

Признаки трехмерных поверхностей имеют следующий вид:

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 15 – 07-04484.

$$\Pi(F) = \Theta \circ P \circ T(F \cap \alpha), \quad (1)$$

где  $\alpha$  – сканирующая плоскость, перпендикулярная плоскости  $xOy$ ,  $F(x, y, z)$  – функция изображения в пространстве  $(x, y, z)$ , которая каждой точке трехмерной поверхности  $A(x, y, z)$  ставит в соответствие  $z$ . Результат пересечения функции изображения с плоскостью  $\alpha$  есть кривая  $q(\theta, \rho, z)$ , заданная в цилиндрической системе координат параметрами –  $\theta, \rho$  и  $z$ . Проекция кривой  $q$  на плоскость  $xOy$  есть прямая  $l(\theta, \rho)$ , где  $\theta, \rho$  её полярные координаты, с которыми связаны функционалы  $\Theta$  и  $P$  соответственно; функционал  $T$  связан с параметром  $t$ , задающим точку на прямой  $l$ ,  $T(F \cap l(\theta, \rho)) = Tf(\theta, \rho, t)$ . Благодаря трехкомпонентной структуре признака были названы триплетными. Подробное описание формирования триплетного признака бинарного изображения можно найти в [1], полутоновых изображений в [3], цветных изображений в [2], цветных текстур в [4].

Для решения задачи анализа трехмерных поверхностей были выделены две группы триплетных признаков:

1) признаки, характеризующие особенности проекции минимумов трехмерных поверхностей на плоскость  $xOy$ ;

2) признаки, характеризующие особенности высот трехмерных поверхностей.

Причем вторую группу можно подразделить на три: 2.1, 2.2 и 2.3.

Признаки первой и второй группы имеют одинаковую трехфункциональную структуру. Отличие между ними заключается лишь в подходе к заданию характеристик отрезков прямой  $l(\theta, \rho)$ , соответствующих одному участку кривой  $q$  между двумя значимыми соседними минимумами. Для построения признаков, характеризующих особенности проекции минимумов трехмерных поверхностей на плоскость  $xOy$ , каждому отрезку  $a_i$  прямой  $l(\theta, \rho)$ , соответствующему  $i$ -му участку кривой  $q$  между двумя значимыми соседними минимумами, ставится в соответствие его длина. Для построения признаков типа 2.1 каждому отрезку  $a_i$  прямой  $l(\theta, \rho)$ , соответствующему  $i$ -му участку кривой  $q$  между двумя значимыми соседними минимумами, ставится в соответствие максимальная высота на отрезке  $a_i$ . Для построения признаков типа 2.2 каждому отрезку  $a_i$  прямой  $l(\theta, \rho)$ , соответствующему  $i$ -му участку кривой  $q$  между двумя значимыми соседними минимумами, ставится в соответствие коэффициент асимметрии. Для построения признаков типа 2.3 каждому отрезку  $a_i$  прямой  $l(\theta, \rho)$ , соответствующему  $i$ -му участку кривой  $q$  между двумя значимыми соседними минимумами, ставится в соответствие радиус кривизны в точке с максимальной координатой  $z$  отрезка  $a_i$ .

Для формирования признаков первого и второго типа функция  $f(\theta, \rho, t)$  принималась равной:

$f(\theta, \rho, t) = z$ , где  $z$  – высота в точке  $t$  прямой  $l(\theta, \rho)$ , такой, что  $F \cap \alpha \neq \emptyset$ ,  $l(\theta, \rho)$  – проекция пересечения  $F \cap \alpha$  на плоскость  $xOy$ .

Далее посредством трейс-функционала  $T(F \cap \alpha) = Tf(\theta, \rho, t)$  составляется трейс-матрица, по которой путем последовательной свертки диаметральным и круговым функционалом определяется признак  $\Pi(F) = \Theta \circ P \circ T(F \cap \alpha)$ . Понятие трейс-матрицы подробно описано в [1].

Таким образом, подход к проблеме формирования признаков трехмерных поверхностей с позиции стохастической геометрии позволяет автоматически, без

непосредственного участия эксперта генерировать большое число признаков, причем без предварительного упрощения анализируемых изображений.

#### Библиографический список

1. Федотов Н.Г. Теория признаков распознавания образов на основе стохастической геометрии и функционального анализа. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 304 с.
2. Федотов Н.Г., Голдуева Д.А. Анализ цветных объектов с позиции стохастической геометрии и функционального анализа // Надежность и качество: труды Международного симпозиума. Пенза: Изд-во ПензГУ, 2012. Т. 2. С. 390–392.
3. Федотов Н.Г., Голдуева Д.А., Богоносцева, А.Г., Фахретдинов А.Г. Применение методов стохастической геометрии и функционального анализа при распознавании полутоновых изображений // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2012. Вып. 05(09). С. 77–83.
4. Федотов Н.Г., Голдуева Д.А. Распознавание цветных текстур // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации: сборник статей XI Междунар. научно-техн. конф. «Распознавание – 2013». Курск, 2013. С. 103–105.

**Федотов Николай Гаврилович**

Пензенский государственный  
университет, г. Пенза, Россия  
E-mail: fedotov@pnzgu.ru

**Fedotov N.G.**

Penza State University,  
Penza, Russia

**Голдуева Дарья Алексеевна**

Пензенский государственный  
университет, г. Пенза, Россия  
E-mail: vrem0@yandex.ru

**Goldueva D.A.**

Penza State University,  
Penza, Russia