

# Сравнение формы объектов с использованием морфинга контуров границы

Иван Рейер  
Вычислительный центр РАН  
Москва, Россия

## Аннотация

Предлагается метод сравнения изображений объектов, включающий следующие этапы: переход к бинарному изображению объекта, получаемому в результате сегментации общей сцены; построение внешней непрерывной границы бинарного изображения в виде замкнутого полигонального контура; сравнение контуров границы с использованием механической модели контура.

**Ключевые слова:** растровое бинарное изображение, непрерывная граница, морфинг

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Ряд задач обработки изображений связан с поиском на изображении объектов характерной формы (распознавание букв и условных знаков на географической карте; обнаружение и опознавание цели в телевизионных системах наблюдения).

Основными особенностями этого типа задач являются наличие небольшого числа эталонных изображений (вариант написания символа, силуэт самолета, профиль детали) и то, что существенной характеристикой объекта является его форма, а не размеры, расположение и т. д.

Такой поиск предполагает сравнение изображений объектов с эталонами. В данной статье предлагается метод сравнения изображений объектов, включающий следующие этапы.

1. Переход к бинарному изображению объекта, получаемому в результате сегментации общей сцены.
2. Построение внешней непрерывной границы бинарного изображения в виде замкнутого полигонального контура.
3. Сравнение контуров границы. Предлагается сравнивать контуры, используя следующую механическую модель. Считается, что контуры изготовлены из проволоки. Деформируя проволоку путем растяжения и изгиба, начальный контур преобразуют в конечный. Это преобразование характеризуется механической работой. Предлагается использовать минимальную величину такой работы в качестве меры различия между контурами. Работа выполнена при поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований (РФФИ) – проект 99-01-00829.

## 2. НЕПРЕРЫВНАЯ ГРАНИЦА БИНАРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ.

В качестве непрерывной границы растрового бинарного изображения (РБИ) предлагается использовать границу многоугольной фигуры, которая разделяет белые и черные точки растра и имеет минимальный периметр. Метод построения такой фигуры был предложен в [1].

## 3. СРАВНЕНИЕ КОНТУРОВ

Для определения величины работы трансформации предлагается использовать метод, позволяющий определить значение минимальной работы трансформации для двух замкнутых полигональных контуров, изложенный в [2].

Определим замкнутый полигональный контур как упорядоченную циклическую цепочку вершин  $C = \{c_0, \dots, c_n\}$ . Рассмотрим два контура  $P = \{p_0, \dots, p_m\}$  и  $Q = \{q_0, \dots, q_n\}$ . В каждом из контуров зафиксируем одну из вершин, которую будем называть начальной.

Трансформация задается соответствием вершин исходного контура вершинам конечного контура и моделируется перемещением вершины исходного контура в соответствующую ей вершину конечного. При этом: одной вершине исходного контура можно поставить в соответствие несколько вершин конечного контура и наоборот: нескольким вершинам исходного контура – одну вершину конечного; начальная вершина исходного контура переводится в начальную вершину конечного.

Пример такого соответствия вершин для двух контуров приведен на рис. 1.

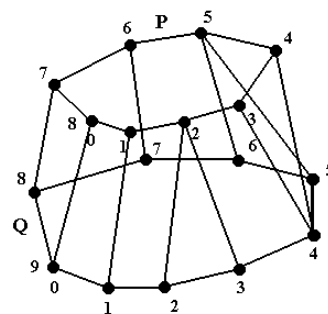


Рис. 1

Работа трансформации определяется двумя типами преобразований – растяжением (сжатием) и изгибом. Работа растяжения (сжатия) характеризуется изменением расстояния между двумя соседними вершинами контура при трансформации. Работа изгиба характеризуется изменением угла, который образуют три соседние вершины контура. Минимальной работой по преобразованию контура  $P$  с начальной вершиной  $p^0$  в контур  $Q$  с начальной вершиной  $q^0$  назовем

$$W_{\min}(P, p^0, Q, q^0) = \min \left\{ W(S) \mid S \in \Omega(P, p^0, Q, q^0) \right\},$$

где  $W(S)$  – работа, соответствующая трансформации  $S$ ;  $\Omega(P, p^0, Q, q^0)$  – множество допустимых трансформаций контура  $P$  с начальной вершиной  $p^0$  в контур  $Q$  с начальной вершиной  $q^0$ .

Все соответствия между вершинами контуров  $P$  и  $Q$  можно представить с помощью матрицы размерности

$(m+2) \times (n+2)$  (с учетом того, что  $p^{m+1} = p^0$ ,  $q^{n+1} = q^0$ ) или графа (рис.2а). Вертикалям в этом случае соответствуют вершины контура  $P$ , а горизонталям - вершины  $Q$ . Точка на пересечении вертикали  $i$  и горизонтали  $j$  соответствует паре вершин  $(p^i, q^j)$ .

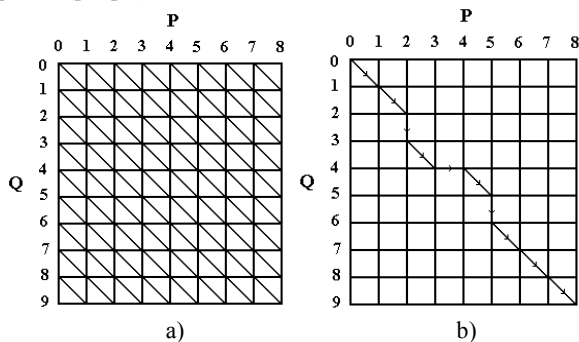


Рис.2

Трансформацию можно представить в виде пути на этом графе, начинающегося в точке  $(0,0)$  и заканчивающегося в точке  $(m+1, n+1)$ . На рис.2б приведен пример такого представления для трансформации, изображенной на рис.1. Таким образом, задача о нахождении минимальной работы по преобразованию контура  $P$  с начальной вершиной  $p^0$  в контур  $Q$  с начальной вершиной  $q^0$  сводится к задаче о поиске кратчайшего пути на графе. Минимальной работой по преобразованию контура  $P$  в контур  $Q$  назовем

$$W_{\min}(P, Q) = \min \left\{ W_{\min} \left( (P, p^0), (Q, q^0) \right) \mid p^0 \in P, q^0 \in Q \right\}$$

Для того, чтобы мера различия была нечувствительна к линейным размерам, перед сравнением координаты вершин контура необходимо нормировать. При этом процедура нормирования не должна зависеть от положения контура в пространстве. Предлагается использовать нормирование по радиусу минимального круга, содержащего контур.

#### 4. ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА

Ниже приведен пример использования предлагаемого метода: при определении типа вертолета по силуэту корпуса. Был составлен эталонный набор изображений. Внешний контур каждого предъявляемого изображения поочередно сравнивался со всеми эталонными контурами и эталонные контуры упорядочивались по степени сходства.

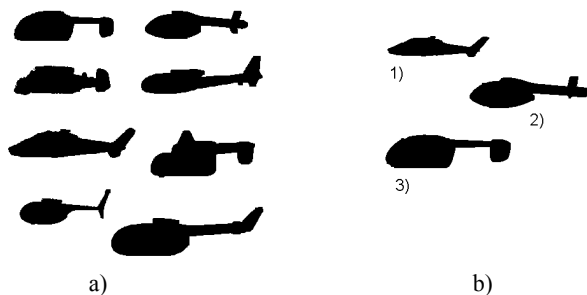


Рис.3

На рис.4а, б, с приведены результаты сравнений с набором эталонных изображений (рис.3а) для силуэтов 1, 2 и 3 (рис.3б) соответственно. В каждой из таблиц приведены

наиболее похожие эталонные контуры и значения минимальной работы по их преобразованию в предъявляемый контур.

	94,458		72,735		73,817
	109,810		85,009		76,806
	111,020		91,996		77,933
	127,008		92,689		92,654

Рис.4

#### 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный метод позволяет сравнивать изображения плоских фигур. Метод устойчив к изменению размеров фигур и их расположения. По результатам проведенных экспериментов использование метода представляется достаточно эффективным.

#### 6. ЛИТЕРАТУРА

1. Местецкий Л.М. Непрерывный скелет бинарного растрового изображения. Труды межд. конф. "Графикон-98", Москва, 1998.
2. T.W.Sederberg, E. Greenwood. A physically based approach to 2-D shape blending. *Computer Graphics* 26(2), 25-34, 1992.

#### Shape comparison based on the outline

morphing

Ivan Reyer

CCRAS

Moscow, Russia

#### Abstract

In the paper the method of comparison of the images of objects is presented. The method includes three stages.

1. Building the binary image of the object by segmentation of the scene.
2. Construction of external continuous outline of the binary image as a closed polygonal contour.
3. Comparison of outline contours using a mechanical model of a contour.

**Keywords:** binary bitmap, continuous outline, morphing

#### Автор:

Рейер Иван Александрович – аспирант ВЦ РАН.

Адрес: Москва, Вавилова, 40, ВЦ РАН.

E-mail: john-reyer@usa.net