

## Об одном методе сегментации растровых объектов для задач преобразования формы

Домахина Л. Г.

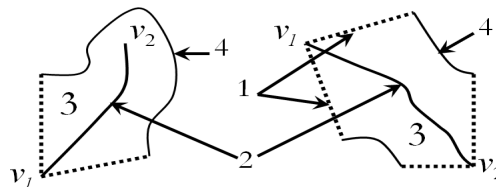
ludmila.domakhina@gmail.com

Москва, МГУ ВМиК, кафедра Математических методов прогнозирования

Сегментация цифровых изображений является важной задачей современных систем машинного зрения и искусственного интеллекта. Под *сегментацией растровых объектов* будем понимать разбиение области, аппроксимирующей растровый объект, на множество подобластей.

*Скелетом многоугольной фигуры* [1] называется множество центров максимальных вписанных в нее окружностей. Скелет представляет собой планарный граф, *вершинами* которого являются центры окружностей, касающихся границы в трёх и более точках, а *ребрами* — серединные оси, линии, состоящие из центров окружностей, касающихся границы в двух и более точках. *Гранично-скелетное представление растрового изображения* — это скелет аппроксимирующей фигуры вместе с множеством всех вписанных пустых кругов.

Предлагается метод сегментации растрового объекта, основанный на построении его гранично-скелетного представления. В скелетном графе растрового объекта каждая вершина скелетного графа, кроме листовых, соединяется с ближайшей точкой границы аппроксимирующей фигуры так называемыми *радиальными отрезками*. Минимальное подмножество точек исходного объекта, ограниченное ребром скелетного графа и соответствующими радиальными отрезками, назовем *собственной областью ребра* (Рис. 1).



**Рис. 1.** Собственные области ребер скелета: 1 — радиальные отрезки; 2 — ребро скелета  $v_1v_2$ ; 3 — собственная область, соответствующая  $v_1v_2$ ; 4 — граница аппроксимирующей фигуры.

**Теорема 1.** *Собственные области двух любых различных ребер скелетного графа растрового объекта не пересекаются.*

---

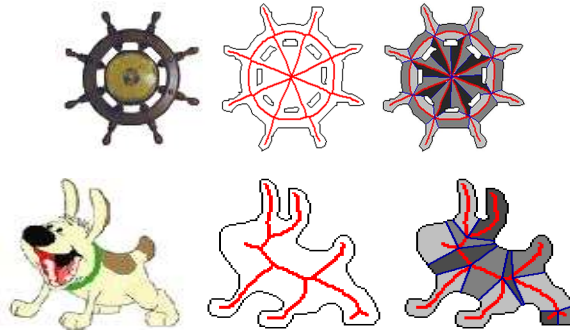
**Алгоритм 1.** Алгоритм сегментации растрового объекта на основе его гранично-скелетного представления.

---

**Вход:**  $I_j(x, y) \subseteq I(x, y)$  — растровый объект на изображении  $I(x, y)$ ;

**Выход:**  $Seg_j(x, y)$  — сегментация  $I_j(x, y)$ ;

- 1: построение  $B_j(x, y)$  — граничной аппроксимации фигуры  $I_j(x, y)$ ;
  - 2: построение скелета  $Sk_j(x, y)$  фигуры  $B_j(x, y)$ ,  $n$  — число его ребер;
  - 3: для всех вершин скелета  $v_k$ , таких, что  $\deg(v_k) \geq 3$
  - 4: построить радиальные отрезки из  $v_k$  к  $B_j(x, y)$   
(их число равно  $\deg(v_k)$ );
  - 5: для всех ребер скелета  $v_i v_{i+1}$  по всем  $i = 0, \dots, n$
  - 6: найти собственную область  $\text{SubArea}(v_i v_{i+1})$ ;
  - 7:  $Seg_j(x, y) = \bigcup_{i=0}^{n-1} \text{SubArea}(v_i v_{i+1})$  — искомая сегментация  $I_j(x, y)$ .
- 



**Рис. 2.** Сегментация растровых объектов: объект — гранично-скелетное представление — скелетная сегментация.

**Теорема 2.** Объединение собственных областей всех ребер скелетного графа растрового объекта дает весь объект.

В силу теорем 1 и 2 описанный метод дает разбиение объекта на собственные области, которое и будем считать искомой *скелетной сегментацией* (Рис. 2), а собственные области — его сегментами.

Предложенный метод сегментации может быть применен для решения задач преобразования формы растровых изображений.

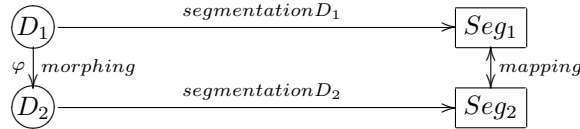
Назовем два растровых объекта *содержательно близкими*, если их скелетные графы изоморфны. Рассмотрим следующие задачи.

**Задача 1.** Дано: содержательно близкие растровые объекты  $D_1$  и  $D_2$ . Необходимо: раскрасить  $D_2$  в соответствии с раскраской  $D_1$ .

**Задача 2.** Дано: содержательно близкие растровые объекты  $D_1$  и  $D_2$ . Найти: гомеоморфное преобразование объекта  $D_1$  в  $D_2$ .

Задача 2 может быть решена с помощью построения двух промежуточных скелетных сегментаций объектов  $D_1$  и  $D_2$ . Основная идея решения заключается в том, что изоморфные сегментации можно непрерывно и взаимно однозначно отобразить друг на друга — построить гомеоморфизм  $\varphi: D_1 \rightarrow D_2$ . При этом каждый сегмент прообраза  $D_1$  необходимо отобразить на соответствующий по изоморфизму сегмент образа  $D_2$ .

Для решения задачи 1 построим гомеоморфное преобразование  $\varphi$  фигур  $D_1$  в  $D_2$  как решение задачи 2. Тогда цвета точек растра  $x \in D_2$  можно интерполировать с помощью цветов соответствующих точек прообраза  $\varphi^{-1}(x)$ .



Таким образом, с помощью скелетной сегментации можно решать задачи преобразования формы растровых объектов. В практических приложениях использование скелета как множества всех срединных осей сильно сужает класс решаемых задач. Часто используются различные «стрижки» скелета, например, выделение фундаментальной части — базового скелета [3]. В работе [2] описан метод гомеоморфного отображения односвязных объектов с изоморфными базовыми скелетами, который является частным случаем задачи 2 для односвязных объектов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 05-01-00542.

**Литература**

[1] Местецкий Л. М. Скелет многосвязной многоугольной фигуры. // Труды 15 междунар. конф. ГРАФИКОН-2005, Новосибирск — С. 242–249.  
 [2] Местецкий Л. М., Петрова Л. Г. Расчет гомеоморфизма односвязных многоугольных областей с изоморфными базовыми скелетами. // Искусственный интеллект. — Симферополь, 2006.  
 [3] Местецкий Л. М., Рейер И. А. Непрерывное скелетное представление изображения с контролируемой точностью. // Труды 13 междунар. конф. ГРАФИКОН-2003, Москва — С. 246–249.