

С.С. САДЫКОВ

**Формирование безразмерных
коэффициентов формы замкнутого
дискретного контура**

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
г. Муром

Предложен алгоритм выделения выпуклых, вогнутых и линейных участков и их длин замкнутой дискретной кривой. На основе этих и других характеристик контура формируется набор безразмерных признаков для распознавания плоских объектов.

Контур и его характеристики довольно часто используются для решения задач распознавания объектов на изображении[1; 2], особенно в системах технического зрения[3; 4]. Одной из важных характеристик контура объекта является кривизна[5; 6; 7], на основе которой удается идентифицировать как отдельные[6; 8; 9], так и наложенные плоские объекты[7; 9; 10] с достаточно высокой точностью. Однако в некоторых случаях единственного признака контура – кривизны в его точках, оказывается недостаточным для обеспечения требуемой точности распознавания объектов[11-16].

Данная статья посвящена разработке алгоритма выделения выпуклых, вогнутых и линейных участков дискретного замкнутого контура и формированию на их основе нескольких его характеристик и тем самым расширить число признаков описания объектов, что позволит повысить точность их распознавания.

Особенность алгоритма состоит в следующем.

I. Пусть дан дискретный одноточечный замкнутый контур бинарного изображения некоторого объекта, который получен с помощью алгоритма, приведенного в [9], и состоящий из 4-х и D-связных точек [3] (рис. 1).

а) путем подсчета числа единиц по рис. 1, определяется общее количество точек P_0 , образующих контур;

б) определяется (по рис.1) общая длина $L_{\text{кон}}$. контура с учетом характеристики прямоугольной сетки дискретизации [2; 3] путем обхода его маской 3×3 (рис.2,а), в центре которой всегда находится текущая точка контура В.

$$L_{\text{кон.}} = [1(N1 + N3 + N5 + N7) + \sqrt{2}(N2 + N4 + N6 + N8)],$$

где,

$N1, N3, N5, N7$ – количество точек контура, в направлении 1,3,5,7 от текущей (рис. 2,б);

$N2, N4, N6, N8$ – количество точек контура, в направлении 2,4,6,8 от текущей (рис. 2,б).

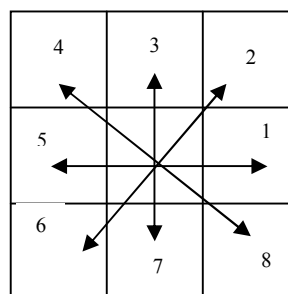
Схемы расположения и виды направлений обхода точек контура маской 3×3 даны на рис.2.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис.1. Дискретный одноточечный замкнутый контур

3	2	1
4	В	8
5	6	7

а)



б)

Рис. 2 .Схемы окрестности 3×3 текущей точки В при обходе контура (рис.2,а) и возможных направлений перемещения от нее на дискретном изображении

(рис.2,б).

II. Определяются (по рис.1) значения кривизны в точках дискретного контура (рис.3) с помощью алгоритма, приведенного в [5; 9] (точки с значениями 1 соответствуют нулевой кривизне).

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	135	1	1	1	0	135	1	135	0	0	0	0
0	0	135	0	0	0	0	90	0	0	0	1	0	0	0
0	0	135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135	0	0
0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0
0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	135	0	0
0	0	135	135	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135	0	0
0	135	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135	0
0	0	90	0	135	0	0	0	0	0	0	0	0	135	0
0	0	0	0	135	0	0	135	1	135	0	135	135	0	0
0	0	0	0	0	135	135	0	0	0	90	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 3. Дискретный однотоочечный замкнутый контур с указанными значениями кривизны в его точках

III. Определяются опорные точки выпуклых и вогнутых участков контура.

а) точки контура с значениями 90 и 135 (рис.3) назовем опорными точками выпуклых и вогнутых участков, вокруг них формируются эти участки.

б) на рис. 3 точки внутри контура обозначим через \underline{z} (можно использовать любые другие символы) (рис.4).

в) формулируются условия отнесения опорных точек контура к выпуклым и вогнутым участкам:

1) если количество внутренних точек \underline{z} в окрестности 3×3 опорной точки В контура с значением 90 меньше количества внешних точек $\underline{0}$, то данная опорная точка является точкой выпуклого участка (рис. 5,а);

2) если количество внутренних точек \underline{z} в окрестности 3×3 опорной точки В контура с значением 90 больше количества внешних точек $\underline{0}$, то данная опорная точка является точкой вогнутого участка (рис.5,б);

3)если количество внутренних точек $\underline{2}$ в окрестности 3×3 опорной точки В контура с значением 135 меньше количества внешних точек $\underline{0}$, то данная опорная точка является точкой выпуклого участка (рис.5,в);

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	135	1	1	1	1	135	1	135	0	0	0	0
0	0	135	2	2	2	2	90	2	2	2	1	0	0	0
0	0	135	2	2	2	2	2	2	2	2	2	135	0	0
0	0	0	90	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0
0	0	90	2	2	2	2	2	2	2	2	2	135	0	0
0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	90	0
0	0	0	0	90	2	2	2	2	2	2	2	135	0	0
0	0	135	135	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0
0	135	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	135	0	0
0	135	2	90	2	2	2	2	2	2	2	2	2	135	0
0	0	90	0	135	2	2	2	2	2	2	2	2	135	0
0	0	0	0	135	2	2	135	1	135	2	135	135	0	0
0	0	0	0	0	135	135	0	0	0	90	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 4. Дискретный одноточечный замкнутый контур с отмеченными внутренними и внешними точками

4)если количество внутренних точек $\underline{2}$ в окрестности 3×3 опорной точки В контура с значением 135 больше количества внешних точек $\underline{0}$, то данная опорная точка является точкой вогнутого участка (рис.5,г).

1	2	135
0	90	0
0	0	0

а)

2	2	135
2	90	0
2	2	135

б)

0	135	2
0	135	2
0	0	1

в)

2	2	90
2	135	0
2	1	0

г)

Рис. 5. Примеры выпуклых и вогнутых участков с опорными точками 90 и 135

г) значениям опорных точек отвечающих условиям 1),3) присваивается знак плюс(+90, +135), а значениям опорных точек

отвечающих условиям 2),4) присваиваются знак минус(-90, -135) (рис.6).

д) по рис.6 подсчитывается количество точек, имеющих значение: +90 — M1 ; -90 — M2 ; +135 — M3 ; -135 — M4 .

			+135	1	1	1		+135	1	+135				
		+135					-90				1			
		+135										+135		
			-90									1		
		+90										-135		
			1										+90	
				-90									-135	
		+135	-135									1		
+135												-135		
+135			-90										+135	
		+90		-135										+135
				+135			-135	1	-135		-135	+135		
					+135	+135				+90				

Рис. 6. Опорные точки выпуклых и вогнутых участков односточечного замкнутого контура с присвоенными им знаками

VI. Вычисляются (по рис.6) длины выпуклых, вогнутых и линейных участков образованных точками с нулевой кривизной, исходя из следующих положений:

а) поскольку выпуклый(вогнутый) участок контура с опорной точкой 90 образуется тремя точками, из которых одна точка— опорная, две другие точки являются D-связными точками(например,рис.7,а), то длина L_i выпуклого(вогнутого) участка в данной опорной точке определяется так:

$$L_i = 2 \times \sqrt{2}$$

б) поскольку выпуклый(вогнутый) участок контура с опорной точкой 135 образуется тремя точками, из которых одна точка— опорная, одна точка является 4-связной, другая --- D-связной(например,рис.7,б), то длина L_j выпуклого(вогнутого) участка в данной опорной точке определяется так:

$$L_j = 1 + \sqrt{2}$$

в) поскольку линейный участок контура ,образуется только единичными 4-х или D-связными точками (например,рис.7,в,г), то длина L_{k4} или L_{sD} данного линейного участка определяется так:

$$L_{k4} = 1 \times A^4 ;$$

$$L_{sD} = \sqrt{2} \times A^D ,$$

где

A^4 - количество 4-х связанных точек, входящих в данный линейный участок контура;

A^D – количество D-связанных точек, входящих в данный линейный участок контура.

$k=1...K$ – количество линейных участков контура, образованных 4-х связными точками;

$s = 1....S$ - количество линейных участков контура, образованных D-связными точками.

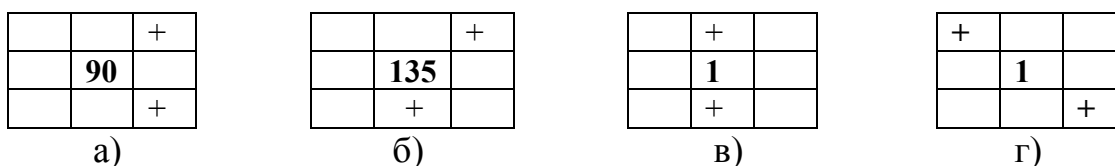


Рис.7. Примеры расположения точек в окрестности опорных(90,135) и нулевых точек для определения длины выпуклых, вогнутых и линейных участков контура

VII. Определяются общая длина выпуклых, вогнутых и линейных участков всего контура:

$$L_{\text{общ.вып.}} = M1L_i + M3L_j ;$$

$$L_{\text{общ.вог.}} = M2L_i + M4L_j ;$$

$$L_{\text{общ.лин.}} = KL_{k4} + SL_{sD} .$$

VIII. Определяется площадь бинарного изображения $S_o = P_o + B$, где B – количество внутренних точек контура.

IX. Рассчитываются безразмерные коэффициенты формы одноточечного замкнутого контура, инвариантные к повороту и перемещению(возможно и к изменению масштаба) объекта в поле зрения распознающей системы.

а) коэффициент выпуклости контура

$$K_{\text{вып.}} = L_{\text{общ.вып.}} / L_{\text{кон}} ;$$

б) коэффициент вогнутости контура

$$K_{\text{вог.}} = L_{\text{общ.вог.}} / L_{\text{кон}} ;$$

в) коэффициент линейности контура

$$K_{\text{лин.}} = L_{\text{общ.лин.}} / L_{\text{кон}} ;$$

г) частный коэффициент выпуклости контура

$$K_{m1} = M1 L_i / L_{\text{кон}} ;$$

д) частный коэффициент выпуклости контура

$$K_{м3} = M_3 L_j / L_{кон} ;$$

е) частный коэффициент выпуклости контура

$$K_{м4} = M_4 L_j / L_{кон} ;$$

ж) частный коэффициент выпуклости контура

$$K_{м6} = M_6 L_j / L_{кон} ;$$

з) частный коэффициент выпуклости контура

$$K_{к4} = L_{к4} / L_{кон} ;$$

и) частный коэффициент выпуклости контура

$$S_{sD} = L_{sD} / L_{кон} ;$$

к) частотность общей выпуклости контура

$$N_{вып. общ.} = (M_1 + M_3) / P_o ;$$

л) частотность общей вогнутости контура

$$N_{вог. общ.} = (M_2 + M_4) / P_o ;$$

м) частотность общей линейности контура

$$N_{лин. общ.} = (K + S) / P_o ;$$

н) Д-коэффициент, определяемый как отношение

$$D = P_o / S_o.$$

Х. Формируется вектор признаков формы конкретного контура { $K_{вып.}$, $K_{вог.}$, $K_{лин.}$, $K_{м1}$, $K_{м3}$, $K_{м4}$, $K_{м6}$, $K_{к4}$, S_{sD} , $N_{вып. общ.}$, $N_{вог. общ.}$, $N_{лин. общ.}$, D }, который может быть использован для распознавания плоских объектов по контурам их бинарных изображений.

При необходимости можно расширить пространство признаков используя такие отношения как

$$M_1 / P_o; M_3 / P_o; M_2 / P_o; M_4 / P_o; K / P_o; S / P_o \text{ и т.д.}$$

или же характеристики выпуклой оболочки контура и различные моменты.

Заключение

Следует отметить, что выделенные здесь значения кривизны, вогнутые, выпуклые, линейные участки дискретного контура, ни в коем случае не равны этим характеристикам данного контура на непрерывной плоскости, а лишь являются величинами отражающими основные особенности аналогового контура для решения ряда задач распознавания плоских объектов.

Литература

1. Абламейко, С.В. Обработка изображений : технология, методы, применение/ С.В. Абламейко, Д.М. Лагуновский. - Минск: Институт технической кибернетики НАН Беларуси, 1999. - 300с.
2. Садыков, С.С. Цифровая обработка и анализ изображений/С.С. Садыков.- Ташкент: НПО «Кибернетика» АН УзССР, 1994. - 193с.
3. Садыков, С.С. Методы и алгоритмы выделения признаков в системах технического зрения/С.С. Садыков, Н.Н. Стулов. – М.: Горячая линия- Телеком, 2005. – 204с.
4. Системы технического зрения: Справочник/В.И. Сырямкин, В.С. Титов, Ю.Г. Якушенков и др. – Томск: МГП «РАСКД», 1992. – 367с.
5. Садыков, С.С. Алгоритм идентификации плоских объектов с использованием минимального числа признаков/ С.С. Садыков, С.В. Савичева//Автоматизация и современные технологии. – 2011. - №7. - С.3-6.
6. Садыков, С.С. Идентификация реальных плоских объектов на основе единственного признак точек их внешних контуров/ С.С. Садыков, С.В. Савичева// Информационные технологии. – 2011.- №8.- С.13-16.
7. Садыков, С.С. Экспериментальное исследование алгоритма идентификации наложенных объектов на основе алгоритмов трансформации контуров и α -функции/ С.С. Садыков, С.В. Савичева, А.С. Веденин// Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2012. №19. С. 188-196.
8. Садыков, С.С. Компьютерное исследование технологии сортировки плоских объектов на конвейере/ С.С. Садыков, С.В. Савичева// Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2012. №22. С. 104-109.
9. Садыков, С.С. Распознавание отдельных и наложенных плоских объектов// С.С. Садыков, С.В. Савичева. –Владимир: Изд-во ВлГУ, 2012. – 264с.
10. Садыков, С.С. Сравнение алгоритмов распознавания наложенных объектов на основе α -функции и на основе особых участков/ С.С. Садыков, С.В. Савичева, В.А. Комков// Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2012. №19. С.197-202.
11. Садыков, С.С. Алгоритм определения длины и ширины дискретных площадных объектов/ С.С. Садыков, Д.Н. Стародубов// Автоматизация и современные технологии. – 2007. - №10 . - С.10-15.
12. Садыков, С.С. Идентификация реальных плоских объектов на основе их сигнатуры/ С.С. Садыков, С.В. Савичева// Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2012. - №1. – С.17-20.
13. Садыков, С.С. Технология выделения области кисты на маммограмме/ С.С. Садыков, Е.А. Захарова, Ю.А. Буланова//Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. - 2013. - №1(43). - С.7-12.
14. Садыков, С.С. Диалоговая система анализа маммографических снимков/ С.С. Садыков, Ю.А. Буланова, Е.А. Захарова// Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2012. №19. С.155-167.
15. Исследование маркерного водораздела для выделения области рака молочной железы/ С.С. Садыков, Ю.А. Буланова, Е.А. Захарова, В.С. Яшков// Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2013. №1(23). С.56-64.
16. Садыков, С.С. Распознавание плоских объектов при их наложении/ С.С. Садыков, С.В. Савичева// Информационные технологии. –2013.- №2.- С.43-46.