

矩形和(椭)圆区域目标的分类识别

朱殿尧^{1,2}, 卞红雨²

(1. 华北光电技术研究所, 北京 100015; 2. 哈尔滨工程大学水声工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要:研究了矩形与(椭)圆形区域目标的分类识别问题,详细阐述了区分矩形和(椭)圆形区域目标的方法和步骤。在二值图像中存在着不同角度和尺寸的矩形与(椭)圆形区域目标,通过两种目标的面积、周长与其边界框对应参数的关系很好地区分了矩形和(椭)圆形目标,并给出目标的中心位置、长度(或长轴长)、宽度(或短轴长)、周长、面积及最小惯性轴的角度等重要几何参数。该方法直观,且具有旋转、平移、尺度不变性。

关键词:图像处理;目标分类;矩形;椭圆;面积;周长

中图分类号:TP391.41 **文献标识码:**A

Classification between rectangular and ellipsoid/circular areas

ZHU Dian-yao^{1,2}, BIAN Hong-yu²

(1. North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China;

2. The Underwater Acoustic Engineering School of Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: The classification between rectangular and ellipsoid/circular areas was studied, and the method and steps was listed in detail. There were rectangular and ellipsoid/circular areas which had different areas and different obliquities in bio-value image. The rectangular areas and ellipsoid/circular areas targets could be classified by the parameters such as area, perimeter length and bounding box. And some important parameters such as the center position, length (major axis), width (minor axis), perimeter length, area, and the obliquity of the minor inertia axis were also given. The new method proposed in this paper was obvious and have rotation invariability and translation invariability.

Key words: image processing; target classification; rectangular; ellipse; area; perimeter length

1 引言

基于目标区域的形状进行目标识别是计算机视觉领域的重要内容。现有目标识别算法大致可以分为以下几大类:①经典的霍夫变换(Hough Transform)及其各种改进算法^[1-2];②遗传算法^[3];③统计算法^[4];④基于椭圆几何特性的算法^[5-6]。

本文主要介绍了对矩形和(椭)圆形目标进行分类的方法和步骤。首先确定待识别目标区域的几何中心、面积和周长,然后计算区域的最小惯性轴角度,并对目标进行旋转使最小惯性轴水平,此时再计算目标的边框,如果目标是矩形,则目标边框的长和宽就是矩形目标的长和宽,如果目标是椭圆则是椭圆的长轴长和短轴长,当长轴长与短轴长相等时可

确定目标是圆形区域。在理想情况下,对于矩形区域,旋转后,边框内将充满区域内的像素;对于(椭)圆形区域,边界框的四个内角处不存在区域像素。因此,矩形区域的面积和周长,相对于(椭)圆区域更接近于边界框的面积和周长。根据区域面积和周长与边界框对应参数的接近程度即可判断区域是矩形还是(椭)圆形。

2 几何参数的获取

几何参数的获取首先需要对分割图像进行标

作者简介:朱殿尧(1983-),男,硕士,通信与信息系统专业,研究方向为图像处理与模式识别。E-mail:laserlaser@sina.com

收稿日期:2009-05-20

记,然后根据标记计算不同区域几何参数。由于二值图像标记算法不是本文阐述的主要内容,有兴趣的读者可参阅文献[7]。

2.1 区域面积

区域面积定义为区域内的像素数,即:

$$A = \sum_{(r,c) \in R} 1 \tag{1}$$

其中, R 表示区域的像素集合; (r, c) 表示集合内的元素。对于一幅标记图像进行遍历,对于每一个不同标号的像素点使对应区域的面积参数加 1,当遍历结束时就得到了不同区域的面积。

2.2 几何中心

$$\bar{r} = \frac{1}{A} \sum_{(r,c) \in R} r \tag{2}$$

$$\bar{c} = \frac{1}{A} \sum_{(r,c) \in R} c \tag{3}$$

中心 (\bar{r}, \bar{c}) 即为区域 R 的平均位置。得到各区域的面积参数后,再次对标记图像遍历,按照式(2)、式(3)进行计算,遍历结束后就得到 (\bar{r}, \bar{c}) 。

2.3 最小惯性轴角度

要计算最小惯性轴的角度首先要计算区域的二阶空间矩 (spatial moment), 三个二阶空间矩定义如下:

二阶行距:

$$\mu_{rr} = \frac{1}{A} \sum_{(r,c) \in R} (r - \bar{r})^2 \tag{4}$$

二阶混合矩:

$$\mu_{rc} = \frac{1}{A} \sum_{(r,c) \in R} (r - \bar{r})(c - \bar{c}) \tag{5}$$

二阶列距:

$$\mu_{cc} = \frac{1}{A} \sum_{(r,c) \in R} (c - \bar{c})^2 \tag{6}$$

其中, μ_{rr} 和 μ_{cc} 分别表示偏离行均值和列均值的程度; μ_{rc} 表示偏离中心的程度,当区域关于通过几何中心的水平线或垂直线对称时,二阶混合矩 μ_{rc} 为 0。最小惯性轴与水平方向的夹角为 α , 它的一个估计 $\hat{\alpha}$ 与二阶矩有如下关系:

$$\begin{aligned} \tan 2\hat{\alpha} &= \frac{2 \sum (r - \bar{r})(c - \bar{c})}{\sum (r - \bar{r})^2 - \sum (c - \bar{c})^2} \\ &= \frac{2 \frac{1}{A} \sum (r - \bar{r})(c - \bar{c})}{\frac{1}{A} \sum (r - \bar{r})^2 - \frac{1}{A} \sum (c - \bar{c})^2} \end{aligned}$$

$$= \frac{2\mu_{rc}}{\mu_{rr} - \mu_{cc}} \tag{7}$$

2.4 边界框

如要粗略地知道一个区域位于一幅图像的什么位置,这时要用到区域的边界框 (bounding box) 这个概念。边界框是一个矩形,由水平和竖直四条边把整个区域围起来并与区域的最上、最下、最左和最右点相接。如图 1(a) 所示椭圆区域和它的边界框 (背景为白色)。但这个边界框不能够准确地提供该椭圆的具体信息,如长轴长和短轴长。椭圆和矩形区域是高度对称的,它们的最小惯性轴都通过几何中心,并且椭圆区域的最小惯性轴就是其长轴所在直线,而矩形最小惯性轴是通过其几何中心并与长平行的直线。根据式(2)、式(3)及式(7),我们能够求得区域的几何中心 (\bar{r}, \bar{c}) 及最小惯性轴的倾角 $\hat{\alpha}$ 。

因此我们可以将图 1(a) 旋转 $\hat{\alpha}$ 角度,得到图 1(b)。此时再求旋转后区域的边界框,这个边界框才是我们需要的。当目标区域是矩形时,边界框的长、宽对应矩形区域的长、宽;当目标区域是椭圆时,边界框的长、宽对应椭圆区域的长轴长和短轴长。该边界框左上点的坐标为 (left, top), 右下点坐标为 (right, bottom), 则可以计算出该区域 (矩形或椭圆) 的几何

中心 (\bar{r}', \bar{c}') , 其中:

$$\bar{r}' = \frac{\text{left} + \text{right}}{2} \tag{8}$$

$$\bar{c}' = \frac{\text{top} + \text{bottom}}{2} \tag{9}$$



(a) 任意角度椭圆及其边界框 (b) 主轴水平椭圆及其边界框

图 1 区域边界框

利用中心偏差距离 $|(\bar{r}', \bar{c}') - (\bar{r}, \bar{c})|$ 的大小可以判断该区域是否为高度对称的。由于其他非高度对称区域形状不是本文讨论的主要内容,所以只给出不同尺寸、不同最小惯性轴角度的矩形和椭圆中心偏差距离 $|(\bar{r}', \bar{c}') - (\bar{r}, \bar{c})|$ 的统计曲线。如图 2、图 3 所示,其中横坐标是个区域标号,纵坐标是 (\bar{r}, \bar{c}) 与 (\bar{r}', \bar{c}') 的欧氏距离。

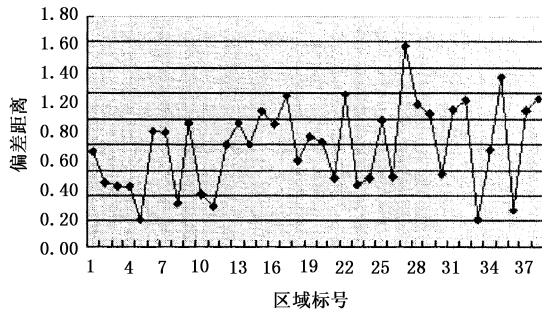


图2 椭圆区域中心偏差统计曲线

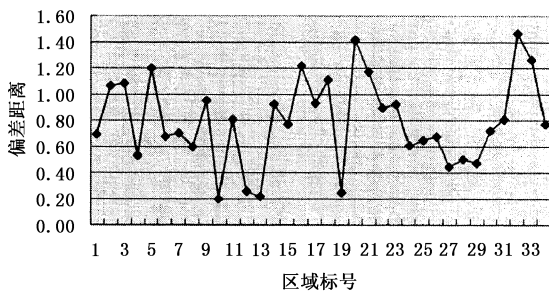


图3 矩形区域中心偏差统计曲线

2.5 周界(perimeter)

周界的长度 P 是区域的另一个全局特征。对于内部无孔区域的周界,定义为其内部边界像素的集合。区域内的像素如果具有该区域外的邻点,则该像素是一个边界像素。如果基于8-连通来判断区域内的像素是否与区域外的像素相邻,那么得到的周界像素的集合就是4-连通的;如果基于4-连通来判断区域内的像素是否与区域外的像素相邻,那么得到的周界像素的集合就是8-连通的。本文基于后者获得周界。

为了算出周界 P 的长度 $|p|$, P 中的像素必须按顺序排成一个序列:

$$p = \langle (r_0, c_0), \dots, (r_{k-1}, c_{k-1}) \rangle \quad (10)$$

序列中前后两个像素是相邻的,包括第一个像素和最后一个像素在内。那么周长 $|p|$ 定义为:

$$|p| = | \{ k | (r_{k+1}, c_{k+1}) \in N_4(r_k, c_k) \} | + \sqrt{2} | \{ k | (r_{k+1}, c_{k+1}) \in N_8(r_k, c_k) - N_4(r_k, c_k) \} | \quad (11)$$

即在周界的水平和垂直方向的两相邻相素使周长加1,而对角线上两相邻相素使周长加 $\sqrt{2}$ 。

在遍历周界元素的过程中,对于某一标记 n ($n > 0$),当某一边缘使周长增加1或 $\sqrt{2}$ 之后将其置为 $-n$,这样就使周界元素不被重复计算。由于陷阱点的存在,实际上周长的计算是比较困难的。如图

4所示,当对标记图像图4(a)的周界遍历进行到图4(b)时,由于对邻域扫描顺序的不同,会发生图4(c)、图4(d)两种情况。对于图4(c),遍历到了陷阱点,找不到下一个邻点,会误判为遍历结束;对于图4(d),会漏掉一个边界点。两种情况都使周长的计算发生错误。对此,笔者首先计算出边界像素数,在遍历周界对周界元素取反的同时使一计数器加1,以此判断遍历周界是否结束,如计数器小于周界元素数,则再次扫描该区域边界点计算周长,直到计数器为边界像素数时,找不到下一个边界点,周长计算结束。

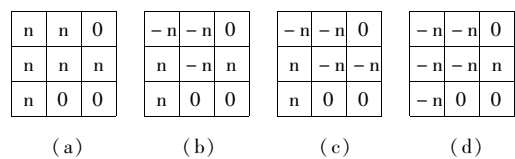


图4 周长计算的两种错误情况

3 特征分析

对于具有相同边界框的矩形区域和(椭)圆形区域,其面积和周长是不同的。利用区域的面积、周长参数与边界框的对应参数进行比较,作为区分矩形区域与(椭)圆形区域的判据。设区域与边框的面积差异为 ΔA :

$$\Delta A = \frac{A}{(\text{right} - \text{left} + 1) \times (\text{bottom} - \text{top} + 1)} \times 100\% \quad (12)$$

设区域与边界框的周长差异为 ΔP :

$$\Delta P = \frac{A}{[(\text{right} - \text{left} + 1) \times (\text{bottom} - \text{top} + 1)] \times 2} \times 100\% \quad (13)$$

经过对各种尺寸、角度的矩形区域和(椭)圆形区域的统计得到如下结论:

- 1) 对于椭圆区域, $\Delta P \in [11.01\%, 24.99\%]$, $\Delta A \in [22.44\%, 33.99\%]$;
- 2) 对于矩形区域, $\Delta P \in [-0.94\%, 10.30\%]$, $\Delta A \in [5.59\%, 20.28\%]$ 。

$\Delta P, \Delta A$ 的统计图如图5、图6所示。为了更直观地说明(椭)圆形区域与矩形区域很好地被分离,以 ΔP 为横坐标,以 ΔA 为纵坐标,将矩形和(椭)圆形区域的特征点画在同一坐标图内,如图7所示。从图中可以看到矩形区域和(椭)圆形区域的特征点是线性可分的。

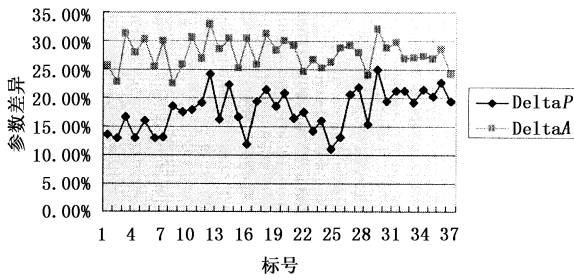


图5 (椭圆)特征统计曲线

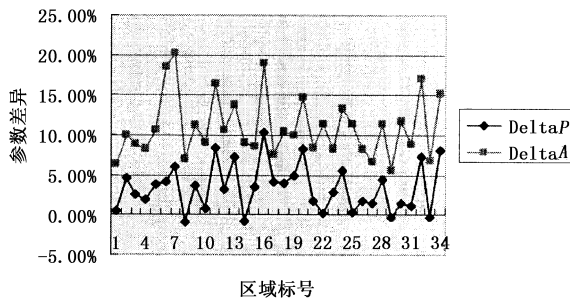


图6 矩形特征统计曲线

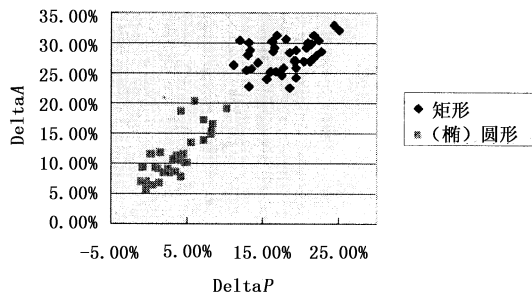


图7 矩形、(椭圆)圆形区域分类示意图

4 分类结果演示

根据第3部分提供的判据对一幅包含矩形区域和(椭圆)圆形区域的二值图像进行分类,很好地区分了矩形区域和(椭圆)圆形区域,如图8所示。表1是各区域的几何参数。表中各参数意义如下:

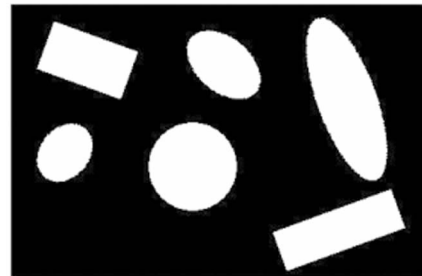
- Top: 区域旋转后边界框左上点的纵坐标;
- Bottom: 区域旋转后边界框右下点的纵坐标;
- Left: 区域旋转后边界框左上点的横坐标;
- Right: 区域旋转后边界框右下点的横坐标;
- CenterX: 区域几何中心的横坐标;
- CenterY: 区域几何中心的纵坐标;
- Obliquity: 区域最小惯性轴倾角;
- Perimeter: 区域周长;
- DeltaP: 区域与边界框面积差异的百分比;
- DeltaA: 区域与边界框周长差异的百分比;

DeltaCenter: 区域几何中心与旋转后区域边界框中心的距离;

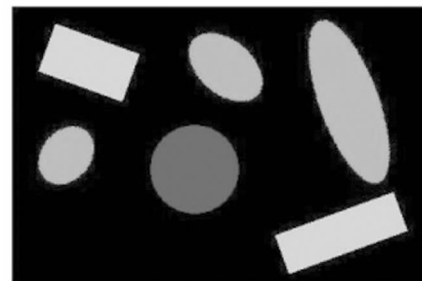
Area: 区域面积;

BorderLength: 区域旋转后边界框的长度;

BorderWidth: 区域旋转后边界框的宽度。



(a)待分类二值图像



(b)分类结果

图8 矩形、(椭圆)圆形区域分类演示

表1 区域几何参数表

区域标记	1	2	3	4	5	6
Top	37	77	108	153	194	189
Bottom	77	160	155	210	243	241
Left	253	132	22	240	30	164
Right	373	215	81	403	116	245
CenterX	313.45	173.50	51.16	320.83	72.80	203.22
CenterY	57.87	118.50	131.75	182.81	219.94	215.70
Obliquity	20.01	0.00	50.08	110.01	160.05	139.85
Perimeter	338.88	275.33	188.53	410.03	281.60	231.16
DeltaP/%	-4.59	18.06	12.72	7.65	-2.78	14.39
DeltaA/%	5.60	22.05	24.10	24.44	6.18	25.91
DeltaCenter	0.98	0.00	0.42	1.47	1.46	1.46
Area	4683	5500	2186	7187	4081	3220
BorderLength	121	84	60	164	87	82
BorderWidth	41	84	48	58	50	53

5 结论

利用区域的周长、面积等参数定义了区域与边

界的周长差异和面积差异等特征量,通过对大量的不同尺寸、角度的矩形区域和(椭)圆形区域的统计分析,很好地区分了它们的特征点,从而达到分类目的,并且给出了区域的重要几何特征。该方法具有旋转、平移、尺度不变性。

参考文献:

- [1] Y Wei. Circle detection using improved dynamic generalized Hough transform (IDGHT) [C]//1998 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS98). USA: IEEE Publications, 1998: 1190 - 1192.
- [2] S C Zhang, Z Q Liu. A new algorithm for real-time ellipse detection [C]//2003 International Conference on Machine Learning and Cybernetics. USA: IEEE Publications, 2003: 602 - 607.
- [3] T Kawaguchi, R I Nagata. Ellipse detection using a genetic algorithm [C]//Proceedings of the 14th International Conference on Pattern Recognition. USA: IEEE Computer Society Press, 1998: 141 - 145.
- [4] Q Ji, RM Haralick. A statistically efficient method for ellipse detection [C]//Proceedings of 1999 International Conference on Image Processing. USA: IEEE Computer Society Press, 1999: 730 - 734.
- [5] Y H Xie, Q Ji. A new efficient ellipse detection method [C]//Proceedings of the 16th International Conference on Pattern Recognition. USA: IEEE Computer Society Press, 2002: 957 - 960.
- [6] O M Elmowafy, M C Fairhurst. Improving ellipse detection using a fast graphical method [J]. Electronics Letters, 1999, 35(2): 135 - 137.
- [7] A Rosenfeld, J L Pfaltz. Sequential operations in digital picture processing [J]. Assoc. Comput. Machinery, 1966, 13: 471 - 494.

现代科技 光电信息 内容丰富 开卷有益

敬请订阅《激光与红外》杂志(月刊)

《激光与红外》杂志是中国光学光电子行业协会、电子工业激光与红外专业情报网、中国电子学会量子电子学与光电子学分会的联合刊物,国内外公开发行人。报道以激光与红外为重点的光电子技术及应用领域的科技进展、新技术成果等。主要栏目有:综述与评论、激光技术、红外技术、光电材料器件、光学元件与材料、光纤技术、图像与信号处理、市场动态、企业介绍、行业概况等。是国内本专业创刊最早的刊物之一。本刊为中国科技论文统计源期刊、中文核心期刊,并被“中国期刊网”、“中国科技期刊(光盘版)”、“万方数字化科技期刊群”、“中文科技期刊数据库”和美国 CA、中国台湾华艺等数据库全文收录。

本刊为月刊,大 16 开本,2010 年每期定价 16 元,全年定价 192 元。

订阅办法:可在全国各地邮局订阅,邮发代号 2 - 312。也可直接向本刊编辑部订阅。汇款方式:开户行:中国工商银行北京市望京支行营业部,帐号:0200003509089113201,户名:《激光与红外》杂志社;邮局汇款请寄:北京 8511 信箱,激光与红外杂志社收,邮编:100015。

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告

地址:北京市 8511 信箱《激光与红外》杂志社(100015) 电话:010 - 84321112 传真:010 - 64387667
http://www.laser-infrared.com E-mail:paper@laser-infrared.com jgyhw@ncrileo.com.cn