

文章编号:1001-9081(2011)05-01214-03

doi:10.3724/SP.J.1087.2011.01214

# 凸形目标的快速区域修正与标记算法

丘柳东, 王牛, 李祖枢

(重庆大学智能自动化研究所, 重庆 400044)

(wangniuwn123@163.com)

**摘要:**为了解决常规区域标记算法难以消除凸形目标的内孔与凹陷对目标识别的影响,提出一种适用于凸形目标的快速区域修正与标记算法。通过扫描线端点搜索算法消除图像分割后产生的内孔,利用凸形目标的相关理论解决目标区域的凹陷,使修正后的区域更加接近于实际目标区域,能够获取包括轮廓在内的特征,实时性好,提高了目标识别的精度。将其应用到机器人足球竞赛中,取得了良好的效果。

**关键词:**区域标记; 区域修正; 目标识别; 机器人足球; 特征获取

**中图分类号:** TP751.1; TP391.41   **文献标志码:**A

## Fast component amending and labeling algorithm for convex objects

QIU Liu-dong, WANG Niu, LI Zu-shu

(Institute of Intelligent Automation, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** Concerning the recognition influence of the inner hole and concave, which is hard to eliminate by the average component labeling algorithms, a new component labeling and amending algorithm was presented for convex objects. The presented algorithm used the scan line port search algorithm to solve the inner hole, used the theory of convex to object to eliminating the concave. This algorithm makes the fixed object component more like the original component, and it can extract the characteristics including contour with good real-time performance, and improves the precision of object recognition. The presented algorithm has been applied in robot soccer competition and works successfully.

**Key words:** component labeling; component amending; object recognition; soccer robot; characteristic extraction

## 0 引言

二值图像标记是图像处理的基本环节。对连通区域标记的准确性及其特征描述的详尽性对目标的最后识别具有重大的影响。评价二值图像标记算法的主要指标有实时性、存储空间占用量、连通区域描述的详尽性等。针对不同的指标与应用,大量文献提出了基于不同原理及改进的标记算法。主要有以下几类:1) 基于像素的标记算法<sup>[1-3]</sup>;2) 基于游程的标记算法<sup>[4-5]</sup>;3) 基于扫描线的标记算法<sup>[6-7]</sup>;4) 基于轮廓的标记算法<sup>[8-9]</sup>。以上算法各有其优点与劣势,基于像素与轮廓的算法操作简单,但是实时性不高;基于游程与扫描线的算法具有较高的实时性,但需要较大的临时存储空间;除了基于轮廓的算法外,其他算法都较难获取区域的轮廓信息。

现有文献对于目标区域的修正研究较少,主要是利用广义 Hough 变换<sup>[10-12]</sup>。首先获取图像的边缘信息,利用边缘进行相应的 Hough 变换检测目标,可以解决遮挡问题,但是对具有二次及二次以上曲线的目标进行 Hough 变换检测,实时性差,在现有计算机性能上无法满足实时要求,而且对分割参数的要求也较高。

在很多应用场合,需要识别的目标为凸形或近似凸形物体<sup>[13]</sup>,图像分割及区域标记往往和图像识别联系在一起,由于图像分割算法的限制,目标在分割后会出现内孔与凹陷。内孔与凹陷的出现,对目标的识别与定位造成了巨大的影响,

由于应用场合实时性要求的限制,一般不可能对标记的区域进行再次处理,而是被直接使用。对于对目标识别与定位有较高要求的场合,例如正在兴起的机器人足球竞赛,目标识别的准确性和描述的详尽性,对机器人的决策有着决定性作用。故研究使标记后的连通区域更接近于实际物体的相关算法就显得尤为重要。

为了弥补常规算法无法解决内孔与凹陷的问题,本文提出了一种适用于凸形目标的快速区域修正与标记算法,在满足实时性的同时,完成目标区域修正与标记。整个算法分为两部分。

1) 凸形目标区域中扫描线端点的搜索: 消除内孔,确定扫描线的端点,为目标区域的修正做准备。

2) 凸形目标区域的修正及标记,利用扫描线端点对目标区域进行修正,消除凹陷,并实现修正后的目标区域标记及特征获取。

## 1 凸形目标区域的扫描线端点的搜索

凸形目标中,如果某像素行里有目标像素,则该像素行存在目标区域的一条扫描线,且只有一条,故本文将凸形实体目标看做由多条上下相邻的扫描线组成,扫描线本身的像素是相连的。但是由于现有目标分割算法的限制,分割后的目标区域往往存在内孔及凹陷,造成扫描线分为几段,如图 1 所示。如果不考虑凹陷(通过修正算法解决),则不论内孔的数

收稿日期:2010-10-14;修回日期:2010-11-27。   基金项目:国家自然科学基金资助项目(60804018;60274022;60574076);中央高校基本科研业务费资助项目(CDJZR10170008);重庆市科委自然科学基金资助项目(CSTC 2010BB2237);重庆大学引进人才科研启动基金资助项目。

**作者简介:**丘柳东(1978-),男,广西贵港人,博士研究生,主要研究方向:足球机器人、模式识别、机器视觉; 王牛(1974-),男,重庆人,讲师,博士,主要研究方向:智能控制、智能机器人、复杂系统控制、模式识别、图像处理; 李祖枢(1945-),男,四川三台人,教授,主要研究方向:人工智能、智能自动化、模式识别、智能控制。

量与形状如何,都不会改变扫描线的左右端点,根据这个性质,本文提出了凸形目标区域的扫描线端点搜索算法。

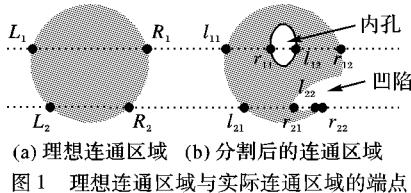


图1 理想连通区域与实际连通区域的端点

### 1.1 端点搜索的主要情形及处理

端点算法中出现的主要情形是已存在的扫描线端点确定与寻找新扫描线,本文就这两种情况给出相应的解决办法。

#### 1.1.1 利用相邻扫描线信息确定端点

如图2所示,假设当前需要确定的是位于上方的扫描线端点,以左端点为例进行说明,右端点类似。如果当前扫描线的左端点不小于相邻下方扫描线的左端点,则左端点不需要比较;否则分析下方扫描线的左端点左上角像素P。如图2所示:1)如果P为目标像素,向左寻找第一个非目标像素,此像素位置加1即为当前扫描线新的左端点;2)如果P为背景像素,向右寻找第一个目标像素,以当前处理扫描线起点位置减2作为终止位置,如果发现目标像素,则为当前扫描线新的左端点,否则当前扫描线的左端点不变。

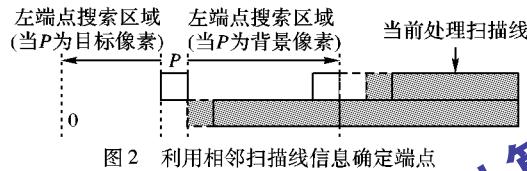


图2 利用相邻扫描线信息确定端点

#### 1.1.2 寻找新扫描线及其端点确定

如果在当前最底层扫描线的下一行出现目标像素,并且与该扫描线的像素相连通,则目标区域增加了一条新的扫描线。以寻找新扫描线左端点为例,说明对新扫描线的判断及其端点的确定。如图3所示,分析当前最底层扫描线左端点的左下角像素P:1)如果P为目标像素,在其所处行向左寻找第一个非目标像素,此像素位置加1即为新扫描线的左端点;2)如果P为背景像素,在其所处行向右寻找第一个目标像素,以当前扫描线右端点位置加1为终止位置,如果存在,则为新扫描线的左端点,否则不存在新游程。

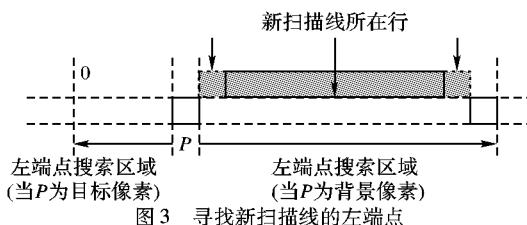


图3 寻找新扫描线的左端点

### 1.2 扫描线端点搜索的主要流程

算法首先寻找一个目标像素,得到一条新的扫描线,并按以下步骤进行处理。

第1步 如果当前操作扫描线位于所有已搜索到的扫描线最上方,分以下两种情况处理:1)如果存在多条已搜索出来的扫描线,转至相邻下方扫描线继续处理;2)如果只存在该条唯一搜索出来的扫描线,则转至第4步。

第2步 如果当前操作扫描线不位于所有已搜索到的扫描线最上方,与其相邻上方的扫描线进行比较,如果上方扫描线的端点信息被改变,则当前操作扫描线转至上方扫描线继续处理;否则转至第3步。

第3步 如果当前操作扫描线不位于所有已搜索到扫描线最下方,转至相邻下方扫描线继续处理;否则转至第4步。

第4步 判断该扫描线相邻下方像素行是否存在新扫描线,如果不存在,则搜索算法结束;否则转至新扫描线继续处理。

## 2 凸形目标区域的修正及标记

对于凸形目标区域,根据凸壳的相关知识,可知扫描线端点在横向与纵向上的极大、极小值位置,如果每个极值的位置数不超过2个,则都为凸点。根据这个性质,本文的修正及标记原理为:首先求取出端点在横向与纵向上的极大与极小值,利用这些极值构造极值四边形,然后在极值四边形的每条边上求取所属的凸点,最后利用凸点修正各扫描线的端点信息,并对目标区域进行标记与特征获取。

### 2.1 极值四边形的确定

在纵向上,最上方与最下方的扫描线所处像素行的位置即是纵向上的极大与极小值,对每条扫描线的左端点求极小值,右端点求极大值,可得到横向上的极大与极小值。如果某个极值存在多个位置,则以顺时针方向选取其第一个出现的位置作为该极值的实际位置。

### 2.2 凸点的求取

对极值四边形每条边上所属的凸点进行求取,即可得到所有的凸点。以横向极小值、纵向极小值构成的边说明凸点的求取过程。

如图4所示,点L、R为横向上的极小、极大值所在位置,点A、B为纵向极小、极大值所在位置。

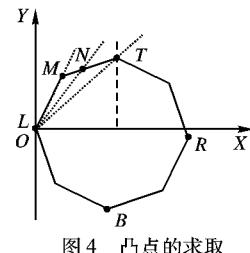


图4 凸点的求取

假设M为从O(L)点出发顺时针遇到的第一个凸点,对于任意一个属于OT之间,且不属于线段OM的边界点N,线段ON的斜率小于线段OM的斜率,即凸点M为OT之间最大斜率的最后一个边界点。进而可知对于凸形目标区域,其L(O)点与T点之间的凸点M满足如下关系:

设M为O点逆时针的第一个凸点,N为OT之间,且非线段OM上的边界点,则线段OM的斜率大于线段ON的斜率。

利用此关系可得到凸点求取算法,主要过程如下:

- 1) 寻找连通区域的L点与T点,令L点为原点O;
- 2) 寻找OT之间与O点形成最大角度的端点M,如果存在多个位置,则取横向为最大的位置;
- 3) 如果点M不是点T,以点M为新的O点,转至2)继续处理;否则结束。

在得到凸点信息后,利用相邻两凸点的连线可以对相关的端点信息进行修正,从而实现将目标区域修复为凸形。

### 2.3 区域标记与特征获取

由于凸形目标区域可以看做是扫描线的集合,扫描线的端点内的像素为目标像素,故只要将扫描线内的像素进行标记,即实现了图像目标区域的标记。而对于区域的面积、中心、最小外接矩形等全局特征,也可在标记中获取。

对于一般标记算法较难获取的轮廓信息,本文算法利用端点信息也可实现。主要处理如下:

1) 当前操作扫描线位置处于最上方或最下方时,则该扫描线内像素全部为轮廓点。

2) 当前操作扫描线位置不处于最上方或最下方时,对与其相邻的上下两条扫描线的左端点进行判断,当前操作扫描线的左端点到三个左端点的最大值之间的像素均为轮廓点(如图 5)。对右端点进行类似处理,则可得到右半部分的轮廓点。

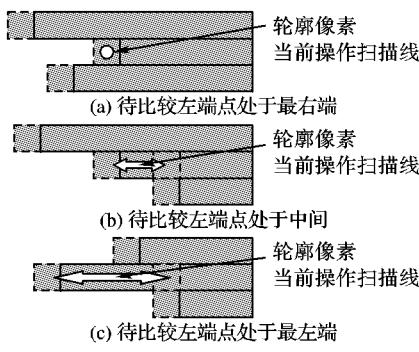


图 5 相邻 3 个游程左端点的位置关系

### 3 比较性实验

#### 3.1 测试环境

图 6(a)中的图像为 RobotCup 中型组比赛需要识别的目标,对其利用 HSI 颜色空间进行图像分割后得到如图 6(b)所示的二值图像,图像大小为  $640 \times 480$ 。通过获取连通区域的面积、中心、最小外接矩形、轮廓,对本文算法与其他算法进行比较,结果见表 1。测试环境为:Windows XP Pro 1.4 GHz, 1 GB DDR RAM, VC++ 6.0 编写相关程序。

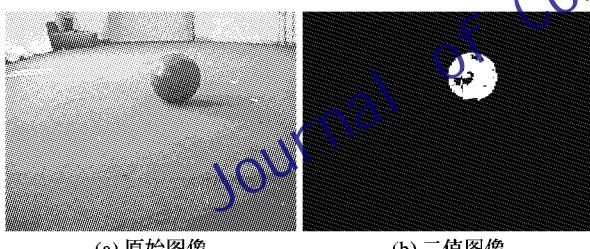


图 6 原始彩色图像及分割后的二值图像

#### 3.2 轮廓重绘及目标修正效果

将图 6(a)中的目标放大,在放大的图像上绘制轮廓(见图 7),未经过区域修正的轮廓锯齿非常明显,而经过修正后的轮廓不仅更接近于圆形,而且使分割后的区域更接近于原始目标区域。

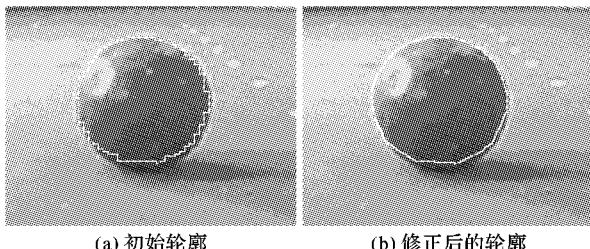


图 7 轮廓重绘及凸壳修正效果

#### 3.3 实时性对比

从表 1 中可以看出,与其他常规区域标记算法相比较,本文的区域标记算法显示了较高的实时性,并且能够实现凸形目标的修正与轮廓获取。

表 1 标记算法的处理时间

算法	区域修正	轮廓获取	处理时间/ms
文献[3]算法	不能	不能	4.873
文献[4]算法	不能	不能	1.964
文献[6]算法	不能	不能	2.345
文献[8]算法	不能	能	4.918
本文算法	能	能	1.986

### 4 结语

凸形目标在成像后,由于图像分割的原因,造成在分割得到的二值图像中,目标的连通区域存在内孔与凹陷,从而影响凸形目标的特征值变化,进而影响目标的识别与定位。本文算法利用凸形目标的相关知识对凸形目标区域进行修复及标记,消除内孔及凹陷的影响,实时性较高。将本文算法应用到足球机器人的球形目标识别中,显示了较好的效果,证明了本文算法的有效性。

#### 参考文献:

- [1] KHANNA V, GUPTA P, HWANG C J. Finding connected components in digital images by aggressive reuse of labels[J]. Image and Vision Computing, 2002, 20(8): 557 - 568.
- [2] DI S L, BULGARELLI A. A simple and efficient connected components labeling algorithm [C]// Proceedings of International Conference on Image Analysis and Processing. Venice, Italy: Institute of Electrical & Electronics Enginee, 1999: 322 - 327.
- [3] YANG Y, ZHANG D. A novel line scan clustering algorithm for identifying connected components in digital images [J]. Image and Vision Computing, 2003, 21(5): 459 - 472.
- [4] 徐利华, 陈早生. 二值图像中的游程编码区域标记[J]. 光电工程, 2004, 31(6): 63 - 65.
- [5] HE LIFENG, CHAO YUYAN, SUZUKI K. A run-based two-scan labeling algorithm [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2008, 17(5): 749 - 756.
- [6] 张荣国, 刘焜. 新区入栈的区域填充扫描线算法[J]. 计算机工程, 2006, 32(5): 63 - 121.
- [7] 李波, 吴琼玉, 刘东华. 快速的复连通区域扫描线图形填充新方法[J]. 国防科技大学学报, 2003, 25(4): 68 - 71.
- [8] CHANG F, CHEN C-J, LU C-J. A linear-time component-labeling algorithm using contour tracing technique computer [J]. Vision and Image Understanding, 2004, 93(2): 206 - 220.
- [9] 桑红石, 傅勇, 张天序. 基于标记信息的快速轮廓跟踪算法[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(9): 315 - 324.
- [10] MARKUS U B, CARSTEN S, ALBERT B. Real-time object recognition using a modified generalized Hough transform [J]. Pattern Recognition, 2003, 36(11): 2557 - 2570.
- [11] LOLLY E K, FLEU M. Multi-sector algorithm for hardware acceleration of the general Hough transform [J]. Image and Vision Computing, 2006, 24(9): 970 - 976.
- [12] JADER M, STELIO M, ANDREA O, et al. Generalized Hough transform: A useful algorithm for signal path detection [J]. Acta Astronautica, 2006, 58(4): 230 - 235.
- [13] DATTA A, PAL S, PAL N R. Connectionist model for convex-hull of a planar set[J]. Neural Networks, 2000, 13(9): 377 - 384.
- [14] CRIMINISI A, PEREZ P, TOYAMA K. Region filling and object removal by exemplar-based image inpainting[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2004, 13(9): 1200 - 1212.