

一种快速的圆检测方法

邱文华, 吴建华, 王 平

(南昌大学 信息工程学院, 江西 南昌 330029)

摘 要: 图像处理中圆的检测及其参数确定是计算机视觉和模式识别中的一项重要任务。通常采用基于 Hough 变换的方法, 但这种方法计算量大、运算速度慢, 对存储空间需求大。为了克服这些缺点, 提出一种快速的圆检测方法, 该方法在普通图像圆检测时具有快速、稳定、准确的特点, 能满足实时性要求。

关键词: 圆检测; Hough 变换; Sobel 算子

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2007)01-0117-02

A Speedy Method of Recognizing the Center of a Circle

QIU Wen-hua, WU Jian-hua, WANG Ping

(College of Information Science & Engineering, Nanchang University, Nanchang 330029, China)

Abstract: Circle recognition and ascertaining its parameters is an important task in computer vision and pattern recognition. Hough transform method is usually applied in this process, but its calculation is too large, the speed is too slow and it needs abundant memory. In order to overcome these shortcomings, put forward a method which can recognize the circle quickly, stably and accurately. Experimental results show that it can satisfy the real time demand.

Key words: circle recognition; Hough transform; Sobel arithmetic operator

0 引 言

圆检测在形态识别领域中占有很重要的地位, 根据圆孔或圆弧的图像求取其中心坐标和半径等特征参数是计算机视觉领域中一个很重要的问题^[1]。Hough 变换因其对图像噪声的鲁棒性而成为圆形轮廓检测的常用方法。Hough 变换的实质是将图像空间内具有一定关系的像元进行聚类, 寻找能把这些像元用某一解析形式联系起来的参数空间累积对应点。在参数空间不超过二维的情况下, 这种变换有着理想的效果。但是, 一旦参数空间增大, 计算量便会急剧上升, 同时耗费巨大的存储空间, 耗时也随之猛增。该方法利用三维空间参数聚类提取圆的经典方法, 其基本思路是根据圆的方程

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2 \quad (1)$$

建立从图像平面 $P(x, y)$ 到三维参数空间 $\Omega(x_0, y_0, r)$ 的映射, 根据参数空间中的直方图统计结果同时得到圆心 (x_0, y_0) 和半径 r 。这种方法的最大特点是可靠性高, 在噪声、变形、甚至部分区域丢失的状态下仍然能取得理想的结果。但是其缺点就是计算复杂、资源需求大。而且在处理复杂图像背景信息干扰时, 会引入大量的无用累积,

使算法性能大大降低, 甚至无法有效提取圆。为克服上述缺陷, 许多文献提出了改进的 Hough 变换提取圆的方法^[2]。比如提出通过 Hough 变换将曲率相近的边缘点聚类提取圆或者采用线段模式 Hough 变换检测圆, 这些方法都是基于圆的边缘轮廓的连续性, 但实际应用中, 并不是所有圆形轮廓都有明显的边缘特征, 即轮廓是不连续的^[3]。所以文中采用的方法是在即使圆有所缺损的情况下仍能将其很好地检测出来。

1 算法流程

通常要处理的图片都为彩色图片。第一步先把彩色图转为灰度图。表达颜色的彩色空间有很多种, 最常见的色彩空间是红绿蓝 (red, green, blue, RGB) 空间, 但 R, G, B 三分量之间有很强的相关性, 直接利用这些分量往往不能得到所需的效果, 而 HIS 空间的优点在于它将亮度 (I) 与反映色彩本质特性的两个参数——色度 (H) 和饱和度 (S) 分开。光照明暗给物体颜色带来的直接影响就是亮度分量 (I), 它与彩色信息无关。而 H 和 S 分量与人感受色彩的方式紧密相连。HIS 空间比较直观并符合人的视觉特性, 因此文中采用 HIS 空间。第二步根据灰度图像直方图设置一个域值将其二值化。第三步对二值化以后的图片边缘检测。目前有较多的边缘检测方法, 如微分法、拟合法等, 它们属于经典的边缘检测方法; 另外还有基于以能量最小为准则的全局检测方法, 其特征是运用严格的数

收稿日期: 2006-03-28

作者简介: 邱文华 (1982-), 女, 江西赣州人, 硕士研究生, 研究方向为数字图像处理; 吴建华, 硕士生导师, 教授, 主要从事数字图像处理的研究; 王 平, 硕士生导师, 副教授, 主要从事数字图像处理的研究。

学方法对此类问题进行分析,并给出一维函数值作为其最终检测的依据,从全局最优的观点出发提取边缘,如松弛法,神经网络分析法等。文中采用 Sobel 算子进行边缘检测。Sobel 算子是一种一阶微分算子,它利用像素邻近区域的梯度值,根据一定的阈值来取舍。Sobel 算子的优点是方法简单、处理快速,且所得到的边缘连续,对于数字图像,常规 Sobel 算子的描述如下,设:

$$A = [f(i-1, j-1) + 2f(i-1, j) + f(i-1, j+1)] - [f(i+1, j-1) + 2f(i+1, j) + f(i+1, j+1)] \quad (2)$$

$$B = [f(i-1, j-1) + 2f(i, j-1) + f(i+1, j-1)] - [f(i-1, j+1) + 2f(i, j+1) + f(i+1, j+1)] \quad (3)$$

A, B 分别为 Sobel 算子在水平、垂直两个方向的模板,则:

$$S(i, j) = \max(A, B) \text{ 或 } S(i, j) = A + B \quad (4)$$

适当选取门限值 TH_s , 作如下判断:若 $S(i, j) \geq TH_s$, 则 $S(i, j)$ 为边缘点, 那么 $\{S(i, j)\}$ 为边缘图像, 最后获取圆的圆心和半径。算法流程如图 1 所示。

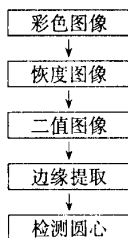


图 1 算法流程图

2 圆心的获取

在图像中任取一点作为圆心,通过改变半径的长度每隔一定的角度扫描,计算满足条件点的个数,数目最多的点所围成的圆就是所要检测的圆,并且确定圆心的坐标以及半径。假定上面经过边缘提取后得到的是一幅 $w \times h$ 像素的灰度图像,设 $P_i(i = 1, 2, \dots, n)$ 是图像中的所有点。第一步,以 P_i 为圆心,以一个像素大小为半径在整幅图像中扫描,看该圆是否有与要检测的圆有交点(因为要检测的圆经过边缘检测后,圆上的点为白色)。如果有,则统计交点的个数;如果没有,则扩大半径,继续扫描。记录每次扫描交点的个数,然后进行比较。把交点最多的那个圆所对应的圆心和半径记录下来。紧接着以下一个点为圆心,又以一个像素大小为半径进行扫描,同样计算该圆与要检测的圆相交点的个数。不断扩大半径大小(当然也要对待探测圆的半径进行限制,这是为了实际编程需要而添加的,实验中, $\min R = 10, \max R = 40$),直至找到与要检测的圆交点最多的那个圆所对应的圆心和半径。而事实上,这个圆就是所要检测的圆,然后标识出圆心的位置。

但是,这种方法要统计每个圆上点的具体个数,这样计算量就相当大。为了提高计算速度,仍然以图像中的每个点为圆心,以一个像素大小开始为半径,但此时不再逐一扫描,而是每隔 15 度(这是通过多次实验得到的)进

行扫描。这样统计圆上点的个数的计算量大大减少了。而且即使检测到一个完整的圆,圆上点的个数也最多只有 $360/15 = 24$ 个。这样无论是统计还是比较都简单了许多。因为是每隔 15 度进行检测,所以即使圆有所缺损,这种方法对其检测也一样有效。具体实现步骤如图 2 所示。

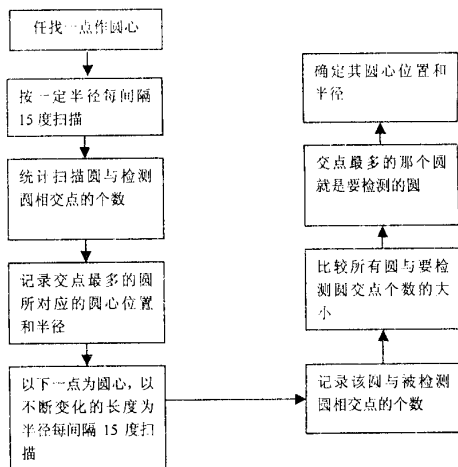


图 2 圆心检测算法流程

3 算法的应用和意义

将这种方法应用于数字视频监控系统的飞机定位中。在视频检测系统中,通过专用的图像采集卡采集摄像机拍摄的图像,由计算机进行图像分析与处理。数字视频监控系统中图像序列的运动检测及报警可以自行替代监视人员的部分工作,提高监视系统的自动化水平,一旦发现运动物体的位置满足一定条件,就发出报警信号来通知监视人员及时有效处理。这可在很大程度上减轻监视人员的视觉负担。

在所检测的飞机尾部有一个东航的圆形图标,如果能较好地检测出该圆的圆心,就能以此为基点来确定此架飞机与另一架飞机的距离(既第一架飞机的机尾到第二架飞机机头的距离)。当距离小于一定的域值时就发出警告告知驾驶人员,以免两机发生碰撞。这在现实生活中有很实际的意义。

4 实验结果和计算时间分析

飞机尾部检测实验结果如图 3 所示。

实验结果表明,该算法在内存为 256 兆,奔腾-IV 处理器的 PC 计算机上进行检测圆时需要 13 秒,而使用 Hough 变换时需要 195 秒。可见,采用前一种方法时间消耗会大幅度减少,因此为实现运动目标的实时检测提供了很好的技术方向。而且该方法能够较快地确定圆形物体的位置,可以有效地完成圆形对象的分割,提取的圆边缘完整、光滑,分割结果受背景的干扰较小,且对边缘模糊和部分遮挡具有较好的鲁棒性^[4]。而且即使是有缺损的圆

(下转第 122 页)

地管理项目中出现的缺陷、问题;管理软件项目过程中因新需求、新功能和新建议而产生的需求变更。

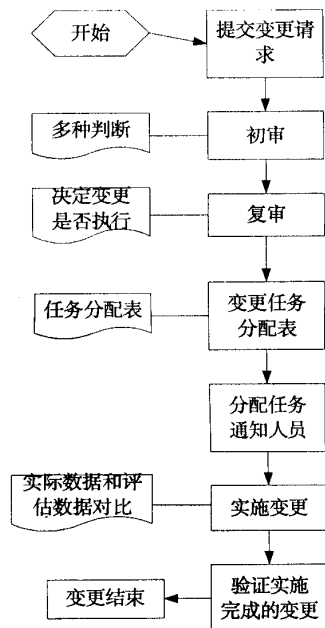


图 1 需求变更管理主流程

3 结束语

通过分析软件项目开发过程中需求变更产生的原因,给项目带来的影响,提出了四个控制管理需求变更的方法,并在此基础上提出了需求变更管理主流程,该流程实

现了追踪变更请求的进展情况,保证变更实施在可控范围内进行,能够将变更带来得影响尽可能地降到最小。需求变更管理主流程真正将需求变化、变更请求和项目管理紧密结合在一起。可以在主流程的基础上,进一步分析和扩展子流程,使需求变更在项目开发中有序有效地管理,保证项目的顺利完成,提高项目的质量。

参考文献:

- [1] Curtis B, Krasner H, Iscoe N. A Field Study of the Software Design Process for Large System[J]. Communication of the ACM, 1988, 31(11): 1268 - 1287.
- [2] Jalote P. CMM in Practice[M]. Reading, MA: Addison - Wesley, 2000.
- [3] Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. The Capability Maturity Model: Guidelines for Improving the Software Process [M]. Reading, MA: Addison Wesley, 1995.
- [4] The Standish Group International. 2004 third quarter research report[R/OL]. 2004. <http://www.standishgroup.com/sample-research/PDFpages/q3-spotlight.pdf>.
- [5] Eracar Y A, Mieczyslaw. An architecture for software that adapts to changes in requirement[J]. Journal of System and Software, 2000(50): 209 - 219.
- [6] 郑人杰, 王 伟, 王方德, 等. 基于软件能力成熟度模型(CMM)的软件过程改进方法与实施[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

(上接第 118 页)

(只要缺损不是很大),用这种方法也能将它很好地检测出来,并且可以标识出其圆心(在图(d)的圆中红色十字架的交点即为圆心)的位置和半径大小。

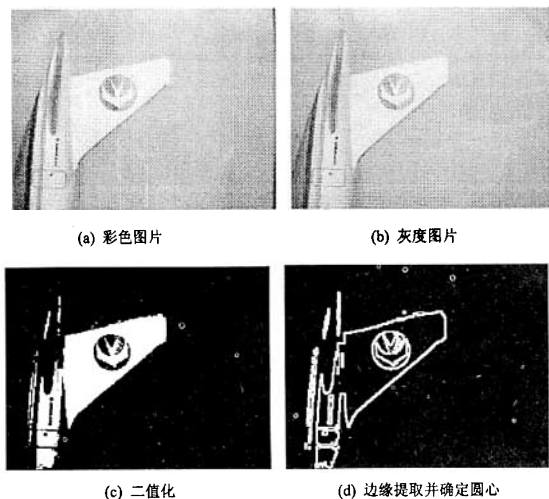


图 3 实验结果

5 结束语

从上面的实验可以看出,利用该方法检测圆形是有很有效的,而且该算法的原理简单、求解准确、抗噪声能力强,具有较小的误差,是一种简便实用的计算方法^[5]。进一步的工作是如何更好地消除由于边缘的不平滑而引入的图像噪声给测量结果带来的影响,以及如何克服外界光照变化对测量的影响。这需要对图像处理和噪声去除算法作进一步深入的研究。

参考文献:

- [1] 祝世平, 周 锐, 申功勋. 圆孔(弧)型工件的三种图像检测算法[J]. 仪器仪表学报, 1999, 20(2): 190 - 192.
- [2] 刘 勋, 毋立芳, 林 娟. 一种改进的 Hough 变换提取圆的方法[J]. 信号处理, 2004, 20(6): 623 - 627.
- [3] 韩 海. 从黑白图像中检测圆[J]. 武汉理工大学学报, 2003, 25(5): 75 - 78.
- [4] 王菁菁, 范影乐. 基于 Hough 变换的圆检测技术[J]. 杭州电子科技大学学报, 2005, 25(4): 62 - 65.
- [5] 郑 东, 杨 明, 许 建. 一种基于广义 Hough 变换思想的多圆检测方法[J]. 中国仪器仪表, 2005(9): 60 - 63.