

文章编号:1004-1478(2011)03-0038-04

基于颜色和形状的机器人运动目标跟踪

赵明辉, 耿盛涛

(郑州轻工业学院 电气信息工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要:针对类人足球机器人存在识别运动目标效果差、容易受光照变化影响等问题,提出了一种基于颜色和形状的运动目标跟踪算法:在HSI空间执行基于颜色信息的快速阈值分割,获取目标信息,加入自适应阈值更新,以增加算法的鲁棒性;利用卡尔曼滤波预测运动目标下一帧的位置,在局部范围根据目标形状信息执行优化边缘检测识别目标,获取目标准确的位置信息,然后继续跟踪.实验证明:该算法能够对运动目标进行准确跟踪,可满足实时性的要求.

关键词:机器人;图像分割;卡尔曼滤波;边缘检测;运动目标跟踪

中图分类号:TP 391

文献标志码:A

Moving object tracking for robots based on color and shape

ZHAO Ming-hui, GENG Sheng-tao

(College of Electr. and Infor. Eng., Zhengzhou Univ. of Light Ind., Zhengzhou 450002, China)

Abstract: A moving object tracking algorithm based on the color information and shape information was proposed, for the humanoid soccer shows poor performance on detecting moving object effect and is easily affected by the variable illumination. It implements rapid image threshold segmentation based on color information in the HSI color space, obtains the object information, and was joined by the adaptive threshold update to improve the robustness of algorithm. The possible position of the moving object in the next frame is predicted by Kalman filter, then, according to the shape information, implements optimizing edge detection to recognize the object in local area, obtains the accurate object location information in the image, then continues to track. The experiments show that this algorithm can accurately track the moving object, satisfy the requirement of the real-time.

Key words: robot; image segmentation; Kalman filter; edge detection; moving object tracking

0 引言

足球机器人比赛已逐渐成为高技术产业的研究热点之一,受到世界各国的重视.足球机器人视觉系统的主要任务是实时采集图像并根据图像信息感知球场上各类目标的空间信息,将结果提供给决策系统.类人足球机器人采用双足直立行走,体型小,移动速度慢,搭载的硬件设备有限,同时又需

要较高的实时性.

在足球机器人比赛中,目标都是颜色单一的物体,如球、球门等,所以颜色信息目前仍是机器人目标识别的主要依据.基于颜色的分割包括基于阈值的分割、基于边缘的分割和基于区域的分割.虽然基于阈值的分割对光照较敏感,但其计算量相对较小,故在足球机器人比赛中得到广泛应用.基于边缘的分割能在不同的光照条件下检测出目标边缘,

收稿日期:2011-05-05

作者简介:赵明辉(1982—),男,河南省郑州市人,郑州轻工业学院助理实验师,主要研究方向为工业控制自动化.

但是它不能满足足球机器人实时性的要求^[1-2]。

为了获取目标的准确位置信息,本文提出一种加入自适应阈值更新的全局搜索目标识别、基于卡尔曼滤波算法和边缘检测的运动目标跟踪算法,以期解决受光照变化的影响和识别运动目标时容易造成目标位置判断错误的问题。

1 基于颜色信息的目标识别

该算法首先在 HSI 空间利用阈值分割识别目标,然后利用获取的目标颜色信息更新阈值,受光照变化的影响较小。它不仅可用来识别静止目标,还可用来判断目标是否运动和为运动目标跟踪提供初始状态信息。

1.1 颜色空间的选取与阈值的确定

RGB 和 HSI 模型是最常见的 2 种颜色模型。RGB 受光照强度的影响,比赛场地不同时间、不同位置的同一颜色 RGB 值受光照影响很大,不利于对目标的识别。HSI 颜色模型是基于人类对颜色的感知方式,由色调、饱和度、亮度来表示,只要对 HSI 的阈值的范围进行限定,就可以分割出物体^[3]。

利用对象的颜色信息在 HSI 空间执行阈值分割,实际上是要确定目标区域的 $H_L, H_H, S_L, S_H, I_L, I_H$ 6 个分量,它们分别代表该分量的最小值和最大值^[4]。首先通过现场采样,统计区域内色调、饱和度、亮度的范围,在色彩空间中确定每个分量的上下阈值,即在 HSI 空间上确定一个长方体,如图 1 所示。同时记录阈值的宽度 $H(H = H_H - H_L)$,用于阈值更新。当一个像素的 HSI 值落在这个长方体内,即认为这个颜色为球的颜色。为了获得更准确的阈值,可在不同的光照条件下进行阈值采集。

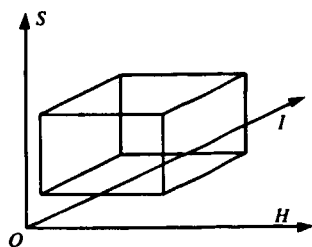


图 1 目标空间

由于在 HSI 空间中, I 是表示亮度的,受环境影响较大,无法用来确定目标,所以判断条件就可以减少为 2 条。例如在目标空间有一像素点 $A(H_a, S_a, I_a)$, 满足①式即可认为是目标像素点。

$$\begin{cases} H_L \leq H_a \leq H_H \\ S_L \leq S_a \leq S_H \end{cases} \quad (1)$$

1.2 目标获取

根据预先定义好的目标形状参数,结合识别结果,进行目标中心定位,获取它的球心坐标和半径。常用的有四关键点法和重心法。本文方法同样适用于球门的识别,只不过采用的判断中心的方法不同。文献[5]提出一种基于颜色识别与边缘检测相结合的方法,可以达到更高的精度,但计算量较大。

分割后的图像不可避免会存在许多噪声点的干扰,对图像进行一次中值滤波,即可去掉离散点,同时修补目标内部一些空白的点。

1.3 颜色阈值的自适应更新

在识别过程中由于受到光照强度和识别角度等环境因素的影响,颜色的阈值区间会发生变化。以往比赛中,往往把机器人取回,重新选取阈值,这严重影响比赛的进度。为了达到对目标的稳定识别,本文提出一种对颜色阈值的自适应更新方法。

作为机器视觉研究平台的类人机器人系统拥有 30 f/s 的处理速度,有理由相信 1 s 内目标色块颜色阈值的变化是很小的。但在单一初始阈值下随着处理时间的增加,识别的目标会逐渐丢失,所以颜色阈值及时有效更新是必要的。经笔者反复试验,在比赛环境突变的前提下,每处理 10 f 图像做一次颜色阈值的更新,可以兼顾处理速度和精度的要求,实现两者的平衡。自适应更新过程如下:

1) 采集视频计数器 $Count$ 值加 1,记录颜色阈值分量的中点值 $H_m, S_m, I_m (n = Count)$, 当 $Count/10 = 0$ 时,转入步骤 2), 否则继续步骤 1)。

$$H_m = \frac{H_H - H_L}{2} + H_L$$

2) 对第 $Count$ 帧图像的 $H_m, S_m, I_m (n = 1, 2, \dots, 10)$ 取平均值得 H_m, S_m, I_m 。

3) 更新阈值 $H_L, H_H, S_L, S_H, I_L, I_H$, 方法如式②。这样阈值宽度就不会越来越窄,造成最后识别条件苛刻。 H 为 1.1 节所保存的阈值宽度。

$$\begin{cases} H_L = H_m - \frac{H}{2} \\ H_H = H_m + \frac{H}{2} \end{cases} \quad (2)$$

4) 令 $Count = 0$, 用更新的阈值对目标进行识别,然后返回步骤 1)。

颜色阈值的这种自适应更新能够及时记录场景目标颜色信息的变化,避免颜色特征和实际目标颜色特征出现灾难性的偏差,有效地抑制目标识别和跟踪丢失情况的出现。

2 目标跟踪

当目标运动时,机器人根据当前一帧获得目标所在位置,当机器人调整位姿对准目标时,目标已经运动到另一位置,所以造成目标遗失.文献[6]提出了一种基于卡尔曼滤波的运动目标快速跟踪算法,但对目标识别没有做具体的介绍,且跟踪时没有考虑机器人运动的影响和光照逐渐变化的影响,并不适应于足球机器人系统.本文提出一种切换控制的方法,首先对目标的运动或静止进行判断,然后采用如下切换控制的方法:

1)若目标静止,则调整机器人位姿进行跟踪.

2)若目标运动,则用卡尔曼滤波算法预测下一帧目标出现位置,然后利用本文提出的改进边缘检测方法精确识别目标.跟踪到目标静止为止,调整机器人位姿进行跟踪.

2.1 卡尔曼滤波

卡尔曼滤波器是一种对动态系统的状态序列进行线性最小方差误差估计的算法,用来对被跟踪目标运动状态进行预测,能够减小搜索区域的大小,提高跟踪的实时性^[7].

卡尔曼滤波方程可递推估计如下:

1)预测部分

$$\hat{x}'_k = A \hat{x}_{k-1} + B u_{k-1} \tag{3}$$

$$P'_k = A P_{k-1} A^T + Q \tag{4}$$

2)修正部分

$$K_k = P'_k H^T (H P'_k H^T + R)^{-1} \tag{5}$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}'_k + K_k (z_k - H \hat{x}'_k) \tag{6}$$

$$P_k = (I - K_k H) P'_k \tag{7}$$

据式③—⑦可知,卡尔曼滤波算法的效率依赖于观测量.观测量误差偏大的情况下会显著降低预测的质量,甚至导致被跟踪目标丢失.因此,为了更加准确地提取观测量,加入了一种改进边缘检测的方法,该方法的引入可同时提高目标跟踪的准确性、实时性和鲁棒性.

2.2 位置跟踪

首先要判断目标在运动状态,比较连续几帧图像目标的中心位置,当中心位置相差大于一定范围,则可以判断目标在移动,从而进行跟踪.

通过卡尔曼滤波可以获取运动目标下一帧出现的位置,从而机器人可以调整头部舵机对目标进行跟踪.直到目标静止,调整机器人位姿向目标行进,这样就可以避免对运动目标的错误判断.

3 基于边缘检测的目标识别

传统的边缘检测应用于图像的每个像素,它不受光照变化的影响,有较好的鲁棒性.文献[5]也提出了一种基于图像分割和边缘检测的算法,其算法在球受到光照不均匀或者球场标志等影响时,不能正确识别目标的边缘点,造成目标定位不准,不能达到满意效果.

本文利用卡尔曼滤波预测到目标的位置,根据上一帧识别到的目标大小,在当前帧图像上选取以预测目标位置为中心,上一帧半径4倍为边长的区域.例如目标为一球,预测到球心坐标(100,100),上一帧获取到半径为10,则可在图像上选取一个矩形区域,它的左上角坐标为(80,80),右下角的坐标为(120,120).在此区域上,如图2所示,P点为预测到圆心的位置,从P点向任何方向发射多条射线并且在这些行像素上执行sobel梯度边缘检测,则可获取一些像素点.由于会受到虚假边缘点和环境的影响,这些像素点不完全是球的边缘点.笔者利用该像素点周围的8个像素中,如果满足至少2个像素为黄色(球颜色),2个为绿色(场地颜色),则该边缘点为目标边缘点,从而获取一系列准确的球的边缘点.

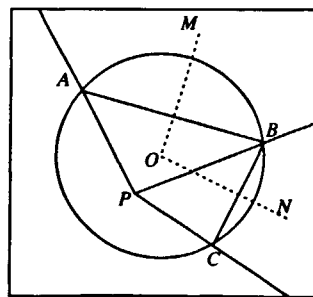


图2 获取圆心坐标

3点可以确定一个圆,利用找到的边缘点,任选3个边缘点A,B,C,在线段AB和BC上分别做中垂线,两线交与点O,O点即所求的圆心,OA即为半径,即可得球在该图像上的位置信息,如图2.当然,在比赛中,可以用更多的边缘点求圆心坐标,最后求取平均值;也可以用边缘检测求取的球心坐标半径值和图像阈值分割求得的值取平均来获取.

4 实验分析

1)对目标识别效果进行实验.笔者选取一次比赛视频进行效果比较.如图3所示,a),d),g)分别

为第1 min, 5 min, 10 min时比赛图像; b), e), h) 为用本文方法的识别效果; c), f), i) 为用传统阈值分割算法的识别效果. 起初图像由于光照均匀, 没有明显干扰, 2种方法都能准确识别出目标位置; 第5 min时传统方法获取的目标信息就很有有限, 第10 min时由于光照的变化, 传统方法已经不能识别出目标; 而本文的方法由于加入阈值自适应更新, 仍能识别出目标. 第10 min 由于目标较远和光照的变化, 没有第1 min 识别效果好, 但类人足球机器人足球比赛总共10 min, 在中场休息时可以重新调整阈值, 所以自适应阈值更新能满足比赛的要求.



a)第1 min 原图 b)1 min 时本文方法 c)1 min 时传统方法



d)第5 min 原图 e)5 min 时本文方法 f)5 min 时传统方法



g)第10 min 原图 h)10 min 时本文方法 i)10 min 时传统方法

图3 识别效果图

2)对运动目标跟踪的实验. 卡尔曼滤波器适用于线性系统. 尽管本文中摄像机相对于目标物体运动属于非线性系统, 但由于图像采集时间间隔较短, 可近似将单位时间内目标在图像中的运动看作匀速运动. 本文以 X 轴方向上的位置和速度进行实验, Y 轴同理.

选取一截球运动视频做测试, 运行结果如图4所示. 利用卡尔曼预测中心 X 坐标预测值与真实值误差在3个像素内, 达到系统的要求. 且利用改进的边缘检测算法识别目标, 识别效果更准确, 并且改全局搜索为局部搜索, 减少了计算量, 能满足实时性的要求.

5 结论

本文的算法加入了阈值自适应更新、卡尔曼滤

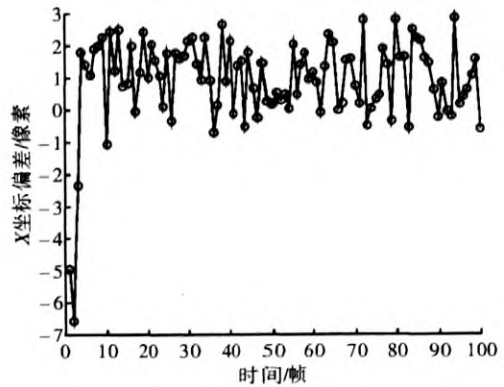


图4 预测误差曲线

波算法和边缘检测, 比以往算法有更强的鲁棒性, 并且提高了识别效率. 该算法在类人足球机器人上运行的实验证明: 对静止目标识别时能适应光照的变化, 识别结果准确度和稳健性高, 能满足实时性的要求; 对移动目标能准确预测, 丢失目标现象明显减少, 且采用改进边缘检测识别目标, 识别结果更加准确. 目前由于类人机器人运动不稳, 不能在自身运动中预测目标位置, 今后努力的方向是克服这一问题.

参考文献:

- [1] 谢云, 杨宜民. 全自主机器人足球系统的研究综述[J]. 机器人, 2004, 26(5): 474.
- [2] Carlos A A, Rajesh E M, Zhou C J, et al. A modular architecture for humanoid soccer robots with distributed behavior control[J]. Int J of Humanoid Robotics, 2008, 5(3): 397.
- [3] 冈萨雷斯. 数字图像处理[M]. 2版. 阮秋琦, 阮宇智, 译. 北京: 电子工业出版社, 2007: 224-239, 482-499.
- [4] 何挺, 杨向东, 陈恩. 机器人双目视觉目标跟踪研究[J]. 机械设计与制造, 2008, 3(3): 161.
- [5] Ren Honge, Zhong Qiubo, Kang Junfeng. Object recognition algorithm research based on variable illumination [C]//Int'l Conf on Auto and Logistics, Piscataway: IEEE Comp Society, 2009: 1609-1613.
- [6] 李庆瀛, 褚金奎, 李荣华, 等. 基于卡尔曼滤波的移动机器人运动目标跟踪[J]. 传感器与微系统, 2008, 27(11): 66.
- [7] Lv Xiadong, Huang Xinhan. Fuzzy adaptive kalman filtering based estimation of image jacobian for uncalibrated visual servoing [C]//IEEE/RSJ Int Conf on Intelligent Robots and Systems, Piscataway: Inst of Electr and Electr Syst, 2006: 2167-2172.