

区域生长算法在机器人目标预识别中的应用

王晓荣,赵英凯,林锦国

(南京工业大学 自动化与电气工程学院,江苏 南京 210009)

摘 要: 为了满足移动机器人准确快速的目标识别要求,在利用 Gabor 滤波器识别目标前,给出一种改进的区域生长算法.该方法可自动搜索和确定生长点,避免了区域生长法有时会出现的“死循环”现象.该方法计算过程简单,虽然误识率仍较高,但拒识率低,可用于目标识别的预处理,提高识别的实时性.

关键词: 移动机器人;区域生长;区域合并;目标识别

中图分类号: TP242

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)10-0124-04

The Application of Region Growing Algorithm to Target Pre-recognition of Mobile Robot

WANG Xiao-rong, ZHAO Ying-kai, LIN Jin-guo

(College of Electric Engineering and Automation, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

Abstract: To improve accuracy and speed of target recognition of mobile robot, a method of improved region growing algorithm used before Gabor filter was given. The method can search and locate growing points automatically, which avoid “endless loop” sometimes by region growing. Although the method has higher misclassification rate, it has simple calculation process and good rejection performance. The method can improve real-time performance of recognition, when it is used on pretreatment of target recognition.

Key words: mobile robot; region growing; region merging; target recognition

1 引言

目前应用较多的是基于 Gabor 滤波器的目标识别方法^[1-4].该方法与人的视网膜神经细胞的接收场模型相似^[5],受光强和环境变化影响较小,具有很强的鲁棒性,近年来在人脸识别^[6]、人脸表情识别^[7]、纹理特征识别^[8]等方面研究和应用广泛.但是该方法计算量庞大,实时性较差,难以满足移动机器人实时目标识别的要求.

为了将 Gabor 滤波方法应用到移动机器人中以提高其鲁棒性能,给出一种基于改进的区域生长算法的预识别方法.该方法基于色彩模型,迅速将目标区域缩小,可大幅度减少后续 Gabor 滤波所需处理的范围,满足移动机器人的快速性要求.

2 区域生长算法

区域生长法的基本思想是将具有相似性质的像素集合起来构成最大一致性的区域.该方法首先为每个需要分割的区域确定一个种子像素作为生长起点,然后按一定的生长准则把它周围与其特性相同或相似的像素合并到种子像素所在的区域中,直到没有满足条件的像素可以被合并,这时生长停止,一个区域就形成了.然后再重新确定一个种子生长点重复以上动作,直到图像中所有像素点都被生长完毕,整个算法结束.

区域生长法一般基于 YUV 色彩模型,其模型同 RGB 模型一样可通过 CCD 摄像机直接得到,不需要通过公式进行模型转换,节省了图像的处理时

收稿日期: 2009-07-22; 修回日期: 2009-09-28

基金项目: 国家“八六三”计划项目(2009AA04Z161);江苏省“六大人才高峰”项目(07-E-024)

间.在对 YUV 模型进行图像处理时,可以采用阈值法在每帧视频图像中查找与目标颜色特征相同的像素点.它定义为满足以下条件的颜色集合:

$$\begin{cases} y_1 \leq y \leq y_2 \\ u_1 \leq u \leq u_2 \\ v_1 \leq v \leq v_2 \end{cases} \quad (1)$$

其中, $y_1, y_2, u_1, u_2, v_1, v_2$ 分别是待识别物体在 y, u, v 分量上的上下阈值.这意味着每个待识别物体颜色单元对应 YUV 颜色空间中的一个立方体.各个像素点的颜色单元如果在该立方体中则被提取,否则被遗弃.该立方体的阈值将随环境的变化而变化,其确定方法为目标识别现场人工调试.在 YUV 模型中,由于 Y 分量受光强影响很大,构建特征模型时,参考价值不大,在计算时完全可以忽略.

区域生长方法的优点在于如果当区域一致准则比较容易定义并且停止生长的方法容易找到的时候,这种方法能取得较好的效果,并且比基于边缘的方法具有更能好的对噪声的抗噪声能力.区域生长方法的缺点在于必须解决生长开始和停止两个准则和生长点确定的问题.开始生长准则的确定直接影响最后形成的区域,如果选取不当,就会造成过分割或者欠分割的结果.停止生长的准则也是缺乏通用的准则,如果确定不好,很容易引起程序的死循环,且生长点需要人工指定,鲁棒性较差.

针对以上问题,在传统区域生长算法基础上,文中提出一种改进的区域生长算法.该方法其生长点可自动确定,采用基于连通的区域生长和停止算法,并在计算过程中直接得到了疑似目标的质心,便于移动机器人快速运动控制.由于该方法仍基于色彩模型,当环境与目标色彩相近时,误识率较高,不能直接用作目标识别,但是,该方法拒识率较低,非常适合进行目标的预识别.

3 改进的区域生长算法

基于 Gabor 滤波器目标识别,首先对包含预识别后得到的疑似目标矩形窗口放缩成样本窗口大小;然后将该窗口通过 Gabor 滤波器组滤波;滤波结果通过主元分析法(PCA)降维;最后通过神经网络或支持向量机进行分类识别.该方法识别精度高,受光强和环境变化影响较小,具有很强的鲁棒性,但是计算量非常大,在实时目标识别时,需要进行预识别以减小需通过滤波器组的窗口数量.该方法对预识别方法有以下两点要求较高:拒识率和目标中心位置.如果预识别方法的拒识率高,使目标遗漏,后续

的高精度识别就失去了意义.后续的 Gabor 滤波识别,对位置偏差具有一定的鲁棒性,但预识别目标中心位置偏差越大,其识别精度会越低. Gabor 滤波识别对预识别方法的误识率要求不高.

根据以上 Gabor 滤波器目标识别的特点,对区域生长算法进行了改进,该方法首先根据现场环境特点,人工离线调整好相关参数,然后采用逐行自动搜索生长点的方法,得到生长点,并按一定的区域生长和停止准则生长和停止,最后,通过经合适的区域合并规则,得到预识别结果.其算法流程如图 1 所示.

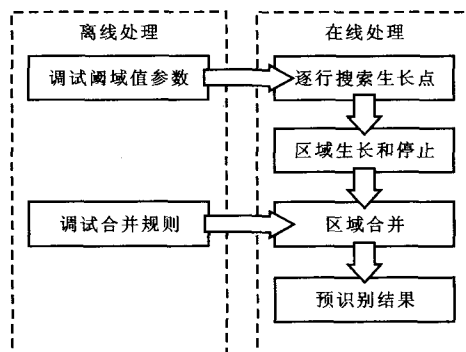


图1 改进的区域生长算法框图

该算法的具体实现分为以下几个步骤:

(1) 确定基于 YUV 的目标空间范围 V_s

按式(1)可以确定 YUV 颜色空间立方体的目标空间范围 V_s . V_s 的阈值参数 u_1, u_2, v_1, v_2 可以通过自编的调试软件根据现场环境条件离线调试获得.该调试软件的原理是:捕获移动机器人上 CCD 摄像机的一帧视频数据;该帧数据的所有像素点经可调变量 u_1, u_2, v_1, v_2 确定是否在 V_s 中;将在 V_s 外的像素点数据的 y 分量清零;处理后的数据送窗口界面显示;将目标放在摄像机前,观察窗口界面,调试变量 u_1, u_2, v_1, v_2 ,直到确保目标可以识别的前提下,误识别率尽量降低.

(2) 逐行扫描,自动确定生长点

逐行扫描每帧图像的像素点,当搜索到第一个在空间 V_s 中的像素点时,则自动新建一个区域 $Z_i(x_1, y_1, x_2, y_2, n)$ (如图2(a)中的 $Z_1(x_1, y_1, x_2, y_2, n)$),其中: x_1, y_1 定义为区域所有像素点 X 坐标和 Y 坐标的最小值, x_2, y_2 定义为区域所有像素点 X 坐标和 Y 坐标的最大值, n 定义为区域所有像素点数量之和. $Z_i(x_1, y_1, x_2, y_2, n)$ 为结构体链表数组,在程序实现时,需通过链表指针将各结构体数组首尾相连.将该像素点作为该区域的生长点,并将

$Z_i(x_1, y_1, x_2, y_2, n)$ 中的 x_1, y_1, x_2, y_2 替换为该像素点的坐标 (x, y) , n 赋值为 1.

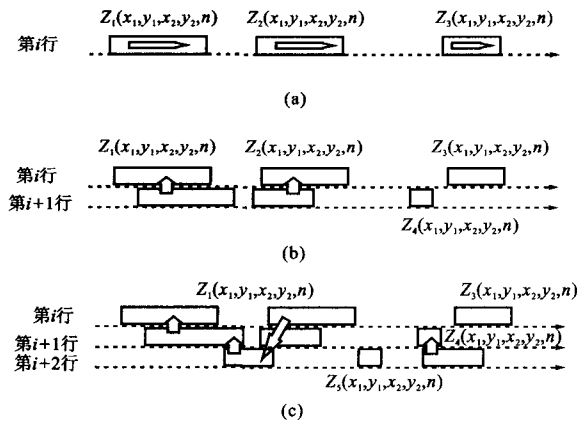


图 2 改进的区域生长算法实现

(3) 同一行中的区域生长和停止准则

在同一行中,区域生长和停止是以 X 方向上在 V_s 中的像素点是否相邻为准则. 当新搜索到的 V_s 中像素点同该行上一个 V_s 中像素点相邻时,则区域 $Z_i(x_1, y_1, x_2, y_2, n)$ 自动生长,并用该像素点的 X 坐标 x 替换 $Z_i(x_1, y_1, x_2, y_2, n)$ 中的 x_2 ,同时 n 的值加 1;当新搜索到的 V_s 中像素点同上一个 V_s 中像素点不相邻时,转到步骤(2) 新建区域,并将该点作为新建区域的生长点(如图 2(a) 中的 $Z_2(x_1, y_1, x_2, y_2, n)$, $Z_3(x_1, y_1, x_2, y_2, n)$).

(4) 相邻行的区域生长和停止准则

相邻行的区域生长和停止以 Y 方向 V_s 中的像素点是否相邻作为准则. 一行扫描结束后,开始新的一行扫描. 新行的区域生长除执行同一行的区域生长准则外,还需执行与上一行的相邻行的区域生长和停止准则. 当搜索到第一个在空间 V_s 中的像素点时,如果该像素点同上一行的某个区域 $Z_i(x_1, y_1, x_2, y_2, n)$ 相邻时,相邻区域 $Z_i(x_1, y_1, x_2, y_2, n)$ 自动生长,并更新 (x_1, y_1, x_2, y_2, n) 的值,使得 x_1, y_1, x_2, y_2 始终为包含该区域的最小矩形的顶角坐标, n 始终为该区域的目标空间 V_s 中的像素点数量(如图 2(b) 中的 $Z_1(x_1, y_1, x_2, y_2, n)$). 如果该像素点同上一行的区域不相邻且同本行上一个搜索点不相邻时,则转到步骤 2 新建区域,并将该点作为新建区域的生长点(如图 2(b) 中的 $Z_4(x_1, y_1, x_2, y_2, n)$).

(5) 连通区域合并

当进行某一行扫描过程中,出现该行的 V_s 中像素点将两个以上区域“连通”时(如图 2(c) 中的

$Z_1(x_1, y_1, x_2, y_2, n)$),将这些“连通”区域合并为 1 个区域,并更新 (x_1, y_1, x_2, y_2, n) 的值,使得 (x_1, y_1, x_2, y_2) 为包含该合并区域最小矩形的顶角坐标, n 为该合并区域的目标空间 V_s 中的像素点数量.

通过以上几步,可以求得若干个符合目标空间 V_s 要求的像素点连通区域 $Z_i(x_1, y_1, x_2, y_2, n)$. 图 3 为通过以上 5 个步骤最终得到 3 个连通图的示意图. 此时,如图 3 所示的左边两个连通区域可能是同一目标,如果直接将连通区的质心作为目标物体的中心,其识别误差较大. 因此,还需进行非连通区域的合并.

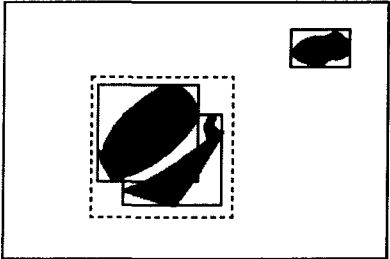


图 3 区域合并

(6) 非连通区域合并

非连通区域合并的方法是:将结构体链表数组中的连通区域两两组合,设某两两组合的的连通区域为 Z_i 和 Z_j ,其面积分别为 A_i 和 A_j ,计算包含这两个连通区的最小矩形面积 A_k (如图 3 中虚线矩形). 如果,

$$(A_i + A_j) / A_k > K \tag{2}$$

则这两个区域合并. 其中, K 为合并阈值参数,该值与目标物体颜色构成有关,可通过现场条件离线调试获得.

4 实验结果

实验在自行研制的 CY-1 型全自主移动机器人上进行. 机器人 CPU 为 P4 3. 0GHz, 内存 512MB, 编程环境为 VC6. 0, CCD 摄像机采集的数据格式为 YUV420, 采集视频图像大小设为为 160×120 . 图 4 给出了基于改进的区域生长算法识别结果. 图 4(a)为截取的 CCD 视频图像,图 4(b)为预识别后的图形,确定了 6 个疑似目标.

采用改进的区域生长预处理和 Gabor 滤波器方法(YUV-G)与传统的仅基于色彩模型的方法(YUV)以及模板匹配预处理 PCA 降维及径向基核函数 SVM 分类(T-PCA-RBF)方法相比较,其性能如表 1 所示.

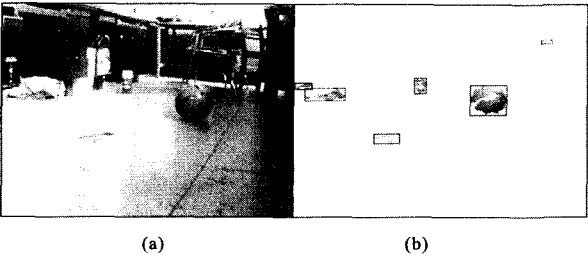


图 4 目标预识别

表 1 YUV-G、T-PCA-RBF 和 YUV 方法比较

	YUV-G	T-PCA-RBF	YUV
识别精度	较高	高	不稳定
鲁棒性	很好	很好	较差,受光强和环境影响很大
实时性	较好,可达约 12 帧每秒(当样本数为 1000 时)	差,约 2 帧每秒(当样本数为 300 时)	好,可达 25 帧以上每秒

由表 1 可知,尽管完全基于 YUV 的方法识别速度很快,但由于其识别性能受光强和环境色彩影响太大,使得该方法在应用上受到了很大的限制. T-PCA-RBF 虽然识别精度较高,但实时性较差,难以在移动机器人中得到应用. YUV-G 具有很好的鲁棒性能,同时识别精度和实时性均较好,可以满足移动机器人对特定物体的识别要求.

5 结束语

改进的区域生长算法由于能自动搜索和确定生长点,且拒识率较低,特别适用于移动机器人的目标预识别. 该方法结合后续的 Gabor 滤波和 PCA 降维以及神经网络分类等方法对特定目标识别时,能够在满足识别精度和鲁棒性的前提下,达到 12 帧每秒的实时图像处理要求. 但是,该预处理方法部分参数需根据环境条件人工调试,不能做到自适应.

参考文献:

[1] 杨旭强,冯勇,刘洪臣. 一种基于 HSI 颜色模型的目标提取方法[J]. 光学技术, 2006,32(2):290-292.

[2] 胡斌,何克忠. 基于分段直线模型和 ATN 的车道识别方法[J]. 清华大学学报, 2006, 46(10):1762-1766.

[3] James Bruce, Tucker Balch, Manuela Veloso. Fast and inexpensive color image segmentation for interactive robots [C]//2000 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Japan: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2000:2061-2066.

[4] 唐勇,姜显明. 一种基于彩色图像的运动人体分割方法[J]. 微电子学与计算机, 2006,23(3):70-72.

[5] Daugman J G. Complete discrete 2-D gabor transform by neural networks for image analysis and compression[J]. IEEE Trans. on Acoustics, Speech and Signal Processing, 1988, 36(7):1169-1179.

[6] Sreekar K, John B, Sethuraman P. Using genetic algorithms to find person-specific Gabor feature detectors for face indexing and recognition[C]//International Conference on Biometrics. China: Hong Kong, Springer Verlag, 2006:182-191.

[7] 王毅,叶德谦. 基于 Gabor 小波变换和两次 DCT 的人脸表情识别[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(5): 262-264.

[8] 张力新,周仲兴,王勇,等. 基于自适应 Gabor 小波包的超声心动图像纹理特征提取[J]. 天津大学学报, 2005, 38(7): 1078-1082.

作者简介:

王晓荣 男,(1972-),博士研究生,讲师.研究方向为机器人视觉、分析仪器设计.

赵英凯 男,(1943-),教授,博士生导师.研究方向为控制理论、智能化、机器人视觉.

林锦国 男,(1957-),教授.研究方向为系统科学与工程、智能机器人、自动化与仪器.