

文章编号 1004-924X(2002)03-0257-04

基于改进的 Hough 变换图像分割方法

刘桂雄, 申柏华, 冯云庆, 胡存银, 易静蓉

(华南理工大学 机电工程系光机电一体化研究所, 广东 广州 510640)

摘要:在图像处理和计算机视觉中, Hough 变换是一种应用非常广泛的图像边缘检测技术, 针对传统 Hough 变换算法所需的存储容量大、计算量大、速度慢、效率低, 不能确定曲线端点及长度的问题, 提出了一种改进的 Hough 变换方法, 它根据 Hough 变换思想的逆变换, 采用对参数空间逐步细分的方法, 逐步排除不包含直线的区域, 能够有效地减少存储容量, 提高运行效率, 并能有效地求出曲线轮廓的端点及长度。该方法已成功运用于车牌自动识别系统的车牌分割中。

关键词: Hough 变换; 图像分割; 边缘检测

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A

1 引言

图像分割的目的在于根据某些特征将一幅图像分成若干有意义的区域, 使得这些特征在某一区域内表现一致或相似, 而在不同区域间表现出明显的不同。多年来, 已经提出了许多不同类型的图像分割方法, 不同的方法适合不同的应用场合, 因此选择一种合适的分割算法用于特定的问题是十分重要的。为此, 笔者在车牌识别系统的研究中, 提出了一种适用于车牌分割的基于改进的 Hough 变换的图像分割方法。

2 传统 Hough 变换及其特点

Hough 变换是由 Paul Hough 提出的, 它实现一种从图像空间到参数空间的映射关系^[1]。其基本思想是点-线的对偶性, 即图像空间共线的点对应在参数空间里相交的线; 反过来, 在参数空间中相交于同一个点的所有直线在图像空间里都有共线的点与之对应。人们通常把 Hough 变换用于检测二值图中的直线或者曲线^[2-6], 把二值图变换到 Hough 参数计算空间(HPCS)。

以直线检测为例, 平面中任意一条直线可以

用 r 和 θ 两个参数确定下来, 其中 r 为直线到原点的距离, θ 确定了直线的方位, 对于图像空间任意点 (x, y) , 其函数关系为:

$$r = x \cos \theta + y \sin \theta$$

如果对位于同一直线 l 上的 n 个点进行上述变换, 则原图像空间 n 个点在参数空间中对应地得到 n 条正弦曲线, 并且这些曲线经过同一点。因此图像空间中共线的点与参数空间中共点的线有对应关系, 只要找出参数空间中共点的各曲线, 就能确定图像空间中的直线。在实际应用中, Hough 变换算法是根据方程

$$r = x \cos \theta + y \sin \theta$$

将图像空间中的每一点 (x_i, y_i) 映射到 Hough 空间中的一组累加器 $A(\theta_i, r_i)$, 满足上式的每一点, 将使对应的所有累加器中的值加 1。如果图像中包含一根直线, 则有一个对应的累加器会出现局部最大值; 通过检测 Hough 空间中的局部最大值, 可以确定与该条直线对应的一对参数 (θ, r) , 从而把该直线检测出来。

从上面看出, Hough 变换具有明了的几何解析性、一定的抗干扰能力和易于实现并行处理等特点。但也存在局限性, 主要表现在:

1) 仅能指出图像中某一条直线(或曲线)的存在, 未能指出它的端点及长度, 而在实际应用中,

这些参数非常重要；

2) 直线 $x \cos \theta + y \sin \theta = r$ 是否存在仅与它上面的像素的个数来确定,而不管是否连通,一些离散的点或一些相距较远的线段都可能被认为是一条直线;

3) 实际计算中所考虑的 θ 值及 r 值是离散的,某直线上的部分像素有可能也同时被认为是与它成一微小夹角的另一直线上的点,这样重复计算出的直线就会很多。由于不知道各线的端点,因而也无法判断哪些直线被重复计算。

3 改进的 Hough 变换原理

针对上述 Hough 变换的局限性,应对其进行改进,使检测结果不是直线,而是具有确定长度和端点的线段。改进后的方法通过扫描全图来判断直线的连贯性及端点,这样阈值可以定在最小限度上而不会将离散的点误认为是线段。

具体算法采用逆向思维法,其原理如下:参数空间内的一点 (θ_i, r_i) 在图像空间对应为一条直线,参数空间内一个微小矩形区域对应图像空间的一个 X 形区域,如图 1 所示,图 1(a) 中的矩形区域对应(b)中的阴影区域。当这个矩形区域趋于单个像素时,图像空间的 X 形区域趋于一条直线。

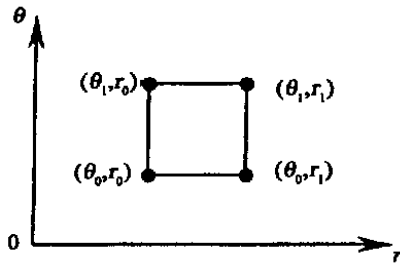


图 1(a) 参数空间

Fig. 1 (a) Parameter space

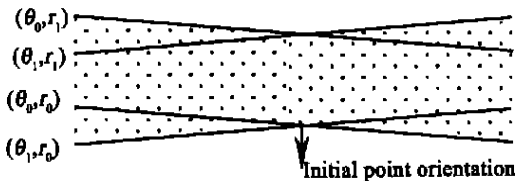


图 1(b) 图像空间对应区域

Fig. 1 (b) Image space

先将参数空间的有效空间(根据具体应用场合,确定有效的 θ 和 r 取值范围)作为一个整体区域,统

计出与它所对应的图像空间的点数目;若图像点足够多,再将当前区域细分,分别求出每个细分后的单元区域所对应的图像点个数;若当前区域对应的图像点足够少,则终止细分,进而搜索其它区域,直至将参数空间细分到足够细致,标记每个细分区域对应的图像点超过阈值的底层区域参数。

这种进行细分查找的方法不需将参数空间划分为等分的区域,由于参数空间中大部分区域不包含图像直线,所以不对其进行进一步检测;同时,算法只需要记录所包含图像点超过一定阈值的最低层区域,因而减少了计算时间,同时也节省了存储空间。在相同存储容量和计算时间的条件下,与传统 Hough 变换相比,可以将参数空间划分得更小,将每一个区域所对应的图像点一并记录下来,利用图像空间信息,对这些基本处于同一直线上的点进行进一步的检测,得到的直线参数更精确。

4 算法及其在车牌识别中的应用

1) 定义参数空间 (θ, r) 的有效区域为 P , P 的大小即 θ 和 r 的取值范围根据待处理图像而定,考虑到车牌分割的实际情况,可取: $\theta \in [\theta_0^-, \theta_0^+]$, $0 \leq r \leq 400$, 其中 θ_0^+ 为车牌允许倾斜的最大角度;即只在图像空间的水平和垂直方向寻找直线;

2) 定义区域 P 所对应的图像空间的区域为 Q ; Q 中黑色像素点个数为 L ;

3) 定义所求直线的最短线长 L_{min} , 定义所求参数空间矩形区域的最小尺寸 S_{min} 。

首先搜索可能存在直线的区域如图 2 所示,采用的算法如图 3 所示。

对所有符合条件 $S < S_{min}, L > L_{min}$ 的区域进一步检测,判断其所容纳的图像点是否连续,若不连续则表明线段在此断开,检查断开后的新线段长度 L 是否大于 L_{min} , $L > L_{min}$ 则保留,否则舍弃。

对其余线段逐一进行方向检测,若方向发生大于某一阈值的转折,则认为是两条线段,去掉长度短于 L_{min} 的部分。

判断任意两区域所包含的图像点是否发生重合,若重合足够多则认为是同一线段,丢弃较短的线段。

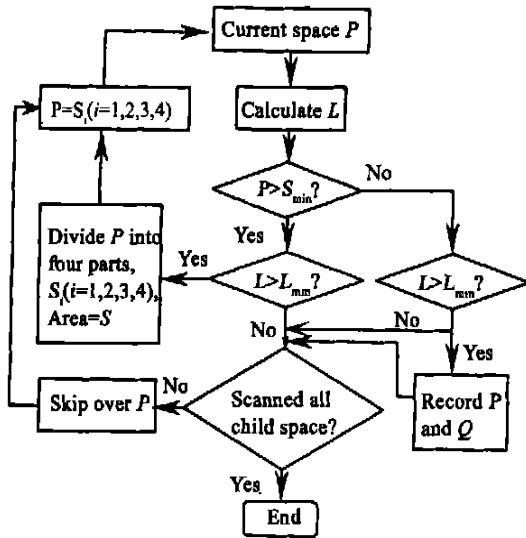


图 2 搜寻可能存在直线的区域程序流程图

Fig. 2 Program flow diagram to find image space where a line may exist.

对于余下的每个满足 $S < S_{min}, L > L_{min}$ 的区域 P_i , 设其在图像空间对应区域为 Q_i , 逐个扫描 Q_i 上的点, 采用图 3 所示算法来取得直线的参数。

若 $A_{max}(j, r_j)$ 大于给定阈值 L_{min} , 则认为此处存在一条线段, 线段位置参数即为 (j, r_j) , 两端点为 $BegP(x, y)$ 和 $EndP(x, y)$, 长度(像素点)为 $A_{max}(j, r_j)$ 。每个 Q_i 区域都进行上述操作后, 则整个图像空间的直线及其参数均已求出。

在车牌识别应用中, 传统的方法都是利用车牌位置字符处的灰度水平方向变化次数大于一定数值即认为是车牌, 这种方法在车身前面结构复杂或是有较多污点时不可靠, 因此在利用传统方法的基础上再利用上述改进的 Hough 变换确定车牌的边框。即在原图上检测是否有四条线段 l_1, l_2, l_3 和 l_4 符合下列条件:

$l_1 \perp l_3, l_2 \perp l_4$, 即 $|l_1 - l_3| < \epsilon, |l_2 - l_4| < \epsilon$, 为确定两线段平行的阈值;

$|l_1| \approx |l_3|, |l_2| \approx |l_4|$, 为车牌允许倾斜的最大角度;

$\|l_1 - l_3\| < \epsilon, \|l_2 - l_4\| < \epsilon, 3 < |l_1|/|l_2| < 4, 3 < |l_3|/|l_4| < 4$, ϵ 为判定两线段长度相等的阈值;

每条线段的端点都有与跟它垂直的另两条线段的一个端点同在一个很小的邻域内。

若存在符合上述条件的四条线段, 则将检测到的四条线段围成的区域作为车牌的候选区域;

若存在多个这样的候选区域, 则在每个候选区域内逐行扫描, 若该区域内大部分的像素点横向变化次数大于一定阈值(由于车牌中字符数

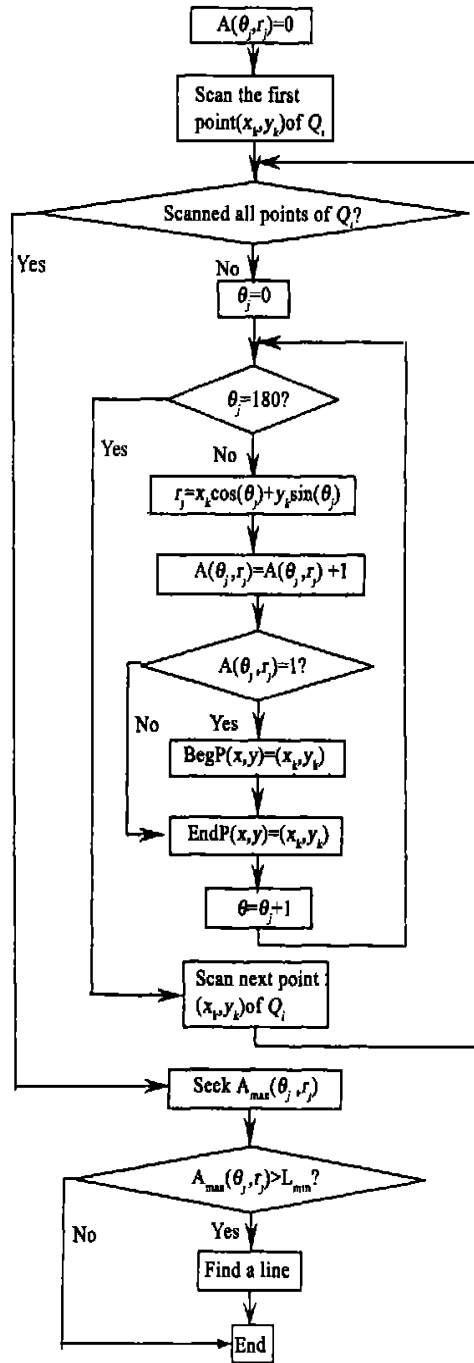


图 3 搜寻直线参数流程图

Fig. 3 Program flow diagram to find parameters of a line.

为 7,一般阈值可取 14 左右),则认为该候选区域即为所求的车牌区域。图 4(b)为本算法找出的各直线效果图,图 4(c)为最终分割出的车牌。

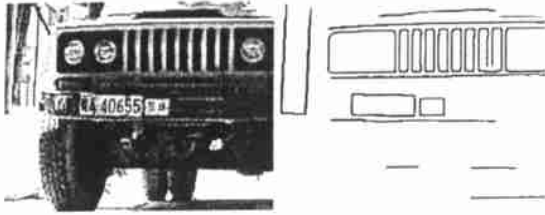


图 4(a)原始图像 图 4(b)本算法找直线效果图

Fig. 4(a) Original image Fig. 4(b) Result of improved

HT



图 4(c) 分割效果图

Fig. 4(c) Result of segmentation

对该车牌进行连通域分析,即可分割出单个字符送交字符识别程序进行识别。

表 1 为改进算法与传统 Hough 变换算法的数据比较(操作环境:P 400 CPU, Win98 + Delphi5)

表 1 传统 HT 与改进的 HT 用于车牌分割数据比较

Table 1 Comparison between traditional HT and improved HT used in vehicle license plate segmentation

| | Space needed (dyadic array) | Time needed |
|----------------|--------------------------------|-------------|
| Traditional HT | 800 × 600 | 1000ms |
| Improved HT | 80 × 60 averaged | 600ms |

5 结束语

本文提出了一种改进的基于 Hough 变换的图像分割算法,解决了传统 Hough 变换算法的连贯性和不能确定线段长度及端点的问题,并能有效地提高运行效率。本算法已成功应用车牌识别系统的车牌分割中。实践表明,本算法具有良好的效果。

参考文献:

- [1] Lingworth J, Kittler J. A survey of the Hough transform[J]. *CVGIP*, 1988, 44: 87 ~ 116.
- [2] 章毓晋. 图像处理和分析[M]. 北京:清华大学出版社, 1999.
- [3] 郭强, 陈桂林, 童卫旗. 基于变换域 Hough 变换的遥感图像相干干扰分析[J]. *光学 精密工程*, 2001, 9(2): 121 - 126.
- [4] 成丹烈. 利用 Hough 变换在序列图像中检测多个运动点目标[J]. *光学 精密工程*, 1996, 4(5): 100 - 104.
- [5] 王绍霖, 付永生. Hough 变换边缘提取算法[J]. *同济大学学报*, 1996, (2): 471 ~ 474.
- [6] 袁捷, 胡正仪, 王延平. 用 Hough 变换的方法提取图像拐点[J]. *武汉大学学报*, 1998, (2): 85 ~ 88.
- [7] 程洪玮, 孙仲康. 利用 Hough 变换实现目标检测与航迹启动[J]. *国防科技大学学报*, 1998, 20(4): 53 ~ 58.
- [8] Foresti G, Murino V, Regazzoni C S, *et al*. Grouping of rectilinear segments by the labeled Hough transform[J]. *CVGIP*, 1996, 58(3): 22 ~ 42.

Study of image segmentation based on improved Hough transform

LIU Gui-xiong, SHEN Bai-hua, FENG Yun-qing, HU Cun-yin, YI Jing-rong

(Department of Mechatronic Engineering, South China Univ. of Tech., Guangzhou 510640, China)

Abstract: Hough transform has been widely used in pattern recognition and computer vision since its discovery, but it cannot detect the endpoints and length of a curve. Furthermore, high memory space is required in traditional Hough transform. In this paper, an improved Hough transform algorithm is proposed. According to the inverse transform of HT, it subdivides image space little by little and excludes the area without lines. With this algorithm, the memory space required is reduced, and high efficiency is available, besides the endpoint and length of a curve can be detected. It has been applied to the vehicle license plate recognition (LPR) system successfully.

Key words: Hough transform; image segmentation; edge detection

作者简介:刘桂雄(1968-),男,广东揭阳人,教授,工学博士,华南理工大学机械工程学院光机电一体化研究所副所长,研究方向:现代测试技术及其自动化。