

快速Hough变换(FHT)在实时 识别目标系统中的应用

李勤

摘要: Hough变换(HT)是一种在噪声或退化图像中检测直线的强有力工具。FHT采用了分层技术和K-树结构,从而大大提高了检测速度,减少了内存量。本文把FHT用于实时识别目标图像系统中,完成了模拟实验,实现了在复杂背景中实时识别目标,同时输出目标位置。由于利用了HT,使得整个系统对于有噪声、目标残缺、背景复杂的目标图像具有较强的识别能力。在目标样板选定之后,系统对目标的识别将不受背景变化的影响,并且具有目标旋转不变性。

一、引言

HT在图像处理中是一种非常重要的变换方法,最早的HT是用来把一个特征点映射为一条直线,把图像空间的一条线映射为参数空间的一个点^[1]。随着研究工作的不断进行和发展,HT已被成功地用于直线、曲线的检测和运动估值中^[2,3,4,5,6]。

用HT进行图像识别,对于有噪声、边缘间断等图像,甚至对于复杂背景的图像,它的识别效果都是显著的。

尽管HT的优点很多,但它有两个缺陷: i, 计算时间长; ii, 需要大量存储单元。这就必然阻碍它在实时系统中得到广泛地应用。

解决上述两个问题可以从两方面着手,这就是软件方面和硬件方面。

本文从软件着手,就是从算法上考虑,用一种快速算法来取代原来的方法。Hungwen Li等人提出一种快速Hough变换算法,其中使用了由Sloan的DQP或者K-d树发展而成的广义4-树或者说8-树,被称为K-树结构的一种层次方法^[7]。用这种算法检测直线、平面等大大减少了计算量和存储量,使HT适用于实时系统。本文把FHT算法用于实时图像处理和实时图像识别系统中,并对系统做了模拟实验,取得了较为满意的结果。

二、FHT原理

我们知道,如果图像空间中有一条直线,那么这条直线上的每一点经Hough变换后得到参数空间中的一条直线。这些直线在参数空间中相交于一点,我们把相交点称为聚集点,其坐标值就是图像空间中对应直线方程的参数。FHT算法即为搜寻聚集点的一种快速方法。

注: 本文作者的导师为姚立常, 辅助导师为宋建中。

进行FHT的前提条件是:

1. 在图像空间中的系列特征点 $\{F_j\}$ 。
2. k 维参数空间 x_1, \dots, x_k 。
3. 把 F_j 映射到参数空间, 即 F_j 对应为参数空间的超平面方程

$$a_{0j} + \sum_{i=1}^k a_{ij} * x_i = 0 \quad (1)$$

其中 a_{ij} ($i=0, \dots, k$) 是 F_j 的函数, 且标准化为 $\sum_{i=1}^k a_{ij}^2 = 1$ 。

4. 选定的阈值 T 。

在上述已知条件下, FHT 算法用超立方体来表示参数空间, 然后通过判断一个超平面是否与超立方体相交来判断这个超平面是否向超立方体“投票”。当超立方体的“获票”数超过 T 时, 超立方体被进一步分层, 直到满足量化精度要求为止。最后得到的“获票”数超过 T 的超立方体的中心坐标, 就是聚集点的坐标。

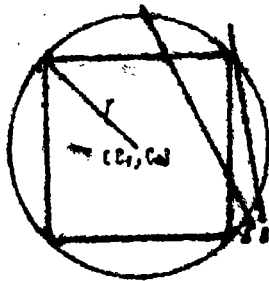


图1 超立方体与超平面相交测试

于正方形对角线长度之半)。

超立方体是按下述方法进行分层的。

参看图2、图3, 用K-树的根节点表示中心坐标为 $(0, 0)$, 边长为 S_0 的超立方体(二维正方形)。这样, 顶点坐标分别为 $(-S_0/2, -S_0/2), (-S_0/2, S_0/2), (S_0/2, -S_0/2), (S_0/2, S_0/2)$ 。K-树的每个节点都有四个子节点, 即沿着超立方体的每一维方向分割为二。定义四个子节点标志分别为 $(-1, -1), (-1, 1), (1, -1), (1, 1)$ (参看图2、图3)。

当参数空间为二维时, 即 $k=2$, 等式(1)为直线方程, 直线与正方形相交的判断准则如下:

如图1,

$$\text{如果 } a_0 + \sum_{i=1}^2 a_i * c_i \leq r \quad (2)$$

则称直线与正方形相交。(其中 c_1, c_2 为正方形的中心坐标, r 为正方形外接圆的半径, r 等

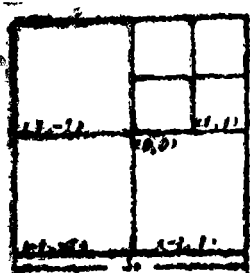


图2 超立方体的分割

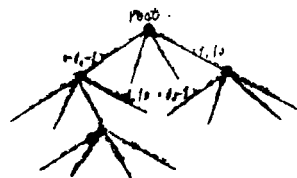


图3 K-树结构

分层的策略是当一个节点“获票”数超过阈值 T 时，这个节点有“资格”继续进行分层。“获票”数小于 T 的节点被淘汰。

分层终止条件为：1，满足了参数空间的量化要求；2，虽未达到量化要求的层次但已没有“获票”数大于 T 的节点存在。

由于采用了分层技术和 K- 树结构，第 1 层节点所表示的超立方体的中心到一个超平面的标准化距离 R_1 就可以表示为：

$$R_0 = a_{0j} / S_0 \tag{3}$$

$$R_1 = 2 * R_{1-1} + 1/2 * \sum_{i=1}^2 a_{ij} * b_i \tag{4}$$

这里 R_0 为根节点中心到第 j 个超平面的标准化距离， a_{ij} ($i = 0, \dots, 2$) 为超平面方程系数， R_{1-1} 为第 $1-1$ 层超立方体到第 j 个超平面的标准化距离。 b_i ($i = 1, 2$) 为子节点标志。

利用这种递增公式，大大减少了计算的复杂程度，提高了运算速度。

最后，判断准则简化为：

如果 $R_1 \leq \sqrt{2} / 2$ (5)

则此超立方体与超平面相交，即超立方体收到一张“选票”。

三、实时识别目标模拟系统

实时识别目标仿真系统组成如图 4 所示，CCD 摄像机摄取的图像信息经数字化处理后成为数字量。这些数据存储在帧存储器的各个单元中，并由计算机对其进行存储和处理。处理后的数据经变换后成为模拟信号以便在监视器上显示。



图 4 实时识别目标系统框图

图像处理和目标识别是由 IBM-PC/AT 完成的。主要过程如图 5 流程图所示：



图 5 目标识别流程图

1. 图像的预处理

由于输入的原始图像是一个具有自然背景图像，因此要进行预处理。预处理过程如图



图6 预处理流程图

2. FHT 过程

原始图像经过预处理后，得到特征点集合即边缘点集合作为 FHT 的输入。FHT 过程如图 7 所示。



图7 FHT 流程图

3. 目标识别过程

目标识别过程如图 8 所示。



图8 目标识别流程图

四、实验结果

我们的仿真实验是以导弹模型为目标的。同时，分别对以山、水、田为背景和以海浪为背景的两幅图像进行目标识别。其结果是，在两种背景下，系统均能准确识别出目标图像，且输出的目标位置在目标的几何中心附近。另外，在复杂背景下，对目标每旋转30度做一次识别，其结果是输出的目标位置均在实际目标几何中心附近，最大偏差不超过四个像素。(目标长35个像素，宽20个像素)。

五、结 论

从上面叙述中可知，FHT用于实时识别目标系统中，使得系统对于目标具有强识别能力。在实时识别目标系统中，图像的背景是复杂、多变、而应用FHT使系统对于背景变化不敏感，且能较准确地给出目标位置，因此对于实时识别系统、实时跟踪系统是很有实用价值的。

参 考 文 献

- [1] P. V. C. Hough; U. S. Patent 3069654, 1962.
- [2] R. O. Duda and P. E. Hart; Comm. ACM, 15, No. 1, 1972, 11-15.
- [3] D. H. Ballard; Pattern Recognition, 13, No. 2, 1981, 111-124.
- [4] S. D. Shapiro; Pattern Recognit., 10, 1978, 129-143.

- [5] D. H. Ballard and D. A. Kimbali, *Comput. Vision Graphics Image Process*, 22, 1983, 95-115.
- [6] J. O'Rourke, *Proc. Conf. on Pattern Recognition and Image Processing*, Dallas, Texas, 1981.
- [7] Hungwen Li, Mark A. Lavin, and Ronald J. Le Master, *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 36, 139-161 (1986).

Application of the Fast Hough Transform in Real-Time Object Recognition System

Li Qin

Abstract

Hough transform is powerful for detecting straight line in noisy image or degeneration image. Fast Hough transform(FHT) adopts a hierarchical technique and a k-tree data structure. It leads to a reduction in both computation and storage. In this paper, a technique applied FHT to real-time object recognition system. We now accomplished the computer simulation for the real-time object recognition system is described. The system can output the position of the object in an complicated background. Due to the HT, the system is very effective in recognizing object in an image with noise, gaps and complicated background. After determining a mask, the object recognition in this system is not affected by the background variation, and it has the feature of object rotation invariant.