

基于霍夫变换的图形检测算法

叶富东

(湖北生态工程职业技术学院,湖北武汉 430200)

[摘要] 直线、矩形、圆等几何图形的检测是计算机图形识别的基础。本文基于霍夫变换理论,利用其投票机制结合各种几何图形特点,分别介绍了直线、矩形、圆的检测算法,并设计实验,实现了这几种算法。实验设计很好的验证了霍夫变换原理,同时成功地实现了对几种基本图形的检测。

[关键字] 霍夫变换;投票机制;图形检测

[中图分类号] TP391.41

[文献标识码] A

[文章编号] 0000-2157/SG(2011)03-0045-05

1 霍夫变换理论

经典 Hough 变换的实质是对图像进行坐标变换,使变换的结果更易于识别和检测。最典型的例子就是将直线方程由直角坐标转换为极坐标形式,转换后的结果:直角坐标系下的一个点在极坐标下成为一条曲线,如图 1 所示;而直角坐标系下的一条直线在极坐标下便成为一族有公共交点的曲线,如图 2 所示。这样,识别直线时在变换平面上寻找具有某种特性的某些点就比在图像平面上直接识别图形更为简单,然后根据变换规则进行相应的反变换便得到其相关几何参数。

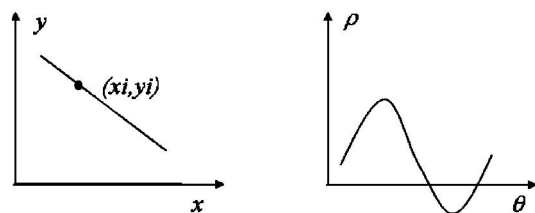


图 1 点霍夫变换的极坐标形式

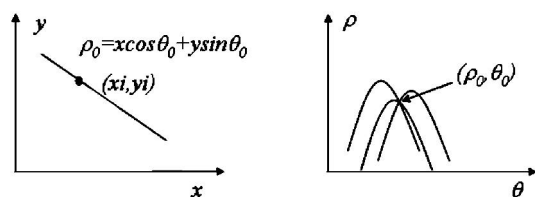


图 2 直线霍夫变换的极坐标形式

下面简述 Hough 变换的过程:设 $X - Y$ 平面内一条直线,其方程为:

$$y = ax + b$$

其中: a 为斜率 b 为截距;那么我们也可以以 a, b 为变换空间,作如下变换:

$$b = -ax + y$$

方程的形式虽然改变了,但其参数的意义并未改变。变换的结果使直角坐标系中的一个点成为“截距—斜率”空间中的一条直线,而直角坐标系中的一条直线成为“截距—斜率”空间中的一族有公共交点的若干直线。

为了正确识别和检测任意方向和任意位置直线,就必须解决垂直线的斜率无限大这一问题,在 Hough 变换中采用了极坐标变换:将 $X - Y$ 平面的图像变换到 $\rho - \theta$ 平面处理。直线方程为:

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

其中: ρ 为原点到直线的距离 θ 表示该直线的法线与轴的夹角。变换结果如图 1、2 所示,在图 2 中所有曲线都交于一点,该点坐标值 (ρ_0, θ_0) 即直线的参数。利用该变换的最大优点便是抗噪能力强,缺点是运算量大,内存开销也不小。基于同样的思路,可以进行圆、椭圆、抛物线等图形的识别,处理方法相同,只是参数空间的维数增大导致内存开销增大,现有的众多图像处理书

收稿日期:2011-05-11

作者简介:叶富东(1984-),男,主要从事计算机教学与研究工作。

籍中都有相关描述,在此不在赘述。

2 霍夫变换的应用

经典 Hough 变换主要针对直线的检测,它将画面上所有前景点进行相同的变换,将变换平面上各点看作一个个累加器(点与点的距离取决于变换所取步长的大小),原图像平面上各点变换后所得曲线在变换平面上每经过的某点,便将该点计数器值加 1,最后结果是各曲线的交点处计数器值达到最大,该点坐标值即是直线的参数。借助各种几何图形的特点,便可正确检测它们。

2.1 直线检测算法

X - Y 直线上的各点经过 Hough 变换在 $\rho - \theta$ 平面上形成一族有公共交点的若干曲线,该交点坐标便是直线的几何参数。Hough 变换检测直线的算法伪代码如下:

```

for each( x, y ) Pdo
    for  $\theta = 0 \sim \pi$   $\Delta\theta$  do
         $\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$ 
         $H(\rho, \theta) = H(\rho, \theta) + 1$ 
         $\theta = \theta + \Delta\theta$ 
    end
end
max( H(  $\rho_i, \theta_j$  ) )

```

其中 P 表示直线, H 表示进行霍夫变换,最后最大值所对应的 (ρ_i, θ_j) 就是这些共线点对应直线方程的参数。

在同一画面上具有多条直线和各种噪音干扰的情况下,正确识别直线却需要注意以下几点:

1) 变换平面上只有计数器值为局部峰值点(极大值点)时,该点坐标才有可能作为直线的参数,其他各点坐标不能作为直线的参数。

2) θ 取值范围为 $0 \sim 180^\circ$, 变换过程中(步长的)取值决定了识别精度,即两条平行直线间的最小距离的大小,同时也影响运算量的大小。

3) 对于宽度大于 1 个像素点的直线,正确的识别不仅需要在 ρ 值方面,而且也需要在 θ 的取值上加以限制,具体情况根据图像大小和线段长短而定。

2.2 矩形检测算法

矩形的几何特点是:由互相垂直的两组平行直线组成。那么我们可以利用直线检测的结果判断图像中是否存在矩形图形,有几个矩形图形,并确定其参数。矩

形检测算法可表述如下:

1. 在直线检测算法上略作变化,先由霍夫变换(水平方向为 ρ , 垂直方向为 θ) 直线检测算法求出 4 个峰值点,对应原图像的 4 条直线,即两对相互平行和两对相互垂直的直线;

2. 再由四条直线的参数求出 4 个交点的坐标,即可获得矩形的参数;

3. 将 4 个交点坐标连线,即得矩形的轮廓。

类似的方法可以用于检测梯形、三角形等由直线段组合成的几何图形。

3 基于霍夫变换的图形检测算法

Hough 变换是一种“投票表决”算法,基于这种机制,我们可以推广到简单的几何图形(如圆形)的检测。

文献^[12]利用圆的几何性质结合“投票表决”机制成功地实现了圆的识别和几何参数检测,该算法速度快,同样具有较强的抗噪音干扰功能,比用广义 Hough 变换所需内存更小。算法示意图如图 3 所示,思想如下:

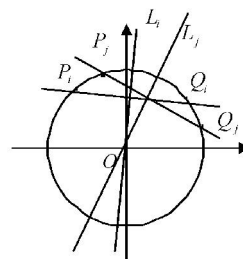


图 3 基于霍夫变换圆检测算法示意图

(1) 利用“圆的任一弦的垂直平分线必通过圆心”这一性质,在图像平面上对于每个前景点 $P(x_0, y_0)$, 在给定的步长上按行(或列)扫描,取该行(或列)上所有前景点 $Q(x_i, y_i)$;

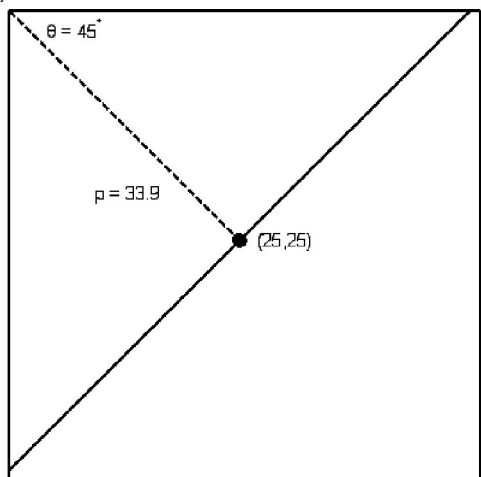
(2) 连接 P, Q 两点并作直线 PQ 的垂直平分线 L ;

(3) 如果 P, Q 两点都在圆周上, L 必经过圆心,与 Hough 变换相同,将变换平面上每个点作为一个累加器, L 经过的各点分别加 1,由于噪音点比例毕竟小于有效图形所占比例,因此非圆心点所通过的直线数量会远远小于圆心点通过的直线的数量,变换结束后寻找各累加器的最大值所在位置便得到该圆的圆心坐标。半径值则存储在另外一个内存空间上,该内存空间上各单元记录该点与 P 点的距离(即半径),找到圆心后,在半径平面上对应位置的值即圆心的半径。

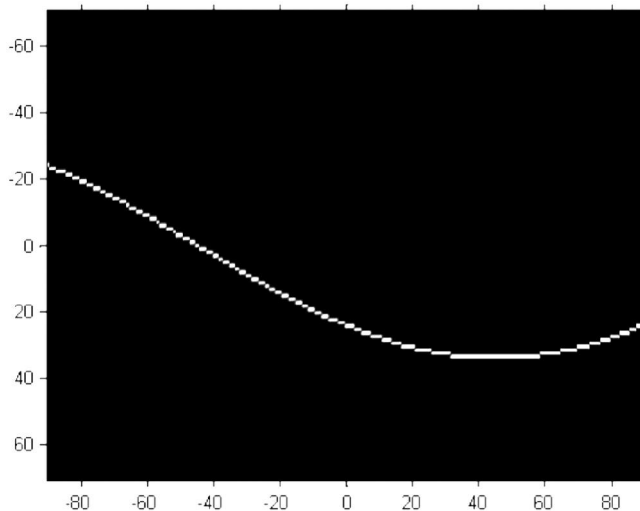
4 实验

针对上述霍夫变换理论和几种算法,我做了相关的实验设计,包括(1)直线上点的霍夫变换示意(2)应用 Hough 变换对倾斜表格图像纠偏(3)基于霍夫变换的圆检测(4)应用 OpenCV 实现图形的检测。其中(1)、

(1,1)



(a)正方形对角线中点



(b)左图中点的霍夫变换曲线

图4 直线上点的霍夫变换示意

实验二:应用 Hough 变换对倾斜表格图像纠偏

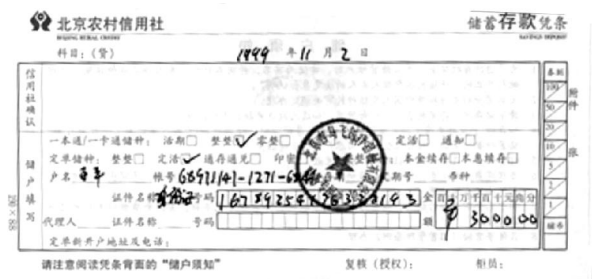
如图5所示,图(a)是一张倾斜的表格原图像,分析表格图像我们不难发现,表格只是倾斜了一定角度,如果找到表格中直线倾斜的角度,将图像顺时针旋转这一角度即可将图像纠正。为此,先将原图像二值化,得图(b),对图(b)作霍夫变换(结果见图6),求出累

(2)、(3)在 MATLAB R2007b 中实现(4)在 OpenCV 中实现。下面逐一说明。

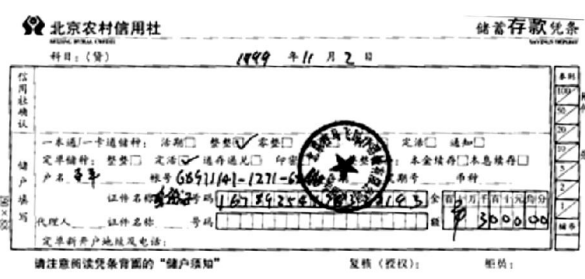
实验一:直线上点的霍夫变换示意

画一个正方形,取其对角线上中点,对该点应用霍夫变换,得到一条曲线,程序代码详见 houghcheshi.m 程序运行结果如下:

加数组中最大值对应的 (ρ, θ) 值,则该点坐标对应直线的参数,其中之一便是直线的斜率,然后将原图像旋转,即得纠正后图像(见图7(b)和原图放在一起是为了便于比较)。具体程序见 myhough.m 和 houghcheshi.m,其中 myhough.m 是自己编好的霍夫变换程序,可直接调用。



(a)原表格图



(b)二值化后表格图

图5 原表格图及二值化后表格图

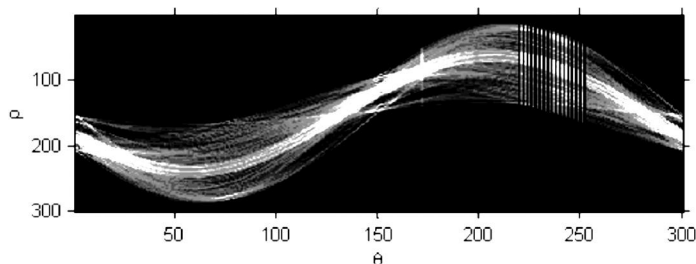
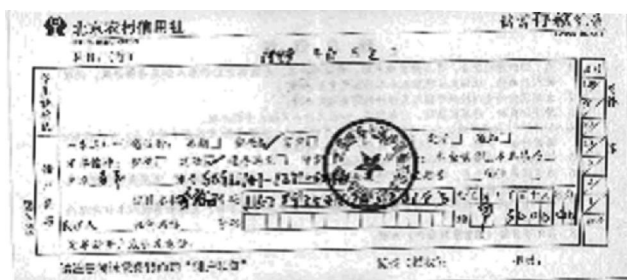
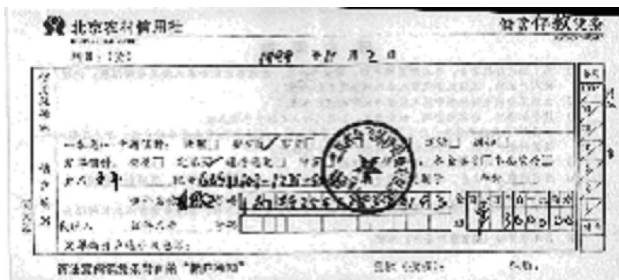


图6 霍夫变换图像



(a)原表格图



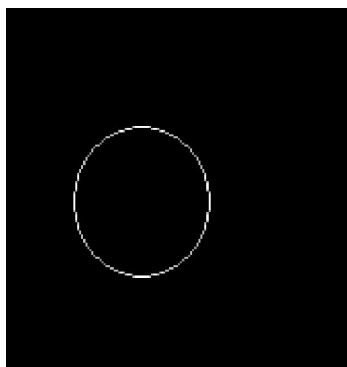
(b)纠偏后表格图

图7 原表格图与纠偏后表格图

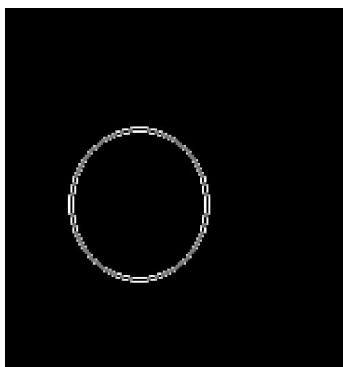
实验三 :基于霍夫变换的圆检测

实验选取了一个只含一个圆形的图片,如图 8(a)所示,首先对原图像用 sobel 算子提取边缘,得到二值

图(b),再对图(b)采用基于霍夫变换的圆检测算法,图(c)为检测得到的圆。实验结果如下(具体程序详见 houghcheshi.m 和 houghdetectcircle.m):



(a)原图



(b)sobel 提取边缘后的二值图



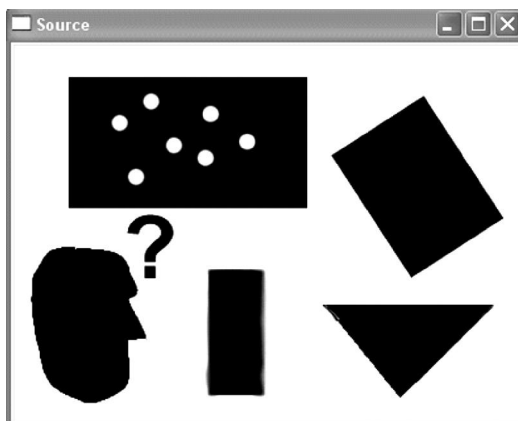
(c)霍夫变换检测出的圆

图8 基于霍夫变换的圆检测实验效果图

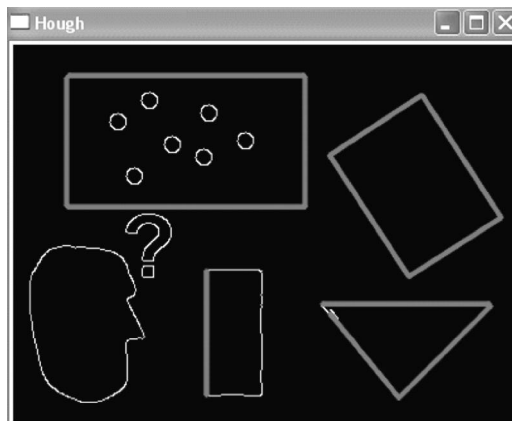
实验四 :应用 OpenCV 实现图形的检测

OpenCV 是 Intel 资助的开源计算机视觉库。它由一系列 C 函数和少量 C++ 类构成,实现了图像处理和计

算机视觉方面的很多通用算法。OpenCV 中有霍夫变换算法,下面是利用其中霍夫变换算法得到的实验效果图:



(a)原图形



(b)霍夫变换检测的图形

图9 应用 OpenCV 中霍夫变换算法检测图形的效果图

以上实验除了实验四是直接调用系统 API,其余全部编程实现,实验平台:操作系统:Microsoft Windows Professional x64 Edition Version 2003 Service Pack 2;计算平台:MATLAB R2007b;CPU:Intel(R) Pentium(R) Dual CPU E2160;内存:DDR 1G。

5 总结分析

经典 Hough 变换为我们提供了检测直线的有效手段,利用该算法可以实现对矩形、三角形等由直线段组

成的简单几何图形的识别。由于该变换必须逐点处理图像平面上的每一点,计算量大,内存开销比较大,本人在处理有些面积大、前景复杂图像时,深有感触。

Hough 变换提供的投票机制为我们解决类似图形检测的问题开辟了新的思路,文献^[2]提出的算法很好的解决了圆检测问题。在人脸识别问题中,眼睛的定位是一项重要的工作,而人眼是有一定几何形状的,应该可以通过霍夫变换方法加以识别的,这有待于在以后继续深入学习研究。

参考文献:

- [1] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Digital Image Processing Second Edition[M]. 北京:电子工业出版社, 2005.
- [2] 叶州海, 陈福民. 一种广义霍夫变换的改进[J]. Microcomputer Applications. 2006, 22(6).
- [3] 邱桑敏, 夏雨人. 一种快速霍夫变换算法[J]. 计算机工程, Vol.30 NO.2.
- [4] 高成, 董长虹等编. MATLAB 图像处理与应用(第二版)[M]. 北京:国防工业出版社, 2007.
- [5] 张会章, 张利霞, 郭雷. 用霍夫变换来提取目标边界[J]. Computer Applications Vol. 23.

Graphic Detection Algorithm Based on Hough Transformation

YE Fu-dong

(Hubei Vocational College of Ecological Engineering, Wuhan 430200, China)

Abstract Detection of geometric figures such as beeline, rectangle or circle is a basis of graphical recognition. Voting system and features of geometric figures considered, detection algorithms of beeline, rectangle and circle are addressed separately, based on Hough Transformation Theory, and accordingly, the detection algorithms above were proof-tested through designed experiments. The designed experiments well proved Hough Transformation and achieved the detection of geometric figures.

Key Words Hough Transformation; voting system; graphic detection

(上接第 40 页)

Sustainable Development of Human Resources

ZHAO Fu-guang

(Huazhong Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract From the conception and development background of sustainable development of human resources, and long practice of personnel service, a differentiation and analysis of misunderstanding-generating issues was conducted covering sustainable development of human resources, personnel reserve, and potential enhancement. The result shows that sustainable development of human resources is attributed to talent strategy, and only after a corporation has developed well enough to blueprint its long-term prospects, can management of human resources be performed necessarily.

Key Words human resources; overexploitation; sustainable development; personnel reserve; exploitation of potential