

用改进的前向神经网络实现离散 Hough 变换

高 隽

(合肥工业大学计算机与信息系, 合肥 230009)

摘 要 介绍了用前向单层神经网络实现离散 Hough 变换(HT)的方法,并且通过对其权值矩阵的修正以及神经元输出函数的修正,改善了 HT 的性能,提高了 HT 的分辨率。

关键词 Hough 变换,神经网络,权值矩阵

1 引 言

Hough 变换(HT)自从 1962 在美国作为专利被发表以来^[1],由于它可对形状进行有效的识别,可并行实现,而且对噪声不敏感,因而得到了极大的关注。国内外很多科技工作者都对 HT 进行了研究^[2],其中研究方向主要有两个方面:一是应用 HT 解决实际问题,比如用于三维物体识别,定位与方向检测;多传感器数据融合^[3];雷达检测和跟踪;水声目标形状分析;多重不变图象特征抽取;识别曲线及参数估计;影像分割;识别二维图象;工程图中直线的提取;线族形状结构的识别等等;另一方面是提高 Hough 变换计算速度及减少存贮容量的算法研究,比如利用图象中心梯度信息减少计算量;利用递归地细分参数空间和逐步增加参数空间分辨率来减少计算量和存贮量;查找表方法;极标编码多分率 HT 方法;以及并行算法,如:在超立方体 SIMD 计算结构上的并行算法;快速的动态 HT 及其并行实现;改进的 Hough 变换及其并行计算^[4]等等。

本文介绍用前向单层神经网络实现离散 Hough 变换(HT)的方法,利用神经网络的特点,修正其权值矩阵以提高 HT 的分辨率;修正神经元输出函数以消除 HT 所产生的簇并使识别不受待识别形状大小的影响。

2 离散 Hough 变换与神经网络

对于输入图象为 $b(x', y')$ 连续 HT 的定义如下^[1]:

$$h(\theta, \gamma) = \iint b(x', y') \delta[\gamma - (x' \cos \theta + y' \sin \theta)] dx' dy' \quad (1)$$

HT 对于输入图象 $b(x', y')$ 中存在的一条直线 $\gamma_0 = x' \cos \theta_0 + y' \sin \theta_0$, 其中 θ_0 是直线与 x 轴的夹角, γ_0 是直线到原点的距离,在 Hough 空间构成一个具有坐标 (θ_0, γ_0) 的点。一个由 CCD 摄取的数字图象在 (x_i, y_j) 处的象素具有灰度值 $b_{i,j}$, 其中 $i=0, 1, \dots, n_x - 1; j=0, 1, \dots, n_y - 1$ 。对应于 Hough 空间 (θ_k, γ_l) 有离散值 $h_{k,l}$, 其中 $k=0, 1, \dots, n_\theta - 1; l=0, 1, \dots, n_\gamma - 1$ 。如果输入图象的大小为 $x \in [x_{\min}, x_{\max}]$, $y \in [y_{\min}, y_{\max}]$ 那么图象的空间分辨率为:

$$\Delta x = (x_{\max} - x_{\min}) / (n_x - 1)$$

$$\Delta y = (y_{\max} - y_{\min}) / (n_y - 1)$$

另外考虑 Hough 空间原点到某条线的最大距离为 γ_{\max} 有:

$$\gamma_{\max} = \sqrt{\max^2(|x_{\max}|, |x_{\min}|) + \max^2(|y_{\max}|, |y_{\min}|)}$$

我们选择对称的角度范围,即 $(-\pi/2, \pi/2)$ 则有: $\theta_{\min} = -\pi/2, \theta_{\max} = \pi/2$

* 获国家自然科学基金资助(No. 69805001)

收稿日期:1997-09-23;收到修改稿日期:1998-01-24

这样在 Hough 空间的分辨率为:

$$\Delta\theta = 2\theta_{\max}/(n_{\theta} - 1)$$

$$\Delta\gamma = 2\gamma_{\max}/(n_{\gamma} - 1)$$

因而可用下列公式表示坐标关系:

$$x_i = x_{\min} + i\Delta x \quad y_j = y_{\min} + j\Delta y$$

$$\theta_k = \theta_{\min} + k\Delta\theta \quad \gamma_l = \gamma_{\min} + l\Delta\gamma$$

对于离散的 HT 可表示为:

$$h_{k,l} = \sum_{i,j} w_{i,j,k,l} b_{i,j} \quad (2)$$

$$w_{i,j,k,l} = \begin{cases} 1 & \text{当 } |\gamma_l - (x_i \cos\theta_k + y_j \sin\theta_k)| < \Delta\gamma/2 \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (3)$$

其中连接参数 $w_{i,j,k,l}$ 是二值的,代表神经网络的权值矩阵,该二值的权值可提高 HT 的运算速度并且可用光学加以实现^[5,6]。图 1 表示输入图象中的 3 个亮点,经过式(2)、(3)离散 HT 计算后,在 Hough 空间产生相位和幅度与输入亮点位置相对应的 3 条正弦曲线。

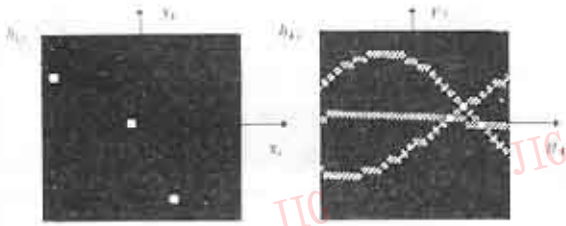


图 1 离散 HT 示例

以上介绍的离散 HT 可用神经网络加以实现^[7],对于输入 a_i 和输出 o_j 有:

$$o_j = f_{out,j}(\sum_i w_{i,j} a_i)$$

这里的 $f_{out,j}$ 是第 j 个神经元的输出函数, $w_{i,j}$ 是神经网络的权值矩阵。权值矩阵 $w_{i,j}$ 可以通过学习而得到^[7]。

3 修正权值矩阵

修正权值矩阵的目的是基于以下考虑:在 Hough 空间的一个亮点 (θ_k, γ_l) 对应于输入图象中的一条直线,而事实上,由于离散化输入图象中的每条直线 $\bar{y}_l = x \cos\theta_k + y \sin(\theta_k)$ 其中 $\theta_k \in \theta_k \pm \Delta\theta/2, \gamma_l \in \gamma_l \pm \Delta\gamma/2$ 都对离散 Hough 空间的亮点 (θ_k, γ_l) 起作用,这些直线在输入图象中构成一个平面。为了体现这一影响,提高分辨率,可以选取从输入空间点

(x_i, y_j) 到 Hough 空间点 (θ_k, γ_l) 的权值 $w_{i,j,k,l}$ 与面积 $A_{i,j,k,l}$ 成正比,其中 $A_{i,j,k,l}$ 是直线簇在点 (x_i, y_j) 处所构成的面积,如图 2 所示。这样经过修正的 HT 其权值是正值,且位于区间 $[0, 1]$ 中。该权值通过学习、训练得到,无需计算出 $A_{i,j,k,l}$ 。用该权值代替式(3),而按式(2)计算 HT 的算法仍然有效。

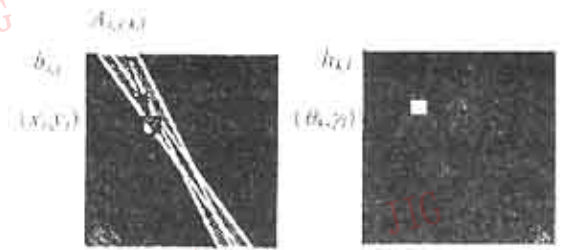


图 2 修正的 HT 示意图

4 修正输出函数

对于形状识别,特别是图象中直线边的识别,我们希望在图象中的一条直线边经过 HT 只在 Hough 空间的一个像素(或神经元)上成象,这样可以有效地识别输入图象中的直线。而一条直线边经过 HT 会产生簇,即在 Hough 平面会延伸到邻近的神经元,如图 3 所示。理论上最高分辨率为 π/D (D 是在 θ 方向上像素的数目)。另一方面,希望识别不受待识别形状大小的影响,即不同大小的形状或不同长度的边,经变换后所产生的点应有相同的亮度。

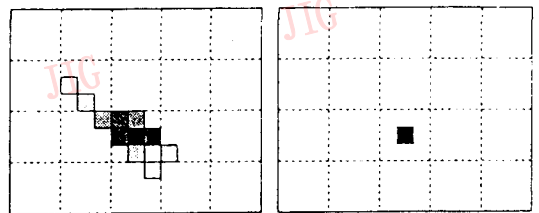


图 3 Hough 平面的簇以及调整的目标

为此可修正神经元的输出函数 f_{out} ,典型的神经元输出函数是 Sigmoid 函数,对该 S 型函数进行修正我们引入二个参数 gain 和 bias,如图 4 所示。调整参数 gain 以降低较小值,增大较大值;调整参数 bias 使可识别最短边所产生点的灰度值也落入饱和区内,这样识别可不受待识别形状大小的影响。

这样输出函数 f_{out} 为:

$$f_{out} = \frac{1}{1 + e^{-gain \cdot sum - bias}} \quad \text{其中 } sum = (\sum_i w_{i,j} d_i)$$

调整参数 gain 和 bias 前后, 所得结果如图 5 所示。这二个参数可通过样本的学习而获得^[8]。

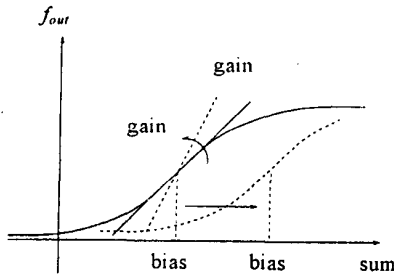
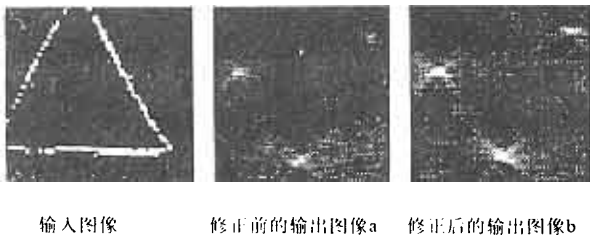


图 4 修正的输出函数



5 结论

采用神经网络实现 Hough 变换在文献[8]、[9]和[10]中有所介绍, 在文献[8]中采用反馈连续神经网络实现 Hough 变换, 不同于文中介绍的用前向单层神经网络实现离散 Hough 变换, 不利于神经网络的学习; 文献[9]中只是识别层用神经网络实现; 文献[10]介绍了广义 HT 用神经网络实现的方法, 这只适用于分辨率较低的情况。

文中介绍的用前向单层神经网络实现离散 Hough 变换的方法, 利用神经网络的特点, 修正其权值矩阵以提高 HT 的分辨率; 修正神经元输出函数以消除 HT 所产生的簇, 并使识别不受待识别形状大小的影响。而且该方法还可光电实现^[5,6]。

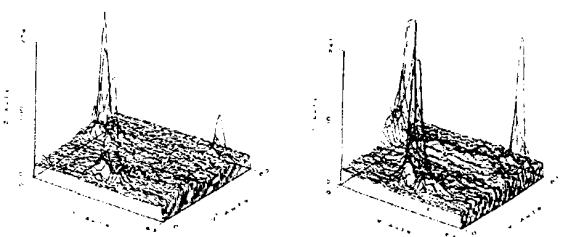


图 5 结果

参考文献

- 1 Hough P V C. A method and means for recognizing complex patterns. U. S. Pattern 3069654, 1962.
- 2 胡占义, 杨长江, 马颂德. Hough 变换的新定义. 计算机学报, 1997, 20(8): 744~752.
- 3 张鸿宾. 改进的 Hough 变换在多传感器数据融合中的应用. 高技术通讯, 1995, 5(8): 9~13.
- 4 陈山陵, 陈云霞. 改进的 Hough 变换及其并行计算. 电子学报, 1996, 24(10): 111~114.
- 5 高隽. 借助物镜变换实现一个短的相干 Hough 物镜. 中国激光, 1998, 25(2).
- 6 高隽等. 相干光学系统实现 Hough 变换. 量子电子学报, 1998, 15(1).
- 7 高隽. 基于神经网络的形状识别系统及优化. 1997 中国神经计算科学大会 (CCNS'97). 北京: 人民邮电出版社, 1997: 869~873.
- 8 McVey, E. S., et al. Artificial neural networks implementation of the Hough transform. Proceedings of the 23rd Asilomar Conference on Signals, Systems and Comp., 1989, 1: 128~132.

- 9 Chan C K, Sandler M B. A neural network shape recognition system with Hough transform input feature space. Proceedings of the 4th Internation Conf. on Image Processing and its Application, Netherlands, 1992: 197~200.
- 10 Howell M N, et al. On the connectionist implementation of the Hough transform. Proceedings of the International Conf. on Image Processing, and its Application, Maastricht, Netherlands, 1992: 234~237.



高隽 1963年10月生, 1991年获合肥工大信号与信息处理专业硕士学位, 后留校任教, 任电子线路教研室副主任, 参加多项国家火炬计划科研项目研究, 发表过多篇论文。主要从事, 数字信号处理, 神经网络, 模糊控制, 网络与系统等研究。

Use The Improved Feedward Neural Network Realize Discrete Hough Transformation

Gao Jun

(Dept. Computer and Information University of Technology, HeFei 230009)

Abstract This paper introduces the method that use feedforward single-layer neural network to realize Hough Transform (HT). The property and resolution of HT was improved by the modified HT's weight Matrix and the output function of Neuron.

keywords Hough transform, Neural networks, Weight matrix

欢迎订阅 1999 年度《软件学报》

《软件学报》是中国科学院软件研究所主办的学术性刊物。本刊的读者对象主要是计算机科学技术研究人员、工程技术人员、软件开发及软件应用人员、大专院校的教师及研究生、高年级学生等。

本刊刊登内容:数理逻辑、自动机及其在计算机科学中的应用,可计算理论,算法复杂性理论、网论,算法设计与分析,思维科学,计算语言学,形式语言和语义理论,程序设计逻辑,软件开发形式技术,软件自动生成,人工智能,专家系统,知识工程,定理机器证明,自动翻译,计算机辅助软件工程、程序设计语言,操作系统,数据库,计算机网络,分布式系统,CAD/CAM/CAT/CAE,图形、图象、汉字、语言等信息处理,计算机辅助教学、软件新技术的应用开发等。

本刊已被国际著名的美国工程信息公司 Ei Compendex 数据库和 Ei Page One 数据库收录。其中, Ei Page One 数据库收录的是文章的目录, Ei Compendex 数据库收录的内容包括文章题目、作者姓名、作者单位和文章摘要。显然,本刊已成为展示我国软件界科技成果的一个重要的国际窗口。

《软件学报》是全国评选获奖优秀科技期刊和中国科学院评选获奖优秀期刊。我们将在此基础上,继续为读者和作者提供更多交流与提高的机会。

本刊 1999 年由原来的 80 页增版至 112 页,定价 15.00 元,全国各地邮局均可订阅,邮发代号:82-367,欢迎订阅。

通讯地址:100080 北京 8718 信箱 中科院软件所《软件学报》编辑部

联系电话:(010)62562563

E-mail: jos@ns.ict.ac.cn

<http://www.ios.ac.cn/xuebao/sy.html>