

文章编号:1671-8860(2005)12-1056-03

文献标志码:A

基于梯度幅度直方图和类内方差的边缘提取方法

傅仲良¹ 李 勇¹

(1 武汉大学遥感信息工程学院,武汉市珞喻路129号,430079)

摘要:针对复杂背景中目标边缘提取的问题,提出一种基于梯度幅度直方图和类内方差进行边缘提取的新方法——CAGH(cluster algorithm based on gradient histogram)算法。该算法先分析经“非最大梯度抑制”后的梯度幅度直方图的特征,确定边缘集中区域,再通过类内方差确定梯度阈值,并利用该阈值确定边缘。在车牌识别中运用该方法提取复杂背景中的车牌边缘,并与 Sobel、Canny 等算法进行了比较。结果表明,CAGH 算法适应性强、提取效率高,提取的是连通性、独立性好的单像素边缘,有利于后续的特征提取和模式识别。

关键词:边缘提取;梯度;类内方差;车牌识别

中图法分类号:P237.4

边缘提取是图像处理的一个重要内容,是从图像中提取感兴趣对象的边缘信息,同时尽量去除不需要的图像信息,对后续的特征提取和模式识别起着关键作用。如在车牌识别问题中,车牌图像边缘提取的效果直接决定着车牌定位的精度和识别的准确率,然而,在实际图像处理过程中情况各异,往往存在着模糊、噪声干扰等问题,这就要求边缘提取方法有较高的提取质量和较强的适应性^[1]。

边缘提取方法有很多,传统的方法有 Roberts、Prewitt、Sobel、Laplacian 等微分算子法,它们是用小区域模板进行卷积来近似计算梯度的并行边界提取方法。由于只考虑了局域特征而忽视了图像的整体情况,它们对噪声比较敏感,对图像复杂情况的适应性不强^[2]。利用边缘幅值与边缘方向信息提取边缘的 Canny 算法在用 Guass 平滑去噪的同时也损失了有用边缘的梯度信息,致使提取的边缘产生了变形,又由于采取双阈值进行边缘跟踪以确定边缘,使得边缘独立性降低,容易产生粘连。

针对复杂背景中目标边缘提取的问题,本文提出一种基于梯度幅度直方图和类内方差进行边缘提取的新方法——CAGH(cluster algorithm based on gradient histogram),该算法先分析梯度幅度直方图,确定其边缘集中区域,通过类内方

差确定其梯度阈值,并利用该阈值确定其边缘。

1 基于梯度幅度直方图和类内方差进行边缘提取

CAGH 算法首先把图像转化成 256 色灰度位图,然后进行以下步骤。

1) 局部最大梯度点的确定

计算图像像素的方向导数及梯度幅度,并抑制非局部最大梯度点,这一步跟 Canny 算法中对应步骤相似。但该方法直接对原图像进行处理,而没有进行平滑,因而,很好地保存了目标的边缘梯度信息。

计算 $g(x, y)$ 的梯度,首先得到对于 x 和 y 的偏微分值 $P(x, y)$ 和 $Q(x, y)$,其计算方程参见文献[3]。

通过计算 2 像素 \times 2 像素邻域矩阵的平均有限差分,并作为 x 和 y 偏微分,得到图像梯度的幅度和方向^[3]:

$$M(x, y) = \sqrt{P^2(x, y) + Q^2(x, y)}$$
$$\theta(x, y) = \arctan(Q(x, y)/P(x, y))$$

由此得到的梯度图,再进行抑制非局部最大梯度点。其基本思想是根据当前点周围 8 个方向上相邻像素的梯度值来判断当前点是否具有局部最大梯度值,如果是,则将其判为可能的边缘点,

否则为非边缘点^[3]。由可能的边缘点构成边缘图(记为 pEdge)。

2) 边缘集中分布区间的确定

由于 pEdge 中抑制了非局部的最大梯度点, 所以去掉了梯度为零和邻域内梯度较小的点, 剩下的是可能为目标边缘的点。建立 pEdge 的梯度幅度直方图(记为 hist1)。如图 1 是三幅车辆牌照图像, 经过上述步骤处理后, 其梯度幅度直方图如图 2 所示。研究 hist1 发现像素的梯度分布极不均匀, 大部分像素集中在狭小的梯度区间内。根据 hist1 可以作出梯度幅度的累加直方图(记为 hist2)。

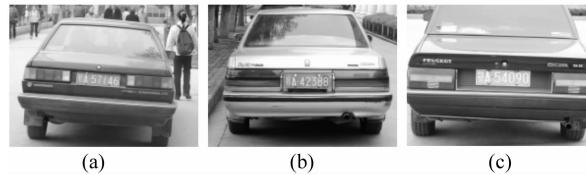


图 1 原图

Fig. 1 Original Images

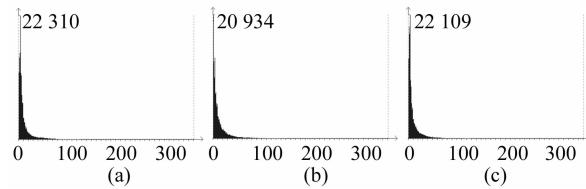


图 2 梯度幅度直方图

Fig. 2 Analysis of Gradient Histogram

由 hist1 得出最大梯度值 maxmag。设 span 为所求梯度区间的宽度, span 变化区间设为 $[\maxmag/5, \maxmag]$, 所求边缘集中分布的区间起点的梯度值设为 thdlow, 终点设为 thdhight。设 slope 为 hist2 图中 span 区间内的斜率。

让 span 从 $\maxmag/5$ 到 \maxmag 之间变化, thdlow 在 $[1, \maxmag - \text{span}]$ 中变化, 求出使得 slope 最大的 thdlow 的值, 同时也求出对应的 thdhight, $[\text{thdlow}, \text{thdhight}]$ 就是所求目标边缘集中分布的梯度区间。

3) 利用类内方差求出梯度阈值

阈值法是图像分割的经典方法, 其基本思想是确定一个阈值, 然后把每个像素和阈值作比较, 根据比较的结果把像素分为两类——目标或者背景。其中确定其阈值是关键。用类别方差确定阈值是一种常用的图像分割方法。通常用到的类别方差有类间方差和类内方差两种。类间方差反映的是两类之间区别的大小, 而类内方差反映的是

每类像素之间差别的大小。因为边缘集中分布的梯度区间通常比较狭窄, 分类后的类间方差变化不大, 所以这里只用类内方差来确定最佳梯度阈值 T 。

待分类的像素是 pEdge 图中的梯度范围在 $[\text{thdlow}, \text{thdhight}]$ 之间的像素。令 $L = \text{thdlow}$, $H = \text{thdhight}$ 。阈值 t 将像素划分为两类: $C_0 = \{L, L+1, \dots, t-1\}$, $C_1 = \{t, t+1, t+2, \dots, H\}$ 。若像素的梯度值 $i(x, y) < t$, 则 $(x, y) \in C_0$; 若 $i(x, y) \geq t$, 则 $(x, y) \in C_1$ 。 i 为梯度, 则梯度为 i 的像素个数为 p_i 。

C_0 和 C_1 每类的像素总数为:

$$\omega_0 = \sum_{i=L}^{t-1} p_i, \omega_1 = \sum_{i=t}^H p_i$$

C_0 和 C_1 每类的梯度均值为:

$$\mu_0 = \sum_{i=0}^{t-1} i p_i / \omega_0, \mu_1 = \sum_{i=t}^H i p_i / \omega_1$$

C_0 和 C_1 每类的方差为:

$$\sigma_0^2 = \sum_{i=0}^{t-1} (i - \mu_0)^2 p_i / \omega_0, \sigma_1^2 = \sum_{i=t}^H (i - \mu_1)^2 p_i / \omega_1$$

按照模式识别理论, 这两类的类内方差为:

$$\sigma_{\omega}^2 = (\omega_0 \sigma_0^2 + \omega_1 \sigma_1^2) / (\omega_0 + \omega_1)$$

求使类内方差 σ_{ω}^2 最小的 t , 即为最佳梯度阈值 T 。

根据阈值 T 对 pEdge 图的像素进行分类, 如果梯度 $i(x, y) \geq T$, 则把 (x, y) 灰度值变为 0, 否则灰度值为 255。

2 实验结果

为了检验该算法的有效性和可靠性, 选取了 100 幅不同时间、不同地点、不同天气条件下、复杂背景中的不同车辆牌照图像用该算法进行了边缘提取, 并与 Sobel、Canny 等算法提取的结果进行比较。其中图 1 中三幅图像处理的结果如图 3 所示。

实验结果表明, 本文所提方法对图像的适应性强, 边缘定位准确, 能很好地抑制噪声干扰。CAGH 算法是取具有局部最大梯度值的点作为候选边缘点, 从而避免了边缘的粘连, 使得边缘的独立性好, 边缘宽度是单像素。本算法采用的是基于梯度幅度直方图的自适应阈值选取方法, 提取的边缘连通性好, 而且算法结构简单, 运行速度快, 在 AMD Barton 2500+ CPU, 内存 256 M 的计算机上处理 800 像素 \times 600 像素图像的平均运行时间为 0.219 s。

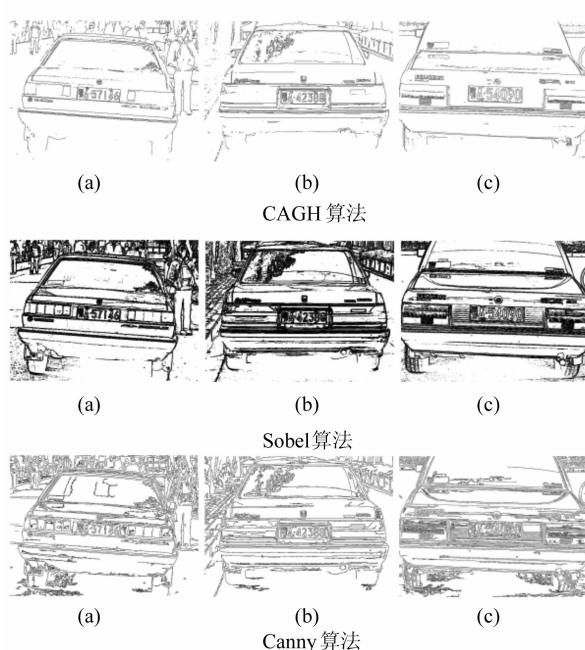


图3 算法比较

Fig. 3 Comparison of Algorithms

参考文献

- 1 张宏林. Visual C++ 数字图像模式识别技术及工程实践. 北京: 人民邮电出版社, 2003. 422~443

- 2 林卉, 赵长胜, 舒宁. 基于 Canny 算子的边缘检测及评价. 黑龙江工程学院学报, 2003, 17(2): 3~6
- 3 梁光明, 孙即祥, 马琦, 等. Otsu 算法在 Canny 算子中的应用. 国防科技大学学报, 2003, 25(5): 36~39
- 4 杨枝灵, 王开. Visual C++ 数字图像获取、处理及实践应用. 北京: 人民邮电出版社, 2003. 504~572
- 5 张引. 基于空间分布的最大类间方差牌照图像二值化算法. 浙江大学学报(工学版), 2001, 35(3): 272~275
- 6 王隽, 吴青. 国值分割与 Snake 模型相结合对医学图像进行处理. 计算机与信息技术, 2003(10)
- 7 翟俊伟, 林小竹. 梯度幅度图像与幅角图像的比较. 北京石油化工学院学报, 2002, 10(3): 1~4
- 8 胡小锋, 赵辉. Visual C++ / MATLAB 图像处理与识别实用案例精选. 北京: 人民邮电出版社, 2004. 84~118
- 9 宋建才. 汽车牌照识别技术研究. 工业控制计算机, 2004, 17(4): 44~45

第一作者简介:傅仲良,博士,教授,博士生导师。主要研究领域包括地理信息系统、虚拟现实技术、图像处理与分析、遥感、GIS 工程设计与开发等。

E-mail: fuzhl@263.net

Edge Detection Based on Gradient Histogram and Variance Within Clusters

FU Zhongliang¹ LI Yong¹

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

Abstract: In this paper, a new method for edge detection from complex scenes based on gradient histogram and variance within clusters is proposed (cluster algorithm based on gradient histogram, CAGH). After analysing gradient histogramming by “Non-maximal suppression”, edges can be extracted with the gradient threshold based on the variance within clusters. In comparison with other methods for edge detection of vehicle license plates from complex scenes, this method has better adaptability and more efficiency, which generates one pixel width edges with good connectivity and independence, is good to subsequent feature extraction and pattern recognition.

Key words: edge detection; gradient; variance within clusters; recognition of vehicle license plates

About the first author: FU Zhongliang, Ph.D, professor, Ph. D supervisor. His research orientation includes GIS, virtual reality, image processing and analysis, remote sensing, design and development of GIS system.

E-mail: fuzhl@263.net