

行人轮廓检测算法研究

许焕明^{1,2}, 高向东¹

(1. 广东工业大学 机电工程学院, 广东 广州 510006;

2. 广东交通职业技术学院, 广东 花都 510800)

摘要: 针对当前流行的汽车行人避碰系统中行人轮廓检测效果不够理想的情况,改进行了人轮廓的检测。利用数学形态学操作方法先对视频图像进行处理,然后利用优选出的 Canny 算子对行人图像进行边缘检测,再使用曲线拟合技术对行人轮廓进行加工,获取完整的行人轮廓曲线,为行人识别与跟踪奠定坚实的基础。试验结果表明,该方法能有效地去除行人轮廓的干扰因子和孤岛,获得较为完整的行人轮廓曲线。

关键词: Canny 算子; 闭运算; 曲线拟合; 干扰因子; 行人轮廓检测

中图分类号: TP18

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)22-0038-04

Research of pedestrian edge detection algorithm

Xu Huanming^{1,2}, Gao Xiangdong¹

(1. School of Electro-mechanical Engineering of Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China;

2. Guangdong Communication Polytechnic, Guangzhou Huadu 510800, China)

Abstract: At present, the results of pedestrian edge detection are less ideal using the popular pedestrian edge detection methods. This paper focuses on the improving of pedestrian profile detection. At first, it uses grayscale morphological to process video image. Then, picking up Canny operator for pedestrian edge detection. Finally, it process the pedestrian profile by using curve line fitting technology to obtain smooth pedestrians outline curve for the better foundation of pedestrian recognition and tracking. The experiment results show that the method can be used to eliminate the interference factors and isolated island, and can obtain complete pedestrian contour curves.

Key words: Canny operator; closing; curve line fitting; interference factor; pedestrian edge detection

在图像中可靠地进行行人检测和识别具有广泛的应用前景,如智能视频监控、车辆辅助安全驾驶系统和多媒体检索。同时,行人检测是物体检测领域里最具挑战性的一种,因为行人具有非常大的差异,如服装颜色和款式的差异、身材的差异、姿态的差异、光照的差异、视角的差异、阴影的差异、背景的差异、遮挡的差异,另外,行人还有可能拎着各式各样不同的包,如背包、手提包、皮夹子、购物袋等,这些差异都会给行人边缘检测带来困难。

当前的行人检测方法有近千种之多,但主要分为二类。第一类算法^[1]根据人体各个组成部分的局部特征分别进行检测,然后利用一定的投票规则将各个组成部分的检测结果进行合并,输出最终检测结果。Mohan 等^[2]对人体每个部分进行独立训练以获得多个人体部位检测算子,然后将这些算子合并成一个二级分类器;或者是

在整个人体中选择一些稀疏特征点作为检测依据。由于头部、躯干、四肢几个人体主要组成部分形态相对固定,特征也比较稳定,因此该类算法能够较好地处理遮挡和姿态变化情况。第二类是基于统计学习的算法,通过特定的特征提取算子,如层级形状模板^[3]、Haar 小波变换^[4]、矩形特征^[5]以及梯度方向直方图 HOG(Histogram of Oriented Gradient)^[6]。这些方法虽然都有成功的应用,但普适性比较差。本文采用图像形态学处理技术,研究行人边缘检测技术,致力于消除行人边缘检测的干扰因子,进而提高行人边缘检测的健壮性和鲁棒性。

1 数学形态学

近年来,数学形态学处理(Mathematic Morphology)已经发展为数字图像处理的一个重要研究领域。数学形态学的基本思路是利用具有一定形态的结构元素去度量 and 提取图像中的对应形状,以达到对图像进行分析和识

图形、图像与多媒体

Image Processing and Multimedia Technology

别的目的。数学形态学是由一组形态学的代数运算算子组成的,它的基本运算有扩张、侵蚀、开启和闭包^{[7]4}个。

灰度图像形态学是数学形态学的一个重要分支,是二值形态学对灰度图像的自然扩展,其运算对象不再是集合,而是图像函数。对灰度形态学而言,二值形态学中用到的交、并运算分别用最大值和最小值运算代替。设 T 为输入图像, r 为结构元素,灰度形态学扩张、侵蚀、开启和闭包运算分别定义如下。

(1) 扩张

扩张(dilation)的运算符为 \oplus ,用 r 对 T 进行扩张可表示为 $T \oplus r$,其定义为:

$$T \oplus r = \{x | [(r)_x \cap T \neq \phi] \} \quad (1)$$

其中, \hat{r} 表示集合 r 的反射, $\hat{r} = \{w | w = -t, t \in r\}$ 。 $(\hat{r})_x$ 表示对 r 的反射进行移位 x 。扩张操作常用来弥合裂开的细缝隙。

(2) 侵蚀

侵蚀(erosion)的运算符表示为 \ominus ,用 r 对 T 进行侵蚀可以记为 $T \ominus r$,其定义为:

$$T \ominus r = \{x | [(r)_x \subseteq T] \} \quad (2)$$

式(2)表明,用 r 侵蚀 T 的过程就是对 r 平移运算 x ,结果是所有 x 的集合,即 r 平移 x 后仍在 T 中。侵蚀操作常用来分开细小的粘连。

扩张与侵蚀这两种运算是紧密联系在一起,它们之间存在对偶性,即一种运算对目标的操作相当于对另一运算的背景的操作上。这种对偶性可以表为

$$(T \oplus r)^c = T^c \ominus \hat{r} \quad (3)$$

$$(T \ominus r)^c = T^c \oplus \hat{r} \quad (4)$$

因为扩张和侵蚀并不互为逆运算,所以它们可以级联结合使用。在图像处理中扩张和侵蚀运算很少单独使用,一般是将两者结合起来使用,这就得到了开启运算和闭包运算,开启运算是先对图像进行侵蚀,然后再进行扩张,用开运算可消除图像中的孤岛或者尖峰等过量的点;闭运算是先对图像进行扩张,再进行侵蚀,闭包运算能填平目标上的小裂缝,选择恰当的结构元素能剔除图像中的暗噪声,同时保留较大的亮度特征。

(3) 开启

用 r 对 T 进行形态学开启操作可以记为 $T \circ r$,其定义为:

$$T \circ r = (T \ominus r) \oplus r \quad (5)$$

(4) 闭包

用 r 对 T 进行形态学闭包操作可以记为 $T \bullet r$,其定义为:

$$T \bullet r = (T \oplus r) \ominus r \quad (6)$$

2 视频图像行人边缘检测

图像最基本的特征是边缘(Edge)。边缘是指图像局部亮度变化最显著的部分,它存在于目标与背景、目标

与目标、区域与区域之间。边缘检测是根据数字图像中的突变信息检测图像的边缘。图像边缘信息在图像分析和人的视觉中都是十分重要的,是图像识别中提取图像特征的一个重要属性。边缘信息便于量化和比较,更适合于检测和定位图像中的物体位置,因此边缘检测技术在数字图像检测和识别中有着极其重要的地位。边缘检测的实质是采用某种算法来提取出图像中对象与背景间的交界线,其目的就是要突出图像的边缘以便提取图像的特征。

图像边缘检测的功能是根据数字图像中的突变信息检测图像中物体的边缘,识别图像的形状,提取图像的特征,确定数字图像中物体的位置。

图像的边缘既有方向性又有幅度性。一般来说,沿水平边缘变化平缓,而垂直边缘走向的像素变化剧烈,这种变化可能呈现阶跃型和屋顶型。这些变化分别对应景物中不同的物理状态。例如阶跃型变化通常对应目标的深度和反射边界,而屋顶型变化通常反映表面法线方向的不连续。如果一个像素落在图像中某一个物体的边界上,那么它的邻域将成为一个灰度级的变化带。对这种变化最有用的两个特征是灰度的变化率和方向,它们分别以梯度向量的幅度和方向来表示。

大部分边缘检测算子是在不同尺度上用光滑函数对信号进行平滑,然后从其一阶或二阶导数中检测出突变点,其一阶导数的极值点对应于二阶导数的零交叉点和平滑信号的拐点,如拉普拉斯(Laplacian)算子、Canny算子和拉普拉斯高斯(LOG)算子等^[8]。本文采用 Canny 算子对行人边缘进行检测研究。

Canny 的主要工作是推导最优边缘检测算子。它考核边缘检测算子的指标是:(1)低误判率,即尽可能少地把非边缘点误认为是非边缘点;(2)高定位精度,即准确地边缘点定位在灰度变化最大的像素上;(3)抑制虚假边界^[9]。

Canny 算子先用高斯平滑滤波器来平滑图像以除去噪声,即用高斯平滑滤波器与图像作卷积,然后采用一阶偏导的有限差分来计算梯度的幅值和方向。再经过一个非极大值抑制的过程,最后采用两个阈值来连接边缘。

算法步骤:

(1) 用一维高斯函数对原始图像 $f(x, y)$ 进行列和行平滑,得到平滑图像:

$$\begin{aligned} F(x, y) &= [G(x, y)] \times f(x, y) \\ &= G(x) \times G(y) \times f(x, y) \end{aligned} \quad (7)$$

(2) 用一阶偏导数的有限差分计算梯度的幅值和方向。

对图像的每个像素点 $I(x, y)$,采用 3×3 模板作为对 x 和 y 方向一阶偏导数 $P_x(x, y)$ 和 $P_y(x, y)$ 近似计算梯度的大小和方向。

《微型机与应用》2012年 第31卷 第22期

$$P_x(x,y) = \sum_{x=y-1}^{z=y+1} [P(x,y) - P(x-1,2)] + [P(x+1,y) - P(x-1,y)] \quad (8)$$

$$P_y(x,y) = \sum_{x=y-1}^{z=y+1} [P(z,y+1) - P(z,y-1)] + [P(x,y+1)] - P(x,y-1] \quad (9)$$

$$M(x,y) = \sqrt{P_x^2(i,j) + P_y^2(i,j)} \quad (10)$$

$$\theta(i,j) = \frac{P_y(i,j)}{P_x(i,j)} \quad (11)$$

其中,梯度幅值 $M(x,y)$ 反映了图像的边缘强度;梯度方向 $\theta(i,j)$ 反映了边缘的方向。使 $M(x,y)$ 取得局部最大值的方向角 $\theta(i,j)$ 反映了边缘的方向。

由于 Canny 算法使用了两个梯度的阈值,检测的边缘连续性较好,是 Sobel、Prewitt、roberts 及 Zeroscross 算法中最好的方法^[10]。

3 行人边缘轮廓拟合

实际的图像数据边缘可以拟合理想边缘。如果在给定的图像位置拟合的精度比较高,则该边缘可以认为与理想边缘具有相同的参数。

NALWA V S 和 BINFORD T D^[11]提出了一种边缘拟合方法,首先在 5×5 的区域内使用最小二乘拟合估计边缘角,然后把图像数据在边缘角方向拟合成如图 1 所示的双曲正切函数,即:

$$\tanh x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (12)$$

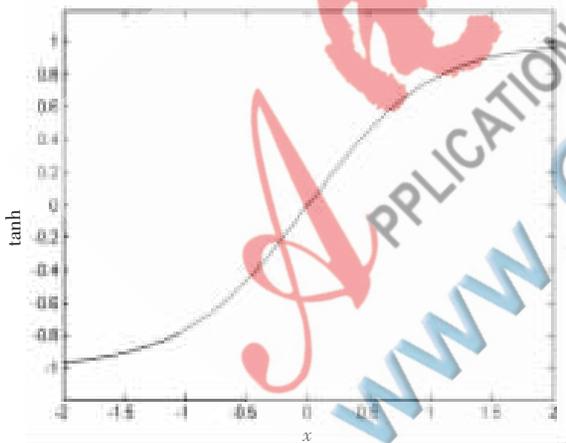


图 1 双曲正切边缘模型

4 行人检测建模试验

本文采用 MATLAB 作为试验分析工具。利用 MATLAB/Simulink 建立如图 2 所示的试验模型。行人检测分 3 个步骤进行,首先对图像进行图像形态学的闭合运算,实现图像的平滑并去除噪声,然后采用 Canny 算子进行行人边缘检测,最后采用参考文献[11]所提出的曲线拟合算法对行人轮廓进行处理。

本文采用车载摄像机所采集的大量视频进行试验,图 3 是其中两组测试结果。图 3(b)和图 3(d)是没有采用

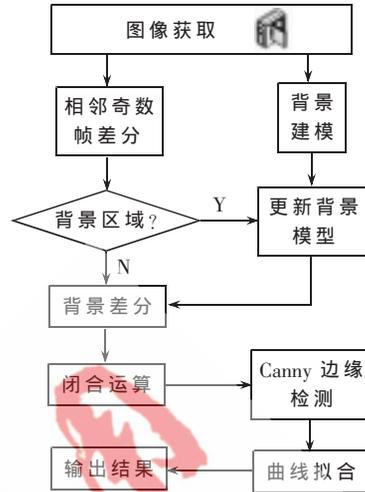
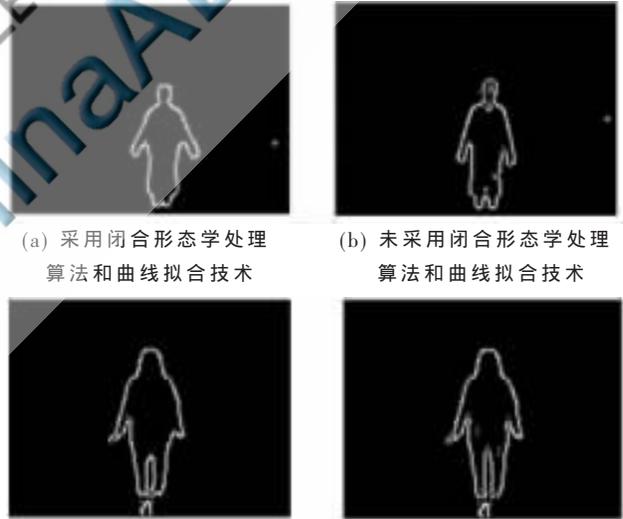


图 2 行人边缘检测试验模型

形态学处理方法和曲线拟合的行人检测结果,图 3(a)和图 3(c)是采用了闭合形态学处理算法和曲线拟合技术所获得的行人检测结果。

比较图 3(a)和图 3(b)、图 3(c)和图 3(d)可以发现,图 3(b)图和图 3(d)中的行人轮廓线存在噪声和孤岛,而图 3(a)和图 3(c)则不存在噪声,行人的轮廓曲线明显平滑了许多。这说明图像形态学的闭合运算起到了消除噪声和孤岛的作用。



(a) 采用闭合形态学处理算法和曲线拟合技术

(b) 未采用闭合形态学处理算法和曲线拟合技术

(c) 采用闭合形态学处理算法和曲线拟合技术

(d) 未采用闭合形态学处理算法和曲线拟合技术

图 3 行人边缘检测结果

试验结果表明,图像形态学算法能有效消除一些干扰噪声,并去除图像中的一些孤岛,采用曲线拟合技术能把断线连接起来,使行人轮廓曲线更为平滑和真实。

同时也发现,由于增加了形态学处理和曲线拟合环节,使得计算量大大增加,使系统的实时性受到了一定程度的影响,所以实时性和检测效果在这里是一对矛盾。这个问题需要进一步研究和解决。

参考文献

- [1] CORVEE E, BREMOND F. Body Parts detection for people tracking using trees of histogram of oriented gradient descriptors [C]. Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance, 2010:469-475.
- [2] MOHAN A, PAPAGEORGIOUS C, POGGIO T. Exanoke-based object detection in images by components[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2001,23(4):349-361.
- [3] GAVRILA D M, PHILOMIN V. Real-time object detection for "smart" vehicles[C]. Proceedings of the 7th International Conference on Computer Vision, 1999(1):87-93.
- [4] PAPAGEORGIU C, EVGENIOU T, POGGIO T. A trainable pedestrian detection system[C]. Proceedings of Intelligent Vehicles, 1998:241-246.
- [5] VIOLA P, JONES M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features[C]. Proceedings of Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001(1):511-518.
- [6] DALAL N, TRIGGS B. Histograms of oriented gradients for human detection[C]. Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2005(1):886-893.
- [7] 杨高坡,杜青松. Matlab 图像/视频处理应用及实例[M]. 北京:电子工业出版社, 2010.
- [8] 张秀兰. 基于 MATLAB 的数字图像的边缘检测[J]. 吉林化工学院学报, 2010,27(2):59-61.
- [9] 贾永红. 数字图像处理[M]. 武汉:武汉大学出版社, 2003.
- [10] 张强,王正林. 精通 MATLAB 图像处理[M]. 北京:电子工业出版社, 2009.
- [11] NALWA V S, BINFORD T O. On detecting edges[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986,PAMI-6(11):699-714.

(收稿日期:2012-08-27)

作者简介:

许焕明,男,1973年生,本科,讲师,主要研究方向:电子通信技术、数字图像处理的研究。