

# 基于 OpenCV 的人体轮廓检测算法

张 艺,匡 毅,王 梅,黄志远,胡 松  
(成都理工大学 信息科学与技术学院,四川 成都 610059)

**摘 要:**人体轮廓检测一直都是图像处理领域研究的热点问题,在监控系统、军事扫描搜寻、无人驾驶以及机场的安全等方面都有着息息相关的应用。针对目前在地下停车场或者机场等不方便进行人工监督的地方,为了保障行人安全,提出了一种基于 OpenCV 的人体轮廓检测研究方法。对所标记和存储的人体图像进行去噪和图像形态学处理,通过 Canny 边缘检测和膨胀及腐蚀处理,以阈值化等方法得到图像轮廓。同时对于人体轮廓的边缘检测,选用最优的 Sobel 算子作为边缘检测算子;然后从图像中检索并绘制出人体轮廓,把人体区域提取出来并保存。通过实验证明,提出算法的平均人体轮廓检测正确率为 91.7%,除了准确性,该方法的运算时间与中值滤波相比,缩短了 80%。因此,该方法既能够保证人体检测的准确性,又能够实现快速检测,在机场等人流量大,检测不便的应用场合具有较强的适用性。

**关键词:**OpenCV;图像处理;高斯滤波;Sobel 检测算子;轮廓检测

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2020)08-0081-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2020.08.013

## Human Contour Detection Algorithm Based on OpenCV

ZHANG Yi, KUANG Yi, WANG Mei, HUANG Zhi-yuan, HU Song

(School of Information Science and Technology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** Human contour detection has always been a hot issue in the field of image processing, and it has closely related applications in monitoring systems, military scanning search, unmanned driving and airport security. In order to ensure the safety of pedestrians in places where it is not convenient to carry out manual supervision in underground parking lots or airports, we propose a human contour detection method based on OpenCV. The labeled and stored human images are denoised and morphologically processed. Through Canny edge detection and expansion and erosion processing, image contours are obtained by thresholding methods. At the same time, the optimal Sobel operator is selected as the edge detection operator for human body contour, and then the human body contour is retrieved from the image and drawn, and the human body region is extracted and saved. Experiment shows that the average human contour detection accuracy of the algorithm is 91.7%. In addition to accuracy, its calculation time is shortened by 80% compared with the median filtering. Therefore, the proposed method can not only ensure the accuracy of human body detection, but also achieve rapid detection, which has strong applicability in airports and other applications where the human flow is large and the detection is inconvenient.

**Key words:** OpenCV; image processing; Gaussian filtering; Sobel edge detection operator; contour detection

## 0 引 言

近年来,随着人工智能与计算机视觉不断地融入人们的生活,与之相关的人体轮廓检测技术变得越来越重要。人体轮廓检测除了民用,还广泛运用于如机场社会安全以及军事侦察扫描等领域。下面根据人体轮廓检测在现实中的各个领域的应用作简要说明:

在自动驾驶方面,人体轮廓检测可以运用于实现车辆或驾驶人员对于路况信息的实时精准判断,并对即将可能发生的危险进行提前预警,以减少由于驾驶人员注意力不集中或者疲劳驾驶等原因造成的车祸等

安全隐患;在监控系统方面,人体轮廓检测可以运用于家庭、学校、银行、医院等私人或公共领域场所,在遇到可疑人员靠近时可以通过人体轮廓检测提前做出预警反应;在机场安全方面,人体轮廓检测可以帮助机场安全监管人员及时发现机场的安全隐患,对于机场的可疑人员或闲杂人等进行提前预警,以减少不必要的安全事故;在军事侦察方面,人体轮廓检测可以帮助士兵或作战指挥人员在战场或演习过程中及时提早发现可疑人员或隐蔽的敌人。对于无人机侦察以及飞机障碍规避等方面都有较大的作用。

收稿日期:2019-09-17

修回日期:2020-01-17

基金项目:全国大学生创新和创业培训计划(201810616070)

作者简介:张 艺(1996-),女,硕士研究生,研究方向为图像处理。

基于 OpenCV (open computer vision library) 的人体轮廓边缘检测算法就是在各种研究的基础上逐步成型与发展并日趋成熟,对于人体轮廓检测在线性与非线性滤波、形态学处理以及各种检测算法方面奠定了基础和重要的借鉴经验。

## 1 研究内容

人体轮廓检测是计算机视觉领域的研究热点,但现如今相关的论文及文献并不是很多,其中面临的问题也还有很多。该研究围绕基于 OpenCV 的人体轮廓检测展开,利用 OpenCV-3.1.0 视觉库和 Visual Studio 2012 组建实验平台,针对图像的去噪处理、图像的形态学处理、基于 OpenCV 的边缘检测、孔洞填充、寻找轮廓、绘制轮廓等重点和难点进行了研究<sup>[1]</sup>。

主要研究内容有以下几点:

(1) 对人体轮廓检测的发展现状及国内外学者的相关研究内容及研究现状进行调研。

(2) 将搜寻获取到的图像进行检索,得到包含人体的图像后进行标记与储存。

(3) 为了减少图像上的噪点,以防图像失真,要对标记储存的含有人体的图像进行高斯滤波。

(4) 为了进一步消除噪声并且将图像中独立的元素分割出来,将去噪后的图像进行形态学处理,为了找出图像中的局部最大值,对图像进行膨胀处理。

(5) 为了更好地将图像转换为图像数据,进行 Sobel 边缘检测处理。

(6) 为了将人体更好地提取出来,在进行边缘检测之后要对图像进行孔洞填充,之后进行寻找人体轮廓以及绘制人体轮廓。

## 2 图像处理

OpenCV 和 MATLAB 都可对人体轮廓检测进行相关的处理<sup>[2]</sup>,但 OpenCV 有大量优化的代码库,而且可以在各种平台上进行图像处理,而 MATLAB 的运行较为缓慢,且计算机视觉方面的图像处理工具箱成本较高,因此 OpenCV 应用更普遍,因为其相关功能应用完全免费,而且两者的边缘轮廓检测效果差别不大。综上所述,在计算机视觉及人体轮廓检测方面,OpenCV 更加适用。

### 2.1 图像去噪

图像的去噪处理即是对图像进行滤波操作。目的在于抽出图像的特征以及去掉数字化图像中的噪声成分。通过调研发现高斯滤波更适用于人体轮廓检测,所以文中重点讨论的对象为高斯滤波。

高斯滤波其实就是用高斯函数进行滤波,是一种低通滤波<sup>[3]</sup>。高斯滤波是一种被广泛使用的线性平滑

滤波,虽然其效率比不上其他滤波,但在消除图像方面一般被认为是最有用的滤波。其原理的核心也是邻域均值,不过和均值滤波不同的是,高斯滤波是首先设定一个模板(卷积、掩模等),然后将模块确定的邻域内的像素点进行加权平均,再将平均后的加权平均灰度值赋予模块中心像素点。高斯滤波可以这样扫描整个图像的像素点然后各个进行加权平均。

另外,高斯滤波的效果使得图像就像半透明一样,与镜头的焦外成像效果不太一样,图像与正态分布进行卷积得到高斯模糊,由于高斯函数经过傅里叶变换得到另一种不一样的高斯函数,所以高斯滤波是一种低通滤波,其不断减弱了图像边缘的频率变化,对于消除正态分布形状的噪声效果很好<sup>[4]</sup>。均值为零的一维高斯函数为:

$$G(x) = \exp(-x^2/(2\sigma^2)) \quad (1)$$

可以看出在高斯滤波器中,像素的权重与距离其中心像素点的数值成正比。故而均值为零的二维高斯函数为:

$$G_0(x, y) = Ae^{-\frac{(x-u_x)^2}{2\sigma_x^2} - \frac{(y-u_y)^2}{2\sigma_y^2}} \quad (2)$$

高斯函数封装在 GaussianBlur 函数中,其作用就是将图像与高斯核函数进行卷积,对支持这一运算的就过滤掉。其函数原型为: C++: void GaussianBlur (InputArray src, OutputArray dst, Size ksize, double sigmaX, double sigmaY=0, int borderType=BORDER\_DEFAULT)。

其中,第一个参数为输入图像,即 InputArray 为输入函数接口,表示 src 的类型,输入图像后填入 mat 类的对象。这个函数可以操作任意通道数的图像,所以函数针对通道是独立的。第二个参数为目标图像,即输出 OutputArray 类型的 dst,将原图像进行克隆,输出具有相同类型及尺寸的目标图。第三个参数为设置 Size 类型的内核的大小,如 Size(4,4) 即表示 4\*4 的内核大小。第四个参数即为高斯核函数于 X 方向上的标准差。第五个参数即为高斯核函数于 Y 方向上的标准差。第六个参数为整型的 borderType,一般也有默认值 BORDER\_DEFAULT。

高斯滤波结果如图 1 所示。



(a)原图像

(b)高斯滤波后图像

图 1 原图像与高斯滤波后图像对比

## 2.2 图像形态学处理

膨胀处理是一种经典图像形态学滤波,而图像形态学即数学形态学,形态学处理即针对离散图片进行的一种滤波模式,膨胀处理的原理与图像腐蚀恰好相反<sup>[5]</sup>。图像膨胀处理即首先确定一个任意形状的结构元素,此结构元素一般较小且多为正多边形及圆形。以中心像素点为锚点,将结构元素与图像进行卷积,而

后分析结构元素与图像的击中点(即为结构元素包含于图像的部分),将锚点对图像中的像素逐一扫描,并将结构元素中像素点灰度最大值赋予锚点,又因为图像中白色灰度值最高,即高亮度的部分会随着灰度值赋予锚点的过程范围逐渐变大。随之而来低灰度值的部分则范围变小,由此实现图像膨胀处理。图像膨胀处理的具体操作示意如图2所示。

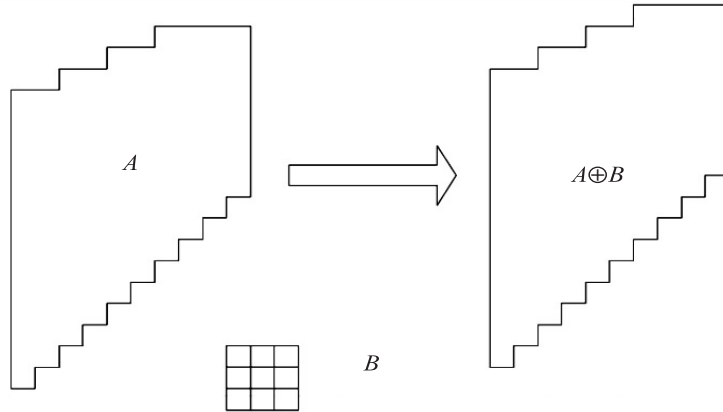


图2 膨胀操作示意图

膨胀的表达式如下:

$$\text{src}(x+x', y+y') = \max_{(x', y') : \text{element}(x', y') \neq 0} \text{dst}(x, y) \quad (3)$$

图像膨胀效果如图3所示。



(a)原图像

(b)膨胀处理后图像

图3 原图像与膨胀处理后图像对比

## 2.3 基于 OpenCV 的边缘检测

图像边缘检测在基于 OpenCV 的轮廓检测中是极为重要的一环,在图像去噪与增强之后一般常用阈值化的方法进行检测。图像的边缘检测是许多图像分析的重要基础,比如在目标区域识别领域、图像分割领域以及区域形状提取领域等等,也可以应用到图像识别领域来达到提取图像的一般特征的目的<sup>[6-8]</sup>。图像边缘检测在现如今的工程应用中占有极重要的地位,也是现如今的一个热点问题,在许多图像分析中都是首先要解决的问题。而基于 OpenCV 的边缘检测算子也有很多,比如最优的 Canny 算子、Robert 算子、Sobel 算子、Laplacian 算子、Prewitt 算子、Krisch 算子和 Scharr 滤波器等,该研究将以 Canny 算子、Sobel 算子、Laplacian 算子以及 Scharr 滤波器为例来讲述数字图

像处理中的边缘检测。

Sobel 算子是一种典型的高通线性滤波器,其实是一种离散微分算子且主要用于边缘检测,具有方向性,会根据核的不同而改变其图像的垂直频率或水平频率。其通过微分求导与高斯函数结合可求出图像任何一处灰度的法向量或梯度矢量。

通过设置坐标零点的灰度值为 128,而暗色则为负值,亮色为正值,然后这种基于方向的滤波器就会很容易地将核矩阵包含正负数,然后保存到 16 位有符号的图像中。而后再通过阈值化算法得到二值化图像,从而获得图像的轮廓<sup>[9-10]</sup>。

Sobel 算法求出的各个点的梯度公式为:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (\text{或 } G = |G_x| + |G_y|) \quad (4)$$

Sobel 算子的边缘检测结果如图4所示。



图4 Sobel 算子的边缘检测结果与原图对比

## 2.4 孔洞填充

孔洞填充是此研究基于 OpenCV 的人体轮廓检测



的一个十分重要的步骤,同样在很多轮廓检测与提取中此函数也发挥了非常重要的作用。然而 OpenCV 并没有像漫水填充一样将其封装成函数。其作用即为进行另一种方式和目的的重建膨胀处理<sup>[11]</sup>。通过形态学膨胀填充将图像中做需要的轮廓进行标记和提取,并制作目标图像的掩膜。当与种子点相连接的连通区域几乎全被染成特定颜色时,即完成孔洞填充。

### 3 轮廓提取

#### 3.1 寻找并绘制人体轮廓

作为人体轮廓检测的最后一个步骤,为了实现对图像中的人体轮廓提取,最终要进行寻找人体轮廓,即要用到 `cvfindContours()` 函数<sup>[12]</sup>。在二值图像中, `findContours()` 函数的第一个参数即为输入源图像<sup>[13-19]</sup>,从而使得通过 Canny 或 Sobel 等边缘检测算子进行边缘检测后的图像既得到了图像的轮廓边缘检测又使得图像进行了灰度及二值化处理。第二个参数即为将上一步检测得到的人体轮廓及运算结果(函数调用)存储为有方向的点的形式。第三个参数即为将图像经过以上处理后得到的拓扑信息进行输出,并将检测到的图像中的所有物体的轮廓表示成索引编号的

方式。第四个参数即表示上一步中图像轮廓索引编号后的检索的模式。第五个参数即为各种函数中轮廓选取的各种可选的近似办法。最后一个参数即为每个图像中轮廓像素点的可选的偏移值<sup>[20-21]</sup>。

寻找轮廓之后,人体轮廓提取最重要的步骤即为绘制轮廓,即 `drawContours()` 函数。其中,绘制轮廓函数的第一个参数为目标图像,即 Mat 类的源图像。第二个参数即为将所有输入得到的图像轮廓数据进行存储继而存储为有方向的点的形式。第三个参数即为是否绘制图像轮廓的指示。第四个参数即为选择及设置即将绘制出的轮廓的颜色。第五个参数即为表示所绘制图像轮廓的边缘粗细。第六个参数即为选择线条的类型。第七个参数即为层次结构信息。第八个参数即为表示在图像轮廓的绘制中的最大的等级类型。最后一个参数即为表示即将绘制出的图像轮廓的偏移参数<sup>[22]</sup>。

#### 3.2 轮廓检测正确率测试

第一组如图 5 所示(正确率:86.7%)。

第二组如图 6 所示(正确率:95.5%)。

第三组如图 7 所示(正确率:92.9%)。



图 5 第一组测试结果与原图对比



图 6 第二组测试结果与原图对比



图 7 第三组测试结果与原图对比

平均人体轮廓检测正确率为:91.7%,符合预期目标。

#### 4 结束语

通过该研究讨论,得出较为清晰的结论,即人体轮廓检测虽然可以有众多研究方案,如除了 OpenCV 还有 MATLAB 及 Delphi 等平台或软件可进行图像处理及轮廓检测,但通过对比与分析,OpenCV 更加适合于人体轮廓检测的研究。而后对于图像的预处理的诸多方案进行分析研究得出结论,高斯滤波更加适合于人体轮廓检测。在图像预处理之后进行了 Canny 算子或滤波器为基础的众多边缘检测算法,通过对比分析得出结论,Sobel 算子更加适合于进行含有人体轮廓图像的人体边缘检测。

然而此研究依然有许多问题与不足,比如此研究是基于人体轮廓做出的相关边缘检测,但各式各样的图像实在太多,所以各种各样的人体轮廓背景的图像也太多,当图像的灰度复杂度太大以及边缘的阈值并不容易由二阶微分或结构元素扫描而得出的时候,对于人体轮廓的检测则需要进一步的优化以提高人体检测的正确率,且此研究的研究内容在得出人体轮廓后的人数总结方面还有所欠缺,这些将会在今后加以完善。

#### 参考文献:

- [1] 李牧子. 基于图像识别的目标检测与跟踪系统的设计与实现[D]. 北京:北京邮电大学,2019.
- [2] 张宇峰. 基于 OpenCV 的运动车辆目标检测与跟踪研究[D]. 淮南:安徽理工大学,2018.
- [3] 宫姗姗,李允俊. 基于人体轮廓检测算法的自习室照明控制系统[J]. 计算机时代,2018(1):49-53.
- [4] 邓志锋,闵卫东,邹 松. 一种基于 CNN 和人体椭圆轮廓运动特征的摔倒检测方法[J]. 图学学报,2018,39(6):1042-1047.
- [5] 郑 玺,李新国. 基于 OpenCV 的组合优化多目标检测追踪算法[J]. 计算机应用,2017,37(S2):112-114.
- [6] 徐 阳,张 林. Research on lane detection technology based on OpenCV[C]. 重庆:第3届机械工程与智能系统国际会议,2015.
- [7] 李 超. 基于 OpenCV 的运动目标检测与跟踪算法的研究[D]. 阜新:辽宁工程技术大学,2014.
- [8] 王艳红. 基于 OpenCV 的运动目标检测与跟踪算法的研究[D]. 杭州:杭州电子科技大学,2014.
- [9] 王 林,董 楠. 基于 Gabor 特征与卷积神经网络的人体轮廓提取[J]. 南京理工大学学报:自然科学版,2018,42(1):89-95.
- [10] 董 楠. 静态图像人体轮廓提取方法的研究[D]. 西安:西安理工大学,2018.
- [11] 薄一丁. 基于深度学习的人体特征识别的研究与实现[D]. 北京:北京邮电大学,2019.
- [12] 张青苗,李 鹏,赵 勇,等. 一种基于 OpenCV 实现的运动目标检测算法的研究[J]. 舰船电子工程,2010,39(7):59-61.
- [13] 陈钰昕. 基于时空特性的人体行为识别研究[D]. 秦皇岛:燕山大学,2015.
- [14] 刘慧英,王小波. 基于 OpenCV 的车辆轮廓检测[J]. 科学技术与工程,2010,10(12):2987-2991.
- [15] 刘瑞祯,于仕琪. OpenCV 教程—基础篇[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007:1-4.
- [16] 张德丰. 详解 MATLAB 数字图像处理[M]. 北京:电子工业出版社,2010:1-3.
- [17] 毛星云,冷雪飞. OpenCV3 编程入门[M]. 北京:电子工业出版社,2015:154-306.
- [18] 章毓晋. 图像处理和分析技术[M]. 北京:高等教育出版社,2002:67-147.
- [19] LAGANIERE R. OpenCV 2 computer vision application programming cookbook[M]. Birmingham, UK:Packet Publishing,2011:103-146.
- [20] GONG Xinyi, SU Hu, XU De, et al. An overview of contour detection approaches[J]. International Journal of Automation and Computing, 2018, 15(6):656-672.
- [21] HUANG S S, KU S H, HSIAO P Y. Combining weighted contour templates with HOGs for human detection using biased boosting[J]. Sensors, 2019, 19(6):1458-1473.
- [22] HOWSE J. OpenCV for secret agents[M]. Birmingham, UK:Packet Publishing,2014:62-84.