

基于深度图与改进 Canny 算法的人体轮廓提取

李科, 毋涛, 刘青青

(西安工程大学 计算机科学学院, 陕西 西安 710048)

摘要:在二维图像学人体尺寸测量中,人体轮廓提取是后续特征点划分和尺寸测量的基础,传统的二维图像人体轮廓提取都是通过彩色图像转灰、二值化然后结合边缘检测算子获取人体轮廓,这样的方法大多会出现边缘缺失、断点,无法克服复杂背景等缺陷。针对这些问题,通过将 RealSense 测距传感特点获取到的深度图像与边缘检测算法 Canny 相结合,提出一种新的人体轮廓提取方法。深度图像的像素值反映场景中物体到相机的距离可以有效区分目标物与背景以此克服复杂背景因素的影响并保证轮廓的完整性。实验通过与传统的彩色图结合边缘检测算子的轮廓提取方法相比,验证了由该方法得出的人体轮廓图不仅可以克服复杂的背景,而且能够在保证边缘更完整、更清晰、细腻的同时对图片噪声起到了很好的抑制效果。

关键词:Canny 算法;深度图;图像处理;边缘检测;人体轮廓

中图分类号:TP317.4

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2021)05-0067-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2021.05.012

Human Contour Extraction Based on Depth Map and Improved Canny Algorithm

LI Ke, WU Tao, LIU Qing-qing

(School of Computer Science, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: Human contour extraction is the basis of feature point division and dimension measurement in two-dimensional image measurement. Traditional two-dimensional image human contour extraction is through image gray, binarization and then combined with edge detection operator to obtain the body contour. Such methods will be mostly lack of edge, breakpoints, and unable to overcome the complicated background. To solve these problems, we propose a new human contour extraction method by combining the depth image obtained from the Realsense range sensing feature with the edge detection algorithm Canny. The pixel value of depth image reflects the distance between objects in the scene and the camera, which can effectively distinguish the object from the background to overcome the influence of complex background factors and ensure the integrity of the contour. Compared with the traditional contour extraction method of color map combined with edge detection operator, it is verified that the human body contour obtained by this method can not only overcome the complex background, but also play an ideal effect on suppressing the noise of the picture while ensuring the edge is more complete, clear and exquisite.

Key words: Canny algorithm; depth map; image processing; edge detection; human contour

0 引言

根据二维图像获得人体轮廓及后续得出人体尺寸数据是服装产业中一个值得研究的技术点,近几年很多大的服装企业都开拓了服装定制业务,通过调查95%的定制业务都通过线下量体师手工测量获得数据来完成订单。那么如何低成本、高效率地线上完成人体尺寸测量是推进服装定制业务发展的一个重要的研究课题。

人体轮廓的提取是使人体尺寸数据完整的基础,人体轮廓的本质是边缘检测,边缘检测算子检测边缘的基本依据是图像边缘的突变性质。目前经典的边缘检测算子有 Roberts、Sobel^[1-2]、Prewitt^[3]、Log、拉普拉斯^[4]、Canny 算子等。

Roberts 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子是基于灰度图像边缘的一阶导数有极值。Robert 算子又称 Roberts 边缘检测算子,之前被用到图像增强中的锐

收稿日期:2020-06-26

修回日期:2020-10-28

基金项目:陕西省科技成果转化与推广计划项目(2019CGXNG-018)

作者简介:李科(1995-),男,硕士研究生,通信作者,研究方向为图片信息处理、人体测量;毋涛,教授,硕导,博士,研究方向为智能信息处理。

化,是一种利用局部差分算子寻找边缘的算子,通常在图像边缘会产生较宽的响应。Robert 算子和其他算子相比,在不经过后处理时,边缘定位的精准度不是很高并会出现边缘丢失的现象,导致获取的边缘轮廓图不是完整的;Sobel 算子是通过将图像中的像素点在四个方向上的邻点的灰度值加权差,在边缘处取得最大值进行边缘检测,Sobel 算子不仅对噪声有着平滑抑制作用,而且产生了较好的检测结果。但是检测结果边缘较粗,存在伪边缘的情况。Prewitt 算子利用像素点邻点的灰度差,在边缘处取到极值检测边缘。Prewitt 算子采用 3×3 模板,Robert 算子采用 2×2 模板对区域内的像素值进行计算,因此 Prewitt 算子在水平方向和垂直方向的边缘检测结果比 Robert 算子更加优良。Prewitt 算子是平均滤波,Robert 算子是加权平均滤波且检测的图像边缘可能大于 2 个像素。Prewitt 算子与 Robert 算子在对灰度渐变低噪声的图像上能得到较好的检测效果,但是对于混合多复杂噪声的图像,处理效果就不理想了。

拉普拉斯、Log 算子均属于二阶微分算子,是通过检测二阶导数过零点来判断边缘点。二阶微分与一阶微分相比,边缘定位能力更强,锐化效果更好。拉普拉斯算子是 n 维欧几里德空间中的一个二阶微分算子,是一个与方向无关的各向同性(旋转轴对称)边缘检测算子,因为方向信息缺失,并且产生双像素,对噪声比较敏感。因此在使用前都是与高斯滤波结合在一起方可用于图像边缘检测。Log 算子是考虑到拉普拉斯边缘检测算子没有对图像做平滑处理,所以对噪声很敏感,因此先对图像进行高斯平滑处理,然后再与拉普拉斯算子进行卷积。Log 算子因为进行了高斯滤波所以克服了一定程度的噪声影响,但其可能产生假边缘并且对一些曲线边缘的定位误差较大。

Canny 算子是另外一类边缘检测算子,首先使用高斯模糊来去掉噪声,其次利用和其他算子不同的方向搜索,然后进行非最大值抑制达到边缘细化,最后使用双阈值检测和连接边缘的方式得到边缘图像。通过与其他算子相比较,Canny 算子在各方面性能优越,所以一直以来都被作为一种标准的边缘算子。还有很多学者在 Canny 边缘检测算法的基础上做了改进。比如宋人杰与王文豪等人^[5-6]在图像平滑处理中使用混合滤波器代替高斯滤波器对图像进行平滑去噪,结合线性边缘增强与 Otsu 算法对 Canny 算法中的双阈值自适应。段红燕等人^[7]用双边滤波代替传统高斯滤波,通过控制双边滤波器权重参数来减少边缘有效数据的丢失,并利用小波变换对图像高频系数进行放大并缩小低频系数,从而增强图像边缘细节。因为其高性能,Canny 边缘检测算法在各种图像处理中应用

广泛^[8-13]。

在获取人体轮廓过程中,光照程度、复杂背景等都会成为影响到轮廓图精度的因素,目前很多学者对人体轮廓提取技术有一些研究。师乐等^[14]首先提取肤色区域,然后在 HSV 色彩空间分割提取服装区域,最后将肤色区域与服装区域线性融合。该方法有效降低了复杂背景等条件的限制,但是过程过于繁琐,在线性融合的过程中存在误差。Lee 等^[15]提出一种基于骨架的人体轮廓提取方法,该方法对背景和光照条件没有特点要求,但是计算过程比较繁琐,处理效率低。Wang^[16]提出一种可以克服复杂背景影响的方法,利用 HSV 颜色空间与椭圆肤色模型相结合的方式获得人体轮廓,但是该方法容易受光照影响。王林等^[17]提出一种将卷积神经网络与 Gabor 小波特征结合的人体轮廓提取方法,该方法的检测准确度较高,但是该方法是针对单一背景下的实验,具有一定的限制性。

针对以上存在影响人体轮廓完整提取的因素,该文提出一种由深度图像与改进 Canny 边缘检测算法相结合来提取人体轮廓的方法。该方法通过深度图像测距传感的特点,有助于在复杂背景下有效将背景和目标物进行区分,然后结合改进的 Canny 边缘检测算法来获取人体轮廓。通过与传统的彩色图结合边缘检测算法的轮廓提取方法相比,实验证明采用该方法得到的人体轮廓图更加得完整、清晰。

1 改进 Canny 边缘检测算法

Canny 边缘检测算子是目前比较流行的边缘检测算法,是 1986 年由 John F. Canny 开发出来的一种多阶段边缘检测算法,是一种从不同视觉对象中提取有用的结构信息并极大减少运算量的技术,目前广泛地应用于各种计算机视觉系统。其主要思想是通过高斯函数求导并计算图像对应点的梯度,然后由双阈值的设置来检测出图像的边缘。Canny 算法基于三个基本目标:

(1)低错误率。所有边缘都应被找到,且没有伪边缘响应。

(2)边缘点应该被很好地定位。已定位的边缘必须尽可能接近真实边缘。

(3)单一的边缘点响应。这意味着在仅存一个单一边缘点的位置,检测器不应指出多个像素边缘。

Canny 的工作本质是,从数学上表达前面的三个准则。因此 Canny 的步骤如下:

1.1 采用双边滤波对图像平滑滤波

为了最大程度地减少由噪声引起的对边缘检测结果的影响,在操作前必须尽可能地滤除噪声。Canny 边缘检测算法中是使用高斯模糊来去掉噪声,使用高

斯滤波器与图像进行卷积,以减少边缘检测器上明显的噪声影响但是同时也会平滑边缘,使得边缘信息减弱,在检测边缘信息时有可能会漏掉一些需要的边缘,所以文中使用的是基于高斯滤波改进的双边滤波对图像进行预处理。相比高斯滤波器能够更好地保存图像的边缘信息。双边滤波是一种非线性滤波器,可以达到保持边缘、降噪平滑的效果。它也是和其他滤波原理一样采用加权平均的方法,但不同的是双边滤波的权重不仅考虑了空间邻近度的权值,还考虑了像素值相似度的权值。双边滤波器的输出像素依赖于当前被卷积的邻域。双边滤波公式如式(1)所示,其中 i 和 j 是当前被卷积像素的坐标点, k 和 l 是邻域像素的坐标点。加权系数 ω 由式(2)所示,由空间邻近高斯函数和像素值相似度高斯函数决定,是它们的乘积。空间邻近高斯函数和像素值相似度高斯函数分别由式(3)与式(4)所示。

$$g(i,j) = \frac{\sum_{k,l} f(k,l)\omega(i,j,k,l)}{\sum_{k,l} \omega(i,j,k,l)} \quad (1)$$

$$\omega(i,j,k,l) = \exp\left(-\frac{(i-k)^2 + (j-l)^2}{2\sigma_d^2} - \frac{\|f(i,j) - f(k,l)\|^2}{2\sigma_r^2}\right) \quad (2)$$

$$d(i,j,k,l) = \exp\left[-\frac{(i-k)^2 + (j-l)^2}{2\sigma_d^2}\right] \quad (3)$$

$$r(i,j,k,l) = \exp\left(-\frac{\|f(i,j) - f(k,l)\|^2}{2\sigma_r^2}\right) \quad (4)$$

由此可以得出双边滤波的基本思想是:

在高斯滤波的原理中,根据各个点到中心点的空间邻近度计算得到各个权值,然后进行优化,将其优化为空间邻近度计算的权值和像素值相似度计算的权值乘积,优化后的权值再与图像作卷积运算,从而达到包边去噪效果。

1.2 计算梯度幅度和方向

图像的边缘可以指向不同的方向,Canny算法首先使用四个梯度算子来计算水平方向、垂直方向和对角线方向的梯度,然后分别计算出水平方向和垂直方向的差分 G_x 和 G_y ,由此便可以确定像素点的梯度 G 和方向 θ 。

梯度是表示边缘特征灰度值的变化程度,由于图像是离散数据,导致可以用差分值来表示,差分在实际工程中就是灰度差也就是两个像素的差值。可选用的模板:Sobel算子、Prewitt算子、Roberts模板等,在最初的Canny算法中是使用的最小 2×2 邻域来计算梯度幅值,如式(5)与式(6)所示。文中使用 3×3 的Sobel算子,利用Sobel水平和垂直算子与输入图像卷积计

算 d_x 、 d_y ,如式(7)与式(8)所示:

$$\text{Sobel}_x = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\text{Sobel}_y = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$d_x = f(x,y) * \text{Sobel}_x(x,y) \quad (7)$$

$$d_y = f(x,y) * \text{Sobel}_y(x,y) \quad (8)$$

进一步可以得到图像梯度的幅值与方向,求解公式如式(9)和式(10)所示:

$$M(x,y) = \sqrt{d_x^2(x,y) + d_y^2(x,y)} \quad (9)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{d_y}{d_x}\right) \quad (10)$$

1.3 非极大值抑制

非极大值抑制是进行边缘检测的一个重要步骤,通俗意义上是指寻找像素点局部最大值。这里必须注意的是沿着梯度方向对幅值进行非极大抑制,而非边缘方向。

通常得到的梯度边缘不止一个像素宽,而是多个像素宽。非极大值抑制也是一种边缘细化方法,是通过前点的梯度强度和正负梯度方向点的梯度强度做比较。如果当前点的梯度强度与同方向的其他点的梯度强度相比较是最大的,那就保留其值。否则抑制,从而就可以达到边缘细化的目的。

1.4 双阈值

一般的边缘检测算法是通过设定一个阈值来过滤噪声或颜色变化引起的小的梯度值,保留大的梯度值。因此会导致伪边缘的出现。Canny边缘检测算法中用双阈值,即一个高阈值和一个低阈值来区分边缘像素,通常实验中选取高阈值和低阈值的比率为 $2:1$,如果边缘像素点梯度值大于高阈值,则被认为是强边缘保存下来,大于低阈值小于高阈值的点则标记为弱边缘使用8连通区域确定。小于低阈值的边缘点被抑制掉。

1.5 滞后边界跟踪

将大于高阈值的点作为真的边缘点。而大于低阈值小于高阈值的弱边缘点有可能是真的边缘点,也可能是噪声或颜色变化引起的。为了使结果更加准确,则需要弱边缘点中进行筛选。通常情况下由真实边缘引起的弱边缘点和强边缘点是连通的,而由噪声或颜色变化引起的弱边缘点则不会。此时则通过检查一个弱边缘点的8连通邻域像素,只要存在强边缘点,那么这个弱边缘点被认为是真实边缘保留下来。

Canny 算法边缘检测流程如图 1 所示。

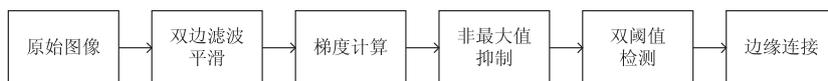


图 1 Canny 算法边缘检测流程

2 深度图像及获取

2.1 深度图像

深度图像也被称为距离影像,深度图像的像素值反映场景中物体到相机的距离,它可以直接反映物体可见表面的几何形状。深度图像经过坐标转换可以计算为点云数据。与普通的彩色图片相比,普通的彩色图片是将相机视角内的所有物体记录下来,不包含这些物体距离相机的距离。只能通过图像语义来分析物体距离的远近,没有确切的数据。而通过深度相机获取到的深度图像数据,可以知道图像中每个点离摄像头的距离,并获取有用的数据。在计算机视觉系统中,深度图像为图像分割、目标检测、物体跟踪等计算机视觉应用提供了更多的可能性。也正是因为这个特性,在文中的应用中可以有效区分目标物(人体)与背景,有助于克服在复杂背景下获取有效信息的难点。

2.2 深度图像获取

在 3D 计算机图形中,Depth Map(深度图)是包含与场景对象的表面到视点的距离有关的信息的图像或图像通道。其中,Depth Map 与灰度图像相类似,它每个像素点的灰度值用于表征传感器距离物体的实际距离。因为像素点之间具有一对一的对应关系,所以通常 RGB 图像和 Depth 图像是配准的。

深度图像可以通过两种方法获取:主动深度传感和被动测距传感。

主动深度传感是需要设备本身发射能量来完成深度信息的采集。这就使得深度图像的获取和彩色图像的获取相互独立。最近几年,主动深度传感方法在市面上的应用愈加广泛,主要包括了 TOF(time of flight)、结构光、激光扫描等。

双目立体视觉是被动测距传感中最常用的方法。首先基于视觉差原理利用两个摄像机从不同的位置获取被测物体的两幅图像,然后根据立体匹配算法找到两幅图像中对应的像素点,最后通过计算图像对应点间的位置偏差得到目标物体的三维几何信息。

此方法具有系统结构简单、精度合适、效率高等优点。近年来立体视觉在航空测绘、军事运用、医学成像、机器人视觉等领域中的运用越来越广泛。

深度图像通过深度相机获取,目前市面上应用比较广泛的深度相机有以下三种:

(1)结构光(Structures-light),代表公司有英特尔

RealSense、Mantis Vision、苹果(Prime Sense)等。

(2)双目视觉(Stereo),代表公司有 Leap Motion、ZED。

(3)光飞行时间法(TOF),代表公司有微软 Kinect-2、联想 Phab、SoftKinect。

文中采用的是基于结构光深度相机 RealSense D435,其基本原理是,利用左右两边的近红外激光器,将具有一定结构特征的光线投射到目标物体上,再通过红外摄像头进行采集。这种具备一定结构的光线,会因被拍摄物体的不同深度区域,采集不同的图像相位信息,然后通过运算单元将这种结构的变化转化成深度信息。通俗来说就是,通过光学手段获取目标物体的三维结构,将获取到的信息进行进一步的应用。通常采用特定波长的不可见的红外激光作为光源,它发射出来的光经过一定的编码投影在物体上,通过一定算法来计算返回的编码图案的畸变来得到物体的位置和深度信息。

3 实验结果及分析

3.1 实验结果

实验采用的硬件配置是 Intel i5 的 CPU,16G 内存,NVIDIA 的 GPU,RealSense D435 深度相机,软件配置是 Python3.5。

首先通过 RealSense D435 获取人体 RGB 图像与深度图像,分别如图 2 和图 3 所示。



图 2 人体 RGB 图

基于 RGB 图像通过 Roberts 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子、拉普拉斯算子、Canny 检测算法获得的人体轮廓图像如图 4~图 8 所示,基于深度图结合 Canny 改进算法获取的人体轮廓图如图 9 所示。



图 3 人体深度图



图 4 Roberts 算子与 RGB 图像轮廓图

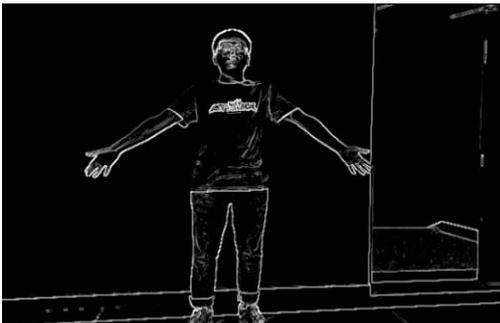


图 5 Sobel 算子与 RGB 图像轮廓图



图 6 Prewitt 算子与 RGB 图像轮廓图

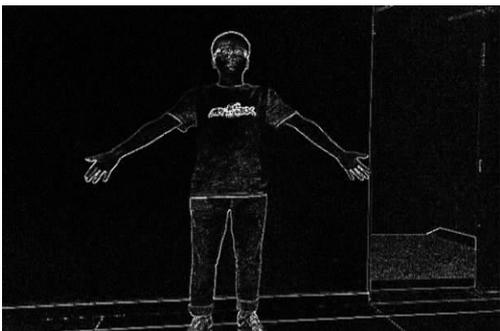


图 7 拉普拉斯算子与 RGB 图像轮廓图

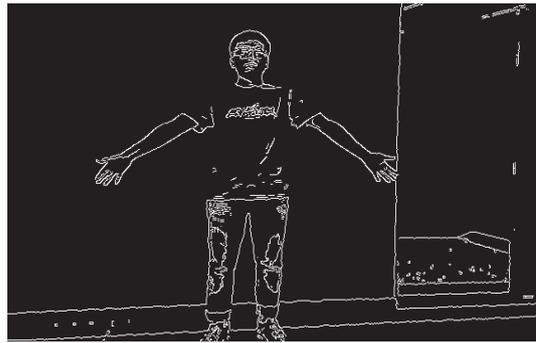


图 8 Canny 算法与 RGB 图像轮廓图

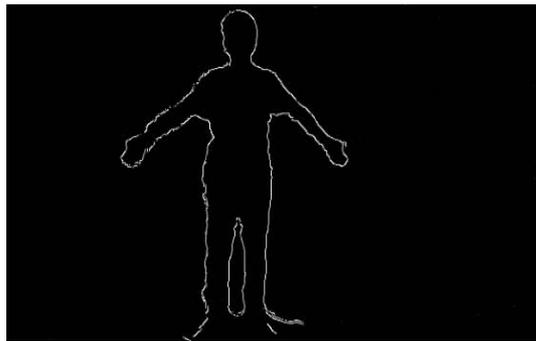


图 9 文中方法得出的人体轮廓图

3.2 实验结果分析

如上述实验结果所示,图 4 中通过传统的 RGB 图像转灰,然后得到二值化图像再结合 Roberts 边缘算子得到的轮廓图存在边缘断点、边缘不清晰、无法有效分离目标物与背景的问题。图 5 中通过将人体彩色图转灰,再将灰度图二值化,进行去噪处理后结合 Sobel 边缘算子得到的轮廓图边缘清晰、连续但无法在复杂背景下将目标物与背景分离开来导致边缘缺失。图 6 中由人体 RGB 图像转灰处理,再进行腐蚀和膨胀处理最后结合 Prewitt 边缘算子得到的轮廓图边缘存在断点、缺失的问题。图 7 由人体 RGB 体图像进行转灰,再对图像二值化和去噪处理结合拉普拉斯算子得到的轮廓图边缘比较清晰完整,但当人体着装与背景色相同时无法将目标物与背景有效区分。图 8 由人体 RGB 图进行转灰,二值化然后结合传统的 Canny 算法得到的人体轮廓图较以上几种算子来说具有更完整、更清晰的边缘,但还是无法克服复杂背景因素对其产生的影响。图 9 是利用文中方法,首先通过深度相机获取人体深度图像,其次结合改进的 Canny 检测算法得到的人体轮廓图。从结果中可以得出该方法得到的人体轮廓图边缘更加完整、没有边缘缺失、能够克服复杂背景因素影响并有效将背景与目标物分离出来,获取到了完整的人体轮廓图。

由实验结果可以看到,获取到的人体轮廓图比较完整,这将在二维图像人体测量领域应用中有着很好的应用前景。并且该方法具有较好的鲁棒性。但是在使用过程中需要注意的是在通过 RealSense D435 获取

深度图的时候需要把握好角度和距离。

4 结束语

提出了一种基于深度图与边缘检测算法结合的人体轮廓提取方法,并对该方法进行了全面研究。实验结果表明,该方法提取的人体轮廓图不但能使轮廓图完整、清晰,而且能够克服复杂背景影响。在二维人体测量领域中有着非常好的实用性。近些年来随着服装定制行业的发展,尤其在批量服装定制时该方法有着非常大的应用前景。下一步将考虑通过深度图中目标物各点到相机的距离计算出角度等信息,然后对人体进行特征点分割,从而计算出人体的尺寸数据。这将会在服装定制行业起到非常大的促进作用。

参考文献:

- [1] 胡徐怡,王超,厉丹. 基于改进 Sobel 算子的边缘检测算法研究[J]. 福建电脑,2018,34(9):13-15.
- [2] 韩龙飞,逯超. 基于改进 Sobel 算子边缘检测的实现[J]. 汽车实用技术,2019(8):109-111.
- [3] 郝大鹏,丁琦. 基于 Prewitt 算子的量子边缘检测算法[J]. 西安航空学院学报,2019,37(3):71-73.
- [4] 代文征,杨勇. 基于改进高斯-拉普拉斯算子的噪声图像边缘检测方法[J]. 计算机应用研究,2019,36(8):2544-2547.
- [5] 宋人杰,刘超,王保军. 一种自适应的 Canny 边缘检测算法[J]. 南京邮电大学学报:自然科学版,2018,38(3):72-76.
- [6] 王文豪,姜明新,赵文东. 基于 Canny 算子改进的边缘检测算法[J]. 中国科技论文,2017,12(8):910-915.
- [7] 段红燕,邵豪,张淑珍,等. 一种基于 Canny 算子的图像边缘检测改进算法[J]. 上海交通大学学报,2016,50(12):1861-1865.
- [8] 李凌. 基于 Canny 的边缘检测改进算法[J]. 通化师范学院学报,2019,40(6):61-64.
- [9] 朱秋林,石银涛,李靖. 一种改进型 Canny 算子边缘检测算法[J]. 地理空间信息,2020,18(1):128-130.
- [10] 王海龙,柳林,纪文璐. 改进插值及择优阈值 Canny 算法的边缘检测[J]. 计算机仿真,2020,37(5):394-398.
- [11] ABASI S, TEHRAN M A, FAIRCHILD M D. Colour metrics for image edge detection[J]. Color Research and Application,2020,45(4):632-643.
- [12] DAGAR N S, DAHIYA P K. Edge detection technique using binary particle swarm optimization[J]. Procedia Computer Science,2020,167:1421-1436.
- [13] 明生,邬长安,马珂. 一种基于 Canny 检测算子的图像分割算法[C]//计算机研究新进展(2010)——河南省计算机学会 2010 年学术年会论文集. 郑州:河南省计算机学会;河南省科学技术协会,2010:169-172.
- [14] 师乐,汤汶,万韬阮,等. 复杂背景下的人体轮廓提取算法[J]. 科学技术与工程,2019,19(9):138-142.
- [15] LEE W S, JIN G, MAGNENAT-THALMANN N. Generating animatable 3D virtual humans from photographs[J]. Computer Graphics Forum,2000,19(3):1-10.
- [16] WANG L, WAN T R, TANG W, et al. An efficient human body contour extraction method for mobile apps[C]//International conference on technologies for e-learning & digital entertainment. Bournemouth, UK; Springer,2017:173-181.
- [17] 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.