

基于 HS-CrCb 空间的手指数量的检测方法研究

郑海彬 杨 忠 张天翼

(南京航空航天大学自动化学院 南京 210016)

摘 要: 手势识别成为未来人机交互的重要方式,本文主要对复杂背景下手指数量的检测方法进行研究。首先通过对比分析不同颜色空间下的手势区域提取方法,提出一种基于 HS-CrCb 肤色模型的手势区域提取方法,并在实验中提取了更清晰和完整的手势区域;其次,采用凸缺陷、手势形状以及手指夹角等特征对手势进行建模和手指数量检测,算法能准确识别出不同手势下对应的手指数量。在 Qt 和 OpenCV 环境下建立算法平台,算法在实验测试中取得了良好的效果,具有较好的工程参考和应用价值。

关键词: 手指数量检测; 肤色模型; 凸缺陷; 手掌建模; Qt; OpenCV

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.4050

Research on finger number detection based on HS-CrCb color space

Zheng Haibin Yang Zhong Zhang Tianyi

(College of Automation, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: Hand gesture recognition becomes a significant way of the future human-computer interaction gradually. The method of finger number detection under complicated background has been studied in this paper. Firstly, through the analysis of the different hand area extraction methods under various color space, a new extraction method based on the HS-CrCb color space is proposed in this paper, and a more clear and complete hand area is extracted use this method. Secondly, the convex defect, the hand's shape and the angle between different fingers are used to build a hand model and detect the finger number. This method can recognize the according finger number under different gestures accurately. The algorithm is verified under the Qt and OpenCV platform, and achieves a fine result, which means the algorithm have a good reference and application value.

Keywords: number of finger detection; skin-color model; convex defect; hand modeling; Qt; OpenCV

1 引 言

随着计算机视觉技术的发展,各种基于图像处理的智能机器人和设备也随之广泛出现。为了更方便快捷的对这些智能设备进行操控,手势识别技术逐渐成为各学者研究的热点^[1]。

手势识别技术一般分为基于传感器和基于视觉两种技术。前者能获得更精确的手势位置及其状态信息,但其需要高精度的传感器做支撑,使得研究成本较高^[2];而后者则对周边环境较为敏感,因此需要合适的算法提取准确的手势区域^[3-4]。

手势识别的基本步骤分为手势区域提取、手势特征分析和手势识别^[5]。

常见的提取手势区域方法有基于 RGB 肤色模型、HSV 肤色模型、YCrCb 肤色模型等方法^[6-7],这些肤色模型

不能很好的适应不同的光照环境。为了降低光照等环境对手势区域提取的影响,提出 HS-CrCb 多颜色空间的方法进行手势区域的提取。

手势特征分析方法主要有针对手势结构、手势形状、手势边缘等进行分析检测的方法^[8-9]。为了以更高的准确率检测出不同手势的手指数量,采用手势形状、角度、凸缺陷等多种特征结合的方法。

本文在 Qt 和 OpenCV 搭建算法测试平台,通过实验不断改进算法,验证算法可行性和可靠性,使其能准确识别复杂环境下不同手势的手指数量。

2 手势区域提取

2.1 基于 HSV 肤色模型的手势区域提取

该算法^[10-11]首先将采集的三通道图像分解成 H、S、V 三通道图像。由于肤色模型主要考虑肤色的颜色特征,故

先对分解出的色调 H 通道进行手势区域的提取。

实验中通过不断调整 H 通道的阈值获取合适的肤色模型范围,最终获得合适的阈值为:

$7 \leq H \leq 29$ (1)

通过该阈值获取的手势区域图像如图 1 所示。

从图 1 可以看出,仅通过 H 通道获取的手势区域非常不理想,在去除一些噪声的同时,图像还带入了非常多的噪声。因此本文考虑增加其在 S 通道的约束条件。图 2 是将原始图像分解至 H、S 通道后的图像,图中手势区域部分在环境中具有较大的饱和度。

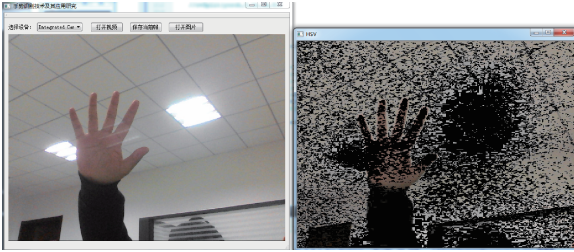


图 1 H 通道进行手势区域提取

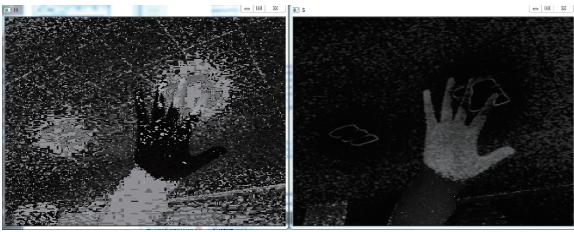


图 2 分解至 H、S 通道

由于需要保留图像的色调和饱和度信息,因此考虑多通道信息进行融合的处理方式。首先,将分解出的 H、S 通道进行阈值化处理,处理后得到两个通道的二值图像,然后通过图像与运算方法将获得的两幅图像进行运算,运算完成后,通过对于结果二值图像的值将手势区域在原始图像中还原出。处理流程图如图 4 所示。

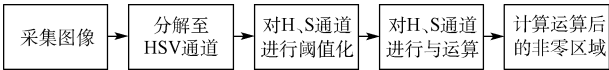


图 3 双通道手势区域提取流程

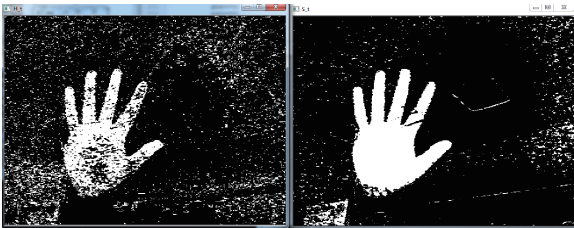


图 4 自适应阈值处理

在阈值化过程中,若固定 H 通道的阈值和 S 通道的阈值并不能适应不同的环境,本文采用自适应的阈值方法进行阈值范围的选取。选取的流程如下:

- 1) 分别获取 H 通道和 S 通道的灰度直方图;
- 2) 归一化灰度直方图,即计算某一灰度像素数量占图像总像素数量的比例
- 3) 通过直方图计算图像的平均像素值
- 4) 计算各个灰度级的类间方差,并获取最大类间方差对于的灰度级作为各自通道的阈值

以 $h[i]$ 表示 i 灰度级下的直方图值,表示图像灰度平均值,则最大类间方差的计算公式可以表示为:

$$v = \max_{i=0,255} \frac{[x \sum_{j=0}^i h(j) - \sum_{j=0}^i jh(j)]^2}{\sum_{j=0}^i h(j)[1 - \sum_{j=0}^i h(j)]} \quad (2)$$

经过改进的后的 HSV 肤色模型提取效果如图 4、图 5 所示,图 4 为通过自适应阈值化算法处理后的 H 和 S 通道图像,图 5 为最终的肤色区域提取效果。

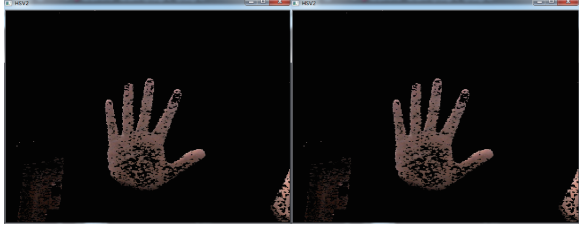


图 5 HSV 肤色模型提取效果

改进后的 HSV 肤色模型能提取出大部分手势区域,并且滤除了很大部分的背景噪声,但其仍丢失了一部分手势区域信息。

2.2 基于 YCrCb 肤色模型的手势区域提取

YCrCb 模型^[12]同样可以将亮度通道分离出来,为了削弱光照对于手势区域提取的影响,因此在建立 YCrCb 的肤色模型时,不考虑 Y 通道产生的影响,仅对 Cr、Cb 通道进行分析。

在王鼎一种基于 H-CrCb 颜色空间的肤色检测算法研究^[13]的论文中提到在 YCrCb 中较为合适的 Cr、Cb 范围为:

$133 \leq Cr \leq 173$ (3)

$77 \leq Cb \leq 127$ (4)

根据 Cr 通道和 Cb 通道的肤色区域范围值,通过实验可以获取图像,如图 6 所示。

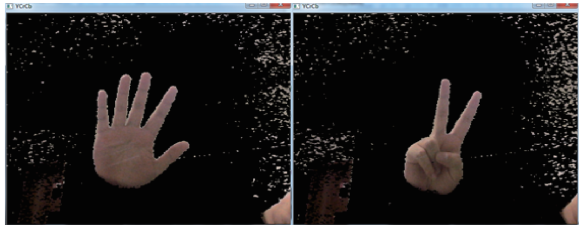


图 6 YCrCb 肤色模型

2.3 基于 HS-CrCb 肤色模型手势区域提取

改进后的 HSV 肤色模型在提取手势区域时具有能消除大部分背景的优势,但其造成了部分手势区域缺失;YcrCb 肤色模型在处理暗光条件下的手势区域是具有能完整提取手势区域的优势,但其在背景噪声控制方面不是非常理想,因此本文提出一种基于 HS-CrCb 肤色模型的手势区域提取方法,以提高手势区域提取的质量。

首先,采用 2.1 节改进的自适应阈值手势区域提取算法形成手势区域的二值图像,并检测其连通域;然后再通过 2.2 节的 YcrCb 肤色模型进行手势区域的提取;最后,根据连通域的范围,在 YcrCb 肤色模型提取的手势区域上进行手势区域的进一步选择。

基于 HS-CrCb 肤色模型的手势区域提取流程如图 7 所示。

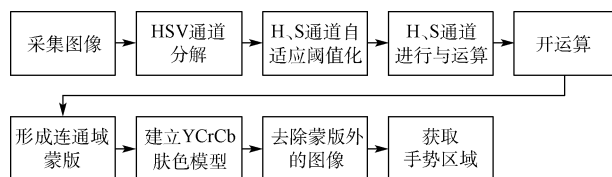


图 7 HS-CrCb 肤色模型提取手势区域流程

基于 HS-CrCb 肤色模型的手势区域提取效果如图 8 所示,该肤色模型滤除背景的效果良好,并保留了大部分的手势区域信息。

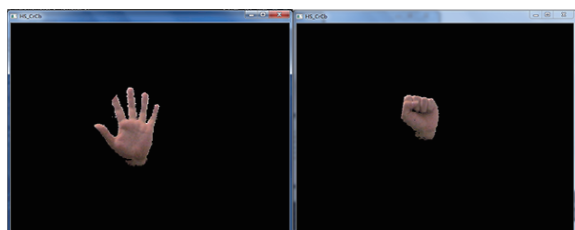


图 8 算法在 HS 空间的处理结果

3 手势特征

3.1 凸缺陷计算

对手势区域进行二值化处理后,可以获得手的大致轮廓,在该轮廓中,手指区域会单独形成一个突出的部分,该部分被称为凸包,而手指与手指之间会形成间隙,这些间隙被称为凸缺陷^[14-15],图 9 表示了手的凸包和凸缺陷,其中,黑色阴影部分的轮廓为凸包区域,而 A 至 H 所形成的间隙为凸缺陷区域。

在计算图像的凸缺陷前,需要先建立图像的外接多边形,计算流程图如图 10 所示,建立步骤如下:

1)以手势的轮廓边界作为一组点集,寻找点集 x 最小的点;

针方向形成的极角;

3)对所有获得的极角进行排序,以极角最小的点作为轮廓的第二个点;

4)重复步骤 2),直到寻找到的下一个起点与 1)中的起点重合。

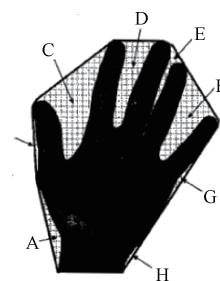


图 9 手的凸包与凸缺陷

获得点集的最小外接多边形后,接下来计算点集的凸缺陷,其计算步骤如下:

1)任选该多边形的相邻两顶点作为起始点和终点;

2)从起始点开始,选择轮廓序列的下一点,计算并记录该点到起点与终点连线的距离;

3)继续计算轮廓下一点到起点与终点连线的距离,并以高度值最大的点作为凸缺陷的深度顶点,直至轮廓点到达终点值;

4)以上一步的终点作为新一轮起点,多边形的下一个顶点作为终点,重复 2),3),直至寻找到所有凸缺陷的深度顶点。

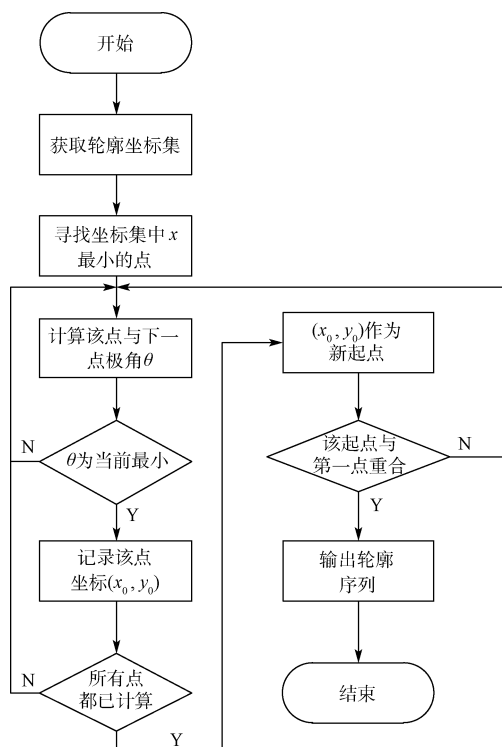


图 10 计算手势区域外接多边形

3.2 手掌建模

由于手势轮廓序列存在无效的凸缺陷,因此需要设置约束条件滤除这些凸缺陷,将凸缺陷深度顶点与该凸缺陷的两个轮廓顶点形成的三角形的底边长记为 l ,深度顶点距边长的高为 h ,则有效凸缺陷的满足条件:

$$h > l/10 \quad (5)$$

筛选出有效凸缺陷和凸包后,即可对手掌进行简单建模。首先,计算手势区域质心,其计算公式如下:

$$x_0 = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}, y_0 = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i} \quad (6)$$

以手势区域质心为起点,凸包的深度顶点为指尖点,则这两点可以形成一个手指向量。

3.3 手势特征分析

在实际中,具有相同数量凸缺陷的手势的手指数量有可能不同。因此,需要通过分析手掌模型的特征对增加算法计算手指数量的准确性。

获得质心后,通过连接质心和凸缺陷的起点可以获得所有疑似手指向量。在实际实验中,发现凸缺陷在小于 3 时会有多种情况。当凸缺陷为 2 时,不同手指数量形成的不同手势的凸缺陷数量相同,因此,本文通过计算向量之间的夹角进行判断。在由大拇指和食指组成的手势中,大拇指向量与食指向量或食指向量和小拇指底部关节与质心形成的向量之间的夹角会大于 60° ,而由食指、中指、无名指形成的各向量夹角则不会超过 40° ,因此可以通过该条件对存在 2 个凸缺陷的手势进行识别。

在凸缺陷为 1 的情况下,手势有可能是由一根手指或由大拇指与小拇指形成,此时同样可以通过计算该凸缺陷的夹角对两个手势进行区分。本文以 100° 夹角作为区分条件,在凸缺陷为 0 的情况下,手势有可能是握拳,有可能是一个紧闭的手掌,在握拳时,通过椭圆拟合手势边缘图像可以获得一个接近圆的椭圆,而在手掌状态时,该椭圆的长短轴之比会更大,因此可以通过拟合椭圆的长短轴之比进行判断,其计算流程如图 11 所示。

4 实验及分析

本文在 Qt 平台上搭建 OpenCV 开发环境,并对本实验设计的算法进行实验验证。实验效果如图 12 所示。图 12 第一排图像为凸缺陷数量为 0 的情况,第二排图像为凸缺陷为 1 的情况,算法能区分出同一凸缺陷情况下的不同手指数量。

图 13 为其他手势下的手指数量检测效果,算法准确的检测出不同手势下的手势情况。

5 结 论

本文主要对手势识别技术中手势区域的提取进行了深入研究。首先,考虑到削弱光照对手势提取的影响,本文选取了两个能将亮度通道分离出的颜色空间进

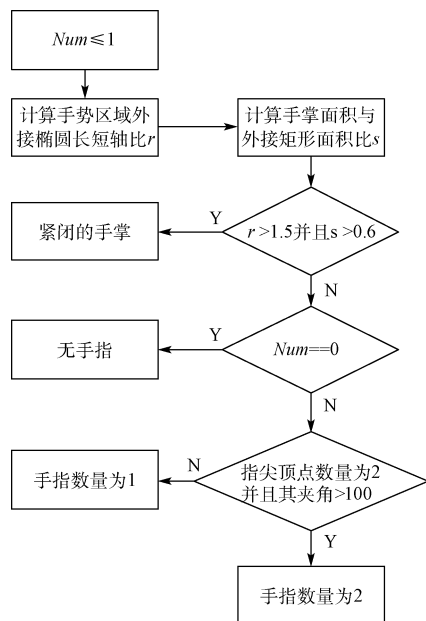


图 11 凸缺陷 $Num \leq 1$ 的手指数量计算

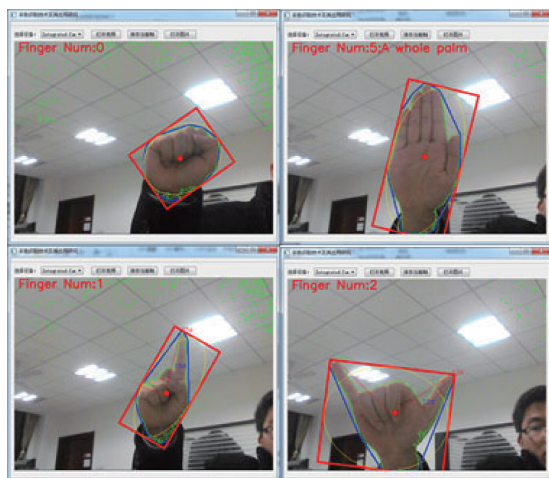


图 12 算法效果

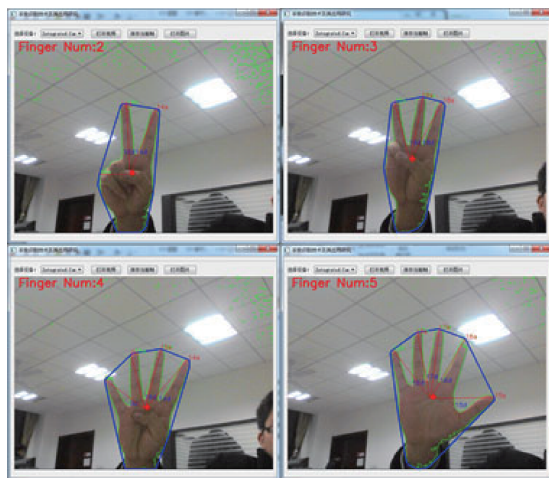


图 13 手指数量效果

行研究。

本文结合 HSV 肤色模型和 YCrCb 肤色模型的优势,本文采用 HS-CrCb 颜色空间对肤色模型建模,并在手势区域提取的实验中取得较好的效果。然后,本文利用凸缺陷进行手的建模,并根据建模后的手指向量间夹角、手势区域面积、手势区域长宽比的特征对手指数量进行计算。最后,基于 HS-CrCb 肤色模型的手指数量检测算法实验取得了较好的实验结果,同时证明了该算法具有较高的工程应用指导价值。

参考文献

- [1] 陈艳丽,金纪东,陈国涛,等. 手部姿势与挥动速度识别的人机交互[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(1):56-61.
- [2] 黄启友,藏永,胡明清,等. 基于陀螺传感器的三维手势识别方案[J]. 计算机工程, 2011, 37(22): 153-155.
- [3] 梁娜. 基于计算机视觉的手势识别技术综述[J]. 无线互联科技, 2014(10):84-84.
- [4] CHEN L, WANG F, DENG H, et al. A survey on hand gesture recognition [C]. 2013 International Conference on Computer Sciences and Applications (CSA), 2013: 313-316.
- [5] 吴江梅,张瑜慧,孙莹,等. 一种基于单目视觉的人手检测与识别方法[J]. 计算机与数字工程, 2014(7): 1251-1253, 1287.
- [6] 张国家,左敦稳,黎向锋,等. 基于色彩相似度的前景有效提取算法研究[J]. 机械制造与自动化, 2014(3): 20-23.
- [7] 赵晓东,徐红霞,郑龙,等. 基于肤色模型的人脸检测算法[J]. 黑龙江科技信息, 2011(2):7-7.
- [8] 覃文军. 基于视觉信息的手势识别算法与模型研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2010.
- [9] 王真水,李琳,刘晓平. 支持自定义的多粒度动态手势识别方法研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(4): 416-423.
- [10] 侯亭亭,肖秦琨,杨永侠. 基于动态贝叶斯网络的手势识别[J]. 国外电子测量技术, 2015(1):36-39.
- [11] 顾明,郑林涛,尤政. 基于颜色空间转换的交通图像增强算法[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(8): 1901-1907.
- [12] 王华清. 基于改进 YCrCb 色彩空间的人脸检测算法[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2010.
- [13] 王鼎,沈辉,娄海涛. 一种基于 H-CrCb 颜色空间的肤色检测算法研究[J]. 计算机科学, 2012, 39(S2): 223-226.
- [14] 范文婕,王命延,杨文姬. 基于深度图像的指尖和掌心特征提取方法[J]. 计算机应用, 2015, 35(6): 1791-1794.
- [15] 林伟强,庄宝山. 动态手势轨迹跟踪与 HMM 模式识别[J]. 电脑知识与技术, 2014(32): 7714-7718.

作者简介

郑海彬,1991 年出生,硕士研究生,主要研究方向为计算机视觉。

E-mail: nuaa502@163.com