

改进的 CamShift 人脸跟踪算法

黄亚勤, 董秀成, 李 郝, 王海涛

(西华大学电气信息学院, 成都 610039)

摘 要: 经典 CamShift 算法在用于人脸跟踪时, 遇到场景中有大面积类肤色区域出现的情况容易产生跟踪失误。针对该问题, 提出在 CamShift 中融入模板匹配的改进算法。以颜色概率分布图中模板匹配是否成功作为 CamShift 算法迭代终止的条件, 解决跟踪过程中的类肤色干扰问题。实验结果证明了该方法的有效性。

关键词: 人脸跟踪; 自适应均值偏移; 模板匹配; 颜色概率分布图

Improved CamShift Algorithm for Face Tracking

HUANG Ya-qin, DONG Xiu-cheng, LI Hao, WANG Hai-tao

(College of Electrical and Information Engineering, Xihua University, Chengdu 610039, China)

【Abstract】 Considered classic CamShift algorithm used for face tracking when there being large color regions in the scene easily leading to inaccurate tracking, an improved CamShift algorithm integrating the template matching algorithm is proposed. Making the template matching succeeding or not in color probability distribution as iteration termination condition of CamShift algorithm can well figure out the trouble caused by color regions in face tracking. Experimental results prove the validity of the method.

【Key words】 face tracking; CamShift; template matching; color probability distribution image

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2011.02.062

1 概述

人脸跟踪作为计算机视觉课题研究中一个重要分支, 近年来受到大量学者的关注, 许多行之有效的算法也相继出现。其中, 自适应均值偏移(CamShift)^[1]算法以其计算量小, 对目标变形、旋转变换、遮挡等适应性强的特点得到重视和广泛研究。

基于 MeanShift 的 CamShift 算法通过不断迭代寻找色彩概率分布图中的质心达到跟踪目标的目的, 因此, 颜色概率是它唯一的跟踪模式, 当跟踪过程遇到大面积类肤色区域出现在背景中的情况时, 会对其跟踪结果造成干扰。本文针对类肤色的干扰改进了 CamShift 算法的迭代过程, 以颜色概率分布图中模板匹配成功与否代替原算法的迭代终止条件。在现场测试中, 改进算法表现出优越的跟踪性能。

2 CamShift 跟踪算法介绍

CamShift 算法是一种动态变化分布的概率密度函数梯度估计的非参数方法, 颜色概率分布图是它的一个关键概念。研究发现除了白化病患者, 所有人种肤色的色调分量 HUE 具有完全一样的分布, 因此, 对于已选定的待跟踪人脸, 统计出 H 分量的直方图, 就可由式(1)确定某像素值属于类肤色的概率:

$$p(n) = \frac{h(n)}{\max[h(n)]} \quad (1)$$

其中, n 为直方图的横坐标取值; $h(n)$ 为纵坐标取值; 则 $p(n)$ 的取值被归一化, 以 $p(n)$ 代替直方图中的 $h(n)$, 就得到目标的颜色直方图模型。对于后续视频图像需处理的区域, 将它其中每个像素的像素值用目标颜色直方图模型中对应的概率替换, 为了便于显示, 所有的概率值都乘以 255, 这样就得到了概率分布图。此后, CamShift 按如下步骤跟踪目标:

(1) 初始化搜索窗的位置和大小(可为任意值)。

(2) 寻找搜索窗的质心。

(3) 移动搜索窗, 使窗的中心与质心重合。

(4) 重复(2)和(3), 直到收敛(或窗某次的移动距离小于预设阈值), 保存此时的零阶矩和质心值。

(5) 在下一帧图像中根据(4)得到的零阶矩和质心值重新初始化搜索窗的位置和大小, 再跳转到(2)继续执行。

对于二维离散概率分布图, 其零阶矩及质心的计算公式如下:

(1) 零阶矩:

$$M_{00} = \sum_x \sum_y I(x, y) \quad (2)$$

(2) 一阶矩:

$$M_{10} = \sum_x \sum_y xI(x, y), \quad M_{01} = \sum_x \sum_y yI(x, y) \quad (3)$$

(3) 质心:

$$(x_c, y_c) = \left(\frac{M_{10}}{M_{00}}, \frac{M_{01}}{M_{00}} \right) \quad (4)$$

其中, x 和 y 在搜索窗内变化; $I(x, y)$ 是坐标 (x, y) 的像素值。

(4) 搜索窗初始化大小:

$$s = 2 \times \sqrt{\frac{M_{00}}{256}}$$

在人脸跟踪应用中, 设置搜索窗是长为 $1.2s$ 、宽为 s 的矩形。

3 改进的 CamShift 人脸跟踪算法

在 CamShift 算法中, 目标跟踪只是简单地以颜色概率作为其跟踪模式, 当它用于背景中有类肤色区域的人脸跟踪时, 必然会因忽略了人脸面部所特有的外观而出现跟踪失误。为

基金项目: 四川省科技厅基金资助重点项目(06209084)

作者简介: 黄亚勤(1986 -), 女, 硕士研究生, 主研方向: 图像处理, 计算机视觉; 董秀成, 教授; 李 郝、王海涛, 硕士研究生

收稿日期: 2010-07-22 **E-mail:** 419793075@qq.com

此,本文将人脸面部特征(如形状、轮廓、眼鼻^[2]等特征点)也作为一种线索引入跟踪过程中。因为以形态约束引入的形状信息和以椭圆拟合引入的面部轮廓信息对人脸的各种形变适应能力差,所以本文根据颜色概率分布图中人的双眼特征比较明显并具有一定的稳定性的特点,提出使用颜色概率分布图中双眼模板匹配算法来达到在经典跟踪算法中引入人脸固有特征信息的目的。

从颜色概率分布图的定义可知,和一般灰度图相比颜色概率分布图在表达图像整体和局部的色度等级分布和特征的同时,能更好地摒弃亮度对图像的影响,因此,在色彩概率分布图中进行模板匹配的方法是可取的。融合模板匹配的改进 CamShift 人脸跟踪算法的具体实施方法:在概率分布图中不以质心与形心吻合或质心移动距离小于设定值作为迭代终止条件,而是在每一次搜索窗的中心移动到质心位置后对搜索窗内的颜色概率分布图进行模板匹配,当匹配计算出的图像差别在预设的范围时就终止本帧的迭代过程,不再为了使搜索窗的中心与质心重合而移动它。将原算法流程图中决策框内的收敛条件用模板匹配成功这一条件取代后就得到改进的跟踪算法,改进算法的流程^[3]如图1所示。

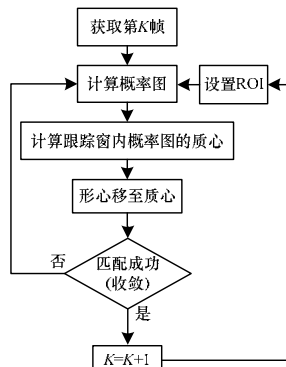


图1 改进算法的流程

考虑到可能出现的遮挡问题,本文只取双眼部分作为模板。实际上,为提高跟踪算法的实时性^[4],匹配只在搜索窗的上半部分进行,这样处理保证充分利用了 CamShift 算法实时性好的优点,使 CamShift 算法处于主导地位,引领匹配在最可能是人脸的区域进行,提高了算法的速度。

3.1 双眼模板提取

因为模板匹配是在颜色概率分布图中进行,所以平均眼模板^[5]的提取也是基于色彩概率分布图的。固定人脸相对于摄像头的位置,对获取的100幅端正正面人脸颜色概率分布图使用3×3的长方形结构元素进行形态学处理消除噪声点,处理后的结果如图2(b)所示。

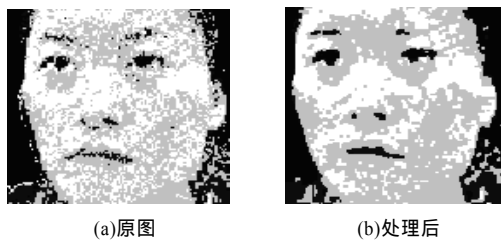
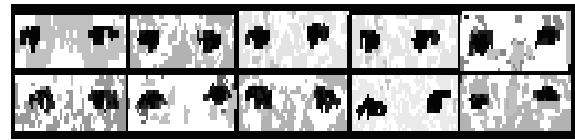


图2 人脸的颜色概率分布图

手动截取双眼部分的样本^[6],以100幅样本的平均宽度和平均高度为标准归一化所有样本得到标准眼模板,最后对100个标准眼睛样本求和取平均得到平均眼模板。图3为颜色概率分布图中部分眼睛样本及由它们所求得的标准眼模板。



(a)部分眼睛样本



(b)双眼模板

图3 样本及模板

3.2 模板的缩放

为了与不同大小的目标匹配,跟踪过程中需要对模板进行不同的缩放。CamShift 算法提供了计算概率分布图中疑似目标尺寸的公式,搜索窗中颜色概率分布的二阶矩为:

$$M_{20} = \sum_x \sum_y x^2 I(x, y) \quad (5)$$

$$M_{02} = \sum_x \sum_y y^2 I(x, y) \quad (6)$$

$$M_{11} = \sum_x \sum_y xy I(x, y) \quad (7)$$

令:

$$a = \frac{M_{20}}{M_{00}} - x_c^2, b = 2 \left(\frac{M_{11}}{M_{00}} - x_c y_c \right), c = \frac{M_{02}}{M_{00}} - y_c^2 \quad (8)$$

其中, x 和 y 在搜索窗内变化; $I(x, y)$ 是 (x, y) 的像素值; (x_c, y_c) 为质心坐标。

则目标纵向长度为:

$$l = \sqrt{\frac{(a+c) + \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2}} \quad (9)$$

横向宽度为:

$$w = \sqrt{\frac{(a+c) - \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2}} \quad (10)$$

定义模板比例缩放规则为:如果采集的100幅人脸概率分布图中人脸部分宽度均值为 w' , 长度均值为 l' , 平均眼模板的宽度为 W' , 长度为 L' 。由此求得模板宽度的比例缩放因子 $\alpha = w/w'$, 长度的比例缩放因子 $\beta = l/l'$, 缩放后的模板大小 $W = \alpha \times W'$, $L = \beta \times L'$ 。

3.3 模板的旋转

为了适应人脸在平面内各个角度的旋转,本文根据 CamShift 计算得到的目标方向对模板进行同样的旋转。在 CamShift 算法中对于椭圆等有方向性的目标区域可以通过如下公式获得目标椭圆长轴的方向角:

$$\theta = \frac{\arctan(b/(a-c))}{2} \quad (11)$$

而人脸区域可以近似为椭圆,因此,它的中轴线和水平面之间小于 180° 的角也为 θ° 。当 $\cos \theta > 0$, 表示人脸相对于垂直方向向右旋转了 $(\pi - \theta)^\circ$, 则模板就顺时针旋转 $(\pi - \theta)^\circ$; 反之, 模板就逆时针旋转 $(\pi - \theta)^\circ$ 。

4 实验与分析

本文用 Visual C++ 6.0 搭建软件平台进行测试,跟踪算法验证开始时,采用基于 Adaboost 方法人脸检测^[7]的结果确定跟踪目标、初始化搜索窗的位置和大小并建立目标颜色直方图模型。实验采用一张棕黄色的纸张模拟类肤色区域,为了验证纸张确实具有肤色效应,本文将它和人脸一起作反向投影,纸张类肤色效应验证如图4所示。可以看出,该纸张确实可以作为类肤色区域参与实验。

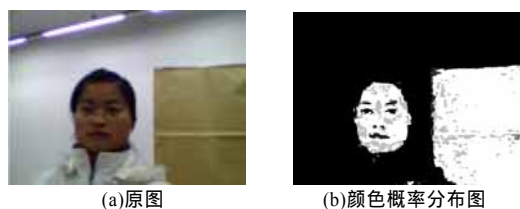


图 4 纸张类肤色效应验证

在一段以该棕黄色纸张作为类肤色区域并在场景中做无规律平移运动的视频中分别使用经典 CamShift 算法和改进后的算法跟踪人脸,对视频测试结果进行一个简单统计,结果如表 1 所示。截取的部分帧的跟踪效果如图 5 所示。

表 1 统计结果

方法	帧数	成功跟踪帧数	成功率/(%)
经典 CamShift	600	482	80.3
改进 CamShift	600	580	96.7

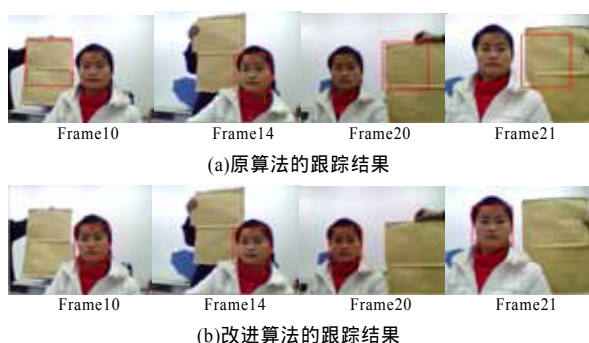


图 5 视频中部分帧的跟踪效果

在第 10 帧、第 20 帧和第 21 帧中未加平均眼模板匹配时, CamShift 算法经过多次迭代确定概率分布图最终的质心在非人脸的类肤色区域上,使跟踪失误,而改进后的算法使迭代在某次模板匹配成功时就终止了,搜索窗口不再随着质心移动,在搜索窗里定义的锁定目标的矩形正好锁住人脸,因此,改进算法能实现正确跟踪。

5 结束语

本文提出了基于颜色概率分布图中双眼模板匹配的 CamShift 人脸跟踪算法,以颜色概率分布图中的模板匹配是否成功作为算法迭代的终止条件,解决了场景中存在大面积类肤色干扰时跟踪失误的问题。为了在减少跟踪失误的同时最大限度地保证算法的实时性,在模板匹配过程中对模板采取了简单的比例缩放和角度旋转并使匹配只在搜索窗上半部分进行。与一般的直接在类肤色区域进行模板匹配确定人脸的算法相比,该方法因以基于概率密度梯度爬升技术的 CamShift 算法为主导,其速度大大提高;而与原始的 CamShift 算法相比,其准确度又有所改善。当类肤色靠近人脸以致与人脸形成连通区域时,模板匹配过程所使用的比例缩放和角度旋转关系就不能很好适应了,此时可以采用基于金字塔结构的模板匹配算法完成匹配。

参考文献

- [1] Bradski G R. Computer Vision Face Tracking for Use in a Perceptual User Interface[J]. Intel Technology Journal, 1998, 2(2): 1-15.
- [2] 汤连春, 李海燕, 陈建华. 基于局部特征的人脸检测与提取[J]. 计算机工程, 2007, 33(10): 210-211.
- [3] 左军毅, 梁彦, 潘泉, 等. 基于多个颜色概率分布模型的 CamShift 跟踪算法[J]. 自动化学报, 2008, 34(7): 736-742.
- [4] Ren J, Vlachos T. Efficient Detection of Temporally Impulsive Dirt Impairments in Archived films[J]. Signal Processing, 2007, 87(3): 541-551.
- [5] Nadenau M J, Mitra S K. Blotch and Scratch Detection in Image Sequences Based on Rank Ordered Differences[C]//Proc. of Time-varying Image Processing and Moving Object Recognition. Florence, Italy: [s. n.], 1996.
- [6] 舒梅, 董秀成. 基于肤色和模板匹配的人眼定位[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(2): 237-239.
- [7] 中科院深圳先进技术研究院. 运动分析与对象跟踪[EB/OL]. (2009-10-24). <http://www.opencv.org.cn/index.php/Cv>.

编辑 顾姣健

(上接第 179 页)

4 结束语

通过对新疆 2 个不同地区月平均忙时话务量的预测,可以看出 SVR 相对于 RBF 神经网络而言,有更好的泛化能力,而超参数的选择对 SVR 的泛化能力有很重要的影响。本文利用微分进化策略良好的全局搜索能力,对超参数进行寻优,取得了比网格寻优法更好的预测效果。实验结果表明,微分进化策略的当前最优值的扰动策略要好于对当前随机值扰动的策略。

参考文献

- [1] Vapnik V N. The Nature of Statistical Learning Theory[M]. 2nd ed. New York, USA: Springer, 2000.
- [2] Wang Lipo. Support Vector Machines: Theory and Application[M]. Berlin, Germany: Springer, 2005.
- [3] Khandoker A H, Palaniswami M, Karmakar C K. Support Vector Machines for Automated Recognition of Obstructive Sleep Apnea Syndrome from ECG Recordings[J]. IEEE Trans. on Information

Technology in Biomedicine, 2009, 13(1): 37-48.

- [4] Bermolen P, Rossi D. Support Vector Regression for Link Load Prediction[C]//Proc. of Telecommunication Networking Workshop on QoS in Multiservice IP Networks. Venice, Italy: [s. n.], 2008.
- [5] 高伟, 王宁. 浅海混响时间序列的支持向量机预测[J]. 计算机工程, 2008, 34(6): 25-27.
- [6] Jeng Jin-Tsong. Hybrid Approach of Selecting Hyperparameters of Support Vector Machine for Regression[J]. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Part B, 2006, 36(3): 699-709.
- [7] Storn R, Price K. Differential Evolution — A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces[J]. Journal of Global Optimization, 1997, 11(4): 341-359.
- [8] van Sickle J H, Lee K Y, Heo J S. Differential Evolution and Its Applications to Power Plant Control[C]//Proc. of Intelligent Systems Applications to Power Systems. Niigata, Japan: [s. n.], 2007.

编辑 顾姣健