

基于区域特征的视频序列人脸快速检测

吴禄慎, 吴培敏

(南昌大学 机电工程学院, 江西 南昌 330031)

摘 要: 提出了一种基于区域特征的快速人脸检测算法. 采用瞬时差分 and 背景差分获取并跟踪运动目标, 消除了运动目标引起的背景模型更新误差. 在检测到的运动目标区域内, 通过基于区域特征的马赛克三分图模型检测人脸区域, 并利用频率直方图方法合并所检测区域, 最终获得人脸位置. 实验结果表明, 平均检测时间为 30 ms/帧, 检测准确率可达 95.7%, 算法复杂度低、检测效果好, 适合各类视频图像的人脸实时检测.

关键词: 马赛克规则; 背景差分; 瞬时差分; 频率直方图; 积分图

中图分类号: TP317.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)05-0162-04

A Fast Face Detection Algorithm Based on Regional Feature for Video Sequences

WU Lu-shen, WU Pei-min

(School of Mechanical and Electronic Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract: According to face detection for videos, a fast detection algorithm based on regional features was proposed in the paper. The comprehensive algorithm with temporal difference and background difference was used for acquiring and tracking the moving objects, which can avoid updating error of background model caused by moving object. In the region of moving objects, first Trisection image model of mosaic based on regional feature was used for detecting face region, then the frequency histogram method was adopted to combine detection area, and finally the face position was obtained. The experiment shows that the average detection time is 30 ms/frame and the accuracy rate obtains 95.7%. Therefore the algorithm which has lower complicity and higher accuracy rate is suitable for real-time face detection for all kinds of video images.

Key words: mosaic rules; background difference; temporal difference; frequency histogram; integral image

1 引言

人脸检测是对输入图像进行处理分析, 确定图像中人脸数目、位置、大小、位姿的过程. 人脸检测是人脸跟踪和人脸识别的基础, 其结果直接影响人脸识别的过程和准确率. 目前, 常用的人脸检测方法主要有: 基于知识的方法、基于统计的方法及多种特征或方法的综合. 基于经验知识的模型方法^[1]能够在一定程度上适用于复杂背景图像中的人脸检测, 达到较高的检测速度, 但要想进一步提高知识模型的适应能力, 需要综合更多的特征. 基于统计模型的方法^[2]即将人脸区域看作一类模式, 使用大量的“人脸”与“非人脸”样本训练、构造分类器, 通过判别图像中所有可能区域属于哪类模式的方法实现人脸的检测. 该方法具有很强的适应能力和鲁棒性, 但由于需要对所有可能的检测窗口进行穷举搜索, 计算复杂度很高, 检测速度有待于提高.

AdaBoost 算法^[3], 通过选取关键分类特征训练出弱分类器, 级联成强分类器进行人脸检测, 检测速度可达到实时性且检测准确度高, 但其训练时间比较长. 文中针对视频序列的人脸检测, 利用视频序列前后帧之间的相互关系, 检测出运动目标区域, 缩小

收稿日期: 2010-07-21; 修回日期: 2010-09-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(59965003)

检测人脸的范围并减少外部环境的影响. 并采用灰度特征的马赛克规则检测人脸, 实现视频序列的人脸快速检测.

2 运动目标检测

为满足实时性要求, 视频序列的人脸检测需要较快的检测速度. 为此, 利用运动目标识别方法检测出序列中的运动区域, 进而在该区域内检测人脸, 可以减少运算, 提高检测速度. 常用的运动目标识别主要有背景差分法和瞬时差分法. 背景差分法可以得到比较完整的运动目标信息, 但是背景模型的获取和更新比较困难; 瞬时差分法对动态环境适应性较强, 但容易在目标内部产生空洞, 不能得到完整的目标信息. 文中采用背景差分法和瞬时差分法相结合的方法检测运动目标区域^[4], 算法流程如图1所示.

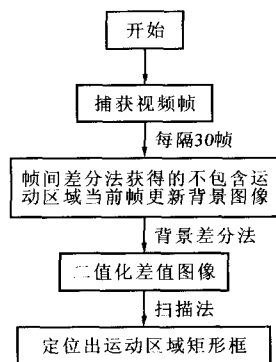


图1 运动目标检测流程

2.1 基于高斯统计模型获取背景图像

文中采用单高斯分布背景模型, 每一个图像点颜色用一个高斯分布模型 $\eta(x, \mu_n, \Sigma_n)$ 表示, x 为第 n 帧灰度值, μ_n 为第 n 帧背景图均值, Σ_n 为第 n 帧背景图协方差. 当某点颜色值与背景相差过大时认为是前景点, 否则为背景点. 前景检测后对高斯分布的均值、协方差矩阵进行更新. 引入更新率 α , 则该点高斯分布参数的更新可表示为:

$$\mu_{n+1} = (1 - \alpha) \cdot \mu_n + \alpha \cdot d_n \quad (1)$$

$$\Sigma_{n+1} = (1 - \alpha) \cdot \Sigma_n + \alpha \cdot d_n d_n^T \quad (2)$$

式中, d_n 为该图像点当前颜色度量与均值之差; T 为前景检测阈值.

2.2 瞬时差分法更新背景模型

每隔固定帧数采用瞬时差分法识别出运动目标的轮廓, 将该帧图像运动目标轮廓以外的区域对背景模型进行更新. 具体算法如下:

设 $f(i, j, n-1)$ 、 $f(i, j, n)$ 为连续的前后两帧图像, $b(i, j, n-1)$ 为当前背景图像, 则有:

帧间差分图像 $d(i, j, n)$:

$$d(i, j, n) = |f(i, j, n) - f(i, j, n-1)| \quad (3)$$

二值化差分图像得:

$$r(i, j, n) = \begin{cases} 1, & \text{若 } d(i, j, n) \geq T \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

式中, T 为所取的阈值.

获取 $r(i, j, n) = 1$ 的外接矩形, 且将面积小的矩形视为噪音抛弃, 剩下的则视为运动目标. 同时设置当前帧和背景图像的 ROI 为运动目标的外接矩形.

令 $\text{ROI}_{f(i, j, n)} = 0$, 代入下式:

$$\text{ROI}'_{f(i, j, n)} = \text{ROI}_{f(i, j, n)} \parallel \text{ROI}_{b(i, j, n-1)} \quad (5)$$

由此可得: 对于运动目标所在区域, 当前帧和背景图像信息是一样的, 再将此 $\text{ROI}'_{f(i, j, n)}$ 代入更新当前帧信息, 并以此作为更新后的当前背景图像 $b(i, j, n)$.

2.3 背景差分获取运动目标区域

为获得运动目标区域, 对当前帧与背景图像相减得到的差分图像进行二值化, 采用扫描法处理二值化差分图像, 计算图像行列数据和, 通过设定阈值获得运动区域轮廓的矩形框, 最终确定运动目标区域.

采用背景差分和瞬时差分结合的检测方法, 可以减少视频序列中运动目标对更新背景模型的影响, 同时保证了检测的实时性, 为人脸目标的检测缩小了范围, 可提高检测速度.

3 基于区域特征的马赛克方法

在确定运动目标区域后, 采用基于区域特征的马赛克方法^[5]实现人脸的检测, 其基本思路是将人脸划分为若干低分辨率的马赛克子块, 利用人脸各子块之间的相互关系进行人脸检测. 马赛克检测方法具有算法复杂度低, 检测率高等特点, 适用于实时性较强的视频序列人脸检测.

3.1 人脸区域特征的检测

采用马赛克方法进行检测时, 需要建立检测模型, 文中采用一种基于人脸器官分割方法的三分图模型, 如图2所示.

在采用三分图模型对运动区域图像的检测中, 需要制订人脸的判别规则, 以便实现人脸目标的检测. 根据图2所示的三分图模型, 采用灰度规则进行判别.

$$\begin{aligned} G[0] &< G[1], & G[0] &< G[3] \\ G[2] &< G[5], & G[2] &< G[1] \end{aligned} \quad (6)$$

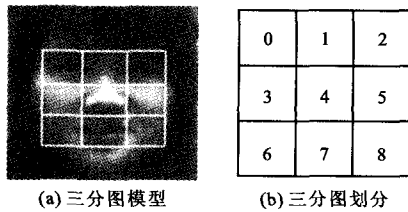


图2 马赛克三分图模型

$$\begin{aligned} G[7] < G[3], \quad G[7] < G[5] \\ G[3] \approx G[5], \quad G[0] \approx G[2] \end{aligned} \quad (7)$$

其中, $G[i]$ 表示三分图中第 i 子块的平均灰度, 若判定候选区为人脸, 则式(6)中的四个条件均应满足, 式(7)中的四个条件需要满足三个以上. 在实际检测中, 将判定规则式(7)中的 $G[3] \approx G[5]$, $G[0] \approx G[2]$, 替换为 $0.97 < G[3]/G[5] < 1.03$, $0.97 < G[0]/G[2] < 1.03$.

马赛克方法人脸检测流程如图3所示.

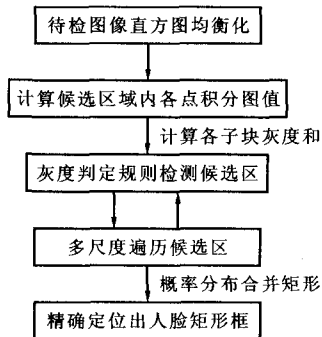


图3 马赛克方法人脸检测流程图

算法具体实现:

(1) 利用直方图均衡化对检测到的运动区域图像进行预处理, 减少一定条件下的光照影响, 提高灰度规则判定的准确性.

(2) 为提高检测速度, 快速计算出所划分子块的灰度统计量, 文中充分利用了积分图方法, 将马赛克子块的灰度总值代替平均灰度值进行判别. 先计算出检测到的运动区域任一点 $A(x, y)$ 的积分图值 $ii(x, y)$:

$$ii(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x', y') \quad (8)$$

由式(3)可推出:

$$ii(x, y) = ii(x, y-1) + ii(x-1, y) + i(x', y') - ii(x-1, y-1) \quad (9)$$

利用公式(10) 计算每个子块的矩形特征值, 即每个子块的灰度值总和.

$$\text{sum}(r) = ii(x+w, y+h) + ii(x-1, y-1) - ii(x+w, y-1) - ii(x-1, y+h) \quad (10)$$

(3) 确定马赛克三分图模型的各个子块的灰度

值总和表达式, 并按灰度规则制订人脸检测模板.

(4) 根据视频图像大小, 设定初始人脸模板检测窗口大小、窗口放大比例系数、窗口按比例放大次数和模板移动步距, 对运动目标区域进行遍历, 对符合条件的区域绘制矩形框.

3.2 人脸区域的合并

在人脸模板遍历检测过程中, 必然会出现多个符合判定规则且相互重叠的区域, 其中非人脸的区域需要消除, 相互重叠的人脸区域需要进行合并. 文中提出新颖可行的人脸区域合并方法, 即采用频率直方图的方法, 通过设定阈值, 消除检测出的非人脸区域, 合并重叠的人脸区域.

频率直方图是将某参量的数值范围分为若干个区间, 统计该参量在各个区间上出现的频率, 并用矩形条的长度表示频率的大小. 利用频率直方图可以分析数值的分布特征、均值、方差等信息, 如图4所示.

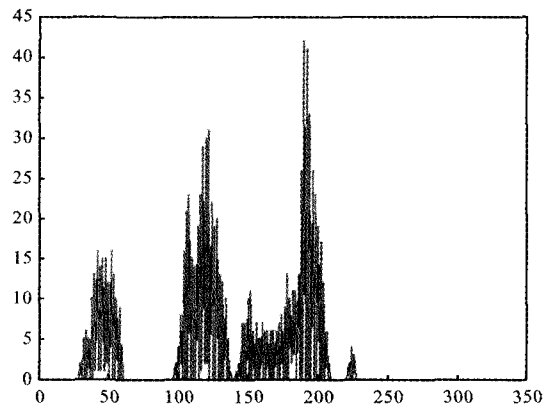


图4 频率直方图

在人脸区域合并过程中, 对人脸区域矩形框的坐标和大小进行统计, 绘制频率直方图, 根据设定的阈值, 最终确定人脸的具体位置及大小.

4 检测结果与分析

根据上述人脸检测方法, 采用计算机开放视觉库 OpenCV 1.0^[6], 充分利用其模式识别与图像处理模块, 通过 VC 6.0 编写视频图像采集和处理程序, 实现综合背景差分和马赛克规则的人脸快速检测.

图5和图6分别为一组视频序列其中两帧图像的检测结果.

从图中可看出综合运用差分算法和马赛克规则可达到如下检测效果:

(1) 该算法可达到准确定位人脸位置效果, 且

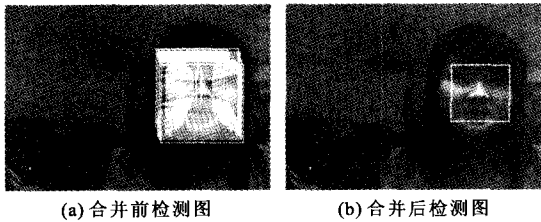


图 5 正面人脸检测效果

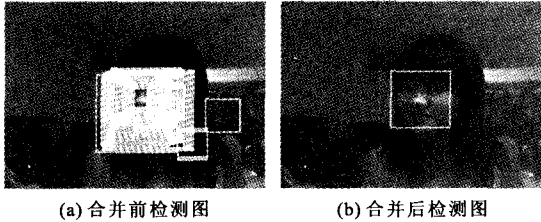


图 6 侧面人脸检测效果

对侧面人脸也能满足检测效果.

(2) 采用频率直方图的方法可达到准确合并人脸位置矩形框及消除非人脸区域矩形框的作用. 如图 6(a)有个别非人脸位置的矩形框,通过计算频率直方图取阈值的方法可滤去.

(3) 通过对视频的检测,该算法运行稳定,能达到适时获取和跟踪人脸位置的目标.

在 Pentium 4 CPU 2. 8GHz, 756MB DDR AM 的 PC 机,分辨率为 320×240 的图像下,对视频序列的检测,测试结果如表 1 所示.

表 1 测试结果

帧格式(分辨率)	320×240
人脸总数(个)	1360
平均检测速度(ms)	30
正确检测人脸数(个)	1302
误认为人脸数(个)	104
漏检人脸数(个)	58

平均每帧图像的时间大约为 30ms,相对于文献

[5]中 15s 的检测结果,文中提出的基于区域特征人脸检测方法检测速度有明显改善,且可满足 1 秒 30 帧图片的适时检测,同时检测准确率可达 97. 5%,可较好满足视频序列人脸检测的实时性要求.

5 结束语

文中充分利用了视频序列中图像帧之间的相互关系,消除非人脸区域内复杂背景的影响,利用灰度判定规则的马赛克方法,实现人脸目标的快速检测. 在人脸检测过程中,采用积分图法计算被检测目标任一区域内的灰度值总和,并提出了一种新颖有效的人脸目标合并方法. 检测结果表明,基于区域特征多种算法结合的人脸快速检测算法可以准确地检测并跟踪出视频序列中的人脸目标,且检测时间较短,可应用于视频序列的人脸目标快速检测.

参考文献:

- [1] Amir Faizi. Robust face detection using template matching algorithm[D]. Toronto: University of Toronto, 2008.
- [2] 王科俊,段胜利,冯伟兴. 单训练样本人脸识别技术综述[J]. 模式识别与人工智能, 2008, 21(5):635—642.
- [3] 张忠. Adaboost 人脸检测算法在嵌入式平台上的实现与研究[D]. 上海:上海交通大学,2008.
- [4] 张晓宇,彭四伟. 基于 OpenCV 的运动目标识别算法与实现[J]. 现代电子技术, 2009(22):99—11.
- [5] 卢春雨,张长水,闻芳,等. 基于区域特征的快速人脸检测法[J]. 清华大学学报:自然科学版, 1999,39(1):101—105.
- [6] Gary Bradski, Adrian Kaebler. Learning oper CV[M]. 南京:东南大学出版社,2009.

作者简介:

吴禄慎 男,(1953—),教授,博士生导师. 研究方向为三维测量、图像处理及反求工程.

吴培敏 女,(1985—),硕士研究生. 研究方向为三维测量及图像处理.