

公交车人流量监测系统设计

郭荣庆,赵 轩,许世维,孙家永

(长安大学 汽车学院,陕西 西安 710064)

摘 要:针对公交车人流量统计较困难这一问题,设计了一种公交车人流量监测系统。该系统运用计算机图像处理技术,通过对运动图像的分割处理,得出符合人体特征的头像模块,再进行人头椭圆曲线匹配,从而可以准确地辨别出运动物体是否是人体,最后通过监测已确认的人体的运动质心是否越过设定的计数线来实现对车上人数的计数。本系统能够简单、高效地统计出公交车各时段、各站点人流量以及车载乘客人数,为公交车调度提供信息依据,并能实现超载报警功能。

关键词:交通工程;人流量监测;图像处理;质心获取

中图分类号:U491.1 **文献标志码:**A

Design of monitoring system of population flow on public bus

GUO Rong-qing, ZHAO Xuan, XU Shi-wei, SUN Jia-yong

(School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: A kind of population flow monitoring systems on buses is designed to overcome the difficulty of calculating the population flow by manual work. Using computer image processing technology, this system can acquire head portrait modules that fit human body characteristics by dividing the moving images. Then it can accurately distinguish that one moving target is whether a human body or not by matching the head elliptic curve. Finally it can be realized to count the people number on the bus by monitoring whether the human body's centroid has crossed the counting line which is set on the bus. It is convenient to count the flows on every time interval or every site with this system, and to obtain passengers' number, which not only can give an alarm when the bus overloads, but also can provide the information for the public transportation dispatch supplies. 6 figs, 10 refs.

Key words: traffic engineering; population flow monitoring; image processing; centroid obtainment

0 引 言

随着计算机技术和图像处理技术的发展,计算机视觉技术在人们日常生产生活中的应用越来越广泛,其中运动目标的检测与跟踪将成为计算机视觉

领域的应用热点^[1]。人体目标的识别和跟踪是计算机视觉领域中非刚体目标识别和跟踪研究的热点,而人体之间的形态差异较大,且个体不同时刻姿态变化也很大,其运动的路径任意性大,所以,对人体目标的识别和跟踪是一项比较复杂的任务。目前,

许多人体目标识别和跟踪的方法已经被提出,其中一些系统已经得到了应用。例如,当人体目标处于相对固定的场景中运动时,可以用比较简单的背景减除和数学形态学算法提取目标^[2]。这种方法比传统的统计模式识别的方法简单,因而获得了更好的实时性。人体目标的跟踪通常有基于特征、相关匹配、模板匹配和卡尔曼滤波跟踪等方法。

对人体目标识别和跟踪的研究具有很大的实用价值,使人们可以利用计算机代替人类完成很多既费时又费力的工作。例如,计算机可以与监控摄像头连接,代替人们进行视频实时监控。本文应用运动目标识别技术,设计了一种公交车人流量监测系统,能够准确统计车上现有人数,精确计算出公交车各时段人流量,并能实现人数超载报警功能;同时,还可以对公交车前后门的情况进行实时监控。

1 系统原理与结构组成

本系统主要包括计算机、显示器、报警器、前后门摄像头及辅助设备。前、后门摄像头分别安装在公交车的前门和后门的顶部,显示屏安装在车辆仪表盘的上面。当车上现有乘客数大于载客数上限时,计算机控制报警器报警;显示器可显示乘客数量及前后门的视频图像;系统硬件如图 1 所示。

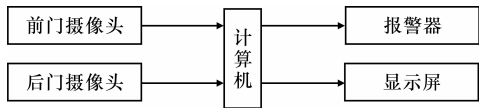


图 1 系统硬件

前门摄像头采集上车乘客的图像,后门摄像头采集下车乘客的图像,前后门摄像头采集的图像信息通过图像采集卡传递给计算机,计算机将视频图像信息进行辨识,然后进行乘客人数统计、监控存储。在公交车前门,当乘客进入摄像头的监控范围时,系统开始对运动物体进行目标捕捉追踪,对图像进行预处理,然后进行图像分割,再将捕捉到的物体图像进行头肩分离,提取人头特征曲线,进行目标匹配识别;在确认是人体以后,再获取人体的运动质心,当监测到运动物体的质心越过设定的计数线时,相应的计数变量进行加 1 操作;同理,在公交车后门,先识别出运动物体是否是人体,然后确定运动质心,当监测到运动物体的质心越过设定的计数线时,相应的计数变量进行减 1 操作;系统流程如图 2 所示。

2 图像处理

图像处理是公交车人流量监测系统的关键,摄

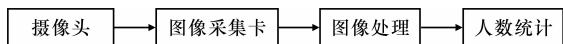


图 2 系统流程

像头将前后车门处乘客的图像传入计算机,计算机将得到的图像进行运动分割,分割出运动目标块;然后对运动目标块进行目标识别,将捕捉到的物体图像进行头肩分离,提取人头特征曲线,进行目标匹配识别,判断运动物体是否是人体;对确认的人体运动块图形进行聚类分析,计算出其中的各个人体的质心点;当人体质心越过设定的计数线时进行计数处理;图像处理如图 3 所示。

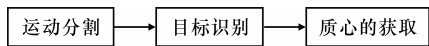


图 3 图像处理过程

2.1 运动分割

运动分割主要是分割出视频图像中的运动块,本文采用基于转移帧差和形态学算子的运动分割算法进行计算^[3]。该算法利用转移帧差 DFD 的高阶统计特性和数学形态学算子对视频对象进行自动分割,其基本思想是从静止的图像背景中隔离出运动对象,主要有以下步骤。

2.1.1 帧间变化的检测

帧间变化的检测是采用在高斯噪声中检测随机非高斯信号的方法对帧间变化的检测建模,其中采用四阶矩检测器^[4]。

2.1.2 预分割模板的提取

设一段视频包含 N 帧图像 $f_0 \sim f_{N-1}$,第 i 帧和第 $i+m$ 帧图像的差值 $p = f_i - f_{i+m}$ ($0 \leq i, i+m \leq N-1$),接着对 p 进行四阶矩检测,得到一个二值图函数 Q_i ,即图像模板。若 $Q_i(x, y) = 0$,则图像属于静止背景;若 $Q_i(x, y) = 1$,则图像属于运动对象。其中, m 是根据对象运动快慢确定的一个常数,计算出 $i = 0, m+1, 2m+1, \dots, N-m-1$ 时的一系列模板,对这些模板进行逻辑处理或操作,可得到最后的模板。

2.1.3 对模板的腐蚀

为了精确表示对象的形状,对上一步获取的模板进行形态学腐蚀操作。腐蚀从模板的最外边沿开始向内进行,一直进行到对象的边沿处为止,对模板的一次腐蚀程序如下。其中, w, h 均为整型变量。

```
for(h=0;h<image.height;h++)
for(w=0;w<image.width;w++){
if(M(w,h)==1){
if(erosion(M(w,h))==0)and((x,y)is not
```

a edge pixel)

$$M(w, h) = \text{erosion}(M(w, h)); \} \}$$

2.2 目标识别

2.2.1 特征选择

特征选择的主要目的是选出一组能够充分描述所需识别图形的特征向量,以便根据这些特征向量对图形进行识别。根据“需要识别出是否是人体”的要求,参照现有的人体识别方案,将形状参数组合起来构成特征向量,利用这些特征向量来识别人体^[5-6]。采用傅立叶描述子算法,形状参数具体的计算过程如下。

(1)对获得的运动模块图像进行形态学开运算,消除运动提取过程中的一些阴影及手脚对图形形状的影响。

(2)抽取运动模块的边缘链码,本文采用8邻域法求解,并对链码进行归一化处理。在实际处理中,将所有链码长度归一化为 $N = 128$,并采用等间距抽取法;另外,将链码的中心点归一化为坐标原点,以消除后续傅立叶描述子算法中的位移影响,只保留纯粹的形状信息。

假设原始链码为 $l(m) = (x_m, y_m), m = 0, 1, \dots, M-1$,其中, x_m, y_m 分别为边界上第 m 点的横纵坐标,此时物体的中心 $\bar{l} = (\sum_{m=0}^{M-1} x_m/M, \sum_{m=0}^{M-1} y_m/M)$,设长度归一化后的链码为 $l(n)$,则

$$l(n) = l(n \frac{M}{N}) + \{l(1 + n \frac{M}{N}) - l(1 + n \frac{M}{N})\} (n \frac{M}{N} - n \frac{M}{N}) - \bar{l}$$

$$n = 0, 1, \dots, N-1$$

其中, M 为边界上所选取点的个数。

(3)利用 Granlund 提出的方法对傅立叶描述子进行归一化运算^[7]。

$$\text{normal}\{F(u)\} = \{F(1+u)F(1-u)\} / \{F(1) \cdot F(1)\}, \text{其中}, F(u) = \sum_{n=0}^{N-1} L(n) \exp(-j2\Omega un/N),$$

$$u = 0, 1, 2, \dots, N-1.$$

(4)截取并获得傅立叶描述子的低频部分,即低系数的 32 个参数。

2.2.2 特征向量的提取

(1)对输入的运动目标的二值图进行形态学预处理,消除图形中的小块目标,并调整目标的形状,使其更加平滑、连续。

(2)分别统计出处理后图形中的各连续区域的边界坐标序列,计算边界的归一化傅立叶描述子,将

其组合,获得最终描述各个运动块的特征向量。

2.2.3 头肩分离

由于人的头像较少受到运动影响,所以可以通过人体头像识别来确定运动物体是否为人体。为准确地识别出人体的头像,需要将人体图像进行头部与肩部分离。本文使用基于查找头肩轮廓最大转折点的头肩分离算法,根据头肩图像的对称性,找出头部与肩部一条水平分界线,就可以实现头肩分离。

(1)形状近似。先利用多边形近似法近似模拟运动物体的图像轮廓,避免了轮廓的细节对分离结果产生影响,并减少了形状编码消耗的比特数。

(2)查找最大转折点,如图 4 所示。

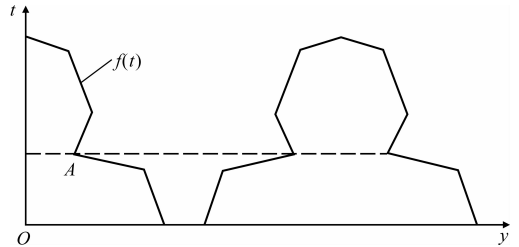


图 4 人体头肩宽度投影

截取前一过程的图形,从而获得头肩像,将其投影在以高度方向为 t 轴、宽度方向为 y 轴的坐标系上,并建立函数 $f(t)$,算出图 4 中具有最大转折率的 A 点,用 A 点对应的水平线来分离头肩。

通过考察一个点 t 轴正、负方向导数的差是否最大,来判断该点是否具有最大转折率。利用插值型 3 点求导公式计算导数。记边界曲线上有 3 点 $t_0, t_1, t_2, t_1 = t_0 + h$ (h 为常数), $t_2 = t_0 + 2h, h > 0$ 。则此 3 点的二次差值函数为

$$L_2(t) = \frac{(t-t_1)(t-t_2)}{(t_0-t_1)(t_0-t_2)}f(t_0) + \frac{(t-t_0)(t-t_2)}{(t_1-t_0)(t_1-t_2)}f(t_1) + \frac{(t-t_0)(t-t_1)}{(t_2-t_0)(t_2-t_1)}f(t_2)$$

令 $t = t_0 + m_d h$ (m_d 为自然数),代入上式得

$$L_2(t_0 + m_d h) = \frac{1}{2}(t-1)(t-2)f(t_0) - t(t-2)f(t_1) + \frac{1}{2}t(t-1)f(t_2)$$

两边对 t 求导,得

$$L'_2(t_0 + m_d h) = \frac{1}{2h}[(2t-3)f(t_0) - (4t-4)f(t_1) + (2t-1)f(t_2)]$$

由于 $h > 0$,所以把 $m_d = 0$ 代入上式即得到 t_0

点的正导数,同时,令 t 取代 t_0 ,可得 $f(t)$ 上任一点正负导数分别为

$$f'(t)^+ = \frac{1}{2h}[-3f(t) + 4f(t+h) - f(t+2h)]$$

$$f'(t)^- = -\frac{1}{2h}[-3f(t) + 4f(t-h) - f(t-2h)]$$

设该点转折率 $K = |f'(t)^+ - f'(t)^-|$,
则最大转折点处的 t 坐标是 K 取最大值时对应的 t 值,即

$$t = \operatorname{argmax}_t(k)$$

找出最大转折点后,用其对应的水平线即可实现头肩分离。

2.2.4 人头特征曲线的提取

运动物体的头肩分离后,还要提取人体头部的特征曲线,而该曲线一般相对于最低点左右对称,所以从最低点开始遍历曲线来提取人头曲线。

(1) 选取起始点。找出头肩分离得到的头部图像中曲线的最低点,即为曲线提取的最低点。

(2) 曲线生长的过程。利用提取出来的曲线,根据若干准则,在端点邻域里选取新点加入到原有的曲线中,使曲线生长方向按照需要方向行进,最后提取曲线。

(3) 曲线的删除。使命令从曲线的起始点开始,通过邻域里的邻接关系逐一删除曲线上的点,直到遇到终止条件为止。终止条件是:① 曲线延伸方向斜率为负值时;② 曲线延伸方向上遇到 2 个以上邻点的点时。

2.2.5 目标匹配

在进行目标匹配前,要先建立人头特征曲线模型,为目标的匹配做准备。本文通过对大量的人体头像分析计算后,得出一个与坐标轴有一定旋转角度的椭圆弧形人头特征曲线模型,如图 5 所示。

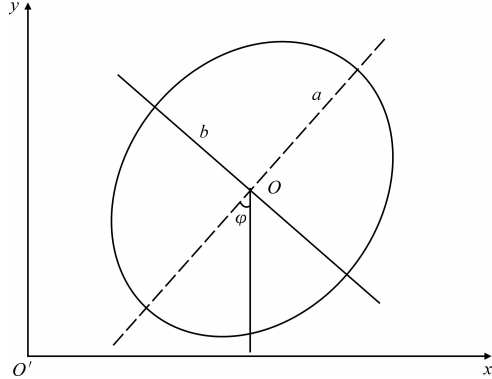


图 5 人头特征曲线模型

该模型重点考虑椭圆弧的前半部分,以摒除发型和衣着的影响。该模型椭圆需确定 4 个参数:椭圆中心 $O(x_0, y_0)$,长轴 a ,短轴 b ,长轴 a 与 y 轴间的夹角 φ 。

椭圆参数确定后,用基于距离的匹配方法对曲线进行最终判别。首先根据已知参数引入一定余量,然后建立一系列椭圆模板,与已经检测出的曲线进行匹配。然而,人头像不是一个完美的椭圆,所以将与模型椭圆平均距离小于阈值的曲线认为是人的头像,选取阈值时要考虑椭圆大小的影响,椭圆越大,匹配的曲线越长,平均距离的要求就越低。由于椭圆模型长短轴的比例较固定,故可认为阈值只与长轴有关,利用该阈值能有效地区分出人头目标与干扰目标,如图 6 所示。

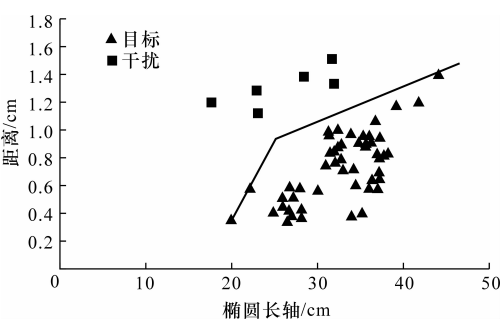


图 6 距离阈值与椭圆长轴之间的关系

综上所述,若图像曲线满足以下条件,即可认为是人头曲线。

(1) 人头的偏向条件: $|\varphi| \leq \varphi_{\max}$,一般可取为 $\varphi_{\max} = 60^\circ$ 。

(2) 人头形状条件: $1.0 \leq a/b \leq 1.3$ 。

(3) 曲线匹配长度大于或等于 $\frac{1}{3}$ 椭圆周长。

(4) 椭圆模板大小条件: $A_{\min} \leq a \leq A_{\max}$,极限值的选取与摄像头安装位置和分辨率有关,此处取 $A_{\min} = 20, A_{\max} = 50$ 。

2.3 运动块质心的获取

确定了运动块的属性(是否是人)之后,需要对这个运动块进行跟踪,以统计出实际客流量信息。为便于跟踪,本文采用模糊 ISODATA 聚类分析方法对运动块图形进行分析,可以获取其中各个人体的中心点^[7-10]。

假设被分类对象的图像信息集合 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n\}$,每个元素有 m 个特征指标,即 $x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}$ 。如果将每一个特征指标都看成一个样本集合 X 上一个模糊子集,则每一种分类都存在着一个矩阵 R

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ r_{c1} & \cdots & r_{cn} \end{bmatrix}$$

其中, r_{ik} 为 \mathbf{R} 矩阵的元素 ($i = 1, 2, \dots, c; k = 1, 2, \dots, n$)。

(1) 给出样本数据的分类项目 ($2 \leq c \leq n$), 并任意设置一个初始化模糊分类矩阵 $\mathbf{R}^{(0)}$, 然后进行逐步迭代。

(2) 对于 $\mathbf{V}^{(L)}$ ($L = 0, 1, 2, \dots$), 计算出聚类中心向量 $\mathbf{V}^{(L)} = [V_1^{(L)}, V_2^{(L)}, \dots, V_c^{(L)}]^T$, 其中 $V_i^{(L)} =$

$$(r_{ik}^{(L)})^q x_k / \sum_{k=1}^n (r_{ik}^{(L)})^q, q \text{ 为常数}。$$

(3) 修正模糊分类矩阵 $\mathbf{R}^{(L)}$ 。

$$r_{ik}^{(L+1)} = 1 / \sum_{j=1}^c (\|x_k - V_i^{(L)}\| / \|x_k - V_j^{(L)}\|)^{\frac{2}{q-1}}$$

(4) 将 $\mathbf{R}^{(L)}$ 与 $\mathbf{R}^{(L+1)}$ 进行比较, 设定一个 $\epsilon > 0$, 若存在 $\max\{|r_{ik}^{(L+1)} - r_{ik}^{(L)}|\} \leq \epsilon$, 则 $\mathbf{R}^{(L+1)}$ 和 $\mathbf{V}^{(L)}$ 就是所求矩阵, 迭代停止; 否则, $L = L + 1$, 跳回步骤 (2) 进行重复处理。

3 结 语

(1) 该系统的图像采集主要是通过通过在公交车前后车门上方安设视频采集摄像头来实现的; 图像处理系统是利用计算机对采集到的视频图像进行处理, 使用运动目标识别技术计算出上下车的人数, 进而统计出公交车人流量。

(2) 运用计算机图像处理技术, 通过对运动图像的分割处理, 得出符合人体特征的头像模块, 再进行人头椭圆曲线的匹配, 从而可以准确地辨别出运动物体是否是人体, 最后通过监测已确认的人体的运动质心是否越过设定的计数线, 确定车载乘客人数。

(3) 试验表明, 系统的计数准确率达到 93.2%, 能够比较准确地统计公交车各时段、各站点人流量的状况, 并能够预防严重超载现象; 另外, 还可以对公交车的出入口进行实时监控。

参考文献:

References:

- [1] 肖 杰, 裴忠才, 徐立新. 运动目标识别与跟踪系统的研究[J]. 微计算机信息, 2007, 23(1): 1-2, 5.
XIAO Jie, PEI Zhong-cai, XU Li-xin. Research on the

recognition and tracking system of moving object[J].

Microcomputer Information, 2007, 23(1): 1-2, 5.

- [2] 杜 峥, 张桂林, 洪靖云. 视频监控系统中的一种运动检测算法[J]. 机械与电子, 2003(6): 45-47.
DU Zheng, ZHANG Gui-lin, HONG Jing-yun. A motion detection algorithm in video surveillance system[J]. Machinery & Electronics, 2003(6): 45-47.
- [3] 翁南衫, 蔡德钧. 视频对象分割与两种面向对象的视频编码器[J]. 电子学报, 2000, 28(10): 106-110.
WENG Nan-shan, CAI De-jun. Video object segmentation and two kinds of object-oriented video coder [J]. Acta Electronica Sinica, 2000, 28(10): 106-110.
- [4] Neri A, Colonnese S, Russo G, et al. Automatic moving object and background separation[J]. Signal Processing, 1998, 66(2): 219-232.
- [5] Danny B Y, Heeter H G B, Lonidas J G. Counting people in crowds with a real-time network of simple image sensors[C]//IEEE Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision. Stanford University, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2003: 122-129.
- [6] 王新春, 王保保. 基于小波神经网络的人脸识别[J]. 微机发展, 2003, 13(6): 27-31.
WANG Xin-chun, WANG Bao-bao. Face recognition based on wavelet neural network[J]. Microcomputer Development, 2003, 13(6): 27-31.
- [7] Granlund G H. Fourier preprocessing for hand print character recognition [J]. IEEE Transactions on Computers, 1972, 21(2): 195-201.
- [8] Fieguth P, Terzopoulos D. Color-based tracking of heads and other mobile objects at video frame rates [C]//IEEE Proceedings of the 1997 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. IEEE Press, 1997: 21-27.
- [9] 谢树煜, 陈 倩, 朱 虹. 实时视频对象识别与计数系统的模型和算法设计[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2001, 41(7): 61-64.
XIE Shu-yu, CHEN Qian, ZHU Hong. Model and algorithm design of real-time object recognizing and counting in video[J]. Journal Tsinghua University: Science and Technology, 2001, 41(7): 61-64.
- [10] 陈 倩. 毛主席纪念堂视频监测系统设计与实现 [D]. 北京: 清华大学, 1997.