

# 公交车乘客流量自动计数的 P2DHMM 技术研究

方成荫<sup>1,2</sup>, 马建文<sup>1</sup>, 陈雪<sup>1</sup>, 温奇<sup>1</sup>, 曾广平<sup>2</sup>

FANG Cheng-yin<sup>1,2</sup>, MA Jian-wen<sup>1</sup>, CHEN Xue<sup>1</sup>, WEN Qi<sup>1</sup>, ZENG Guang-ping<sup>2</sup>

1.中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101

2.北京科技大学, 北京 100083

1.Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy Of Sciences, Beijing 100101, China

2.University of Science and Technology, Beijing 100083, China

E-mail: fcy-klark@163.com

**FANG Cheng-yin, MA Jian-wen, CHEN Xue, et al. Study on P2DHMM method of automatic passenger counting for bus management. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(11): 241-243.**

**Abstract:** In order to content the development of the roboticized and intelligentized bus management, the management of self-service is adopted in many cities in China. But it can't satisfy the request with bus adjusting and programing, so, it is a hot subject to develop a model of automatic passenger counting with high-precision to obtain the reliably daily flux of passengers. The precision of the present system is around 80%. The problem is caused by the crowed passengers when passengers take bus. The general pattern recognition is unable to distinguish sole person. Based on the sufficient research, the author design a project with common digital vidicon and the advanced model of P2DHMM. The result of the simulating experiment confirmed that it has nice capability on recognition, and affords a good foundation for the reality.

**Key words:** bus management; automatic counting system; Pseudo Two Dimensional Hidden Markov Model (P2DHMM)

**摘要:**我国一些大中城市公交车运营管理采用了无人售票的刷卡系统管理,但是自动刷卡系统不能够满足车辆调度、运营规划等公共交通管理的要求,为了获取乘客流量的实际数据,开发高精度自动记数模型成为当前的热点和技术难点。我国现有乘客流量统计系统的精度在80%左右,造成精度问题的主要原因是在乘车高峰时段拥挤的状态背景条件下,一般模式识别算法和模型设计难以准确将单个人体识别和分割出来,为此,在充分调研的基础上,设计了采用普通数码摄像机和模板匹配方案,选择实验了先进的P2DHMM模型,模拟实验结果证实,该方法具有稳定的识别性能,为真实条件下的实验奠定了良好的基础。

**关键词:**公交车运营管理;自动记数系统;伪二维隐马尔可夫模型(P2DHMM)

**文章编号:**1002-8331(2008)11-0241-03 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP391

## 1 引言

公交车客流量自动记数与统计系统是城市智能交通的重要环节,国际上通常采用了侧装对射红外线和顶装光幕红外线技术<sup>[1,2]</sup>。技术系统的基本组件包括客流传感器、客流处理器、门信号开关,以及与GPS系统的接口系统包括客流传感器、客流数据模型、系统抗干扰等,系统要求一般要达到不受衣物材料、不受环境光线、不受季节变化的影响,检测过程总无盲点,精度达到90%以上<sup>[3-5]</sup>。

侧装对射检测方式的统计系统的精度取决于客流是通过状态,如果是有秩序的一个一个人相间通过,精度可以达到100%,但只要稍微发生拥挤状态,精度就迅速下降,一般为30%~70%或更低<sup>[1-3]</sup>。

顶装漫反射光幕检测方式遵循的是黑体的红外辐射规律。人体的散热点出现在面部和胸部,由于客流传感器安装在顶

部,在垂直往下检测时只能检测到人体头顶及肩膀截面,因此热信号比较弱,在单个人次序上车条件下热点容易探测,如果在拥挤条件下或乘客在戴上不同厚度的帽子,探测精度将大打折扣,如YWA-GK公交车客流统计系统精度达到85%<sup>[3-5]</sup>。

在充分调研的基础上,利用普通数码摄像镜头、数据采集系统和GPS系统的方案,在关键的模式识别环节上,采用了模板匹配设计和先进的伪二维隐马尔可夫算法(P2DHMM)模式识别模型,经过单个人上/下车、双人上/下和多人同时上/下车等模拟实验,稳定性和识别率都达到100%,为真实场景条件下的实验奠定了良好的基础。

## 2 P2DHMM 算法简介

P2DHMM是对2DHMM<sup>[6]</sup>进行改造,对水平方向隐Markov模型<sup>[7,8]</sup>提出一些限制,给出一种实用的伪二维隐马尔可夫模型

**基金项目:**国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.40571100);国家高技术研究发展计划(863)(the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2006AA12Z130);中科院创新项目(No.kzcx2-yw-313-3)。

**作者简介:**方成荫(1983-),硕士,研究方向:智能图像处理。

**收稿日期:**2007-08-01 **修回日期:**2007-10-15

(P2DHMM)<sup>[9,10]</sup>, P2DHMM 利用了一维隐 Markov 模型的基本拓扑结构, 将一个完整的一维隐 Markov 模型<sup>[11]</sup>作为一个状态, 形成 P2DHMM 的超状态, 超状态里面的一维隐 Markov 模型的状态是子状态, 每个超状态都是一个一维隐 Markov 模型, 这个一维隐 Markov 模型与标准的一维隐 Markov 模型相似, 所不同的是它的状态数, 状态转移概率矩阵、输出概率矩阵均依赖于它所属的超状态所处的状态。子状态只能在相应的超状态约束下进行跃迁。即不同超状态下的子状态之间不能进行转移, 超状态与子状态之间也不允许跃迁, 但是在超状态之间可以有状态转移。由于这一模型中不同超状态下的子状态之间不能够跃迁, 因而不是真正意义的二维模型, 故被称为 P2DHMM。简单的说, 就是一维隐 Markov 模型的每个状态都用一个一维隐 Markov 模型来代替。P2DHMM 拓扑结构<sup>[12]</sup>如图 1 所示, 每个超状态为一个隐 Markov 模型单向从下到上的拓扑结构, 超状态间转移的拓扑结构为单向左右型。

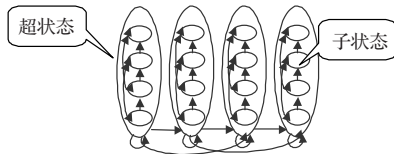


图1 P2DHMM 拓扑结构图

### 3 基于 P2DHMM 拓扑结构的影像匹配算法分析

本文所用的方法是基于 P2DHMM 拓扑结构的影像匹配<sup>[13]</sup>, 具体匹配算法如下所述:

假设, 测试目标影像用  $A=(a_{ij})$  表示, 其中每个像素的位置为:  $(i, j), i=1, \dots, I, j=1, \dots, J$ 。

参考目标影像用  $B=(b_{xy})$  表示, 其中每个像素的位置为:  $i=1, \dots, X, y=1, \dots, Y$ 。

基于 P2DHMM 拓扑结构的测试影像和目标影像之间进行匹配满足的约束为:

$$\begin{aligned} x(1, j) &= y(i, 1) = 1 \\ x(N, j) &= y(i, N) = N \\ 0 &\leq (x_y - x_{i-j}) \leq 2 \\ |x_y - x_{y-1}| &= 0 \\ 0 &\leq (y_y - y_{j-1}) \leq 2 \end{aligned} \quad (1)$$

此约束忽略了相邻的列的像素之间的依赖关系, 相邻列之间的垂直方向的相对位移被忽略, 影像间的映射为列到列的映射, 映射关系满足 P2DHMM 超状态的转移。每列内的像素之间的映射也是满足超状态内的子状态的之间的转移。

超状态之间的转移是从左到右, 子状态之间的转移是从下到上, 跃迁都不超过 2 个像素宽。像素和其相邻的像素之间的关系保持下来, 参考影像的二维变形影像保持了原始影像的结构特征, 如图 2 所示。

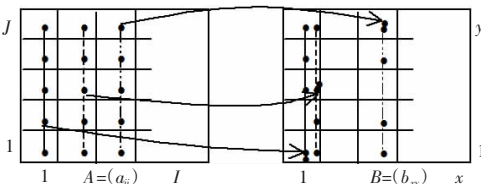


图2 A-参考影像与B-目标影像之间的匹配图

通过基于 P2DHMM 的拓扑结构对两影像进行匹配, 得到

样本 B 二维变形的影像  $B_{(x_{ii}, y_{ii})}^u$ 。A, B 影像之间的距离, 就转化成 A 和  $B_{(x_{ii}, y_{ii})}^u$  之间的距离<sup>[16,17]</sup>。

$$d(A, B) = d'(A, B_{(x_{ii}, y_{ii})}^u) \quad (2)$$

用动态规划算法进行在约束范围内的最优匹配。算法步骤如下:

(1) 初始化

$$g(1, N) = \sum_{j=1}^N |a(1, j) - b(x_{1j}, y_{1j})| \quad (3)$$

(2) 递归

$$g(i, j) = d(i, j) + \min \begin{cases} g(i, j-1) & j \neq 1 \\ g(i-1, N) & j = 1 \end{cases} \quad (4)$$

(3) 结束

$$d(A, B) = d'(A, B_{(x_{ii}, y_{ii})}^u) + \text{ming}(N, N) \quad (5)$$

其中,  $g(i, j)$  表示坐标  $(i, j)$  以前所有像素最优匹配的距离值之和。

算法基于 P2DHMM 拓扑结构的影像匹配的算法的复杂度相对于真正的二维的匹配计算复杂度有很大的提高。如图 2 真正的二维变形像素坐标  $(x_{ij}, y_{ij})$  的位置与像素坐标  $(x_{i-1, j}, y_{ij})$ 、 $(x_{ij}, y_{i-1, j})$  的位置有关。P2DHMM 拓扑结构的匹配是列到列的匹配, 在每列的匹配中, 像素坐标  $(x_{ij}, y_{ij})$  的位置只与  $(x_{ij}, y_{i-1, j})$  的位置有关。而列和列之间的匹配第  $i$  列的位置  $x_i$  只与  $x_{i-1}$  的位置有关, 因此与一维隐马尔可夫模型的计算复杂度相当。

### 4 模拟实验与模式识别标志的建立

实验最先考虑的是摄像头摆放的位置, 为了能很好的采集数据, 得到清楚的监视过程, 将摄像头安装在门顶。垂直往下检测, 摄像头检测的主要是人头和肩膀截面。由于是俯视检测, 人头和肩膀截面不会被拥挤的人群遮挡。摄像头采用普通的光学摄像头。将摄像头所采集到的数据通过模拟数字转换器 ADC 转化成数字信号, 输入到 DSP 中。设定的参考影像的采集, 是在检测开始时摄像头所采集到的信号, 同样存储在 DSP 内存中。实时采集到的测试影像数字信号与参考影像数字信号用 P2DHMM 算法进行取值, 得到一个距离值。其实验流程如图 3。

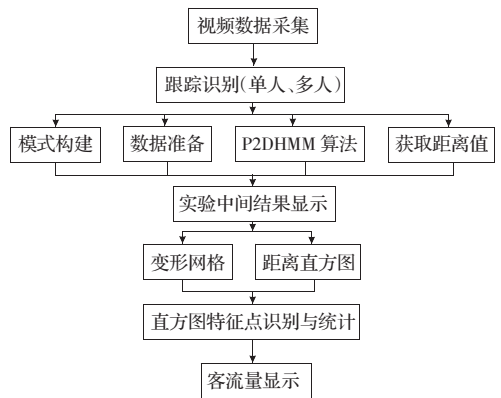


图3 实验流程图

为了能将过程直观的显示出来, 实验结果输出了参考影像的变形网格, 此网格描述了参考影像经过匹配算法像素坐标二维变化情况。因此, 也称位移网格。图 2 的  $B=(b_{xy})$  为开始三列的变形网格。识别图中包括了测试影像、参考影像的二维变形影像及变形网格。

用 P2DHMM 算法所得到的单人结果显示如图 4 所示。

原始测试影像	原始测试影像的二维变形影像	变形网格	参考影像的二维变形影像	距离值
				0
				2.164 390
				6.798 860
				11.833 00
				6.728 280
				2.898 120
				0.305 107

图 4 P2DHMM 算法所得到的单人实验结果显示

通过 P2DHMM 算法得到的距离值形成的直方图,如图 5 所示,峰值代表一个人上车过程。

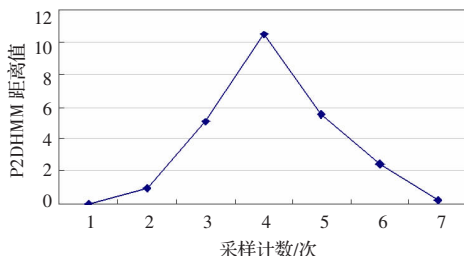


图 5 P2DHMM 距离值形成稳定正态分布

随着人被监视到部分的增加,测试影像与参考影像的差距增加,距离值在增加,形成的曲线会有一个峰值,在一个完整的过程中,一个峰代表经过一个人。

基于 P2DHMM 模型的多人实验结果统计,图 6 P2DHMM 模型距离值形成稳定多峰值曲线,有大峰值的出现是因为前后两人共同进入模板时共同影响的结果;

图 7 P2DHMM 距离值形成稳定多峰值曲线,有大峰值的出现是因为前后两人共同进入模板时共同影响的结果;

在获取了稳定多峰值曲线的基础上实验了和建立了模式识别算法。

通过图 6 和图 7 实验结果建立多人上车的 P2DHMM 模型

判别标志。多次实验,最终采用了计算“峰”个数的方法来计算多少乘客上车。根据数组的性质,由曲线可以看出,当一个值的相邻前后的值都小于自己时称为一个“峰”。计算峰值的时间复杂度不高,对整个系统没有造成资源浪费。实验结果也表明,这种方法是可行的。

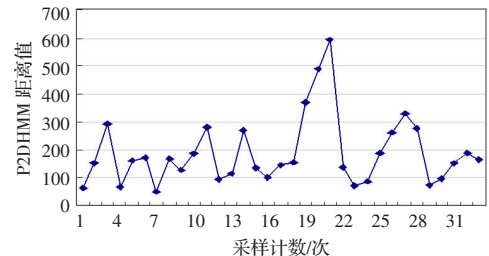


图 6 P2DHMM 距离值形成稳定多峰值曲线

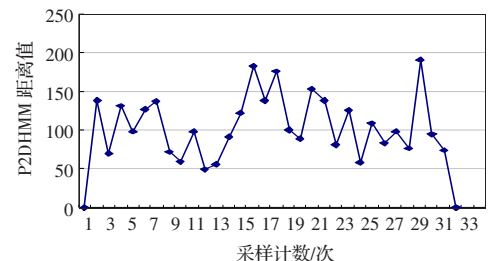


图 7 多人拥挤过程的稳定多峰值曲线

## 5 结论

随着我国城市公交车自动化智能化管理发展的新要求,车辆调度、运营规划都需要运营过程乘客流量的实际数据的支持,开发高精度自动记数模型成为当前研究的热点问题。我国现有乘客流量统计系统的精度难以达到要求,造成精度问题的主要原因是在乘车高峰时段拥挤的状态背景条件下,一般模式识别设计和模型很难准确将单个人体分割和识别出来,为此,我们在充分调研的基础上,设计了利用普通数码摄像机和模板匹配方案,选择和实验了先进的 P2DHMM 模型,模拟实验结果证实,方法具有稳定的识别性能,识别率达到 100%,为真实条件下的实验奠定了良好的基础。

## 参考文献:

- [1] Reuter L G, Spencer B R. Passenger counting and service monitoring; a worldwide survey of transportation agency practices [R]. New York: New York City Transit, 2003.
- [2] Boyle D K. Passenger counting technologies and procedures [R]. Washington D C: National Academy Press, 1998.
- [3] 李苗, 刘卫宁, 孙棣华. 一种适于公交乘客计数的自适应背景更新算法. 计算机工程与应用[J]. 2006, 42(36): 216-218.
- [4] 沈惠平, 范启富. 基于神经网络的红外自动乘客计数方法研究[J]. 控制工程, 2007, 14(1): 62-65.
- [5] Sun Di-bua, Zhao Min. Automatic passenger counting based on multi-object recognition using dynamic images [C]// International Conference on Mechanic and Information Technology, 2005.
- [6] Krogh G E, Chou P A. Document image decoding using Markov source models [J]. IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1994, 16(6).
- [7] Baum L E, Petrie T. Statistical inference for probabilistic functions