

学校编码：10384

分类号_____密级_____

学号：200230022

UDC _____

学 位 论 文

基于数字图像处理的人数统计方法 及其应用研究

People Counting Method Based on Digital Image
Processing and Its Application

李海洋

指导教师姓名：张建中 教授

申请学位级别：工学硕士

专 业 名 称：通信与信息系统

论文提交日期：2005 年 4 月

论文答辩时间：

学位授予单位：厦 门 大 学

学位授予日期：

答辩委员会主席：_____

评 阅 人：_____

2005 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

随着我国人口的不断增长,城市化步伐的不断加快,人数统计在公共安全和商业、交通、旅游等各项事业的有序发展中显得越来越重要。自动化的人数统计方法因为可以全天候地运行且可实时地提供突发情报而备受青睐。计算机视觉和图像处理技术的发展客观上使得这种应用更加简单、有效。

基于图像处理的人数统计方法,在国内很少发现,而国外则主要采用立体摄像机、多摄像机获取图像,工作站进行处理的方式,采用的计数方法为跟踪法,采样频率较高,一般为每秒 30 帧。文中提出了一种新的人数统计方法,该方法满足实时性、有效性要求,且可较好地排除环境的干扰。本文的创新点之一就是采用了非跟踪法代替跟踪法。每秒中只需采样 3 至 4 帧,甚至更少,获取图像的方式为单摄像头,处理数据可采用普通 pc 机,从而大大降低了成本,使得人数统计有望从实验室转移到实际应用领域。本文的创新点之二是可以根据不同的应用场合,灵活地选取计数方法。如车辆上计数,摄像头不一定与车顶垂直放置,这样就会造成上、下车乘客的相互遮挡,故本文采取的策略是对于同一人只在开始的两帧间计数,同时要求头发区域要大于某个阈值,即距离要足够地近才能计数,这就有效地防止了重复计数现象的发生。本文的创新点之三是在阈值分割时采用了自适应阈值和高阈值分割加局部区域搜索策略。自适应阈值的选取有利于克服光线太亮或太暗的影响,可以有效地适应太阳光照射和夜晚的情形。而高阈值分割加局部区域搜索策略则首先找到肯定是头发的区域(当然与头发灰度相同的衣服也包括在内),然后在局部区域搜索肤色区域,从而目标搜索更加准确,也可以排除黑色物体的干扰。本文的创新点之四是使用了模糊推理。因

为由肤色百分比和平均灰度值信息判断人物进入还是离开某区域本来就是一个不确定的问题，此时用模糊推理和模糊判别处理比较适合，同时，该应用中每隔几秒才拍一帧，所以模糊处理时间上也满足条件。

全文共分六章：第一章阐述了人数统计的意义和研究进展情况；第二章介绍了图像处理的基本概念、原理；第三章介绍了本文所涉及到的数学形态学运算和模糊推理的有关理论；第四、五章分别对灰度和彩色视频图像的处理和人数统计方法进行研究；第六章对上述的内容进行总结，同时提出了改进意见。

关键词：图像处理；非跟踪法；人数统计；模糊推理

Abstract

With the constant growth of the population of our country and the constant quickening of the urbanization pace, people counting is more and more important to public safety and the ordered development of every undertaking such as commerce, traffic, tourism. The automatic method of people counting is favored for it can be operated all-weather to offer the sudden happening information real-timely. The development of computer vision and the image processing technique makes this kind of application simpler and more effective objectively.

People counting methods based on the image processing technique are founded rarely in domestic journals. While in overseas the images are mainly gotten by the stereo camera or many cameras and are processed with the workstation. The tracking method is the common one of people counting. Thus sampling frequency is too high, generally 30 frames per second. In the article, we put forward a new method of people counting, which can meet the requirement of real time and validity and get rid of the interference from the surrounding environment better. The first characteristic of the article is to replace the tracking method with non-tracking one. Only 3 to 4 frames are sampled per second or even less. The way to obtain images is the single camera, and the image data can be dealt with in an ordinary personal computer. So the cost is cut down greatly, and it is hopeful to make people counting from the laboratory to the real application fields. The second characteristic of the article is to be able to choose the method of counting in a flexible way according to different application occasion. For example, people counting on the bus, it is uncertain whether the lens and the roof of the bus are vertical or not. In this way, the passengers who get on or off may overlap each other, which leads to the difficulty of counting. So the tactic adopted in the article is to count only between the first two frames to the same people. At the same time, it is required that the number of the pixels in the hair area must be greater than a certain threshold, i.e. the distance is near enough. By this means, the phenomenon of repeated counting can be prevented effectively. The third characteristic of the article

is to introduce the schemes of the adaptive threshold segmentation and higher threshold segmentation plus the local area search. It is helpful for the choice of adaptive threshold to overcome the influence of too bright or too dark light, especially in the sunny day or at night. In the other scheme, find the assured area of the hair (certainly the clothes which have the same as gray level of hair are included, too). Then search for the complexion area in the local area, thus the searched goals are more accurate, and the interference of the black objects can be gotten rid of. The fourth characteristic of the article is the use of the fuzzy reasoning. Judging someone's entering or leaving some place is actually an uncertain problem by the complexion percentage and average gray level information. At this moment, it is relatively suitable to use fuzzy reasoning and fuzzy judging to deal with it. Besides, in the application we need only get one frame several seconds, so the time is allowed.

The article is organized as following.

Chapter 1 explains the meaning of people counting and research process. Chapter 2 introduces the elementary conceptions and principles of image processing. Chapter 3 introduces the relevant theories of mathematics morphology operation and fuzzy reasoning referred to in the article. Chapter 4 and 5 make researches on the methods of people counting based on the gray level and colored video image processing respectively. Chapter 6 summarizes the above-mentioned contents, put forward the suggestion of improving at the same time.

Key Words: Image Processing; Non-tracking; People Counting; Fuzzy Reasoning.

目 录

第一章 引言

1.1 课题的提出和意义	1
1.2 本文研究内容	3
1.3 论文结构安排	4

第二章 图像处理理论

2.1 图像增强

2.1.1 概述	6
2.1.2 灰度值修正	7
2.1.3 伪彩色处理	14

2.2 图像平滑

2.2.1 概述	15
2.2.2 图像平滑方法	16

2.3 图像分割

2.3.1 概述	23
2.3.2 图像分割方法	23

2.4 图像的几何特征	27
-------------------	----

第三章 数学形态学和模糊逻辑的原理

3.1 数学形态学原理

3.1.1 概述	28
3.1.2 形态学基本运算	30
3.1.3 结构元素	37

3.2 模糊逻辑原理

3.2.1 模糊集	38
3.2.2 隶属度函数	38
3.2.3 模糊逻辑运算	39
3.2.4 模糊推理	39

第四章 基于灰度视频图像的人数统计

4.1 方法原理与程序流程图	42
4.2 车辆上人数统计	
4.2.1 处理与计数	46
4.2.2 实际处理例子	48
4.3 走廊人数统计	
4.3.1 处理与计数	51
4.3.2 实际处理例子	55

第五章 基于彩色视频图像的人数统计

5.1 方法原理与程序流程图	59
5.2 交通路口人数统计	
5.2.1 处理与计数	61
5.2.2 实际处理例子	63
5.3 小区监视与人数统计	
5.3.1 处理与计数	65
5.3.2 实际处理例子	70

第六章 结论与建议	73
------------------------	-----------

参考文献	75
-------------------	-----------

致谢	78
-----------------	-----------

Table of Contents

Chapter 1 Foreword

1.1 Putting forward the subject and its significance	1
1.2 Contents in the article	3
1.3 Structure of the article	4

Chapter 2 The theory of image processing

2.1 Image enhancement

2.1.1 Summary	6
2.1.2 Gray-scale modification	7
2.1.3 Pseudo-color processing	14

2.2 Image smoothness

2.2.1 Summary	15
2.2.2 The methods of image smoothness	16

2.3 Image segmentation

2.3.1 Summary	23
2.3.2 The methods of image segmentation	23

2.4 The geometry characteristics of image

27

Chapter 3 The theory of mathematics morphology and fuzzy logic

3.1 The theory of mathematics morphology

3.1.1 Summary	28
3.1.2 Elementary morphological operations	30
3.1.3 Structuring element	37

3.2 The theory of fuzzy logic	
3.2.1 Fuzzy set	38
3.2.2 Membership functions	38
3.2.3 Operations of fuzzy logic	39
3.2.4 Fuzzy reasoning	39
Chapter 4 People counting based on gray video image	
4.1 Method and theory, flow charts	42
4.2 People counting on the bus	
4.2.1 Special processing and counting	46
4.2.2 Demonstration of the actual processing course	48
4.3 People counting in the corridor	
4.3.1 Special processing and counting	51
4.3.2 Demonstration of the actual processing course	55
Chapter 5 People counting based on color video image	
5.1 Method and theory, flow charts	59
5.2 People counting at the traffic crossing	
5.2.1 Special processing and counting	61
5.2.2 Demonstration of the actual processing course	63
5.3 The district monitoring and people counting	
5.3.1 Special processing and counting	65
5.3.2 Demonstration of the actual processing course	70
Chapter 6 Conclusion and suggestion	73
References	75
Acknowledgement	78

第一章 引言

1.1 课题的提出和意义

随着社会的不断发展，城市化步伐的不断加快，城市的工作、生活显得越来越无序，表现在多个方面。如在交通方面，红绿灯的控制往往采用定时制，而实际上有时行人量较大，可能会占用红灯的时间，从而给人员的安全带来隐患。与此相反，有时（如深夜），可能行人很少或没有，这时车辆停的时间较长，影响了效率。公交车的调度也存在同样的问题。在商业方面，如何在人员雇佣和货物储备上达到优化，以期获得最大的利润一直是企业老板的追求，而这种希冀往往因为对顾客流量的估计错误而成为泡影。在旅游方面，特别是黄金周期间，游客的抱怨不绝于耳，有很大一部分是接待的旅行社对人员的情况预测有误造成的，例如突发性的游客群。尤其对于我们这样一个拥有 13 亿多人口的大国来说，上述问题尤为严重。

针对以上问题，人数统计的重要性被提出，而传统的方法是利用人工计数或人工电子设备触发计数，随着信息化时代的到来，发展一种自动化的人数统计方法显得十分必要。通常采用的自动化人数统计方法主要有红外检测法、密度检测法以及图像处理法。红外检测法是一种较精确的方法，当人通过时遮住了红外射线，从而完成一次脉冲计数，但对于较多的人同时通过的场合，则显得无能为力，同时安装起来比较复杂，应用场合也受到一定的限制；而密度检测法是一种大范围的粗略检测法，根据密度分布来估算人数。

计算机视觉和图像处理技术的飞速发展，使得图像处理法在此领域

的应用成为可能，但此项研究在我国开展得较少，而国外的研究方法主要有以下几种：

①. Terada 和 Yoshida 采用立体摄像机，通过左右眼获得的时空图像来实现人数统计。首先用较复杂的几何关系算法实现三维数据处理，然后将相邻两帧图像差减获得人物的运动方向，最后通过时空图获取人物特征（身高）并结合方向信息实现人数统计^[1]。

②. Beymer 也是采用立体摄像机，不同的是它只对某一块感兴趣的区域进行检测，通常可以设在双层门里，首先将感兴趣区域的扭曲校正，然后进行轨迹跟踪，用高斯混合模型表示跟踪个体的状态，用 Kalman 滤波器表示个体的位置，并在跟踪结束后对情况分类，决定是否计数^[2]。

③. Kettner 和 Zabih 采用多个视野范围不重叠的摄像机，利用各摄像机所摄内容的相关性（如衣服的颜色）以及轨迹跟踪的时间帧关系实现同一个人的识别，进而完成人数统计功能^[3]。

④. Schofield 和 Stonham 采用单个摄像机、基于随机存取存储器（RAM）神经网络的方法实现人数统计。首先进行图像预处理，将原图像转换为适合神经网络处理的形式，然后使用 RAM 神经网络区分背景与物体，赋予两者不同的分值，最后根据分值和欧式距离与各自阈值的关系确定人数是否加 1^[4]。

可见国外的研究方法虽多，但多基于轨迹跟踪方法，此种方法由于要求采样频率必须较大，所以处理速度要求较高，常用工作站处理。即便是用神经网络方法，其训练和分值的制定也是十分复杂的，同时阈值还与人数的多寡有关，这使得合适的阈值制定比较困难。故本文力图找到切实可行的方法既能够满足较高的实时性要求，又可以采用现有的普通 pc 机来处理图像数据，而首当其冲就要降低采样频率，即用非跟踪法代替轨迹跟踪方法。

1.2 本文研究内容

本文研究了基于灰度和彩色视频图像的人数统计方法，并以实例加以说明，处理结果表明，文中提出的方法既可以满足实时性、有效性的要求，又可以较好地排除环境的干扰。

在论文中提出了四种替代方法，这几种方法不再使用轨迹跟踪策略，极大地降低了对采样频率的要求，其中，灰度、彩色视频图像处理方法各有两种。在第一种方法中，采用灰度值提取出头发区域，同时设置适当的像素阈值对真正的头部区域加以判断，为了避免光线较暗或者较亮时固定阈值的不适应性，本文采用了自适应阈值选取方法，并在计数中设置标志位，对于相同人只在刚刚出现的两帧计数加 1，其余不予考虑，对于静止的人设置静止标志位，通过相邻两帧差减判断。此种方法适用于车辆上人数的统计。在第二种方法中，首先将差减图中的最大灰度值和阈值相比，看是否为噪声干扰，如果不全为干扰，对差减图像同样进行自适应阈值选取，并记录质心的位置，通过初始方向标志位、方向改变标志位和当前所处位置来判断刚刚出现、刚刚消失和仍在图像中的多种情况计数。此种方法适合于走廊、公园、商场等人数统计中。前两种方法皆为基于灰度视频图像处理。在第三种方法中，首先确定头发区，然后在头发区附近的局部区域搜索肤色区并标记对象，当连通体的像素值大于某一阈值时则认为人的头部并计数。该方法适用于交叉路口的人数统计以实现智能化红绿灯时间控制等场合。第四种方法适用于特定区域的监视，首先确定监视区范围，之外置为 0，然后使用形态学运算将差减后离散的相邻的部分连在一起以确定人数，并在未进行形态学运算的差减图像中找到头顶、头宽，同时确定肤色、头发像素的百分比及头部中央的灰度平均值，以肤色所占百分比和灰度平均值为模糊

推理的前件进行模糊决策。后两种方法皆为基于彩色视频图像处理。

与原有的基于图像处理的人数统计方法相比,本文的创新之处主要有如下四点。其一,采用了非跟踪法,每秒只需采样 3 至 4 帧,甚至更少,获取图像的方式为单摄像头,处理数据可使用普通 pc 机,从而大大降低了成本。其二,可根据应用场合的不同,灵活地选取四种计数方法中的一种。其三,在阈值分割时采用了自适应阈值和高阈值分割加局部区域搜索策略,从而有效地克服了光线变化的影响,使得目标搜索更加准确。其四,模糊推理的使用,考虑到由肤色百分比和平均灰度值信息判断人物进入还是离开本来就是一个不确定的问题,此时用模糊推理和模糊判别来处理比较适合,而且时间上也可以满足条件。

1.3 论文结构安排

考虑到该方法是以图像处理为基础的,故在论文中首先将对图像增强、平滑、分割、图像的几何特征等相关概念、原理、特点进行介绍。由于本文中还应用了数学形态学滤波和模糊逻辑方法决策,所以接下来又对数学形态学结构和基本运算以及模糊集、模糊推理的基本概念和原理进行阐述。针对当前的轨迹跟踪方法,本文提出了四种代替方法,它们分别基于灰度和彩色视频图像处理。

具体论文结构安排如下:

第一章. 引言。提出了人数统计的课题,并阐述了研究其的意义以及国外的发展动态、本文的解决方案,同时介绍了论文的结构安排。

第二章. 图像处理方法。第一节将对图像的增强,包括灰度值修正、图像的锐化、伪彩色处理以及图像的几何校正进行阐述;第二节分析了图像平滑的各种方法,如邻域平均法、中值滤波法等;第三节介绍了图像分割的一些方法,如灰度阈值法、边缘检测法和区域分割法等;第四

节描述了图像的一些几何特征，包括位置、面积和距离等。

第三章. 数学形态学和模糊逻辑的原理。第一节对数学形态学的基本概念和操作包括腐蚀、膨胀、开闭运算以及结构元素加以介绍；第二节将阐述与模糊逻辑相关联的一些概念，原理，如模糊集、隶属度函数、模糊逻辑运算及模糊推理等。

第四章. 基于灰度视频图像的人数统计。本文以车辆和走廊的应用为例，并用实际的图像加以说明。

第五章. 基于彩色视频图像的人数统计。论文以交通路口和小区监视为例，并用图像加以仿真说明。

第六章. 结论与建议。对上述的内容进行总结，同时提出改进意见。

第二章 图像处理方法

2.1 图像增强

2.1.1 概述

1. 图像增强含义

在图像的形成、传输或变换的过程中，由于受多种因素的影响，如光学系统失真、系统噪声、曝光不足或过量、相对运动等，图像往往与原始景物之间或图像与原始图像之间产生某种差异。这种差异称为降质或退化。降质或退化的图像通常模糊不清，使人观察起来不满意，或者使机器从中提取的信息减少甚至错误。图像增强的目的就是采用一系列技术去改善图像的效果或将图像转换成一种更适合于人或机器进行分析处理的形式。

2. 图像增强方法概述

图像增强方法主要包括灰度值修正、图像锐化、伪彩色处理和图像的几何校正。

- 灰度值修正包括灰度变换法和直方图修正法。一般成像系统只具有一定的亮度响应范围，亮度的最大值与最小值之比称为对比度，由于成像系统的限制，常出现对比度不足的弊病，使人眼观看图像时视觉效果很差，而采用灰度变换法可以大大改善人的视觉效果。当然利用图像灰度直方图，可以直观地看出图像中像素亮度分布情况，通过直方图均衡化、规定化处理也可对图像的质量进行调整。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库