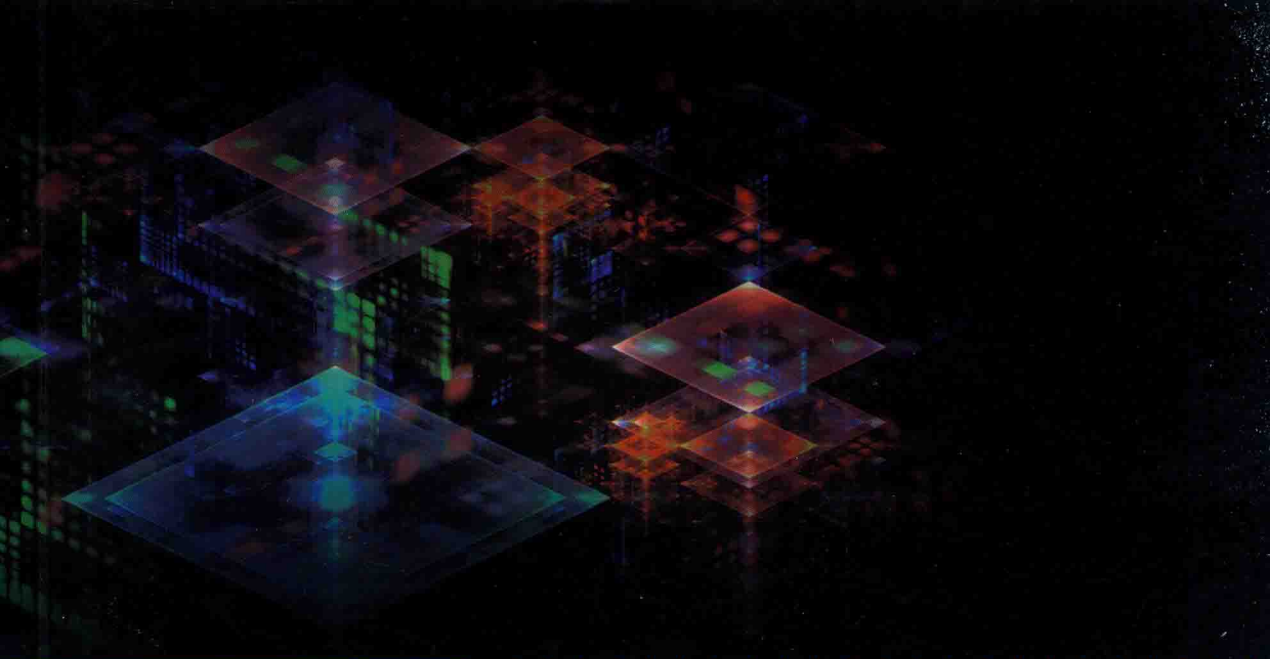




+++++

Object Analysis Technology In Image Sequences

序列图像中的目标分析技术

李子印 孙志海◎著

+++++



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

TP391.2
285

序列图像中的目标分析技术

李子印 孙志海 著



電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是作者在参考国内外大量学术论文和专著的基础上,结合作者多年的研究成果编写而成的。本书以序列图像中目标分析技术的基本处理过程为主线,对序列图像中目标分析技术的基本概念、研究进展、理论基础和经典方法进行了比较详细的介绍和讨论,并详细讲解了作者的研究成果。其内容主要包括序列图像中运动目标的检测、定位、运动估计、跟踪和识别技术。

本书可供信号与信息处理、电子技术、计算机技术、网络和通信工程等相关专业高年级本科生和研究生使用,也可作为从事图像处理、机器视觉和模式识别等领域的研究和开发技术人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

序列图像中的目标分析技术/李子印,孙志海著. —北京:电子工业出版社,2016.8

ISBN 978-7-121-29763-2

I. ①序… II. ①李… ②孙… III. ①计算机视觉—目标检测 IV. ①TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第202663号

责任编辑:徐蔷薇

特约编辑:王纲

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

装 订:北京季蜂印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

开 本:720×1000 1/16 印张:15.5 字数:313千字

版 次:2016年8月第1版

印 次:2016年8月第1次印刷

定 价:59.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至zltts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: xuqw@phei.com.cn。

前 言

随着视频监控系统的广泛应用, 监控规模和数据量迅速增长, 普通监控系统的技术和人力成本的提高已经很难保证监控的及时性和有效性, 智能视频监控系统已经成为大势所趋。但是, 作为图像处理、模式识别和数据挖掘等学科的交叉融合, 智能视频监控技术面临的实际应用场景复杂, 应用需求多样化, 技术实现难度大, 目前仍处于探索发展阶段。

智能视频监控系统是能够自动对视频信号进行处理、分析和理解, 通过对序列图像进行目标检测、定位、跟踪和识别, 分析和判断目标的行为, 能在异常情况时发出警报或提供有用信息的视频监控系统。智能视频监控系统的关键技术主要包括图像预处理、视频编解码、目标检测、目标定位、目标跟踪和模式识别等。

本书是作者在参考国内外大量学术论文和专著的基础上, 结合作者多年的研究成果编写而成的。本书以序列图像中目标分析技术的基本过程为主线, 系统地介绍了目标分析的基本理论, 详细讲解了作者的研究成果。

本书可供信号与信息处理、电子技术、计算机技术、网络和通信工程等相关专业高年级本科生和研究生使用, 也可作为从事图像处理、机器视觉和模式识别等领域的研究和开发技术人员的参考书。

全书分为五大部分, 第一部分为绪论, 在第 1 章对序列图像中目标分析技术的研究背景和意义进行了介绍, 总结了国内外的相关研究现状。第二部分为运动目标的检测, 其中第 2 章提出了一种基于积累差异背景建模的视频运动目标检测方法, 第 3 章提出了一种差分背景融合建模的运动目标检测方法, 第 4 章提出了一种融合 Knockout 抠图技术的视频运动目标检测方法, 第 5 章提出了一种基于网格区域划分的视频运动目标检测方法。第三部分为运动目标的定位, 其中第 6 章提出了一种基于减法聚类算法的视频运动目标定位技术, 第 7 章提出了一种视频目标定位的减法聚类改进算法, 第 8 章提出了一种非参数核密度估计视频目标空域定位算法, 第 9 章提出了一种基于 Nyström 密度值逼近的减法聚类算法。第四部分为运动目标的运动估计, 其中第 10 章提出了一种基于运动场预测的六边形块运动估计算法, 第 11 章提出了一种基于运动信息自适应的快速运动估计算法, 第 12 章提出了一种快速高效的部分失真块运动估计搜索算法。第五部分为运动目标的跟踪与识别, 其中第 13 章提出了一种基于图像感知哈希技术的运动目标跟踪技术, 第 14 章提出了一种遮挡情况下的运动目标跟踪技术, 第 15 章介绍了智

能视频监控系统中典型的异常行为分析技术，第 16 章进行了总结与展望。

在本书编写过程中，得到了两位作者的单位中国计量大学和杭州电子科技大学的很多领导、同事的鼓励和帮助，在此一并表示衷心感谢。本书参考了国内外许多专家和研究人员的研究成果，引用了其中观点、数据与结论，在此表示诚挚的谢意。另外，还要特别感谢电子工业出版社责任编辑徐蔷薇对本书的顺利出版付出的努力与劳动。

由于作者水平有限，加之时间紧迫，书中不妥与疏漏之处在所难免，敬请各位专家、学者和读者批评指正。

李子印

2016 年 5 月于中国计量大学

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 视频运动目标检测研究现状	3
1.2.1 背景差法	4
1.2.2 邻帧差法	5
1.2.3 光流法	5
1.3 视频运动目标定位研究现状	6
1.4 视频运动估计研究现状	7
1.5 视频运动目标跟踪研究现状	8
1.6 本书的内容及章节安排	10
1.6.1 本书的内容	10
1.6.2 本书的章节安排	11
1.7 本章小结	13
参考文献	13
第 2 章 基于积累差异背景建模的视频运动目标检测	21
2.1 引言	21
2.2 基于积累差异的背景建模	23
2.2.1 积累差异	23
2.2.2 积累差异背景建模	23
2.3 Otsu 自适应阈值化及目标轮廓提取	25
2.3.1 Otsu 阈值化算法	25
2.3.2 改进的 Otsu 阈值化算法	26
2.3.3 目标轮廓提取	27
2.4 两步区域生长目标连通区域标记	27
2.5 目标质心关联	28
2.5.1 质心标记	28
2.5.2 质心关联	28
2.6 监控场合行人及运动车辆检测实验	29
2.6.1 积累差异背景建模及运动目标检测	29

2.6.2 运动目标轮廓提取及质心关联	31
2.7 夜间运动车辆检测实验	32
2.8 语义视频运动目标检测实验	36
2.8.1 颜色空间及肤色模型	36
2.8.2 实验效果及分析	38
2.9 积累差异背景建模与 GMM 背景建模的比较实验	40
2.10 本章小结	43
参考文献	43
第 3 章 基于差分背景融合建模的运动目标检测	46
3.1 引言	46
3.2 算法基本思想	46
3.3 背景模型的建立	47
3.4 自适应背景更新策略	48
3.5 实验效果与分析	50
3.6 本章小结	54
参考文献	55
第 4 章 融合 Knockout 抠图技术的视频运动目标检测	56
4.1 引言	56
4.2 抠图技术简介	56
4.3 视频运动目标区域初步检测	58
4.4 Knockout 视频运动目标检测	58
4.4.1 Knockout 技术	58
4.4.2 透明度计算	59
4.4.3 自动区域标记	60
4.5 实验效果及分析	61
4.6 本章小结	62
参考文献	63
第 5 章 基于网格区域划分的视频运动目标检测	64
5.1 引言	64
5.2 算法设计	64
5.3 积累差异背景建模及运动检测	65
5.4 网格区域划分	65
5.5 实验测试及分析	67

5.5.1 空域连通性差时的检测情况	68
5.5.2 网格区域划分前后检测效果比较	69
5.5.3 与 GMM 法检测效果的比较	71
5.5.4 阈值 T_g 对检测效果的影响	72
5.5.5 网格大小对检测效果影响的讨论	73
5.6 不同检测方法的分析及比较	75
5.6.1 检测效果对比	75
5.6.2 计算复杂度分析	77
5.6.3 算法实用性说明	77
5.7 本章小结	78
参考文献	78
第 6 章 基于减法聚类算法的视频运动目标定位	79
6.1 引言	79
6.2 山峰聚类算法	80
6.3 减法聚类算法	82
6.4 减法聚类目标定位	83
6.5 减法聚类目标定位实验	84
6.5.1 减法聚类目标定位过程	84
6.5.2 与区域生长目标定位的比较	85
6.5.3 减法聚类定位的抗噪性实验	87
6.6 椭圆域减法聚类目标定位	88
6.6.1 椭圆域减法聚类算法	88
6.6.2 椭圆域减法聚类目标定位实验	89
6.7 椭圆域减法聚类定位应用举例	93
6.8 本章小结	95
参考文献	96
第 7 章 视频目标定位的减法聚类改进算法	97
7.1 引言	97
7.2 减法聚类目标定位	98
7.3 算法优化	99
7.3.1 考虑不同维度的邻域半径	100
7.3.2 引入下采样技术	100
7.3.3 选择合适的密度值函数	101
7.3.4 构造网格重定义数据集	103

7.3.5 模糊隶属度前景像素聚类	105
7.3.6 修正目标邻域半径取值	105
7.3.7 确定视频运动目标尺度和方向	106
7.4 实验效果及分析	107
7.4.1 减法聚类算法视频目标定位过程	108
7.4.2 有效邻域半径对定位结果的影响	109
7.4.3 下采样定位效果	109
7.4.4 不同密度函数的定位情况	110
7.4.5 模糊隶属度前景像素归类实验	111
7.4.6 目标尺度和方向参数确定实验	111
7.5 本章小结	115
参考文献	115
第 8 章 非参数核密度估计视频目标空域定位	117
8.1 引言	117
8.2 非参数核密度估计	118
8.3 非参数核密度估计视频目标空域定位	119
8.4 实验结果与分析	120
8.4.1 定位过程分析	120
8.4.2 不同核函数定位效果分析	122
8.4.3 不同定位算法效果比较	123
8.4.4 带宽对定位的影响	124
8.5 结论	125
参考文献	126
第 9 章 基于 Nyström 密度值逼近的减法聚类	127
9.1 引言	127
9.2 考虑不同维度邻域的减法聚类	129
9.3 Nyström 样本密度值逼近	129
9.3.1 Nyström 样本相关系数加权	130
9.3.2 减法聚类样本密度值逼近	131
9.3.3 Nyström 减法聚类小结	132
9.4 实验结果和分析	133
9.4.1 人工数据实验	133
9.4.2 彩色图像聚类实验	138
9.4.3 UCI 数据集聚类实验	140



9.5 结论	141
参考文献	141
第 10 章 基于运动场预测的六边形块运动估计	143
10.1 引言	143
10.2 经典快速块运动估计搜索算法	144
10.2.1 MPEG—4 校验模型采用的菱形搜索算法 (DS)	144
10.2.2 PMVFAST 算法	144
10.3 PMVHEXBS 算法	146
10.3.1 运动估计算法中的搜索模式	146
10.3.2 本章算法搜索模式的选择	147
10.3.3 视频序列中运动的时空相关性	149
10.3.4 初始搜索点的确定	150
10.3.5 “足够好就停止搜索”思想的应用	151
10.3.6 改进的部分失真准则 (MPDC)	152
10.3.7 PMVHEXBS 算法的步骤	153
10.3.8 本章算法分析	154
10.4 实验结果	156
10.5 本章小结	160
参考文献	161
第 11 章 基于运动信息自适应的快速运动估计	163
11.1 引言	163
11.2 UMHexagonS 算法介绍	164
11.3 运动信息自适应的快速运动估计算法	165
11.3.1 块尺寸自适应的动态搜索窗的计算	165
11.3.2 运动类型自适应的搜索方案选择	166
11.3.3 带方向的十字型搜索	166
11.3.4 自适应的矩形—菱形搜索	167
11.3.5 运动方向自适应的多层次八边形区域搜索	168
11.3.6 块尺寸自适应的六边形搜索	168
11.4 实验仿真与分析	169
11.5 结束语	171
参考文献	172

第 12 章 快速高效的部分失真块运动估计搜索算法	174
12.1 引言	174
12.2 经典的部分失真块运动估计算法	175
12.2.1 NPDS 算法	175
12.2.2 PPDS 算法	175
12.3 PMVPDS 算法	176
12.3.1 可调的部分失真准则 (APDC)	176
12.3.2 运动矢量的分布特性分析	177
12.3.3 运动场预测技术	179
12.3.4 中途停止技术	181
12.3.5 PMVPDS 算法步骤	182
12.4 实验结果	182
12.5 本章小结	186
参考文献	187
第 13 章 基于图像感知哈希技术的运动目标跟踪	188
13.1 引言	188
13.2 复杂场景中运动目标跟踪的难点	189
13.3 基于图像感知哈希技术的运动目标跟踪算法	190
13.3.1 图像感知哈希技术	190
13.3.2 目标模板哈希值的生成	191
13.3.3 哈希值的匹配	192
13.3.4 目标模板的自适应更新	192
13.4 跟踪过程中的问题解决	194
13.4.1 目标的区域搜索及匹配	194
13.4.2 区域目标新进与出离	194
13.4.3 目标尺度变化及遮挡	195
13.5 实现效果与分析	195
13.6 本章小结	198
参考文献	199
第 14 章 遮挡情况下的运动目标跟踪	200
14.1 引言	200
14.2 完全遮挡下的跟踪	201
14.2.1 目标完全遮挡时的目标搜索方法	201

14.2.2 自适应步长选择的 NCC 图像匹配算法	202
14.2.3 目标完全遮挡跟踪流程	210
14.3 实验效果及分析	212
14.4 本章小结	214
参考文献	214
第 15 章 智能视频监控系统中的异常行为分析	216
15.1 引言	216
15.2 区域划定与人体特征提取	217
15.2.1 检测区域设定	217
15.2.2 运动人体标识	218
15.2.3 目标运动特征提取	220
15.3 基于目标团块和运动轨迹的行为判定	221
15.3.1 目标团块分析法	221
15.3.2 运动目标轨迹分析法	221
15.3.3 异常行为规则设定	223
15.4 常见异常检测实验效果及分析	225
15.4.1 区域入侵检测	225
15.4.2 人体跌倒检测	226
15.4.3 遗留物检测	226
15.4.4 区域徘徊检测	227
15.5 本章小结	228
参考文献	228
第 16 章 总结与展望	230
16.1 总结	230
16.2 展望	232

第1章 绪 论

1.1 研究背景及意义

人类感知外界的信息，80%以上是通过视觉得到的。让机器具有视觉是人类多年以来的梦想。自信号处理理论和计算机出现以后，人们试图用摄像机获得环境图像，并将图像转换成数字信号，借助计算机实现对视觉信息的处理，慢慢形成了计算机视觉这门学科^[1]。

计算机视觉的研究目的是利用计算机代替人眼及大脑对景物环境进行感知、解释和理解。计算机视觉是一门交叉性很强的学科，涉及计算机、心理学、物理学、信号处理和应用数学等。近二十年随着各学科和计算机技术的迅猛发展，计算机视觉得到了蓬勃发展，在各领域得到了广泛应用。智能视觉监控系统是计算机视觉领域近几年兴起的一个应用方向。智能视觉监控系统利用计算机视觉技术对视频信号进行处理、分析和理解，并对视觉监控系统进行控制，从而使视觉监控系统具有像人一样的智能。因此，计算机视觉技术是智能视觉监控系统的核心技术^[1]。

嵌入式计算、无线通信和传感器技术的迅速发展，使人们能够非常方便地采集、传输和存储音、视频数据。海量数据及时、准确的分析与理解，将在安全、反恐、国防、智能交通、医疗监护、遥感等领域发挥重要作用，例如在复杂环境下检测和识别人体活动，进而对其行为和意图做出分析，以便对可能发生的异常、危险事件进行预测或判断并对可能的安全威胁进行分类、评价和预测等。因此，智能视觉监控技术和系统既是计算机视觉领域极具挑战性的科学问题，又是关系国家安全、经济发展和社会稳定的关键问题。

如图 1-1 所示，除了音视频编解码和图像预处理技术之外，智能视觉监控系统的主要技术包括：目标的检测、定位、跟踪和识别，这也是智能视觉分析的难点和关键所在。在人们的现实生活中，大量有意义的视觉信息都包含在运动中，视频图像处理的对象就是运动目标，从运动中找到对人们有用的信息，对人们的工作和生活提供帮助。虽然人类的视觉范畴十分广泛，既可以看见静止的又可以看见运动的目标，但是在很多应用场合，如工业控制、交通监控、机器视觉等领域，人们只对视频中运动的目标感兴趣，即视频图像处理的首要任务是从视频图像中检测出运动目标，通过时间和空间上的冗余信息，将背景和运动目标区分开。

只有建立在检测到运动目标的基础上,才能进入目标定位、跟踪以及识别等环节,另外,视频运动目标的定位、跟踪和识别的效果仍须依赖运动目标检测的结果。因此,研究视频运动目标的检测具有很大的现实意义和应用价值,是序列图像分析的基础。检测到视频运动目标后,须进一步对其进行定位,即获取运动目标的空间位置信息;对于智能视觉监控系统来说,能否准确、可靠地定位运动目标,直接影响着进一步视频处理的效果。在目标检测和定位的基础上,目标跟踪实现对场景中运动目标的跟踪监测;运动目标跟踪的有效实现为动态场景中目标行为的判别、分类等更高语义层次的图像理解奠定了基础。最后,根据运动目标上提取的特征,目标识别技术实现目标行为的描述和分类理解,对目标威胁程度进行估计,得出决策,为社会安全提供有效保障。另外,在视频编解码、目标检测和目标跟踪中,经常利用目标的运动信息,所以,目标的运动估计也是其中的关键。本书以序列图像中目标分析技术的基本过程为主线,侧重于智能视觉监控系统中运动目标的检测、定位、运动估计、跟踪和识别等技术的介绍和研究。

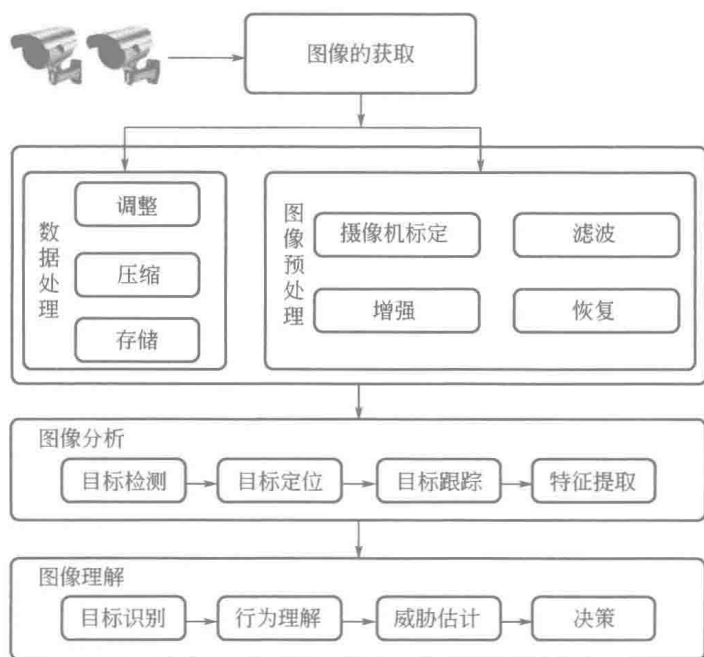


图 1-1 智能视觉监控系统算法结构框图

智能视觉监控技术的核心主要是针对具体应用场景所设计的各种处理视频或图像数据的算法,所设计的算法也可用于一些涉及数字图像处理技术的应用场合。图 1-2 示意了三种视频运动目标检测技术的应用场合:图 1-2 (a) 示意了视觉监控技术用于高速公路运动车辆的检测,这是当前智能交通系统 (Intellectual Transportation System, ITS) 的一种基本应用;图 1-2 (b) 示意了视觉监控技术对路上行人进

行检测的一种应用；图 1-2 (c) 为在景区监控场合对森林火灾进行报警的一种应用。计算机视觉技术也可用于某些工业应用场合^[2,3]，图 1-3 是一种基于计算机视觉技术的“轴承外观缺陷”检测平台示意图，图中传感装置包含了图像采集设备、特定光源以及位置传感器等，在获得含有轴承的图像数据后，进一步结合所设计的数字图像处理算法对轴承表面的凹坑、划痕、锈斑等外观缺陷进行检测，该应用属于工业机器视觉的范畴。



图 1-2 智能视觉监控应用举例

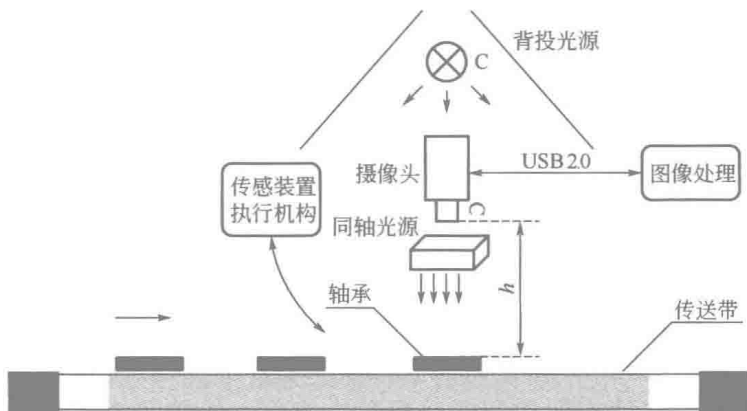


图 1-3 计算机视觉轴承外观缺陷检测平台示意图

1.2 视频运动目标检测研究现状

计算机处理性能的快速提高，使得各种面向复杂应用的视频监控系统大量涌现。信息技术的发展，使得视频监控技术在商业、国防和军事领域的应用日益增加^[1]。李安平在文献[1]中对智能监控的国内外研究现状做了比较完整的综述。

美国国防高级研究项目机构（Defence Advanced Research Projects Agency, DARPA）在 1996 年至 1999 年设立了以卡内基·梅隆大学为首，联合美国十几所高等院校和研究机构参加的视频监控项目 VSAM（Video Surveillance and

Monitoring)^[1]。欧盟 EULTR (European Union Long Term Research) 资助比利时 Katholieke 大学的电子工程系、法国国家信息与自动化研究所等欧洲著名大学和研究机构进行联合研究^[1,4]。欧盟 IST (Information Society Technologies) Framework5 程序委员会在 1999 年设立将智能监控技术用于公共交通管理系统重大项目 ADVISOR (Annotated Digital Video for Intelligent Surveillance and Optimized Retrieval)^[1,5]。日本也开展了智能视觉监控 CDVP (The Cooperative Distributed Vision Project) 研究计划^[1,6]。国际上信息处理类权威杂志如 IVC (Image and Vision Computing), PAMI (IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence) 和重要年度学术会议如 CVPR (IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition), IWVS (IEEE International Workshop on Visual Surveillance), ECCV (European Conference on Computer Vision) 等都将智能视觉监控系统作为主题内容之一^[1]。

在国内,上海交通大学、清华大学、华中科技大学和中国科学院自动化研究所等单位在智能视觉监控领域投入了相当的研究精力。其中,中国科学院自动化研究所模式识别国家重点实验室在该领域做了大量研究,他们在人体运动分析、交通行为事件分析、交通场景视频监控和智能轮椅视觉导航等领域取得了许多科研成果。为了进一步促进国内智能视觉监控的发展,中科院自动化研究所在 2002 年和 2003 年分别举办了第一届和第二届全国智能视觉监控会议。《自动化学报》在 2003 年 5 月出版了一期视觉监控专刊^[1]。《中国图像图形学报》在 2008 年第 2、3、4 期刊出了“智能视觉监控技术及系统”专栏,旨在即时报道该领域的最新进展,总结国内在智能视觉监控领域的最新热点问题和现状,该专栏共有 17 篇文章。《计算机学报》、《软件学报》、《光电工程》、《信号处理》和《控制与决策》等一些杂志也对智能视觉监控系统中的一些关键技术进行了刊载。

目标的检测可在静态图像和视频序列中进行。检测静态图像的目标,有基于图像分割的方法、模板匹配的方法等^[7~10]。视频序列的目标检测主要有帧差法^[11~13]、光流法^[14,15]、统计模型法^[16,17]、小波变换法^[18]、神经网络法^[19]及知觉组织模型方法^[20]等。帧差法及统计模型法是目前研究及工程技术人员使用较多的方法。

1.2.1 背景差法

差分图像法可分为背景差法和邻帧差法,背景差法则是目前运动目标检测的主流方法。背景差法实现较为简易,一般情况下,相减结果可直接给出目标的位置、大小及形状等信息,并能够提供运动目标区域的完整描述,特别是对于摄像头静止的情况(静态场景),背景差法是实现运动目标实时检测和提取的首选方法。

一种典型的背景建模方法是用高斯混合模型 (Gaussian Mixture Models, GMM) 描述背景图像像素值分布, 在目标检测过程中判断图像的当前像素值是否符合该分布^[21], 若是则被判为前景点, 否则为背景点。同时根据新获取的图像, 对背景图像参数进行自适应更新。GMM 背景建模方法能够较为可靠地处理光照变化、背景混乱运动的干扰以及长时间的场景变化等。刘亚等^[22]在此基础上, 对背景、静止目标和运动目标分别采用不同的更新策略, 以减弱背景更新过程视频运动目标对背景的影响。Karmann^[23]和 Kilger^[24]提出了一种基于卡尔曼滤波的自适应背景模型; 视觉监控系统 W4^[25], 利用最小、最大强度值和最大时间差分值为场景中的每个像素进行统计建模, 并对模型进行周期性的更新^[26]。

虽然很多文献提到了背景差算法, 但还远远没能完全解决复杂环境中的视频运动目标的检测问题。由于不论在室内还是室外, 有很多引起背景变化的情况产生, 这些变化可能影响一部分背景, 也可能影响整个背景, 因此, 需要用于比较的背景模型能实时更新, 以适应这些改变。根据背景变化产生的原因, 可将这些变化分为以下三类^[27]。

(1) 光照的变化: 连续的光照变化, 通常是户外环境; 突然的光照变化, 通常是室内环境中的开关灯或室外晴天出现如乌云等情况; 投影到背景中的阴影或前景目标自身的阴影。

(2) 背景的扰动: 包括全局的运动变化, 如室外摄像头受风吹而抖动; 局部运动的变化, 如室外随风吹动的树枝。

(3) 视频运动目标引起的背景变化: 人将东西带入或带出背景, 汽车驶入或驶出背景, 或者人或物在场景中停留一会又运动的情况。

代科学等人^[27]介绍了 10 多种背景建模方法, 并详细说明了各种建模方法的优缺点。这些方法有: 时间差分法^[28~31]、中值滤波法^[32~37]、W4 法^[25]、线性预测法^[38~44]、非参数模型法^[45,46]、混合高斯模型法^[47~55]、HMM 法^[56,57]、本征法^[58]、基于均值替换的背景估计法^[59~61]、码本方法^[62]以及其他一些利用像素颜色和边界信息进行检测的方法^[63~65]。

1.2.2 邻帧差法

邻帧差法利用序列中连续两帧或几帧图像间的差异进行视频运动目标的检测和提取。该方法一般不能完全提取出所有相关的特征像素点, 在运动实体内容易产生空洞现象^[26,66,67]。

1.2.3 光流法

光流法 (Optical Flow) 是通过研究视频序列的光流场而实现视频运动目标检测的一种方法^[26]。光流场的计算始于 1981 年, Horn 和 Schunck^[14]在相邻图像间