

复杂环境运动目标 检测技术及应用



莹 杨华民 范静涛 蒋振刚 李岩芳 著

FUZA HUANJING YUNDONG MUBIAO
JIANCE JISHU JI YINGYONG



国防工业出版社
National Defense Industry Press

TP72
12

014038011

复杂环境运动目标 检测技术的应用

丁莹 杨华民 范静涛 著
蒋振刚 李岩芳



国防工业出版社

·北京·

TP7.2/12



北航

C1723633

110880210

内 容 简 介

本书简要介绍了当前典型的运动目标检测技术,并根据其实现原理分析了各种方法的适用范围和场合;围绕监控设备实际拍摄的图像序列所存在的光学畸变、环境光照变化、阴影及摄像头的运动等复杂条件,对运动目标检测的若干关键技术进行了研究和探讨,包括广角摄像机的成像原理、标定模型和畸变校正方法,静态场景中分类特征的优选、相似性度量 and 特征融合方法,动态场景中图像的配准技术等;此外,考虑到空间侦察、夜视导航等军事领域,对运动目标检测技术的特殊需求,介绍了红外图像和双目视觉图像中的运动目标检测技术;最后,以智能监控系统为例,介绍了运动目标检测技术的具体应用情况。

图书在版编目(CIP)数据

复杂环境运动目标检测技术及应用/丁莹等著. —北京:国防工业出版社,2014. 1
ISBN 978-7-118-09113-7

I. ①复... II. ①丁... III. ①运动目标检测—研究 IV. ①TP72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 298575 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 9 $\frac{3}{4}$ 字数 162 千字

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 40.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

视频图像运动目标检测技术,即利用图像序列对目标的运动使用图像处理的方法进行解析,实现定性分析与定量测量。它具有智能性,即不仅用成像系统代替人眼,而且用计算机代替人脑,从而像人那样完成监控任务,减轻人的负担,对解决“视觉信息膨胀”与监控实时性间的矛盾十分有意义。而实际场景中有许多不确定因素或无法预测的状态存在,如镜头的光学畸变、摄像机传感器的观测噪声、场景中的杂波、物体的阴影或遮挡等。当场景中存在枝叶晃动、水面波光反射或光照变化时,都会导致固定位置上的像素值不断发生改变,给运动目标的检测带来困难和障碍。因此,对复杂场景下的运动目标进行检测、理解和描述都具有较高的难度。

对各种复杂情况进行分析、处理和建模,研究并克服复杂环境对运动目标检测可能产生的干扰,对提高检测算法的稳定性和效率有重要意义。对此领域的研究虽取得了一定的进展,但许多方法还不够成熟和稳健,要提高复杂环境中运动目标检测的准确率,达到实用化程度,还需要做大量的研究工作。然而,目前针对运动目标所处环境、成像原理、不同成像模式的分析的著述并不多,本书作者力图做好这方面的工作。

本书是在作者们对计算机视觉和图像处理多年科研、教学工作的基础上,综合国内外最新研究成果撰写的,本书申请策划撰写不是一蹴而就,仅撰写就长达两年多时间,其内容涵盖了摄像机畸变校正技术、不同场景下的运动目标检测技术以及不同成像模式下的运动目标检测技术等主要方面,共8章。既有理论基础,又有实践经验。第1章概述了运动目标检测中涉及的基本概念,国内外的研究进展情况,分析了主要技术难点,列举了相关应用领域;第2章介绍了典型的运动目标检测技术,从算法实现原理的角度分析了不同检测技术的适用场合;第3章给出了摄像机成像的数理模型和畸变的成因,列举了典型的摄像机标定方法,并提出了一种基于GPU的畸变校正加速算法;第4章详细介绍并提出了一种静态场景下的运动目标检测技术;第5章提出了一种动态场景下的运动目标检测技术;第6章提出了一种红外图像的运动目标检测技术;第7章介绍了基于

双目视觉的运动目标检测技术;第8章以智能监控系统为例,介绍了运动目标检测技术的应用情况。

在本书的撰写和出版过程中,吉林大学的李文辉教授和长春理工大学计算机学院的各位老师给予了大力支持,国防工业出版社白天明编辑提出了很多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。本书在写作中参阅了大量文献,向这些文献的作者们表示深深的谢意。

由于作者水平所限,书中存在一些不妥之处在所难免,恳请同行专家和广大读者批评指正。

作者

2013年8月于长春

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 基本概念	1
1.2 研究进展	2
1.3 技术难点分析	4
1.4 主要应用领域	5
第 2 章 典型的运动目标检测技术及适用性分析	11
2.1 基于光流法的运动目标检测技术	11
2.1.1 基本概念	12
2.1.2 算法原理	13
2.1.3 常见的光流法	14
2.2 基于帧差法的运动目标检测技术	16
2.2.1 基本思想	16
2.2.2 算法流程	17
2.3 基于背景差法的运动目标检测	18
2.3.1 基本思想	19
2.3.2 算法流程	19
2.4 混合高斯背景建模	21
2.4.1 混合高斯背景模型的建立	21
2.4.2 混合高斯背景模型的更新	22
2.5 不同运动目标检测技术的适用性分析	23
第 3 章 摄像机畸变校正技术	26
3.1 数理模型	26
3.1.1 坐标系	27

3.1.2	摄像机标定模型	29
3.1.3	非线性畸变模型	31
3.2	摄像机标定方法的分类	34
3.2.1	基于标定物的标定法	35
3.2.2	摄像机自标定方法	39
3.2.3	基于主动视觉的标定方法	42
3.2.4	不同摄像机标定方法的适用性分析	42
3.3	基于 GPU 的畸变校正加速算法	44
3.3.1	采用 CUDA 技术的 GPU	44
3.3.2	基于网格标定的校正技术原理	46
3.3.3	GBGC 算法概述	47
3.3.4	GBGC 算法关键步骤	48
3.4	实验结果分析	53
第 4 章	静态场景运动目标检测技术	55
4.1	基本原理	55
4.2	分类特征的选择	57
4.2.1	颜色特征	57
4.2.2	纹理特征	62
4.3	相似性度量的定义	65
4.4	基于 Choquet 积分的特征融合	65
4.5	基于自适应阈值的图像分割算法	67
4.5.1	定义	67
4.5.2	基本步骤	68
4.5.3	阈值更新策略	69
4.6	实验结果分析	70
4.6.1	颜色特征选择实验	70
4.6.2	ULBP 纹理特征选择实验	79
4.6.3	自适应分类阈值确定实验	81
4.6.4	复杂背景条件下运动目标检测实验	83
4.6.5	运动目标检测效果的定量分析	87

第 5 章 动态场景运动目标检测技术	88
5.1 基本原理	88
5.2 基于多尺度 Harris 角点 SAM 的图像配准算法	90
5.2.1 算法基础	90
5.2.2 算法描述	91
5.2.3 多尺度边缘检测算法	91
5.2.4 多尺度 Harris 角点检测算法	92
5.2.5 相似性测度的定义及误匹配点对的删除	94
5.2.6 图像配准实验	95
5.3 基于帧差法的运动目标检测算法	99
5.3.1 算法描述	99
5.3.2 具体实现	100
5.3.3 帧差法实验	102
5.4 实验结果分析	105
第 6 章 红外图像运动目标检测技术	108
6.1 基本原理	109
6.2 基于小波系数相关度的图像去噪增强算法	110
6.2.1 问题描述	110
6.2.2 算法描述	111
6.2.3 具体实现	113
6.2.4 图像去噪增强实验	116
6.3 特征的相似性度量	118
6.4 基于 Sugeno 模糊积分的分类特征融合	119
6.5 实验结果分析	121
第 7 章 基于双目视觉的运动目标检测技术	124
7.1 双目视觉基本原理	124
7.2 实现步骤	126
7.3 双目摄像机标定	127
7.4 双目立体匹配	128

7.4.1	特殊性 & 难点	128
7.4.2	具体实现	130
第 8 章	运动目标检测技术在智能监控系统中的应用	131
8.1	智能监控系统的发展历程	131
8.2	运动目标检测技术应用情况	132
	参考文献	136

第 1 章 概 述

人类所掌握的信息其中 80% 都是通过图像获取的,由于它独特的空间特性和结构特性,图像信息在人类活动所涉及的各种信息中占据重要地位,且不能为其他任何信息所代替。然而,人类的视觉被限制在电磁波谱的可视波段,而成像机器几乎覆盖了全部电磁波谱,其范围从伽马射线到无线电波。它们还可以对人类不常涉及的图像源所产生的图像进行处理,如超声波、电子显微镜和计算机等。数字图像处理起源于 20 世纪 20 年代,当时通过海底电缆从英国伦敦到美国纽约采用数字压缩技术传输了第一幅数字照片。此后,由于遥感等领域的应用,使得图像处理技术逐步受到关注并得到了相应的发展。第三代计算机问世后,数字图像处理便开始迅速发展并得到普遍应用。由于 CT 的发明、应用及获得了备受科技界瞩目的诺贝尔奖,使得数字图像处理技术大放异彩。目前,数字图像处理科学已成为工程学、计算机科学、信息科学、统计学、物理、化学、生物学、医学甚至社会科学等领域中各学科之间学习和研究的对象。随着信息高速公路、数字地球概念的提出以及 Internet 的广泛应用,数字图像处理技术的需求与日俱增,已渗透到人们的工作和日常生活中,为人类带来了巨大的经济和社会效益。

视频图像运动目标检测技术是图像理解的基础,是一门由图像处理技术、机器视觉技术以及人工智能技术等交叉的边缘科学技术,在科学理论研究和工程实践应用中都有着广阔的前景。但实际应用中,对复杂场景下的运动目标进行检测、理解和描述都具有较高的难度。目前,对此领域的研究虽取得了一定的进展,但许多方法还不够成熟和稳健,要提高复杂环境中运动目标检测的准确率,达到实用化程度,还需要做大量的研究工作。复杂环境运动目标检测技术作为计算机视觉领域的基础研究方向之一备受瞩目。

1.1 基本概念

计算机视觉是从图像处理与模式识别发展起来的,一门研究如何使机器“看”的科学,即用各种成像系统代替视觉器官作为输入敏感手段,由计算机来代替大脑完成处理和解释,使计算机能像人那样通过视觉观察和理解世界,具有自主适应环境的能力。

视频图像运动目标检测技术,即利用图像序列对目标的运动使用图像处理的方法进行解析,实现定性分析与定量测量。它具有智能性,即不仅用成像系统代替人眼,而且用计算机代替大脑,从而像人那样完成监控任务,减轻人的负担,对解决“视觉信息膨胀”与监控实时性间的矛盾十分有意义。而实际场景中还有许多不确定因素或无法预测的状态存在,如镜头的光学畸变、摄像机传感器的观测噪声、场景中的杂波、物体的阴影或遮挡等。当场景中存在枝叶晃动、水面波光反射或光照变化时,都会导致固定位置上的像素值不断发生改变,给运动目标的检测带来困难和障碍。

1.2 研究进展

运动目标检测的目的是为了在序列图像中把运动目标从背景中提取出来,可视为运动前景与背景的分类问题。而运动区域的有效分割对目标分割、跟踪、识别等后期处理至关重要。但由于背景图像的动态变化,如天气和光照的变化、运动目标阴影、干扰物以及摄像机的运动等影响,使得运动目标检测在实际应用中相当困难。常见的方法主要有三种:光流法、帧差法和背景差法。

光流法的时间开销很大,且对噪声比较敏感,对硬件要求较高,实时性和实用性较差。帧差法用连续的两到三帧图像相减实现时域差分,这种方法对动态变化的场景非常有效,但分割出的运动目标不完整,适用于目标运动稍快且图像分割精度要求不高的场合。背景差法将当前帧图像与背景模型图像进行差分,利用差分结果来检测运动区域,该方法能够提供最完整的运动目标信息。

1. 光流法

光流法于1950年提出,广泛应用于机器人导航、智能监控、心脏搏动现象监测、海洋和大气变化的解释和预测等方面。所谓光流是指空间运动物体被观测面上的像素点运动产生的二维(2D)瞬时速度场,其中,二维速度矢量是可见的三维(3D)速度矢量在成像平面上的投影,包含了物体表面结构和运动的重要信息。基于光流法的运动目标检测算法的基本原理:光流可以反映一定时间间隔内由于运动所造成的图像变化,根据各个像素点的速度矢量特征,对图像进行动态分析;如果光流矢量在整个图像区域连续变化,表明图像中没有运动目标;若物体和图像背景存在相对运动时,运动物体所形成的速度矢量必然和邻域背景速度矢量不同,从而确定运动目标的位置、数量、运动速度等信息。该方法能够较好的处理背景运动的情况,适用范围较广,但计算量大,不利于实时处理,且对噪声敏感,精度较低,难以得到运动目标的精确边界。

2. 帧差法

帧差法基本原理:在一个较短的时间范围内检查连续的两帧或三帧图像之间像素强度的变化,采用基于像素的时间差分 and 阈值分割来提取图像中的运动区域;在外界环境不变的情况下,若连续图像相同位置像素的特征值相差小于某阈值,则认为它是背景中像素;反之,若图像中某区域特征值变化剧烈,则认为出现运动目标。该算法简单,具有较好的实时性,而且不需要考虑背景更新,因此对于动态环境具有较强的自适应性。最典型的应用是在 VSAM(Visual Surveillance and Monitoring)系统中,研究人员提出了一种背景差法与帧差法结合的算法,实现了运动目标的快速有效检测。但该方法不能用于摄像机运动的情况,一般不能提取出完全的运动目标,空洞现象严重,不利于进一步的对象分析和识别等后续处理,且对于缓慢变化或者停止的目标会发生漏检。

3. 背景差法

背景差法是目前运动目标检测中最常用的方法之一,基本原理是利用当前帧图像与不断更新的背景参考模型进行差分,来判断和检测运动区域。该方法思路较简单,计算速度较快,一般能提供完整的特征数据,但对动态场景中由光照和干扰物等外界条件引起的变化较敏感。因此,许多研究学者都致力于开发不同的背景模型,以期降低复杂场景对检测效果的影响,提高算法的鲁棒性。1999年,麻省理工学院的 C. Stauffer 首次提出了基于混合高斯模型的背景减除方法,采用多个高斯分布来描述像素,以解决高噪声对背景检测的影响;2000年马里兰大学的 A. Elgammal 提出了一种基于无参数模型的背景减除方法,该方法利用更准确的无参分布核密度估计来描述像素过程,效果比混合高斯分布更好;2004年,马里兰大学的 B. Han 等人在无参数模型的基础上,提出了利用序列核密度进行近似的方法,与无参估计方法相比提高了算法的速度。McKenna 为了解决单一色彩特征对运动目标检测的局限性,采用颜色和梯度特征进行背景差分;Karmann 和 Brandt、Kilger 对卡尔曼滤波的结果图像进行背景建模来适应天气和光照的时间变化。与前两种方法比较,背景差法实现最简单,且能够较完整地检测出运动目标,是一种有效的运动目标检测算法。

除以上的方法外,学者还提出了其他的运动目标检测方法。如 Friedman 等人提出了扩展期望最大(Extended Expectation Maximization, EEM)算法来实现混合高斯分类模型。Toyama 等人利用 Wiener 滤波器对背景进行建模,在像素级运算的同时,考虑了区域与区域、帧与帧之间的关系,实现了缓慢运动目标的提取。

1.3 技术难点分析

通常运动目标检测都是假设摄像头常处于静止状态,且焦距固定,然而实际应用中,视频监控环境包括室内室外多种,一个场景往往由背景、运动目标(如行人、车辆等)、扰动物体(如摇动的树枝、摆动的窗帘等)组成,相当复杂,同时又要求能够实时在线处理,因此,运动目标检测算法在实际应用中,仍存在着许多挑战和难点。

(1) 光照变化引起的背景改变。由于室外环境光(日出日落)、室内光(开灯关灯)、天气变化(晴天阴天)等原因,场景中的光线会发生变化,要求背景模型能及时进行更新,以适应变化。

(2) 干扰物扰动引起的误判。当场景中存在扰动物体(如风吹树的反复运动、喷泉里的水流、显示器的显示等)时,要求扰动的部分不会被误判为运动目标。

(3) 背景物运动状态的改变。当场景中发生背景物体移入(如车辆驶入并停止在场景中)或移出(如停止的车辆驶出场景)时,要求背景模型能快速而有效的更新,进行正确的目标提取。

(4) 背景区域的高噪声。对于室外场景,浮云、雨雪、风雾等引起的光照条件的变化,阴影以及运动物体部分被遮挡等都会造成图像发生变化,引起各种噪声;对于室内环境,由于灯光及门窗的开关、光线的反射和遮挡以及饱和效应等因素,也都会导致图像中含有大量噪声。

(5) 运动目标有效特征的难描述。在智能视频监控系统的图像处理中,颜色、边缘、纹理等常被用来描述图像的特征,不同的图像,描述方法也不同。对于颜色丰富的图像,可以采用颜色信息作为图像的特征;对于纹理明显的图像,可以采用纹理信息进行图像识别;对于形状特征明显的物体,则可以采用形状特征进行目标识别。但很难找到一种方法能应用于所有类型的图像。

(6) 成像器件自身的不足。摄像机本身由于光学设计、加工、装调过程中不可避免的会存在误差,导致图像数据的畸变失真,增加了视频图像中目标的识别、分类等后续处理工作的难度。

(7) 视频监控系统的实时性要求。如何对视频监控系统中大量的数据流及视频流数据进行有效的使用,快速高效地训练背景模型,提取背景图像,以提高视频监控系统的实时性,这就需要优化视频处理与分析的算法。

背景减除的分类效果依赖于场景的背景建模方法,混合高斯模型方法是应用较多的方法,该方法能够适应光线的缓慢变化及一些小的扰动,但是其计算过

程复杂,模型参数的选取对其检测效果影响较大,提取出的背景会有“鬼影”(ghost)现象,当光线突然变化(如开关灯引起的光照变化)时,其检测常常出错。此外还有一些基于预测估计的背景建模方法,Kalman 滤波方法是这类方法的代表,它对噪声有较强的抑制作用,模型参数的选取对背景的提取影响较小,但当背景的变化较快时,这种方法的出错几率就会大大增加。

现实世界纷繁复杂,多种多样的背景及多种多样的噪声都会对运动目标检测方法产生干扰。对各种复杂情况进行分析、处理和建模,研究并克服复杂环境对运动目标检测可能产生的干扰,对提高检测算法的稳定性和效率有重要意义。基于以上分析,可针对以下几方面对运动目标检测的关键技术进行深入研究。

(1) 视频图像预处理:为了增加可视范围,监控系统常使用广角摄像头进行图像采集,因此,必然存在光学畸变和图像失真,同时,由于视频应用的场景较复杂,图像会不同程度的存在噪声污染,需要对采集图像进行实时自适应的畸变校正和噪声消除处理,为后续的处理提供高质量的视频数据。

(2) 光照对检测结果影响的消除:场景中环境光的变化可分为缓慢变化和突然变化,前者指随着时间的推移,光线的强度和方位分别或同时发生变化,而后者指在很短时间里快速发生变化,需要实时检测到光照的变化,并自适应的消除光照变化对运动目标检测的影响。

(3) 阴影对检测结果影响的消除:前景目标的阴影会影响目标的真实形状,产生大量的虚假运动区域,需要分析不同场景阴影的特点和图像表征形式,最大程度的消除阴影对检测算法误检率的影响。

(4) 动态场景的运动补偿:在摄像头运动等情况产生的动态场景下,进行运动目标检测比基于固定背景下的难度更大,需要对图像序列进行自适应补偿,以确保像素特征比对位置的一致性。

(5) 由可见光图像向红外图像的扩展:随着图像采集设备的多样化发展,红外热成像相机利用其夜间可视性等优势,在军事上广泛应用,但红外图像序列本身也存在图像质量差、对比度低、无法校验的黑白极性反转等问题,如何将运动目标检测算法扩展到红外图像序列中也是本书介绍的内容之一。

1.4 主要应用领域

机器视觉中的运动目标检测技术在科学理论研究和工程实践应用中有着广阔的前景。

1. 军事领域

在军事上,可用于导弹、飞机、舰艇等多种重要军事运动目标的监视、检测,无人驾驶的飞行器,军事机器人视觉等(图 1.1)。国外从 20 世纪 70 年代就开始将目标检测技术应用于军事,1983 年,美国将计算机视觉列入战略防御计划里,并完成了开阔地面上的孤立目标检测、复杂环境中的多目标实时跟踪与识别。近几年出现的反卫星、杀伤卫星和侦查卫星等太空武器中也都配备有目标检测与跟踪系统。运动目标检测技术在导弹制导系统、对空监视中实时多目标跟踪、机载或弹载前视图像制导技术、导弹动态测量、全景战车等方面发挥着重要作用。在火控系统中,它借助于雷达伺服系统的初始导引,能精确跟踪地面或空中的运动目标(如飞机、导弹、车辆等)。

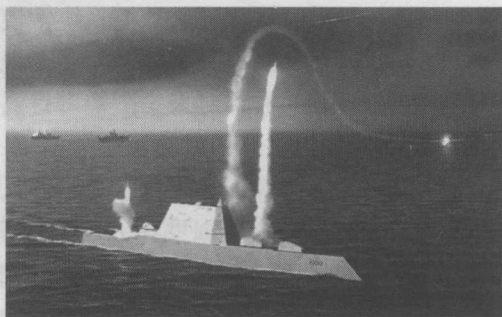


图 1.1 运动目标检测技术在军事领域的应用

2. 安防监控领域

社会经济的快速发展使得社会公共安全受到人们越来越多的关注,安防产业作为一个新型的产业,发展速度非常迅猛,智能化安防技术的发展已取得了举世瞩目的成就,随着企业和住宅小区需求的凸现,数字化智能安防当前面临新的发展契机,由于数字化智能安防行业的特殊性,国家对智能安防产业的发展一直都给予政策上的鼓励。近年来,为了解决企业和住宅小区的安全防范问题,建设部、公安部两部先后签署下达了多种相关文件,以强化企业和住宅小区的智能化安全防范设施。根据公安部、建设部、电子信息产业部的要求:各种小区、大厦、大楼、公司、道路、车站、码头、银行、超市、广场、工厂、医院、学校、宾馆甚至家庭等都需安装安防监控系统。根据公安部在全国范围内倡导的平安城市要求,需要将全市视频监控系统联网,甚至我国经济发达省份浙江省根据省公安厅要求各村出入口必须安装视频监控系统,并与公安视频监控系统联网。安防监控应用已经由城市化建设逐渐向农村普及,因此安防监控系统应用是目前社会生活中的热点应用,可以说安防监控无处不在(图 1.2)。安防监控工程建设处于社

会爆发期,企业对安防监控工程师需求量非常大,据相关资料统计,安防行业社会需求人才量为60万人以上。

运动目标检测处于整个视觉监控系统的最底层,是各种后续高级处理如目标分类、特征识别、行为理解等的基础。



图 1.2 运动目标检测技术在安防监控领域的应用

3. 工业领域

在工业上,可用于工业控制、机器人视觉、自主运载器导航等方面。机器视觉系统的特点是提高生产的柔性和自动化程度。在一些不适合于人工作业的危险工作环境或人工视觉难以满足要求的场合,常用机器视觉来替代人工视觉;同时在大批量工业生产过程中,用人工视觉检查产品质量效率低且精度不高,用机器视觉检测方法可以大大提高生产效率和生产的自动化程度(图 1.3)。而且机器视觉易于实现信息集成,是实现计算机集成制造的基础技术。正是由于机器视觉系统可以快速获取大量信息,而且易于自动处理,也易于同设计信息以及加工控制信息集成,因此,在现代自动化生产过程中,人们将机器视觉系统广泛地用于工况监视、成品检验和质量控制等领域。

4. 生物医学领域

在医学上,可用于生物组织运动分析。医学高科技的需求,现代高科技的发展促使医学的向前跃进,而医学生物微观上的研究却与目标追踪密不可分。包括对微观细胞的追踪观察、人工植入器官的跟踪观察等。

三维重构在医学上有着重要的实用价值。在获得人体器官切片的医学图像之后,通过对人体器官的三维重构能够为医生的准确诊断提供极其重要和直观的帮助(图 1.4)。三维重构还能在目标识别问题上提供一个很好的解决方案。如果能够通过一组图像序列将其中的二维运动目标重构出三维运动目标,则无论该运动目标的姿态如何,由于已知其三维信息,总能将该运动目标识别出来,

从而实施有效的跟踪。

冠状动脉是供应心脏血液的血管,目前在临床上广泛采用冠状动脉造影直接观察血管病变的位置、狭窄程度、病变性质等。通过分析造影图像序列可以得到丰富的、多种多样的运动信息。采用特征光流法进行冠状动脉造影图像序列的分析,通过估计冠状动脉树的运动参数,得到对心脏运动的定量了解。

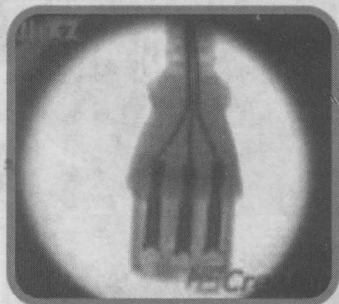


图 1.3 运动目标检测技术在工业领域的应用

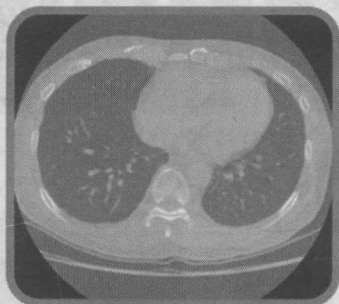


图 1.4 运动目标检测技术在医学领域的应用

5. 智能交通领域

面对快速发展的公路交通和日益繁忙的城市交通,如何快速、准确地获取交通信息至关重要。运动目标检测技术在交通管理中,可用于交通速度、流量、车流密度、堵塞状态、交通事故监控以及路面状况等数据的观测、提取和分析,通过调节和控制这些参数,可实现交通自动保持最佳运行状态,从而提高交通管理的智能化水平(图 1.5)。针对该领域的特殊性,目标检测过程中,阴影问题较突出。在前景/背景分类中,很容易将阴影错误的理解为目标,从而产生一系列如多目标合并(阴影覆盖了相邻的目标)、形状扭曲变形、目标区域扩大以及目标



图 1.5 运动目标检测技术在智能交通领域的应用