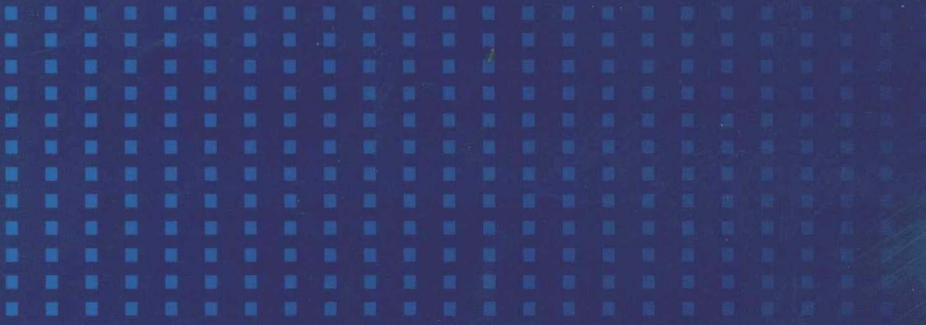




# 计算机视觉中的 运动检测与跟踪



徐晶 方明 杨华民 著

JISUANJI SHIJUEZHONG DE  
YUNDONG JIANCE YU GENZONG



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

# 计算机视觉中的运动 检测与跟踪

徐 晶 方 明 杨华民 著

国防工业出版社

· 北京 ·

**图书在版编目(CIP)数据**

计算机视觉中的运动检测与跟踪 / 徐晶, 方明, 杨华民著. —北京:  
国防工业出版社, 2012. 9

ISBN 978 - 7 - 118 - 08264 - 7

I. ①计... II. ①徐... ②方... ③杨... III. ①计算机  
视觉—研究 IV. ①TP302. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 186140 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责任公司

新华书店经售

※

开本 710 × 960 1/16 印张 7 字数 117 千字

2012 年 9 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  
发行传真: (010) 88540755

发行邮购: (010) 88540776  
发行业务: (010) 88540717

# 前 言

随着计算机技术的飞速发展,计算机在人类活动的各个领域的应用不断扩展,计算机正逐步代替人类完成各种特殊领域的任务。然而,如何让计算机像人类一样具有感知外界环境的能力呢?这需要视觉传感器的配合,通过视觉传感器来捕捉外界场景的信息,通过视觉传感器获得环境场景的二维图像序列,对这些二维数字信息进行分析,来确定三维场景中有哪些物体是运动的又有哪些物体是静止的,确定被跟踪目标的形态、大小、所在方位等,这些方面都是计算机视觉领域研究的主要内容。

计算机视觉研究的目标是使计算机具有根据二维图像序列感知外界三维环境场景信息的能力,包括图像捕获、传输、处理、存储与分析过程。其中对视频序列的运动检测和目标跟踪技术是计算机视觉研究的重点内容,其核心是利用计算机视觉技术从图像序列中检测、识别和跟踪目标。本书就是针对计算机视觉领域中研究的这些重点内容,结合科研工作中的研究案例,介绍有关计算机视觉领域中涉及到的运动检测和目标跟踪算法及具体应用实例。

全书共分为6章,第一章介绍运动的分类、计算机视觉领域中运动分析模型、计算机视觉领域运动检测和目标跟踪技术研究现状、计算机视觉领域中运动分析技术的难点等内容;第二章介绍传统的运动检测和目标跟踪算法,包括背景差分法、帧间差分法、光流场评估算法等;第三章介绍具有周期性运动特征的低速目标运动检测和跟踪算法,并以CCD测量系统为例介绍该算法的应用;第四章介绍高速运动目标识别和跟踪算法,并以激光通信中信标光捕获和跟踪系统为例介绍该算法的应用;第五章介绍具有复杂背景的目标运动检测过程中采用的光流场算法,包括正规化相关的特性及其改进光流场评估算法,并介绍改进光流场算法的具体应用;第六章介绍互补投票法实现可信赖运动向量估计。

本书对研究计算机视觉技术的读者学习运动检测和目标跟踪算法有所帮助,在本书写作过程中学院的领导和同事给予大量的支持,感谢他们的帮助和支持。由于本书作者知识水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

作者

2012 年 5 月

# 目 录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| <b>第一章 绪论</b>               | 1  |
| 1.1 运动的分类                   | 1  |
| 1.2 计算机视觉中运动分析模型            | 2  |
| 1.3 计算机视觉中运动检测和目标跟踪技术研究现状   | 3  |
| 1.4 计算机视觉中运动分析的技术难点         | 5  |
| 1.5 本书各章节内容简介               | 7  |
| <b>第二章 传统的运动检测和目标跟踪算法</b>   | 9  |
| 2.1 传统的运动检测算法               | 9  |
| 2.2 常用目标跟踪算法                | 12 |
| 2.3 粒子滤波在跟踪算法中的应用           | 14 |
| 2.4 mean-shift 在跟踪算法中的应用    | 15 |
| 2.5 方向符号法在跟踪算法中的应用          | 15 |
| 2.6 小结与讨论                   | 17 |
| <b>第三章 周期性运动特征的低速目标跟踪算法</b> | 18 |
| 3.1 周期性运动特征的动态目标跟踪策略        | 18 |
| 3.1.1 快速对应点搜索               | 21 |
| 3.1.2 应用卡尔曼滤波器实现目标位置的预测     | 22 |
| 3.1.3 波门的设定                 | 23 |
| 3.2 基于单目视觉技术的 CCD 激光经纬仪     | 24 |
| 3.2.1 应用背景                  | 24 |
| 3.2.2 CCD 激光经纬仪结构及舰载雷达标校原理  | 24 |
| 3.2.3 坐标变换与数学建模             | 27 |
| 3.2.4 半自动建模及动态馈源目标实时识别与跟踪策略 | 28 |
| 3.2.5 相机的定标                 | 29 |

|            |                        |           |
|------------|------------------------|-----------|
| 3.3        | 实验结果及结论                | 31        |
| <b>第四章</b> | <b>高速运动目标的检测与跟踪算法</b>  | <b>33</b> |
| 4.1        | 空间激光通信中的目标识别与跟踪过程      | 33        |
| 4.1.1      | 通信准备阶段                 | 33        |
| 4.1.2      | 目标捕获阶段                 | 34        |
| 4.1.3      | 粗跟踪阶段                  | 34        |
| 4.1.4      | 精跟踪阶段                  | 34        |
| 4.2        | 自由空间激光通信系统仿真形式         | 34        |
| 4.3        | 提高目标跟踪精度的主要技术途径        | 36        |
| 4.3.1      | 采用数字控制系统               | 36        |
| 4.3.2      | 采用高精度的振镜               | 37        |
| 4.3.3      | 采用 CCD 细分技术            | 38        |
| 4.3.4      | 采用现代控制理论和最优控制算法        | 38        |
| 4.3.5      | 提高 APT 精跟踪系统的伺服带宽      | 38        |
| 4.4        | 激光光斑目标的快速识别与跟踪算法       | 39        |
| 4.4.1      | 图像数据采集方法               | 39        |
| 4.4.2      | 自适应探测窗的选取              | 40        |
| 4.4.3      | PID 控制过程               | 41        |
| 4.4.4      | 激光光斑中心的计算              | 43        |
| 4.5        | 目标识别与跟踪过程的仿真           | 52        |
| 4.5.1      | 用户交互模块                 | 52        |
| 4.5.2      | 粗伺服单元伺服控制仿真            | 53        |
| 4.5.3      | 精伺服单元伺服控制仿真            | 56        |
| 4.6        | 本章小结                   | 60        |
| <b>第五章</b> | <b>具有复杂背景的运动目标检测算法</b> | <b>61</b> |
| 5.1        | 光流场的计算方法               | 61        |
| 5.1.1      | 光流场的概念                 | 61        |
| 5.1.2      | 传统光流计算方法               | 61        |
| 5.1.3      | 光流评估方法比较               | 63        |
| 5.2        | 改进的光流评估算法              | 63        |

|       |                   |    |
|-------|-------------------|----|
| 5.2.1 | 正规化相关的特性讨论        | 63 |
| 5.2.2 | 候补向量的定义及光流算法的计算过程 | 67 |
| 5.2.3 | 基于时间复数相关的预测向量算法   | 67 |
| 5.2.4 | 基于空间复数相关的预测向量算法   | 69 |
| 5.2.5 | 候补向量的抽取           | 70 |
| 5.2.6 | 相关分布可信度的评价        | 71 |
| 5.2.7 | 高精度光流的抽取          | 71 |
| 5.2.8 | 本节小结              | 72 |
| 5.3   | 实验结果与讨论           | 73 |
| 5.3.1 | 噪声对真值深度分布的影响      | 73 |
| 5.3.2 | 全景的信噪比分析          | 77 |
| 5.3.3 | SMCM 算法对背景光流场的检测  | 79 |
| 5.3.4 | TMCN 算法对场景变化的检测   | 80 |
| 5.3.5 | 实验总结              | 83 |
| 5.4   | 改进光流场评估算法的应用      | 83 |
| 5.4.1 | 车辆冲突检测的技术背景       | 83 |
| 5.4.2 | 车载相机的运动对光流场的影响    | 84 |
| 5.4.3 | 运动物体的识别           | 85 |
| 5.5   | 本章小结              | 88 |
| 第六章   | 互补投票算法实现可信赖运动向量估计 | 90 |
| 6.1   | 互补投票算法的基本原理       | 90 |
| 6.2   | 投票参数的收敛           | 91 |
| 6.3   | 信赖测度的估计方法         | 91 |
| 6.4   | 互补投票法的高速化         | 92 |
| 6.5   | 高速化后的算法的性能比较      | 93 |
| 6.6   | 总结与讨论             | 94 |
| 结束语   |                   | 95 |
| 参考文献  |                   | 97 |

# 第一章 绪 论

## 1.1 运动的分类

运动目标的检测与跟踪是计算机图像处理与图像理解领域里一个重要课题,在机器人导航、智能监控、医学图像分析、视频图像编码及传输等领域有着广泛的应用。其研究成果也在社会生产及生活中发挥着巨大的作用<sup>[1-10]</sup>。通过对时变图像进行三维运动解析,可以实现三维空间的物体形状的推定及环境空间构造的认识;通过对时变图像中动态目标的识别与跟踪,可以实现机器人的自动控制、动态场景的智能监控及智能测量系统中的运动补偿等。

本节介绍计算机视觉中运动检测和目标跟踪问题的分类。

时变视频图像序列的产生需要视觉传感器即摄像机、场景物体、光源 3 个基本要素。这其中无论哪一个发生变化,都将得到动态的时变视频图像序列。然而,运动的产生往往不是孤立的某一个基本要素的简单变化,而是 3 个基本要素同时变化的综合结果。所以,通常研究运动时,根据时变视频图像序列产生时视觉传感器是否运动来将运动分析过程分为以下两类。

### 1. 摄像机固定

在摄像机固定的情况下,此时根据摄像机捕捉到的信息来完成运动物体检测、识别、跟踪及对运动目标进行分析理解。图 1.1 是在摄像机固定的情况下,



图 1.1 摄像机固定条件下拍摄到运动的球体

拍摄到运动的球体。在摄像机固定条件下,比较典型的运动分析实例是视频监控系统、目标跟踪系统。视频监控系统,摄像机监控场景中的运动目标,对目标的运动姿态分析,确定目标所处的状态。动态目标跟踪系统中,摄像机跟踪场景中的运动目标,对目标的运动轨迹进行跟踪。

2. 摄像机运动

在场景中的目标发生运动的同时,视觉传感器即摄像机也发生运动。图 1.2 是 ROV 拍摄到的海底图片。摄像机也发生运动情况下,比较典型的应用实例是基于视觉的自主导航系统,此时系统根据摄像机观察到的场景信息,决定机器人自己在场景中的位置及下一步的动作等。视觉导航可以通过 3 种方式完成,即基于地图的视觉导航、基于地貌的视觉导航及基于光流的视觉导航,现在基于光流的视觉导航系统的应用比较广泛,具体实例读者可以参考文献[11 - 15]。

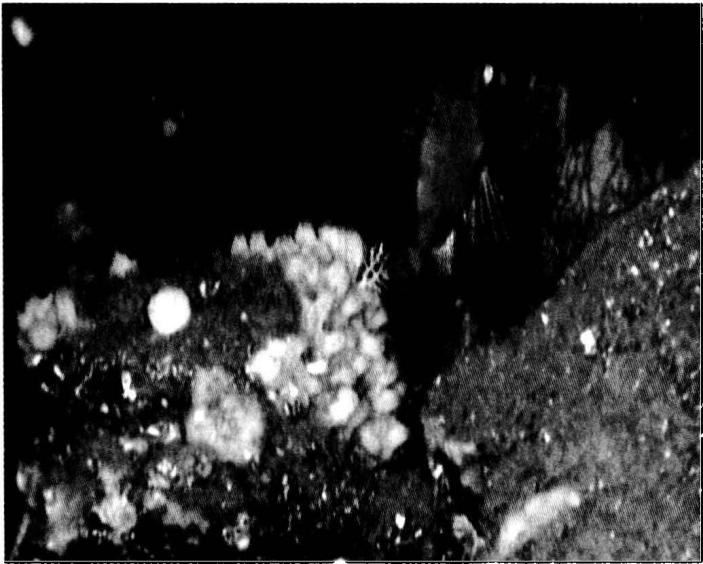


图 1.2 ROV 拍摄的海底视频序列截取图片

1.2 计算机视觉中运动分析模型

对场景中目标的运动检测和跟踪是众多学者研究的热点课题,所提案的各种算法尽管在学术上取得了显著的研究成果<sup>[16-23]</sup>,但算法的鲁棒性仍局限在某种具体的应用案例上。针对具体的运动模型对动态目标进行检测与跟踪仍是运动分析的主要研究手段。为了便于讨论,对场景中目标的运动分析模型总结为以下几类。

### 1. 简单场景下目标的检测和分析

具有简单、清晰的前景与静止的背景,此种模型下对运动的检测和分析较为简单。比较典型的应用系统为场景监控系统。此时背景是静止的,可以利用背景差分法识别运动,但需要考虑光照变化等对运动分析的影响。

### 2. 形变目标的检测与跟踪

目标在二维平面上的旋转、三维空间上的旋转都将使目标图像发生形变,给目标的检测与跟踪任务带来极大的挑战。对于二维旋转目标的检测,典型应用案例为电路板中固定形状的芯片识别系统<sup>[24]</sup>,此种情况下要求算法能对目标的旋转有足够的鲁棒性。对于三维空间上的旋转目标的运动分析较为复杂,例如,对人脸的识别与跟踪<sup>[25-29]</sup>,对具有6个自由度的旋转目标的识别与跟踪等至今仍未发现有一个令人满意的鲁棒性算法的研究报告。

### 3. 高速目标的精准检测与跟踪

该类目标识别与跟踪一般为特殊的应用环境。例如,空间激光通信中对信标光的对准与跟踪过程<sup>[30-32]</sup>。该类目标识别与跟踪过程更强调算法的实时性及识别跟踪精度。

### 4. 复杂背景下目标的运动检测

实际上,复杂背景下的目标检测与跟踪过程是最为普遍且应用最为广泛的。例如机器人视觉导航中通过获得背景环境的运动场,通过计算摄像机运动的参数进行反馈控制<sup>[33]</sup>;在智能交通系统中,摄像机运动的同时对路面障碍物的识别与跟踪;对天空中云图的识别等。该类算法由于背景图像的噪声较大,或存在复杂的相对运动,怎样准确识别和跟踪目标是该类算法要解决的关键问题,和计算时间相比,算法的鲁棒性显得更为重要<sup>[34]</sup>。

## 1.3 计算机视觉中运动检测和目标跟踪技术研究现状

Marr 提出较完善的计算机视觉系统框架分成3个层次,即计算理论层次、表达与算法层析和硬件实现层次,本书的内容是围绕前两个层次中运动分析方法即运动检测与目标跟踪算法进行介绍。

动态目标跟踪的基本概念首先是由 Wax 在 1955 年提出的<sup>[35]</sup>。20 世纪 70 年代初期,随着递推卡尔曼(Kalman)滤波技术的发表,目标的检测与跟踪理论开始引起人们的极大关注。Bar-Shalom 和 Singer 使数据关联与滤波理论相结合,进一步发展了动态目标跟踪理论<sup>[36-37]</sup>。针对各种应用环境的目标检测与跟踪算法也相继涌现。特别是近几年来 DSP 及 CPLD 等可编程芯片的应用,极大地降低了对算法复杂度的要求,使对目标的检测与跟踪提高到了一个新的高度。

尤其是对实时性要求较高的应用系统,由于采用硬件来实现检测与跟踪算法,可以利用稍复杂的算法完成鲁棒性更强、精确度更高的运动目标的检测与跟踪过程。

对运动的检测与跟踪技术在军事、工业过程控制、医学研究、交通监控等许多领域都有着广泛的应用。例如,军事上自动目标跟踪锁定系统,高空区域防御系统,武器装备无损检测,机载、舰载、对空检测等应用。智能交通方面如安防监控、车辆检测等应用。工业上焊接自动跟踪控制,机器人自主导航等应用<sup>[36]</sup>。

智能监控系统是摄像机固定状态下视觉分析的应用实例之一。智能监控系统中运用人脸检测、步态识别等主动识别技术,来满足特定监控需求。在智能监控系统是用一个静态的摄像机实时监控固定区域。在文献[38]中,作者提出了基于步态识别的智能监控系统。该方法中应用背景差法分割出人体轮廓,通过人体宽高比的相关信号确定运动周期,再对二值周期序列进行步态能量图像合成,运用主成分分析法提取特征主向量,对步态进行分类。对步态识别的研究可以应用于学校、医院等公共场所,通过分析场景中人物的步态确定其是否摔倒,实时对场景中的人物进行监控,发现异常情况,系统可以自动报警,以便及时发现问题,及时抢救病人。在文献[39]中,作者介绍了人脸检测与跟踪的智能监控系统,利用对称差分算法,确定搜索范围,然后利用自适应阈值 BP 神经网络对肤色进行识别,获得候选人脸区域,根据人脸缓冲池主动跟踪目标人脸。在文献[40]中,作者将人体运动信息检测技术应用到医学诊断,摄像机快速准确识别与跟踪关节位置标志点,通过对步态分析可以帮助医生诊断某些人体运动机能方面的疾病,而且步态分析也是指导与评定康复训练的手段。

对于运动检测与分析算法的研究受到了社会的广泛关注。并且现在国内外研究侧重于检测算法的应用,检测算法应用在射频信号识别、人脸识别、虹膜识别、结构振动识别、勘查油气识别、农产品粒形识别、水下声自导武器目标识别等。研究人员往往根据具体的应用来寻找适合于该应用的识别算法。基于几何元素特征算法包括朱莹等提出的采用从粗到细的分割方法来识别目标,该算法可以得到较快的响应速度,能够实时计算出目标相对于摄像机坐标系的坐标,但遗憾的是分割的结果对于光照比较敏感<sup>[41]</sup>。Du - Ming Tsai 等采用多模板匹配的方式来完成对目标的鲁棒性跟踪<sup>[42]</sup>。基于光流的运动检测跟踪方法包括梁冰等提出的利用光流进行主成分分析,来获得机器人旋转运动和前后平移运动的基向量,进而利用基向量表示机器人的各种动作,绘制出视觉和行为状态迁移图,通过比较标准环境下产生的光流场与有障碍物环境内的光流场,将障碍物潜

在区域分离出来,最后通过状态迁移图,自主决定机器人动作<sup>[43]</sup>。C. T. Lin 等提出的利用神经模糊系统来计算光流,评估三维物体的运动<sup>[44]</sup>。

尽管,国内外对该领域的研究非常活跃,但算法的鲁棒性、运动识别精度指标却一直是算法转换成生产力的一个不可逾越的瓶颈问题。对于一些苛刻的实际应用环境,一些算法的非鲁棒性表现得非常明显。这也是衡量众多算法优越与否的一个重要指标。尽管众多学者进行了大量的研究,但在一些具体的应用领域我国和国外的研究成果还存在较大的差距。以跟踪算法在空间通信上的应用为例,国外从 20 世纪 70 年代就开始了空间光通信的研究,能够通过对信标光跟踪成功建立通信链路。目前,国外空间通信系统已从理论研究和关键单元技术攻关发展到整机系统的设计、研制和在轨实验阶段。对动态目标的识别与跟踪带宽精度都已经取得了非常成熟的技术成果。相比之下,国内在这方面研究的起步较晚,对信标光的捕获、对准、跟踪的一系列研究尽管取得了一些成果,但仍然处在原理的验证阶段,其实用化的进程远远落后于美国、欧洲和日本<sup>[45-46]</sup>。

## 1.4 计算机视觉中运动分析的技术难点

计算机视觉中运动分析方面存在的困难很大程度上是由于实际环境中目标运动的复杂性以及视频数据所具有的特殊性、复杂性造成的。总体来说,运用时变图像序列处理的方法进行目标运动分析,其难点主要体现在以下 6 个方面。

### 1. 光线亮度的变化

由于现场光线亮度的变化使得背景图像也随之发生变化,从而很难将这些变化与图像中由于前景目标的运动导致的变化加以区分。

### 2. 阴影和物体间的重叠遮盖

运动的前景目标的阴影部分可能会造成背景中局部画面亮度变化,另外运动的目标之间,以及运动的目标与背景之间的重叠遮盖,都可能会导致检测出来的运动目标的形状和其他特征的变化。

### 3. 复杂背景环境下对目标的检测与跟踪

当运动的前景目标与背景中的景物在颜色和形状等外观特征方面相似时,将增大从背景中分辨出前景目标的难度。当要识别的运动目标被其他运动目标遮盖时,或背景在被观测过程中发生非刚体形变时,这些情况都将极大的增加对目标的检测与跟踪难度。

### 4. 相对运动发生时对目标的检测与跟踪

当然运动是相对的,但作为观测者的摄像机相对于背景也发生运动时或作

为背景本身也发生运动时将极大的增加运动目标的检测与跟踪难度。这样的案例包括:智能交通系统中应用车载摄像机对路面中运动目标的识别或检测;机器人视觉应用中利用摄像机识别背景的运动,进而获得摄像机自身的运动参数用以自动控制机器人的行走或运动等。

## 5. 高带宽高精度的要求

对于一些特殊的应用,例如,激光通信的目标捕获与跟踪过程,数据通信建立在稳定的两端信号机对准基础上,故对目标的跟踪有较高的带宽要求,这势必决定了算法的复杂度,复杂的算法将影响跟踪的实时性。如何稳定地实现高带宽、高精度的目标识别与跟踪是该领域的研究目标。

## 6. 动态目标发生三维旋转或变形

当被跟踪的目标发生三维旋转或变形时,角点检测、边缘检测等算法都将失去其准确性或可靠性。当然各国学者近几十年里也提出过若干解决办法,但从算法的鲁棒性角度来说仍然不够理想。本书所涉及的主要技术难点及在本书中介绍的对应解决方案见表 1.1。

表 1.1 技术难点和解决方案

| 难点                                       | 解决方案                                                                                              |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 复杂背景,不规则目标在三维空间上的运动                      | 多模板同时相关匹配,利用卡尔曼滤波器及波门对目标出现位置进行预测,降低多峰出现的概率,采用三步搜索法实现快速模板匹配,提高目标识别与跟踪的稳定性                          |
| 高带宽运动目标的跟踪                               | 采用粗精复合轴的结构及 PID 控制算法实现高带宽运动目标的跟踪,并通过自适应的方式自动寻找 PID 控制参数                                           |
| 散斑发生时光斑中心的求解                             | 利用改进的 Otsu 算法,实现对前景及背景的分割                                                                         |
| 模板匹配过程中,相关分布产生多峰时,真值匹配点落在最高峰值之后,真值的识别与提取 | 将整个模板块分割成若干小的模板块,对每个小模板块独立计算相关分布率,通过对相关率分布的加权互补叠加来估计整个模板块的光流                                      |
| 模板匹配中的遮挡问题                               | 遮挡将导致匹配率的随机性,根据以上解决方案随机产生的峰值很容易被其他模板块的谷值所淹没,可降低遮挡的影响                                              |
| 噪声较大时致密光流场的获取                            | 经过模板块分割后,尽管中央的模板块的相关分布中的最高峰值点不是真值,但可以预计真值分布在其他的极值点中,利用这一特性通过计算极值点和预测匹配点之间的距离可以选出正确的极值点,进而获得致密的光流场 |
| 摄像机运动的同时对运动目标的识别,即相对运动发生时运动目标的检测         | 介绍基于时间复数相关的光流场算法,通过时间局部光流一致性发现运动特征                                                                |

## 1.5 本书各章节内容简介

本书以运动分析的对象为分类依据,结合具体的应用课题介绍具有复杂形变的运动目标的识别与跟踪、具有高带宽高精度要求的目标检测与跟踪算法及在复杂背景环境中对光流场评估算法。对于具有复杂形变的运动形式,以 CCD 激光经纬仪跟踪系统中对旋转馈源目标的检测与跟踪为研究案例,由于该系统中,跟踪目标雷达馈源的运动具有明显的周期性运动特性,所以采用多个目标匹配模板来实现目标的实时识别与跟踪。最后利用跟踪的坐标结果,对雷达测量结果进行标校补偿。对于高速目标的运动形式,结合 APT 半实物仿真技术研究课题,详细介绍激光通信系统中高带宽高精度运动目标的识别与跟踪过程,采用粗精跟踪配合的模式完成动态目标的跟踪。书中介绍如何提高系统的闭环带宽,分析细分算法对光斑中心识别精度的影响。对于光斑的提取,由于前景与背景的分割精度直接决定了光斑中心的识别精度,本书介绍改进的 Otsu 算法,并利用其对激光光斑图像进行前景与背景的分割。对于复杂背景环境中的运动目标检测研究,针对传统的正规相关法的问题点,介绍两种改进光流场的计算方法并阐明该算法建立在“基于恢复深度真值基本思想”上的可行性,并在模拟车载视觉系统中验证该算法的可行性及有效性。

本书论述内容按如下结构展开:

第一章 介绍计算机视觉中运动产生的基本原理,计算机视觉中运动分析模型,计算机视觉中运动检测和目标跟踪技术的研究现状,同时介绍对运动目标检测和跟踪技术的技术难点。

第二章 介绍传统的运动检测和目标跟踪的基本方法,包括背景差分法、帧间差分法和光流法等,并介绍粒子滤波、mean - shift、方向符号法在目标跟踪中的应用。

第三章 介绍具有复杂周期性运动特征的目标跟踪算法,具体介绍应用该算法实现基于单目视觉技术的 CCD 激光经纬仪跟踪系统的过程。总结利用多模板同时匹配技术解决具有周期性运动特征的目标跟踪问题,应用软件运动补偿的方法提高舰载雷达标校精度。

第四章 首先介绍激光通信过程中,对高速目标的精准识别与跟踪的要求及技术难点;然后着重讨论粗跟踪精跟踪阶段目标的检测与跟踪反馈方法。在粗跟踪过程中,介绍改进的基于迭代的最大类间方差法(改进的 Otsu 算法)完成对目标的识别与提取。在精跟踪阶段鉴于对目标识别与跟踪的高速化及高精度要求,应用基于 CCD 细分技术的目标跟踪方法。

第五章 介绍基于光流场的具有复杂背景环境的运动检测方法。首先介绍常用的光流场计算方法,之后着重分析基于相关的光流场计算方法及其中存在的问题点。基于存在的问题点介绍“基于时间复数相关”和“基于空间复数相关”的两种改进光流场评估算法。真值的位置随噪声的增加逐渐落后在最高峰之后时,讨论怎样利用算法找到真值。介绍一系列的实验过程评价该算法对遮盖的鲁棒性、对信噪比提高的有效性、运动检测的可行性,最后介绍改进光流评估算法在车辆冲突检测中的应用。

第六章 介绍互补投票算法实现可信赖运动向量估计。

## 第二章 传统的运动检测和目标跟踪算法

### 2.1 传统的运动检测算法

运动目标识别与检测是从图像序列中获取目标的运动信息,并将其从图像提取出来。运动目标的检测方法主要有背景差分法、帧差分法、光流场法等几种比较常用的算法<sup>[35]</sup>。

#### 1. 背景差分法

背景差分法是利用当前图像与预存的背景图像作差分,再利用阈值来检测运动区域的一种动态目标识别技术。背景差分法的原理如图 2.1 所示,其处理流程如下:

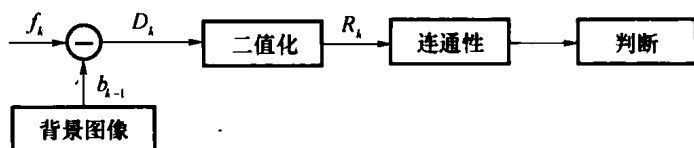


图 2.1 背景差分法实现运动目标的识别过程

(1) 利用下式计算背景图像  $b_{k-1}$  与当前图像  $f_k$  的差,即

$$D_k(x, y) = |f_k(x, y) - b_{k-1}(x, y)| \quad (2.1)$$

(2) 根据下式对差分结果图像  $D_k$  进行二值化,再对二值化之后的图像  $R_k$  进行连通性分析,即

$$R_k(x, y) = \begin{cases} 1 & D_k(x, y) > T \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (2.2)$$

当某一连通区域的面积大于一定的阈值  $T$  时,则认为检测到有目标出现,并且认为这个连通的区域就是提取出的目标<sup>[47]</sup>。

背景差分算法简单、易于实现,较适用于背景已知情况,但算法的难点是如何自动获得场景的静态背景模型。在实际的场景中,背景往往是非固定的,它会随着光照、非刚体运动以及背景物体的移入、移出等而动态变化,背景模型必须及时适应这些变化,才能正确的获取运动信息。如何高效地提取背景模型并对其进行实时更新是该类算法的主要研究内容。许多学者也都在致力于背景模型的研究,如 Stauffer 等提出的高斯混合模型<sup>[48]</sup>和 Stefano Messelodi 等人用卡尔