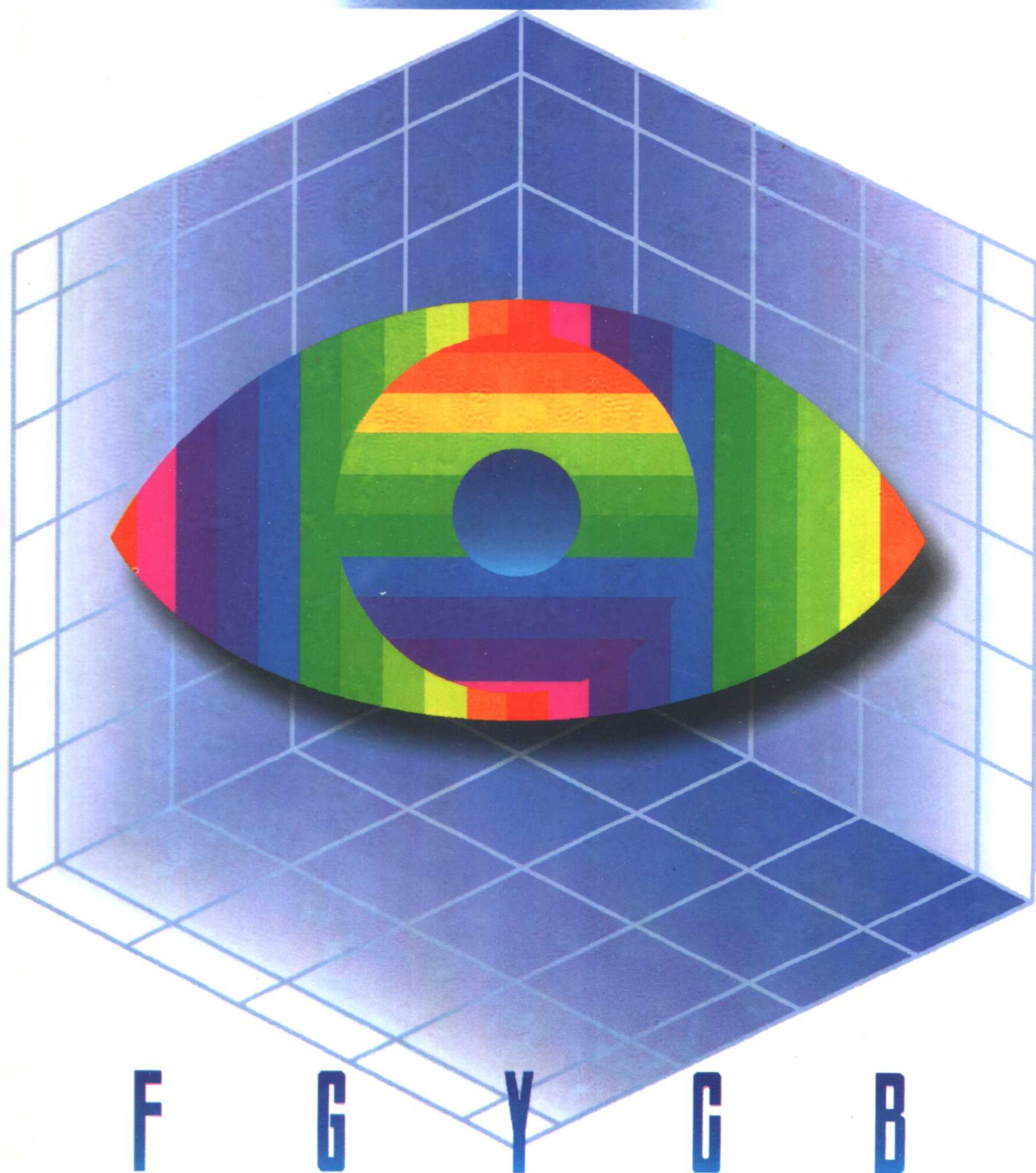


计 算 机 视 觉 与 模 式 识 别

JISUANJI SHIJUE YU MOSHI SHIBIE

郑南宁 著



计算机视觉与模式识别

郑南宁 著

图书在版编目(CIP)数据

计算机视觉与模式识别/郑南宁著. —北京:国防工业出版社,1998.3

ISBN 7-118-01791-4

I. 计… II. 郑… III. ①计算机视觉 ②模式识别-计算机应用 IV. TP391.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 14456 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 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 27¼ 621 千字

1998 年 3 月第 1 版 1998 年 3 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:45.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技发展具有较大推动作用的专著;密切结合科技现代化和国防现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合科技现代化和国防现代化需要的新工艺、新材料内容的科技图书。
4. 填补目前我国科技领域空白的薄弱学科和边缘学科的科技图书。
5. 特别有价值的科技论文集、译著等。

国防科技图书出版基金评审委员会在国防科工委的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技工业战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

国防科技图书出版基金 第二届评审委员会组成人员

名誉主任委员	怀国模		
主任委员	黄 宁		
副主任委员	殷鹤龄	高景德	陈芳允
	曾 铎		
秘 书 长	刘琯德		
委 员	尤子平	朱森元	朵英贤
(按姓氏笔划为序)	刘 仁	何庆芝	何国伟
	何新贵	宋家树	张汝果
	范学虹	胡万忱	柯有安
	侯 迁	侯正明	莫梧生
	崔尔杰		

前 言

计算机视觉正日益成为一门内容丰富的综合性学科,它在现代工业、国防、医学、空间技术等领域有着广泛的应用前景。计算机视觉在实际应用中很大程度上要依赖现代图像处理与模式识别技术,它们是各自性质不同,但又自成体系的研究领域。另外,在实用的机器视觉系统方面还需利用并行处理和超大规模集成电路(VLSI)技术。人们致力于研究计算机视觉与模式识别的理论与技术,一方面是为了使机器向更高的智能化方向发展,另一方面则是为了满足由人类生活环境中所提出的各种不同的需求。至今的研究成果表明,未来的计算机视觉系统和模式识别机器,尤其是在信息的高度并行分布式处理方面的进展,将更加依赖于对人脑功能正确地模拟,而且这可能为下一代计算机及机器智能的研究开辟出一条新的途径。本书正是按照这样一种思想而撰写的。本书的一个基本主题是强调认识和理解计算机视觉与模式识别领域之间的联系。如果一个计算机系统能够输入图像,并且仅能进行图像存储与一般处理,而不能完成视觉信息更高层次的处理,如分类、识别、描述等工作,就不能称其为计算机视觉系统。这也是将该书取名为《计算机视觉与模式识别》的理由之一。

目前已出版许多优秀的关于计算机视觉和模式识别的导论性的论著和教材,但对于从事计算机视觉和模式识别研究的工程技术人员和研究生来说,尚需要一种将两个领域联系起来的参考书,然而目前尚未见有适用的这种参考书。本书就是为了弥补这一缺陷而撰写的。本书在较为系统地介绍视觉信息处理、模式识别以及神经网络实现等方面的基本理论的基础上,力图介绍上述领域中目前正在发展的一些新理论和新技术,其中相当一部分内容是著者在这些领域长期从事研究的科研成果(如行驶车辆牌照及车型自动分类与识别系统曾获得国家科技进步二等奖;JZR-V精密装配机器人视觉系统获得国家科技进步二等奖;二维目标实时分析与跟踪系统(导弹弹头表面烧蚀外形图像分析)获国家发明四等奖;医用数字减影血管造影与图像处理系统获国家教委科技进步一等奖。这些系统中还包括著者研究小组研制的一些新颖的图像实时处理与视觉系统的硬件体系结构)以及推广应用这些成果的点滴体会。如果本书对读者在实际工作中有所补益,著者不胜欣慰。

全书共十三章,内容如下:

在第一章中著者结合自己的科研工作,讨论计算机视觉的发展与困难、计算机视觉研究的核心问题、传统 shape from X 方法的局限性与知识在视觉信息理解中的重要性,并提出用于视觉(高维)信息处理的神经计算机结构,尽管这一学术思想是很初步的,但著者明确指出要实现视觉高维数据处理中时-空域的自动增益控制机制,需要在神经计算机结构中采用多层反馈回路与选择性数据通道,这是一种有效的技术途径。

第二章介绍透视投影变换原理和图像的随机线性模型,并从工程应用角度讨论摄像

机运动控制以及摄像机标定方法。图像是视觉信息表示的一种物理形式,要认识图像产生及其携带信息的内在性质,必须用适当的数学模型来表征图像。对于许多从事计算机视觉应用的读者来说,该内容是一个基础,而且具有实际的参考意义。

我们知道,人类视觉系统的视网膜所感受到的是三维客观世界可见部分的二维投影图像,并依据左右两个二维视图进行三维的理解,在理解过程中,除了利用大量的先验知识之外,一种重要的信息就是物体形状的边缘,因而在计算机视觉的初期处理中,边缘检测是极为重要的内容。由于边缘检测是在局部区域上对“点”的运算,表现为一种典型的信号处理问题。为了抑制不必要的边缘噪声,又要尽可能地保留复杂形状的边缘,边缘检测往往需要复杂的算法来实现尺度空间的变化。第三章详细讨论马尔-希尔德累思(Marr-Hildreth)、边缘聚焦方法、坎尼(Canny)边缘检测算子和基于梯度信息的自适应平滑滤波方法,这类方法不论是对灰度图像处理,还是对距离图像分析都是很有有效的。该章的内容对于从事图像处理应用的许多读者来说具有重要的参考价值和实际的指导意义。

图像分割是计算机视觉研究领域极为重要的内容,它涉及到视觉信息处理的初期和中期过程。近10多年来,许多学者将计算机视觉研究的重点放在诸如Shape from X等问题上,这些技术都隐含地假设分割问题已经解决或者认为不存在分割问题,而大量的实际问题说明这些假设是不正确的,不解决分割问题,一些技术不可能成功应用在实际的图像分析与理解中。因此,本书将图像分割问题的讨论作为第四章的内容,深入讨论图像分割的模型、理论与算法,详细介绍基于广义熵映射的图像分割方法和一种用于图像分割的并行自适应层次化模型。并行自适应层次化模型是一种将局部并行区域感知与全局随机统计最佳逼近相结合的图像分割新方法。该方法已经成功地应用在汽车牌照的自动识别、羊皮纹理分析等实际的计算机视觉系统中。第四章还介绍一种基于加博(Gabor)滤波器的纹理分割方法,加博函数是唯一能够达到时频测不准关系下界的函数,应用加博函数可以较完整地描述生物初级视觉的简单神经元的感受野特性。

几何形状是景物的基本内在特性,利用它能推导出诸如边界、表面法线等其他特性。因此,形状分析与描述的算法是计算机视觉层次结构中的一个基本部分。第五章在讨论传统的形状描述与分析方法的基础上,介绍了一种基于边界斜率的二维几何形状分析与描述方法,该方法根据边界法向矢量的变化规律,将形状曲线的拟合变换成对边界特征斜率的直线拟合,并依据最小二乘误差原理,给出具有约束条件的边界基元参数的估计。上述形状分析与描述的新方法已经成功地应用于导弹弹头表面烧蚀外形的图像分析。

正如前面所指出的,我们研究与发展计算机视觉的根本目的之一是为了满足人类生活环境所提出的各种不同需求,这就意味着计算机视觉研究领域的发展在很大程度上依赖于实际应用的需求。孤立地研究计算机视觉的理论,不把它放到与实际应用相关的环境中去验证,当然不会产生令人信服的理论和方法,一些算法也只能停留在实验室阶段。基于上述的认识,著者在深入开展有关初级视觉模型、图像分割、视觉信息处理与理解、选择性注意机制等理论研究的同时,重视具有明确的应用背景的应用基础研究和实际应用系统的研究与开发。三维感知与匹配和运动立体算法是当前计算机视觉应用研究中两个十分活跃的领域。在第六、七章分别就三维机器感知、运动视觉展开了讨论,详细叙述和总结了当前一些成熟或正在发展的三维数据获取方法和运动视觉的建模与估计方法,并根据生物视觉系统的运动感知原理,讨论了一种基于非线性侧抑制的运动检测模型。第八章

详细介绍用于机器人装配作业的基于 CAD 模型的三维机器视觉,讨论一种新的基于线段快速匹配的立体视觉算法和深度信息提取方法。在工件装配和检测这类工程应用中,利用 CAD 模型或环境的几何模型能够精确描述视觉系统的处理对象的工作环境,并为专用视觉系统提供了一定范围的灵活性。

人工神经网络表现出类似人脑的学习、归纳与分类的能力,以及并行分布式处理方式,使传统的模式识别方法受到挑战与冲击。目前在模式识别的研究中,所面临的一个突出问题是如何利用这种并行分布式处理方法来解决不确定性问题。因此,第九章重点讨论神经网络模型,并介绍著者对混沌状态下的霍普菲尔德(Hopfield)神经网络模型控制方法的研究。第十、十一章较为全面、系统地阐述在模式识别中具有十分重要应用意义的前馈多层网络的结构、设计与性质。第十章进一步深入讨论前馈网络的学习算法以及网络的大小与网络的推广能力。第十一章侧重于讨论用于多类模式决策问题的前馈多层网络的特征提取准则与贝叶斯决策的关系。从该章的内容可以看到,广义线性决策函数可以在前馈多层网络的并行分布式处理方式中通过推断得到。第十二章通过神经网络在遮挡工件识别中的应用实例,介绍了一种新的自组织-时滞混合神经网络模型。

第十三章阐述小波变换初级视觉信息处理的理论框架,讨论基于视觉早期过程的多频率通道概念和小波的初级视觉模型,应用香农(Shannon)小波分解的纹理主频检测方法,以及如何实现视觉系统的注视和选择性注意力的机制。该章一部分内容是第一章中著者有关视觉高维数据处理的学术思想的进一步展开。著者在从事计算机视觉的研究工作中,始终考虑着这样一个问题:怎样利用知识,怎样将人的某些视觉感知功能赋予机器。视觉信息的神经计算结构和基于小波变换初级视觉模型的提出正是著者试图从实践上探讨这一问题所迈出的一小步。在这一研究方向上,著者研究的重点是如下两个问题:①选择性与注意力机制是怎样在初级视觉信息处理中产生作用的;②如何将这些组织原则映射到基于 VLSI 的高度并行的神经计算的阵列结构中。解决复杂的视觉任务需要多种信息的融合及利用许多约束条件和知识,这就导致如何利用不同层次的知识以及自动组织具有连续特性的结构问题。目前这一方面的研究尚处于发展阶段,有待于形成统一的理论和方法。

我们研究计算机视觉的主要目标有两个:一是理解我们人类的视觉;二是开发能从图像数据自动构成场景描述的图像理解系统,满足人类生活环境中所提出的各种需求。目前我们对视觉机理的理解还落后于处理手段的发展,如何将人类视觉的一些初级功能赋予机器,如选择性注意力机制、多尺度变换等仍然是当前计算机视觉理论的研究重点。现在计算机视觉的基础理论研究尚在探索和形成中,著者认为应加强这一领域基础理论的研究,如不注意基础研究,就会使应用技术研究成为无源之水、无本之木,就无法形成一门具有坚实理论的学科。但是应用的需求才能进一步推动计算机视觉学科的发展,实际应用是技术发展最重要的因素。因此,在计算机视觉的研究中,一方面应加强理论研究,以形成统一的理论框架,这是一项十分艰巨的任务,而另一方面应重视实验与应用工作,促进计算机视觉技术能够得到更广泛、更深入的发展。

著者所从事的与本书有关的研究工作曾先后得到国家自然科学基金、国家“863”高技术计划、国家教委《跨世纪人才计划》基金、电子部军事预研基金、国家教委博士点基金和优秀青年教师基金的资助。著者在科研工作中得到中国工程院院士蒋新松教授、中国科

学院院士张钹教授、国家模式识别实验室主任马颂德教授、同济大学计算机学院宣国荣教授、中国科学院自动化所李耀通教授的热情关心、支持和帮助,在此谨致以最诚挚的感谢。另外,本书还参考和引用了一些论文和资料,在此一并表示衷心的感谢。

由于计算机视觉正在迅速发展之中,加之篇幅所限,本书的内容取材一定会有不足之处。另外,书中著者的某些学术观点也是一家之言,不妥之处亦在所难免,殷切希望诸位专家和广大读者批评指正。

著者 于西安交通大学
人工智能与机器人研究所

内 容 简 介

本书系统、深入地介绍计算机视觉与模式识别研究领域中的基础理论及各种新的处理方法与技术。全书共十三章:第一章概述计算机视觉与模式识别的基本研究内容、特点、应用、现状与未来,强调认识和理解计算机视觉与模式识别研究领域之间的联系;第二章介绍图像生成的几何模型、统计特性以及摄像机标定与运动控制方法;第三、四、五、六、七、八章分别讨论视觉信息处理与理解的若干基本方法:边缘检测与自适应平滑滤波、图像分割、形状描述与分析、三维感知、运动视觉、基于 CAD 模型的三维机器视觉;第九、十、十一、十二章分别讨论与计算机视觉和模式识别学科的未来发展有着密切关系的一个新的研究分支——神经网络模型以及前馈网络的学习算法与特征提取;第十三章讨论视觉早期过程的多频率通道模型和基于小波变换的初级视觉模型,介绍一种闭环视觉系统与视觉的选择性注意力机制。

本书可供从事智能控制与模式识别研究的研究人员及工程技术人员参考,也可供信息处理、自动控制、生物医学工程及计算机应用等专业的高年级学生和研究生阅读。

目 录

第一章 引论	1
§ 1.1 计算机视觉的研究内容与困难	1
1.1.1 计算机视觉研究的基本内容与核心问题	1
1.1.2 传统 Shape from X 方法的局限性与知识在视觉信息理解中的重要性	3
§ 1.2 计算视觉的正则化理论	5
1.2.1 初级视觉与不适定问题	6
1.2.2 正则化理论的局限性	7
§ 1.3 模式识别与神经网络	8
1.3.1 模式识别的基本概念	8
1.3.2 神经网络与神经计算	9
1.3.3 神经元平行处理与正则化方法	11
§ 1.4 神经计算机在(视觉)高维数据处理中的应用	11
1.4.1 自适应增益控制(AGC)	11
1.4.2 AGC 的硬件实现	12
1.4.3 高层次处理的广义 AGC	13
1.4.4 数据选择引导	13
第二章 图像表征与摄像机标定	14
§ 2.1 透视投影变换	14
2.1.1 景物-图像的几何模型(3-D-2-D)	14
2.1.2 齐次坐标表示	16
2.1.3 透视投影中的直线与平面	18
2.1.4 任意坐标系中物体点的表示	18
2.1.5 2-D 图像平面之间的变换	20
§ 2.2 摄像机的标定	22
2.2.1 应用齐次坐标的摄像机标定	23
2.2.2 考虑透镜径向畸变的摄像机标定	24
2.2.3 利用径向排列约束(RAC)计算摄像机外部和内部参数	27
2.2.4 机器人手-眼(eye-on-hand)系统中摄像机相对机器人手臂空间位置的标定	31
§ 2.3 摄像机的运动控制模型与算法	34
2.3.1 摄像机运动对图像平面点位置变化的影响	35
2.3.2 摄像机运动的控制算法	38
§ 2.4 图像的随机线性模型	40
2.4.1 图像的随机场描述	41
2.4.2 图像的线性模型	41
2.4.3 图像的空变模型	44

2.4.4 统计过程	44
2.4.5 基于线性模型和高斯型白噪声的 PDF 的形式	45
第三章 边缘检测	49
§ 3.1 边缘检测的基本概念	49
§ 3.2 基于经典微分算子的边缘检测	52
3.2.1 基于一阶微分的边缘检测算子	52
3.2.2 二阶微分——拉普拉斯算子	54
§ 3.3 LOG 滤波器与马尔-希尔德累思(Marr-Hildreth)边缘检测算子	56
3.3.1 LOG 滤波器	56
3.3.2 LOG 滤波器的计算实现	59
§ 3.4 多灰度图像的边缘聚焦法	61
3.4.1 “边缘聚焦”的基本思想	62
3.4.2 “尺度空间”中的轮廓性质(轮廓变形与变形速度)	63
3.4.3 边缘聚焦算法	65
§ 3.5 坎尼(Canny)边缘检测算子	66
3.5.1 坎尼算子的基本原理	66
3.5.2 坎尼算子的计算实现	67
§ 3.6 基于梯度信息的自适应平滑滤波	69
3.6.1 自适应平滑的基本原理	69
3.6.2 自适应平滑算法	71
3.6.3 自适应平滑特征增强的边缘提取	73
3.6.4 高阶不连续性的保持	78
第四章 图像分割模型与算法	80
§ 4.1 图像分割的一般模型	80
4.1.1 图像分割的一般模型	80
4.1.2 图像分割的一般算法	81
§ 4.2 灰度阈值分割法	82
4.2.1 灰度阈值分割的基本概念	82
4.2.2 简单阈值运算	82
4.2.3 最佳阈值选择	84
§ 4.3 区域生长	86
4.3.1 区域生长的基本概念	86
4.3.2 用平均灰度分割	87
4.3.3 基于相似统计特性的分割	89
§ 4.4 纹理结构分析	89
4.4.1 用空间自相关函数表示纹理结构	90
4.4.2 傅里叶功率谱法	90
4.4.3 联合概率矩阵(灰度共生矩阵)法	92
4.4.4 纹理结构的句法分析方法	94
4.4.5 子图像大小的选择	95
§ 4.5 基于二维随机线性模型的图像区域分类与分割	96

4.5.1	图像分类	96
4.5.2	图像分割	97
§ 4.6	用于图像分割的并行自适应层次化网络模型	99
4.6.1	并行自适应层次化图像分割网络模型	99
4.6.2	并行局部特征矢量计算	100
4.6.3	自组织均一化特征矢量聚类	101
4.6.4	基于全局分布特性的聚类决策	102
§ 4.7	应用加博(Gabor)滤波器的纹理分割方法	104
4.7.1	加博函数	105
4.7.2	一维加博滤波器参数与一维纹理结构的关系	106
4.7.3	二维加博滤波器与纹理结构的关系	110
4.7.4	用于纹理分割的自适应加博滤波器的设计与实践	114
§ 4.8	基于广义熵映射的图像分割方法	124
4.8.1	广义熵映射(GEM)模型	124
4.8.2	GEM 在图像分割中的应用	129
第五章	形状分析与描述	130
§ 5.1	区域描述	130
5.1.1	傅里叶描绘子	130
5.1.2	基本几何描绘子	131
5.1.3	矩描绘子	132
5.1.4	拓扑描绘子	134
5.1.5	相似性描述	136
5.1.6	区域投影描述	137
5.1.7	基于傅里叶变换与梅林(Mellin)变换的几何形状 RST 不变性描述	139
§ 5.2	图像描述的四叉树结构方法	140
5.2.1	四叉树基本概念	141
5.2.2	四叉树的建立	142
§ 5.3	基于数学形态学的形状分析	143
5.3.1	图像形态学的闵可夫斯基(Minkowski)算子	143
5.3.2	闵可夫斯基算子在图像数据处理中的基本应用	148
5.3.3	复合结构元素的形态学算子的实现	151
5.3.4	图像的骨架化	151
§ 5.4	区域边界的霍夫变换与广义霍夫变换	154
5.4.1	霍夫变换的基本思想	154
5.4.2	线段检测	155
5.4.3	圆检测	156
5.4.4	椭圆检测	157
5.4.5	广义霍夫变换与任意形状检测	159
§ 5.5	基于边界斜率的二维目标形状分析与描述	160
5.5.1	二维形状分析与描述问题	160
5.5.2	二维形状边界曲线提取与曲线基元分割	161
5.5.3	基元参数估计	163

5.5.4 实验结果与讨论	165
第六章 计算机视觉的三维感知	169
§ 6.1 被动立体测定技术	169
6.1.1 光度体视测定法	169
6.1.2 由明暗恢复形状	173
6.1.3 由纹理和轮廓恢复形状	176
6.1.4 被动立体测距技术	179
6.1.5 根据单幅灰度图像的测距	182
§ 6.2 主动立体测定技术	183
6.2.1 结构光(光条法与主动立体视觉)	183
6.2.2 莫尔阴影	184
6.2.3 飞行时间法(TOF)	185
6.2.4 三角测距法	187
6.2.5 散焦测距法(Range from Defocusing)	190
第七章 运动视觉的建模、检测与估计	192
§ 7.1 图像运动特征提取的基本方法	193
7.1.1 差分图像	193
7.1.2 三元(Ternary)运动描述	194
7.1.3 累积差分图像	194
7.1.4 图像变化检测	194
7.1.5 运动边缘检测	194
7.1.6 时空运动的频域分析	195
§ 7.2 由局部光流恢复结构与运动参数估计	196
7.2.1 光流的基本特性	196
7.2.2 光流模型的基本方程	200
7.2.3 基于局部光流的运动估计	203
§ 7.3 由全局光流场数据估计运动参数	207
7.3.1 已有运动参数估计方法的回顾	207
7.3.2 含有平移与旋转的光流约束方程	209
7.3.3 光流场环流的计算	210
7.3.4 FOE 搜索算法	212
7.3.5 环流算法与 FOE 算法的比较	217
§ 7.4 三维运动与结构估计	218
7.4.1 刚性物体假设	219
7.4.2 正交投影的运动分析	219
7.4.3 透视投影的运动分析(单目图像)	221
7.4.4 已知噪声分布的最优运动估计	223
7.4.5 未知噪声分布的最优运动估计	224
7.4.6 最优运动与结构估计的计算方法	226
§ 7.5 由运动与立体观测恢复 3-D 结构	227
7.5.1 运动与立体的组成模型	227
7.5.2 刚体环境中应用多摄像机的其他方法	229

§ 7.6 基于生物视觉运动感知原理的多速度运动检测	230
7.6.1 生物视觉运动感知的基本特征——方向选择性、速率选择性和侧抑制机制	230
7.6.2 具有速度选择性的运动检测子	232
7.6.3 MIVD 的响应特性	234
7.6.4 一维多速度运动检测神经网络	240
7.6.5 并行分层二维多速度运动检测模型	243
第八章 基于 CAD 模型的三维机器视觉	248
§ 8.1 特征提取	248
8.1.1 链码边界跟踪	249
8.1.2 直线特征提取	249
8.1.3 用离散点拟合直线方程	250
§ 8.2 基于线段快速匹配的立体视觉	253
8.2.1 成像几何	253
8.2.2 基于线段特征的局部匹配	256
8.2.3 利用线段结构关系的全局约束——最小深度误差准则	259
8.2.4 深度恢复	262
§ 8.3 基于 CAD 几何模型的三维物体识别	264
8.3.1 CAD 建模的基本概念	264
8.3.2 几何模型描述	266
8.3.3 面特征提取	269
8.3.4 点-线-面三级结构的图像数据快速匹配	271
8.3.5 空间变换矩阵的快速估计	273
8.3.6 假设检验与 R 、 T 矩阵的精确求解	274
第九章 神经网络模型	277
§ 9.1 生物神经元	277
§ 9.2 人工神经元的基本模型	279
9.2.1 基本的神经元模型——麦卡劳奇-皮茨(McCulloch-Pitts)模型	279
9.2.2 神经元的福岛(Fukushima)模型	281
9.2.3 自适应线性神经元(Adaline)	282
9.2.4 单层感知机	286
9.2.5 霍普菲尔德(Hopfield)模型	289
9.2.6 格罗斯伯格(Grossberg)模型	291
9.2.7 广义的神经元模型	292
9.2.8 人工神经元的离散时间模型	292
§ 9.3 人工神经网络模型	294
9.3.1 人工神经网络模型的基本特征和分类	294
9.3.2 前馈多层感知机	296
9.3.3 霍普菲尔德人工神经网络及其修正形式	298
9.3.4 离散时间霍普菲尔德模型	304
§ 9.4 混沌状态下的神经网络模型的控制——一种信息融合的新方法	308
9.4.1 网络模型及其演化方程	309
9.4.2 网络的控制	310

9.4.3 用于信息融合的双模块模型	313
9.4.4 讨论	314
第十章 前馈网络的学习算法与网络的推广能力	315
§ 10.1 广义学习规则与 B-P 学习算法	315
10.1.1 单层感知机的学习	315
10.1.2 多层感知机的标准 B-P 学习算法	318
10.1.3 带动量更新的 B-P 学习算法	323
10.1.4 成批学习算法	323
10.1.5 在线和成批处理的比较	324
10.1.6 在隐含层内具有可变数目神经元的 B-P 学习算法	325
§ 10.2 快速 B-P 学习算法	326
10.2.1 具有自适应激活函数斜率的 B-P 学习算法	326
10.2.2 搜索-收敛策略	326
10.2.3 平均方法	327
10.2.4 学习速率和/或动量率的整体自适应	327
10.2.5 学习率的局部自适应	329
10.2.6 快速传播算法(Quickprop)	330
§ 10.3 单个神经元的广义学习算法	330
10.3.1 基本概念	330
10.3.2 广义 LMS 学习规则	331
10.3.3 势学习规则	334
10.3.4 相关学习规则	334
10.3.5 赫布学习规则	334
10.3.6 奥贾(Oja)学习规则	335
10.3.7 标准感知机学习规则	335
10.3.8 广义的感知机学习规则	335
§ 10.4 前馈网络的隐结点个数与网络推广能力的关系	336
10.4.1 网络结构与配置	336
10.4.2 网络的容量与任务的复杂度	337
10.4.3 网络的学习和推广	338
10.4.4 配置容量与学习概率的计算	339
10.4.5 网络的推广能力与网络大小的关系	340
第十一章 模式识别的贝叶斯决策方法与前馈网络的特征提取准则	343
§ 11.1 贝叶斯决策理论	343
11.1.1 贝叶斯规则	343
11.1.2 贝叶斯决策与条件风险	344
11.1.3 二类问题的最小风险的贝叶斯检验	345
11.1.4 分类器与决策函数	346
11.1.5 误识概率	350
§ 11.2 正态密度的决策函数	351
11.2.1 正态密度	351
11.2.2 决策函数	352

§ 11.3 前馈网络的特征提取准则与贝叶斯决策	353
11.3.1 最小均方模式分析	354
11.3.2 前馈网络的非线性分析	357
11.3.3 极小化误差函数的物理意义与广义的网络特征提取准则	359
11.3.4 求和规则	360
11.3.5 模式加权与编码技术	361
第十二章 自组织-时滞混合神经网络模型及其应用	365
§ 12.1 自组织-时滞混合神经网络模型的基本结构	365
12.1.1 网络的输入——角特征矢量	366
12.1.2 自适应-时滞单元混合网络的结构	367
§ 12.2 网络的学习算法与识别过程	367
12.2.1 网络的学习算法	367
12.2.2 网络的识别过程	369
12.2.3 实验结果	370
12.2.4 讨论	372
第十三章 基于小波变换的初级视觉信息处理	374
§ 13.1 人的视觉信息处理及其初级视觉过程的多频率通道模型	374
13.1.1 人的视觉感知的基本原理	374
13.1.2 初级视觉过程的多频率通道	376
§ 13.2 小波变换及其快速算法	377
13.2.1 小波分析	377
13.2.2 时间-频率窗	378
13.2.3 二进小波及其快速算法	380
§ 13.3 多分辨率分析	382
13.3.1 多分辨率逼近	382
13.3.2 多分辨率变换的实现	383
13.3.3 正交小波表示	384
13.3.4 正交小波表示的实现	385
13.3.5 由正交小波表示对信号进行重建	386
§ 13.4 图像的正交小波表示	386
13.4.1 图像的正交小波分解	386
13.4.2 应用小波的图像重建	388
13.4.3 小波分解的一种快速算法	389
§ 13.5 基于巴布(Bubble)小波的多尺度边缘提取	390
13.5.1 侧抑制现象与一维巴布函数的时频特性	390
13.5.2 二维巴布小波函数的构造及快速算法	392
13.5.3 多尺度边缘提取实例	393
§ 13.6 应用香农(Shannon)小波包分解的纹理主频检测	396
13.6.1 应用小波包对纹理主频的检测	396
13.6.2 香农小波包	397
13.6.3 香农小波包的快速分解算法	399
13.6.4 应用香农小波包分解的纹理主频检测	401