

机器视觉 研究与发展

赵 鹏 著



科学出版社

机器视觉研究与发展

赵 鹏 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书涉及机器视觉中的主要研究内容,系统介绍了机器视觉的基础理论、关键技术和应用范例。本书的前4章主要介绍了机器视觉的基本概念、空间几何变换、边缘检测及摄像机标定,这4章内容是从事机器视觉研究应该具备的基础知识;第5章和第6章侧重于机器视觉计算领域,涉及图像融合和视觉模型融合与跟踪这两个热点领域;第7章和第8章侧重于机器视觉精密测量领域,具体讨论了基于视觉的几何量精密测量和运动物体速度精密测量这两个实际工程应用问题;第9章介绍了机器视觉在农业工程中的典型应用范例,即农作物杂草分类识别;第10章介绍了光笔式三维坐标视觉测量系统及其在几何量测量中的应用;第11章介绍了电子稳像技术的常用方法;第12章介绍了激光雷达三维成像技术的原理及应用前景。

本书可作为光学工程、自动化及仪器仪表、电子信息工程等专业的二年级本科生和研究生的教材及参考书,也可供从事机器视觉相关研究工作的研究人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机器视觉研究与发展/赵鹏著. —北京:科学出版社,2012.8
ISBN 978-7-03-035323-8

I. ①机… II. ①赵… 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 191483 号

责任编辑:孙 芳 张海丽 / 责任校对:钟 洋
责任印制:张 倩 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年8月第一版 开本:B5(720×1000)

2012年8月第一次印刷 印张:19

字数:367 000

定价:65.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

随着信号处理技术、计算机应用技术、精密测量技术的快速发展,机器视觉得到了广泛的重视与应用。它具有非接触、实时性、可视化好、自动化、智能性高等优点,在科学研究和工程实践中具有广泛的应用前景,逐渐受到研究人员的高度重视。

机器视觉是学科交叉研究领域,研究内容和研究方法涉及光学工程、图像处理、模式识别、信号处理、人工智能、仪器仪表、机器人学、自动化等诸多学科领域。本书按照机器视觉所涉及的基础理论及最新应用成果来安排章节,比较系统地阐述了机器视觉的基础理论、关键技术及最新应用实例。与同类书籍比较,本书既比较系统地论述了机器视觉理论及算法,又详细地介绍了机器视觉最新的工程应用实例。

本书各章节按照由视觉模型到视觉系统、由视觉算法到视觉应用、由单传感器视觉到多传感器视觉的顺序进行排序,体现从简到繁、从浅到深、从理论到实际的特点,力求具有层次性、系统性、先进性和实用性。第1章介绍了机器视觉的发展及系统构成,阐述了 Marr 的视觉理论框架,并讨论了机器视觉的应用领域与面临的问题。第2章介绍了射影变换、仿射变换、比例变换、欧氏变换等空间几何变换的一些常用结论以及各种变换的不变量性质。另外基于中心射影变换,还介绍了摄像机的线性模型和非线性模型,并对摄像机透视投影的各种线性近似模型和应用条件进行了讨论。第3章介绍了边缘检测的各种方法,并讨论了角点探测器、圆及椭圆图像中心点提取、空间椭圆中心图像位置提取、形状特征提取以及给定形状曲线的检测等问题。第4章介绍了摄像机标定的各种常用方法、双目立体视觉原理及其对应点匹配方法。第5章讨论了图像融合的基本层次和框架,重点论述了像素级融合的常用方法,说明了作者提出的基于数学形态学处理的像素级融合理论及应用。在此基础上,第6章介绍了变形轮廓线模型及作者提出的基于图像融合的变形轮廓线模型理论及应用,重点阐述了基于像素级融合的主动轮廓线在运动物体轮廓跟踪及轮廓提取领域的研究及应用。第7章介绍了基于机器视觉的微小物体表面积和周长精密测量技术,分别应用参数型和短程线变形轮廓线模型实现了单个不规则物体和多个不规则物体的几何量精密测量。第8章介绍了图像模糊的产生机理及其在运动物体速度测量中的最新应用研究,列举分析了最新的关于使用模糊图像信息进行物体平移运动速度和旋转运动速度测量的研究成果以及作者提出的速度测量改进方法。第9章阐述了机器视觉在杂草识别领域的应用,

全面论述了杂草颜色特征识别、形状特征识别、纹理特征识别、光谱特征识别、多特征融合识别及作者提出的模糊信息识别技术。第 10 章介绍了一种便携式三维坐标视觉测量系统——光笔式三维坐标视觉测量系统,论述了系统的测量原理及关键技术环节,进一步介绍了基于光笔式测量系统的曲面物体表面积及周长精密测量方法。第 11 章讲述了电子稳像技术的基本方法和应用领域,具体讨论了块匹配法、位平面法等运动估计算法。第 12 章论述了激光雷达三维成像技术的基本原理及其应用意义。

作者近年来在这些领域进行了深入系统的研究,取得了一些重要研究成果。在相应的章节中,作者对这些研究成果都作了详细论述。因此,和机器视觉同类书籍比较,本书具有较强的新颖性、先进性和实用性。本书的研究工作得到了作者主持的科研项目的资助,具体包括:一项哈尔滨市青年科技创新项目(2008RFGXG005)、两项中央高校基本业务费专项基金(DL09CB11,DL12DB06)、一项科技部北京理工大学 973 计划项目横向课题、一项黑龙江省自然科学基金面上项目(F201005)、一项东北林业大学青年拔尖人才计划基金、一项黑龙江省博士后科研启动金(LBH-Q10162)及一项中国博士后科研基金面上项目(2011M500629),在此对批准这些研究基金和研究计划的相关行政部门表示真诚感谢。在本书编写过程中,得到了有关专家和同事的帮助,这里对他们也表示感谢。

由于作者研究水平有限,经验不足,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 引论	1
1.1 机器视觉的发展及系统构成	1
1.1.1 机器视觉的发展	1
1.1.2 机器视觉系统构成	2
1.2 Marr 的视觉理论框架	5
1.2.1 视觉系统研究的三个层次	5
1.2.2 视觉信息处理的三个阶段	6
1.3 机器视觉的应用领域及面临的问题	8
1.3.1 机器视觉的应用领域	9
1.3.2 机器视觉面临的问题	9
参考文献	11
第 2 章 空间几何变换与摄像机模型	12
2.1 空间几何变换	12
2.1.1 齐次坐标	12
2.1.2 射影变换	13
2.1.3 仿射变换	14
2.1.4 比例变换	15
2.1.5 欧氏变换	16
2.2 几何变换的不变量	16
2.2.1 简比与交比	17
2.2.2 不变量	17
2.3 欧氏空间的刚体变换	20
2.3.1 刚体变换过程	20
2.3.2 旋转矩阵的表示形式	21
2.4 摄像机透视投影模型	23
2.4.1 图像坐标系、摄像机坐标系与世界坐标系	23
2.4.2 针孔成像模型	25
2.4.3 非线性模型	26
2.5 摄像机透视投影近似模型	27

2.5.1	正投影	27
2.5.2	弱透视	28
2.5.3	平行透视	29
2.5.4	仿射摄像机	31
	参考文献	32
第3章	视觉图像特征信息提取	33
3.1	图像边缘与图像平滑	33
3.1.1	图像边缘	33
3.1.2	图像平滑滤波	35
3.2	一阶微分边缘检测算子	37
3.2.1	梯度	37
3.2.2	边缘算子	38
3.3	二阶微分边缘检测算子	42
3.3.1	拉普拉斯算子	42
3.3.2	LoG算子	44
3.4	子像素级边缘检测	46
3.4.1	Hessian矩阵法	47
3.4.2	曲面拟合法	50
3.5	角点探测器	51
3.5.1	K-R法	51
3.5.2	图像灰度法	52
3.5.3	简单算法	54
3.6	形状特征分析	55
3.6.1	矩形度	55
3.6.2	球状性	55
3.6.3	圆形性	55
3.6.4	中心矩	56
3.6.5	长轴	57
3.7	椭圆孔图像中心的提取	58
3.7.1	重心法	58
3.7.2	椭圆拟合法	59
3.8	给定形状曲线的检测——Hough变换	60
3.8.1	简单形状曲线的检测	60
3.8.2	复杂形状曲线的检测	63
	参考文献	64

第 4 章 摄像机标定与双目立体视觉	66
4.1 非线性优化方法	66
4.1.1 非线性优化目标函数	67
4.1.2 最小二乘法	67
4.1.3 Levenberg-Marquardt 算法	71
4.1.4 罚函数法	73
4.2 基于三维立体靶标的摄像机标定	73
4.2.1 线性模型摄像机标定	73
4.2.2 非线性模型摄像机标定	77
4.3 双目立体视觉原理	77
4.3.1 双目立体视觉三维测量原理	78
4.3.2 双目立体视觉数学模型	79
4.4 双目立体视觉中的对应点匹配	82
4.4.1 图像匹配的常用方法	82
4.4.2 已知极线几何的对应点匹配方法	84
4.4.3 未知极线几何的对应点匹配方法	85
参考文献	90
第 5 章 视觉计算与融合理论	92
5.1 引言	92
5.2 融合处理中需要考虑的问题	92
5.3 融合方法概论	94
5.3.1 信号级融合方法	94
5.3.2 像素级融合方法	96
5.3.3 特征级融合方法	104
5.3.4 决策级融合方法	105
5.4 模式识别与信息融合	107
5.4.1 视觉信息融合	107
5.4.2 视觉与触觉融合	108
5.4.3 视觉与红外信息融合	109
5.4.4 自动目标识别	109
5.4.5 移动机器人的感知信息融合	110
参考文献	111
第 6 章 基于图像融合的变形轮廓线	114
6.1 引言	114
6.2 变形轮廓线概述	114

6.2.1	主动轮廓线	114
6.2.2	动态轮廓线	115
6.3	B样条动态轮廓线	116
6.4	基于图像融合和微分耦合机制的动态轮廓线	124
6.4.1	基于 Lagrangian 动力学原理的微分耦合动态轮廓线	124
6.4.2	微分耦合机制的局限性	127
6.4.3	基于图像融合和微分耦合的动态轮廓线	128
6.4.4	实验结果	129
6.5	基于图像融合和 B 样条曲线范数极小化的动态轮廓线	131
6.5.1	B 样条形状空间	132
6.5.2	自适应卡尔曼滤波	132
6.5.3	基于 B 样条曲线范数极小化的图像融合	133
6.5.4	实验结果	134
6.6	基于图像融合的运动目标轮廓提取	136
6.6.1	运动目标分割	137
6.6.2	特征级融合	139
6.6.3	实验结果	140
6.7	基于图像融合的多分辨率动态轮廓线	140
6.7.1	多分辨率图像像素级融合	141
6.7.2	基于多分辨率对比度分解的图像融合	143
6.7.3	基于图像融合的多分辨率动态轮廓线	145
6.7.4	动态轮廓线与目标运动速度的关系	147
6.7.5	实验结果	149
6.8	基于图像融合和形状约束机制的主动轮廓线	153
6.8.1	基于能量极小化原理的参数型主动轮廓线	153
6.8.2	形状约束主动轮廓线及其局限性	153
6.8.3	基于图像融合和形状约束的主动轮廓线	154
6.8.4	实验结果	155
	参考文献	156
第 7 章	基于变形轮廓线的微小物体表面积周长精密测量	159
7.1	引言	159
7.2	二维图像测量机研究现状	159
7.3	二维图像测量机	160
7.3.1	总体结构与原理	160
7.3.2	图像式自动调焦瞄准系统	161

7.3.3 调焦评价函数的确定	162
7.3.4 二维图像测量机的工作方式	163
7.4 基于动态轮廓线的物体表面积周长测量	164
7.4.1 图像目标的像素面积计算概述	164
7.4.2 基于动态轮廓线的物体表面积计算方法	166
7.4.3 基于动态轮廓线的物体周长计算方法	167
7.5 像素尺寸当量的标定	167
7.5.1 概述	167
7.5.2 形心自标定技术	168
7.6 基于多分辨率动态轮廓线的物体表面积周长测量	169
7.6.1 多分辨率动态轮廓线	169
7.6.2 实验结果	171
7.7 基于短程线主动轮廓线的多物体面积周长并行测量	173
7.7.1 短程线主动轮廓线概述	173
7.7.2 基于短程线主动轮廓线的像素面积及周长的计算方法	175
7.7.3 实验结果	176
参考文献	179
第 8 章 运动模糊图像恢复及其在运动物体速度测量中的应用	181
8.1 运动模糊图像恢复综述	181
8.2 应用区域划分法进行空间可变运动模糊图像恢复研究	183
8.2.1 奇偶场图像提取及运动偏移量的计算	184
8.2.2 区域空间不变运动模糊图像恢复	185
8.2.3 实验结果	186
8.3 采用运动模糊图像信息进行物体速度精密测量	188
8.3.1 基于运动模糊的物体旋转速度测量	188
8.3.2 基于车载摄像机采集运动模糊图像的车辆平移速度测量	190
8.3.3 基于公路两侧安装摄像机采集运动模糊图像的车辆平移速度测量	192
8.3.4 考虑车辆运动模糊与摄像机离焦模糊耦合时的车辆速度测量	195
8.3.5 采集单幅隔行扫描 CCD 图像进行车辆速度测量	198
8.4 运动模糊图像的模糊参数识别	199
8.4.1 不带噪声的运动模糊图像参数辨识	200
8.4.2 带高斯噪声的运动模糊图像参数辨识	202
8.4.3 仿真实验	203
8.4.4 运动与离焦模糊耦合图像模糊参数识别	206
参考文献	209

第 9 章 农业工程应用范例——农作物杂草分类识别	212
9.1 研究意义	212
9.2 杂草识别概述	213
9.3 利用杂草位置信息进行识别	215
9.4 利用杂草颜色特征进行识别	216
9.5 利用杂草形状特征进行识别	219
9.6 利用杂草纹理特征进行识别	220
9.7 利用杂草光谱特征进行识别	222
9.8 利用杂草多特征融合进行识别	223
9.9 利用杂草模糊信息进行识别	224
9.10 小结.....	227
参考文献.....	228
第 10 章 光笔式三维坐标视觉测量系统及其应用	234
10.1 系统建模.....	234
10.1.1 系统坐标系的建立	234
10.1.2 共线三点透视问题的求解.....	235
10.1.3 被测点三维坐标的求解	236
10.1.4 系统模型的唯一性证明	236
10.1.5 实验	238
10.2 光笔式坐标测量系统中控制点光斑图像的识别.....	239
10.2.1 光笔上发光二极管的成像特点	239
10.2.2 发光二极管椭圆形光斑图像的识别	240
10.3 光笔式坐标测量系统中控制点光斑图像中心的并行定位算法.....	242
10.4 采用光笔式坐标测量系统进行曲面物体边界周长的精密测量.....	245
10.5 采用光笔式坐标测量系统进行曲面物体表面积的精密测量.....	247
10.5.1 B样条变形曲面	248
10.5.2 面积计算	249
参考文献.....	250
第 11 章 电子稳像	251
11.1 研究背景及意义.....	251
11.1.1 稳像系统的分类	251
11.1.2 电子稳像的研究意义	252
11.2 电子稳像的发展概况.....	252
11.2.1 电子稳像的研究现状	252
11.2.2 电子稳像的基本原理	253

11.2.3 稳像算法的主要研究技术	254
11.3 电子稳像系统中运动估计和补偿算法研究	254
11.3.1 引言	254
11.3.2 块匹配运动估计算法简介	255
11.3.3 位平面运动估计算法简介	263
11.3.4 全局运动估计	266
11.3.5 运动补偿算法简介	269
11.4 稳像算法评价准则	270
参考文献	271
第 12 章 激光雷达三维成像	274
12.1 激光雷达简介	274
12.2 激光雷达成像研究现状	277
12.3 激光雷达探测原理	278
12.3.1 直接探测原理	278
12.3.2 相干探测原理	280
12.4 激光回波信号的统计检测	281
12.4.1 激光回波的统计特性	281
12.4.2 虚警概率	282
12.4.3 探测概率	283
12.5 激光雷达距离方程	284
12.5.1 激光雷达距离方程的一般形式	285
12.5.2 激光雷达距离方程的特殊形式	285
12.6 高速三维成像激光雷达系统方案	288
12.6.1 系统组成	288
12.6.2 总体结构	289
参考文献	290

第 1 章 引 论

人类是通过眼睛和大脑来获取、处理与理解视觉信息的。周围环境中的物体在可见光照射下,在人眼的视网膜上形成图像,由感光细胞将其转换成神经脉冲信号,并经神经纤维传入大脑皮层进行处理与理解。所以说,视觉不仅指对光信号的感受,还包括对视觉信息的获取、传输、处理与理解的全过程。

随着信号处理理论和计算机技术的发展,人们试图用摄像机获取环境图像并将其转换成数字信号,用计算机实现对视觉信息处理的全过程,这样就形成了一门新兴的学科——计算机视觉。计算机视觉的研究目标是使计算机具有通过一幅或多幅图像认知周围环境信息的能力。这使计算机不仅能模拟人眼的功能,而且更重要的是使计算机完成人眼所不能胜任的工作。机器视觉则是建立在计算机视觉理论上,偏重于计算机视觉技术工程化应用。与计算机视觉研究的视觉模式识别、视觉理解等内容不同,机器视觉的重点在于感知环境中物体的形状、位置、姿态、运动等几何信息。

本章首先讨论机器视觉的发展及系统构成,然后介绍 Marr 的视觉理论框架,最后对机器视觉的应用领域与面临的问题进行介绍。

1.1 机器视觉的发展及系统构成

视觉是人类观察世界和认知世界的重要手段。据统计,人类从外部世界获得的信息约有 80%是由视觉获取的。这既说明视觉信息量巨大,也表明人类对视觉信息有较高的利用率,同时又体现了人类视觉功能的重要性。随着信息技术的发展,给计算机、机器人或其他智能机器赋予人类视觉功能,是人类多年以来的梦想。虽然目前还不能够使计算机、机器人或其他智能机器也具有像人类等生物那样高效、灵活和通用的视觉,但自 20 世纪 50 年代以来视觉理论和技术得到了迅速发展,这使得人类的梦想正在逐步实现。

1.1.1 机器视觉的发展

计算机视觉是用计算机实现人的视觉功能——对客观世界三维场景的感知、识别和理解。计算机视觉是在 20 世纪 50 年代从统计模式识别开始的,当时的工作主要集中在二维图像分析、识别和理解上,如光学字符识别、工件表面、显微图片、航空照片的分析和解释等。20 世纪 60 年代,Roberts 将环境限制在所谓的“积

木世界”，即周围的物体都是由多面体组成的，需要识别的物体可以用简单的点、直线、平面的组合表示(Roberts, 1965)。通过计算机程序从数字图像中提取出诸如立方体、楔形体、棱柱体等多面体的三维结构，并对物体形状及物体的空间关系进行描述。Roberts 的研究工作开创了以理解三维场景为目的的三维机器视觉的研究。到 20 世纪 70 年代，已经出现了一些视觉应用系统(Mackworth, 1973; Guzman, 1969)。

1973 年，英国的 Marr 教授应邀在麻省理工学院(MIT)的人工智能实验室创建并领导一个以博士生为主体的研究小组，从事视觉理论方面的研究。1977 年，Marr 提出了不同于“积木世界”分析方法的计算视觉理论——Marr 视觉理论。该理论在 20 世纪 80 年代成为计算机视觉研究领域中的一个十分重要的理论框架(Marr, 1982)。到了 80 年代中期，计算机视觉获得了迅速发展，主动视觉理论框架、基于感知特征群的物体识别理论框架等新概念、新方法、新理论不断涌现。而到 90 年代，计算机视觉在工业环境中得到了广泛应用(Mouaddib et al., 1997; Zhang et al., 1997; Tech et al., 1995)，同时基于多视几何的视觉理论也得到了迅速发展(Xu et al., 1996)。

在上面的讨论中，计算机视觉(computer vision)和机器视觉(machine vision)两个术语是不加以区分的，在很多文献中也是如此，但其实这两个术语是既有区别又有联系的。计算机视觉是采用图像处理、模式识别、人工智能技术相结合的手段，着重于一幅或多幅图像的计算机分析。图像可以由单个或者多个传感器获取，也可以是单个传感器在不同时刻获取的图像序列。分析是对目标物体的识别，确定目标物体的位置和姿态，对三维景物进行符号描述和解释。在计算机视觉研究中，经常使用几何模型、复杂的知识表达，采用基于模型的匹配和搜索技术，搜索的策略常使用自底向上、自顶向下、分层和启发式控制策略。机器视觉则偏重于计算机视觉技术工程化，能够自动获取和分析特定的图像，以控制相应的行为。具体地说，计算机视觉为机器视觉提供图像和景物分析的理论及算法基础，机器视觉为计算机视觉的实现提供传感器模型、系统构造和实现手段。因此可以认为，一个机器视觉系统就是一个能自动获取一幅或多幅目标物体图像，对所获取图像的各种特征量进行处理、分析和测量，并对测量结果做出定性分析和定量解释，从而得到有关目标物体的某种认识，并做出相应决策的系统。机器视觉系统的功能包括：物体定位、特征检测、缺陷判断、目标识别、计数和运动跟踪。

1.1.2 机器视觉系统构成

机器视觉系统一般以计算机为中心，主要由视觉传感器、高速图像采集系统、专用图像处理系统等模块组成，如图 1.1 所示。

(1) 视觉传感器。视觉传感器是整个机器视觉系统信息的直接来源，主要由一个或者两个图像传感器组成，有时还要配以光投射器及其他辅助设备。它的主

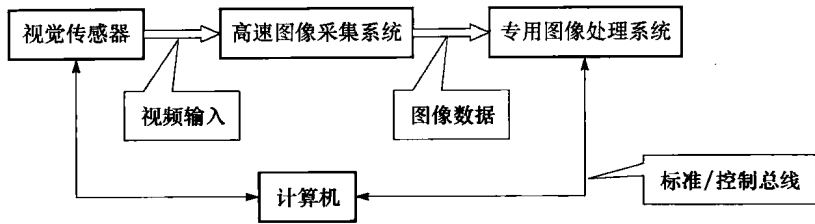


图 1.1 机器视觉系统的基本组成框架

要功能是获取足够的机器视觉系统要处理的最原始图像。图像传感器可以使用激光扫描器、线阵和面阵电荷耦合器(charge coupled device, CCD)摄像机或者 TV 摄像机,也可以使用最新出现的数字摄像机等。尤其是线阵和面阵 CCD 摄像机,它们在计算机视觉的发展和应用中发挥着至关重要的作用。随着半导体集成技术和超大规模微细加工技术的发展,面阵 CCD 摄像机不仅商品化,而且具有高分辨率和高工作速度。另外,它所具有的二维特性、高灵敏度、可靠性好、几何畸变小、无图像滞后、图像漂移等优点,使其成为计算机视觉中非常适合的图像传感器。光投射器可以作为普通照明光源、半导体激光器、红外激光器等,它的功能主要是参与形成被分析的物体图像的特征。其他辅助设备为传感器提供电源、控制接口等功能。

进入 20 世纪 90 年代后,为满足对小型化、低功耗和低成本成像系统消费需求增加,出现了几种新的固体图像传感技术,其中最引人注目且最有发展潜力的是采用标准互补金属氧化物半导体(complementary metal oxide semiconductor, CMOS)半导体工艺生产的图像传感器,即 CMOS 图像传感器。可以预计,CMOS 图像传感器以其独特的优点在计算机视觉系统中将具有广泛的应用前景。

(2) 高速图像采集系统。高速图像采集系统是由专用视频解码器、图像缓冲器和控制接口电路组成的。它的主要功能是实时地将视觉传感器获取的模拟视频信号转换为数字图像信号,并将图像直接传送给计算机进行显示和处理,或者将数字图像传送给专用图像处理系统进行视觉信号的实时前端处理。随着专用视频解码器芯片和现场可编程逻辑门阵列(FPGA)芯片的出现,目前大多数高速图像采集系统由少数几个芯片就可以完成。图像采集系统与计算机的接口采用工业标准总线,如 ISA 总线、VME 总线、PCI 总线等,使得图像采集系统到计算机的实时图像数据传输成为可能。

(3) 专用图像处理系统。专用图像处理系统是计算机的辅助处理器,主要采用专用集成芯片(ASIC)、数字信号处理器(DSP)、FPGA 等设计的全硬件处理器。它可以实时高速地完成各种低级图像处理算法,减轻计算机的处理负荷,提高整个视觉系统的速度。专用图像处理系统与计算机之间的通信可以采用标准总线接口、串行通信总线接口、网络通信等方式。随着各种硬件处理系统的出现,如基于 FPGA 的超级计算机、实时低级图像处理系统等,为机器视觉系统的实时实现提供

有利的条件。

(4) 计算机。计算机是整个机器视觉系统的核心,它除了控制整个系统的各个模块的正常运行外,还承担着视觉系统的最后结果运算和输出工作。由图像采集系统输出的数字图像可以直接传送到计算机,由计算机采用纯软件方式完成所有的图像处理和其他运算。如果纯软件处理能够满足视觉系统的要求,专用硬件处理系统就不出现在机器视觉系统中。这样,一个实用机器视觉系统的结构、性能、处理时间、价格等都可以根据具体应用而定,因此比较灵活。

针对有些机器视觉系统,还需配有相应的工件传输和定位系统,以使待监测的工件通过特定的传送系统安放到预定的空间内,必要的时候,加以定位限制。

为适应现代工业发展的需要,在各种小型机、微型机,特别是在功能强大的 IBM-PC 机上开发各种专用微型视觉组件变得更为重要。越来越多的公司投入大量人力物力来研究视觉组件产品。就美国而言,早在 1983 年底就有一百多家公司跻身于计算机视觉系统的市场,经过近二十年的发展,投入到这个领域的公司不计其数。随着微处理器和超大规模集成电路技术日益成熟,从而能生产出更小、更先进、更灵活可靠耐用的视觉组件产品,并使它们走出实验室,进入实际工作现场。

在二维视觉处理中,随着机器视觉的飞速发展,已从二值视觉系统发展为灰度视觉系统,并达到实用。二值视觉系统仅通过像素由 0 到 1 或由 1 到 0 的变化提取图像边缘点,它需要高对比度图像。灰度视觉系统具有检测复杂场景的能力,如复杂工件识别和表面特征(纹理、阴影、模式等)分析。采用一定的算法,系统精度受照明变化的影响很小。灰度是图像辐射或亮度的量化测量。该信息是通过视频 A/D 转换器存储在帧存体中获得的,灰度分辨率随机器视觉系统的不同而不同,但数值通常是 2 的乘方:4、16、64 和 256。灰度分辨率将确定视觉系统检测区域亮度值的最小变化。灰度分辨率结合“子像素”能力在机器视觉系统中发挥着重要作用。

在三维视觉信息获取上,近年来也取得了巨大的进步。由于实现思想和条件不同,产生了响应的诸多方法。例如,根据照明方式可分为主动测距法和被动测距法。前者需要利用特别的光源所提供的结构信息,而后者获取深度信息是在自然光下完成的。被动测距法适合于受环境限制和需保密的场合,而主动测距法可应用的领域非常广泛,且具有测量精度高、抗干扰性能好、实时性强等优点。总之,三维视觉的引入进一步扩大了机器视觉的应用领域。

此外,机器视觉系统的界面是开放性的,用户可根据应用需要进行计算机编程,以改善系统的功能。为进一步使机器视觉系统与工业自动化现场相适应,由菜单驱动系统,用鼠标或光笔在屏幕上选择功能项即可,易于操作,无需专门培训操作人员。

机器视觉系统具有高度的智能和普遍的适应性,随着它的不断完善,已完全能

用于工业现场,满足现代生产过程的要求。

1.2 Marr 的视觉理论框架

20 世纪 80 年代初,Marr(1982)首次从信息处理的角度综合了图像处理、心理物理学、神经生理学、临床神经病学等方面已取得的重要研究成果,提出了第一个较为完善的视觉系统框架,使计算机视觉研究有了一个比较明确的体系。虽然这个理论还需要通过研究不断改进和完善,但 Marr 的视觉计算理论是首次提出的阐述视觉机理的系统理论,并且对人类视觉和计算机视觉的研究都产生了深远的推动作用。本节简要介绍 Marr 视觉理论的基本思想及理论框架(吴健康等,1993;Marr,1982)。

1.2.1 视觉系统研究的三个层次

Marr 从信息处理系统的角度出发,认为对视觉系统的研究应分为三个层次,即计算理论层次、表达与算法层次和硬件实现层次。

(1) 计算理论层次要回答视觉系统的计算目的与计算策略是什么,或视觉系统的输入输出是什么,如何由系统的输入求出系统的输出。在这个层次上,视觉系统输入的是二维图像,输出的是三维物体的形状、位置和姿态,视觉系统的任务就是研究如何建立输入输出之间的关系和约束,如何由二维灰度图像恢复物体的三维信息。

(2) 表达与算法层次是要进一步回答如何表达输入和输出信息,如何实现计算理论所对应的功能的算法,以及如何由一种表示变换成另一种表示。一般来说,不同的表达方式,完成同一计算的算法会不同,但 Marr 算法与表达是比计算理论低一层次的问题,不同的表达与算法,在计算理论层次上可以是相同的。

(3) 硬件实现层次是解决用硬件实现上述表达和算法的问题,如计算机体系结构及具体的计算装置及其细节。

从信息处理的观点来看,至关重要的仍是最高层次,即计算理论层次。这是因为构成知觉的计算本质取决于解决计算问题本身,而不取决于用来解决计算问题的特殊硬件。换句话说,通过正确理解待解决问题的本质,将有助于理解并创造算法。如果考虑解决问题的机制和物理实现,则往往对理解算法无济于事。

区分以上三个不同层次,对于深刻理解计算机视觉与生物视觉系统以及它们的关系都是有益的。例如,人的视觉系统与目前的计算机视觉系统在“硬件实现”层次上是完全不同的,前者是极为复杂的神经网络,而后者目前是使用计算机,但它们可能在计算理论层次上完成相同的功能。

视觉系统研究的三个层次的含义如表 1.1 所示。