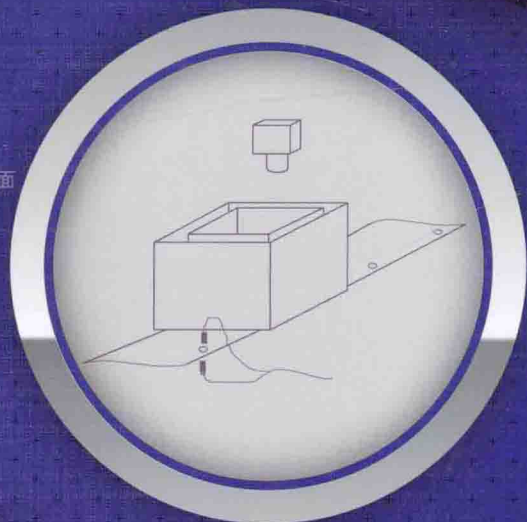
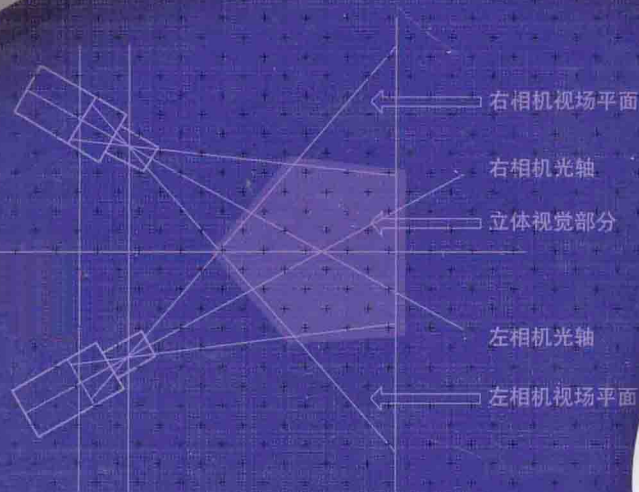


机器视觉技术

及应用实例详解 <<

陈兵旗 著



化学工业出版社

机器视觉技术

及应用实例详解 <<

陈兵旗 著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

机器视觉技术及应用实例详解/陈兵旗著. —北京: 化学工业出版社, 2014. 4

ISBN 978-7-122-19804-4

I. ①机… II. ①陈… III. ①计算机视觉 IV. ①TP302.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 029399 号

责任编辑: 贾 娜

责任校对: 宋 玮

文字编辑: 张燕文

装帧设计: 刘丽华



出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 19¼ 字数 538 千字 2014 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 89.00 元

版权所有 违者必究



机器视觉技术，也就是图像处理技术，作为信息获取与解析的重要手段，已经成为大多数理工科类教学的选修课或者必修课，许多本科生和研究生的毕业论文以及国家立项的研究课题都与机器视觉技术密切相关。目前许多机器视觉技术已经实现了产品化、实用化。例如，指纹识别、车牌照识别、智能监控、人脸识别、工业产品的在线检测等。可以说，机器视觉技术在信息化时代，扮演着越来越重要的角色。

机器视觉技术是一门应用学科，具有很强的实践性。专业图像处理技术人员，需要具备图像处理算法的设计和编程实现两方面的能力。也就是说，研究课题或者工程项目的实现，首先需要设计合理的算法，其次应该能用计算机语言把设计的算法表述出来，也就是开发出实现算法的程序。开发出的程序，如果没有获得预期的运行结果，则需要从算法设计和编程实现这两方面来查找问题，然后做出相应的改进，直到达到预期目的为止。程序编写的好坏，表现在功能的实现和程序的执行效率两个方面，特别是对于实时处理，处理速度显得尤为重要，这些最终都决定于算法的设计能力。对于工程项目，参考别人的研究思路，有时可以提高开发速度。

本书以机器视觉的应用研究为主线，穿插介绍了图像处理的相关理论知识。第1章介绍了机器视觉的发展历史、展望及其基础知识。第2~19章，分别介绍了水稻种子精选、排种器试验台排种参数检测、棉花种子高速图像精选、玉米粒在穗计数、插秧机器人视觉系统、水田管理机器人导航路线检测、水田微型除草机器人导航路线检测、旱田作业机器人导航路线检测、车牌及号码检测、小麦病害图像检测、果树上桃子检测、交通事故现场标识快速检测、变电柜保护压板投退状态检测、三维作物生长量检测与建模及农田障碍物检测、交通流量图像监测、羽毛球竞技战术实时测量统计及车辆轨迹的实时跟踪、蜜蜂舞蹈实时跟踪检测、车辆参数实时检测。第20~22章，分别介绍了实现本书研究项目的专业图像处理软件平台，分别是通用图像处理系统 ImageSys、二维运动图像测量分析系统 MIAS 和三维运动测量分析系统 MIAS 3D。本书是笔者和研究团队20多年研究成果的结晶，不仅适用于理论结合实践的本科教学，对于课题研究和专业技术人员也具有重要的参考价值。

本书所讲各实例的介绍资料，以及部分实例的视频资料，可从北京现代富博科技有限公

司 (<http://www.fubo-tech.com>) 的网站上下载。

本书由陈兵旗著。本书内容是笔者 1993~2013 年期间大部分的研究开发成果。这些研究成果,包含了笔者在日本留学期间的指导老师和笔者在国内指导过的各位研究生的贡献,也得到了北京现代富博科技有限公司的技术协作。由于这些研究成果大部分都在国内外学术期刊发表过,因此也包含了国内外论文审稿专家和期刊编辑的心血。在本书撰写过程中,渡边兼五和东城清秀老师,以及王志强、陈望、赵颖、张磊、赵晓霞、张红霞、李晓华、王小荷、何醇、邵建超、刘刚、秦忠连、宋同珍、韩旭、查涛、张新会、刘长青、李景彬、刘阳、明晓强、王尧、田浩、曾保明、杨曦、王侨、欧阳娣、姜秋慧等老师和学生提供了帮助,在此表示衷心的感谢!

由于作者水平所限,书中不足之处在所难免,恳请广大读者和专家批评指正!

陈兵旗



第1章 机器视觉技术基础知识

1.1 机器视觉技术的发展历史与展望	1	1.2 机器视觉技术的应用领域	6
1.1.1 20世纪50年代以前的图像处理	1	1.3 机器视觉的构成	7
1.1.2 20世纪60年代是数字图像处理的起点	2	1.3.1 硬件构成	7
1.1.3 20世纪70年代是数字图像处理的发展期	3	1.3.2 软件构成	8
1.1.4 20世纪80~90年代是图像处理技术的普及和高度发展期	4	1.4 数字图像基础	9
1.1.5 21世纪是机器视觉技术大展宏图的世纪	5	1.4.1 像素数与像素级	9
		1.4.2 彩色图像与灰度图像	9
		1.4.3 图像文件格式与视频文件格式	10

第2章 水稻种子精选

2.1 研究意义、目标与技术要点	13	2.5 种子提取及几何参数的测量	22
2.2 相关基础知识	14	2.6 种子所处工位的判断	23
2.2.1 摄像机与光源	14	2.7 种子特征信息数据库的建立	23
2.2.2 二值化处理	14	2.8 种子精选	23
2.2.3 膨胀与腐蚀处理	17	2.8.1 种子类型的判断	24
2.2.4 参数测量	18	2.8.2 检测种子的几何参数是否合格	24
2.2.5 数据库	19	2.8.3 发霉种子的判断	24
2.3 系统方案与硬件构成	20	2.8.4 破损种子的判断	25
2.3.1 系统方案	20	2.9 精选结果分析	26
2.3.2 硬件设备、材料及样机	20	2.10 总结	27
2.4 图像采集与工位标定	22		

第3章 排种器试验台排种参数检测

3.1 研究意义、目标与技术要点	29	3.2.2 图像采集系统	31
3.2 系统硬件构成	30	3.3 图像标定	31
3.2.1 机械结构及图像采集装置	30	3.4 图像采集与拼接	32

3.5 籽粒的二值化提取	32	3.7.2 横向分布检测	34
3.6 籽粒计数	33	3.8 条播参数计算	35
3.7 种子分布区间检测	33	3.9 穴播与精播参数计算	35
3.7.1 纵向分布检测	33		

第4章 棉花种子高速图像精选

4.1 研究意义、目标与技术要点	37	4.5 种子提取与判断	45
4.2 图像处理基础知识	38	4.6 红种子判断	46
4.2.1 彩色处理	38	4.7 破损棉种判定	46
4.2.2 微分处理	40	4.8 总结	48
4.3 系统方案及构成	43		
4.4 图像采集及工位设定	44		

第5章 玉米粒在穗计数

5.1 研究意义、目标与技术要点	50	5.3.3 测量穗行粒数	55
5.2 设备及软件环境	50	5.3.4 穗行的连续提取	55
5.3 粒数测量	51	5.3.5 穗行提取结束的判断及整穗粒数 统计	57
5.3.1 确定玉米穗区域	51	5.3.6 籽粒测量结果分析	58
5.3.2 提取玉米穗行	52		

第6章 插秧机器人视觉系统

6.1 研究意义、目标与技术要点	61	6.5.2 水泥目标田埂线检测	73
6.2 图像处理基础知识	62	6.5.3 土质目标田埂线检测	75
6.2.1 传统哈夫变换的直线检测	62	6.6 田端田埂线检测	76
6.2.2 过已知点哈夫变换的直线检测	63	6.6.1 阴影线检测	76
6.3 水田图像采集	65	6.6.2 田埂线检测	79
6.4 目标苗列线检测	66	6.7 侧面田埂线检测	81
6.4.1 水田苗的提取	66	6.8 系统整合与试验	83
6.4.2 目标苗列确定	70	6.8.1 苗列端点的检测	84
6.4.3 目标苗列线检测	71	6.8.2 目标田埂检测的优化	84
6.5 目标田埂线检测	72	6.8.3 处理窗口的设定	84
6.5.1 目标田埂的二值化处理	73	6.8.4 试验验证	84

第7章 水田管理机器人导航路线检测

7.1 研究意义、目标与技术要点	85	7.6 已知点的确定及方向线检测	89
7.2 研究图像采集	86	7.7 目标线检测结果与分析	89
7.3 目标苗列间定位	86	7.7.1 目标空间位置检测	89
7.4 水平扫描线上方向候补点检测	87	7.7.2 方向候补点检测	91
7.5 田端检测	87	7.7.3 田端检测	92
7.5.1 计算亮度线剖面	87	7.7.4 已知点及方向线检测	92
7.5.2 通过亮度-直线轮廓线判断稻田末端	88		

第8章 水田微型除草机器人导航路线检测

8.1 研究意义、目标与技术要点	94	8.3.2 方向线的检测	98
8.2 研究图像采集	95	8.4 检测结果与分析	100
8.2.1 试验设备	95	8.4.1 目标图像的确定	100
8.2.2 图像采集	95	8.4.2 方向线的检测	102
8.3 检测算法	96	8.5 结论	105
8.3.1 目标图像的确定	96		

第9章 旱田作业机器人导航路线检测

9.1 研究意义、目标与技术要点	106	9.4 其他农田作业的导航线及田端检测	118
9.2 图像平滑基础知识	107	9.5 麦田多列目标线图像检测	120
9.2.1 移动平均	107	9.5.1 试验设备及图像采集	121
9.2.2 中值滤波	107	9.5.2 麦苗的强调和提取	121
9.2.3 小波变换	109	9.5.3 目标点的确定	123
9.3 小麦播种行走路线检测	111	9.5.4 已知点的确定	125
9.3.1 试验设备	111	9.5.5 多列目标中心线的检测	126
9.3.2 目标直线检测	112	9.5.6 适应性分析	126
9.3.3 田端检测	117		
9.3.4 试验验证	118		

第10章 车牌及号码检测

10.1 研究意义、目标与技术要点	128	10.3.3 车牌粗定位	135
10.2 几何变换基础知识	128	10.3.4 车牌精确定位	135
10.2.1 放大缩小	129	10.3.5 车牌倾斜校正	136
10.2.2 平移	130	10.4 字符分割	137
10.2.3 旋转	130	10.4.1 字符垂直倾斜校正	137
10.2.4 仿射变换	131	10.4.2 车牌间隔符的去除	137
10.2.5 透视变换	132	10.4.3 车牌中数字“1”的判定	138
10.2.6 齐次坐标表示	132	10.5 字符识别	138
10.3 车牌定位	133	10.6 车牌及号码识别系统介绍	139
10.3.1 边缘提取	133	10.6.1 出入口车牌照识别系统	139
10.3.2 二值化及去噪处理	134	10.6.2 氧气瓶号码识别系统	140

第11章 小麦病害图像检测

11.1 研究意义、目标与技术要点	142	11.3 病害图像收集与数据库建立	148
11.2 图像纹理分析基础知识	143	11.4 病害图像纹理特征增强	149
11.2.1 灰度直方图纹理特征	143	11.5 病害部位分割	150
11.2.2 共生矩阵纹理特征	144	11.6 病害特征数据计算	151
11.2.3 差分统计量纹理特征	147	11.7 病害诊断	152
11.2.4 拉格朗日矩阵纹理特征	147		
11.2.5 幂光谱纹理特征	148		

第 12 章 果树上桃子检测

12.1 研究意义、目标与技术要点	154	12.5 匹配膨胀处理	156
12.2 试验设备与材料	154	12.6 可能圆心点群计算	157
12.3 桃子提取	155	12.7 可能圆心点群分组	158
12.4 边界追踪处理	156	12.8 圆心与半径计算	159

第 13 章 交通事故现场标识快速检测

13.1 研究意义、目标与技术要点	162	13.3 标尺标签检测	163
13.2 标尺标签设计及试验材料	162	13.4 检测结果分析	168

第 14 章 变电柜保护压板投退状态检测

14.1 研究意义、目标与技术要点	172	14.4.1 压板类型检测算法	179
14.2 试验设备及材料	173	14.4.2 检测结果与分析	181
14.3 行列检测及压板定位	173	14.5 压板投退状态检测	184
14.3.1 行检测	173	14.5.1 一般类型压板	184
14.3.2 列检测	175	14.5.2 浅黄色压板	186
14.3.3 压板定位	176	14.5.3 白色压板	189
14.3.4 结果分析	177	14.5.4 三孔压板	189
14.4 压板的类型检测	179	14.6 系统检测结果与分析	190

第 15 章 三维作物生长量检测与建模及农田障碍物检测

15.1 研究意义、目标与技术要点	195	15.6 玉米植株的三维建模	210
15.2 双目视觉测量基础知识	196	15.7 农田障碍物的三维检测	213
15.2.1 摄像机模型	196	15.7.1 试验设备及图像采集	213
15.2.2 摄像机标定	201	15.7.2 相机标定	213
15.2.3 三维重建	204	15.7.3 目标提取	213
15.3 系统构成	205	15.7.4 障碍物识别	215
15.4 覆盖面积测量	206	15.7.5 试验结果与分析	215
15.5 株高测量	208		

第 16 章 交通流量图像监测

16.1 研究意义、目标与技术要点	218	16.4 车辆区域提取	221
16.2 试验设备及图像采集	218	16.5 车影去除	221
16.3 背景计算与更新	219	16.6 车辆区域提取及车影去除的结果分析	222
16.3.1 初始背景计算	219	16.7 车辆区分和计数	222
16.3.2 更新背景计算	220		
16.3.3 背景计算结果	220		

第 17 章 羽毛球竞技战术实时测量统计及车辆轨迹的实时跟踪

17.1 研究意义、目标与技术要点	225	17.2 Windows 线程的基础知识	226
-------------------	-----	----------------------	-----

17.2.1	进程和线程	226	17.6.3	运动轨迹提取	232
17.2.2	多线程的同步	227	17.7	羽毛球轨迹提取	232
17.2.3	线程时间配额	228	17.8	羽毛球类型判断	233
17.3	视频图像采集	228	17.9	车辆运行轨迹的实时跟踪测量	234
17.4	场地标定	230	17.9.1	图像采集	234
17.5	运动目标提取	230	17.9.2	信号采集	234
17.6	轨迹归类与连接	230	17.9.3	图像分析	234
17.6.1	方向数的概念	230	17.9.4	试验结果	235
17.6.2	目标重心的计算	231			

第 18 章 蜜蜂舞蹈实时跟踪检测

18.1	研究意义、目标与技术要点	237	18.4.1	目标蜜蜂的选定	239
18.2	模板匹配基础知识	238	18.4.2	目标点跟踪	240
18.3	试验装置及视频图像采集	238	18.5	蜜蜂舞蹈判断	242
18.4	蜜蜂运行轨迹跟踪	239	18.6	总结	246

第 19 章 车辆参数实时检测

19.1	研究意义、目标与技术要点	247	19.4.2	图像差分	252
19.2	系统构成方案	248	19.4.3	特征提取和分析	252
19.3	系统检测方案	249	19.5	车辆边沿检测	254
19.3.1	车辆长度测量	249	19.5.1	地面检测	254
19.3.2	车辆宽度测量	249	19.5.2	其他边沿检测	257
19.3.3	车辆高度测量	250	19.6	车辆颜色检测	260
19.4	车辆进出判断	251	19.7	检测流程	261
19.4.1	确定图像处理区域	251	19.8	系统影响因素分析	262

第 20 章 通用图像处理系统 ImageSys

20.1	系统简介	264	20.6.2	HSI 表示变换	270
20.2	状态窗口	264	20.6.3	自由变换	270
20.3	图像采集	265	20.6.4	RGB 颜色变换	270
20.3.1	DirectX 直接采集	265	20.7	几何变换	270
20.3.2	VFW PC 相机采集	265	20.7.1	仿射变换	270
20.3.3	A/D 图像卡采集	265	20.7.2	透视变换	270
20.3.4	A60X 工业采集	265	20.8	频率域变换	271
20.4	直方图处理	266	20.8.1	小波变换	271
20.4.1	直方图	266	20.8.2	傅里叶变换	272
20.4.2	线剖面	267	20.9	图像间变换	273
20.4.3	3D 剖面	267	20.9.1	图像间演算	273
20.4.4	累计分布图	268	20.9.2	运动图像校正	273
20.5	颜色测量	268	20.10	滤波增强	273
20.6	颜色变换	269	20.10.1	单模板滤波增强	273
20.6.1	颜色亮度变换	269	20.10.2	多模板滤波增强	274

20.11	图像分割	274	20.13.3	圆形分离	280
20.12	二值运算	275	20.13.4	轮廓测量	280
20.12.1	基本运算	275	20.14	帧编辑	280
20.12.2	特殊提取	275	20.15	画图	280
20.13	二值图像测量	276	20.16	查看	280
20.13.1	几何参数测量	276	20.17	系统开发平台 Sample	281
20.13.2	直线参数测量	280			

第 21 章 二维运动图像测量分析系统 MIAS

21.1	系统简介	282	21.2.5	结果修正	285
21.2	功能介绍	283	21.2.6	其他功能	287
21.2.1	文件	283	21.3	实时测量	288
21.2.2	运动图像及 2D 比例标定	283	21.3.1	实时测量	288
21.2.3	运动测量	283	21.3.2	实时标识测量	288
21.2.4	结果浏览	284	21.4	系统开发平台 MSSample	289

第 22 章 三维运动测量分析系统 MIAS 3D

22.1	MIAS 3D 系统简介	290	22.2.4	运动测量	292
22.2	MIAS 3D 功能介绍	291	22.2.5	显示结果	292
22.2.1	系统初始设定	291	22.2.6	结果修正	295
22.2.2	文件	291	22.2.7	其他功能	296
22.2.3	测量设置	291			

参考文献

第1章

机器视觉技术基础知识

机器视觉技术包括硬件和软件两部分。硬件一般是指计算机、摄像机、图像采集卡等，还有部分专业机器视觉一体机。软件是指图像处理与分析软件，一般简称为图像处理软件。由于硬件发展迅速、技术成熟，一般市场都可以很便宜地购买到，所以一般说的机器视觉技术都是指软件的图像处理技术。

1.1 机器视觉技术的发展历史与展望



机器视觉也称计算机视觉，其本质是数字图像处理，机器视觉技术的发展历史，也就是数字图像处理技术的发展历史。本节将对数字图像处理技术的发展过程及其外围设备进行介绍。图像处理技术是实用技术，它包括数据的输入、输出、处理、表示、传送、存储等，与支持这一技术的计算机技术紧密相连。为了便于说明将按时代进行划分，但是技术的发展本身是具有连续性的，不存在严格的划分。

1.1.1 20世纪50年代以前的图像处理

图像处理的起源可以追溯到旧石器时代，在以埃及为首的古代文明中就能够看到很多实例。但是，从图像信息处理技术角度来说，可以认为是开始于铅字活字印刷术（1445年左右）和复印机（1837年左右）这些以数字形式发展起来的技术。工匠通过手工作业进行绘画和刻制版画，使印刷术在1700年至1800年间创造了华丽的博物学图鉴类书籍，形成了现代高技术的图形学。此外，依据几何学将三维世界临摹成二维世界的技法、15世纪以后被广泛使用的透视法以及利用人的色觉制作纯颜色的点描法等，这些与当今的图像学和图像处理算法对应的技术可以说都来自于当时的软件研究成果。

动画起源虽然不是很明确，但是将静止画面连续呈现出来，利用眼睛的残留影像效果产生对象物体移动感觉的视觉玩具在1820年就出现了，之后不久就出现了采用影像技术的娱乐和演艺。当时在摄影方面人们也下了很多功夫，1889年爱迪生发明了将摄影和投影合二为一

的电影技术,该技术迅速在世界范围内得到普及。1925年出现了机械扫描式电视,1928年出现了电子扫描式显像管接收器,1933年出现了电子扫描式摄像管成像器,再到当今的电子扫描技术,这些共同构筑了电视技术的基础。

1895年X射线的发现意味着人类掌握了以观察身体内部为首的技术,不只是在物理学领域,在图像处理领域也产生了划时代的意义,并开启了医用图像处理的先河。

以上内容从图像处理机能方面来说,主要是对应图像的输入、输出、记录、表示等内容,属于模拟图像处理技术,其中点描法中也包含有数字处理技术。

另一方面,类似于图像变换的处理在模拟图像中经常使用。例如,利用胶卷感光特性的不同,通过显像和定影操作等对照片进行对比强化、边缘强化,通过采用不同的光学胶卷和不同特性的镜头来产生由浓渐淡的浓度特性变化,这样的例子在众多摄影家的作品中都可以看到。电视上去除噪声的例子也有很多,采用模拟电路强调电视画面边缘以及抑制重像等,这些模拟处理技术在当今的数字图像处理中通过数字手段仍在使用着。

20世纪40年代出现了数字计算机,到了50年代数字计算机开始展现数值计算威力。然而,其性能,特别是存储容量,还不能满足数字图像处理的需要。数字图像的像素为二维排列,例如A4纸大小的传真图像,如果分辨率为每毫米8条扫描线,就要 $2400 \times 1600 = 3840000$ 像素,当时的计算机内储容量无法达到这一水平。因此,真正的数字图像处理是在20世纪60年代以后才出现的。

正如上面所述,模拟图像处理已经存在了,所以当数字计算机出现以后,工程技术人员就相应地开发出了数字图像处理技术,并对其应用领域进行了拓展。随着计算机硬件和软件技术的不断发展以及用户需求的提高,图像处理技术得到了快速发展。

1.1.2 20世纪60年代是数字图像处理的起点

进入20世纪60年代,随着计算机技术的迅速发展,数字图像处理所必需的计算机环境得到了很大的改善。1964年第3代计算机IBM360、1965年迷你计算机DEC/PDP-8相继问世。

数字图像处理的应用开始于人造卫星图像的处理。1965年美国国家航空航天局(简称NASA)发表了Mariner4号卫星拍摄的火星图像,1969年登陆月球表面的阿波罗11号传回了月球表面的图像,这些都是数字图像处理的空前应用。在该领域,由于环境恶劣,传输的图像画质非常低,需要经过庞大的数字图像处理后才能使用。

与此同时,数字图像处理被尝试应用于医用领域。例如,开展了显微镜图像的计量测定、诊断、血细胞分类、染色体分类、细胞诊断的研究。另外,1965年左右还初次尝试了胸部X射线照片的处理,包括改善X射线照片的画质、检验出对象物体(区分物体)、提取特征、分类测量以及模式识别等。然而,与人造卫星图像不同,因为这些图像是模拟图像,首先需要进行数字化处理,由于当时处于基础性研究阶段,还存在很多困难。该时期,在物理学领域,自动解析了加速器内粒子轨迹的照片。

20世纪60年代后半期,数字图像处理开始应用于一般化场景和三维物体。该时期的研究工作以美国麻省理工学院人工智能研究所为中心展开。理解电视摄像机输入简单积木画面的“积木世界”问题,成为早期人工智能领域中的一个具有代表性的研究课题。随后该领域出现了图像分析、计算机视觉、物体识别、场景分析、机器人处理等研究课题。这一时代的二维模拟识别研究以文字识别为中心,是一项庞大的研究工程。日本在1968年采用邮政编码制度而研制的国内文字识别装置,成为加快文字识别研究进展的一大主要因素。其中产生的很多算法,例如细化、临界值处理、形状特征提取等,成为日后图像处理基本算法的重要组成部分,并被广泛使用。1968年,出现了最早的有关图像处理的国际研讨会论文集。

1.1.3 20 世纪 70 年代是数字图像处理的发展期

20 世纪 70 年代初期, 数字图像处理开始加速发展, 出现了医学领域的计算机断层摄像术 (Computed Tomography, CT) 和地球观测卫星。这些从成像阶段开始就进行了复杂的数字图像处理, 数据量庞大。CT 是将多张投影图像重构成截面图像的仪器, 其数理基础拉东变换 (Radon transform) 于 1917 年由拉东提出, 50 年后随着计算机及其相关技术的进步, 开始了实用化应用。CT 不仅对医学产生了革命性影响, 也对整个图像处理技术产生了很大的促进作用, 同时开辟了获取立体三维数字图像的途径。大约 20 年后, 出现了利用多幅 CT 图像在计算机内进行人体三维虚拟重建的技术, 可以自由移动三维图像的视角, 从任意方位观察人体, 帮助进行诊断和治疗。

地球观测卫星以一定周期在地球上空轨道运行, 将地球表面发出的反射能量, 通过不同光谱波段的传感器进行检测, 将检测数据连续传回地面, 还原成详尽的地球表面图像之后, 对全世界公开, 并开发了提取其信息的各种算法。此后, 又形成了将海洋观测卫星、气象观测卫星等的图像进行合成的遥感图像处理, 并广泛应用于地质、植被、气象、农林水产业、海洋、城市规划等领域。

CT 图像和遥感图像, 在应用层面都具有极其重要的意义, 为了对其进行处理, 开发出了非常多的算法。例如对于 CT 图像, 首先开发出了图像重构算法, 通过空间频率处理以及灰度等级处理来改善画质, 还开发出了各种图像测量算法。在此基础上, 进一步开发出了表示人体三维构造的立体三维图像处理的算法。关于遥感图像, 出现了图像几何变换、倾斜校正、彩色合成、分类、结构处理、领域分割等处理算法。随着技术的发展, CT 图像和遥感图像的精度也在不断提高, 现在 CT 的分辨率可以达到 0.5mm 以下, 卫星观察地球表面的分辨率达到了 1m 以下。

在其他领域, 为了实现检测自动化、节省劳动力和提高产品质量, 规模生产 (产业) 应用开始进入实用化阶段。例如, 图像处理技术在集成电路的设计和检测方面实现了大规模应用。随着研究的不断投入, 推进了其实用化进程。然而, 从产业应用的整体来看, 实用化的成功例子比较有限。与此同时, 以物体识别和场景解析为目的的应用, 开启了对一般三维场景进行识别、理解的人工智能领域的研究。但是, 物体识别、场景解析的问题比预想的要难, 即使到现在实用化的应用例子也很少。

与前述文字识别紧密相关的图纸、地图、教材等的办公自动化处理, 也成为图像处理的一个重要领域。例如, 传真通信和复印机就使用了二值图像的压缩、编码、几何变换、校正等诸多算法。日本在 1974 年开始了地图数据库的开发工作, 目前这些技术积累被广泛应用于地理信息系统 (Geographical Information System, GIS) 和汽车导航等领域。

在医学领域, 除了前述的 CT 以外, 首先是实现了血细胞分类装置的商业化, 并开始试制细胞诊疗装置, 这些作为早期模拟图像识别的实用化装置引起了广泛关注。另外, 还进行了根据胸部 X 射线照片来诊断肺尘埃沉着病、心脏病、结核、癌症的计算机诊断研究。同时, 超声波图像、X 射线图像、血管荧光摄影图像、放射性同位素 (Radio Isotope, RI) 图像等的辅助诊断也成为了研究对象。在这些研究中, 开发出了差分滤波、距离变换、细线化、轮廓检测、区域生成等灰度图像处理的相关算法, 成为之后图像处理的算法基础。

硬件方面, 在 20 世纪 70 年代中有了几项重要的发展。例如, 帧存储器的出现及普及, 为图像处理带来了便利。另一方面, 数字信号处理器 (Digital Signal Processor, DSP) 的发展, 开创了包括快速傅里叶变换 (Fast Fourier Transform, FFT) 在内的高级处理的新途径。随着 CCD (Charge Coupled Device) 图像输入装置的开发与进步, 出现了利用激光测量距离的测距仪。而在计算机技术方面, 20 世纪 70 年代前半期美国 Intel 公司的微软处理器 i4004 和 i8008 相继登场, 并与随后出现的微软计算机 (Altair 1975 年, Apple II 和 PET 1977

年, PC8001 1979 年) 相连接。1973 年开发出了被称为第一个工作站的美国 Xerox 公司的 Alto。1976 年大型超级计算机 Cray-1 的问世, 扩大了处理器规模和能力的选择范围, 对开发各种规模的图像处理系统做出了贡献。

软件方面, 并行处理、二值图像处理等基础性算法逐步提出。在这些基础理论中, 图像变换(如离散傅里叶变换、离散正交变换等)、数字图形几何学以及以此为基础的诸多方法形成了体系, 并且开发出了一些具有通用性的图像处理程序包。

总之, 该时期图像处理的价值和发展前景被广泛认知, 各个应用领域认识到了其用途, 纷纷开始了基础性研究, 到了后半期就进入了全面铺开的时代。尤其是基础方法、处理程序框架、算法等软件和方法论的研究, 进入了快速发展时期。实际上, 现在被实用化的领域或继续研究中的许多问题基本上在这一时代已经被解决了。支撑其发展的基础性方法, 大多起始于 20 世纪 60、70 年代。

1.1.4 20 世纪 80~90 年代是图像处理技术的普及和高度发展期

20 世纪 70 年代广泛展开的图像处理, 到了 20 世纪 80 年代进一步快速普及, 前一节讲述的图像处理的几个应用领域进入到实用化、大众化阶段。工作站、内存以及 CCD 输入装置的组合, 形成了当时在性价比上更为优秀的专用系统, 使多样化的图像处理系统实现了商业化, 很多通用软件工具被开发出了, 许多用户的技术人员也能够开发各种问题的处理算法。20 世纪 80 年代, 图像处理硬件的核心是搭载有专用图像处理设备的工作站。

进入 20 世纪 90 年代, 迅速在全球普及的因特网(internet)对图像处理产生了不小的影响。而且, 20 世纪 90 年代, 由于个人计算机性能的飞跃性提升及其应用的普及, 获得了前所未有的强大信息处理能力和多种多样的图像获取手段, 在我们所能到达的任何地方都可以获得与以前超级计算机相同的图像处理环境。由于大量图像要通过网络高速传输, 促使图像编码、压缩等研究工作活跃起来, 且 JPEG (Joint Photographic Experts Group)、MPEG (Motion Picture Experts Group) 等图像压缩方式制定了世界统一标准。现今, 在家中通过因特网就可以自由访问各种 Web 地址, 下载自己想要的图像。例如, 美国航天局 NASA (National Aeronautics and Space Administration) 的 Web 主页上公开了由人造卫星拍摄到的各种行星图像, 任何人均可通过因特网自由访问, 并且当发射火箭时可以实时观看到动画。

20 世纪 90 年代后半期, 随着高性能廉价的数字照相机和图像扫描仪的普及, 数字图像的处理也得到了进一步普及。当今, 广泛普及的计算机环境, 使声音、文字、图像、视频都可以自由转换成为数字数据, 进入了多媒体处理时代。

20 世纪 90 年代的另外一个重要事件就是出现了虚拟现实 (Virtual Reality, VR), 其设计理念和实质内容从 20 世纪 90 年代初开始得到了世界承认。虚拟现实的目的不只是将“在那里记录的事物让世界看到和理解”, 而是以“记录、表现事物, 体验世界”为目的, 概念性地改变了图像信息的利用方法。

在一些领域, 随着基础性理论的建立, 逐步形成了体系, 并得到确认。例如, 包含三维数字图像形式的数字几何学、单目和双目生成图像、立体光度测定法等在内, 人们根据三维空间中的物体(或场景)和将它们以二维平面形式记录的二维图像间的关系, 从形状以及灰度分布这两个方面进行了理论性阐述, 并相继提出了以此为基础的可行图像解析方法。与此同时, 还明确了记录三维空间物体运动图像时间系列(视频图像)的性质以及视频图像处理的基本方法。另外, 随着对象变得复杂, 强调“利用与对象相关知识”的重要性, 即提倡采用知识型计算机视觉, 并开展了对象相关知识的利用方法和管理方法等研究和试验。另一方面, 在这一时期还尝试开展了图像处理方法自身知识库化的工作, 开发出了各种方式的图像处理专业系统。针对人工智能的解析空间探索、最佳化、模型化、学习机能等诸多问题, 出现了作为新概念、新方法的分数维、混沌、神经网络、遗传算法等技术工具。同时, 图像处

理以感性信息为新的视点,开始了感性信息处理的研究工作。

在应用领域,医用图像处理在20世纪80年代初期不再使用X射线,而改用CT的核磁共振成像(Magnetic Resonance Imaging, MRI)实现了实用化。从20世纪80年代末至20世纪90年代超高速X射线CT、螺旋形CT相继登场。以数字射线照片的实用化为代表的各种进步,推动了医用图像整体向数字化迈进,促进了医用图像整体的一元化管理、远程医疗等的研究和普及。这些是将图像的传输、记录、压缩、还原等广义的图像处理综合起来的系统化技术。特别是以螺旋形CT为基础,在计算机内再构成患者的三维图像的“虚拟人体”的应用,使外科手术的演示和虚拟化内视镜变为可能。在这方面,1995~1998年日本和美国分别以人体全身X射线CT以及MRI图像为基础实现了可视化人体工程。20世纪90年代,针对X射线图像计算机诊断,在胸部、胃以及乳房X射线图像摄影法等方面分别投入大量精力展开研究,其中一部分在90年代末期达到了实用化水平,1998年美国公布了第一台用于医用X射线照片计算机诊断的商用装置。

在产业方面,其实用化应用范围,得到了广泛拓展,并开始产生效果。不仅检查产品外观尺寸、擦伤、表面形状,还应用于X射线图像等的非破坏性检查、机器人视觉判断、组装自动化、农产品和水产品加工、等级分类自动化、在原子反应堆等恶劣环境下进行作业等各个领域。

在遥感领域,20世纪80年代多国相继发射了各种地球观测卫星,用户可以利用的卫星图像种类和数量有了一个飞跃性增长。此外,由于计算机技术等进步,廉价系统也可以进行数据解析,用户的视野飞速扩展。20世纪90年代前半期,搭载装备主动式微波传感器的合成孔径雷达(Synthetic Aperture Radar, SAR)的卫星相继发射升空,很多人投入到SAR数据的处理、解析等技术的研究中。其中,利用两组天线观测到的微波相位信息进行地高测量和地球形变测量的研究有了很大进展。1999年高分辨率商业卫星IKONOS-1发射升空,卫星遥感分辨率进入到1m的时代。

文件与教材处理、传真通信的普及、计算机手写输入的图形处理、设计图的自动读取、文件的自动输入等,在不断的需求中也逐步发展起来。通信方面,在图像高压缩比的智能编码、环境监测、个人识别、人与人以及人与机的非语言通信等众多领域中得到了广泛应用。另外,面部图像的处理也特别活跃。

在视频图像处理方面,作为计算机视觉的应用,将视觉系统实际搭载在汽车上进行了室外路面自动行驶试验,之后用于智能交通系统(Intelligent Transportation System, ITS)。出现了视频图像的自动编辑技术,达到了一般用户也能操作的程度。虽然这里的主要技术是图像的压缩编码和译码,但特征提取和生成等也是其关键技术。提出了智能编码的概念,视频图像的解析、识别和通信也开始了快速发展。

20世纪90年代后半期,开始关注于构筑将现实世界、现实图像和计算机图形学(Computer Graphics, CG)与虚拟图像自由结合的复合现实。在这里,CG、图像识别作为其中的主要技术发挥着重要作用。其中隐含着很大的可能性,即能够实时体验与三维虚拟空间的互动,而真正的应用则从现在开始。此外,在这些动向中,“计算机是媒体”的认识也被确定下来,而其中“图像媒体”的定位、利用方法以及多媒体处理中的图像媒体作用等,将会成为今后图像处理中的关键词。

三维CAD(Computer Aided Design)中各种软件模块的出现,使在制造业、建筑业、城市规划中应用CAD成为家常便饭。此外,在利用各种媒体对数字图像进行普及的过程中,为了防止图像的非法复制、不正当使用,20世纪90年代产生了处理图像著作权及其保护的重要课题,开展了大量的电子水印技术等方面的研究工作。

1.1.5 21世纪是机器视觉技术大展宏图的世纪

图像处理技术的发展基石是计算机和通信的环境,在网络环境不断发展的同时,随着以

大容量图像处理为前提的高速信号处理、大容量数据记录、数据传送、移动计算 (mobile computing)、可穿戴计算 (wearable computing) 等技术的发展, 以及包括普适计算 (ubiquitous computing) 在内的技术进一步推进, 将给图像处理环境带来更大的变革。

在成像技术方面, 从 CT 的实用化、MRI 和超声波图像的新发展可以看到与人体相关的成像技术的发展前景。扫描仪、数字照相机、数字摄像机 (摄像头)、数字电视、带有数字照相机的手机等, 都可以方便地获得图像数据, 也就是说图像数据的获取方法已经大众化。

在软件方面, 处理系统的智能化水平越来越高。在图像识别与认知 (计算机视觉)、生成 (成像, CG) 以及传送与存储之间, 或虚拟环境和现实世界及其记录图像之间, 各种融合正在逐步形成。作为具体实例, 例如机器宠物和人型机器人已经出现, 医学应用方面的计算机辅助诊断 (Computer Aided Diagnosis, CAD) 以及计算机辅助外科 (Computer Aided Surgery, CAS) 已经实用化。作为对物品的智能化识别、定位、跟踪和监控的重要手段, 图像处理同时也是物联网技术的重要组成部分。

20 世纪 80 至 90 年代, 随着个人电脑和互联网的普及, 人们的生产和生活方式发生了很大的变化。21 世纪, 能够影响人类生存方式的事件, 将是各类机器人的推广和普及, 机器视觉作为机器人的“眼睛”, 在新的时代必将发挥举足轻重的作用。

1.2 机器视觉技术的应用领域



在上一节介绍机器视觉的发展历史中, 已经介绍了其使用方向, 这一节作一下大致的归类和总结。表 1-1 列出了机器视觉的应用领域和应用事例, 可以看出, 机器视觉可以使用在社会生产和人们生活的各个方面, 在替代人的劳动方面, 所有需要用人眼观察、判断的事物, 都可以用机器视觉来完成, 最适合用于大量重复动作 (例如工件质量检测) 和眼睛容易疲劳的判断 (例如电路板检查)。

表 1-1 机器视觉的应用领域及应用事例

应用领域	应用事例
医学	基于 X 射线图像、超声波图像、显微镜图像、核磁共振 (MRI) 图像、CT 图像、红外图像、人体器官三维图像等的病情诊断和治疗, 病人监测与看护
遥感	利用卫星图像进行地球资源调查、地形测量、地图绘制、天气预报, 以及农业、渔业、环境污染调查、城市规划等
宇宙探测	海量宇宙图像的压缩、传输、恢复与处理
军事	运动目标跟踪, 精确定位与制导, 警戒系统, 自动火控, 反伪装, 无人机侦查
公安、交通	监控, 人脸识别, 指纹识别, 车流量监测, 车辆违规判断及车牌照识别, 车辆尺寸检测, 汽车自动导航
工业	电路板检测, 计算机辅助设计 (CAD), 计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing, CAM), 产品质量在线检测, 装配机器人视觉检测, 搬运机器人视觉导航, 生产过程控制
农业、林业、生物	果蔬采摘, 果蔬分级, 农田导航, 作物生长监测及 3D 建模, 病虫害检测, 森林火灾检测, 微生物检测, 动物行为分析
邮电、通信、网络	邮件自动分拣, 图像数据的压缩、传输与恢复, 电视电话, 视频聊天, 手机图像的无线网络传输与分析
体育	人体动作测量, 球类轨迹跟踪测量
影视、娱乐	3D 电影, 虚拟现实, 广告设计, 电影特技设计, 网络游戏
办公	文字识别, 文本扫描输入, 手写输入, 指纹密码
服务	看护机器人, 清洁机器人