

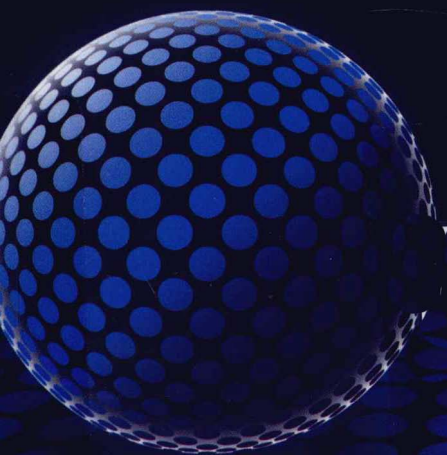
北京市属高等学校人才强教计划资助项目 (PHR200907120)

北京市教育委员会科技计划项目 (KM200911417002, KM201111417014)

# 图像处理 与三维可视化

王育坚 鲍 泓 袁家政 编著

TUXIANG CHULI YU SANWEI KESHIHUA



- ▶ 内容丰富 重点突出
- ▶ 应用性强 深入剖析
- ▶ 典型应用 启迪灵感



北京邮电大学出版社  
www.buptpress.com

北京市属高等学校人才强教计划资助项目(PHR200907120)

北京市教育委员会科技计划项目(KM200911417002,KM201111417014)

# 图像处理与三维可视化

王育坚 鲍 泓 袁家政 编著

北京邮电大学出版社

·北京·

Advances in Kernel Methods - Support Vector Learning, pages 185~208. MIT Press, 1999.

[23] S. S. Keerthi, S. K. Shevade, C. Bhattacharyya, and K. R. K. Murthy. Improvements to Platt's SMO algorithm for SVM classifier design. Technical report, Control Division, Department of Mechanical and Production Engineering, National University of Singapore, 1999. Technical Report No. CD-99-14.

[24] Pai-Hsuen Chen, Rong-En Fan, and Chih-Jen Lin. A study on SMO-type decomposition methods for support vector machines. Technical report, Department of Computer Science, National Taiwan University, 2005.

[25] R.-E. Fan, P.-H. Chen, and C.-J. Lin. Working set selection using the second order information for training SVM. Journal of Machine Learning Research, 6, 1889~1918, 2005.

[26] Chih-Chung Chang and Chih-Jen Lin, LIBSVM : a library for support vector machines, 2001.

Software available at <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>

[27] 陈华, 安斌, 陈书海, 等. K-L 变换在多光谱图像聚类中的应用. 红外与激光工程. 2001, 30(2):79~82, 107.

# 前 言

百闻不如一见,图像是人类获取信息、表达信息和传递信息的重要手段,日常生活中人们所接受的各种信息中图像信息占总信息量的 80%左右。如果说 1964 年美国喷气推进实验室首次处理了由太空船“徘徊者七号”发回的月球照片,拉开了数字图像处理应用的序幕,那么 CT 的发明、应用及诺贝尔奖的获得,则使得数字图像处理迅速进入了广泛的应用阶段。21 世纪是一个信息时代,信息技术已经全面服务于社会的方方面面,与信息技术联系紧密的图像处理技术的未来发展不可估量。

图像处理技术是 20 世纪 60 年代开始发展起来的一门新兴技术。近几十年来,由于信息技术和计算机技术的迅速发展,图像处理技术不断完善,不仅在理论研究上取得了很大的进展,而且其应用领域也日益扩大。图像处理技术已在工程科学、计算机科学、信息科学、遥感、地质、自动控制、医学、社会科学等领域得到了广泛应用,成为包括计算机科学与技术、信息科学和生物医学工程等在内的多学科的研究热点。随着科技的进步以及新兴技术的多样化发展,多学科的交叉、融合已成为现代科学发展的一个方向。图像处理技术正向其他学科领域渗透,并为其他学科的研究和应用提供支持。图像处理技术无论是对于科学理论研究,还是工程应用都将具有重要学术价值和应用价值。

三维可视化是利用计算机图像处理技术,用三维图形、图像的形式表示客观事物。三维可视化可以让真实世界完美再现,可为医学手术实施、机械制造加工、矿物开采加工、水利设施建设等提供辅助决策。可视化技术作为图形生成和图像理解相结合的一种新技术,赋予人们仿真、三维和实时交互的能力。在可视化技术基础上发展起来的虚拟现实技术、三维仿真技术和科学计算可视化技术,它们的发展和相互结合使人类认识世界的的能力得到了极大的提高。

近年来,我们跟踪图像处理新技术的发展并深入研究,得到了北京市自然科学基金、北京市数字化技术研究团队、北京组织部人才项目、北京市教育委员会科技计划项目和多个横向课题的资助,成果已应用于数字博物馆、数字校园、不可移动文物保护、城市多功能三维浏览系统、小卫星数字化影像测量系统、大觉寺三维景观展示等多个系统建设中。本书作为图像处理理论研究和应用的一本学术专著,参考了国内外大量的相关文献,总结了我们的几年来的研究成果。本书既反映了

相关技术领域近年来的最新研究进展,也给出了我们在图像处理技术方面的研究成果与应用实例。本书可作为从事计算机应用、图像处理、模式识别、地理信息系统、信号与信息处理等领域研究的研究人员、工程技术人员、高校师生的参考书。

全书共分8章,具体内容包括:绪论、图像分割、图像融合与目标识别、可视化技术及实现、支持向量机及在图像处理中的应用、图像与三维可视化模型,图像处理在书画作品中的应用、遥感图像分类技术。每章均附有大量的参考文献,便于读者参考查阅。

本书由王育坚、鲍泓、袁家政教授组织相关教师共同编写,其中,第1章由许承福、王育坚编写,第2章由何宁、袁家政编写,第3章由黄静华编写,第4章由张睿哲编写,第5章由刘立平、王育坚编写,第6章由王郁昕编写,第7章由胡正坤、鲍泓编写,第8章由刘治国编写,最后由王育坚统稿。在本书编写、出版的过程中,得到了鲍泓教授主持的北京市属高等学校人才强教计划资助项目(#PHR200907120)的资助,同时,也参考了国内外大量的论文和专著,在此一并表示感谢。

由于作者的理论水平和实践经验有限,书中难免有不足和疏漏之处,希望广大读者与同行不吝赐教。

作者

# 目 录

第 1 章 绪论 .....	1
1.1 图像处理 .....	1
1.1.1 概述 .....	1
1.1.2 图像处理的发展和应用 .....	3
1.1.3 图像处理的关键技术 .....	5
1.1.4 图像数字化 .....	7
1.2 三维可视化 .....	9
1.2.1 三维可视化原理 .....	9
1.2.2 三维可视化的应用 .....	10
1.2.3 三维数据模型与可视化算法 .....	11
1.2.4 三维可视化的实现过程 .....	14
1.3 数字城市与三维 GIS .....	15
1.3.1 概述 .....	15
1.3.2 数字城市的关键技术 .....	18
1.3.3 城市景观三维抽象 .....	20
1.3.4 城市特征地物可视化 .....	21
1.3.5 地形三维可视化 .....	22
1.3.6 三维 GIS .....	23
1.3.7 三维空间查询与分析 .....	26
本章参考文献 .....	27
第 2 章 图像分割 .....	31
2.1 引言 .....	31
2.1.1 参数活动轮廓模型 .....	33
2.1.2 几何活动轮廓模型 .....	34
2.2 水平集方法及其快速算法 .....	35
2.2.1 曲线演化理论 .....	35

2.2.2	水平集方法	38
2.2.3	水平集方法的快速实现	40
2.3	基于梯度信息混合 LBF 的几何活动轮廓模型	43
2.3.1	基于水平集的几何活动轮廓模型的特点	43
2.3.2	参数活动轮廓模型与几何活动轮廓模型之间的关系	45
2.3.3	基于梯度混合 LBF 的几何活动轮廓模型	46
2.3.4	实验结果与分析	49
2.4	对基于梯度信息几何活动轮廓模型的改进	52
2.4.1	基于梯度信息的几何活动轮廓模型	52
2.4.2	改进的模型	56
2.4.3	模型的数值实现	58
2.4.4	实验结果与分析	59
2.5	集成的变分水平集图像分割模型	61
2.5.1	几何活动轮廓模型及变分法	62
2.5.2	边缘检测模型	66
2.5.3	集成的活动轮廓模型	69
2.5.4	实验结果与分析	71
2.6	本章小结	73
	本章参考文献	73
<b>第 3 章</b>	<b>图像融合与目标识别</b>	<b>80</b>
3.1	多源图像融合	80
3.1.1	图像融合基本概念	80
3.1.2	多源图像融合的目标识别	81
3.1.3	基于多源图像目标识别的流程	82
3.1.4	图像融合处理层次	85
3.2	图像增强	86
3.2.1	直方图	87
3.2.2	图像锐化处理	88
3.3	纹理分析	89
3.3.1	纹理特征	90
3.3.2	Gabor 变换	90
3.3.3	小波变换	94
3.4	基于小波的图像融合	99
3.4.1	基于 PCA 的低频融合	100

3.4.2 高频融合 .....	102
3.5 图像的特征提取与选择 .....	104
3.5.1 图像椭圆的形状特征 .....	106
3.5.2 特征评价与选择 .....	108
3.6 图像目标识别技术 .....	109
3.6.1 贝叶斯判据 .....	110
3.6.2 最小距离分类器 .....	110
3.6.3 K-近邻分类器 .....	111
本章参考文献 .....	111
<b>第4章 可视化技术及实现 .....</b>	<b>115</b>
4.1 概述 .....	115
4.1.1 可视化技术的产生 .....	115
4.1.2 可视化的研究内容及意义 .....	117
4.1.3 可视化的分类 .....	118
4.1.4 可视化的应用 .....	122
4.2 数据可视化的方法 .....	126
4.2.1 二维可视化方法 .....	127
4.2.2 三维可视化方法 .....	130
4.2.3 矢量场可视化方法 .....	133
4.2.4 基于动画的可视化方法 .....	134
4.3 可视化流程 .....	136
4.3.1 可视化的一般流程 .....	136
4.3.2 洪灾经济损失率可视化分析流程 .....	138
本章参考文献 .....	141
<b>第5章 支持向量机及在图像处理中的应用 .....</b>	<b>145</b>
5.1 引言 .....	145
5.2 统计学习理论 .....	146
5.2.1 机器学习问题及其方法 .....	146
5.2.2 学习过程一致性 .....	148
5.2.3 VC维 .....	149
5.2.4 推广性的界 .....	151
5.2.5 结构风险最小化理论 .....	151
5.3 支持向量机 .....	153



5.3.1	支持向量机的基本思想 .....	153
5.3.2	核函数 .....	156
5.3.3	支持向量机解决多分类问题 .....	158
5.3.4	支持向量机算法研究 .....	158
5.3.5	支持向量机的特点 .....	160
5.4	数字图像处理技术 .....	160
5.4.1	图像特征描述 .....	160
5.4.2	数字图像处理的主要内容 .....	163
5.4.3	数字图像处理技术应用及发展 .....	165
5.5	支持向量机在图像处理方面的应用 .....	167
5.5.1	图像识别 .....	167
5.5.2	图像增强 .....	169
5.5.3	图像分割 .....	169
5.5.4	其他领域 .....	170
	本章参考文献 .....	171
<b>第 6 章</b>	<b>图像与三维可视化模型 .....</b>	<b>174</b>
6.1	计算机图形图像标准 .....	174
6.1.1	计算机图形标准 OpenGL .....	175
6.1.2	SVG 图像标准 .....	178
6.1.3	三维模型 VRML 标准 .....	182
6.2	图形图像和模型的存储与访问 .....	185
6.2.1	图形图像的存储 .....	185
6.2.2	图形图像的分布式存储与展示 .....	188
6.3	虚拟城市的三维建模技术 .....	194
6.3.1	手动建模 .....	194
6.3.2	半自动化建模 .....	197
6.3.3	全自动化建模 .....	201
6.4	基于分布式环境的三维模型标准 .....	202
6.4.1	WebGL .....	202
6.4.2	COLLADA .....	203
6.4.3	U3D .....	203
	本章参考文献 .....	204
<b>第 7 章</b>	<b>图像处理在书画作品中的应用 .....</b>	<b>207</b>
7.1	引言 .....	207

7.2 中国书画的特征分析 .....	208
7.2.1 中国书画的色彩 .....	208
7.2.2 中国书画作品的技法 .....	209
7.3 书画印章的特征分析 .....	210
7.3.1 印章的历史、流派 .....	211
7.3.2 印章的章法、文法 .....	211
7.3.3 印章的边格 .....	212
7.3.4 印章的颜色特征和结构特征 .....	213
7.4 一种基于结构特征的书画印章提取系统模型 .....	216
7.5 基于机器学习的中国书画颜色层析模型 .....	218
7.5.1 中国书画颜色分层的先验知识 .....	218
7.5.2 建立中国书画颜色分层原始描述模型 .....	220
7.5.3 模型的测试与应用 .....	220
7.5.4 基于机器学习的模型优化 .....	222
7.5.5 基于颜色分类的中国画分层分割 .....	222
7.6 印章的提取 .....	224
7.6.1 基于数学形态学的区域合并 .....	225
7.6.2 基于结构特征的印章提取 .....	225
7.6.3 实验结果分析 .....	230
7.7 基于机器学习的印章语义标注方法 .....	233
7.7.1 印章图像的预处理 .....	233
7.7.2 语义特征提取和标注 .....	234
本章参考文献 .....	239
<b>第8章 遥感图像分类技术 .....</b>	<b>241</b>
8.1 遥感图像分类概论 .....	241
8.1.1 TM 遥感图像的格式及特点 .....	241
8.1.2 模式分类的一般步骤 .....	242
8.2 分类算法的实现技术 .....	244
8.2.1 主成分分析算法 .....	244
8.2.2 最小距离法和最大似然估计法 .....	245
8.2.3 一阶范数软间隔分类器 .....	246
8.2.4 SMO 算法的实现技术 .....	248
8.3 分类实验的设计与算法实现 .....	250
8.3.1 整体设计 .....	250

8.3.2 样本采集 .....	251
8.3.3 训练与分类 .....	256
8.3.4 图像显示 .....	261
8.4 分类结果的评价 .....	262
8.4.1 实验区地面资料分析 .....	262
8.4.2 三种核函数的分类结果比较 .....	264
8.4.3 与其他分类算法的结果比较 .....	265
8.4.4 分析和总结 .....	266
本章参考文献 .....	267

# 第 1 章 绪 论

图像处理即用计算机对图像进行处理。图像处理技术始于 20 世纪 50 年代,从 20 世纪 80 年代中期到 90 年代,图像处理技术迅速发展成为一门独立的有强大生命力的学科。目前,图像处理已经广泛应用在计算机视觉、军事、气象、生物医学、海洋、公安、金融、智能交通、电子商务和多媒体网络通信等众多领域。由于人们对三维信息的需求与日俱增,三维可视化技术方兴未艾,已经广泛应用于社会生活的各个领域,如数字城市建设、环境监测、军事应用、风景区规划、地质和矿产活动、交通监控、房地产开发、水文地质活动、医疗救助等。三维可视化是一种利用计算机技术,再现三维世界中的物体,并能够表示三维物体的复杂信息,使其具有实时交互的能力的一种可视化技术,是对现实世界的真实再现。

## 1.1 图像处理

随着社会的进步和科学技术的发展,人们对信息处理与信息交流的要求越来越高。人类传递信息的方式主要有三个渠道,它们是语言、文字和图像。从信息论的角度来看,“图像”所包含的信息量最大,其内容非常广泛。不仅有灰度,还有色彩;不仅有平面,还有立体等。人类所获得的外界信息超过 70% 是来自眼睛摄取的图像,没有任何其他形式比图像所传递的信息更丰富、更真切。

### 1.1.1 概述

图像处理的产生和迅速发展主要受三个因素的影响,一是计算机技术的发展,二是数学的发展,特别是离散数学理论的创立和完善,三是广泛的农牧业、林业、环境、军事、工业和医学等方面的应用需求的增长。图像处理方法的研究源于两个主要的应用领域,一是为了便于人们分析而对图像信息进行提取,二是为了使机器自动理解而对图像数据进行存储、传输和显示。随着计算机与信息技术的高速发展,图像处理技术也得到了快速的发展,目前已成为计算机科学、医学、生物学、工程学、信息科学等领域各学科之间学习和研究的对象。

国外对图像处理研究起步较早,1964 年美国喷射推进实验室使用计算机对太

空飞船所送回的大批月球照片进行处理后得到清晰逼真的图像。这是图像处理技术发展的重要里程碑。此后,图像处理技术在空间研究方面得到了广泛的应用。20世纪70年代早期,因为大量的研究和应用,图像处理已具有自己的技术特色,并形成了较为完善的学科体系,从而成为一门独立的新学科。

近10多年来,图像处理研究更加深入,应用更广泛,发展更迅速。人们已经充分认识到图像处理是认识世界、改造世界的重要手段,图像处理技术已应用于许多领域,并成为21世纪信息时代的一门重要高新技术。

图像处理(Image Processing),是指用计算机对图像进行分析,以达到所需结果<sup>[1]</sup>。图像处理一般指数字图像处理。虽然某些处理也可以用光学方法或模拟技术实现,但它们远不及数字图像处理那样灵活和方便,因而数字图像处理成为图像处理的主要方面。本书中如无特殊说明,所提到的图像处理都是指数字图像处理。数字图像是指用数字摄像机、扫描仪等设备经过采样和数字化得到的一个大的二维数组,该数组的元素称为像素,其值为一整数,称为灰度值。图像处理技术的主要内容包括图像压缩,增强和复原,匹配、描述和识别等几个部分。常见的处理有图像数字化、图像编码、图像增强、图像复原、图像分割和图像分析等<sup>[3]</sup>。

随着图像处理技术的深入发展,从20世纪70年代中期开始,随着计算机技术和人工智能、思维科学研究的迅速发展,数字图像处理向更高、更深层次发展。人们已开始研究如何用计算机系统解释图像,实现类似人类视觉系统理解外部世界,这被称为图像理解或计算机视觉<sup>[2]</sup>。很多国家,特别是发达国家投入很多的人力、物力,取得了不少重要的研究成果。其中代表性的成果是70年代末MIT的Marr提出的视觉计算理论,这个理论成为计算机视觉领域其后十多年的主导思想<sup>[4]</sup>。图像理解虽然在理论方法研究上已取得不小的进展,但人类本身对自己的视觉过程还了解甚少,因此,计算机视觉是一个需要进一步探索的新领域。

对图像进行处理的目的主要有以下三个方面<sup>[5][6]</sup>:

(1) 提高图像的视感质量,如进行图像的亮度、彩色变换,增强、抑制某些成分,对图像进行几何变换,以改善图像的质量。

(2) 提取图像中所包含的某些特征或特殊信息,这些被提取的特征或信息往往为计算机分析图像提供便利。提取的特征可以包括很多方面,如频域特征、灰度或颜色特征、边界特征、区域特征、纹理特征、形状特征、拓扑特征和关系结构等。特征信息的提取是模式识别的预处理。

(3) 图像数据的变换、编码和压缩,以便于图像的存储和传输。不管是何种目的的图像处理,都需要由计算机和图像专用设备组成的图像处理系统对图像数据进行输入、加工和输出。利用计算机对图像进行处理,其处理特点可以分为两大类:一是以最终恢复图像为前提的图像压缩和为了使其比原图像更适合于特定应用的图像变换处理。基于数据压缩的图像传输和存储以及通过图像变换来改善图

像的增强和恢复,都属于这一类。另一类图像处理主要是提取对识别目标有用的特征信息,而对于其他信息则尽量予以舍弃,并根据提取的特征信息进行分类和识别。这一类图像处理属于模式识别的范畴。

### 1.1.2 图像处理的发展和應用

图像处理技术是在 20 世纪 60 年代随着计算机技术和 VLSI (Very Large Scale Integration) 的发展而产生和不断成熟的一个新兴技术领域,它在理论上和实际应用中都取得了巨大的成就<sup>[7][9]</sup>。

视觉是人类最重要的感知手段,图像又是视觉的基础。早期图像处理的目的是改善图像质量,它以人为对象,以改善人的视觉效果为目的。输入的是质量低的图像,输出的是改善质量后的图像。常用的图像处理方法有图像增强、复原、编码、压缩等。首次获得成功应用的是美国喷气推进实验室。他们对航天探测器徘徊者 7 号在 1964 年发回的几千张月球照片进行图像处理,如几何校正、灰度变换、去除噪声等,并考虑了太阳位置和月球环境的影响,由计算机成功地绘制出月球表面地图,获得了巨大的成功<sup>[10]</sup>。随后又对探测飞船发回的近十万张照片进行更为复杂的图像处理,获得了月球的地形图、彩色图及全景镶嵌图,为人类登月创举奠定了坚实的基础,也推动了数字图像处理这门学科的诞生<sup>[14]</sup>。在以后的宇航空间技术探测研究中,数字图像处理技术都发挥了巨大的作用。

数字图像处理技术取得的另一个巨大成就就是在医学上。1972 年英国 EMI 公司工程师 Housfield 发明了用于头颅诊断的 X 射线计算机断层摄影装置,也就是通常所说的 CT (Computer Tomograph)。CT 的基本方法是根据人的头部截面的投影,经计算机处理来重建截面图像,称为图像重建<sup>[11]</sup>。1975 年 EMI 公司又成功研制出全身用的 CT 装置,获得了人体各个部位鲜明清晰的断层图像。1979 年,这项无损伤诊断技术被授予诺贝尔奖,以表彰它对人类做出的划时代贡献。

20 世纪 80 年代末期,人们开始将其应用于地理信息系统,研究海图的自动读入、自动生成方法。数字图像处理技术的应用领域不断拓展。数字图像处理技术的大发展是从 20 世纪 90 年代初开始的。自 1986 年以来,小波理论与变换方法迅速发展,它克服了傅里叶分析不能用于局部分析等方面的不足之处,被认为是调和半个世纪以来工作之结晶<sup>[12]</sup>。Mallat 在 1988 年有效地将小波分析应用于图像分解和重构。小波分析被认为是信号与图像分析在数学方法上的重大突破。随后数字图像处理技术迅猛发展,到目前为止,图像处理在图像通信、办公自动化系统、地理信息系统、医疗设备、卫星照片传输及分析和工业自动化领域的应用越来越多。

进入 21 世纪,随着计算机技术的迅猛发展和相关理论的不完善,数字图像处理技术在许多应用领域受到广泛重视并取得了重大的开拓性成就,数字图像处

理技术成为具有发展前景的新技术。图像处理应用领域包括航空航天、生物医学工程、工业检测、机器人视觉、公安、军事制导、文化艺术等<sup>[15][16]</sup>。图像是人类获取和交换信息的主要来源,图像处理的应用领域必然涉及人类生活和工作的方方面面。随着人类活动范围的不断扩大,图像处理的应用领域也将随之不断扩大。

图像处理应用于航天和航空技术领域。除了前面介绍的 JPL 对月球、火星照片的处理之外,图像处理另一方面的应用是在飞机遥感和卫星遥感技术中。许多国家每天派出很多侦察飞机对地球上感兴趣的地区进行大量的空中摄影。对得来的照片进行处理分析,以前需要雇用数以千计的人手,而现在改用配备有高级计算机的图像处理系统来判读分析,既节省人力,又加快了速度,还可以从照片中提取人工所不能发现的大量有用情报。

20 世纪 60 年代末以来,美国及一些国际组织发射了资源遥感卫星(如 LANDSAT 系列)和天空实验室(如 SKYLAB),由于成像条件受飞行器位置、姿态、环境条件等影响,图像质量总不是很高。因此,以如此昂贵的代价进行简单直观的判读来获取图像是不合算的,而必须采用数字图像处理技术。如 LANDSAT 系列陆地卫星,采用多波段扫描器(MSS),在 900km 高空对地球每一个地区以 18 天为一周期进行扫描成像,其图像分辨率大致相当于地面上十几米或 100 米左右(如 1983 年发射的 LANDSAT-4,分辨率为 30m)<sup>[17]</sup>。这些图像在空中先处理(数字化,编码)成数字信号存入磁带中,在卫星经过地面站上空时,再高速传送下来,然后由处理中心分析判读。这些图像无论是在成像、存储、传输过程中,还是在判读分析中,都必须采用很多数字图像处理方法。

现在世界各国都在利用陆地卫星所获取的图像进行资源调查(如森林调查、海洋泥沙和渔业调查、水资源调查等),灾害检测(如病虫害检测、水火检测、环境污染检测等),资源勘察(如石油勘查、矿产量探测、大型工程地理位置勘探分析等),农业规划(如土壤营养、水分和农作物生长、产量的估算等),城市规划(如地质结构、水源及环境分析等)。我国也陆续开展了以上诸方面的一些实际应用,并获得了良好的效果。在气象预报和对太空其他星球研究方面,数字图像处理技术也发挥了相当大的作用<sup>[8]</sup>。

图像处理在生物医学工程方面的应用十分广泛,而且很有成效。除了上面介绍的 CT 技术之外,还有一类是对医用显微图像的处理分析,如红细胞、白细胞分类,染色体分析,癌细胞识别等。此外,在 X 光肺部图像增晰、超声波图像处理、心电图分析、立体定向放射治疗等医学诊断方面都广泛地应用图像处理技术。

图像处理在通信工程方面得到了应用。通信的主要发展方向是声音、文字、图像和数据结合的多媒体通信,即将电话、电视和计算机以三网合一的方式在数字通信网上传输。其中以图像通信最为复杂和困难,因图像的数据量十分巨大,如传送彩色电视信号的速率达 100Mbit/s 以上。要将这样高速率的数据实时传送出去,必须采用编码技术

来压缩信息的比特量。在一定意义上讲,编码压缩是这些技术成败的关键。除了已应用较广泛的熵编码、DPCM 编码、变换编码外,目前国内外正在大力开发研究新的编码方法,如分行编码、自适应网络编码、小波变换图像压缩编码等。

在工业和工程领域中图像处理技术有着广泛的应用,如自动装配线中检测零件的质量、并对零件进行分类,印刷电路板疵病检查,弹性力学照片的应力分析,流体力学图片的阻力和升力分析,邮政信件的自动分拣。在一些有毒、放射性环境内识别工件及物体的形状和排列状态,先进的设计和制造技术中采用工业视觉等。其中值得一提的是研制具备视觉、听觉和触觉功能的智能机器人,将会给工农业生产带来新的激励,目前已在工业生产中的喷漆、焊接、装配中得到有效的利用。

在军事方面图像处理主要用于导弹的精确末制导,各种侦察照片的判读,具有图像传输、存储和显示的军事自动化指挥系统,飞机、坦克和军舰模拟训练系统等。

图像处理在文化艺术方面得到了应用,目前这类应用包括电视画面的数字编辑、动画的制作、电子图像游戏、纺织工艺品设计、服装设计、发型设计、文物资料照片的复制和修复、运动员动作分析和评分等。现在已逐渐形成一门新的艺术——计算机美术。

机器人视觉也属于图像处理范畴。机器视觉作为智能机器人的重要感觉器官,主要进行三维景物理解和识别。机器视觉主要用于军事侦察、危险环境的自主机器人,邮政、医院和家庭服务的智能机器人,装配线工件识别、定位,太空机器人的自动操作。

图像处理在视频和多媒体系统方面得到了应用。电视制作系统广泛使用图像处理、变换、合成,多媒体系统中静止图像和动态图像的采集、压缩、处理、存储和传输,交通监控、指纹识别、人脸鉴别、身份认证、产品防伪、水印技术,公安业务图片的判读分析、不完整图片的复原、事故分析。高速公路不停车自动收费系统中的车辆和车牌的自动识别都是图像处理技术成功应用的例子。

### 1.1.3 图像处理的关键技术

要解决众多的图像处理应用问题,必须研究出有效的图像处理方法。可以将图像处理关键技术归纳为以下几类。

#### (1) 图像获取、表示和表现

该过程主要是把模拟图像信号转化为计算机所能接受的数字形式,以及把数字图像显示和表现出来。这一过程主要包括摄取图像、光电转换及数字化等几个步骤。

#### (2) 图像增强

图像增强(Image Enhancement)是用来强调图像的某些特征,以便进一步分析<sup>[18]</sup>。当无法得知图像退化有关的定量信息时,可以使用图像增强技术较为主观地改善图像的质量。图像增强技术是改善图像视感质量的一种重要手段,包括去



除图像噪声,增强图像对比度等。例如,对比度的增强是用来使对比度低的图像更容易显现其特征,而低对比度的可能原因包括光线不足、图像感应器的动态范围不够以及在图像摄取时光圈设定错误等。图像增强的过程本身并没有增加原始资料所包含的信息,仅仅是把图像某些部分的特征更加强罢了。图像增强的算法通常是交互式的,而且与所考虑的应用有着密切的联系。

### (3) 图像恢复

图像恢复(Image Restoration)是指在图像退化的原因已知时对图像进行校正,重新获得原始图像的过程。使图像降质的因素有很多,包括感应器或拍摄环境的干扰,感应器的非线性几何失真,没有对焦精确所造成的模糊,摄像机与物体之间相对运动所造成的模糊等。图像恢复最关键的是对每一种退化都需要建立一个合理的模型。退化模型和特定数据一起描述了图像的退化,因此恢复技术是基于模型和数据的图像恢复,其目的是试图将受污染或降质的图像带回到原本不受污染的状况下所应得的干净图像,产生一个等价于理想成像系统获得的图像。虽然图像恢复与图像增强都会造成视觉上较佳的感觉,但后者更关心的是图像特征增强或抽取,而不是去除退化或污染。

### (4) 图像重建

图像重建(Image Reconstruction)是由几个一维的图像投影来重建出更高维的物体图像。与图像增强、图像恢复等不同,图像增强和图像恢复的输入都是图像,处理后输出的结果也是图像,图像重建则是指从数据到图像的处理,即输入的是某种数据,经过处理后得到的结果是图像。一个图像的取得是以平行的 X 光或者其他的放射穿透光束照射物体,并在物体的背面接收此投影,接着在同一平面上改变光束照射的角度以获得不同的投影,再以某些重建算法将这些投影组合成物体的一个横剖面图像。这种技术主要用于医学图像、雷达图像处理、天文学星象观测、地质研究及无损压缩等。

### (5) 图像压缩

图像压缩(Image Compression)的目的是降低代表数字图像所需要的数据量,这样做的好处是可以减少图像传输时间以及存储空间。编码是实现图像压缩的重要手段。图像压缩编码主要是利用图像信号的统计特性以及人类视觉的生理学和心理学特性,对图像信号进行高效编码,即研究数据压缩技术。其目的是在保证图像质量的前提下压缩数据,以解决图像数据量大的矛盾。压缩数据量,便于特征提取,为后续识别作准备。

从编码技术的发展来看,Kunt 提出了第一代、第二代的编码概念。第一代编码是以去除冗余为基础的编码方法,如 PCM、DPCM、DCT、DFT、W-H 变换编码以及以此为基础的混合编码法。第二代编码法多为 20 世纪 80 年代以后提出的,如 Fractal 编码法、金字塔编码法、小波变换编码法、模型基编码法、基于神经网络