

高等学校 规划教材
电子信息类

数字图像处理

(第2版)

夏良正 李久贤 编著



东南大学出版社

内 容 提 要

本书比较全面地论述了数字图像处理的基本概念、理论和系统组成。全书共分 10 章,主要内容有图像信息的基本知识,图像变换、压缩编码、增强、复原、分割、描述、分类和图像知识表示,最后介绍图像处理系统。各章末附有习题以供选用。

本书是对 1999 年出版的《数字图像处理》一书的修订,对部分章节内容,如图像信息基本知识、压缩编码和复原等作了较大幅度修改。对目前新发展的图像处理方法和理论,如小波变换、分形、模糊集、人工神经网络及数学形态学等新的计算智能信息处理理论在图像处理中的应用以及彩色图像处理作了适当的补充介绍。

本书可作为高校自动控制、计算机科学与工程、通信工程、信息工程、生物医学工程等有关专业的教材,也可供有关专业硕士研究生和科技人员自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理/夏良正,李久贤编著.第 2 版.一南京:东南大学出版社,2005.8

ISBN 7-81050-525-4

I. 数... II. ①夏... ②李... III. 数字图像处理
IV. TN919.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 086017 号

数字图像处理

出版发行 东南大学出版社

出 版 人 宋增民

社 址 南京市四牌楼 2 号 (210096)

电 话 (025)83793330

经 销 江苏省新华书店

印 刷 丹阳人民印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

字 数 596 千字 24.5 印张

版 次 2005 年 8 月第 2 版第 6 次印刷

印 数 14001—17000

定 价 32.00 元

* 东大版图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系调换,电话:(025)83795801。

再 版 前 言

数字图像处理是研究采用计算机和其他数字化技术对图像信息进行处理的新技术。由于图像信息的信息量大、传输速度快,它是人类获取信息的主要来源,因此,图像处理科学与技术必然成为工程学、计算机科学、通信科学、信息科学、军事、公安、医学等众多学科学习和研究的对象。同时,数字图像处理又是一门与国民经济紧密联系的应用科学,它已给人类带来了巨大的经济和社会效益。在当今的信息社会中,图像处理科学在理论和实践上都得到人们越来越广泛的重视和研究发展,而且存在着不可估量的发展空间。

为了适应数字图像处理技术新发展的需要,现在我们对1999年由东南大学出版社出版的《数字图像处理》进行修订。本书除保留原书中数字图像处理的基本理论和方法,如图像变换、编码、增强、复原、分割、描述、分类和图像知识表示等内容外,对书中部分章节,如图像信息基本知识、图像压缩编码和图像复原进行了较大幅度的修改。根据读者的意见和我们多年的教学经验,增添了一些新内容,去掉了较繁琐的数学推导,使物理概念和基本理论的叙述更为简洁明确。另外,结合近几年来数字图像技术的新发展,特别是计算智能信息处理理论的发展及其在数字图像处理中的应用,重点增补了一些图像处理的新理论、新方法,如小波分析(包括小波矩、小波神经网络)、分形、数学形态学等,还适当补充了彩色图像处理的基本概念和方法。

本书是为高等院校自动控制、计算机科学与工程、通信工程、信息工程、电子工程、生物医学工程等专业学生编写的,亦可供有关专业硕士生和工程技术人员参考。使用本书时,读者应具有积分变换、线性代数、概率论和随机过程、数字信号处理、通信理论、计算机语言等方面的基本知识。书中有*号的章节视读者水平和要求可以增减。虽然不同的专业或不同的应用要求可能有不同的侧重,但基本概念和原理是共同基础,这就是本书编著的基本出发点。

本书初版于1989年由邮电出版社出版,1996获邮电部优秀教材二等奖,曾被推荐由台湾儒林图书公司在海外出版发行。1999年对该书进行了改版,由东南大学出版社出版,被确定为高等教育电子信息类“九五”规划教材,并由东南大学教学委员会确定为重点建设教材,2004年获东南大学优秀教材一等奖,受到广大读者的欢迎。

本次修订由李久贤教授编写第4、6、7、9、10章,其余各章由夏良正教授编写,并统编全书。应当指出,本书从初版至目前的改版,是一个不断完善、不断提高的过程。曾参与本书初版工作的老师们对本书作出了很大的贡献。在此,谨向陈廷标教授、刘凯副教授和曾参与本书第1版部分工作的王岚、杜桂芬副教授等表示感谢,还要特别感谢何振亚教授在百忙之中对本书提出了建设性的指

导意见。此外,本书引用了金立左博士、许东博士、潘泓博士、孙伟博士等部分科研成果和计算机实验图片,还参考和引用了一些论文和资料,谨此对他(她)们表示由衷的感谢。

由于编著者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

夏良正 李久贤

2005年5月

出版说明

为做好全国电子信息类专业“九五”教材的规划和出版工作,根据国家教委《关于“九五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》和《普通高等教育“九五”国家级重点教材立项、管理办法》,我们组织各有关高等学校、中等专业学校、出版社、各专业教学指导委员会,在总结前四轮规划教材编审、出版工作的基础上,根据当代电子信息科学技术的发展和面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的要求,编制了《1996—2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》。

本轮规划教材是由个人申报,经各学校、出版社推荐,由各专业教学指导委员会评选,并由我部教材办协商各专指委、出版社后,审核确定的。本轮规划教材的编制,注意了将教学改革力度较大,有创新精神、特色风格的教材和质量较高、教学适用性较好、需要修订的教材以及教学急需,尚无正式教材的选题优先列入规划。在重点规划本科、专科和中专教材的同时,选择了一批对学科发展具有重要意义,反映学科前沿的选修课、研究生课教材列入规划,以适应高层次专门人才培养的需要。

限于我们的水平和经验,这批教材的编审、出版工作还可能存在不少缺点和不足,希望使用教材的学校、教师、同学和广大读者积极提出批评和建议,以不断提高教材的编写、出版质量,共同为电子信息类专业教材建设服务。

电子工业部教材办公室

目 录

1 绪论	(1)
1.1 图像处理	(1)
1.2 数字图像表示方法	(2)
1.3 数字图像处理	(3)
1.3.1 数字图像处理与计算机视觉	(3)
1.3.2 数字图像处理的基本特点	(5)
1.3.3 数字图像处理主要研究的内容	(5)
1.4 数字图像处理的发展和应用	(6)
1.4.1 数字图像处理的发展概况	(6)
1.4.2 数字图像处理的主要应用	(8)
1.5 全书内容简介	(9)
习 题	(10)
2 图像信息的基本知识	(11)
2.1 图像信息技术中的视觉研究	(11)
2.1.1 视觉研究与图像技术的关系	(11)
2.1.2 人眼的构造	(13)
2.1.3 视觉信息的产生、传递和处理	(14)
2.1.4 视觉特性	(15)
2.1.5 视觉的认知过程	(19)
2.1.6 视觉模型	(22)
2.2 图像数字化	(25)
2.2.1 图像数字化过程	(25)
2.2.2 点阵采样	(26)
2.2.3 图像量化	(30)
2.3 图像的噪声分析	(31)
2.3.1 图像噪声	(31)
2.3.2 图像噪声分类	(32)
2.3.3 图像噪声的统计模型	(33)
2.4 图像质量评价	(35)
2.4.1 图像质量	(35)

2.4.2 图像质量评价的保真度准则	(36)
2.5 彩色图像的基本知识	(37)
2.5.1 三基色原理	(37)
2.5.2 颜色的基本属性	(39)
2.5.3 彩色模型	(39)
2.5.4 彩色视觉模型	(44)
习 题	(45)
3 图像变换	(47)
3.1 概 述	(47)
3.2 图像的线性运算	(47)
* 3.2.1 二维连续线性系统	(47)
3.2.2 二维连续傅立叶变换	(49)
3.3 二维离散傅立叶变换及其性质	(52)
3.3.1 概 述	(52)
3.3.2 二维离散傅立叶变换(DFT)	(52)
3.3.3 二维离散傅立叶变换的性质	(54)
3.3.4 二维傅立叶变换小结	(59)
3.4 离散图像变换的一般表达式	(61)
3.4.1 图像变换的代数表达式	(61)
3.4.2 图像变换的矩阵表示式	(62)
* 3.5 离散沃尔什-哈达玛变换(DWT - DHT)	(63)
3.5.1 一维离散沃尔什变换	(63)
3.5.2 二维离散沃尔什变换	(64)
3.5.3 快速沃尔什变换(FWT)	(65)
3.5.4 离散哈达玛变换(DHT)	(66)
3.6 离散余弦变换(DCT)	(67)
3.6.1 一维离散余弦变换	(67)
3.6.2 二维离散余弦变换	(68)
3.6.3 二维快速 DCT	(68)
3.7 离散哈尔变换	(69)
3.8 离散 K - L 变换	(71)
3.8.1 K - L 变换式	(71)
3.8.2 K - L 变换与其他图像变换的比较	(72)
* 3.9 小波变换	(73)
3.9.1 小波变换的来源及发展概况	(73)
3.9.2 连续小波变速	(74)
3.9.3 离散(二进)小波变换	(80)

3.9.4	多分辨分析和马拉特(Mallat)算法	(80)
3.9.5	二维离散小波变换	(85)
3.9.6	双正交小波变换	(88)
3.9.7	小波的选择原则	(90)
习 题		(91)
4	图像压缩编码	(93)
4.1	概 述	(93)
4.2	熵编码方法	(95)
4.2.1	基本概念	(95)
4.2.2	哈夫曼(Huffman)编码方法	(98)
4.2.3	香农(Shannon)编码法	(99)
4.2.4	算术编码方法	(100)
4.2.5	游程长度编码(RLC)	(101)
4.3	预测法编码	(103)
4.3.1	DPCM 的基本原理	(103)
4.3.2	最佳线性预测	(104)
4.3.3	最佳量化器	(107)
4.3.4	DPCM 系统中的图像降质	(108)
4.3.5	自适应预测编码	(109)
4.4	变换编码方法	(111)
4.4.1	正交变换压缩图像编码率的物理概念	(112)
4.4.2	变换编码原理框图	(113)
4.4.3	二维傅立叶变换编码	(113)
4.4.4	二维沃尔什-达玛变换编码	(114)
4.4.5	离散余弦变换编码和 JPEG 基本系统	(115)
* 4.5	图像压缩编码的开发研究	(119)
4.5.1	概 述	(119)
4.5.2	小波变换图像压缩编码	(120)
4.5.3	分形编码	(123)
4.5.4	三维物体模型参数编码	(128)
4.5.5	自适应网络编码	(129)
* 4.6	图像压缩编码主要国际标准	(130)
4.6.1	支持分层传递的二值图像压缩编码技术标准 JBIG	(130)
4.6.2	静止图像压缩标准 JPEG 和 JPEG2000	(131)
4.6.3	运动图像压缩编码标准 MPEG	(134)
4.6.4	支持通信业务视听视频编解码技术标准 H. 261 和 H. 263	(138)
习 题		(141)

5 图像增强和复原	(143)
5.1 概 述	(143)
5.2 灰度修正	(144)
5.2.1 灰度变换	(144)
5.2.2 直方图修正	(146)
5.3 图像的同态增晰	(152)
5.4 平 滑	(154)
5.4.1 图像中信号与噪声的关系	(154)
5.4.2 平 均	(155)
5.4.3 中值滤波	(157)
5.4.4 顺序统计滤波器	(160)
5.5 锐 化	(161)
5.5.1 微分法	(162)
5.5.2 高通滤波器	(166)
* 5.6 几何校正	(167)
5.6.1 已知两坐标系关系 h_1 、 h_2 的校正方法	(168)
5.6.2 不知两坐标系关系 h_1 、 h_2 的校正方法	(169)
5.7 伪彩色图像增强	(170)
5.7.1 强度分层——不连续的彩色处理	(170)
5.7.2 灰度级——彩色变换	(171)
5.8 图像线性滤波复原	(172)
5.8.1 图像降质模型	(173)
* 5.8.2 几个典型的降质系统的传递函数	(176)
5.8.3 逆滤波图像复原	(178)
5.8.4 最小均方误差滤波(维纳滤波)图像复原	(179)
5.9 全彩色图像增强	(181)
5.9.1 全彩色图像处理基础	(181)
5.9.2 彩色图像的直方图均衡化	(182)
5.9.3 彩色图像的平滑和锐化	(183)
习 题	(184)
 6 图像分割	 (189)
6.1 概 述	(189)
6.2 边缘检测算子	(190)
6.2.1 简单边缘检测算子	(190)
6.2.2 Marr 边缘检测方法	(194)
6.2.3 沈俊边缘检测方法	(198)

6.2.4	用 Facet 模型检测边缘	(199)
6.2.5	模板匹配法	(201)
* 6.2.6	区域边缘的 Hough 变换和广义 Hough 变换	(205)
* 6.2.7	小波变换检测边缘	(208)
6.3	图像阈值分割	(211)
6.3.1	直方图阈值分割	(212)
6.3.2	类间方差阈值分割	(215)
6.3.3	二维最大熵阈值分割	(216)
6.3.4	模糊阈值分割	(220)
* 6.3.5	共生矩阵阈值分割	(222)
* 6.3.6	复杂图像多阈值分割	(224)
6.4	区域增长法和分开-合并区域方法	(226)
6.4.1	区域增长法	(226)
6.4.2	分开-合并区域方法	(229)
* 6.5	数学形态学在图像分割中的应用	(230)
6.5.1	数学形态学的基本运算	(231)
6.5.2	数学形态学的应用	(234)
* 6.6	彩色图像分割	(236)
	习 题	(238)
7	图像描述	(240)
7.1	概 述	(240)
7.2	二值图像的几何特性	(240)
7.2.1	简单的几何特性	(240)
7.2.2	拓扑特性	(243)
7.3	二维形状描述	(247)
7.3.1	区域描述	(247)
7.3.2	边界描述	(257)
7.4	二维纹理描述	(261)
7.4.1	纹理特征	(262)
7.4.2	灰度共生矩阵法	(263)
* 7.4.3	马尔可夫随机场(MRF)模型分析纹理	(265)
7.4.4	傅立叶功率谱纹理分析法	(267)
7.4.5	纹理的结构分析	(269)
* 7.5	小波矩	(271)
7.5.1	旋转不变矩的一般表达式	(272)
7.5.2	小波矩	(272)
* 7.6	三维物体描述	(274)

7.6.1 骨架描述法	(274)
7.6.2 表面描述法	(275)
7.6.3 体积描述法	(276)
7.6.4 广义圆柱体描述法	(277)
习 题	(277)
8 图像识别	(279)
8.1 图像(模式)识别的基本概念	(279)
8.1.1 模式识别	(279)
8.1.2 模式识别系统	(280)
8.1.3 模式识别的主要理论和方法	(282)
8.2 统计模式识别	(284)
8.2.1 线性决策函数	(284)
8.2.2 距离函数模式分类	(287)
8.2.3 似然函数模式分类	(292)
8.3 结构(或句法)模式识别	(297)
8.3.1 模式的描述方法	(297)
8.3.2 串文法	(298)
8.3.3 语义的使用	(301)
8.3.4 识别	(301)
8.3.5 高维文法	(302)
8.4 模糊模式识别	(306)
8.4.1 引言	(306)
8.4.2 模糊子集的基本概念	(306)
8.4.3 模糊集的运算	(308)
8.4.4 模糊关系	(310)
8.4.5 模糊模式识别	(312)
8.5 人工神经网络在模式识别中的应用	(318)
8.5.1 概述	(318)
8.5.2 反向传播学习算法(B-P 算法)	(318)
8.5.3 小波神经网络	(321)
8.5.4 应用实例	(323)
8.6 模式识别方法的比较	(324)
习 题	(325)
9 图像知识表示与应用	(328)
9.1 概述	(328)
9.2 产生式系统	(328)

9.3 语义网络	(330)
9.3.1 语义网络表示方法	(330)
9.3.2 语义网络推理	(333)
* 9.3.3 连接词在语义网络中的表示方法	(336)
9.3.4 语义网络的应用	(337)
9.4 框架	(340)
9.4.1 框架表示方法简介	(341)
9.4.2 框架推理	(343)
* 9.5 图匹配	(344)
9.5.1 图匹配基本概念	(344)
9.5.2 图匹配算法	(346)
习题	(348)
10 图像处理和理解系统	(349)
10.1 概述	(349)
10.2 通用数字图像处理系统	(350)
10.2.1 系统基本组成	(350)
10.2.2 图像输入设备	(350)
10.2.3 图像输出设备	(360)
10.2.4 微型计算机图像处理系统	(360)
10.3 多 DSP 组成的电视跟踪系统	(364)
* 10.4 典型图像理解系统	(366)
10.4.1 基于规则的景物解释系统	(367)
10.4.2 VISIONS 系统	(368)
* 10.5 图像处理中的并行处理结构	(372)
参考文献	(375)

1 绪 论

1.1 图像处理

“图”是物体透射光或反射光的分布,“像”是人的视觉系统对图的接收在大脑中形成的印象或认识。前者是客观存在的,而后者为人的感觉,图像应是两者的结合。如果把图像仅仅看成是二维平面上或三维立体空间中具有暗亮或色彩变化的光分布,是不严格的,它应包括人的心理因素,图像处理也应考虑到这点。

人们可以通过各种观测系统从被观察的场景取得图像。观察系统包括:拍摄各种场景的照相机和摄像系统;观察微小细胞的显微图像摄像系统;考察地球表面的卫星多光谱扫描成像系统;在工业生产流水线上监控的工业机器人视觉系统;检查人体内脏或材料内部结构的超声、X射线计算机断层摄影系统(CT)等等。观察系统使用的光波段可以从红外线、可见光、X射线、微波到 γ 射线,以适应探测不同物理介质、材料和状态的场景。

从观测系统所取得的图像可以是静止的,如文字、照片、细胞切片等;也可以是运动的,如飞行物、传送带上的工件、心脏图像等;物体还可以是三维立体的,如机器零件、远近不一的建筑群、表面凹凸不平的山脉等;所成的图像可以是黑白的,也可以是彩色的。但目前图像处理主要研究的还是二维图像或图像序列。

图像处理就是对图像信息进行加工处理,以满足人的视觉心理和实际应用的要求。人类获取外界信息有视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉等多种方法,但绝大部分(约80%)是来自视觉所接收的图像信息,即所谓“百闻不如一见”。因此,图像处理技术的广泛研究和应用是必然的趋势。

图像处理可以应用光学方法,也可应用电子学方法。光学图像处理方法已有很长的历史,如光学滤波器等。在激光全息技术出现后,它得到了很大的发展。光学图像处理是平行处理,处理速度快,信息容量大,分辨率高,又很经济,但处理精度不高、稳定性差、设备笨重、操作不方便等原因限制了它的发展和应用。从20世纪60年代开始,随着计算机技术的发展,数字图像处理获得了飞跃的发展。所谓数字图像处理,就是利用数字计算机或其他高速、大规模集成数字硬件,对从图像信息转换来的数字电信号进行某些数字运算或处理,以期提高图像的质量或达到人们所要求的某些预期的结果。如对被噪声污染的图像去除噪声;对信息微弱的图像进行增强处理;对失真的图像进行几何校正;从遥感图片中辨别农作物、森林、湖泊和军事目标等等。应用计算机处理图像精度高,改变软件即可变换处理方法,灵活方便。但由于当前计算机是顺序处理技术,因此对信息量较大的图像,运算处理速度不如光学方法快。随着计算机技术的迅速发展,特别是并行处理技术、处理器阵列、图像数据

库等新技术的发展,图像处理技术将会以全新的面貌出现。

1.2 数字图像表示方法

一幅黑白图像可用二维函数 $f(x,y)$ 表示,其中 x,y 是平面的二维坐标, $f(x,y)$ 表示点 (x,y) 的亮度值(灰度值)。如果是一幅彩色图像,各点值还应反应出色彩变化,即可用 $f(x,y,\lambda)$ 表示,其中 λ 为波长。假如是活动彩色图像,还应是时间 t 的函数,即可表示为 $f(x,y,\lambda,t)$ 。对模拟图像来讲, $f(x,y)$ 显然是连续函数。

为了适应数字计算机的处理,必须对连续图像函数进行空间和幅值数字化。空间坐标 (x,y) 的数字化称为图像采样,而幅值数字化被称为灰度级量化。经过数字化后的图像称为数字图像(或离散图像)。数字图像一般有两种常用的表示方法。

1) 灰度图像的阵列表示法

设连续图像 $f(x,y)$ 按等间隔采样,排成 $M \times N$ 阵列(一般取方阵列 $N \times N$),如式(1.2.1)所示。

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \cdots & f(N-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (1.2.1)$$

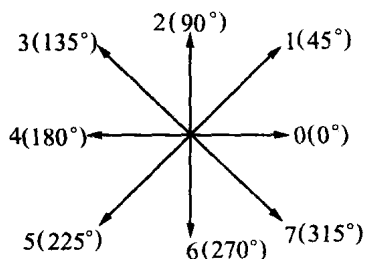
图像阵列中每一个元素都是离散值,称为像素(pixel)。在数字图像处理中,一般取阵列 N 和灰度级 G 都是 2 的整数幂,即取 $N=2^n$ 及 $G=2^m$ 。对一般实验室电视图像, N 取 256 或 512,灰度级 G 取 64 级($m=6\text{bit}$)至 256 级($m=8\text{bit}$),即可满足图像处理的需要。对特殊要求的图像,如卫星图片取 2340×3240 ,灰度级 m 取 8~12bit。

彩色图像可用红(R)、绿(G)、蓝(B)三个矩阵表示,也可以组成混合矩阵。目前三个色彩各用 8bit,共用 24bit。显然各单色图像比特数较少,因为人眼彩色亮度分辨率低,并不妨碍图像的观察质量。另外,也可用三维矢量矩阵表示彩色图像。

2) 二值图像表示法

在数字图像处理中,为减少计算量,常将灰度图像转为二值图像处理。所谓二值图像就是只有黑白两个灰度级,即像素灰度级非 1 即 0,如文字图片,其数字图像可用每个像素 1bit 的矩阵表示。

二值图像还可采用一些特有的表示方法,如链码(又称 Freeman 码)很适合表示直线和曲线组成的二值图像,以及描述图像的边界轮廓。采用链码比矩阵表示可节省很多的比特数。因为规定了链的起点坐标和链的斜率序列,就可以完全描述曲线或直线。根据斜率分别是 $45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ 的倍数,可组成八向、六向、四向链码。常用链码形式是八向链码。如图 1.2.1 所示。



(a) 八向链码

方向	十进制 数表示	二进制 自然码
0°	0	0 0 0
45°	1	0 0 1
90°	2	0 1 0
135°	3	0 1 1
180°	4	1 0 0
225°	5	1 0 1
270°	6	1 1 0
315°	7	1 1 1

(b) 链码的自然码表示

方向	不等长码
0°	0
45°	0 1
-45°	0 1 1
90°	0 1 1 1
-90°	0 1 1 1 1
135°	0 1 1 1 1 1
-135°	0 1 1 1 1 1 1
180°	0 1 1 1 1 1 1 1

(c) 链码的一种不等长码表示

图 1.2.1 八向链码及其编码

用八向链码表示曲线的例子如图 1.2.2 所示。设想在曲线上叠加一个水平线和垂直线间距均为 d 的小正方网格，曲线在每个小正方网格中都用最接近的方向码表示，那么图 1.2.2 中的曲线可用十进制数表示的链式码为 12122212111007765545670。如用图 1.2.1(b)3bit 自然码表示为 00101000101001000101000100100000011111110101101100101110111000，共用 $23 \times 3 = 69\text{bit}$ ，而用矩阵表示需用 $16 \times 16 = 256\text{bit}$ ，显然比特数减少了很多。不言而喻，图像的尺寸越大，图中曲线所占的比例越小，节省的比特数就越多。

如八向链码不采用等长 3bit 自然码，而按其概率大小分配为不等长码。经常出现的 0° 和 $\pm 45^\circ$ 方向给短码，而不经常出现的方向 180° 和 $\pm 135^\circ$ 给予长码，如图 1.2.1(c) 所示。根据资料介绍，应用这种链码对字母和数字混合的符号图像表示，平均每个方向占用 1.8~1.9bit；而对一幅由一个饮料杯和一个瓶子轮廓构成的图像，平均每个方向占用 1.5~1.9bit。很显然，用此种非等长链编码比等长的自然码还要节省更多的比特数。

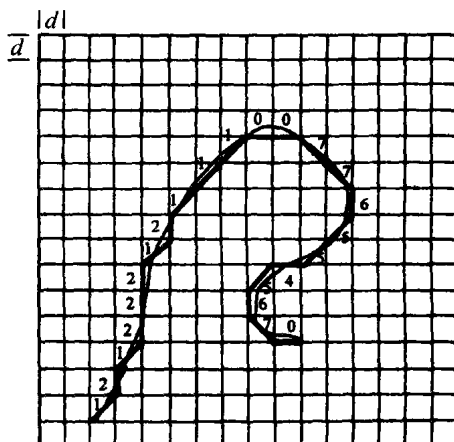


图 1.2.2 曲线用八向链码表示

1.3 数字图像处理

1.3.1 数字图像处理与计算机视觉

数字图像处理是利用计算机系统对数字图像进行各种目的的处理。根据处理的目的，数字图像处理可分为两类图像处理：

(1) 一类图像处理的目的是改善图像的质量，它以人为对象，以改善人的视觉效果为目

的,一般称为图像预处理。此时输入的是经图像输入设备(如 CCD 摄像机)和数字化后的数字图像。由于各种原因产生的干扰、噪声、模糊等使输入图像质量变差,经过数字图像处理输出的是提高质量后的图像。常用的数字图像方法有图像增强、复原、编码等。

(2) 另一类图像处理的目的是识别目标或对识别对象的分类,它以机器为对象,处理的目的是使机器或计算机能自动识别目标,称为图像识别。图像识别系统的输入是经过预处理的改善质量后的图像,输出的是图像中目标(物体)的识别或分类结果。图像识别过程如图 1.3.1 所示,一般包括图像预处理、图像分割、特征提取和图像分类。其中图像分割主要有边缘提取和区域分割方法,图像分类主要是采用模式识别理论和方法。

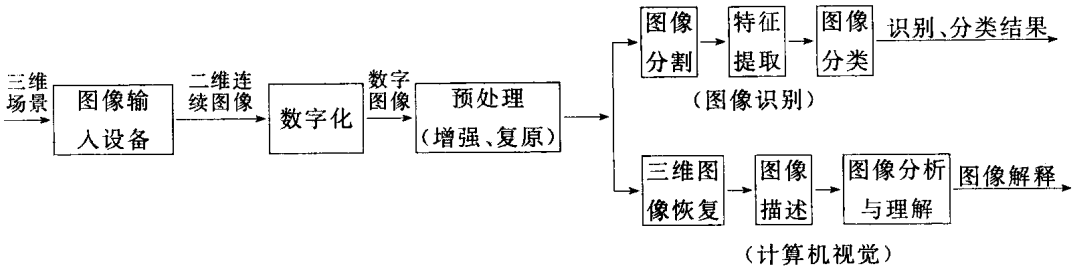


图 1.3.1 数字图像处理与计算机视觉

随着图像处理技术的深入发展,国内外不少学者已开始研究如何用计算机系统解释图像,实现或模拟人类视觉系统理解外部世界,这称为计算机视觉(也称为机器视觉或图像理解)。计算机视觉过程如图 1.3.1 所示,它一般包括图像预处理、三维图像恢复、图像描述、图像分析与理解等。计算机视觉系统输入的图像是经预处理后的二维灰度图像,它是三维场景在二维平面上的投影,此时,场景的三维信息只能通过灰度图像或灰度图像序列来恢复。这种恢复需要进行多点对一点的映射逆变换,在信息恢复过程中还需要有关的场景知识和投影几何知识。恢复后的三维图像经图像描述和图像分析,输出的是对图像的解释,期望获得类似于人类视觉对场景的感知和理解。

计算机视觉是一个新的发展迅速的研究领域,已成为计算机科学的一个重要研究领域。但是,由于人们对自己的视觉过程了解还很缺乏,计算机视觉的理论基础还很不完善,特别是图像的正确解释离不开知识的导引,它属于人工智能的范畴,与思维科学体系有着密切的联系,如思维学、神经物理学、认知科学等。计算机视觉虽然在理论方法上已取得不小的进展,但它离真正实现类似人类视觉对场景的理解还有很大的距离,这是一个有待人们进一步探索的新领域。

从图像处理到计算机视觉并没有明确的界限,它可视为数字图像处理和理解的不同阶段。有的学者将图像处理分为三种典型的处理过程,即低级、中级和高级处理。低级处理即为预处理,其特点是输入和输出都是图像,主要处理方法是图像增强(去除噪声、锐化边缘、增强对比度等)和图像复原;中级处理为图像分割、特征提取和图像描述,其特点是输入为图像,而输出的是从这些图像提取的特征或图像描述的信息;最后,高级处理是获得对被识别物体的分类或对图像的解释。

本书主要介绍图像预处理中的图像增强、复原和编码,以及图像分割、特征提取、图像描述和图像识别。至于计算机视觉中的三维图像恢复、图像分析和理解等内容不在本书介绍

的范围,请参考有关计算机视觉的书籍和相关资料(可参阅书末所列文献)[6,12,40,62]。

1.3.2 数字图像处理的基本特点

数字图像处理有以下几个基本特点:

(1) 目前,数字图像处理的信息大多是二维信息,处理信息量很大。如一幅 256×256 低分辨率黑白图像,要求约 64kbit 的数据量;对高分辨率彩色 512×512 图像,则要求 768kbit 数据量;如果要处理 30 帧/s 的电视图像序列,则每秒要求 500kbit~22.5Mbit 数据量。因此对计算机的计算速度、存储容量等要求较高。

(2) 数字图像处理占用的频带较宽。与语言信息相比,占用的频带要大几个数量级。如电视图像的带宽约 5.6MHz,而语言带宽仅为 4kHz 左右。所以在成像、传输、存储、处理、显示等各个环节的实现上,技术难度较大,成本亦高,这就对频带压缩技术提出了更高的要求。

(3) 数字图像中各个像素是不独立的,其相关性大。在图像画面上,经常有很多像素有相同或接近的灰度。就电视画面而言,同一行中相邻两个像素或相邻两行间的像素,其相关系数可达 0.9 以上,而相邻两帧之间的相关性比帧内相关性一般说还要大些。因此,图像处理中信息压缩的潜力很大。

(4) 由于从三维景物的二维投影获得的图像是一个病态过程,它丢失了如深度、景物背后等重要信息,一幅图像本身不具备复现三维景物的全部几何信息。因此,要分析和理解三维景物必须作适当的假定或附加新的测量,例如双目图像或多视点图像。在理解三维景物时需要知识导引,这也是人工智能中正在致力解决的知识工程问题。

(5) 数字图像处理后的图像一般是给人观察和评价的,因此受人的因素影响较大。由于人的视觉系统很复杂,受环境条件、视觉性能、人的情绪爱好以及知识状况的影响很大,作为图像质量的评价还有待进一步深入研究。

1.3.3 数字图像处理主要研究的内容

数字图像处理主要研究的内容有以下几个方面:

1) 图像变换

由于图像阵列很大,直接在空间域中进行处理,涉及计算量很大。因此,往往采用各种图像变换的方法,如傅立叶变换、哈尔变换、离散余弦变换等间接处理技术,将空间域的处理转换为变换域处理,这不仅可减少计算量,而且可获得更有效的处理(如傅立叶变换可在频域中进行数字滤波处理)。目前新兴研究的小波变换在时域和频域中都具有良好的局部化特性,它在图像处理中也有着广泛而有效的应用。

2) 图像编码压缩

图像编码压缩技术可减少描述图像的数据量(即比特数),以便节省图像传输、处理时间和减少存储器容量。压缩可以在不失真前提下获得,也可以在允许的失真条件下进行。编码是压缩技术中最重要的方法,它在图像处理技术中是发展最早且比较成熟的技术。

3) 图像增强和复原

图像增强和复原的目的是为了提高图像的质量,如去除噪声,提高图像的清晰度等。图