



普通高等教育规划教材



附光盘

数字图像处理及应用

李朝晖 主编

张弘 副主编

911.73

12

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育规划教材

数字图像处理及应用

李朝晖 主 编
张 弘 副主编
王京文 等参编
赵保军 主 审



机械工业出版社

本书从应用型本科的特点出发,注重理论联系实际,简化数学推导。书中图例较多,意在使读者较快地掌握数字图像处理的基本理论、方法、实用技术以及一些典型应用。全书共分八章,主要内容包括数字图像基本知识,图像的变换、增强、恢复、压缩编码,图像的分割和分析,以及图像处理系统的应用实例。

本书可作为通信工程、电子信息工程、计算机应用、信息处理、生物医学工程、自动控制等专业领域的本科生、高职高专学生的教材和参考书,也可供从事图像处理及相关领域的研究人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理及应用/李朝晖主编 —北京:机械工业出版社,2004.6
普通高等教育规划教材
ISBN 7-111-14327-2

I. 数… II. 李… III. 数字图像处理-高等学校-教材 IV. TN919.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第030820号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑:王保家 版式设计:霍永明 责任校对:魏俊云
封面设计:张静 责任印制:闫焱
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2004年6月第1版·第1次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆·12 25印张·300千字
定价:23.00元(含1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、88379646
封面无防伪标均为盗版

普通高等教育应用型人才培养规划教材 编审委员会

主任：刘国荣 湖南工程学院
副主任：左健民 南京工程学院
陈力华 上海工程技术大学
鲍 泓 北京联合大学
王文斌 机械工业出版社

委员：(按姓氏笔画排序)

刘向东 华北航天工业学院
任淑淳 上海应用技术学院
何一鸣 常州工学院
陈文哲 福建工程学院
陈 峻 扬州大学
苏 群 黑龙江工程学院
娄炳林 湖南工程学院
梁景凯 哈尔滨工业大学(威海)
童幸生 江汉大学

电子与通信类专业分委员会

主任：鲍 泓 北京联合大学

副主任：张立臣 常州工学院

李国洪 华北航天工业学院

委员：(按姓氏笔画排序)

邓 琛 上海工程技术大学

叶树江 黑龙江工程学院

李金平 北京联合大学

沈其聪 总参通信指挥学院

杨学敏 成都理工大学

秘书长：何希才 北京联合大学

序

工程科学技术在推动人类文明的进步中一直起着发动机的作用。随着知识经济时代的到来,科学技术突飞猛进,国际竞争日趋激烈。特别是随着经济全球化发展和我国加入WTO,世界制造业将逐步向我国转移。有人认为,我国将成为世界的“制造中心”。有鉴于此,工程教育的发展也因此面临着新的机遇和挑战。

迄今为止,我国高等工程教育已为经济战线培养了数百万专门人才,为经济的发展作出了巨大的贡献。但据IMDI998年的调查,我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标排名世界第36位,与我国科技人员总数排名世界第一形成很大的反差。这说明符合企业需要的工程技术人员特别是工程应用型技术人才市场供给不足。在此形势下,国家教育部近年来批准组建了一批以培养工程应用型本科人才为主的高等院校,并于2001、2002年两次举办了“应用型本科人才培养模式研讨会”,对工程应用型本科教育的办学思想和发展定位作了初步探讨。本系列教材就是在这种形势下组织编写的,以适应经济、社会发展对工程教育的新要求,满足高素质、强能力的工程应用型本科人才培养的需要。

航天工程的先驱、美国加州理工学院的冯·卡门教授有句名言:“科学家研究已有的世界,工程师创造未有的世界。”科学在于探索客观世界中存在的客观规律,所以科学强调分析,强调结论的惟一性。工程是人们综合应用科学(包括自然科学、技术科学和社会科学)理论和技术手段去改造客观世界的实践活动,所以它强调综合,强调方案优缺点的比较并作出论证和判断。这就是科学与工程的主要不同之处。这也就要求我们对工程应用型人才的培养和对科学研究型人才的培养应实施不同的培养方案,采用不同的培养模式,采用具有不同特点的教材。然而,我国目前的工程教育没有注意到这一点,而是:①过分侧重工程科学(分析)方面,轻视了工程实际训练方面,重理论,轻实践,没有足够的工程实践训练,工程教育的“学术化”倾向形成了“课题训练”的偏软现象,导致学生动手能力差。②人才培养模式、规格比较单一,课程结构不合理,知识面过窄,导致知识结构单一,所学知识中有一些内容已陈旧,交叉学科、信息科学的内容知之甚少,人文社会科学知识薄弱,学生创新能力不强。③教材单一,注重工程的科学分析,轻视工程实践能力的培养;注重理论知识的传授,轻视学生个性特别是创新精神的培养;注重教材的系统性和完整性,造成课程方面的相互重复、脱节等现象;缺乏工程应用背景,存在内容陈旧的现象。④老师缺乏工程实践经验,自身缺乏“工程训练”。⑤工程教育在实践中与经济、产业的联系不密切。要使我国工程教育适应经济、社会的发展,培养更多优秀的工程技术人员,我们必须努力改革。

组织编写本套系列教材,目的在于改革传统的高等工程教育教材,建设一套富有特色、有利于应用型人才培养的本科教材,满足工程应用型人才培养的要求。

本套系列教材的建设原则是:

1. 保证基础,确保后劲

科技的发展,要求工程技术人员必须具备终生学习的能力。为此,从内容安排上,保证学生有较厚实的基础,满足本科教学的基本要求,使学生日后具有较强的发展后劲。

2. 突出特色, 强化应用

围绕培养目标, 以工程应用为背景, 通过理论与工程实际相结合, 构建工程应用型本科教育系列教材特色。本套系列教材的内容、结构遵循如下9字方针: 知识新、结构新、重应用。教材内容的要求概括为: “精”、“新”、“广”、“用”。“精”指在融会贯通教学内容的基础上, 挑选出最基本的内容、方法及典型应用; “新”指将本学科前沿的新进展和有关的技术进步新成果、新应用等纳入教学内容, 以适应科学技术发展的需要。妥善处理好传统内容的继承与现代内容的引进。用现代的思想、观点和方法重新认识基础内容和引入现代科技的新内容, 并将这些内容按新的教学系统重新组织; “广”指在保持本学科基本体系下, 处理好与相邻以及交叉学科的关系; “用”指注重理论与实际融会贯通, 特别是要注入工程意识, 包括经济、质量、环境等诸多因素对工程的影响。

3. 抓住重点, 合理配套

工程应用型本科教育系列教材的重点是专业课(专业基础课、专业课)教材的建设, 并做好与理论课教材建设同步的实践教材的建设, 力争做好与之配套的电子教材的建设。

4. 精选编者, 确保质量

遴选一批既具有丰富的工程实践经验, 又具有丰富的教学实践经验的教师担任编写任务, 以确保教材质量。

我们相信, 本套系列教材的出版, 对我国工程应用型人才培养质量的提高, 必将产生积极作用, 会为我国经济建设和社会发展作出一定的贡献。

机械工业出版社颇具魄力和眼光, 高瞻远瞩, 及时提出并组织编写这套系列教材, 他们为编好这套系列教材做了认真细致的工作, 并为该套系列教材的出版提供了许多有利的条件, 在此深表衷心感谢!

编委会主任 刘国荣教授
湖南工程学院院长

前 言

近几十年，数字图像处理技术在计算机技术发展的推动下得到了飞速的发展，并且正逐渐成为其他科学技术领域中不可或缺的一项重要手段。数字图像处理的应用领域越来越广泛，从空间探索到微观研究，从军事领域到工农业生产，从科学教育到娱乐游戏，越来越多的领域用到了数字图像处理技术。

本书从应用型本科的特点出发，注重理论联系实际，简化数学推导。书中图例较多，意在使读者较快地掌握数字图像处理的基本理论、方法、实用技术以及一些典型应用。全书共分八章，主要内容包括数字图像基本知识，图像的变换、增强、恢复、压缩编码，图像的分割和分析以及图像处理系统的应用实例。本书是由几位多年从事数字图像处理教学和科研工作的教师编写的，书中的例子多源于作者的科研实践，经过精心组织，非常便于教师讲授和学生学习。本书还附带一张光盘，光盘中提供了与教学同步的演示程序，以及大量供图像处理用的原图。

本书由北京理工大学赵保军教授担任主审，他对本书的编写大纲和内容提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

全书由李朝晖任主编，张弘任副主编。第四、六章及附录 B 由华北航天工业学院李朝晖老师编写，第一、三、七、八章及附录 A 由北京航空航天大学张弘老师、尤玉虎博士编写，第二、五章由湖南工程学院王京文老师编写，第八章第二节的第一个应用实例由北京航空航天大学谢凤英老师编写。光盘中演示程序由北京航空航天大学吴奎奎等同学制作。全书的统稿工作由李朝晖、张弘完成。另外，北京理工大学朱梦宇博士、中科院声学所杨裕亮博士、中科院电子所丁四如博士、华北航天工业学院关晓丹老师在本书的编写过程中都给予了无私的帮助与支持，在此一并致谢。

由于作者水平有限，书中定有一些不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

序	
前言	
第一章 绪论	1
第一节 数字图像处理的发展及应用	1
一、数字图像处理的发展概况	1
二、数字图像处理的主要应用	1
第二节 数字图像处理	4
一、数字图像处理的基本特点	4
二、数字图像处理的研究目的与研究内容	5
第三节 相关学科和领域	6
一、图像处理的几个术语	6
二、计算机图形学	7
三、计算机视觉	8
四、图像处理与计算机图形学的区别与联系	8
习题	9
第二章 图像的基本知识	10
第一节 图像获取、图像的数字化和数字图像的描述	10
一、图像获取	10
二、图像函数	13
三、图像的数字化的描述	14
四、数字图像的描述	18
第二节 常用的图像文件格式	20
一、BMP 文件格式	20
二、GIF 文件格式	21
三、TIFF 文件格式	22
四、JPEG 文件格式	23
第三节 计算机图像数据处理	25
一、数字图像的矩阵表示	25
二、二维数组和数字图像的关系	26
第四节 图像质量评价	26
一、图像质量的主观评价	27
二、用波形和测试图案进行图像质量评价	28
第五节 彩色图像简介	29
一、彩色空间(彩色模型)	29
二、真彩色、伪彩色与假彩色	32
习题	32
第三章 图像的变换	34
第一节 傅里叶变换	34
一、一维傅里叶变换	34
二、二维离散傅里叶变换	35
三、二维离散傅里叶变换的性质	36
四、快速傅里叶变换	39
五、傅里叶变换在图像处理中的应用	41
第二节 离散余弦变换	41
一、离散余弦变换	41
二、离散余弦变换在图像处理中的应用	42
第三节 小波变换及其应用	43
一、小波变换的基本理论	43
二、小波变换的优异性能	44
三、小波分析的应用	45
习题	47
第四章 图像的增强	49
第一节 引言	49
第二节 直接灰度变换	51
一、灰度线性变换	51
二、灰度非线性变换	57
第三节 直方图修正法	58
一、灰度直方图的定义	58
二、直方图的用途	61
三、直方图均衡化	61
四、直方图规定化	67
第四节 图像的平滑	70
一、邻域平均法	70
二、中值滤波	72
三、多图像平均法	74
四、频域低通滤波法	75
第五节 图像的锐化	79
一、微分法	79
二、高通滤波法	84

第六节 伪彩色图像处理(伪彩色增强)	85	二、应用举例	134
一、亮度切割技术	86	三、编码比特率的控制	136
二、灰度级彩色变换(变换合成法)	87	第六节 图像压缩的国际标准简介	136
三、频域滤波法	88	一、静止图像压缩标准	137
习题	88	二、运动图像压缩标准	138
第五章 图像的复原	91	三、多媒体会议标准	140
第一节 图像复原的基本概念	91	习题	142
第二节 图像退化模型	92	第七章 图像的分割与特征分析	143
一、连续的退化模型	94	第一节 图像分割	143
二、离散的退化模型	95	一、灰度阈值法	144
第三节 图像复原的方法	98	二、边缘检测	146
一、反向滤波法	98	三、区域分割	150
二、约束还原法	100	四、Hough 变换	151
第四节 运动模糊图像的复原	103	第二节 图像特征	153
一、模糊模型	103	一、幅度特征	153
二、水平匀速直线运动引起模糊的 复原	104	二、直方图特征	153
第五节 图像的几何校正	106	三、变换系数特征	155
一、几何畸变的描述	107	四、点和线条的特征	155
二、几何校正	107	五、灰度边沿特征	156
习题	110	六、纹理特征	156
第六章 数字图像的压缩编码	112	习题	157
第一节 概述	112	第八章 数字图像处理系统及应用 实例	158
一、图像压缩编码的必要性	112	第一节 数字图像处理系统	158
二、图像压缩编码的可能性	112	一、数字图像处理系统的分类	158
三、图像压缩编码的分类	113	二、微机图像处理系统的基本构成	159
四、压缩编码系统评价	113	第二节 应用实例	160
第二节 预测编码	116	一、生物医学图像的处理	160
一、预测编码的基本原理	116	二、DSP 组成的目标检测与识别系统	166
二、DPCM 编码	116	三、新一代静止图像压缩标准 JPEG2000	170
三、 ΔM 编码	120	附录	178
第三节 统计编码	122	附录 A 数字图像处理实验	178
一、游程长度编码 (Run Length Encoding)	122	实验一 实现二维傅里叶变换	178
二、霍夫曼编码 (Huffman Coding)	123	实验二 灰度修正技术和锐化技术	178
三、算术编码 (Arithmetics Coding)	125	实验三 图像平滑技术(去噪)	178
第四节 变换编码	126	实验四 图像锐化技术(边缘增强)	178
一、变换编码的基本原理	126	实验五 图像逆滤波复原	178
二、变换编码特性评价	126	实验六 图像的分解与合成	178
三、变换编码	127	实验七 边缘检测	179
四、变换编码的特点及应用	129	附录 B JPEG 标准编码表	179
第五节 静止图像压缩编码实例	130	参考文献	185
一、JPEG 基本系统	131		

第一章 绪 论

第一节 数字图像处理的发展及应用

图像是当光辐射能量照在客观存在的物体上,经其反射或透射,或由发光物体本身发出的光能量,在人的视觉器官中所重现出的物体的视觉信息。因此,照片、传真、电视、图画等都属于图像的范畴。如果仅仅把图像看作是二维平面上或三维立体空间中具有明暗或颜色变化的分布是不严格的,还应该考虑人的心理因素对图像接收和理解所产生的影响。

所谓数字图像处理,就是指用数字计算机及其他有关的数字技术,对图像施加某种运算和处理,从而达到某种预期的目的。

一、数字图像处理的发展概况

早在 20 世纪 20 年代,人们利用巴特兰(Bartlane)电缆图片传输系统,经过大西洋传送了第一幅数字图像,它使传输的时间从一个多星期减少到了三小时,使人们感受到数字图像传输的威力。它的传输方法,首先是对图像进行编码,然后在接收端用一台电报打印机利用字符模拟中间色调把图像还原出来,这是个初步尝试。为了对图像的灰度、色调和清晰度进行改善,人们采用各种方法对图像的传输、打印和恢复等技术进行改进。这种努力一直延续了 40 年,直到大型计算机出现后,人们才开始用计算机来改善图像。在 1964 年,美国喷射推进实验室(JPL)进行了太空探测工作,当时用计算机来处理测距器 7 号发回的月球图片,以校正飞船上电视摄像机中各种不同形式的固有的图像畸变,并成功地用计算机绘制出月球表面的地图。随后在 1965 年又对徘徊者 8 号发回的几万张照片进行较为复杂的数字图像处理,使图像的质量进一步提高。JPL 的工作引起了世界许多有关方面的注意,JPL 也更加重视数字图像处理技术的研究,投入了更大的力量,并取得了许多非凡的成果。与此同时,JPL 以及世界各有关部门已把数字图像处理技术从空间技术开发推广到生物医学、X 射线图像增强、光学显微图像分析、遥感图像分析、粒子物理、地质勘探、人工智能和工业检测等方面。

二、数字图像处理的主要应用

数字图像处理技术在近 20 多年的时间里,迅速地发展成为一门独立的有强大生命力的学科。其应用领域十分广泛,下面仅就几个方面的某些应用举例说明。

1. 通信工程方面的应用

当前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,具体地讲是将电话、电视和计算机等结合起来在数字通信网上传输。其中以图像通信最为复杂和困难,这是因为图像的数据量十分巨大,如传输彩色电视信号的速率应达到 100Mbit/s 以上。要对这样高速率的数据进行实时传输,必须采用编码技术来压缩图像数据。在一定意义上讲,图像的压缩编码是这些技术成败的关键。目前互联网上常见的 JPG 图像文件格式就是图像压缩

技术的成功应用之一。一幅 1024×768 像素的灰度图像, 如图 1-1a 所示, 其原始数据量为 768KB, 采用 JPG 格式存储只需要 58KB, 这就大大节省了存储空间, 也便于传输。

2. 遥感技术

遥感技术是一项由多学科集成的高新技术, 其发展日新月异。它利用空间平台(如飞机、卫星、导弹等)上的传感器(包括可见光、红外、微波、激光等不同波段)从空中远距离对地面进行观测, 获得各种分辨率的地面遥感图像。按照平台不同, 人们常把遥感分为航空遥感和航天遥感, 其中以航天遥感发展最为迅速, 效益也最为显著。以前, 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, 对由此得来的照片进行判读分析需要雇用几千人, 而人的视觉系统对图像的判断存在诸多主观因素。现在改用配有高级计算机的数字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。如果对于如此昂贵代价所获取的图像, 仍采用简单的直观判读方法来处理是不合算的, 因此必须采用数字图像处理技术。

研制人造卫星是世界各国航天活动的主要内容之一, 信息的获取、传输、存储是空间遥感技术的重要组成部分。在卫星遥感领域及未来的信息战中, 各种成像侦察卫星将成为重要的信息采集渠道, 对战争的胜负乃至全球的政治、经济都会产生重要影响。随着对侦察卫星获取遥感图像质量要求的不断提高, 遥感图像的分辨率和采样速度将越来越高, 这就要求卫星必须具备高速、准确和宽覆盖的高分辨率地面信息采集、实时数据处理与传输能力。该类卫星大部分是先进的数字图像光电传输型的详查卫星, 采用 CCD 摄像机实时拍摄, 经数字化处理后获得数字图像。

1972 年美国首次发射地球资源卫星, 1975 年被正式命名为陆地卫星 (LandSat)。LandSat-1 的空间分辨率为 80m 左右, 而 1999 年发射的 LandSat-7 的空间分辨率已提高为 15m 左右。1999 年 9 月, 世界上第一个获取 1m 分辨率图像的商业卫星系统美国空间成像公司的 IKONOS 卫星开始投入使用。美国空间成像公司的 IKONOS-II 是目前最成功的商用高分辨率遥感卫星, 所携带的 CCD 数字相机能同时拍摄 1m 分辨率的黑白(全色)图像和 4m 分辨率的多谱段(彩色)图像。美国军用遥感图像的分辨率已达到分米级。

法国的 SPOT-1 是 1986 年 2 月 22 日开始运作的, 它提供 10m 分辨率的全色图像和 20m 分辨率的多光谱图像。目前俄罗斯已制订出太阳同步极轨商业遥感卫星系列研制计划, 这一系列的卫星成像分辨率可达到 1m。

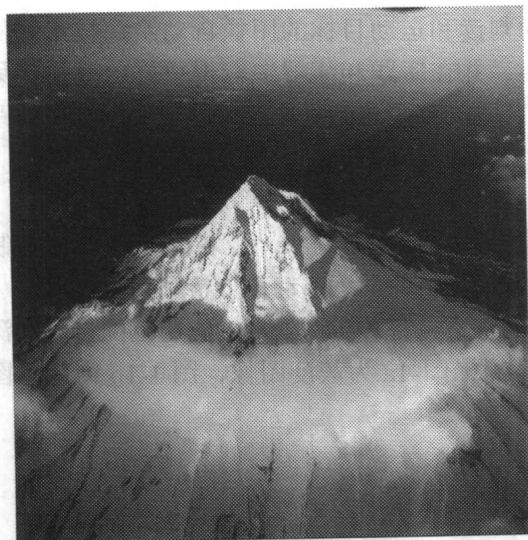
早在 1985 年, 我国就研制了中国国土普查卫星, 这是一种短寿命、低轨道的返回式航天遥感卫星, 它所携带的可见光相机的空间分辨率为 20m。虽然该卫星在当时取得了不小的成果, 但由于受长期阴雨的气候条件限制, 长江以南地区的绝大部分图像数据不能直接使用, 而采用了数字图像处理技术后, 能很好的恢复图像, 使图像信息得到最大的利用。此后, 我国发展了实时传输型卫星, 并于 1999 年 10 月成功的发射了第一代传输型遥感卫星“资源一号”。

目前遥感技术, 尤其是卫星遥感, 已经在资源调查、灾害监测、农业规划、城市规划、环境保护等方面取得了很大的应用效果。我国也在以上诸方面的实际应用中取得了良好的成果, 对我国国民经济的发展起到了相当大的作用。

3. 医用图像处理

医学上, 不管是基础科学还是临床应用, 都是图像处理种类应用极多的领域。如在对生

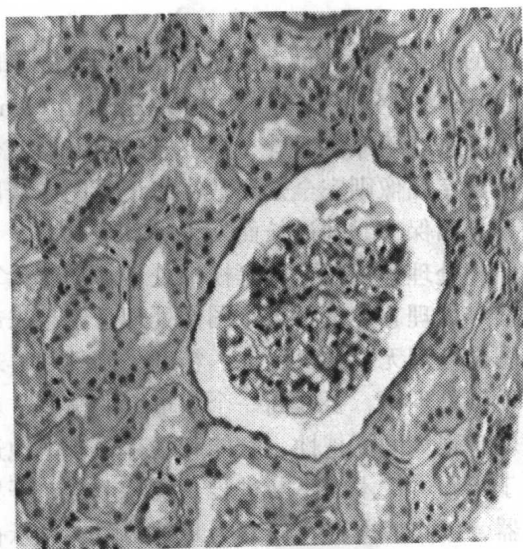
物医学显微图像的处理分析方面，如对红、白细胞和细菌、染色体的分析。另外，像胸部 X 射线照片的鉴别，眼底照片的分析，以及超声波图像的分析等等都是医疗辅助诊断的有力工具。目前这类应用已经发展到专用的软件和硬件设备，最普遍使用的是计算机层析成像，亦称为 CT (Computed Tomography) 技术。它是由英国的 Hounsfield 和美国的 Cormack 发明的。通过 CT，可以获取人体剖面图，使肌体病变特别是肿瘤诊断起了革命性的变化，两位发明者因此获得了 1979 年诺贝尔医学奖。近年来又出现的核磁共振 CT，使人体免受各种硬射线的伤害，而且图像更为清晰。图像处理技术在医学上的应用正在进一步的发展。



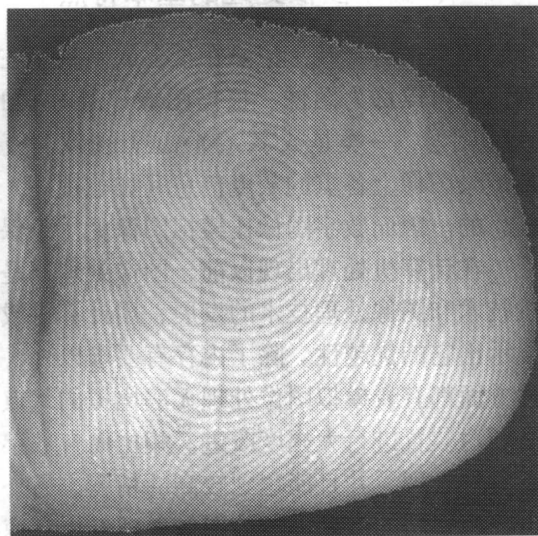
a)



b)



c)



d)

图 1-1 几种不同类型的图像

a) 灰度图像 b) 遥感图像 c) 医学图像 d) 指纹图像

4. 工业领域中的应用

工业领域中的应用一般有以下几方面：工业产品的无损探伤，表面和外观的自动检查和识别，装配和生产线的自动化，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等。其中最值得注意的是“计算机视觉”。采用摄影和输入二维图像的机器人，可以确定物体的位置、方向、属性以及其他状态等，它不但可以完成普通的材料搬运、产品集装、部件装配、生产过程自动监控，还可以在人不宜进入的环境里进行喷漆、焊接、自动检测等工作。现在已出现了具备视觉、听觉和触觉反馈的智能机器人。

5. 军事公安方面

军事公安方面的主要应用是各种侦察照片的判读和运动目标的图像自动跟踪技术。例如，目前图像跟踪技术已经装备到导弹和军舰上，并在实践和演习中取得很好的效果。另外，还有公安业务图片的判读分析，如指纹识别、不完整图片的复原等等。公安领域中的跟踪、窃视、交通监控、事故分析方面都已经用到了图像处理的技术。

6. 文化艺术方面

在文化艺术方面的应用有电视画面的数字编辑、动画片的制作、服装的花纹设计与制作、文物资料照片的复制和修复等。在体育方面有运动员的训练、动作分析和评分等等。

随着计算机技术的日益发展，图像处理技术的日益完备，图像处理的应用范围将越加深入和广泛。几种不同类型的图像如图 1-1 所示，其中图 1-1a 为灰度图像，图 1-1b 为遥感图像，图 1-1c 为医学图像，图 1-1d 为指纹图像。

第二节 数字图像处理

一、数字图像处理的基本特点

广义来讲，凡是记录在纸上的、拍摄在照片上的、显示在屏幕上的所有具有视觉效果的画面都可以称为图像。根据图像记录方式的不同，图像可分为两大类，一类是模拟（Analog）图像，一类是数字（Digital）图像。模拟图像是通过某种物理量（光、电）的强弱变化来记录图像上各点的灰度信息（如电视等）的；而数字图像则完全是用数字来记录图像灰度信息的。因而数字图像比模拟图像更易于保存，不会因保存时间过长而发生失真现象。

在计算机处理出现以前，图像处理都是光学照相处理和视频信号等模拟处理。随着计算机技术和图像处理技术的发展，用计算机或专用信号处理芯片进行数字图像处理已经越来越显示出它的优越性。除了内存有要求以外，数字图像处理无论在灵活性、精度、调整和再现性方面都有着模拟图像处理无法比拟的优点。在模拟处理中，要提高一个数量级的精度，就必须对装置进行大幅度改进。相比而言数字处理就有很大的优越性，它能利用程序自由地进行各种处理，并且能达到较高的精度。另外，由于半导体技术的不断进步，实际上正在开发出普遍使用的微处理器的图像处理专用高速处理器，以集成电路存储器为基础的图像显示也达到可行的程度，这些都进一步加快了数字图像处理技术的发展和实用化。

为了用计算机处理图像，必须把图像作为数值来表示，数字图像就是二维平面上的灰度分布。数字图像信息具有以下的特点：

(1) 信息量很大 例如一幅电视图像取 512 行 512 列，像素数为 512×512 ，若其灰度

级用 8bit 的二进制来表示, 则有 $2^8 = 256$ 个灰度级, 那么一幅图像的信息量即为: $512 \times 512 \times 8\text{bit} = 2,097,152 \text{ bit} = 256\text{KB}$ 。若每秒有 25 帧图像, 每秒钟的信息量为: $256\text{KB} \times 25 = 6400\text{KB} = 6.25\text{MB}$ 。

要对这样大信息量的图像进行处理, 必须用具有相当大内存的电子计算机才能胜任。

(2) 数字图像占用的频带较宽 图像信息与语言信息相比, 占用的频带要大几个数量级。如电视图像的带宽为 5.6MHz, 而语言带宽仅为 4kHz 左右。频带越宽, 技术实现的难度就越大, 成本亦越高, 为此对频带压缩技术提出了较高的要求。

(3) 数字图像中各个像素之间相关性很大 例如在电视画面中, 同一行中相邻两个像素或相邻两行间的像素, 具有相同和相近灰度的可能性很大, 即相关性很大, 据统计其相关系数可达 0.9 以上; 而相邻两帧之间的相关性比帧内相关性还要大一些。因此图像信息压缩的潜力很大。

(4) 数字图像处理系统受人的因素影响较大 这是因为处理后的数字图像是需要给人观察和评价的。由于人的视觉系统很复杂, 受环境条件、视觉性能、人的主观意识的影响很大, 因此要求系统与人有良好的配合, 这还是一个很大的研究课题。

二、数字图像处理的研究目的与研究内容

数字图像处理的研究目的是将原图像的灰度分布作某种变换, 使图像中的某部分信息更加突出, 以便其适应于某种特殊的需求。最常见的例子是, 一张曝光量没有掌握准确的照片, 不论其是曝光过度还是曝光不足, 都可以通过图像处理使它变得明暗适中。

数字图像处理的研究内容概括起来可包括如下六个方面:

(1) 图像数字化 即研究如何把一幅连续的光学图像表示成一组数字, 既不失真又便于计算机分析处理。

(2) 图像的变换。将图像从空间域转换到变换域, 作为图像增强、恢复、编码的基本工具, 或者作为图像特征为图像分析提供基本依据。



图 1-2 图像增强

a) 原图 b) 直方图修正后的图

(3) 图像增强 增强图像中的有用信息, 削弱干扰和噪声, 以便于观察、识别和进一步地分析处理, 增强后的图像未必与原图一致。如图 1-2 所示, 将图 1-2a 进行直方图均衡化, 可以提高图像的对比度, 使图像中的细节和层次更加清晰, 图 1-2b 为直方图修正后的图。

(4) 图像复原 把退化、模糊了的图像复原, 复原图像要尽可能地与原图保持一致。如图 1-3 所示, 图 1-3a 为一幅由于摄像机与被摄物体之间存在相对匀速直线运动而造成模糊的图像, 经过消除匀速直线运动造成的模糊后, 图像得到了较好的恢复, 如图 1-3b 所示。

(5) 图像压缩编码 在满足一定的保真度要求下, 简化图像的描述, 从而大大地压缩了表示图像的数据, 以便于存储和传输。例如, 在互联网传输中已经普遍应用的 JPEG 文件就应用了图像压缩编码技术, 使图像文件所占的字节数大大减少, 同时又较好地保持了图像的原有信息, 从而有利于在互联网上传输。

(6) 图像分割与分析 对图像中的不同对象进行分割、分类、识别和描述、解释。其中, 前五个方面的输入输出均为数字图像, 第六个方面的输入是数字图像, 而输出则是图像的描述或解释 (又称图像理解), 或者是对图像的分类或结构分析 (又称图像识别)。



图 1-3 图像复原
a) 原图 b) 经过复原的图

第三节 相关学科和领域

一、图像处理的几个术语

1. 景物 (Scene)

在图像处理中, 通常把人眼看到的客观存在的世界称为景物。

2. 图像 (Image)

所谓图像就是视觉景物的某种形式的表示和记录。

3. 图形 (Graphics)

是指人为的图形, 如图画, 动画等人造的二维图形, 也可表示三维的。

4. 图像处理 (Image Processing)

把用摄像机 (或其他传感器, 红外, X 光等) 得到的景物和照片等 (二维数值数据) 进行加工处理后输出另外的图像 (指广义图像)。

5. 数字图像处理 (Digital Image Processing)

指数字化后的一幅图像经过修改 (或改进), 变为另一幅数字图像的过程。

6. 计算机图形学 (Computer Graphics)

用计算机实现图形的生成、表示、处理和显示, 以及借助图形信息进行人-机图形处理的一门学科。它涉及用计算机将由概念或数学描述所表示的物体 (而不是实物) 图像进行处理和显示的过程, 侧重点在于根据给定的物体描述数学模型、光照及想象中的摄像机的成像几何, 生成一幅图像的过程。计算机图形学也包括“计算机艺术”, 即采用数字图像系统作为媒体进行艺术创作的过程。

7. 计算机视觉 (Computer Vision)

为机器人提供眼睛的功能。目的是发展出能够理解自然景物的系统。在机器人领域中, 计算机视觉为机器人提供视觉的功能, 是获取信息的关键。

8. 数字化 (Digitizing)

将一幅图像从其原来的形式转换成数字形式的处理过程, 称作数字化。这种转换是非破坏性的, 因原始图像未破坏掉。数字化的逆过程是显示, 即由一幅数字图像生成一幅可见到图像, 又称“回放”, “图像重建”, “图像记录”。

二、计算机图形学

计算机图形学是研究用计算机生成、处理和显示图形的一门科学, 它的研究对象是能在人的视觉系统中产生视觉印象的客观事物, 包括自然景物、拍摄到的图片、用数学方法描述的图形等等。计算机图形学是伴随着计算机及其外围设备而产生和发展起来的, 它是近代计算机科学与雷达、电视及图像处理技术的发展汇合而产生的硕果。在造船、航空航天、汽车、电子、机械、土建工程、影视广告、地理信息、轻纺化工等领域中的广泛应用, 推动了这门学科不断发展, 而不断解决应用中提出的各类新课题, 又进一步充实和丰富了这门学科的内容。计算机出现不久, 为了在绘图仪和阴极射线管 (CRT) 屏幕上输出图形, 计算机图形学随之诞生了。现在它已发展为对物体的模型和图像进行生成、存取和管理的新学科。

为了生成图形, 首先要有原始数据或数学模型 (如工程人员构思的草图、地形航测数据、飞机的总体方案模型等), 这些数字化的输入信息经过计算机处理后变成图形输出。

图形从原始数据生成图像数据经过了一系列变换过程, 每个变换过程都可能产生不同于输入数据的输出数据, 这些数据需要按一定的结构进行组织, 形成一系列描述图形数据的文件, 我们把这类文件称为图形文件 (也称为图形图像文件), 而图像文件是描述图像数据的文件, 它是图形文件的一种特例。在图形生成过程中有多种类型的数据, 如模型数据、场景