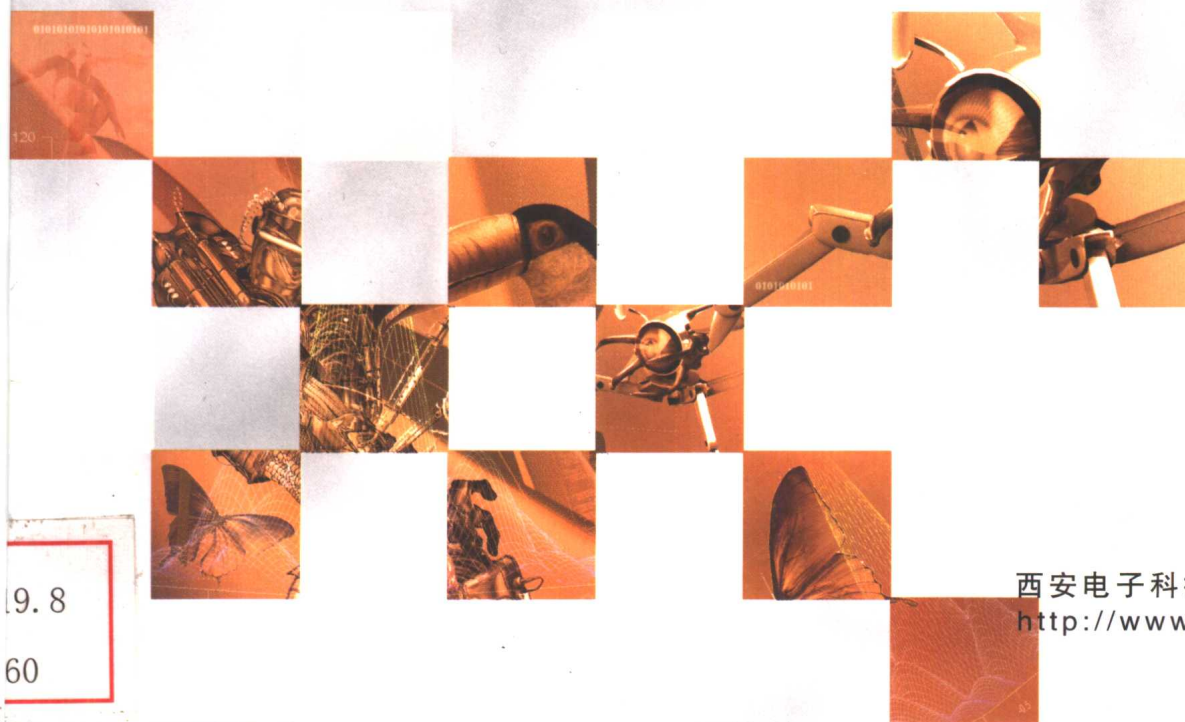


普通高等院校计算机类专业系列教材

Digital Image Processing
数字图像处理

主编 何东健 副主编 耿楠 张义宽



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

9.8

60



普通高等院校计算机类专业系列教材

数字图像处理

Digital Image Processing

主 编 何东健
副主编 耿 楠 张义宽
参 编 龙满生 宁纪锋
陈泽志

西安电子科技大学出版社

2003

内 容 简 介

本书系统地介绍了数字图像处理的基本理论、基本算法以及用 Visual C++ 6.0 (简称 VC++ 6.0) 进行图像处理、编程的方法。全书共 11 章, 首先介绍了数字图像处理的特点与发展、数字图像处理和色度学等基础知识; 其次, 简要介绍了在 VC++ 6.0 环境下进行图像编程的方法与步骤; 在此基础上, 详细论述了图像增强与平滑、图像分割与边缘检测、图像的几何变换、频域处理、数学形态学及其应用、图像特征与理解、图像编码以及图像复原等内容。

本书内容系统, 重点突出, 理论与实践并重, 实例分析循序渐进, 可作为高等学校计算机科学与技术专业和其他信息类专业数字图像处理课程的教材, 也可作为从事数字图像处理工作的技术人员的参考书。

★ 本书配有电子教案光盘, 光盘中还提供了完整的程序代码和编译后的演示程序, 需要者可与西安电子科技大学出版社联系, 免费索取。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理 = Digital Image Processing / 何东健主编. — 西安: 西安电子科技大学出版社, 2003. 7

(普通高等院校计算机类专业系列教材)

ISBN 7-5606-1253-9

I. 数… II. 何… 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(2003)第 044029 号

策 划 马乐惠

责任编辑 王素娟 曹 华

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)8242885 8201467 邮 编 710071

http: //www. xduph. com

E-mail: xdupfxb@pub. xaonline. com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18.75

字 数 443 千字

印 数 1~4000 册

定 价 20.00 元

ISBN 7-5606-1253-9/TP·0659(课)

XDUP 1524001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

数字图像处理技术是 20 世纪 60 年代发展起来的一门新兴学科。近 30 多年来,由于大规模集成电路技术和计算机技术的迅猛发展,离散数学理论的创立和完善,以及军事、医学和工业等方面应用需求的不断增长,数字图像处理的理论和方法进一步完善,使得数字图像处理技术在宇宙探测、遥感、生物医学、工农业生产、军事、公安、办公自动化、视频和多媒体系统等领域得到了广泛应用,并显示出广阔的应用前景,成为计算机科学、信息科学、生物学、医学等学科研究的热点。本教材是为了更好地应对信息化、数字化社会的挑战,实现工程技术型人才培养的目标,作者结合多年来的教学和研究实践编写而成的。

本书共 11 章,内容包括概论、数字图像处理基础、VC++ 图像编程基础、图像增强与平滑、图像分割与边缘检测、图像的几何变换、频域处理、数学形态学及其应用、图像特征与理解、图像编码以及图像复原等内容。

本教材具有以下特色:

(1) 内容系统、新颖:系统讲述了数字图像的基本理论和方法,以及数字图像处理的新技术。

(2) 重点突出:侧重数字图像处理的思想方法和算法实现。

(3) 实用性强:通过实例的分析和实现,使学生深刻理解和掌握图像处理的理论和方法。

(4) 实践性强:以 VC++ 为编程工具,采用面向对象的程序设计思想,便于读者将学过的编程方法应用到实践中去。

(5) 附有习题:每章均给出一定量的习题和思考题,帮助读者巩固所学知识点。

(6) 配有电子教案光盘:光盘中提供了完整的程序代码和编译后的演示程序,以使學生能更好地学习和掌握数字图像处理的程序实现。

本书第一、九章由何东健编写,第三、七章由耿楠编写,第五章的第 5.3~5.6 节以及第六、八章由张义宽编写,第四章的第 4.4~4.6 节、第十章和附录由龙满生编写,第二、十一章由宁纪锋编写,第四章的第 4.1~4.3 节、第五章的第 5.1~5.2 节由陈泽志编写。全书由何东健统稿。耿楠、龙满生和宁纪锋编写了配套光盘所附的全部程序代码,耿楠对代码进行了系统集成和调试。研究生张明社、张敏燕、杨蜀秦、徐静、王安宁和张海亮也参加了部分插图的绘制和校对工作。

本书在编写和出版过程中,得到了陕西省计算机教育学会和西安电子科技大学出版社领导的关怀和支持,出版社马乐惠编辑也为本书的出版付出了心血,在此表示衷心的感谢。

在本书的编写中,作者参考了大量书籍、资料和网站,同时,也融入了作者在数字图像处理教学和科研中的经验。鉴于作者的学识水平,书中谬误之处在所难免,敬请读者不吝指正。

编 者

2003 年 4 月

普通高等院校计算机类专业系列教材

编审专家委员会名单

主任委员: 冯博琴 (陕西省计算机教育学会理事长,
西安交通大学计算机教学实验中心主任, 教授)

副主任委员: 陈建铎 (陕西省计算机教育学会副理事长,
西安石油学院计算机系教授)

李伟华 (陕西省计算机教育学会副理事长,
西北工业大学计算机系副主任, 教授)

武 波 (陕西省计算机教育学会副理事长,
西安电子科技大学计算机学院副院长, 教授)

李荣才 (西安电子科技大学出版社总编辑, 教授)

委 员: (按姓氏笔划排列)

巨永锋 (长安大学信息工程学院副院长, 教授)

冯德民 (陕西师范大学计算机学院院长, 教授)

石美红 (西安工程科技学院信息控制系教授)

朱明放 (陕西理工学院计算机系副主任, 副教授)

何东健 (西北农林科技大学信息工程学院院长, 教授)

陈 桦 (陕西科技大学计算机与信息科学系主任, 教授)

李长河 (西安理工大学计算机科学与工程系主任, 副教授)

李晋惠 (西安工业学院计算机系副主任, 副教授)

李银兴 (宝鸡文理学院计算机系副主任, 副教授)

张俊兰 (延安大学计算机系教授)

孟东升 (西安石油学院计算机系副主任, 副教授)

赵文静 (西安建筑科技大学信息与控制工程学院副院长, 教授)

耿国华 (西北大学软件开发中心主任, 教授)

龚尚福 (西安科技学院计算机系主任, 教授)

项目策划 陈宇光 马乐惠

策 划 云立实 马武装 臧延新 马晓娟

电子教案 马武装

目 录

第一章 概 论

1.1 数字图像处理及其特点	1	1.3.2 相关学科和领域	6
1.1.1 数字图像与数字图像处理	1	1.4 数字图像处理系统	7
1.1.2 数字图像处理的特点	3	1.4.1 数字图像处理系统硬件	7
1.2 数字图像处理的目的和主要内容	3	1.4.2 高速图像处理卡	9
1.2.1 数字图像处理的目的	3	1.4.3 图像处理系统软件	10
1.2.2 数字图像处理的主要内容	4	1.5 数字图像处理的应用	13
1.3 图像工程与相关学科	5	1.6 数字图像处理的发展动向	14
1.3.1 图像工程的内涵	5	习 题	15

第二章 数字图像处理基础

2.1 图像数字化技术	17	2.3 图像文件格式	24
2.1.1 采样	18	2.3.1 BMP 图像文件格式	24
2.1.2 量化	19	2.3.2 其他文件格式	27
2.1.3 采样与量化参数的选择	19	2.4 色度学基础与颜色模型	29
2.1.4 图像数字化设备	21	2.4.1 色度学基础	29
2.2 数字图像类型	22	2.4.2 颜色模型	30
2.2.1 位图	22	习 题	33
2.2.2 位图的有关术语	23		

第三章 VC++ 图像编程基础

3.1 VC++ 可视化编程	34	3.4.1 添加 CDibObject 类定义文件	44
3.1.1 概述	34	3.4.2 设置工程选项	44
3.1.2 用户界面	34	3.5 CDibObject 类应用实例	45
3.1.3 框架和文档—视图结构	36	3.5.1 建立应用程序框架	45
3.1.4 编程基本流程	37	3.5.2 添加消息映射函数	45
3.2 ImageLoad.dll 动态链接库	38	3.5.3 改写 OnFileOpen 函数以打开图像文件	46
3.2.1 ImageLoad.dll 库简介	38	3.5.4 添加 CDibObject 类对象成员变量	46
3.3.2 ImageLoad.dll 动态链接库的使用	42	3.5.5 为 CDipDoc 文档类映射消息处理函数	47
3.3 设计 CDibObject 类	42	3.5.6 绘制读入的图像	51
3.3.1 公用方法的设计	42	习 题	52
3.3.2 类属性的设计	43		
3.4 使用 CDibObject 类	44		

第四章 图像增强与平滑

4.1 直方图	54	4.4.2 邻域平均法	67
4.1.1 直方图的基本概念	54	4.4.3 中值滤波	68
4.1.2 直方图的性质	55	4.4.4 其他去噪技术	73
4.1.3 直方图的计算	56	4.5 图像锐化	74
4.1.4 直方图的拉伸	57	4.5.1 微分法	75
4.1.5 直方图均衡	58	4.5.2 拉普拉斯运算	78
4.2 灰度变换	61	4.5.3 高通滤波	80
4.2.1 灰度线性变换	61	4.6 图像的伪彩色处理	80
4.2.2 分段线性变换	62	4.6.1 密度分割	80
4.2.3 非线性变换	63	4.6.2 灰度级彩色变换	81
4.3 图像噪声	64	4.6.3 滤波法	82
4.3.1 概述	64	4.7 编程实例	82
4.3.2 图像噪声分类	64	4.7.1 编程绘制灰度直方图	82
4.3.3 图像系统噪声特点	65	4.7.2 中值滤波的 VC++ 编程实现	85
4.4 去除噪声	65	4.7.3 图像平滑的 VC++ 编程实现	86
4.4.1 模板操作和卷积运算	65	习题	88

第五章 图像分割与边缘检测

5.1 图像分割	90	5.3.2 轮廓提取	99
5.1.1 概述	90	5.4 图像匹配	99
5.1.2 灰度阈值法分割	91	5.4.1 模板匹配	99
5.1.3 区域生长	93	5.4.2 直方图匹配	104
5.1.4 区域聚合	94	5.4.3 形状匹配	106
5.2 边缘检测	95	5.5 投影法与差影法	106
5.2.1 边缘检测与微分运算	96	5.5.1 投影法	106
5.2.2 高斯-拉普拉斯(LOG)算子	97	5.5.2 差影法	107
5.3 轮廓跟踪与提取	97	5.6 应用实例	110
5.3.1 轮廓跟踪	98	习题	111

第六章 图像的几何变换

6.1 几何变换基础	112	6.4.1 图像镜像变换	123
6.1.1 概述	112	6.4.2 图像镜像的算法	124
6.1.2 齐次坐标	113	6.5 图像旋转	126
6.1.3 二维图像几何变换的矩阵	114	6.5.1 图像旋转变换	126
6.2 图像比例缩放	115	6.5.2 图像旋转的实现	128
6.2.1 图像比例缩放变换	115	6.6 图像复合变换	131
6.2.2 比例缩放的实现	119	6.6.1 图像复合变换	131
6.3 图像平移	120	6.6.2 图像复合变换的示例	133
6.3.1 图像平移变换	120	6.7 透视变换	135
6.3.2 图像平移的算法	121	6.7.1 透视变换	135
6.4 图像镜像	123	6.7.2 其他变换	137

6.8 应用实例	139	习题	141
----------------	-----	----------	-----

第七章 频域处理

7.1 频域世界与频域变换	143	7.5.2 二维离散沃尔什变换	159
7.2 傅立叶变换	144	7.5.3 快速沃尔什变换(FWHT)	160
7.2.1 连续函数的傅立叶变换	144	7.6 用 Matrix<LIB>C++ 库实现图像变换 的 VC++ 编程	161
7.2.2 离散傅立叶变换	145	7.6.1 Matrix<LIB>简介及其与 VC++ 工程的集成	161
7.2.3 离散傅立叶变换的性质	146	7.6.2 创建图像数据矩阵	163
7.2.4 快速离散傅立叶变换	149	7.6.3 将矩阵数据赋给图像数据区	163
7.3 频域变换的一般表达式	153	7.6.4 利用矩阵运算进行图像变换	164
7.3.1 可分离变换	153	7.7 小波变换简介	165
7.3.2 图像变换的矩阵表示	153	7.7.1 小波变换的理论基础	166
7.4 离散余弦变换(DCT)	154	7.7.2 离散小波变换在图像处理中的 应用简介	172
7.4.1 一维离散余弦变换	154	习题	174
7.4.2 二维离散余弦变换	155		
7.4.3 快速离散余弦变换	155		
7.5 离散沃尔什-哈达玛变换(WHT)	157		
7.5.1 一维离散沃尔什-哈达玛变换	157		

第八章 数学形态学及其应用

8.1 引言	175	8.3.1 灰值腐蚀	189
8.1.1 数学形态学	175	8.3.2 灰值膨胀	190
8.1.2 基本符号和术语	176	8.3.3 灰值开、闭运算	191
8.2 二值形态学	178	8.4 形态学的应用	193
8.2.1 腐蚀	178	8.4.1 形态学滤波	194
8.2.2 膨胀	182	8.4.2 骨架抽取	195
8.2.3 开、闭运算	182	8.5 应用实例——细化	197
8.2.4 击中/击不中(Hit/Miss)变换	187	习题	202
8.3 灰值形态学	189		

第九章 图像特征与理解

9.1 图像的几何特征	203	9.2.6 形状描述子	211
9.1.1 位置与方向	203	9.3 纹理分析	213
9.1.2 周长	204	9.3.1 统计法	214
9.1.3 面积	205	9.3.2 用空间自相关函数作纹理测度	215
9.1.4 长轴和短轴	206	9.3.3 频谱法	215
9.1.5 距离	206	9.3.4 联合概率矩阵法	216
9.2 形状特征	207	9.3.5 纹理的句法结构分析法	217
9.2.1 矩形度	207	9.4 中轴变换与骨架提取	218
9.2.2 圆形度	207	9.5 曲线与表面的拟合	220
9.2.3 球状性	208	9.5.1 曲线拟合	220
9.2.4 不变矩	209	9.5.2 曲面拟合	221
9.2.5 偏心率	210	9.6 其他特征或描述	222

9.6.1 标记	222	9.7 编程实例	224
9.6.2 欧拉数与孔洞数	223	习题	232
9.6.3 四叉树	223		

第十章 图像编码

10.1 图像编码概述	234	10.5 LZW 编码	243
10.1.1 图像编码基本原理	234	10.5.1 LZW 编码方法	243
10.1.2 图像编码的方法	235	10.5.2 LZW 编码实例	244
10.1.3 图像编码新技术	236	10.6 算术编码	246
10.1.4 图像编码评价	236	10.7 JPEG 编码	248
10.2 哈夫曼编码	237	10.7.1 JPEG 基本系统编码	248
10.3 香农-范诺编码	240	10.7.2 JPEG 编码实例	254
10.4 行程编码	242	10.8 编程实例	256
10.4.1 行程编码基本方法	242	习题	260
10.4.2 PCX 文件中的行程编码	242		

第十一章 图像复原

11.1 图像退化与复原	261	11.4 非线性复原方法	271
11.1.1 图像降质的数学模型	261	11.4.1 最大后验复原	271
11.1.2 离散图像退化的数学模型	263	11.4.2 最大熵复原	272
11.2 非约束复原	266	11.4.3 投影复原	273
11.2.1 逆滤波	266	11.5 其他图像复原技术	273
11.2.2 非约束图像复原的病态性质	266	11.5.1 几何畸变校正	273
11.3 最小二乘类约束复原	268	11.5.2 盲目图像复原	275
11.3.1 维纳滤波	268	11.6 编程实例	276
11.3.2 约束最小平方滤波	270	习题	279

附录 A 图像处理的数学基础

A.1 线性代数	280	A.1.5 最小二乘法求解	283
A.1.1 向量和矩阵	280	A.1.6 线性变换	283
A.1.2 特征值与特征向量	282	A.2 概率论与数理统计	284
A.1.3 矩阵的奇异值分解	282	A.2.1 正态分布	284
A.1.4 线性方程组	283	A.2.2 随机过程	284
参考文献与参考站点	287		

第一章 概 论

21 世纪,人类已经进入信息化时代,计算机在处理各种信息中发挥着重要的作用。据统计,人类从自然界获取的信息中,视觉信息占 75%~85%。俗话说“百闻不如一见”,有些场景或事物,不管花费多少笔墨也很难表达清楚,然而,若用一幅图像描述,可以做到“一目了然”。大家仔细对比一下,从各种机器、仪器和家电的使用说明书中便可发现,一本好的使用说明书,总是附有外观图、操作手柄(按钮)示意图和使用操作图等,在详细阅读使用说明书之前,通过这些简图就可大致了解它的基本构造和基本使用方法。可见,在当代高度信息化的社会中,图形和图像在信息传播中所起的作用越来越大。在图像处理领域,数字图像处理技术取得了飞速发展,并在国民经济的各个领域得到广泛应用。本章将介绍数字图像处理的基本概念,数字图像处理的特点,数字图像处理的主要内容,数字图像处理硬件系统,数字图像处理的应用,并对数字图像处理的发展趋势作一简单介绍,使读者对数字图像处理有一基本了解。

1.1 数字图像处理及其特点

1.1.1 数字图像与数字图像处理

1. 数字图像

用计算机进行图像处理的前提是图像必须以数字格式存储,我们把以数字格式存放的图像称之为数字图像。常见的各种照片、图片、海报、广告画等均属模拟图像,要将模拟图像数字化后生成数字图像,需要利用数字化设备。目前,将模拟图像数字化的主要设备是扫描仪,将视频画面数字化的设备有图像采集卡。当然,也可以利用数码照相机直接拍摄以数字格式存放的数字图像。模拟图像经扫描仪进行数字化或由数码照相机拍摄的自然景物图像,在计算机中均是以数字格式存储的。既然是数字,计算机当然可以方便地进行各种处理,以达到视觉效果和特殊效果。

在计算机中,图像被分割成图 1-1 所示的像素(Pixel),各像素的灰度值用整数表示。一幅 $M \times N$ 个像素的数字图像,其像素灰度值可以用 M 行、 N 列的矩阵 G 表示:

$$G = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \cdots & g_{1N} \\ g_{21} & g_{22} & \cdots & g_{2N} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ g_{M1} & g_{M2} & \cdots & g_{MN} \end{bmatrix} \quad (1-1)$$

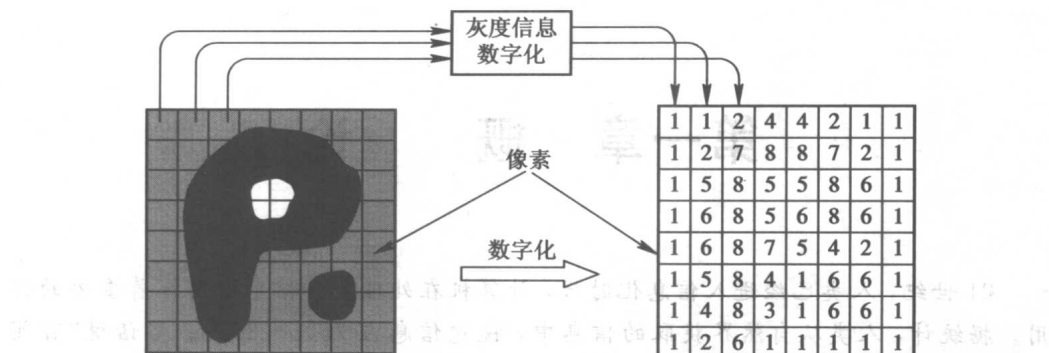


图 1-1 数字图像

一幅 M 行、 N 列的数字图像 ($M \times N$ 个像素), 可以用一个 $M \times N$ 的二维数组 T 表示。图像的各个像素灰度值可按一定顺序存放在数组 T 中, 习惯上把数字图像左上角的像素定为 $(1, 1)$ 个像素, 右下角的像素定为 (M, N) 个像素。若用 i 表示垂直方向, j 表示水平方向, 这样, 从左上角开始, 纵向第 i 行, 横向第 j 列的第 (i, j) 个像素就存储到数组的元素 $T(i, j)$ 中。数字图像中的像素与二维数组中的每个元素便一一对应起来。应注意, 数组元素的下标越靠右其值越大, 与 $x-y$ 坐标系是一致的, 但纵向越向下越大, 与 $x-y$ 坐标系相反。

2. 数字图像处理

1) 数字图像处理

数字计算机最擅长的莫过于处理各种数据, 数字化后的图像可以看成是存储在计算机中的有序数据, 当然可以通过计算机对数字图像进行处理。我们把利用计算机对图像进行去除噪声、增强、复原、分割、提取特征等的理论、方法和技术称为数字图像处理 (Digital Image Processing)。一般, 图像处理是用计算机和实时硬件实现的, 因此也称之为计算机图像处理 (Computer Image Processing)。

在日常生活中, 图像处理已经得到广泛应用。例如, 电脑人像艺术, 电视中的特殊效果, 自动售货机钞票的识别, 邮政编码的自动识别和利用指纹、虹膜、面部等特征的身份识别等。在医学领域, 很早以前就采用 X 射线透视、显微镜照片等来诊断疾病。现在, 计算机图像处理已成为疾病诊断的重要手段, 用一般摄影方法不能获取的身体内部的情况, 也能由特殊的图像处理装置获取, 最具有代表性的就是 X 射线 CT (Computed Tomograph, 计算机断层摄像)。

2) 数字图像处理的重要意义

数字图像处理的产生和迅速发展主要受如下三个方面的影响。

一是计算机的发展。早期的计算机无论在计算速度或存储容量方面, 难于满足对庞大图像数据进行实时处理的要求。随着计算机硬件技术及数字化技术的发展, 计算机、内存及外围设备的价格急剧下降, 而其性能却有了大幅度的提高。过去只能用大型计算机完成的庞大处理, 现在, 在个人计算机 (PC 机) 上也能够轻而易举地实现。

二是数学的发展, 特别是离散数学理论的创立和完善, 为数字图像处理奠定了理论基础。

三是军事、医学和工业等方面应用需求的不断增长。自 20 世纪 20 年代,图像处理首次应用于改善伦敦和纽约之间海底电缆发送的图片质量以来,经过几十年的研究与发展,数字图像处理的理论和方法进一步完善,应用范围更加广阔,已经成为一门新兴的学科,并在向更高级的方向发展。如在景物理解和计算机视觉(机器视觉)方面,图像处理已由二维处理发展到三维理解或解释。特别是在景物理解和机器视觉方面,图像也已由二维处理变成三维解释。近几年来,随着计算机和各个相关领域研究的迅速发展,科学计算可视化、多媒体技术等研究和应用的兴起,数字图像处理从一个专门领域的学科,变成了一种新型的科学研究和人机界面的工具。

目前数字图像处理技术已成为计算机科学、信息科学、生物学、医学等学科研究的热点。这是因为图像处理科学不仅可以促进人类的进步,还可以带来巨大的经济和社会效益。

1.1.2 数字图像处理的特点

数字图像处理是利用计算机的计算,实现与光学系统模拟处理相同效果的过程。数字图像处理具有如下特点:

(1) 处理精度高,再现性好。利用计算机进行图像处理,其实质是对图像数据进行各种运算。由于计算机技术的飞速发展,计算精度和计算的正确性毋庸置疑;另外,对同一图像用相同的方法处理多次,也可得到完全相同的效果,具有良好的再现性。

(2) 易于控制处理效果。在图像处理程序中,可以任意设定或变动各种参数,能有效控制处理过程,达到预期处理效果。这一特点在改善图像质量的处理中表现更为突出。

(3) 处理的多样性。由于图像处理是通过运行程序进行的,因此,设计不同的图像处理程序,可以实现各种不同的处理目的。

(4) 图像数据量庞大。图像中包含有丰富的信息,可以通过图像处理技术获取图像中包含的有用的信息,但是,数字图像的数据量巨大。一幅数字图像是由图像矩阵中的像素(Pixel)组成的,通常每个像素用红、绿、蓝三种颜色表示,每种颜色用 8 bit 表示灰度级。则一幅 1024×1024 不经压缩的真彩色图像,数据量达 3 MB(即 $1024 \times 1024 \times 8 \text{ bit} \times 3 = 24 \text{ Mb}$)。X 射线照片一般用 64~256 Kb 的数据量,一幅遥感图像为 $3240 \times 2340 \times 4 = 30 \text{ Mb}$ 。如此庞大的数据量给存储、传输和处理都带来巨大的困难。如果精度及分辨率再提高,所需处理时间将大幅度增加。

(5) 处理费时。由于图像数据量大,因此处理比较费时。特别是处理结果与中心像素邻域有关的处理过程(如第四章介绍的区处理方法)花费时间更多。

(6) 图像处理技术综合性强。数字图像处理涉及的技术领域相当广泛,如通信技术、计算机技术、电子技术、电视技术等,当然,数学、物理学等领域更是数字图像处理的基础。

1.2 数字图像处理的目的和主要内容

1.2.1 数字图像处理的目的

一般而言,对图像进行加工和分析主要有如下三方面的目的:

(1) 提高图像的视感质量,以达到赏心悦目的目的。如去除图像中的噪声,改变图像的亮度、颜色,增强图像中的某些成份、抑制某些成份,对图像进行几何变换等,从而改善图像的质量,以达到或真实的、或清晰的、或色彩丰富的、或意想不到的艺术效果。

(2) 提取图像中所包含的某些特征或特殊信息,以便于计算机分析,例如,常用作模式识别、计算机视觉的预处理等。这些特征包括很多方面,如频域特性、灰度/颜色特性、边界/区域特性、纹理特性、形状/拓扑特性以及关系结构等。

(3) 对图像数据进行变换、编码和压缩,以便于图像的存储和传输。

1.2.2 数字图像处理的主要内容

不管图像处理是何种目的,都需要用计算机图像处理系统对图像数据进行输入、加工和输出,因此数字图像处理研究的内容主要有以下7个过程。

1. 图像获取、表示和表现(Image Acquisition, Representation and Presentation)

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(如打印)。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. 图像复原(Image Restoration)

当造成图像退化(图像品质下降)的原因已知时,复原技术可以对图像进行校正。图像复原最关键的是对每种退化都需要有一个合理的模型。例如,掌握了聚焦不良成像系统的物理特性,便可建立复原模型,而且对获取图像的特定光学系统的直接测量也是可能的。退化模型和特定数据一起描述了图像的退化,因此,复原技术是基于模型和数据的图像恢复,其目的是消除退化的影响,从而产生一个等价于理想成像系统所获得的图像。

3. 图像增强(Image Enhancement)

图像增强是对图像质量在一般意义上的改善。当无法知道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。所以,图像增强技术是用于改善图像视感质量所采取的一种方法。因为增强技术并非是针对某种退化所采取的方法,所以很难预测哪一种特定技术是最好的,只能通过试验和分析误差来选择一种合适的方法。有时可能需要彻底改变图像的视觉效果,以便突出重要特征的可观察性,使人或计算机更易观察或检测。在这种情况下,可以把增强理解为增强感兴趣特征的可检测性,而非改善视感质量。电视节目片头或片尾处的颜色、轮廓等的变换,其目的是得到一种特殊的艺术效果,增强动感和力度。

4. 图像分割(Image Segmentation)

把图像分成区域的过程就是图像分割。图像中通常包含多个对象,例如,一幅医学图像中显示出正常的或有病变的各种器官和组织。图像处理为达到识别和理解的目的,几乎都必须按照一定的规则将图像分割成区域,每个区域代表被成像的一个物体(或部分)。

图像自动分割是图像处理中最困难的问题之一。人类视觉系统的优越性,使得人类能够将所观察的复杂场景中的对象分开,并识别出每个物体。但对计算机来说,这却是一个难题。目前,大部分图像的自动分割还需要人工提供必需的信息来帮助,只有一部分领域(如印刷字符自动识别(OCR)、指纹识别等)开始使用。由于解决和分割有关的基本问题是特定领域中图像分析实用化的关键一步,因此,将各种方法融合在一起并使用知识来提高

处理的可靠性和有效性是图像分割的研究热点。

5. 图像分析

图像处理应用的目标几乎均涉及到图像分析,即对图像中的不同对象进行分割、特征提取和表示,从而有利于计算机对图像进行分类、识别和理解。

在工业产品零件无缺陷且正确装配检测中,图像分析是对图像中的像素转化成一个“合格”或“不合格”的判定。在有的应用中,如医学图像处理,不仅要检测出物体(如肿瘤)的存在,而且还要检查物体的大小。

6. 图像重建

图像重建与上述的图像增强、图像复原等不同。图像增强、图像复原的输入是图像,处理后输出的结果也是图像,而图像重建是指从数据到图像的处理,即输入的是某种数据,而经过处理后得到的结果是图像,CT 就是图像重建处理的典型应用实例。目前,图像重建与计算机图形学相结合,把多个二维图像合成三维图像,并加以光照模型和各种渲染技术,能生成各种具有强烈真实感的高质量图像。

7. 图像压缩编码

数字图像的特点之一是数据量庞大。尽管现在有大容量的存贮器,但仍不能满足对图像数据(尤其是动态图像、高分辨率图像)处理的需要,因此在实际应用中图像压缩是必需的。如果数据不压缩,则在存储和传输中就需要占很大的容量和带宽,因而增加了成本。图像压缩的目的就是压缩数据量。

图像编码主要是利用图像信号的统计特性及人类视觉的生理学及心理学特性,对图像信号进行高效编码,即研究数据压缩技术,目的是在保证图像质量的前提下压缩数据,便于存储和传输,以解决数据量大的矛盾。一般来说,图像编码的目的有三个:①减少数据存储量;②降低数据率以减少传输带宽;③压缩信息量,便于特征提取,为后续识别作准备。

从编码技术发展来看,Kunt 提出第一代、第二代编码的概念。第一代编码是以去除冗余为基础的编码方法,如 PCM、DPCM、 ΔM 、亚取样编码法、DFT、DCT、W-H 变换编码法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,如金字塔编码法、Fractal 编码法、小波变换编码法、基于神经网络的编码法、模型基编码法等。这些编码方法有如下特点:①充分考虑人的视觉特性;②恰当地考虑对图像信号的分解与表述;③采用图像的合成与识别方案压缩数据。

1.3 图像工程与相关学科

1.3.1 图像工程的内涵

图像工程的内容非常丰富,根据抽象程度和研究方法等的不同,可分为图像处理、图像分析和图像理解三个层次,如图 1-2 所示。换句话说,图像工程是既有联系又有区别的图像处理、图像分析及图像理解三者的有机结合,另外还包括它们的工程应用。

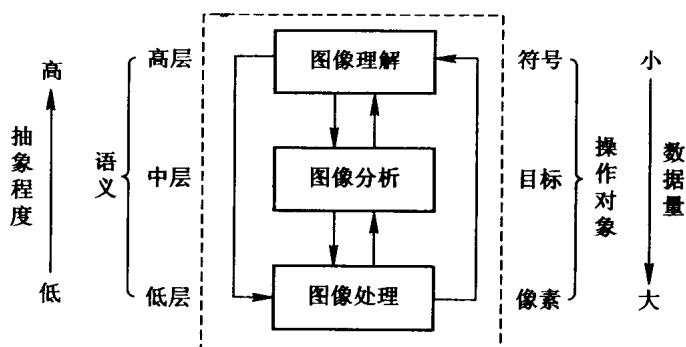


图 1-2 图像工程三层次示意图

1. 图像处理

图像处理的重点是图像之间进行的变换。尽管人们常用图像处理泛指各种图像技术，但比较狭义的图像处理主要是对图像进行各种加工，以改善图像的视觉效果并为自动识别打基础，或对图像进行压缩编码以减少所需存储空间。

2. 图像分析

图像分析主要是对图像中感兴趣的目标进行检测和测量，以获得它们的客观信息，从而建立对图像的描述。如果说图像处理是一个从图像到图像的过程，则图像分析就是一个从图像到数据的过程。这里的数据可以是目标特征的测量结果，或是基于测量的符号表示，它们描述了目标的特点和性质。

3. 图像理解

图像理解的重点是在图像分析的基础上，进一步研究图像中各目标的性质和它们之间的相互联系，并得出对图像内容含义的理解以及对原来客观场景的解释，从而指导决策。如果说图像分析主要是以观察者为中心研究客观世界，那么图像理解在一定程度上就是以客观世界为中心，借助知识、经验等来把握整个客观世界(包括没有直接观察到的事物)。

可见，图像处理、图像分析和图像理解是处在三个抽象程度和数据量各有特点的不同层次上。图像处理是比较低层的操作，它主要在图像像素级上进行处理，处理的数据量非常大。图像分析则进入了中层，分割和特征提取把原来以像素描述的图像转变成比较简洁的非图像形式的描述。图像理解主要是高层操作，基本上是对从描述抽象出来的符号进行运算，其处理过程和方法与人类的思维推理有许多类似之处。

根据本课程的任务和目标，本书重点放在图像处理上，并学习图像分析的基本理论和方法。

1.3.2 相关学科和领域

图像工程是一门系统地研究各种图像理论、技术和应用的交叉学科。从它的研究方法来看，它可以与数学、物理学、生理学、心理学、电子学、计算机科学等许多学科相互借鉴。从它的研究范围来看，它与模式识别、计算机视觉、计算机图形学等多个专业互相交叉。另外，图像工程的研究进展与人工智能、神经网络、遗传算法、模糊逻辑等理论和技术都有密切的联系，它的发展应用与医学、遥感、通信、文档处理和工业自动化等许多领

域也是密不可分的。

图像工程与计算机图形学(Computer Graphics)、模式识别(Pattern Recognition)、计算机视觉(Computer Vision)等的关系如图 1-3 所示。计算机图形学研究的是用计算机技术生成图形的理论、方法和技术,即由非图像形式的数据描述来生成逼真的图像。它可以生成现实世界中已经存在的物体的图形,也可以生成虚构物体的图形,它和图像分析的对象和输出结果正好对调。图像模式识别与图像分析则比较相似,只是前者试图把图像分解成可用符号较抽象地描述的类别。计算机视觉主要强调用计算机实现人的视觉功能,要用到图像工程三个层次的许多技术,但目前的研究内容主要与图像理解相结合。

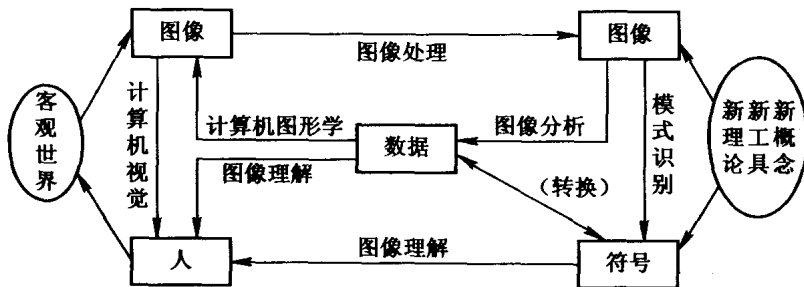


图 1-3 图像工程与相关学科的联系和区别

以上学科各有所侧重,但彼此之间又都是互相联系、有所重合、互为补充的。其实,这些名词也经常混合使用,它们在概念上或实用中并没有严格的界限,专业和背景不同的人习惯使用不同的术语。另外,人工智能、神经网络、遗传算法、模糊逻辑等新理论、新工具、新概念的发展,对上述学科均提供了有力的技术支持,促进了这些学科的长足发展。

1.4 数字图像处理系统

1.4.1 数字图像处理系统硬件

早期的数字图像处理系统为了提高处理速度、增加容量都采用大型机。随着计算机性价比(性能价格比)日新月异的提高,以小型机为主的微型图像处理系统得到发展。主机为 PC 机,配以图像采集卡及显示设备就构成了最基本的微型图像处理系统。目前,国产的 CA540、VP32、FGCT11010N8、CA-CPE-1000、CA-CPE-3000 等图像板研制成功并已商品化。微型图像处理系统成本低、应用灵活、便于推广。特别是微型计算机的性能逐年提高,使得微型图像处理系统的性能也不断升级,加之软件配置丰富,使其更具实用意义。

图 1-4 表示微型图像处理系统的组成。图像处理系统主要由图像输入设备(CCD 摄像机或扫描仪)、图像采集卡、计算机、监视器等组成。其实,简单的图像处理系统就是在 PC 机上连一台摄像机(或扫描仪),用 PC 机就足以进行一般的图像处理。下面对各部件进行简要说明。



图 1-4 图像处理系统示意图

1. 图像输入装置

1) 电视摄像机 (Video Camera)

电视摄像机是目前使用最广泛的图像获取设备。电视摄像机的核心部件是光电转换装置,也称为固态阵。目前大多数感光基元多为电荷耦合器件 CCD (Charge Coupled Device), CCD 可以将照射在其上的光信号转换为对应的电信号。该设备小巧、速度快、成本低、灵敏度高,多作为实时图像输入设备应用。但灰度层次较差、非线性失真较大、有黑斑效应,在使用中需要校正。目前,CCD 摄像机可达 1920×1035 的高分辨率,快门速度可达 10^{-4} s。

2) 扫描仪 (Scanner)

扫描仪是将各种形式的图像信息(如图片、照片、胶片及文稿资料等)输入计算机的重要工具,特点是精度和分辨率高。目前,1200DPI(Dot Per Inch)以上精度的扫描仪很常见。而且扫描仪的成本很低,一台平板式扫描仪的价格在千元左右。由于扫描仪良好的精度和低廉的价格,已成为当今应用最为广泛的图像数字化设备。但用扫描仪获取图像信息速度较慢,不能实现实时输入。

3) 数码照相机 (Digital Camera)

数码照相机也叫数字相机,是一种能够进行景物拍摄,并以数字格式存放拍摄图像的特殊照相机。它的核心部件是 CCD 图像传感器,主流机型分辨率已在 400 万像素以上。数码照相机的感光器件也是 CCD 阵列。CCD 可以对亮度进行分级,但并不能识别颜色。为此,数码照相机用红、绿和蓝三个彩色滤镜,当光线从红、绿、蓝滤镜中穿过时,就可以得到每种色光的反应值,再通过软件对得到的数据进行处理,从而确定每一个像素点的颜色。CCD 生成的数字图像被传送到照相机的一块内部芯片上。该芯片负责把图像转换成相机内部的存储格式(通常为 JPEG 格式)。最后,把生成的图像保存在存储卡中。

数码照相机可通过 USB 接口与计算机相连,将拍摄的图像下载到计算机中,以便处理或插到文档/Web 页面中,或用彩色打印机输出。

4) 遥感图像获取设备

遥感中常用的图像获取设备有光学摄影设备,如摄像机、多光谱像机等;红外摄影设备,如红外辐射计、红外摄影仪、多通道红外扫描仪、多光谱扫描仪(MSS);微波设备,如微波辐射计、侧视雷达、真空孔径雷达、合成孔径雷达(SAR)。

2. 图像输入卡 (采集卡)

通常图像输入卡安装于计算机主板扩展槽中,主要包括图像存储器单元、显示查找表