

►► 高等学校应用型本科“十三五”规划教材



- 国家自然科学基金资助项目
- 湖南省优秀青年基金资助项目

数字图像处理及工程应用



主编 张国云



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校应用型本科“十三五”规划教材

国家自然科学基金资助项目

湖南省优秀青年基金资助项目

数字图像处理及 工程应用

主 编	张国云				
副主编	吴健辉	郭龙源	胡文静		
参 编	何 伟	欧先锋	闫保双	袁 帅	

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是根据电子信息工程专业综合改革的需要,从工程应用的角度出发,按照培养面向工程技术或工程管理一线应用型人才的要求,结合“3+1”实践教学改革经验和教学成果,组织具有工程实践经验、长期担任数字图像处理课程教学工作的一线教师编写的。全书分为上、下两篇,共17章。上篇为1~13章,主要讲述数字图像处理技术的基本原理和方法,并采用Matlab作为仿真工具,使学生能更好地学习和掌握数字图像处理的程序实现方法;下篇为14~17章,突出数字图像处理技术的应用实践,结合Open CV开源跨平台计算机视觉库和全功能开源跨平台C/C++集成开发环境Code::Blocks,介绍数字图像处理技术跨平台开发的实现方法和应用实例。

本书深度适中,内容力求精练,可作为电子信息工程、通信与信息工程、电子科学与技术、计算机科学与技术、控制科学与工程、生物医学工程等专业的本科生和研究生教材,也可供图像处理、分析和识别等相关领域的科技工作者和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理及工程应用/张国云主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2016.2

高等学校应用型本科“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3960-4

I. ①数… II. ①张… III. ①数字图像处理 IV. ①TN911.73

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第021107号

策 划 秦志峰

责任编辑 秦志峰 张驰

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)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2016年2月第1版 2016年2月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 23.5

字 数 557千字

印 数 1~3000册

定 价 44.00元

ISBN 978-7-5606-3960-4/TN

XDUP 4252001-1

如有印装问题可调换

西安电子科技大学出版社
高等学校应用型本科“十三五”规划教材
编审专家委员会名单

主任：鲍吉龙（宁波工程学院副院长、教授）

副主任：彭 军（重庆科技学院电气与信息工程学院院长、教授）

张国云（湖南理工学院信息与通信工程学院院长、教授）

刘黎明（南阳理工学院软件学院院长、教授）

庞兴华（南阳理工学院机械与汽车工程学院副院长、教授）

电子与通信组

组长：彭 军（兼）

张国云（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

王天宝（成都信息工程学院通信学院院长、教授）

安 鹏（宁波工程学院电子与信息工程学院副院长、副教授）

朱清慧（南阳理工学院电子与电气工程学院副院长、教授）

沈汉鑫（厦门理工学院光电与通信工程学院副院长、副教授）

苏世栋（运城学院物理与电子工程系副主任、副教授）

杨光松（集美大学信息工程学院副院长、教授）

钮王杰（运城学院机电工程系副主任、副教授）

唐德东（重庆科技学院电气与信息工程学院副院长、教授）

谢 东（重庆科技学院电气与信息工程学院自动化系主任、教授）

楼建明（宁波工程学院电子与信息工程学院副院长、副教授）

湛腾西（湖南理工学院信息与通信工程学院教授）

计算机大组

组长：刘黎明（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

刘克成（南阳理工学院计算机学院院长、教授）

毕如田（山西农业大学资源环境学院副院长、教授）

李富忠（山西农业大学软件学院院长、教授）

向 毅（重庆科技学院电气与信息工程学院院长助理、教授）

张晓民（南阳理工学院软件学院副院长、副教授）
何明星（西华大学数学与计算机学院院长、教授）
范剑波（宁波工程学院理学院副院长、教授）
赵润林（山西运城学院计算机科学与技术系副主任、副教授）
黑新宏（西安理工大学计算机学院副院长、教授）
雷 亮（重庆科技学院电气与信息工程学院计算机系主任、副教授）

机电组

组 长：庞兴华（兼）

成 员：（成员按姓氏笔画排列）

丁又青（重庆科技学院机械与动力工程学院副院长、教授）
王志奎（南阳理工学院机械与汽车工程学院系主任、教授）
刘振全（天津科技大学电子信息与自动化学院副院长、副教授）
何高法（重庆科技学院机械与动力工程学院院长助理、教授）
胡文金（重庆科技学院电气与信息工程学院系主任、教授）

前言

数字图像处理技术起源于20世纪20年代,其首次应用是用于改善伦敦和纽约之间的海底电缆发送的图像质量。20世纪50年代,当时的电子计算机已经发展到一定水平,人们开始利用计算机来处理图形和图像信息。20世纪60年代末,数字图像处理具备了比较完整的体系,并形成了一门新兴的学科。到20世纪70年代,数字图像处理技术得到迅猛的发展,理论和方法进一步完善,应用范围更加广泛。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,并在宇宙探测、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的应用。

作为一门新兴学科,数字图像处理已成为高校电子信息类专业重要的专业课程,其教学目的是使学生了解和掌握数字图像处理的基本内容与方法,为以后的深入研究和开发工作打下良好的基础。本书是根据“十二五”国家专业综合改革试点专业和人才培养模式创新实验区建设思路,针对工程应用型人才培养,结合编者多年来的教学和科研实践编写而成的。

全书分为上、下两篇,第1章至第13章为上篇,第14章至第17章为下篇。上篇突出数字图像处理基础理论,并配以Matlab实现程序,使学生能更好地学习和掌握数字图像处理的程序实现方法;下篇突出数字图像处理技术的应用实践,结合Open CV开源跨平台计算机视觉库和全功能开源跨平台C/C++集成开发环境Code::Blocks,介绍了数字图像处理技术跨平台开发的实现方法和应用实例。书中内容包括绪论、数字图像的基本概念、Matlab图像处理基础、图像变换、图像增强、图像去噪、图像锐化、图像恢复、图像编码与压缩、图像分割、图像形态学运算、图像描述、图像识别、图像处理软件开发概述、Code::Blocks入门、Open CV图像处理、数字图像处理案例解析等。

在本书的编写过程中,得到了湖南理工学院教务处和信息与通信工程学院、国家专业综合改革试点专业(电子信息工程)领导小组的大力支持,同时得到了国家自然科学基金项目(编号:61201435)和湖南省教育厅优秀青年基金项目(13B037)的资助,在此向他们表示衷心的感谢。

本书由张国云担任主编,吴健辉、郭龙源、胡文静担任副主编,何伟、欧先锋、闫保双、袁帅等老师参加编写。其中,第1、5章由张国云编写,第12、13章由吴健辉编写,第14、15、16章由胡文静编写,第8、9、10章由郭龙源、欧先锋编写,第2、3、4章由何伟编写,第6、7章由闫保双编写,第11、17章由袁帅编写,全书由张国云和吴健辉负责统稿、定稿。在编写过程中,作者参考了大量书籍、资料和网站文献,也引用了某些内容,在此对原作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中疏漏和不足之处在所难免,敬请读者不吝指正。

编者

2015年9月

目 录

上篇 数字图像处理基础

第 1 章 绪论	3	第 3 章 Matlab 图像处理基础	30
1.1 引言	3	3.1 Matlab 概述	30
1.2 图像处理概述	3	3.1.1 Matlab 的工作界面	30
1.2.1 数字图像的获取	3	3.1.2 Matlab 的常用命令	33
1.2.2 数字图像表示	4	3.1.3 Matlab 的帮助系统	34
1.2.3 图像处理分类	4	3.2 图像处理工具箱	35
1.2.4 图像处理的目的	5	3.3 Matlab 图像处理入门实例	39
1.2.5 图像处理的内容和方法	5	3.3.1 图像文件的读写	39
1.3 数字图像处理常用的工具	7	3.3.2 图像文件的显示	43
1.3.1 基于 Matlab 的图像处理	7	3.3.3 图像类型的转换	50
1.3.2 基于 Open CV 的图像处理	8	习题	57
1.3.3 Code::Blocks 与 Open CV 结合专用 数字图像处理	9	第 4 章 图像变换	58
1.4 数字图像处理步骤及硬件组成	10	4.1 图像的几何变换	58
1.4.1 数字图像处理的基本步骤	10	4.1.1 图像几何变换的一般表达式	58
1.4.2 数字图像处理系统的组成	10	4.1.2 平移变换	58
1.5 数字图像处理的主要应用	12	4.1.3 比例缩放	59
1.6 数字图像处理的发展方向	14	4.1.4 旋转变换	60
1.7 本书章节安排	14	4.1.5 仿射变换	61
习题	15	4.1.6 透视变换	62
第 2 章 数字图像的基本概念	16	4.1.7 灰度插值	63
2.1 图像的数字化	16	4.2 图像的正交变换	64
2.1.1 图像采样	16	4.2.1 离散傅里叶变换(DFT)	64
2.1.2 图像量化	17	4.2.2 离散余弦变换(DCT)	67
2.1.3 采样和量化参数的选择	20	4.2.3 离散沃尔什-哈达玛变换(Walsh-Hadamard Transform)	68
2.2 数字图像的数值描述	21	4.2.4 K-L 变换	72
2.3 数字图像文件格式	24	习题	75
2.3.1 BMP 文件格式	24	第 5 章 图像增强	77
2.3.2 其他文件格式	26	5.1 直接灰度变换	77
习题	29	5.1.1 线性灰度变换	77

5.1.2 非线性灰度变换	81
5.2 直方图修正	84
5.2.1 灰度直方图的定义与性质	84
5.2.2 直方图均衡化	86
5.2.3 直方图规定化	91
5.3 同态滤波增强	93
5.4 图像的彩色增强	95
5.4.1 伪彩色增强	95
5.4.2 真彩色增强	97
5.4.3 假彩色增强	98
习题	99
第6章 图像去噪	100
6.1 图像噪声	100
6.1.1 图像噪声的基本概念	100
6.1.2 图像噪声的分类	100
6.1.3 常用的噪声模型	101
6.2 空域去噪法	101
6.2.1 邻域平均法	101
6.2.2 中值滤波法	106
6.2.3 多图像平均法	109
6.3 频域低通滤波法	111
6.3.1 理想低通滤波器(ILPF)	111
6.3.2 Butterworth 低通滤波器(BLPF)	113
6.3.3 指数低通滤波器(ELPF)	114
6.3.4 梯形低通滤波器(TLPF)	115
习题	116
第7章 图像锐化	118
7.1 图像的边缘	118
7.2 空域微分算子法	118
7.2.1 一阶微分算子	118
7.2.2 二阶微分算子——拉普拉斯算子	121
7.2.3 拉普拉斯-高斯变换算子(Laplacian of Gaussian, LoG)	123
7.3 频域高通滤波法	125
习题	127

第8章 图像恢复	128
8.1 概述	128
8.2 图像退化模型	129
8.2.1 图像退化的物理过程	129
8.2.2 连续的线性系统退化模型	129
8.2.3 离散的线性系统退化模型	130
8.2.4 循环矩阵对角化	132
8.2.5 非线性退化模型	133
8.3 退化函数的估计	134
8.3.1 图像观察估计法	134
8.3.2 试验估计法	134
8.3.3 模型估计法	135
8.4 空间域恢复方法	136
8.4.1 无约束恢复	136
8.4.2 约束最小二乘恢复	137
8.4.3 能量约束恢复	138
8.4.4 平滑约束恢复	139
8.4.5 均方误差最小约束(维纳滤波)	140
8.5 频域恢复方法	142
8.5.1 逆滤波法	142
8.5.2 最小二乘滤波法	144
8.5.3 其他滤波方法	145
8.6 几何畸变恢复	146
习题	147
第9章 图像编码与压缩	148
9.1 概述	148
9.1.1 图像数据压缩的必要性与可能性	148
9.1.2 图像编码压缩技术的分类	148
9.2 图像保真度准则	149
9.2.1 客观保真度准则	149
9.2.2 主观保真度准则	150
9.3 无损压缩编码	150
9.3.1 图像冗余度和编码效率	151
9.3.2 霍夫曼(Huffman)编码	151
9.3.3 费诺-香农编码	153
9.3.4 算术编码	154

9.3.5 行程编码	155	11.3 图像形态学的处理	195
9.4 有损压缩编码	156	11.3.1 边界提取	195
9.4.1 信息率失真理论	156	11.3.2 距离变换	196
9.4.2 有损预测编码压缩	157	11.3.3 骨架化	197
9.4.3 变换编码	159	11.3.4 细化	199
9.5 图像编码的国际标准简介	161	本章小结	201
习题	162	习题	201
第 10 章 图像分割	163	第 12 章 图像描述	202
10.1 基于阈值的图像分割方法	163	12.1 像素描述	202
10.1.1 阈值化分割基本原理	163	12.1.1 邻域	202
10.1.2 固定阈值法	165	12.1.2 像素间的邻接和连通	203
10.1.3 直方图法	165	12.1.3 通路和连通性	204
10.1.4 最大类间方差法	166	12.1.4 区域和边界	204
10.1.5 统计最优阈值法	167	12.2 目标边界的链码描述	205
10.2 基于边界的图像分割方法	168	12.2.1 链码的定义	205
10.2.1 并行微分算子法	169	12.2.2 曲线的链码表示	206
10.2.2 模板匹配法	174	12.3 曲线的拟合	207
10.2.3 边界跟踪算法	176	12.3.1 迭代拟合	207
10.2.4 边界拟合算法	177	12.3.2 最小均方误差拟合	208
10.2.5 基于主动轮廓模型算法	178	12.3.3 曲面拟合	208
10.3 基于区域的图像分割方法	179	12.4 傅里叶描述子	209
10.3.1 区域生长法	179	12.5 图像纹理描述	210
10.3.2 分裂合并法	181	12.5.1 基于统计的纹理描述	211
习题	183	12.5.2 基于粗糙度的纹理描述	212
第 11 章 图像形态学运算	184	12.5.3 基于频谱的纹理描述	212
11.1 图像形态学的基础	184	12.5.4 联合概率矩阵法纹理描述	213
11.1.1 图像形态学的概念	184	12.5.5 纹理的句法结构分析法	214
11.1.2 图像形态学的应用	184	12.6 图像的几何特征	215
11.1.3 二值图像	184	12.6.1 位置与方向特征	215
11.1.4 集合论的基本概念	185	12.6.2 区域面积特征	216
11.1.5 Matlab 中常用数学形态学函数	186	12.6.3 形状特征	217
11.2 图像形态学的基本运算	186	12.7 图像的矩描述	220
11.2.1 腐蚀	187	12.7.1 矩的定义	220
11.2.2 膨胀	189	12.7.2 质心坐标与中心矩	220
11.2.3 开运算和闭运算	191	12.7.3 主轴	220
11.2.4 击中/未击中变换	193	12.7.4 不变矩	221
11.2.5 基本运算的性质	194	本章小结	221
		习题	221

第 13 章 图像识别	223	13.2.4 训练/学习方法分类	228
13.1 模式与模式识别	223	13.3 图像识别方法分类	228
13.2 图像识别	223	13.3.1 统计模式识别	229
13.2.1 识别问题的一般描述	224	13.3.2 句法模式识别	229
13.2.2 过度拟合	225	习题	232
13.2.3 图像识别系统结构	226		

下篇 数字图像处理应用实践

第 14 章 图像处理软件开发概述	235	16.1.3 Mat 基本图像容器	283
14.1 Code::Blocks 开发环境	235	16.2 Open CV 图像操作	286
14.1.1 安装 Code::Blocks	236	16.2.1 输入/输出	286
14.1.2 安装 wxWidgets	241	16.2.2 图像存取	286
14.1.3 安装 wxFormbuilder	245	16.2.3 底层操作	287
14.2 Open CV 的安装与编译	249	16.2.4 图像显示	287
14.2.1 Open CV 概述	249	16.2.5 图像处理 API	287
14.2.2 Open CV 的安装	250	16.3 Open CV 编程举例	288
14.2.3 Open CV 的编译	253	16.3.1 控制台模式	288
14.3 Code::Blocks 开发环境配置	255	16.3.2 GUI 界面模式	290
本章小结	258	本章小结	303
第 15 章 Code::Blocks 入门	259	第 17 章 数字图像处理案例解析	304
15.1 Code::Blocks 主界面	259	17.1 图像编辑器	304
15.2 工程创建	260	17.1.1 功能描述	304
15.2.1 新建工程	260	17.1.2 功能实现	304
15.2.2 编辑	262	17.1.3 效果演示	318
15.2.3 构建与运行	264	17.2 数字图像水印系统	322
15.2.4 代码调试	266	17.2.1 基本原理	322
15.3 GUI 界面设计	268	17.2.2 水印嵌入与提取算法	323
15.3.1 wxWidgets 窗口	268	17.2.3 效果展示	340
15.3.2 wxWidgets 标准对话框	270	17.3 细胞识别统计系统	343
15.3.3 wxFormbuilder	271	17.3.1 系统方案	343
15.3.4 GUI 设计举例	272	17.3.2 核心模块	343
本章小结	280	17.3.3 测试结果	358
第 16 章 Open CV 图像处理	281	本章小结	359
16.1 基础数据结构	281	附录 Ubuntu Linux 环境下开发平台的	
16.1.1 CV 命名空间	281	搭建	360
16.1.2 CV 数据结构	281	参考文献	365

上篇

数字图像处理基础

第1章 绪论

1.1 引言

图像是人类传递信息的主要媒介之一,据统计,在人类接收的信息中,视觉信息超过70%,因而图像成为传递信息的重要媒介和手段。从图像的形成来说,“图”是物体透射或反射光的分布,是客观存在的,“像”是人的视觉系统对图在大脑中形成的印象或认识,是人的感觉,图像(Image)则是图和像的有机结合,既反映物体的客观存在,又体现人的心理因素,是客观对象的一种可视表示,它包含了被描述对象的有关信息。人们在日常生活中见到的各种图像,如日常摄影图像、绘画、红外图像、雷达图像、医学图像、电影电视和漫画等都是图像的最直接例子。

人们可以通过各种观测系统获取图像,如照相机、摄像机、卫星多光谱扫描成像系统、显微图像摄影系统、医学成像系统等。获取的图像可以是静止的,也可以是运动的;可以是二维图像,也可以是三维图像。根据图像空间坐标和幅度的变化关系,还可以将图像分为模拟图像和数字图像。模拟图像的空间坐标和幅度连续变化,而数字图像则是在空间上和幅度上都进行离散化了的数字表述图像。

数字图像处理技术是根据需要对获取的图像进行相关处理的技术,它起源于20世纪20年代,当时通过海底电缆从英国伦敦向美国纽约传输了一张采用了数字压缩技术的图片。在当时的技术条件下,传输这张压缩的图片用时3小时,而如果不压缩,则需要1个多星期。1964年美国喷气推进实验室处理了太空船“徘徊者七号”传回的月球照片,标志着数字图像处理概念开始得到应用。其后,随着电子计算机技术的迅猛发展,数字图像处理技术也得到了迅速的发展,目前已经在工程学、计算机科学、信息科学、生物医学、物理学和化学等领域得到了广泛的发展和应用,给人类带来了巨大的经济效益和社会效益。

1.2 图像处理概述

1.2.1 数字图像的获取

目前,图像的存储形式有两种,即连续的模拟图像和离散的数字图像。连续的模拟图像,需要用数字化设备对其进行处理,比如扫描仪、数字图像采集卡等;数字化设备如数码相机、数码摄像机获取的图像,则可以直接输入计算机进行处理。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。

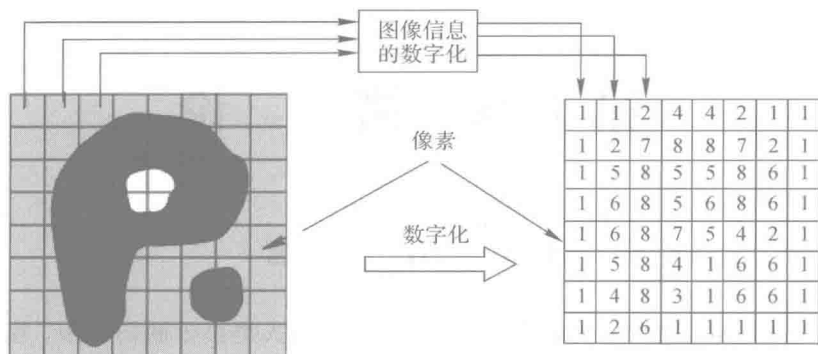


图 1.1 数字图像的表述

1.2.2 数字图像的表示

任何一幅图像都可以看作是由无数个光点构成的光强度集合，因此可以用点特征来描述一幅图像的相关信息。一幅图像所包含的信息首先表现为光的强度，即一幅图像可看成是空间各个坐标点上的光强度 I 的集合，其普遍数学表达式为

$$I = f(x, y, z, \lambda, t) \quad (1.1)$$

式中： (x, y, z) 是空间坐标， λ 是波长， t 是时间， I 是光点 (x, y, z) 的强度(幅度)。综合起来，上式表示一幅运动的(t)、彩色/多光谱的(λ)、立体的(x, y, z)三维图像。

由此可知，静止图像则与时间 t 无关；灰度图像(单色)的波长 λ 为一个常数；二维图像与 z 坐标无关。即在每一种情况下，图像的表示可省略掉一维，因此：

(1) 静止图像的数学表达式：

$$I = f(x, y, z, \lambda) \quad (1.2)$$

(2) 灰度图像的数学表达式：

$$I = f(x, y, z, t) \quad (1.3)$$

(3) 平面图像的数学表达式：

$$I = f(x, y, \lambda, t) \quad (1.4)$$

而对于平面上的静止灰度图像，其数学表达式可简化为

$$I = f(x, y) \quad (1.5)$$

运动图像可用静止图像序列表示，彩色图像可分解成三基色图像，三维图像可由二维重建，因此本书主要针对平面上的静止灰度图像进行论述。

1.2.3 图像处理分类

图像处理(Image Processing)就是对获取的图像信息进行加工处理和分析，以满足人们视觉及工程应用的需要。一般的图像处理可以分成如下三个类型：

(1) 模拟图像处理(Analog Image Processing)：也称光学图像处理，它是利用光学透镜或光学照相方法对模拟图像进行的处理，其实时性强、速度快、处理信息量大、分辨率高，但是处理精度低、灵活性差、难以判断功能。模拟图像处理在计算机技术发展之初的 20 世纪 60 年代得到过迅速的发展，目前则主要以数字图像处理为主。

(2) 数字图像处理(Digital Image Processing): 利用计算机或实时的硬件平台对数字图像进行的处理, 也称为计算机图像处理(Computer Image Processing), 它具有精度高、处理内容丰富、方法易变、灵活度高等优点, 通过改变软件即可以改变处理内容。但是它的处理速度受到计算机和数字器件的限制, 特别是高清和连续视频图像的实时性处理对计算机硬件资源提出了更高的要求, 不过随着计算机技术的发展, 其处理的实时性大幅提高, 将有效地解决大数据量高清图像处理的实时性问题。

(3) 光电结合处理(Opto-electronics Image Processing): 用光学方法完成运算量巨大的图像处理(如频谱变换等), 而后用计算机对光学处理结果(如频谱)进行分析判断等处理。该方法是前两种方法的有机结合, 它集结了二者的优点。光电结合处理是今后图像处理的发展方向, 也是一个值得关注的研究方向。随着集成光学的发展和光电结合的应用, 图像处理技术将会有进一步的突破性进展。

1.2.4 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分、抑制另一些成分, 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。

1.2.5 图像处理的内容和方法

数字图像处理的基本理论和技术涉及数学、物理、信号处理理论、控制科学、模式识别、生物医学、心理学、计算机科学等众多学科, 是一个具备交叉性和开放型的研究领域。图像处理和分析所涉及的知识种类繁多、方法多样, 从基本的研究内容和方法上可以分为以下几个方面。

1. 图像数字化

图像数字化是指将非数字形式的图像信号通过数字化设备转换成数字图像(包括采样和量化), 以方便输入计算机进行处理。

2. 图像变换

图像变换包括时域变换和频域变换。时域空间的图像变换也称为图像的几何变换, 包括图像在几何方向上的各种处理。频域变换主要是采用正交变换, 如离散傅里叶变换、沃尔什-哈达变换、离散余弦变换、小波变换等, 将图像从时域空间变换到频域空间, 并应用频域处理方法对图像进行处理, 然后再反变换到时域空间。由于频域空间能量集中, 因此频域变换在图像压缩编码方面有着非常重要的应用。

3. 图像增强

图像增强是指增强图像中的有用信息, 削弱干扰和噪声, 提高图像的清晰度, 突出图

像中感兴趣的部分,一方面改善视觉效果,另一方面方便进一步的分析处理。图像增强主要包括图像平滑、锐化、同态滤波、灰度变换等。

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,如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,增强图像的动感和力度。

4. 图像复原

图像复原是对退化的图像进行的处理,使处理后的图像尽可能地接近原始的清晰图像。退化图像是由于各种原因,使得原来清晰的图像变得模糊,或者因原图像没有达到应有的质量而形成的降质图像。图像复原是利用退化过程的先验知识来建立图像的退化模型,再采用与退化相反的过程来恢复图像,其处理过程一般针对图像整体,以改善图像的整体质量。

图像复原最关键的是对每种退化都建立一个合理的模型。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,从而获得一个与理想成像系统所产生的图像等价的图像。

5. 图像压缩编码

未压缩的数字图像数据量大,存在一定的数据冗余,不利于图像的传输、处理和存储,因此必须对数字化后的图像数据进行压缩编码,以减少描述图像的数据量。根据信息的保存情况可以将图像压缩分为无损压缩和有损压缩,在图像的处理中可以根据需要有选择地进行。

6. 图像分割

把图像分成区域的过程就是图像分割,是数字图像处理中的关键技术之一。在对图像进行完前面所述的各种处理后,最终将对图像中的目标进行分析和处理,因此如何有效地分割出图像中的目标将决定图像工程应用的最终效果。图像分割通常根据选定的特征将图像划分成若干个有意义的部分,包括图像的边缘、区域等。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)。

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)开始使用计算机全自动图像分割。由于解决与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。

7. 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。

8. 图像描述

图像描述是对图像各组成部分的性质和彼此之间关系的描述。为了让计算机有效地识别分割出来的目标，有必要对各区域、边界的属性和相关关系用简洁明确的数值和符号进行表示，这样在保留原图像或图像区域重要信息的同时，能进一步减少描述区域的数据量。这些从原始图像中产生的数值、符号或者形状称为图像的特征，它们反映了原图像的最重要的信息和主要特征。

9. 图像分类识别

图像处理的最终目的是识别图像中的各个目标，并输出识别结果以引导相关执行机构进行自动控制。图像识别通常根据从图像中提取的各目标物的特征，与目标物固有的特征进行匹配和识别，以做出对各目标物类属的判别。

1.3 数字图像处理常用的工具

在数字图像处理的学习中，为了更进一步了解各个算法的功能和效果，及时在各种数字图像处理平台上编写算法并进行算法功能验证是非常必要的。目前常用的数字图像处理工具软件平台有三种，即 Matlab、Open CV 以及 Linux 平台下的 Code::Blocks 专用图像处理平台。下面对这三种平台的特点进行简要介绍。

1.3.1 基于 Matlab 的图像处理

Matlab 是 Matrix & Laboratory 两个词的组合，是由美国 Mathworks 公司发布的主要面对科学计算、可视化以及交互式程序设计的高科技计算环境。它将数值分析、矩阵计算、科学数据可视化以及非线性动态系统的建模和仿真等诸多强大功能集成在一个易于使用的视窗环境中，为科学研究、工程设计以及必须进行有效数值计算的众多科学领域提供了一种全面的解决方案，并在很大程度上摆脱了传统非交互式程序设计语言的编辑模式，代表了当今国际科学计算软件的先进水平。

Matlab 具有如下特点：

- (1) 高效的数值计算及符号计算功能，能使用户从繁杂的数学运算分析中解脱出来；
- (2) 具有完备的图形处理功能，可实现计算结果和编程的可视化；
- (3) 友好的用户界面及接近数学表达式的自然化语言，使学者易于学习和掌握；
- (4) 功能丰富的应用工具箱（如信号处理工具箱、通信工具箱等），为用户提供了大量方便实用的处理工具。

Matlab 中的图像处理工具箱将给初学者提供很好的帮助，能将各种算法的处理效果完