

数字图像处理

第3版

姚敏 等编著
浙江大学

*D*igital Image Process
Third Edition



机械工业出版社
China Machine Press

数字图像处理

第3版

姚敏 等编著
浙江大学



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

数字图像处理 / 姚敏等编著. —3 版. —北京: 机械工业出版社, 2017.8
(面向 CS2013 计算机专业规划教材)

ISBN 978-7-111-57596-2

I. 数… II. 姚… III. 数字图像处理—高等学校—教材 IV. TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 188611 号

本书详细介绍了数字图像处理的基本理论、主要技术和最新进展。全书共分 13 章, 内容主要包括图像获取、图像变换、图像增强、图像复原、彩色图像处理、图像编码、图像检测与分割、图像表示与描述、图像特征优化、图像识别、图像语义分析、图像检索等。

本书坚持理论与实际相结合的原则, 理论分析深入浅出, 方法介绍详细具体, 实例演示清晰明了, 同时给出了部分关键算法的 Matlab 实现程序。

本书可作为高等院校计算机工程、软件工程、信息工程、电子工程、通信工程、生物医学工程、自动控制以及相关学科的高年级本科生和研究生的教材或参考书, 也可作为相关工程技术人员的阅读资料。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 余洁

责任校对: 李秋荣

印刷: 北京瑞德印刷有限公司

版次: 2017 年 9 月第 3 版第 1 次印刷

开本: 185mm×260mm 1/16

印张: 24.75

书号: ISBN 978-7-111-57596-2

定价: 59.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光/邹晓东

前言

图像是人类最重要的常用信息之一。数字图像处理就是通过计算机对图像进行去除噪声、增强、复原、分割、提取特征、分类识别等处理的方法和技术。数字图像处理技术的研究内容涉及光学、微电子学、信息学、统计学、数学、计算机科学等领域,是一门综合性很强的交叉学科。随着科学技术的发展,数字图像处理技术受到了高度重视并取得了长足的发展,在科学研究、工农业生产、医疗诊断、航空航天、生物医学工程、交通、通信、气象、军事、公安、媒体、文教等众多领域得到了广泛的应用,取得了巨大的社会效益与经济效益。特别是随着人类进入数字化网络时代,数字图像处理已经成为日常生活中不可缺失的重要部分。

同时,数字图像处理已经成为高等院校电子信息工程、通信工程、信号与信息处理、计算机应用与软件等学科的一门重要的专业课。本书正是作者根据多年来从事数字图像处理的教学与研究工作经验编写而成。本书坚持理论联系实际编写方针,既注重理论分析,又关注关键算法的 Matlab 实现,力求做到理论分析概念严谨、模型论证简明扼要、实例演示清晰明了。希望通过本书的学习,读者能够全面了解数字图像处理的基本概念、理论与方法,为今后在工作岗位上开展图像处理技术研究与应用奠定良好的理论基础,以适应飞速发展的信息时代。

全书共 13 章,可以分成四个部分。其中第一部分是本书的基础,包括第 1~3 章,简要叙述数字图像处理的基本概念,介绍图像采样、图像量化以及各种图像变换技术;第二部分是基本的图像处理技术,包括第 4~6 章,介绍图像增强、图像复原和彩色图像处理技术;第三部分是图像编码,即第 7 章,主要介绍各种常用图像压缩编码技术,特别是小波图像压缩编码技术;第四部分是图像挖掘,包括第 8~13 章,主要介绍图像检测、图像分割、图像表示、图像描述、图像特征优化、图像识别、图像语义分析和图像检索等。

本书是在第 2 版的基础上修订并增加图像语义分析等内容形成的。其中第 4 章和第 7 章由郁晓红(浙江工商大学)修订,第 8 章和第 10 章由朱蓉(嘉兴学院)修订,其余部分由姚敏修订编写。在本书修订编写过程中参考了大量的图像处理文献,特别是江志伟博士和易文晟博士的学位论文,作者对这些文献的作者表示真诚的谢意。

由于作者水平有限,书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

作者

2016 年冬于杭州求是园



教学建议

第1章 绪论(2学时)

了解图像的特点与分类、数字图像处理的主要内容及方法、数字图像处理技术的应用领域、数字图像处理系统组成,以及 Matlab 及其图像处理工具箱的功能与使用方法。

第2章 图像获取(4学时)

正确理解连续图像的若干基本理论,包括连续图像的数学模型、数字特征、频谱等。准确掌握连续图像的数字化过程,包括采样原理、图像采样与重建、图像量化。正确理解数字图像的一些基本概念。

第3章 图像变换(4学时)

理解图像变换的目的和意义,重点掌握二维离散傅里叶变换和二维快速傅里叶变换(FFT),掌握运用 Matlab 求解图像傅里叶变换谱的方法。同时,了解其他常用变换的原理及其实现方法,如离散余弦变换、沃尔什变换和哈达玛变换、霍特林变换、拉东变换等。

第4章 图像增强(4学时)

了解图像增强的概念、目的及其主要技术,理解两大类图像增强方法,即空域法和频域法的基本原理及其作用。掌握空域法的图像增强方法,包括基于像素的空域点处理法、直方图法、基于模板的空域滤波器;掌握基于频域的低通滤波、高通滤波和同态滤波的图像增强技术。掌握运用 Matlab 实现各种图像增强的方法。

第5章 图像复原(4学时)

了解图像复原的目的及其分类方法。准确理解图像退化模型,掌握常用的图像复原方法,包括逆滤波图像复原、维纳滤波图像复原、约束最小二乘方图像复原、几何失真校正等。特别要准确掌握当噪声是图像退化的唯一原因时的复原技术,包括基于均值滤波器、顺序统计滤波器、自适应滤波器的空域滤波复原技术和基于陷波滤波器的频域滤波复原技术。

第6章 彩色图像处理(4学时)

了解常用的颜色模型,包括 RGB 模型、HSI 模型、CMY 模型等。掌握全彩色图像处理的常用技术,包括彩色图像增强、彩色图像复原、彩色图像分析等。熟悉给灰度图像着色的伪彩色图像处理技术。

第7章 图像编码(6 学时)

了解数字图像编码的可能性和必要性,掌握数字图像编码的基本原理,特别是信息论中的信源编码定理。熟练掌握常用的熵编码方法,包括赫夫曼编码、算术编码和行程编码的基本原理与实现算法。掌握失真编码、预测编码、变换编码和小波编码的基本原理及其实现技巧。

第8章 图像检测与分割(4 学时)

正确理解图像检测与分割的基本概念,掌握常用的图像检测方法,包括边缘检测和边界跟踪;掌握常用的图像分割技术,包括阈值分割、区域分割、运动分割。同时,熟悉运用 Matlab 实现各种关键算法的过程。

第9章 图像表示与描述(4 学时)

掌握常用的图像表示方法,如链码、多边形近似、标记图与骨架等;掌握基本的图像描述方法,包括边界描述和区域描述方法,特别是数学形态学描述方法。熟悉运用 Matlab 实现各种关键算法的过程。

第10章 图像特征优化(4 学时)

准确理解图像特征优化的目的与意义,掌握基于选择的特征优化方法和基于统计分析的特征优化方法及其实现技术,了解基于流形学习的特征优化技术。熟悉运用 Matlab 实现各种关键算法的过程。

第11章 图像识别(4~8 学时)

了解常用的图像识别方法,掌握3种图像识别方法,即统计方法、句法方法和模糊方法的基本原理、关键技术及其实现步骤,分析实用的图像识别系统——Web 图像过滤系统的体系结构,加深对图像识别方法的理解。

第12章 图像语义分析(4 学时)

了解面向图像语义分析的图像表示模型,掌握图像语义分割技术、图像区域语义标注方法和图像语义分类。

第13章 图像检索(4 学时)

掌握基于内容的图像检索方法的基本原理及其实现方法。理解图像层次语义模型,掌握基于语义的图像检索系统的系统结构与功能特点。了解基于多示例学习的语义图像检索方法的主要特点及其实现技术。

目 录

前言

教学建议

第1章 绪论 1

1.1 图像及其分类 1

1.1.1 图像的特点 1

1.1.2 图像的分类 2

1.2 数字图像处理技术与应用 2

1.2.1 数字图像处理的主要 内容 2

1.2.2 数字图像处理方法 4

1.2.3 数字图像处理技术的 应用 4

1.3 数字图像处理系统 5

1.4 Matlab 简介 6

1.5 本书概要 7

习题 8

第2章 图像获取 9

2.1 概述 9

2.2 连续图像模型 9

2.2.1 连续图像的表达式 9

2.2.2 连续图像的随机表征 11

2.3 连续图像的频谱 12

2.3.1 一维连续傅里叶变换 12

2.3.2 二维连续傅里叶变换 13

2.4 图像采样 14

2.4.1 采样定理 14

2.4.2 图像采样 17

2.5 图像量化 19

2.5.1 量化器模型 19

2.5.2 标量量化 19

2.5.3 向量量化 22

2.6 数字图像中的基本概念 25

2.6.1 数字图像的表示 25

2.6.2 空间与灰度级分辨率 26

2.6.3 像素间的基本关系 28

小结 29

习题 30

第3章 图像变换 31

3.1 概述 31

3.2 一维离散傅里叶变换 31

3.2.1 离散傅里叶变换 31

3.2.2 离散傅里叶变换的性质 32

3.3 一维快速傅里叶变换 34

3.3.1 一维快速傅里叶变换的 基本思想 34

3.3.2 一维快速傅里叶变换算法 36

3.4 二维离散傅里叶变换 39

3.4.1 二维离散傅里叶变换的定义 39

3.4.2 二维离散傅里叶变换的 性质 40

3.4.3 二维快速离散傅里叶 变换 41

3.4.4 二维快速傅里叶变换的 Matlab 实现 42

3.4.5 可分离图像变换的概念 44

3.5 离散余弦变换 44

3.5.1 一维离散余弦变换 44

3.5.2 一维快速离散余弦变换 算法 45

3.5.3 二维离散余弦变换 46

3.5.4 离散余弦变换的 Matlab 实现 47

3.5.5 离散余弦变换的应用	47	5.4.2 逆滤波复原	103
3.6 沃尔什变换和哈达玛变换	48	5.4.3 消除匀速运动模糊	104
3.6.1 离散沃尔什变换	48	5.5 维纳滤波	105
3.6.2 离散哈达玛变换	49	5.5.1 有约束滤波	105
3.6.3 快速哈达玛变换算法	50	5.5.2 维纳滤波复原	106
3.7 霍特林变换	53	5.5.3 维纳滤波的 Matlab 实现	107
3.8 拉东变换	55	5.6 约束最小二乘方滤波	109
3.8.1 拉东变换概述	55	5.6.1 滤波模型	109
3.8.2 拉东变换的 Matlab 实现	56	5.6.2 约束最小二乘方滤波的 Matlab 实现	111
小结	58	5.7 从噪声中复原	112
习题	58	5.7.1 噪声模型	112
第4章 图像增强	59	5.7.2 空域滤波复原	114
4.1 概述	59	5.7.3 频域滤波复原	118
4.2 空域点处理增强	59	5.8 几何失真校正	119
4.2.1 直接灰度变换	60	5.8.1 空间变换	119
4.2.2 直方图修正	66	5.8.2 灰度插值	120
4.2.3 图像间的运算	73	5.8.3 几何失真图像配准复原	121
4.3 空域滤波增强	76	小结	123
4.3.1 平滑滤波器	77	习题	123
4.3.2 锐化滤波器	80	第6章 彩色图像处理	125
4.4 频域滤波增强	83	6.1 概述	125
4.4.1 低通滤波器	83	6.2 彩色基础	125
4.4.2 高通滤波器	87	6.2.1 人眼的构造	125
4.4.3 同态滤波器	90	6.2.2 三色成像	126
小结	92	6.3 颜色模型	127
习题	92	6.3.1 RGB 模型	127
第5章 图像复原	94	6.3.2 CMY 模型和 CMYK 模型	128
5.1 概述	94	6.3.3 HSI 模型	130
5.2 图像退化模型	94	6.4 全彩色图像处理	132
5.2.1 退化模型	94	6.4.1 彩色图像增强	132
5.2.2 连续函数退化模型	95	6.4.2 彩色图像复原	135
5.2.3 离散退化模型	96	6.4.3 彩色图像分析	136
5.2.4 循环矩阵对角化	98	6.5 伪彩色处理	139
5.3 退化函数估计	99	6.5.1 密度分层法	139
5.3.1 图像观察估计法	100	6.5.2 灰度级-彩色变换法	140
5.3.2 试验估计法	100	6.5.3 频域滤波法	142
5.3.3 模型估计法	100	小结	143
5.4 逆滤波	102	习题	143
5.4.1 无约束复原	102		

第7章 图像编码	144	8.4 阈值分割	214
7.1 概述	144	8.4.1 人工选择法	215
7.1.1 图像数据的冗余	144	8.4.2 自动阈值法	215
7.1.2 图像的编码质量评价	145	8.4.3 分水岭算法	218
7.2 信息论基础与熵编码	147	8.5 区域分割	221
7.2.1 离散信源的熵表示	148	8.5.1 区域生长法	221
7.2.2 离散信源编码定理	150	8.5.2 区域分裂法	222
7.2.3 赫夫曼编码	151	8.5.3 区域合并法	223
7.2.4 香农-费诺编码	152	8.5.4 区域分裂合并法	224
7.2.5 算术编码	154	8.6 形变模型	226
7.2.6 行程编码	156	8.6.1 参数活动轮廓模型	226
7.3 LZW 算法	158	8.6.2 几何活动轮廓模型	232
7.4 预测编码	160	8.6.3 形变模型的扩展形式	234
7.4.1 无损预测编码	160	8.7 运动分割	236
7.4.2 有损预测编码	162	8.7.1 背景差值法	236
7.5 变换编码	169	8.7.2 图像差分法	238
7.5.1 变换选择	170	8.7.3 基于光流的分割方法	238
7.5.2 子图像尺寸选择	174	8.7.4 基于块的运动分割方法	240
7.5.3 位分配	175	小结	241
7.5.4 一个 DCT 编码实例	177	习题	241
7.6 基于矢量量化技术的图像编码	179	第9章 图像表示与描述	243
7.6.1 矢量量化原理	180	9.1 概述	243
7.6.2 矢量量化过程	180	9.2 图像表示	243
7.7 小波图像编码	185	9.2.1 链码	243
7.7.1 数字图像的小波分解	185	9.2.2 边界分段	247
7.7.2 小波基的选择	188	9.2.3 多边形近似	249
7.7.3 小波变换域小波系数分析	189	9.2.4 标记图	250
7.7.4 小波编码方法	191	9.2.5 骨架	251
小结	199	9.3 边界描述	252
习题	199	9.3.1 一些简单的描述子	252
第8章 图像检测与分割	201	9.3.2 形状数	252
8.1 概述	201	9.3.3 傅里叶描述子	254
8.2 边缘检测	202	9.3.4 统计矩	256
8.2.1 梯度算子	202	9.4 区域描述	256
8.2.2 高斯-拉普拉斯算子	204	9.4.1 一些简单的描述子	256
8.2.3 坎尼边缘检测算子	205	9.4.2 纹理	257
8.3 边界跟踪	206	9.4.3 不变矩	261
8.3.1 空域边界跟踪	206	9.5 数学形态学描述	263
8.3.2 霍夫变换	210	9.5.1 膨胀和腐蚀	263

9.5.2 开启和闭合	265	11.4 模糊图像识别	319
9.5.3 数学形态学对图像的操作	266	11.4.1 模糊集合及其运算	319
小结	270	11.4.2 隶属函数确定方法	321
习题	270	11.4.3 模糊识别原则	326
第10章 图像特征优化	272	11.4.4 模糊句法识别	329
10.1 概述	272	11.5 Web 图像过滤系统	333
10.2 基于选择的特征优化	273	11.5.1 皮肤检测	333
10.2.1 可分离性判据	273	11.5.2 基于人脸肤色的自动 白平衡校正	335
10.2.2 搜索选择策略	274	11.5.3 特征提取	338
10.2.3 基于遗传算法的特征 选择	275	11.5.4 Web 图像分类	338
10.3 基于统计分析的特征优化	276	小结	342
10.3.1 主成分分析	277	习题	342
10.3.2 独立分量分析	278	第12章 图像语义分析	344
10.3.3 线性判别分析	279	12.1 概述	344
10.3.4 多维尺度分析	279	12.2 图像表示模型	344
10.4 基于流形学习的特征优化	281	12.3 图像语义分割	345
10.4.1 流形学习的基本原理	281	12.3.1 基于模糊 C 均值聚类的 图像分割	345
10.4.2 核主成分分析	282	12.3.2 基于空间上下文关系的 图像分割	347
10.4.3 局部线性嵌入	282	12.4 图像区域语义标注	353
10.4.4 拉普拉斯特征映射	284	12.4.1 基于条件随机场的上下文 模型	353
10.4.5 等距映射	285	12.4.2 基于能量模型的区域标注 方法	354
小结	288	12.5 图像语义分类	357
习题	289	12.5.1 基于属性关系图的图像 语义描述	357
第11章 图像识别	290	12.5.2 利用贝叶斯网络的图像 分类	360
11.1 概述	290	小结	364
11.2 统计图像识别	291	习题	364
11.2.1 统计模式识别方法	291	第13章 图像检索	365
11.2.2 线性分类器	292	13.1 概述	365
11.2.3 贝叶斯分类器	295	13.2 基于内容的图像检索	365
11.2.4 人工神经网络分类器	297	13.2.1 CBIR 系统框架	365
11.3 句法图像识别	302	13.2.2 基于颜色特征的检索	367
11.3.1 句法模式识别方法	302	13.2.3 基于纹理特征的检索	368
11.3.2 形式语言简介	303		
11.3.3 模式文法	305		
11.3.4 句法分析	309		
11.3.5 句法结构的自动机识别	311		
11.3.6 有噪声、畸变模式的句法 识别	314		

13.2.4 基于形状特征的检索	368	13.4.2 分层语义模型	373
13.2.5 检索效果评价方法	369	13.4.3 基于粗糙集的图像包 生成	375
13.3 基于语义的图像检索	369	13.4.4 图像语义提取	375
13.3.1 图像语义描述方法	369	13.4.5 语义图像检索	377
13.3.2 图像语义提取方法	371	13.4.6 检索效果	378
13.3.3 语义相似性测度	371	小结	379
13.3.4 语义检索系统设计	371	习题	379
13.4 基于多示例学习的语义图像 检索	372	参考文献	380
13.4.1 多示例学习简介	372		

绪 论

1.1 图像及其分类

视觉是人类最重要的感知手段之一。视觉信息是人们从自然界获得的主要信息,约占人们由外界获得的信息总量的 80%。“眼见为实”,视觉信息所提供的直观作用是文字和声音无法比拟的。

图像是人类视觉的基础。图像是自然景物的客观反映,是人类认识世界和人类本身的重要源泉。“图”是物体反射或透射光的分布,“像”是人的视觉系统所接收的图在人脑中所形成的印象或认识。照片、绘画、剪贴画、地图、书法作品、手写汉字、传真、卫星云图、影视画面、X 光片、脑电图、心电图等都是图像。图 1.1 给出两幅基本图像的实例。



a) 风景图片



b) 卫星云图

图 1.1 图像实例

1.1.1 图像的特点

图像在人类接收和互通信息中扮演着重要角色。人们在日常生活与生产实践中依赖图像信息的状况比比皆是。图像信息具有如下特点:

(1) 直观形象

图像可以将客观事物的原形真实地展现在眼前,供不同目的、不同能力和不同水平的人去观察、理解。如图 1.1a 是一幅莫干山夏景照片。从图上可以清晰地观察到叠翠的山峦、郁郁葱葱的树木,而声音和文字信息则只能通过描述来表达事物。既然是描述,就会受到描述者诸如主观、专业、情绪、心情等因素的限制,甚至使描述偏离客观事物。

(2) 易懂

人的视觉系统有着瞬间获取图像、分析图像、识别图像与理解图像的能力。只要将一幅图像呈现在人的眼前,其视觉系统就会立即得到关于这幅图像所描述的内容,从而具有一目了然的效果。

(3)信息量大

图像信息量大有两层含义：其一是“一幅图胜似千言万语”，图像本身所携带的信息远比文字、声音信息丰富；其二是图像的数据量大，需要占据较大的存储空间与传输时间。

1.1.2 图像的分类

图像有很多种分类方法。

(1)按灰度分类

按灰度分类有二值图像和多灰度图像。前者是只有黑色与白色两种像素组成的图像，如图文传真、文字、图表、工程图纸等。后者含有从白逐步过渡到黑的一系列中间灰度级。按应用的不同，多灰度图像可以有各种不同的灰度层次。如打印机输出的图片一般为 16 个灰度级，广播电视图像一般为 256 个灰度级，医学图像一般为 1024 个灰度级。

(2)按色彩分类

按色彩分类有单色图像和彩色图像。单色图像指只有某一谱段的图像，一般为黑白灰度图。彩色图像包括真彩色图像、合成彩色图像、伪彩色图像、假彩色图像等。

(3)按运动分类

按运动分类有静态图像和动态图像。静态图像包括静止图像(如照片、X 光片、遥感图片、剪贴画等)和凝固图像。凝固图像是动态图像中的一帧，每帧图像本身就是一幅静止的图像。动态图像又称运动图像或活动图像。视频(如电影、电视等)和动画都是动态图像。动态图像实际上是由一组静态图像按时间有序排列所组成的。动态图像的快慢按帧率量度，帧率反映了画面运动的连续性。例如电影是每秒 24 帧，我国的电视(PAL 制式)是每秒 25 帧。动画与视频的区别就在于视频的采集来源于自然的真实图像，而动画则是利用计算机产生出来的图像或图形，是合成动态图像。动画包括二维动画、三维动画、真实感三维动画等多种形式。必须指出，为了达到某种特殊效果，视频往往也需要一定的合成手法来实现。

(4)按时空分布分类

按时空分布分类有二维图像和三维图像。二维图像是平面图像，可以用平面直角坐标系中二元函数 $f(x,y)$ 来表示。三维图像是立体图像，可以用立体空间中三元函数 $f(x,y,z)$ 来表示。

1.2 数字图像处理技术与应用

数字图像处理(Digital Image Processing)亦称计算机图像处理，指将图像信号转换成数字格式并利用计算机进行处理的过程。这项技术最早出现于 20 世纪 50 年代，当时的数字计算机已经发展到一定的水平，人们开始利用计算机来处理图像信息。而数字图像处理作为一门科学则可追溯到 20 世纪 60 年代初期。1964 年，美国喷气推进实验室(Jet Propulsion Laboratory)利用计算机对太空船发回的月球图像信息进行处理，收到明显的效果。不久，一门称为“数字图像处理”的新学科便从信息处理、自动控制、计算机科学、数据通信、电视技术等学科中脱颖而出，成为专门研究图像信息的崭新学科。

1.2.1 数字图像处理的主要内容

数字图像处理技术涉及数学、计算机科学、模式识别、人工智能、信息论、生物医学等学科，是一门多学科交叉应用技术。图像技术内容十分丰富，如图像获取、图像编码压

缩、图像存储与传输、图像变换、图像合成、图像增强、图像复原与重建、图像分割、目标检测、图像表示与描述、图像配准、图像分类与识别、图像理解、场景分析与理解、图像数据库的建立、索引与检索以及综合利用等。

1. 图像获取

就数字图像处理而言,图像获取就是把一幅模拟图像(如照片、画片等)转换成适合计算机或数字设备处理的数字信号。这一过程主要包括摄取图像、光电转换、数字化等步骤。

2. 图像变换

图像变换就是对原始图像执行某种正交变换,如离散傅里叶变换、离散余弦变换、沃尔什变换、哈达玛变换、霍特林变换等,将图像的特征在变换域中表现出来,以便在变换域中对图像进行各种相关处理,特别是那些用空间法无法完成的特殊处理。

3. 图像增强

图像增强主要是突出图像中感兴趣的信息,衰减或去除不需要的信息,从而使有用的信息得到增强,便于目标区分或对象解释。图像增强的主要方法有直方图增强、空域增强、频域增强、伪彩色增强等技术。

4. 图像复原

图像复原的主要目的是去除噪声干扰和消除模糊,恢复图像的本来面目。图像噪声包括随机噪声和相干噪声。随机噪声干扰表现为麻点干扰,相干噪声干扰表现为网纹干扰。模糊来自透镜散焦、相对运动、大气湍流以及云层遮挡等。这些干扰可以用逆滤波、维纳滤波、约束最小二乘方滤波、同态滤波等方法加以去除。

5. 图像编码

图像编码研究属于信息论中的信源编码范畴,其主要宗旨是利用图像信号的统计特性以及人类视觉的生理学及心理学特性对图像信号进行高效压缩,从而减少数据存储量,降低数据率以减小传输带宽,压缩信息量以便于图像分析与识别。图像编码的主要方法有去冗余编码、变换编码、小波变换编码、神经网络编码、模型基编码等。

6. 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,以获得所需的客观信息。图像分析通过边缘检测、区域分割、特征抽取等手段将原来以像素描述的图像变成比较简洁的对目标的描述。

7. 图像识别

图像识别是数字图像处理的重要研究领域。图像识别方法大致可分为统计识别法、句法(结构)识别法和模糊识别法。统计识别法侧重于图像的特征,可以用贝叶斯分类器、人工神经网络、支持向量机来实现;句法识别法侧重于图像模式的结构,可以通过句法分析或对应的自动机来实现;而模糊识别法则主要是将模糊数学方法引入图像识别,从而简化识别系统的结构,提高系统的实用性和可靠性,可更广泛、更深入地模拟人脑认识事物的模糊性。

8. 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及其相互之间

的联系,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,从而指导和规划行为。图像理解属于高层操作,操作对象是从描述中抽象出来的符号,其处理过程和方法与人类的思维推理有许多相似之处。

1.2.2 数字图像处理方法

数字图像处理方法大致可以分为两大类,即空域法和变换域法(或称频域法)。

1. 空域法

空域法把图像看作平面中各个像素组成的集合,然后直接对其进行相应的处理。空域法主要有。

1)邻域处理法:如梯度运算、拉普拉斯算子运算、平滑算子运算和卷积运算。

2)点处理法:如灰度处理、面积、周长、体积、重心运算等。

2. 变换域法

变换域法则首先要对图像进行正交变换,得到变换系数阵列,然后再进行各种处理,处理后再逆变换到空间域,得到处理结果。

这类处理主要包括滤波、数据压缩、特征提取等。

1.2.3 数字图像处理技术的应用

近几年来,随着多媒体技术和因特网的迅速发展与普及,数字图像处理技术受到了前所未有的广泛重视,出现了许多新的应用领域。最为显著的是数字图像技术已经从工业领域、实验室走入了商业领域及办公室,甚至走进了人们的日常生活。目前,数字图像处理技术已广泛用于办公自动化、工业机器人、地理数据处理、地球资源监测、遥感、交互式计算机辅助设计等领域。

1. 计算机图像生成

以计算机图形学和“视觉”为基础的计算机图像生成技术在航海航空仿真训练系统、大型模拟军事演习系统中的应用已经卓有成效,在广告制作、动画制作、网络游戏中已有令人叹为观止的杰作,在服装设计、发型设计、歌舞动作设计、外科整容、追忆罪犯造型等诸多方面都有广泛应用。

2. 图像传输与图像通信

以全数字方式进行图像传输的实时编码-压缩-解码等图像传输技术已经取得重大进展。远程多媒体教学已经普及使用;网络视频聊天已经风靡一时;图文声像并茂的网络媒体已经融入百姓日常生活;高清晰度的数字电视开始走进千家万户;可视电话与可视图书资料即将成为普通家庭的必备品。

3. 机器人视觉及图像测量

随着生活水平的日益提高,危、重、繁、杂的体力劳动正在逐渐被智能机器人及机器人生产线所取代。以“三维机器视觉”分析成果为中心,配有环境理解的机器视觉在工业装配、自动化生产线控制、救火、排障、引爆等应用,乃至家庭的辅助劳动、烹饪、清洁、老年人及残障病人的监护方面发挥着巨大的作用。与机器视觉相并行,以三维分析为基础的图像测量传感正得到长足的进展。

4. 办公自动化

以图像识别技术和图像数据库技术为基础的办公自动化开始付诸实用。印刷体汉字识

别和手写汉字识别技术已经进入实用化阶段。汉字识别输入将逐步取代打字输入。同时,配以语音识别输入,办公自动化程度正在不断提高。

5. 图像跟踪及光学制导

20 世纪 70 年代以来,图像制导技术在战略战术武器制导中发挥了极大作用,其特点是高精度与智能化。以图像匹配(特别是具有“旋转、放大、平移”不变特征的智能化图像匹配)与定位技术为基础的光学制导正在得到进一步的发展。在测控技术中,光学跟踪测控也是最精密的测控技术之一。

6. 医学图像处理与材料分析中的图像处理技术

以图像重叠技术为中心的医学图像处理技术正在逐步完善。以医用超声成像、X 光造影成像、X 光断影成像、核磁共振断层成像技术为基础的医学图像处理技术已经在疾病诊断中发挥重要作用。以医学图像技术为基础的医疗“微观手术”使用微型外科手术器械进行血管内、脏器内的微观手术。其中特制的图像内窥镜、体外 X 光监视和测量保证了手术的安全和准确。此外,术前图像分析和术后图像监测都是手术成功的保障。

以图像重叠技术进行无损探伤也应用在工业无损探伤和检验中。智能化的材料图像分析系统有助于人类深入了解材料的微观性质,促进新型功能材料的诞生。

7. 遥感图像处理和空间探测

以多光谱图像综合处理和像素区模式分类为基础的遥感图像处理是对地球的整体环境进行监测的强有力手段。其同时可为国家计划部门提供精确、客观的各种农作物的生产情况、收获估计,以及林业资源、矿产资源、地质、水文、海洋等各种宏观调查、监测资料。空间探测和卫星图像侦察技术已经成为搜集情报的常规技术。

8. 图像变形技术

数字图像变形技术是近年来图像处理领域中形成的一个新的分支,它主要研究数字图像的几何变换。该项技术已经引入医学成像及计算机视觉领域。利用数字图像变形技术产生的特技效果在电影、电视、动画和媒体广告中有很多非常成功的应用。

1.3 数字图像处理系统

数字图像处理系统主要由图像采集系统、计算机和图像输出设备组成,如图 1.2 所示。

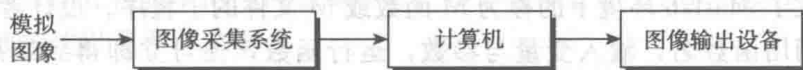


图 1.2 数字图像处理系统

1. 图像采集系统

图像采集系统的功能是将模拟图像转换成适合数字计算机处理的数字图像。因此,图像采集系统又称为图像数字化器。常用的图像数字化器一般有三种。一是数码摄像机,它通过接口电路与计算机连接,在有关软件的控制下将图像数据输入计算机;二是数码照相机,它同数码摄像机的区别就是没有连续获取图像的能力;三是扫描仪,它可以将胶片上的摄影图像或纸质载体上的文字、图形、表格扫描成数字信息直接输入计算机。

2. 计算机

执行数字图像处理的计算机上安装有各种图像处理软件,如 Adobe 公司的 Photoshop、MathWorks 公司的 Matlab 中的图像处理工具箱。图像处理软件接收来自图像采集系统的数字图像,并执行所需的操作,如图像增强、图像复原、图像压缩编码、图像分析、图像识别、图像理解等任务,最后输出处理结果。本书的主要内容就是围绕数字图像软件系统开发所需的理论和技术展开的。

3. 图像输出设备

图像输出设备主要指喷墨打印机、激光打印机、图像监视器、视频拷贝仪等。它们的发展趋势是高速、真彩色。

必须指出,图 1.2 所示的系统可以根据实际应用的不同而有所变化,特别是随着多媒体技术的发展,可以将图 1.2 所示的部件集成在一台计算机上——多媒体计算机已经遍地开花。

1.4 Matlab 简介

Matlab 是 Matrix Laboratory 的缩写。Matlab 开发的最初目的是为软件中的矩阵运算提供方便。Matlab 是一种基于向量的高级程序语言。它将计算、可视化与程序设计集成在一个易用的环境中。换言之,Matlab 采用技术计算语言,几乎与专业领域中所使用的数学表达式相同。Matlab 的典型应用包括:

- 1) 数学与计算;
- 2) 算法开发;
- 3) 数据获取;
- 4) 建模、仿真和原型化;
- 5) 数据分析、数据挖掘和可视化;
- 6) 科学与工程图学;
- 7) 应用开发,包括图形用户接口构造。

Matlab 中的基本数据元素是矩阵,它提供了各种矩阵运算和操作,并有较强的绘图能力。同时,Matlab 的强大功能就在于提供了还在不断扩大的工具箱。Matlab 中的每一个工具箱都以一门专门理论作为背景,并为之服务。它将理论中所涉及的公式运算、方程求解全部编写成了 Matlab 环境下的称为 M 函数或 M 文件的子程序。设计者只需根据自己的需要,直接调用函数名,输入变量与参数,运行函数,便可立即得到结果。Matlab 是广为流传、备受人们喜爱的一种软件环境。目前,Matlab 已经在控制工程、生物医学工程、信号分析、语言处理、图像处理、统计分析、雷达工程、计算机技术和数学等各领域中都有极其广泛的应用。

图像处理工具箱(Image Processing Toolbox, IPT)正是 Matlab 环境下开发出来的许多工具箱之一。它以数字图像处理理论为基础,用 Matlab 语言构造出一系列用于图像数

- 据显示与处理的 M 函数。这些函数包括:
- 1) 几何运算,包括缩放、旋转和裁剪;
 - 2) 分析操作,包括边缘检测、四叉树分解;
 - 3) 增强操作,包括亮度调整、直方图均衡化、去噪声;
 - 4) 2D FIR 滤波器设计;