

MATLAB7.x 应用系列丛书

MATLAB7.x

图像处理

贺兴华 周媛媛 王继阳 周 晖 等 编著



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

MATLAB7.x 应用系列丛书

MATLAB7.x 图像处理

贺兴华 周媛媛 王继阳 周 晖 等编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 7.x 图像处理 / 贺兴华等编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006.11
(MATLAB 7.x 应用系列丛书)

ISBN 7-115-15224-1

I. M... II. 贺... III. 计算机辅助计算—软件包, MATLAB 7.x IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 103007 号

内 容 提 要

本书是基于 MATLAB7.0 的图像处理工具箱 (Image Processing Toolbox) 编写的, 较全面系统地介绍了图像处理的基本操作 (文件 I/O 操作与几何变换操作)、图像变换、图像增强、图像编码、图像分割、图像复原、数学形态学图像处理及图像滤波等的 MATLAB 实现函数和调用格式。全书侧重于 MATLAB 图像处理工具箱函数的实现原理和使用方法, 并示以大量的简单图像处理代码和图像处理结果。通过本书的学习, 读者将会对工具箱函数的使用方法和图像处理的 MATLAB 实现有一个比较全面的了解, 为基于 MATLAB 的高级图像处理打下坚实的基础。

本书内容全面、新颖, 针对性强, 理论与实际紧密结合, 可供从事图像处理相关工作的教师、高年级本科生、研究生和广大科研人员阅读。

MATLAB7.x 应用系列丛书

MATLAB7.x 图像处理

◆ 编 著 贺兴华 周媛媛 王继阳 周 晖 等
责任编辑 陈万寿

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京通州大中印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15.25
字数: 378 千字
印数: 1—4 500 册

2006 年 11 月第 1 版
2006 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-15224-1/TN · 2845

定价: 30.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010) 67129258 印装质量热线: (010) 67129223

丛书前言

MATLAB 是当今最优秀的科技应用软件之一, 它简单易用, 具有强大的科学计算能力、可视化功能、开放式可扩展环境, 所附带的工具箱支持 30 多个领域, 因此, 在许多科学领域中 MATLAB 成为计算机辅助设计和分析、算法研究和应用开发的基本工具和首选平台。同时 MATLAB 具有其他高级语言难以比拟的一些优点: 编写简单, 效率高, 易懂易学, 因此, MATLAB 语言也被通俗地称为演算纸式的科学算法语言。MATLAB 在信号处理、通信、自动控制及科学计算等领域中被广泛应用, 被认为是最能够提高工作效率, 改善设计手段的工具软件, 掌握了 MATLAB, 就掌握了一把开启科学研究专业领域大门的钥匙。

然而, 目前市场上的 MATLAB 技术相关书籍, 由于受到各种因素的制约, 普遍存在着内容不够全面、没有和相关技术发展结合的问题, 不能够满足新技术发展的需要。绝大部分现有 MATLAB 图书要么侧重对软件本身使用的介绍, 要么侧重相应专业知识的介绍, 没有使二者紧密结合。同时, 对于实际应用的例子缺乏介绍, 参考价值大打折扣。

本系列丛书旨在用 MATLAB 的最新版本软件工具实现数字信号处理、图像处理、小波分析和系统仿真等相关应用领域的新技术、新算法, 使读者可以通过解读书中所举的应用实例快速掌握 MATLAB 的新功能、新特性, 同时能够快速解决读者感兴趣领域的新问题。本系列首批推出 3 种图书, 涉及 MATLAB 应用的 3 个主要方面, 简介如下。

《MATLAB7.x 数字信号处理》系统介绍数字信号处理的基本理论, IIR 和 FIR 滤波器的设计, 随机信号处理, 参数建模数字系统分析, 信号变换, 以及平稳信号、非平稳信号的分析, 同时就相关理论配以 MATLAB 实例, 最后给出几个综合的应用实例。

《MATLAB7.x 系统建模与仿真》以最基本的 MATLAB 仿真技术基础为起点, 详细介绍系统仿真所必需的仿真输入、输出分析, 并以 Simulink 为主要工具介绍动态仿真的基本理论和方法, 接着介绍 MATLAB 在通信、电子等专业领域的系统仿真以及实例应用, 在各个章节的内容安排上遵循由浅入深、相对独立、示例引导的原则, 以方便读者自学或选学。本书各章节还注重介绍高级实用的仿真技术, 如优化技术、通信同步技术、自适应滤波器设计、小波分析等, 以方便高级用户学习。

《MATLAB7.x 图像处理》系统讲述图像处理的主要内容, 包括亮度变换、线性和非线性空间滤波、频率域滤波、图像复原与配准、彩色图像处理、小波、图像数据压缩、形态学图像处理、图像分割、区域和边界表示与描述以及对象识别等, 本书侧重于结合工程实践给出大量的应用实例, 使读者能够对 MATLAB 强大的图像处理功能有深刻的了解, 同时也能学会正确应用它快速解决实际问题的能力。

本系列丛书重点介绍了 MATLAB 工具箱的最新内容和相关专业的新理论, 能够紧跟技术发展。另外, 本丛书注重理论与实际的结合, 对所有基础理论和重要算法的讨论都通过 MATLAB 工具箱中相关函数进行了实现, 具有较高的工程应用价值。

前 言

图像处理是一门实用的学科，需要较高的理论基础。本书涉及了现代图像处理技术的多个方向和领域，内容涵盖了图像的增强、变换、压缩以及图像分割等现代图像处理技术。MATLAB 是美国 Math Works 公司推出的一种可视化科学计算软件，集公式演算推导与数值计算于一体。MATLAB 工具箱对相关学科和各种基本技术都采用了当今最先进的算法，有极强的图形和图像处理功能，其语法结构简单易学。而且，随着其 MATLAB7.x 的推出，工具箱更加丰富，处理效率也有一定程度的提高。

本书包含图像处理的基本知识，更注重讲解其 MATLAB 实现方法。在详细介绍图像处理工具箱的基础上，将给出丰富的实例，方便读者对本书内容的领会。

近年来出版的几本 MATLAB 应用于图像处理的书籍大致呈现以下几个特点：第一，能够比较全面地介绍 MATLAB 应用基础知识、图像处理理论及其实现；第二，注重介绍 MATLAB 工具箱实现基本的图像处理，对于实际应用介绍的篇幅较少；第三，未能结合图像处理技术的最新发展，介绍内容仍停留在经典图像处理方法上，缺乏新意；第四，大多是面向 MATLAB6.x 或更早期版本，无法体现 MATLAB7.x 的新特点。

本书有以下几个主要特点：第一，力求体现图像处理技术的最新成果和最新思想；第二，给出大量的应用实例，使读者能够尽快动手编写自己的应用程序；第三，基于 MATLAB7.x 版本，介绍新特点；第四，注意内容的基础性和延展性，具有较广泛的读者群体。

本书适合图像处理、医学电子、生物、航天应用、资源探测、环境监控、大地测绘等各种专业的本科生、研究生、教师和科技工作者学习或参考之用。随着图像处理技术研究的深入和领域拓展，越来越多的学校和相应培训机构将图像处理应用列为重要科目之一。MATLAB 具有强大的科学计算功能，并包含丰富的图像处理工具箱，使得应用 MATLAB 进行图像处理变得简单、高效。本书的出版将很好地满足广大读者的需要。

本书对于初学 MATLAB、初学图像处理以及想要深化图像处理学习的各类读者皆有较大阅读价值，既适合自学，也可作为大中专院校和相关培训机构的教材，具有广泛的适用性。为了更好地利用本书，读者需要具备简单的 MATLAB 语法知识和图像处理的基本理论。

本书由王继阳、王宝顺、周晖、周媛媛等执笔，贺兴华、郭仕剑、王继阳负责统稿。作者将书中所举的例程刻制成了光盘，读者可直接在 MATLAB 7.x 环境下运行这些例程，更好地掌握相关内容。同时，光盘中还包括图像处理常用函数列表，方便读者查阅。

由于作者水平有限，书中错误之处在所难免，敬请各位专家和广大读者批评指正！

作 者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 图像处理简介	1
1.2 图像处理技术	2
1.2.1 图像处理技术的分类	2
1.2.2 数字图像处理的特点	3
1.2.3 数字图像处理的主要内容	4
1.2.4 数字图像处理的应用	6
1.3 MATLAB 简介	8
1.3.1 MATLAB 的发展简史	9
1.3.2 MATLAB 的特点	9
1.3.3 MATLAB7.0 的新增功能	11
1.4 MATLAB 用于图像处理	13
1.4.1 MATLAB7.0 图像处理工具箱	13
1.4.2 MATLAB7.0 支持的图像文件格式	13
1.4.3 MATLAB 中图像的数据存储类型及其转换	14
1.4.4 MATLAB7.0 支持的图像类型及其转换	16
1.4.5 颜色空间	19
1.4.6 图像对象属性详解	20
1.4.7 MATLAB7.0 程序与 VC 程序的对比	22
1.5 本章小结	26
第 2 章 MATLAB7.0 的图像文件操作	27
2.1 图像文件的读写	27
2.1.1 图像文件的读取	27
2.1.2 图像文件的写入	28
2.1.3 图像文件信息的查询	29
2.2 图像文件的显示	31
2.2.1 使用图像浏览器显示图像	31
2.2.2 使用 imshow 函数显示图像	34
2.3 特殊的图像显示技术	36
2.3.1 添加颜色条	36
2.3.2 显示多帧图像阵列	37
2.3.3 纹理映射	38
2.3.4 在一个图形窗口中显示多幅图像	39

第 3 章 MATLAB7.0 的图像处理基本操作	41
3.1 图像代数操作	41
3.1.1 图像代数的异常处理	41
3.1.2 相加运算	42
3.1.3 减法运算	43
3.1.4 乘法运算	44
3.1.5 除法运算	45
3.2 图像的空间域变换操作	45
3.2.1 图像插值	46
3.2.2 图像缩放	48
3.2.3 图像旋转	49
3.2.4 图像剪切	49
3.2.5 高级空间域变换	50
3.3 图像的邻域和块操作	55
3.3.1 非重叠图像块操作	56
3.3.2 滑动邻域操作	58
3.3.3 图像块处理的快速算法	59
3.4 特定区域处理	62
3.4.1 指定感兴趣区域	62
3.4.2 特定区域滤波	64
3.4.3 特定区域填充	64
第 4 章 图像变换	66
4.1 傅立叶变换	66
4.1.1 傅立叶变换的基本概念	66
4.1.2 离散傅立叶变换	68
4.1.3 傅立叶变换函数的应用	71
4.2 离散余弦变换	73
4.2.1 离散余弦变换的基本概念	73
4.2.2 离散余弦变换函数的应用	75
4.3 Radon 变换	76
4.3.1 Radon 变换及其应用	76
4.3.2 逆 Radon 变换及其应用	79
4.4 扇形光束投影	82
4.4.1 投影变换的基本概念	82
4.4.2 投影变换函数的应用	83
第 5 章 图像增强	86
5.1 点处理	86

5.1.1 灰度变换	86
5.1.2 直方图调整	91
5.2 空间域滤波	95
5.2.1 基本原理	95
5.2.2 平滑滤波	96
5.2.3 锐化滤波	101
5.3 频域滤波	104
5.3.1 低通滤波	104
5.3.2 高通滤波	107
5.3.3 带通滤波器	109
5.3.4 同态滤波增强	110
5.4 彩色增强	111
5.4.1 真彩色增强技术	111
5.4.2 伪彩色增强技术	111
5.4.3 假彩色增强技术	114
5.4.4 HSI 变换	115
5.5 图像的代数运算	116
5.5.1 加运算	116
5.5.2 减运算	116
5.5.3 乘运算	116
5.5.4 商运算	116
第 6 章 图像编码	119
6.1 图像的信息量度量和信息冗余	119
6.1.1 图像的信息量度量	119
6.1.2 数字图像的信息冗余	120
6.1.3 图像的有损编码和无损编码	121
6.1.4 哈夫曼编码技术	122
6.1.5 行程编码技术	127
6.2 典型的图像限失真压缩编码方法	128
6.2.1 图像预测编码技术	128
6.2.2 图像变换编码技术	130
6.3 数据压缩国际标准	132
第 7 章 图像分割	134
7.1 阈值化技术	135
7.1.1 灰度门限法	135
7.1.2 灰度门限的确定	136
7.2 基于边缘的分割	139
7.2.1 边缘检测的基本原理及常用边缘检测算子	139

7.2.2 各种边缘检测算子的 MATLAB 实现及效果比较	143
7.2.3 直线提取	144
7.3 基于区域的分割	151
7.3.1 区域生长的基本概念	151
7.3.2 用平均灰度分割	153
7.3.3 基于相似统计特性的分割	154
7.4 彩色图像分割	155
7.4.1 色彩空间	155
7.4.2 彩色分割方法	156
第 8 章 图像复原	159
8.1 图像退化模型	159
8.1.1 线性、位置不变的退化	160
8.1.2 图像几何畸变的退化	160
8.2 图像复原的方法	161
8.2.1 估计退化函数	161
8.2.2 逆滤波	163
8.2.3 最小均方误差滤波(维纳滤波)	163
8.2.4 约束最小二乘滤波器	164
8.2.5 Lucy-Richardson 滤波复原	164
8.3 用于图像复原的 MATLAB 工具箱函数	165
8.3.1 图像复原函数	165
8.3.2 图像模糊函数	167
8.4 图像复原应用	168
8.4.1 生成模糊化实验图像	168
8.4.2 维纳滤波复原	169
8.4.3 约束最小二乘滤波复原	173
8.4.4 Lucy-Richardson 滤波器	176
8.4.5 盲卷积滤波复原	177
第 9 章 数学形态学图像处理	180
9.1 数学形态学图像处理基础	180
9.1.1 数学形态学简介	180
9.1.2 数学形态学的基本运算	182
9.2 图像膨胀与腐蚀的 MATLAB 实现	186
9.2.1 结构元素的创建	186
9.2.2 图像膨胀函数	189
9.2.3 图像腐蚀函数	189
9.2.4 基于膨胀与腐蚀的形态学操作函数	190
9.3 形态学重建	195

9.3.1 标记图像和掩模图像·····	195
9.3.2 像素的连通性·····	197
9.3.3 区域填充操作·····	198
9.3.4 寻找灰度图像的灰度极值点·····	199
9.4 距离变换·····	203
9.5 区域、对象及特性度量·····	205
9.5.1 连通区域标记·····	205
9.5.2 选择对象·····	206
9.5.3 计算图像面积·····	207
9.5.4 欧拉数·····	208
9.6 查表操作·····	208
第 10 章 图像滤波和滤波器设计·····	210
10.1 图像滤波操作·····	210
10.1.1 卷积·····	210
10.1.2 相关·····	212
10.1.3 MATLAB 滤波函数·····	213
10.1.4 使用预定义的滤波器·····	214
10.2 滤波器设计方法·····	216
10.2.1 FIR 滤波器法·····	216
10.2.2 频率变换法·····	216
10.2.3 频率采样法·····	218
10.2.4 窗口法·····	219
10.2.5 创建满足频率响应要求的矩阵·····	221
附录 MATLAB 图像处理工具箱函数·····	223
参考文献·····	234

第1章 概述

1.1 图像处理简介

人类传递信息的主要媒介是语音和图像。据统计,在人类接收的信息中,听觉信息占20%,视觉信息占60%,其他如味觉、触觉、嗅觉总的加起来不过占20%。因此,作为传递信息的重要媒介和手段——图像信息是十分重要的,俗话说“百闻不如一见”、“一目了然”,都反映了图像在传递信息中的独到之处。视觉是人类最高级的感知器官,所以,毫无疑问图像在人类感知中扮演着最重要的角色。然而,人类感知只限于电磁波谱的视觉波段,成像机器则可覆盖几乎全部电磁波谱,从伽马射线到无线电波。它们可以对非人类习惯的那些图像源进行加工,这些图像源包括超声波、电子显微镜及计算机产生的图像。因此,数字图像处理涉及各种各样的应用领域。

图像处理最早的应用之一是在报纸业,当时,图像第一次通过海底电缆从伦敦传往纽约。早在20世纪20年代曾引入Bartlane电缆图片传输系统,把横跨大西洋传送一幅图片所需的时间从一个多星期减少到3h。为了用电缆传输图片,首先进行了压缩编码,然后在接收端用特殊的打印设备重构该图片。

大规模的存储和显示系统以及数据处理技术的发展,为数字图像处理的实现奠定了客观的物理实现基础。第一台可以执行有意义的图像处理任务的大型计算机出现在20世纪60年代早期。数字图像处理技术的诞生可追溯至这一时期这些机器的使用和空间项目的开发,这两大发展把人们的注意力集中到数字图像处理的潜能上。利用计算机技术改善空间探测器发回的图像的工作,始于1964年美国加利福尼亚的喷气推进实验室。当时由“旅行者7号”卫星传送的月球图像由一台计算机进行了处理,以校正航天器上电视摄像机中各种类型的图像畸变。图1-1显示了由“旅行者7号”于1964年7月31日上午(美国东部白天时间)9点09分在光线影响月球表面约17min时摄取的第一张月球图像(痕迹,称为网状痕迹,用于几何校正),这也是美国航天器取得的第一幅月球图像。“旅行者7号”传送的图像可作为改善的增强和复原图像(例如来自“探索者”登月飞行、“水手号”系列空间探测器以及阿波罗载人登月飞行的图像)的基础。

其后,数字图像处理技术发展迅速,目前已成为工程学、计算机科学、信息科学、统计学、物理学、化学、生物学、医学甚至社会科学等领域学习和研究的对象。如今图像处理技术已给人

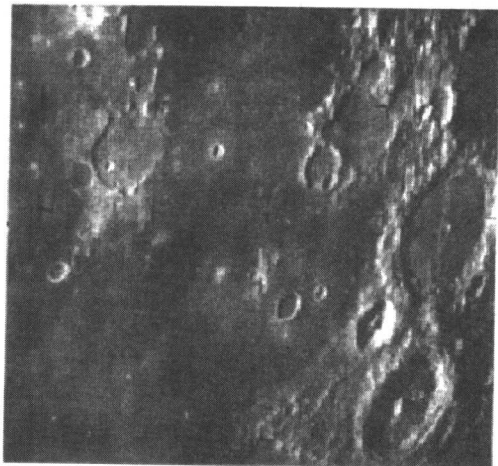


图 1-1 美国航天器传送的第一张月球照片

类带来了巨大的经济效益。不久的将来它不仅在理论上会有更深入的发展，还将成为科学研究、社会生产乃至人类生活中不可缺少的强有力工具。

图像处理科学对人类具有重要意义，它表现在如下3个方面：

(1) 图像是人们从客观世界获取信息的重要来源

人类是通过感觉器官从客观世界获取信息的，即通过耳、目、口、鼻、手，通过听、看、味、嗅和触摸的方式获取信息。在这些信息中，视觉信息占60%。视觉信息的特点是信息量大，传播速度快，作用距离远，有心理和生理作用，加上大脑的思维和联想，具有很强的判断能力。其次是人的视觉十分完善，人眼灵敏度高，鉴别能力强，不仅可以辨别景物，还能辨别人的情绪，由此可见，图像信息对人类来说是十分重要的。

(2) 图像信息处理是人类视觉延续的重要手段

众所周知，人的眼睛只能看到可见光部分，但就目前科技水平看，能够成像的并不仅仅是可见光。一般来说可见光的波长为 $0.38\sim 0.8\mu\text{m}$ ，而迄今为止人类发现可成像的射线已有多种，如（附波长范围）

γ 射线： $0.003\sim 0.03\text{nm}$ ；

X射线： $0.03\sim 3\text{nm}$ ；

紫外线： $3\sim 300\text{nm}$ ；

红外线： $0.8\sim 300\mu\text{m}$ ；

微波： $0.3\sim 100\text{cm}$ 。

这些射线均可以成像。利用图像处理技术把这些不可见射线所成图像加以处理并转换成可见图像，实际上大大延伸了人类视觉器官的功能，提高了人类认识客观世界的能力。

(3) 图像处理技术对国计民生有重要意义

图像处理技术发展到今天，许多技术已日趋成熟。在各个领域的应用取得了巨大的成功和显著的经济效益。如在工程领域、工业生产、军事、医学以及科学研究中的应用已十分普遍。通过分析资源卫星得到的照片可以获得地下矿藏资源的分布及埋藏量；利用红外线、微波遥感技术可侦察到隐蔽的军事设施；X射线CT已广泛应用于临床诊断，由于它可得到人体内部器官的断层图像，因此可准确地确定病灶位置，为诊断和治疗疾病带来了极大的方便。至于在工业生产中的设计自动化及产品质量检验中更是大有可为。在安全保障及监控方面图像处理技术更是不可缺少的基本技术，类似的应用例子随处可见。至于在通信及多媒体技术中图像处理更是重要的关键技术。因此，图像处理技术在国计民生中的重要意义是显而易见的。正因为如此，图像处理理论和技术受到了各界的广泛重视，科学工作者经过不懈的努力，已取得了令人瞩目的成就，并正在向更加深入及更高的层次发展。

1.2 图像处理技术

1.2.1 图像处理技术的分类

一幅图像可定义为一个二维函数 $f(x, y)$ ，这里 x 和 y 是空间坐标，而在任何一对空间坐标 (x, y) 上的幅值 f 称为该点图像的强度或灰度。当 x 、 y 和幅值 f 为有限的、离散的数值时，

称该图像为数字图像。数字图像处理是指借用数字计算机处理数字图像，值得提及的是数字图像是由有限的元素组成的，每一个元素都有一个特定的位置和幅值，这些元素称为图像元素、画面元素或像素。像素是广泛用于表示数字图像元素的词汇。而另一类更早期发展的图像类型为模拟图像。

为此，图像处理技术一般也分为两大类：模拟图像处理和数字图像处理。

- 模拟图像处理

模拟图像处理（Analog Image Processing）包括光学处理（利用透镜）和电子处理，如照相、遥感图像处理、电视信号处理等。模拟图像处理的特点是速度快，一般为实时处理，理论上讲可达到光速，并可同时并行处理。电视图像是模拟信号处理的典型例子，它处理的是 25 帧/秒的活动图像。模拟图像处理的缺点是精度较差，灵活性差，很难有判断能力和非线性处理能力。

- 数字图像处理

数字图像处理（Digital Image Processing）一般都用计算机处理或实时的硬件处理，因此也称之为计算机图像处理（Computer Image Processing）。其优点是处理精度高，处理内容丰富，可进行复杂的非线性处理，有灵活的变通能力，一般来说只要改变软件就可以改变处理内容。其缺点是处理速度还是一个问题，特别是进行复杂的处理更是如此。一般情况下处理静止画面居多，如果实时处理一般精度的数字图像需要具有 100MIPS 的处理能力；其次是分辨率及精度尚有一定限制，如一般精度图像是 $512 \times 512 \times 8\text{bit}$ ，分辨率高的可达 $2048 \times 2048 \times 12\text{bit}$ ，如果精度及分辨率再高，所需处理时间将显著地增加。

广义上讲，一般的数字图像很难为人所理解，因此，数字图像处理也离不开模拟技术，为实现人一机对话和自然的人机接口，特别是需要人去参与观察和判断的情况下，模拟图像处理技术是必不可少的。

1.2.2 数字图像处理的特点

数字图像处理的特点表现在如下几个方面。

(1) 图像信息量大

在数字图像处理中，一幅图像可看成是由图像矩阵中的像素（pixel）组成的，每个像素的灰度级至少要用 6bit（单色图像）来表示，一般采用 8bit（彩色图像），高精度的可用 12bit 或 16bit。一般分辨率的图像像素数为 256×256 、 512×512 ，高分辨率图像像素数可达 1024×1024 或 2048×2048 。例如：

$$256 \times 256 \times 8\text{bit} \approx 64\text{kB}$$

$$512 \times 512 \times 8\text{bit} \approx 256\text{kB}$$

$$1024 \times 1024 \times 8\text{bit} \approx 1\text{MB}$$

$$2048 \times 2048 \times 8\text{bit} \approx 4\text{MB}$$

X 射线照片一般用 64kB~256kB 的数据量，一幅遥感图像 $3240 \times 2340 \times 4\text{B} \approx 30\text{MB}$ ，因此，大数据量给存储、传输和处理都带来巨大的困难。

(2) 图像处理技术综合性强

在数字图像处理中涉及的基础知识和专业技术相当广泛。一般来说涉及通信技术、计算机技术、电子技术、电视技术，至于涉及的数学、物理学等方面的基础知识就更多。

当今的图像处理理论大多是通信理论的推广,只是把通信中的一维问题推广到二维,以便于分析,在此基础上,逐步发展自己的理论体系。因此,图像处理技术与通信技术休戚相关。

在图像处理工程中的信息获取和显示技术主要源于电视技术,其中的摄像、显示、同步等各项技术是必不可少的。

计算机已是图像处理的常规工具,在图像处理中涉及到软件、硬件、网络、接口等多项技术,特别是并行处理技术在实时图像处理中显得十分重要。

图像处理技术的发展涉及越来越多的基础理论知识,雄厚的数理基础及相关的边缘学科知识对图像处理科学的发展有越来越大的影响。总之,图像处理科学是一项涉及多学科的综合科学。

(3) 图像信息理论与通信理论密切相关

早在 1948 年,Shannon 发表了“A Mathematical Theory of Communication”(通信中的数学理论)一文,奠定了信息论的基础。此后,信息理论渗透到了各个领域。图像信息论也属于信息论科学中的一个分支。从当今的理论发展看,我们可以说图像信息论是在通信理论研究的基础上发展起来的。图像理论是把通信中的一维问题推广到二维空间上来研究的,也就是说,通信研究的是一维时间信息,图像研究的是二维空间信息;通信研究的是时间域和频率域的问题,图像理论研究的是空间域和空间频率域(或变换域)之间的关系;通信理论中认为任何一个随时间变化的波形都是由许多频率不同、振幅不同的正弦波组合而成,图像理论认为任何一幅平面图像是由许多频率、振幅不同的 x - y 方向的空间频率波相叠加而成,高空间频率波决定图像的细节,低空间频率波决定图像的背景和动态范围。

总之,通信中的一维问题都可推广到二维,尽管有些理论尚不完全贴切,但对图像自身理论体系的形成有极大的借鉴意义。

1.2.3 数字图像处理的主要内容

完整的数字图像处理工程大体上可分为如下几个方面:图像信息的获取,图像信息的存储,图像信息的传送,图像信息处理,图像信息的输出和显示。其中,本书讲述的是 MATLAB7.0 在图像信息处理中的应用,主要包括 MATLAB 中图像的读写、显示等基本操作和图像处理相关操作。

数字图像处理概括地说主要包括如下几项内容:几何处理(Geometrical Processing),算术处理(Arithmetic Processing),图像增强(Image Enhancement),图像复原(Image Restoration),图像重建(Image Reconstruction),图像编码(Image Encoding),模式识别(Image Recognition),图像理解(Image Understanding)。至于图像变换、图像邻域操作等则是大多数处理操作中频繁应用的基本步骤。

(1) 几何处理

几何处理主要包括坐标变换,图像的放大、缩小、旋转、移动,多个图像配准,全景畸变校正,扭曲校正,周长、面积、体积计算等。

(2) 算术处理

算术处理主要对图像施以加、减、乘、除等运算,如医学图像的减影处理就有显著的效果。

(3) 图像增强

图像增强处理主要是突出图像中感兴趣的信息，而减弱或去除不需要的信息，从而使有用信息得到加强，便于区分或解释。主要方法有直方图增强、伪彩色增强法（PseudoColor）、灰度窗口等技术。

(4) 图像复原

图像复原处理的主要目的是去除干扰、模糊和图像畸变，恢复图像的本来面目。典型的去噪操作就属于复原处理。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，相干噪声表现为网纹干扰。去模糊也是复原处理的任务。这些模糊来自透镜散焦，相对运动，大气湍流，以及云层遮挡等。这些干扰可用维纳滤波、逆滤波、同态滤波等方法加以去除。去除图像畸变则需要借助图像的空间变换操作。

(5) 图像重建

几何处理、图像增强、图像复原都是从图像到图像的处理，即输入的原始数据是图像，处理后输出的也是图像，而重建处理则是从数据到图像的处理，也就是说输入的是某种数据，而处理结果得到的是图像。该处理的典型应用就是 CT 技术，CT 技术发明于 1972 年，早期为 X 射线（X-ray）CT，后来发展的有 ECT、超声 CT、核磁共振（NMR）等。图像重建的主要算法有代数法、迭代法、傅立叶反投影法、卷积反投影法等，其中以卷积反投影法运用最为广泛，因为它的运算量小、速度快。值得注意的是三维重建算法发展得很快，而且由于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及纯净的高质量图像。三维重建的主要算法有线框法、表面法、实体法、彩色分域法等，这些算法在计算机图形学中都有详尽的介绍。三维重建技术也是当今颇为热门的虚拟现实和科学可视化技术的基础。

(6) 图像编码

图像编码研究属于信息论中信源编码范畴，其主要宗旨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，以解决数据量大的矛盾。一般来说，图像编码的目的有 3 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，便于特征抽取，为识别做准备。就编码而言，Kunt 提出第一代、第二代编码的概念。Kunt 把 1948~1988 年 40 年中研究的以去除冗余为基础的编码方法称为第一代编码，如 PCM、DPCM、 ΔM 、亚取样编码法，变换编码中的 DFT、DCT、Walsh-Hadamard 变换等方法以及以此为基础的混合编码法均属于经典的第一代编码法。而第二代编码方法多是 20 世纪 80 年代以后提出的新的编码方法，如金字塔编码法、Fractal 编码、基于神经网络的编码方法、小波变换编码法、模型基编码法等。现代编码法呈现出以下特点：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率。

图像编码是经典的研究课题，经过 60 多年的研究已有多种成熟的方法得到应用。随着多媒体技术的发展，已有若干编码标准由 ITU-T 制定出来，如 JPEG、H.261、H.263、MPEG-1、MPEG-2、MPEG-4、MPEG-7、JBIG（Joint Bi-level Image Coding Expert Group，联合二值图像编码专家组）等。相信在未来会有更多、更有效的编码方法问世，以满足多媒体信息处理及通信的需要。

(7) 模式识别

模式识别是数字图像处理的又一研究领域。当今，模式识别方法大致有 3 种，即统计识

别法、句法结构模式识别法和模糊识别法。

统计识别法侧重于特征，句法结构识别侧重于结构和基元，而模糊识别法是把模糊数学的一些概念和理论用于识别处理。在模糊识别处理中充分考虑人的主观概率，同时也考虑了人的非逻辑思维方法及人的生理和心理反映，这一独特性的识别方法目前正处于研究阶段，方法尚未成熟。

(8) 图像理解

图像理解是由模式识别发展起来的方法。该处理输入的是图像，输出的是一种描述。这种描述并不仅是单纯的用符号做出详细的描绘，而且要利用客观世界的知识使计算机进行联想、思考及推论，从而理解图像所表现的内容。图像理解有时也叫景物理解。在这一领域还有相当多的问题需要进行深入研究。

以上所述的 8 项处理任务是图像处理所涉及的主要内容。其中，模式识别和图像理解涉及的是图像处理的更高级的技术，而本书侧重介绍如何利用 MATLAB 提供的工具箱函数对现有图像进行相关处理操作，为此对这部分内容感兴趣的读者可参考其他相关图像处理书籍。总的说来，经过多年的发展，图像处理经历了从静止图像到活动图像，从单色图像到彩色图像，从客观图像到主观图像和从二维图像到三维图像的发展历程。特别是与计算机图形学的结合后，图像处理已能产生高度逼真、非常纯净和更有创造性的图像。由此派生出来的虚拟现实技术的发展或许将从根本上改变我们的学习、生产和生活方式。

1.2.4 数字图像处理的应用

数字图像处理的应用越来越广，已经渗透到工程、工业、医疗保健、航空航天、军事、科研、安全保卫等各个方面，在国民经济各领域发挥越来越大的作用。图像处理的具体应用领域可粗略概括为表 1-1。

表 1-1 图像处理的应用领域

学 科	应 用
物理、化学	结晶分析、谱分析等
生物、医学	细胞分析、染色体分类、X 射线成像、CT 等
环境保护	水质及大气污染调查等
地质	资源勘测、地图绘制、GIS 等
农业、林业	农产物估计、植被分布调查等
渔业	鱼群分布调查等
气象	卫星云图分析等
通信	传真、电视、多媒体通信等
工业	工业探伤、机器人、产品质量监测等
军事	导弹导航、军事侦察等
法律	指纹识别等

应用的典型例子有以下几个方面。

(1) 遥感

在遥感的发展中，我们可以看到大量的与图像处理密切相关的技术。从世界上出现第一张照片（1839 年），意大利人乘飞机拍摄了第一张航空照片（1909 年），前苏联（1957 年）

及美国(1958年)发射第一颗人造地球卫星等都为遥感技术的发展奠定了坚实的基础。1962年国际上正式使用遥感一词(Remote Sensing)。此后,美国相继发射多颗陆地资源探测卫星(1972年, LANDSAT-I, 地面分辨率 $59\text{m} \times 79\text{m}$; 1975年, LANDSAT-II; 1978年, LANDSAT-III, 地面分辨率 $40\text{m} \times 40\text{m}$; 1982年, LANDSAT-IV, 地面分辨率 $30\text{m} \times 30\text{m}$, 在这颗卫星上配置了 GPS 系统(Global Positioning System), 定位精度在地心坐标系中为 $\pm 10\text{m}$ 。)

遥感图像处理的用处越来越大, 效率及分辨率也越来越高, 并广泛应用于土地测绘、资源调查、气象监测、环境污染监测、农作物估产和军事侦察等。当前, 在遥感图像处理中主要面临的是数据量大和处理速度慢的矛盾。

(2) 医学应用

图像处理在医学界的应用非常广泛, 无论是在临床诊断还是病理研究都大量采用图像处理技术。它的直观、无创伤、安全方便的优点受到普遍的欢迎与接受。其应用的例子很多, 如 X 射线照片的分析、血球计数与染色体分类等。目前广泛应用于临床诊断和治疗的各种成像技术, 如超声波诊断等都用到图像处理技术。有人认为计算机图像处理在医学上应用最成功的例子就是 X 射线 CT (X-ray Computed Tomography)。1968~1972 年英国的 EMI 公司的 Hounsfield 研制了头部 CT, 1975 年又研制了全身 CT。20 世纪 70 年代下半叶美、日、法、荷相继生产出了 CT。其中主要研制者 Hounsfield (英) 和 Commack (美) 获得了 1979 年的诺贝尔生理医学奖。这足以说明 CT 的发明与研究对人类的贡献之大、影响之深。类似的设备目前已有多种, 如核磁共振 CT (NMRI, Nuclear Magnetic Resonance Imaging)、电阻抗断层图像技术 (EIT, Electrical Impedance Tomography) 和阻抗成像 (Impedance Imaging), 这是利用人体组织的电特性(阻抗、导纳、介电常数)形成人体内部图像的技术。由于不同组织和器官具有不同的电特性, 这些电特性包含了解剖学信息。更重要的是人体组织的电特性随器官功能的状态而变化, 因此, EIT 可望绘出反应与人体病理和生理状态相应功能的图像。目前, EIT 已发展了一些相应的算法(如图像重建算法), 在临床应用中也正在探索(如神经中枢系统、呼吸系统、心血管系统、消化系统)。当前的主要问题是分辨能力差, 原因是入射电流进入人体组织后呈三维分布发散, 因此, 指向性不强, 并且电流在人体组织中的分布规律复杂, 未知因素多。虽然 EIT 分辨率不高, 但是生物阻抗技术提取的组织 and 器官的电特性信息对血液、气体、体液和不同组织成分有独特的鉴别能力, 对血液的流动分布, 肺内的气血交换, 体液含量与流动等非常敏感, 以此为基础, 可进行心、脑、肺及相关循环系统的功能评价及血液动力学与流变学的研究。该技术对肺癌的早期发现显示出很大的优越性, 这一点是现有的其他成像技术无法比拟的。

(3) 通信

图像通信按业务性能划分可分为电视广播(点对面通信)、传真、可视电话(点对点通信)、会议电视(点对多点)、图文电视、可视图文以及电缆电视等。如按图像变化性质分, 可分为静止图像通信和活动图像通信。

从历史上看, 早在 1865 年就在法国试验成功传真通信(巴黎至里昂), 但后来由于技术及经济原因发展一直非常缓慢。20 世纪 70 年代后, 图像通信逐渐成为人们生活中常用的通信方式, 随着大规模集成电路的发展, 图像通信中所需的关键技术逐步得到解决, 推动了图像通信的发展。1980 年 CCITT 为三类传真机和公众电话交换网上工作的数字传真建立了国际标准, 1984 年 CCITT 提出了 ISDN 的建议, 以及当今基于 IP 的多媒体通信都意味着非话业务通信方式已在通信中占有重要位置。图像通信主要有如下一些内容。