

- 合理、完善的知识体系结构
- 内容丰富，重点突出，应用性强
  - 免费提供相关程序源代码下载
  - 深入、详细剖析 MATLAB 工程应用技术

**MATLAB**  
工程应用书库

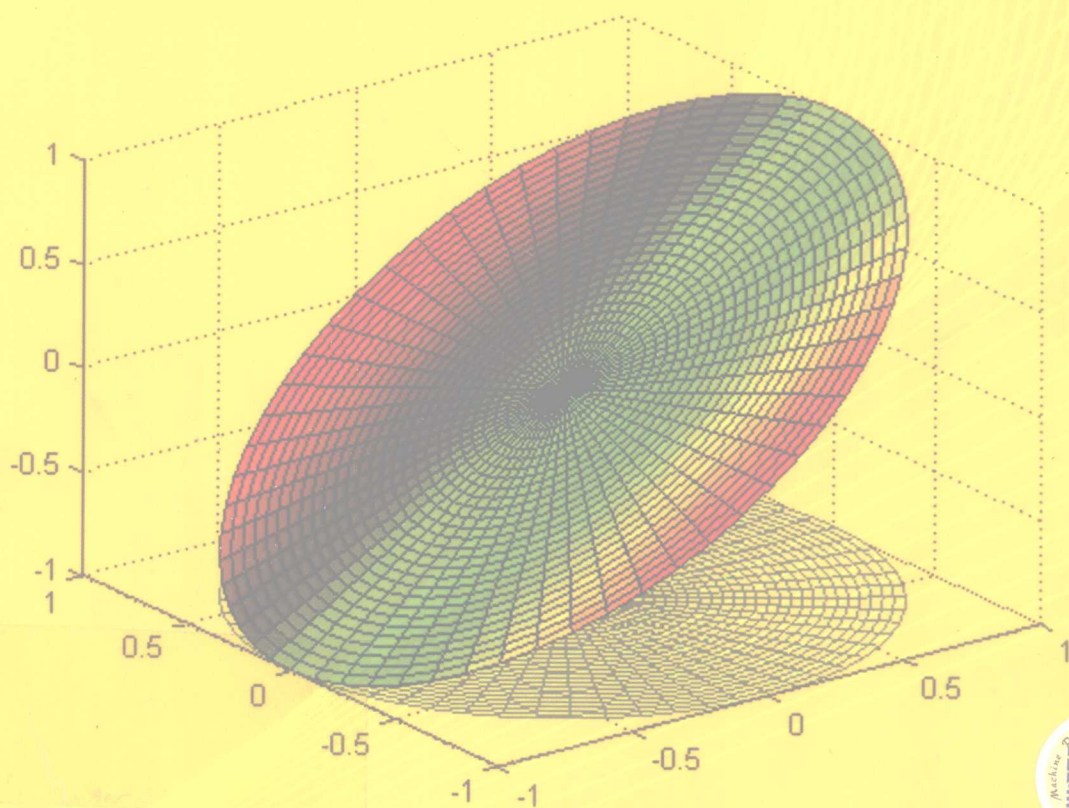
# MATLAB

# 数字图像处理



网上提供源代码下载  
[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

张德丰 等编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

MATLAB 工程应用书库

# MATLAB 数字图像处理

张德丰 等编著



机械工业出版社

本书利用 MATLAB 图像处理工具箱进行数字图像处理的设计与应用, 简洁明了地指出了所介绍的函数与方法的理论背景, 同时又紧密联系实际应用, 以具体的实例说明了函数的使用方法。在实例中强调了如何用 MATLAB 图像处理工具箱解决图像处理中的问题、难题, 节省了图像处理的时间, 提高了图像处理的效率。

本书详细介绍了数字图像处理技术及利用 MATLAB 进行图像处理的方法和技巧, 强调了图像处理的理论和应用相结合的方法, 并给出了大量数字图像处理技术的 MATLAB 实现程序。

本书可作为高等理工科院校电子信息、通信工程、信号与信息处理学科的本科生教材, 也可作为研究生以及从事图像研究的科研工作者的学习参考用书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 数字图像处理 / 张德丰等编著. —北京: 机械工业出版社, 2009.1  
(MATLAB 工程应用书库)

ISBN 978-7-111-25735-6

I. M… II. 张… III. 图像处理—计算机辅助计算—软件包, MATLAB IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 192914 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 丁 诚 吴鸣飞

责任编辑: 丁 诚 吴超莉

责任印制: 杨 曦

三河市国英印务有限公司印刷

2009 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·22 印张·540 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-25735-6

定价: 39.00 元

凡购本图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294 68993821

购书热线电话 (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话 (010) 88379753 88379739

封面无防伪标均为盗版

# 前 言



MATLAB 的英文全称是 Matrix Laboratory (矩阵实验室), 一开始它是一种专门用于矩阵数值计算的软件。从这一点上也可以看出, 它在矩阵运算方面有自己的特点。实际上, MATLAB 中的绝大多数运算都是通过矩阵这一形式完成的。正是这一特点决定了 MATLAB 在处理数字图像上的独特优势。从理论上讲, 图像是一种二维的连续函数, 然而在计算机上对图像进行数字处理时, 首先必须对其在空间和亮度上进行数字化, 即图像的采样和量化过程。通过对二维图像的均匀采样, 就可以得到一幅离散化成  $M \times N$  样本的数字图像。该数字图像是一个整数阵列, 因而用矩阵来描述是最直观和最简便的了。而 MATLAB 的长处就是处理矩阵运算, 因此用 MATLAB 处理数字图像非常方便。

MATLAB 支持索引色图像、灰度图像、二值图像、RGB 图像和多帧图像阵列五种图像类型, 支持 BMP、GIF、HDF、JPEG、PCX、PNG、TIFF、XWD、CUR、ICO 等图像文件格式的读、写和显示。MATLAB 对图像的处理功能主要集中在它的图像处理工具箱 (Image Processing Toolbox) 中。图像处理工具箱由一系列支持图像处理操作的函数组成, 可以进行诸如几何操作、线性滤波和滤波器设计、图像变换、图像分析与图像增强、二值图像操作以及形态学处理等图像处理操作。

在数字图像处理领域对问题的求解通常需要宽泛的实验工作, 包括软件模拟和大量样本图像的测试。虽然典型算法的开发是基于理论支持的, 但这些算法的实现几乎总是要求参数估计, 并常常进行算法修正与候选求解方案的比较。这样, 灵活的、综合的以及由许多资料证明的软件开发环境就是一个关键因素。这些因素在开销、开发时间和图像处理求解方法上都具有重要意义。

尽管它很重要, 但却很少有以教材形式编写的涉及数字图像处理原理和软件实现方面的文献。而本书恰好是以概要形式讲述基本理论并紧密结合实际应用研究为目的而编写的。

全书共分 11 章, 第 1 章介绍图像处理与 MATLAB 2007a 简介; 第 2 章介绍图像的编码和解码; 第 3 章介绍图像复原; 第 4 章介绍图像处理的相关操作; 第 5 章介绍图像频域变换; 第 6 章介绍图像处理中的代数运算及几何变换, 并重点介绍图像几何的变换; 第 7 章介绍图像增强; 第 8 章介绍图像分割与边缘检测; 第 9 章介绍小波分析及其在 MATLAB 中的应用, 主要讲述小波技术在图像处理中的应用, 并详细展开小波分析在图像增强中的应用, 如基于小波的图像降噪和压缩、小波的融合技术、小波包在图像边缘检测中的应用; 第 10 章介绍图像特征的描述; 第 11 章介绍 MATLAB 图像处理的应用, 主要介绍 MATLAB 在医学和遥感图像处理方面的应用。

本书结合了作者多年来的教学实践和研究经验, 并力图体现以下三个特点。第一, 将图像处理理论和应用举例相结合, 系统介绍了数字图像处理技术的相关知识和内容, 每介绍一个知识点的理论都有相应的应用举例, 使读者对数字图像处理学科有一个全面的了解; 第二, 根据国内有关专业本科生和研究生的培养规划, 介绍了图像处理技术方面的新理论、新技术、新标准和新应用, 使读者充分了解图像处理技术的新发展和新应用; 第三, 注重



MATLAB 图像处理功能在实际生活中的应用举例，使读者学以致用。

本书力求内容丰富、图文并茂、文字流畅，将会成为一本学习和使用 MATLAB 数字图像处理方面有价值的参考书。

参加本书编写的有张德丰、许华兴、王旭宝、王孟群、邓恒奋、卢国伟、卢焕斌、伍志聪、庄文华、庄浩杰、许业成、何沛彬、何佩贤、张水兰、张坚、李勇杰、李秋兰、李美妍、陈运英、陈景棠、梁家科、黄达中、陈楚明、林健锋、梁劲强、林振满、周品。

由于时间仓促，加上作者水平所限，错误或疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

## 目 录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 前言                          |    |
| 第 1 章 图像处理与 MATLAB 2007a 简介 | 1  |
| 1.1 概述                      | 1  |
| 1.1.1 MATLAB 概述             | 1  |
| 1.1.2 数字图像处理技术的内容与发展现状      | 2  |
| 1.2 相关学科和领域                 | 4  |
| 1.2.1 数字信号处理学               | 4  |
| 1.2.2 计算机图形学                | 4  |
| 1.2.3 计算机视觉                 | 4  |
| 1.3 MATLAB 2007a 的新功能       | 5  |
| 1.3.1 MATLAB 2007a 的新特性     | 5  |
| 1.3.2 Simulink6 的新特性        | 6  |
| 1.4 MATLAB 2007a 图像处理       | 7  |
| 1.4.1 MATLAB 图像处理应用举例       | 7  |
| 1.4.2 图像处理基本操作              | 8  |
| 1.4.3 图像处理的高级应用             | 10 |
| 第 2 章 图像的编码和解码              | 14 |
| 2.1 概述                      | 14 |
| 2.1.1 图像压缩编码的必要性            | 14 |
| 2.1.2 图像压缩编码的可能性            | 14 |
| 2.1.3 图像压缩编码的评价准则           | 16 |
| 2.2 统计编码                    | 18 |
| 2.2.1 信息熵                   | 18 |
| 2.2.2 Shannon Fano 编码       | 18 |
| 2.2.3 哈夫曼编码                 | 19 |
| 2.2.4 算术编码                  | 24 |
| 2.2.5 行程编码                  | 27 |
| 2.3 预测编码                    | 28 |
| 2.4 图像的变换编码                 | 31 |
| 2.5 数据压缩编码的国际标准             | 33 |
| 2.5.1 JPEG 标准               | 34 |
| 2.5.2 MPEG 视频编码压缩标准         | 37 |
| 2.6 小结                      | 39 |
| 习题                          | 39 |





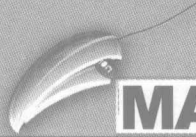
|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第 3 章 图像复原                 | 41 |
| 3.1 图像复原的基本概念              | 41 |
| 3.2 图像退化模型                 | 42 |
| 3.2.1 连续的退化模型              | 44 |
| 3.2.2 离散的退化模型              | 45 |
| 3.3 非约束复原                  | 48 |
| 3.3.1 非约束复原的代数方法           | 48 |
| 3.3.2 逆滤波复原法               | 49 |
| 3.4 有约束复原                  | 50 |
| 3.4.1 最小二乘类约束复原            | 51 |
| 3.4.2 维纳滤波                 | 52 |
| 3.4.3 Lucy_Richardson 滤波复原 | 56 |
| 3.4.4 盲解卷积复原               | 58 |
| 3.5 几种其他图像复原技术             | 61 |
| 3.5.1 几何畸变校正               | 61 |
| 3.5.2 盲目图像复原               | 63 |
| 3.6 运动模糊图像的复原              | 63 |
| 3.6.1 模糊模型                 | 63 |
| 3.6.2 水平匀速直线运动引起模糊的复原      | 64 |
| 3.7 小结                     | 67 |
| 习题                         | 67 |
| 第 4 章 图像处理的相关操作            | 69 |
| 4.1 图像类型转换                 | 69 |
| 4.2 图像数据结构                 | 73 |
| 4.2.1 图像模式                 | 73 |
| 4.2.2 颜色空间                 | 74 |
| 4.2.3 数据存储的数据结构            | 76 |
| 4.3 线性系统和移不变系统             | 77 |
| 4.3.1 线性系统                 | 77 |
| 4.3.2 移不变系统                | 77 |
| 4.4 调用信号分析                 | 78 |
| 4.4.1 调谐信号                 | 78 |
| 4.4.2 对调谐信号的响应             | 78 |
| 4.4.3 系统传递函数               | 79 |
| 4.5 数字图像的显示特性              | 79 |
| 4.5.1 图像的屏幕显示              | 79 |
| 4.5.2 显示特性                 | 80 |
| 4.5.3 数字图像的暂时显示            | 83 |
| 4.5.4 数字图像的永久显示            | 83 |



|       |                      |     |
|-------|----------------------|-----|
| 4.6   | 二维系统及矩阵运算            | 85  |
| 4.6.1 | 二维线性系统               | 85  |
| 4.6.2 | 二维位置不变线性系统           | 85  |
| 4.6.3 | 二维系统的梯度算子            | 86  |
| 4.6.4 | 常用矩阵运算               | 87  |
| 4.7   | 图像的块操作               | 89  |
| 4.7.1 | 边缘操作                 | 89  |
| 4.7.2 | 显示块操作                | 90  |
| 4.8   | 特定区域处理               | 92  |
| 4.8.1 | 特定区域                 | 92  |
| 4.8.2 | 特定区域滤波               | 93  |
| 4.8.3 | 特定区域填充               | 94  |
| 4.9   | 图像质量评价               | 94  |
| 4.9.1 | 图像质量的客观评价            | 95  |
| 4.9.2 | 图像质量的主观评价            | 95  |
|       | 习题                   | 96  |
| 第 5 章 | 图像频域变换               | 97  |
| 5.1   | 傅里叶变换                | 97  |
| 5.1.1 | 傅里叶变换的基本概念           | 97  |
| 5.1.2 | 离散傅里叶变换              | 100 |
| 5.1.3 | 傅里叶变换的应用             | 102 |
| 5.2   | 离散余弦变换               | 105 |
| 5.2.1 | 一维离散余弦变换             | 105 |
| 5.2.2 | 二维离散余弦变换             | 106 |
| 5.2.3 | 快速离散余弦变换             | 106 |
| 5.2.4 | 离散余弦应用               | 107 |
| 5.3   | 离散沃尔什—哈达玛变换(DWT—DHT) | 108 |
| 5.3.1 | 一维离散沃尔什变换            | 108 |
| 5.3.2 | 二维离散沃尔什变换            | 109 |
| 5.3.3 | 一维离散哈达玛变换            | 110 |
| 5.3.4 | 二维离散哈达玛变换            | 111 |
| 5.3.5 | 离散沃尔什—哈达玛变换的应用举例     | 112 |
| 5.4   | K-L 变换               | 114 |
| 5.4.1 | K-L 变换的定义            | 114 |
| 5.4.2 | K-L 变换的性质            | 115 |
| 5.5   | Radon 变换             | 116 |
| 5.5.1 | Radon 变换原理           | 116 |
| 5.5.2 | 用 Radon 变换检测直线       | 118 |
| 5.5.3 | 逆 Radon 变换及其应用       | 119 |







|              |                              |            |
|--------------|------------------------------|------------|
| 5.6          | 小波变换 .....                   | 122        |
| 5.6.1        | 传统变换方法的局限性 .....             | 122        |
| 5.6.2        | 小波变换的基本知识 .....              | 123        |
| 5.6.3        | 小波变换在图像处理方面的应用及实现 .....      | 126        |
| 5.7          | 扇形光束投影 .....                 | 129        |
| 5.7.1        | 投影变换的基本概念 .....              | 130        |
| 5.7.2        | 投影变换函数的应用 .....              | 130        |
|              | 习题 .....                     | 133        |
| <b>第 6 章</b> | <b>图像处理中的代数运算及几何变换 .....</b> | <b>134</b> |
| 6.1          | 基本运算类型 .....                 | 134        |
| 6.2          | 点运算 .....                    | 134        |
| 6.2.1        | 点运算的种类 .....                 | 134        |
| 6.2.2        | 点运算与直方图 .....                | 136        |
| 6.2.3        | 点运算的应用 .....                 | 137        |
| 6.3          | 图像的代数运算 .....                | 138        |
| 6.3.1        | 图像代数的异常处理 .....              | 138        |
| 6.3.2        | 各种代数运算 .....                 | 139        |
| 6.4          | 几何变换基础 .....                 | 143        |
| 6.4.1        | 齐次坐标 .....                   | 143        |
| 6.4.2        | 齐次坐标的一般表现形式及意义 .....         | 144        |
| 6.4.3        | 二维图像几何变换的矩阵 .....            | 145        |
| 6.5          | 各种几何变换 .....                 | 147        |
| 6.5.1        | 图像平移变换 .....                 | 147        |
| 6.5.2        | 图像比例变换 .....                 | 148        |
| 6.5.3        | 图像旋转变换 .....                 | 153        |
| 6.5.4        | 图像镜像变换 .....                 | 157        |
| 6.5.5        | 图像剪切变换 .....                 | 159        |
| 6.5.6        | 图像复合变换 .....                 | 160        |
| 6.5.7        | 透视投影 .....                   | 161        |
| 6.5.8        | 平行投影 .....                   | 163        |
| 6.6          | 灰度级插值 .....                  | 168        |
| 6.6.1        | 最近邻插值法 .....                 | 168        |
| 6.6.2        | 双线性插值法 .....                 | 168        |
| 6.6.3        | 三次内插值法 .....                 | 169        |
| 6.6.4        | 灰度级插值法的 MATLAB 实现 .....      | 170        |
|              | 习题 .....                     | 171        |
| <b>第 7 章</b> | <b>图像增强 .....</b>            | <b>173</b> |
| 7.1          | 灰度变换增强 .....                 | 173        |
| 7.1.1        | 像素及其统计特性 .....               | 173        |

|              |                        |            |
|--------------|------------------------|------------|
| 7.1.2        | 直接灰度变换 .....           | 177        |
| 7.1.3        | 直方图灰度变换 .....          | 179        |
| 7.1.4        | 直方图均衡化 .....           | 182        |
| 7.1.5        | 对比度自适应直方图均衡化 .....     | 184        |
| 7.1.6        | 去相关拉伸 .....            | 184        |
| 7.2          | 空间域滤波 .....            | 186        |
| 7.2.1        | 基本原理 .....             | 186        |
| 7.2.2        | 平滑滤波 .....             | 187        |
| 7.2.3        | 锐化滤波 .....             | 192        |
| 7.3          | 频域滤波增强 .....           | 194        |
| 7.3.1        | 低通滤波 .....             | 195        |
| 7.3.2        | 高通滤波 .....             | 199        |
| 7.3.3        | 带通和带阻滤波器 .....         | 201        |
| 7.3.4        | 频域滤波的 MATLAB 实现 .....  | 202        |
| 7.4          | 同态增晰 .....             | 203        |
| 7.5          | 彩色图像增强 .....           | 204        |
| 7.5.1        | 伪彩色增强 .....            | 205        |
| 7.5.2        | 假彩色增强 .....            | 207        |
| 7.5.3        | 真彩色增强 .....            | 207        |
|              | 习题 .....               | 208        |
| <b>第 8 章</b> | <b>图像分割与边缘检测</b> ..... | <b>209</b> |
| 8.1          | 灰度阈值法 .....            | 209        |
| 8.1.1        | 图像分割基本原理 .....         | 209        |
| 8.1.2        | 灰度阈值法分割 .....          | 210        |
| 8.2          | 边缘检测 .....             | 216        |
| 8.2.1        | 微分算子 .....             | 218        |
| 8.2.2        | 拉普拉斯高斯算子 (LOG) .....   | 220        |
| 8.2.3        | Canny 算子 .....         | 223        |
| 8.3          | 区域分割 .....             | 224        |
| 8.3.1        | 区域生长 .....             | 224        |
| 8.3.2        | 分裂合并 .....             | 227        |
| 8.3.3        | 水域分割 .....             | 229        |
| 8.4          | 边界跟踪与直线检查 .....        | 230        |
| 8.4.1        | 基本原理 .....             | 231        |
| 8.4.2        | 直线提取算法 .....           | 234        |
| 8.5          | 基于图像分割的图像分析 .....      | 238        |
| 8.5.1        | 通过图像分割检测细胞 .....       | 238        |
| 8.5.2        | 图像粒度测定 .....           | 240        |





|        |                           |     |
|--------|---------------------------|-----|
| 8.6    | 彩色图像分割 .....              | 243 |
| 8.6.1  | 色彩空间 .....                | 243 |
| 8.6.2  | 彩色分割方法 .....              | 244 |
|        | 习题 .....                  | 246 |
| 第9章    | 小波分析及其在 MATLAB 中的应用 ..... | 248 |
| 9.1    | 小波变换基础 .....              | 248 |
| 9.1.1  | 连续小波变换 .....              | 248 |
| 9.1.2  | 离散小波 .....                | 250 |
| 9.1.3  | 二进小波变换 .....              | 256 |
| 9.1.4  | MATLAB 中的小波函数工具箱 .....    | 257 |
| 9.2    | 小波分析在图像增强中的应用 .....       | 258 |
| 9.3    | 基于小波的图像降噪和压缩 .....        | 259 |
| 9.3.1  | 小波的图像压缩技术 .....           | 261 |
| 9.3.2  | 小波的图像降噪技术 .....           | 265 |
| 9.4    | 小波的融合技术 .....             | 267 |
| 9.5    | 小波包在图像边缘检测中的应用 .....      | 270 |
| 9.6    | 小波包与图像消噪 .....            | 272 |
| 9.7    | 小结 .....                  | 275 |
| 第10章   | 图像特征的描述 .....             | 276 |
| 10.1   | 灰度描述 .....                | 276 |
| 10.1.1 | 幅度特征 .....                | 276 |
| 10.1.2 | 直方图特征 .....               | 276 |
| 10.1.3 | 变换系数的特征 .....             | 278 |
| 10.2   | 纹理分析 .....                | 279 |
| 10.2.1 | 纹理特征 .....                | 279 |
| 10.2.2 | 统计法 .....                 | 280 |
| 10.2.3 | 自相关函数法 .....              | 281 |
| 10.2.4 | 频谱法 .....                 | 281 |
| 10.2.5 | 纹理的句法结构分析法 .....          | 282 |
| 10.2.6 | 联合概率矩阵法 .....             | 283 |
| 10.3   | 形状描述 .....                | 285 |
| 10.3.1 | 链码 .....                  | 285 |
| 10.3.2 | 傅里叶描述子 .....              | 286 |
| 10.3.3 | 形状特征的描述 .....             | 287 |
| 10.4   | 区域描述 .....                | 291 |
| 10.4.1 | 几何特征 .....                | 291 |
| 10.4.2 | 不变矩 .....                 | 293 |
| 10.5   | 形态分析 .....                | 296 |
| 10.6   | 区域、对象及特性度量 .....          | 301 |

|               |                              |            |
|---------------|------------------------------|------------|
| 10.6.1        | 连通区域标记 .....                 | 301        |
| 10.6.2        | 选择对象 .....                   | 303        |
| 10.6.3        | 图像面积 .....                   | 303        |
| 10.6.4        | 欧拉数 .....                    | 304        |
| 10.6.5        | 基于分水岭的图像分割示例 .....           | 305        |
|               | 习题 .....                     | 308        |
| <b>第 11 章</b> | <b>MATLAB 图像处理的应用 .....</b>  | <b>310</b> |
| 11.1          | MATLAB 在遥感图像处理中的应用 .....     | 310        |
| 11.1.1        | 遥感简介 .....                   | 310        |
| 11.1.2        | 利用 MATLAB 对遥感图像进行直方图匹配 ..... | 311        |
| 11.1.3        | 对遥感图像进行滤波增强 .....            | 314        |
| 11.1.4        | 对遥感图像进行融合 .....              | 315        |
| 11.2          | MATLAB 在医学图像处理中的应用 .....     | 317        |
| 11.2.1        | 医学成像简介 .....                 | 318        |
| 11.2.2        | 医学图像的灰度变换 .....              | 318        |
| 11.2.3        | 基于高频强调滤波和直方图均衡化的医学图像增强 ..... | 323        |
|               | 习题 .....                     | 326        |
| <b>附录</b>     | .....                        | <b>327</b> |
| 附录 A          | MATLAB 6.X 图像处理工具箱函数 .....   | 327        |
| 附录 B          | MATLAB 7.0 图像处理工具箱新增函数 ..... | 334        |
| <b>参考文献</b>   | .....                        | <b>336</b> |



# 第1章 图像处理与 MATLAB 2007a 简介



## 1.1 概述

### 1.1.1 MATLAB 概述

MATLAB 是一种面向科学与工程计算的高级语言，允许用数学形式的语言来编写程序，比 BASIC、FORTRAN 和 C 语言更加接近书写计算公式的思维方式，用 MATLAB 编写程序犹如在演算纸上排列出公式与求解问题一样。因此，MATLAB 语言也可以通俗地称为“演算纸”式科学算法语言。它编写简单，编程效率高，易学易懂。

MATLAB 诞生于 20 世纪 70 年代，它的编写者是 Cleve Moler 博士和他的同事。当时 Cleve Moler 博士和他的同事开发了 EISPACK 和 LINPACK 的 FORTRAN 子程序库，这两个程序主要是求解线性方程的程序库。但是 Cleve Moler 发现，学生使用这两个程序库时有困难，主要原因是接口程序不好写，很费时间。于是，Cleve Moler 自己动手，在业余时间编写了 EISPACK 和 LINPACK 的接口程序，Cleve Moler 给这个接口程序取名为 MATLAB，意为矩阵 (Matrix) 和实验室 (Laboratory) 的组合。

1984 年，Cleve Moler 和 John Little 成立了 MathWorks 公司，正式把 MATLAB 推向市场，并继续进行 MATLAB 的开发。1993 年 MathWorks 公司发布了 MATLAB 4.0，1995 年发布了 MATLAB 4.2C 版 (For Windows 3.x)，1997 年发布了 MATLAB 5.0，2000 年 10 月发布了 MATLAB 6.0，2002 年 8 月发布了 MATLAB 6.5，2004 年 9 月发布了 MATLAB 7.0，2006 年 3 月发布了 MATLAB 2006a，2006 年 9 月发布了 MATLAB 2006b，2007 年 3 月发布了最新的 MATLAB 2007a。每一新版本的推出都使 MATLAB 有了很大的改进——界面越来越友好，内容越来越丰富，功能越来越强大，帮助系统越来越完善。MATLAB 2007a 增强了 2 个新产品模块，同时还升级和修正了 82 个产品模块。

MATLAB 擅长数值计算，能处理大量的数据，而且效率比较高。MathWorks 公司在此基础上加强了 MATLAB 的符号计算、文字处理、可视化建模和实时控制能力，增强了 MATLAB 的市场竞争力，使 MATLAB 成为市场上主流的数值计算软件。

MATLAB 产品族支持从概念设计、算法开发、建模仿真到实时实现的理想的集成环境。无论是进行科学研究还是产品开发，MATLAB 产品族都是必不可少的工具。MATLAB 产品族具有如下主要产品。

1) MATLAB: MathWorks 公司所有产品的数值分析和图形基础环境。MATLAB 将 2D

和 3D 图形、MATLAB 语言编程集成到一个单一的、易学易用的环境中。

2) MATLAB 工具箱: 一系列专用的 MATLAB 函数库, 用于解决特定领域的问题。工具箱是开放的、可扩展的, 可以查看其中的算法或开发用户需要的算法。

3) MATLAB 编译器: 将 MATLAB 语言编写的 M 文件自动转换成 C 或 C++ 文件, 支持用户进行独立的应用开发。结合 MathWorks 公司提供的 C/C++ 数学库和图形库, 用户可以利用 MATLAB 快速地开发出功能强大的独立应用系统。

4) Simulink: 是结合了框图界面和交互仿真能力的非线性动态系统仿真工具。它以 MATLAB 的数学、图形和语言为基础。

5) Stateflow: 与 Simulink 框图模型相结合, 描述复杂事件驱动系统的逻辑行为, 驱动系统可以在不同的模式之间进行切换。

6) Real-Time Workshop: 直接从 Simulink 框图自动生成 C 或 Ada 代码, 用于实现快速原型和硬件的仿真, 整个代码的生成可以根据需要完全定制。

7) Simulink Blockset: 专门为特定领域设计的 Simulink 功能模块集合, 用户也可以利用已有的模块或自行编写的 C 和 MATLAB 程序建立自己的模块。

## 1.1.2 数字图像处理技术的内容与发展现状

数字图像处理是采用一定的算法对数字图像进行处理, 以获得人眼视觉或者某种接收系统所需要的图像过程。数字图像处理的基础是数学, 主要任务是进行各种算法设计和算法实现。

目前, 数字图像处理技术已经在许多不同的应用领域得到重视, 并取得了巨大成就。根据应用领域要求的不同, 数字图像处理技术可以分为许多分支技术, 重要的分支技术有:

### (1) 图像变换

图像阵列很大时, 若直接在空域中处理, 计算量将很大。为此, 通常采用各种图像变换方法, 如傅里叶变换、沃尔什变换、离散余弦变换、小波变换等间接处理技术, 将空域处理转换到变换域处理, 这样可以有效地减少计算量, 提高处理性能。

### (2) 图像增强与复原

它的主要目的是增强图像中的有用信息, 削弱干扰和噪声, 使图像更加清晰, 或者将其转换为更适合人或机器分析的形式。图像增强并不要求真实地反映原始图像, 而图像复原则要求尽量消除或减少获取图像过程中所产生的某些退化, 使图像能够反映原始图像的真实面貌。

### (3) 图像压缩编码

在满足一定保真度的条件下, 对图像信息进行编码, 可以压缩图像的信息量, 简化图像表示, 从而大大压缩图像描述的数据量, 以便存储和传输; 图像压缩在不同的应用背景下可以采取不失真压缩和失真压缩。

### (4) 图像分割

图像分割是数字图像处理中的关键技术之一, 是为了将图像中有意义的特征提取出来。它是进一步进行图像识别、分析和理解的基础。图像中有意义的特征包括图像对象的边缘、区域等。

### (5) 图像识别

图像识别属于模式识别的范畴, 其主要内容是在图像经过某些预处理(增强、复原、压缩)后, 进行图像分割和特征提取, 从而进行判别识别。图像识别常用的经典识别方法有统

计模式识别和句法模式识别。近年来,新发展起来的模糊模式识别和人工神经网络模式识别在图像识别中也越来越受到重视。

以上数字图像处理内容也并非孤立存在的,往往相互联系,而一个实用的图像处理系统也通常需要将几种图像处理技术结合起来,才能得到所需要的结果。例如,图像变换是图像编码技术的基础,而图像增强与复原一般又是图像处理的最终目的,也可作为进一步进行图像处理工作的准备;通过图像分割得到的图像特征既可以作为最后结果,也可以作为下一步图像分析的基础。

不同的图像处理技术应用于不同的领域,发展出了不同的分支学科,如遥感图像处理、医学图像处理等,其他如计算机图形学、模式识别、人工智能和机器人视觉等学科领域也与图像处理有密切的关系。

图像处理技术的发展大致经历了初创期、发展期、普及期和实用化期4个阶段。初创期开始于20世纪60年代,当时的图像采用像素型光栅进行扫描显示,大多采用中、大型机对其处理。在这一时期,由于图像存储成本高、处理设备昂贵,其应用面很窄。进入20世纪70年代的发展期,开始大量采用中、小型机进行处理,图像处理也逐渐改用光栅扫描显示方式,特别是CT和卫星遥感图像的出现,对图像处理技术的发展起到了很好的推动作用。到了20世纪80年代,图像处理技术进入普及期,此时的微机已经能够担当起图形图像处理的任务。超大规模集成电路(Very Large Scale Integration, VLSI)的出现更使处理速度大大提高,设备造价也进一步降低,极大地促进了图形图像系统的普及和应用。20世纪90年代是图像处理技术的实用化时期,图像处理的信息量巨大,对处理速度的要求极高。

针对现有的实际应用,数字图像处理具有以下特点。

1) 信息量大,要求处理速度比较快。目前,数字图像处理的信息大多是二维信息,处理信息量很大。例如,一幅256像素 $\times$ 256像素低分辨率的黑白图像,要求约64kbit的数据量;对512像素 $\times$ 512像素高分辨率的彩色图像,则要求256kbit的数据量;如果要处理30f/s的视频图像,则每秒要求处理500kbit~22.5Mbit的数据量。因此,对计算机的计算速度、存储容量等要求较高。

2) 占用频带较宽。与语音信息相比,数字图像占用的频带要大几个数量级。如电视图像的带宽约56MHz,而语音带宽仅为4kHz左右。所以,数字图像在成像、传输、存储、处理和显示等各个环节的实现上,技术难度较大,成本高,且对频带压缩技术提出了更高的要求。

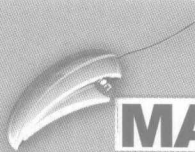
3) 数字图像中各个像素间的相关性强,压缩潜力大。在图像画面上,经常有很多像素有相同或接近的灰度。就电视画面而言,同一行中相邻两个像素或相邻两行间的像素,其相关系数可达0.9以上。一般而言,相邻两帧之间的相关性比帧内相关性还要大。因此,图像处理中的信息压缩潜力巨大。

4) 图像质量评价受主观因素影响。数字处理后的图像一般需要给人观察和评价,而人的视觉系统很复杂,受环境条件、视觉性能、人的情绪、爱好以及知识状况影响很大,因此评价结果受人的主观因素影响较大。为此,如何客观评价图像质量还有待进一步深入研究。另外,计算机视觉是模仿人的视觉,人类的感知原理必然严重影响计算机视觉的研究。

5) 图像处理技术综合性强。数字图像处理技术中涉及的基础知识和专业技术相当广泛,通常涉及通信技术、计算机技术、电子技术、电视技术以及更多的数学、物理等方面的







基础知识。例如，图像编码的理论基础是信息论和抽象数学的结合，而图像识别则需要掌握随机过程和信号处理方面的知识。此外，不少课题还需要更加专业的知识，如小波变换、神经网络、分形理论等。

另外，数字图像处理是一门应用性很强的学问，必须与计算机技术的发展相适应。随着电子技术和计算机技术的不断提高和普及，数字图像处理进入高速发展时期，目前 2GHz 以上的 CPU 已经开始推广应用，这将大大促进数字图像处理技术的发展。

## 1.2 相关学科和领域

### 1.2.1 数字信号处理学

数字信号处理学 (Digital Signal Processing) 是指用数字电路和数字计算机对信号进行数字化、滤波等处理，最典型的信号如电压、电流等随着时间变化的一维物理量。数字信号处理学的研究内容包括数字化原理和采样定理、数字滤波器、数字正交变换、数字信号编码压缩与传输等内容，其中最重要的概念包括傅里叶变换、频率、频谱、滤波器等。

数字图像是二维的数字信号，是随空间坐标变化的灰度值或颜色值，图像处理是指用数字电路和数字计算机对图像进行处理。因此，数字图像处理学也包括数字化原理和采样定理、图像滤波器、图像正交变换、图像编码和压缩与传输等内容。

由此可见，数字信号处理与数字图像处理是紧密相关的学科，数字图像处理是数字信号处理理论的二维扩展，数字信号处理理论中的进展会导致数字图像处理的新理论和方法，而数字图像处理的进展和应用又反过来对数字信号处理提出了更高的理论研究要求。

### 1.2.2 计算机图形学

计算机图形学 (Computer Graphics) 是指用计算机来实现图形的生成、表示、处理和显示。计算机图形学的研究内容包括物体或模型的数学模型、图形生成、几何透视变换、消隐 (消除隐藏面)、覆盖表面纹理、光照模型和光线跟踪等。

计算机图形学通常是由数学公式经过计算，最终生成物体或模型的二维或三维仿真图形 (逼真的图形可与实际图像媲美)；而数字图像处理则通常是由数字图像数据进行处理，最终识别出图像中的景物，甚至得到景物的统计参数和数学模型。因此，图形学和图像学是互逆的处理过程，二者是有本质区别的。

早期的图形通常是指由点、线、面等元素来表达的三维物体，现代计算机图形学则可以生成完全逼真的图像，再加上计算机图形学的设备也采用几乎相同的图像输入、输出和显示设备，导致人们把图形和图像的称谓混淆。也就是说，图的共性和图形的共性，容易引起图形和图像这两个概念的混淆，这是需要注意的，也是可以理解的。

### 1.2.3 计算机视觉

计算机视觉 (Computer Vision) 是研究计算机感受和理解自然景物的理论和技术，也可以是研究机器人感受和理解自然景物的理论和技术，所以也称为机器视觉 (Machine Vision)。计算机视觉的研究和设计目的是依照人类或动物的视觉系统，开发出能够感觉和理

解自然景物的计算机和机器人视觉系统。

视觉是人类观察世界、认知世界的重要功能和手段。人类从外界获得的信息约有75%来自视觉系统，这既说明视觉信息量巨大，也表明人类对视觉信息有较高的利用率。人类视觉过程是一个从感觉（感受图像：三维世界的二维平面投影）到认知（分析图像：由二维图像推断和理解三维世界的内容及相互关系）的复杂过程。视觉的目的是要对场景做出对观察者有意义的理解和描述，并可以根据周围环境的不同和观察者的意愿进行相应的反应和动作。

计算机视觉是指用计算机实现人的视觉功能，对客观世界的三维场景进行感知、识别和理解。因此，计算机视觉也研究数字图像和数字图像处理，但其研究重点在于视觉的立体成像的原理、图像处理方法及实现，或视觉动图像的成像原理、处理方法及实现。因此，计算机视觉与数字图像处理是紧密相关的学科领域，二者相互促进、相互依赖和相互补充。

## 1.3 MATLAB 2007a 的新功能

### 1.3.1 MATLAB 2007a 的新特性

MATLAB 是一种高级科学计算语言，是进行数据分析与算法开发的集成开发环境。MATLAB 2007a 针对编程环境、代码效率、数据可视化、数学计算、文件 I/O 操作等方面都进行了升级，增加了新功能。为此，相对于以前的版本，MATLAB 2007a 具有一些新的特性。

#### 1. 开发环境方面

1) 重新设计的桌面环境，针对多文档界面应用提供了简便的管理和访问方法，允许用户自定义桌面外观，创建常用命令的快捷方式。

2) 增强数组编辑器（Array Editor）和工作空间浏览器（Workspace Browser）功能，用于数据的显示、编辑和处理。

3) 在当前目录浏览器（Current Directory Browser）工具中，增加了代码效率分析、覆盖度分析等功能。

4) 增加了 M-Lint 编码分析，能辅助用户完成程序性能分析，提高程序的执行效率。

5) 增强了 M 文件编辑器（M-Editor）的功能，可以支持多种格式的源代码文件可视化编辑，如 C/C++、HTML、Java 等。

#### 2. 编程方面

1) 新增支持创建嵌套函数（Nested Function）功能，并且提供了更加灵活的代码模块化方式。

2) 具有匿名函数（Anonymous Function）功能，支持在命令行或脚本文件中创建单命令行函数（Single Command Line Function）。

3) 具有模块化注释功能，可为整个代码段进行注释。

#### 3. 数学运算方面

1) 支持整数算术运算和单精度数据类型运算，包括基本算术运算、线性代数、FFT 操