 电子信息与电气学科规划教材

数字图像处理及 MATLAB实现

—— 学习与实验指导

杨杰 主编 李庆 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY <http://www.phei.com.cn>

电子信息与电气学科规划教材

数字图像处理及 MATLAB 实现——学习与实验指导

杨 杰 主 编

李 庆 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是与电子工业出版社出版的《数字图像处理及 MATLAB 实现》配套的学习与实验指导书。在章节安排上与该教材相一致,各章内容主要有知识结构、知识要点、习题解答和实验指导。在实验指导中给出了实验题目、实验内容、实验原理、实验方法及程序、实验结果与分析以及思考题。

本书可作为高等院校数字图像处理等相关课程的教学参考书,也可作为自学者学习数字图像处理的辅导材料,还可供数字图像处理和图像分析领域的科技工作者参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理及 MATLAB 实现:学习与实验指导 / 杨杰主编. —北京:电子工业出版社, 2010.7

ISBN 978-7-121-11172-3

I. ①数… II. ①杨… III. ①数字图像处理—计算机辅助计算—软件包, MATLAB IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 116424 号

策划编辑:董亚峰

责任编辑:侯丽平 文字编辑:吴亚芬

印 刷: 北京京师印务有限公司

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 11.75 字数: 300.8 千字

印 次: 2010 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 25.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

数字图像处理又称为计算机图像处理，它是指将图像信号转换成数字信号并利用计算机对其进行处理的过程，它是集计算机科学、电子学、信息论、光学、数学、控制论、物理学、心理学和生理学等学科为一体的综合性边缘学科。早在 20 世纪 20 年代，图像处理就已应用于改善伦敦和纽约之间海底电缆发送的图片质量，但直到 20 世纪 50 年代，数字计算机发展到一定水平后，数字图像处理才真正引起人们的兴趣。此后，数字图像处理的理论和方法进一步完善，逐步形成了一门新兴的学科，应用范围更加广泛。近年来，随着计算机和其他相关技术的迅速发展，数字图像处理已从一个专门的研究领域变成了科学研究和人机界面中的一种普遍应用的工具。

为配合教师教学，帮助学生学习的目的，本书按照电子工业出版社出版的《数字图像处理及 MATLAB 实现》教材的内容，从基本理论和基本方法出发，深入浅出、理论联系实际、注重学生动手能力的培养。本书对教材的各个章节的知识要点进行了概括，对教材中的习题和思考题给出了参考解答，供学生练习使用。对各章的要点内容给出了实验练习题和对应的 MATLAB 程序，以帮助学生进行图像处理算法的实践锻炼。书中还列出了相关的思考题，引导学生对实验结果做详细分析，以便学生对所学内容能更深入地理解。

本书第 1 章由杨杰编写，第 2 章、第 11 章由王昱编写，第 3~4 章由李庆编写，第 5~6 章由郑林编写，第 7 章、第 12 章由许建霞编写，第 8~10 章由黄朝兵编写。全书由杨杰统稿，李庆和黄朝兵对部分章节程序进行了整理。另外，李俊鹤、韩亚荣、张瑜等参加了部分文字的输入、程序调试、插图和校对工作。在编写本书过程中参考了大量的图像处理文献，作者对这些文献的作者表示真诚的感谢。本书的编写得到了武汉理工大学信息工程学院的大力支持，作者在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者
2010 年 1 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 知识结构.....	1
1.2 知识要点.....	1
1.3 习题解答.....	2
1.4 MATLAB 与数字图像处理.....	3
1.4.1 MATLAB 简介.....	3
1.4.2 MATLAB7.0 图像处理工具箱.....	4
1.4.3 与图像处理相关的 MATLAB 函数的使用.....	4
第 2 章 数字图像处理的基础	23
2.1 知识结构.....	23
2.2 知识要点.....	23
2.3 习题解答.....	25
2.4 实验指导.....	26
2.4.1 像素的 4 连通和 8 连通.....	26
2.4.2 图像采样.....	27
2.4.3 图像类型.....	29
第 3 章 图像基本运算	32
3.1 知识结构.....	32
3.2 知识要点.....	32
3.3 补充内容.....	36
3.4 习题解答.....	37
3.5 实验指导.....	39
3.5.1 图像的点运算.....	39
3.5.2 图像的代数运算.....	41
3.5.3 图像的缩放.....	44
3.5.4 图像的旋转.....	45

第 4 章 图像变换	47
4.1 知识结构.....	47
4.2 知识要点.....	47
4.3 补充内容.....	51
4.4 习题解答.....	54
4.5 实验指导.....	58
4.5.1 图像的傅里叶变换一（平移性质）.....	58
4.5.2 图像的傅里叶变换二（旋转性质）.....	61
4.5.3 图像的离散余弦变换一.....	62
4.5.4 图像的离散余弦变换二.....	64
第 5 章 图像增强	67
5.1 知识结构.....	67
5.2 知识要点.....	67
5.3 习题解答.....	68
5.4 实验指导.....	72
5.4.1 基于幂次变换的图像增强.....	72
5.4.2 直方图规定化处理.....	73
5.4.3 灰度图像常用平滑、锐化滤波.....	76
第 6 章 图像复原	78
6.1 知识结构.....	78
6.2 知识要点.....	78
6.3 习题解答.....	80
6.4 实验指导.....	82
6.4.1 根据运动模型生成运动模糊图像.....	82
6.4.2 采用顺序统计滤波器对图像进行滤波.....	85
6.4.3 对已知噪声频率的含噪图像进行频域陷波滤波.....	86
第 7 章 图像压缩编码	89
7.1 知识结构.....	89
7.2 知识要点.....	89
7.3 习题解答.....	91

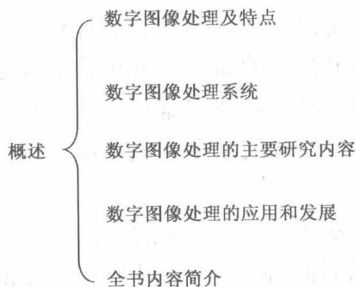
7.4 实验指导	96
7.4.1 哈夫曼编码	96
7.4.2 算术编码	98
第8章 图像分割	101
8.1 知识结构	101
8.2 知识要点	101
8.3 补充内容	104
8.3.1 Canny 算子	104
8.3.2 阈值分割的其他方法	106
8.3.3 分割算法评价及分类	107
8.4 习题解答	107
8.5 实验指导	113
8.5.1 用 MATLAB 生成 LOG 算子的图像	113
8.5.2 用分水岭算法分割图像	114
8.5.3 用区域生长法分割图像	116
8.5.4 用区域分裂合并法分割图像	118
第9章 彩色基础	121
9.1 知识结构	121
9.2 知识要点	121
9.3 补充内容	123
9.3.1 颜色科学发展简史	123
9.3.2 颜色的特性	124
9.3.3 颜色模型的分类	125
9.3.4 常用的颜色模型	125
9.4 习题解答	127
9.5 实验指导	133
9.5.1 灰度级到彩色转换	133
9.5.2 彩色图像的两种平滑滤波	134
9.5.3 彩色图像的两种锐化滤波	137
9.5.4 彩色图像的边缘检测	138

第 10 章 图像表示与描述	141
10.1 知识结构.....	141
10.2 知识要点.....	141
10.3 补充内容.....	143
10.3.1 颜色累加直方图.....	143
10.3.2 颜色主色特征.....	144
10.3.3 颜色—空间描述.....	144
10.3.4 灰度—梯度共生矩阵纹理描述.....	145
10.3.5 纹理谱.....	146
10.4 习题解答.....	147
10.5 实验指导.....	150
10.5.1 彩色图像颜色值的 3 个中心矩计算.....	150
10.5.2 纹理的统计特征计算.....	152
10.5.3 图像边界的傅里叶描述子.....	154
10.5.4 图像区域基本特征计算.....	157
第 11 章 小波变换	159
11.1 知识结构.....	159
11.2 知识要点.....	159
11.3 补充内容.....	160
11.4 习题解答.....	165
11.5 实验指导.....	168
11.5.1 图像压缩.....	168
11.5.2 图像滤噪.....	170
11.5.3 图像增强.....	172
第 12 章 图像通信	174
12.1 知识结构.....	174
12.2 知识要点.....	174
12.3 习题解答.....	175
参考文献	178

第1章 概 述

数字图像处理是将图像信号转换成数字格式并利用计算机对其进行一系列的操作，以得到所期望的结果。本章主要介绍了数字图像及数字图像处理的基本概念、数字图像处理系统的构成、数字图像处理的优点、数字图像处理的几种基本处理技术和应用，展望了数字图像处理的未来发展方向。

1.1 知识结构



1.2 知识要点

1. 数字图像处理及特点

数字图像处理又称为计算机图像处理，它是指将图像信号转换成数字信号并利用计算机对其进行处理的过程，以提高图像的实用性，从而达到人们所要求的预期结果。数字图像处理还有以下特点：① 处理信息量很大。② 数字图像处理占用的频带较宽。③ 数字图像中各个像素的相关性大。

2. 数字图像处理系统

一般的图像处理系统都是由图像数字化设备、图像处理计算机和图像输出设备组成的。

图像数字化设备是将图像输入的模拟物理量（如光、超声波和 X 射线等信息）转变为数字化的电信号，以供计算机处理；图像处理计算机是以软件方式完成对图像的各种处理和识

别；图像输出设备则是将图像处理的中间结果或最后结果显示或打印记录。

数字图像处理系统的主要优点是：① 精度高。② 再现性好。③ 通用性、灵活性强。

3. 数字图像处理的主要研究内容

(1) 图像增强：改善图像视感质量所采取的一种方法。

(2) 图像编码：利用图像信号的统计特性和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。

(3) 图像复原：尽可能恢复图像本来面貌，是对图像整体而言的，而且在复原处理时往往必须追究图像降质的原因。

(4) 图像分割：把图像按其灰度或集合特性分割成区域的过程。

(5) 图像分类：将图像经过某些预处理（压缩、增强、复原）后，再将图像中 useful 物体的特征进行分割，特征提取，进而进行分类。

(6) 图像重建：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。

4. 数字图像处理的应用和发展

数字图像处理的主要应用：① 航天和航空技术方面的应用。② 生物医学工程方面的应用。③ 通信工程方面的应用。④ 工业和工程方面的应用。⑤ 军事、公安方面的应用。⑥ 文化艺术方面的应用及其他。

图像处理技术的未来发展大致可归纳为如下 4 点。

(1) 图像处理的发展将向着高速、高分辨率、立体化、多媒体化、智能化和标准化方向发展。围绕着 HDTV（高清晰度电视）的研制将开展实时图像处理的理论及技术研究。

(2) 图像、图形相结合朝着三维成像或多维成像的方向发展。

(3) 结合多媒体技术，硬件芯片越来越多，把图像处理的众多功能固化在芯片上将会有更加广阔的应用领域。

(4) 在图像处理领域，近年来引入了一些新的理论并提出了一些新的算法，如 Wavelet、Fractal、Morphology、遗传算法和神经网络等。对于这些理论在未来图像处理理论与技术上的作用应给予充分的注意，并积极加以研究。

1.3 习题解答

1.1 阐述数字图像处理与模拟图像处理相比都有哪些优点。

【答】数字图像处理的精度比模拟图像处理的精度高。对数字图像进行处理时，只需改变计算机程序的参数，处理方法不变就能提高处理精度。而模拟图像处理要想使精度提高一个数量级，则需要对装置进行大幅度改进。数字图像是在计算机内部进行处理的，数据不容易丢失或遭破坏，因此再现性好。而模拟图像在处理的过程中容易受到外界的干扰，不能使图像很好地再现。由于图像数字化后可以进行同样的处理，所以数字图像处理的灵活性很高，而模拟图像处理就不具备这样的性质。

1.2 简述数字图像信息的特点。

【答】数字图像信息具有以下特点。

- (1) 数字图像信息量大。
- (2) 数字图像占用的频带较宽。
- (3) 数字图像像素间相关性大。

1.3 数字图像处理系统由哪几部分组成？并说出各部分的作用。

【答】一般图像处理系统都是由图像数字化设备、图像处理计算机和图像输出设备组成的。

图像数字化设备是将图像输入的模拟物理量（如光、超声波和 X 射线等信息）转变为数字化的电信号，以供计算机处理；图像处理计算机是以软件方式完成对图像的各种处理和识别；图像输出设备则是将图像处理的中间结果或最后结果显示或打印记录。

1.4 数字图像处理的主要研究内容有哪些？并简单说明。

【答】数字图像处理的主要研究内容有：图像增强、图像编码、图像复原、图像分割、图像分类和图像重建。

其中，图像增强用于改善图像视感质量；图像编码是在保证图像质量的前提下压缩数据，使图像便于存储和传输，以解决图像数据量大的矛盾；图像复原则是尽可能地恢复图像本来面貌；图像分割就是把图像按其灰度或集合特性分割成区域的过程；图像分类是在将图像经过某些预处理（压缩、增强和复原）后，再将图像中有用物体的特征进行分割，特征提取，进而进行分类；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。

1.5 一帧电视图像取 216×216 个像素组成，其灰度级如果用 8 bit 的二进制数表示，那么一帧电视图像的数据量为多少？

【答】一帧电视图像的数据量有 $216 \times 216 \times 8 = 373248$ bit。

1.6 数字图像处理主要应用在哪些领域？分别举例说明。

【答】数字图像处理主要应用在宇宙探测、通信领域、遥感方面、生物医学方面、工业生产、军事公安、天气预报、考古及文物保护方面。例如，月球探索、可视电话、资源的勘测、DNA 检测、零件的检测、指纹识别和气象图等。

1.7 试列出你身边的与图像处理相关的实例。

【答】略。

1.8 结合自己的观点谈一下图像处理的未来发展动向。

【答】略。

1.4 MATLAB 与数字图像处理



1.4.1 MATLAB 简介

MATLAB 语言是由美国 MathWorks 公司推出的计算机软件，经过多年的逐步发展与不断完善，现已成为国际公认的优秀科学计算与数学应用软件之一，其内容涉及矩阵代数、微积分、应用数学、有限元法、科学计算、信号与系统、神经网络、小波分析及其应用、数

字图像处理、计算机图形学、电子线路、电机学、自动控制与通信技术、物理、力学和机械振动等方面。MATLAB 的特点是语法结构简单，数值计算高效，图形功能完备，特别受到以完成数据处理与图形图像生成成为主要目的的技术研发人员的青睐。各国的学生（包括硕士生和博士生）也将 MATLAB 作为必须掌握的基本程序设计语言。

MATLAB 中的基本数据结构是由一组有序的实数或复数元素构成的数组，同样地，图像对象的表达采用的是一组有序的灰度或彩色数据元素构成的实值数组。MATLAB 中通常用二维数组来存储图像，数组的每个元素对应于图像的一个像素值。例如，由 200 行和 300 列的不同颜色点组成的一幅图像在 MATLAB 中采用 200×300 的矩阵存储。MATLAB 支持多种类型的图像，而不同类型的图像其存储结构通常是不同的，如 RGB 图像则需要一个三维数组，3 个数据维分别对应于某像素点的红色、绿色和蓝色强度值。由于对图像采用了通用的数据矩阵的表达方式，MATLAB 中原有的所有基本矩阵操作都可以应用于图像矩阵。



1.4.2 MATLAB7.0 图像处理工具箱

数字图像研究的领域非常广泛，从学科上可以分为图像的数字化、图像变换、图像增强、图像恢复、图像分割、图像分析和理解，以及图像的压缩等。

MATLAB 图像处理工具箱提供了非常丰富的图像处理函数，主要完成以下功能。

- (1) 图像的几何操作。
- (2) 图像的邻域和图像块操作。
- (3) 线性滤波和滤波器设计。
- (4) 图像变换。
- (5) 图像分析和增强。
- (6) 二值图像形态学操作。
- (7) 图像复原。
- (8) 图像编码。
- (9) 特定区域操作。



1.4.3 与图像处理相关的 MATLAB 函数的使用

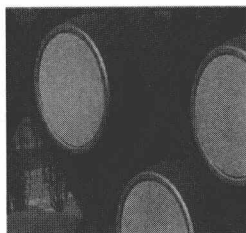


图 1.1 drum.bmp 图像的显示

1. 图像文件的读/写

(1) `imread` 函数用来实现图像文件的读取。

输入以下程序：

```
A=imread('drum.bmp'); %用 imread 函数来读入图像
imshow(A); %用 imshow 函数来显示图像
```

得到的结果如图 1.1 所示。

(2) `imwrite` 函数用来实现图像文件的写入。

输入以下程序：

```
imwrite(A, 'drum.bmp'); %可把图像文件写入 MATLAB 的目录下
```

(3) `imfinfo` 函数用来查询图像文件信息。

输入以下程序：

```
info=imfinfo('drum.bmp'); %用 imfinfo 函数查询图像文件信息
```

得到:

```
info =

    Filename: 'drum.bmp'
    FileModDate: '05-Jan-2010 09:58:24'
    FileSize: 206694
    Format: 'bmp'
    FormatVersion: 'Version 3 (Microsoft Windows 3.x)'
    Width: 273
    Height: 252
    BitDepth: 24
    ColorType: 'truecolor'
    FormatSignature: 'BM'
    NumColormapEntries: 0
    Colormap: []
    RedMask: []
    GreenMask: []
    BlueMask: []
    ImageDataOffset: 54
    BitmapHeaderSize: 40
    NumPlanes: 1
    CompressionType: 'none'
    BitmapSize: 0
    HorzResolution: 3780
    VertResolution: 3780
    NumColorsUsed: 0
    NumImportantColors: 0
```

(4) `imshow` 函数用来显示图像。介绍 `imread` 函数时已使用此函数。

(5) `colorbar` 函数将颜色条添加到坐标轴对象中。

输入以下程序:

```
RGB=imread('drum.png');           %图像读入
I=rgb2gray(RGB);                  %把 RGB 图像转换成灰度图像
h=[1 2 1;0 0 0;-1 -2 -1];
I2=filter2(h,I);
imshow(I2,[]),colorbar('vert')    %将颜色条添加到坐标轴对象中
```

得到的结果如图 1.2 所示。

(6) `warp` 函数将图像作为纹理进行映射,使图像显示在一个特定的三维空间中。

输入以下程序:

```
A=imread('drum.bmp');
I=rgb2gray(A);
[x,y,z]=sphere;
warp(x,y,z,I); %用 warp 函数将图像作为纹理进行映射
```

得到的结果如图 1.3 所示。

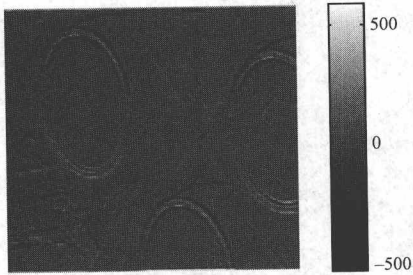


图 1.2 由 RGB 图像转换成的灰度图像

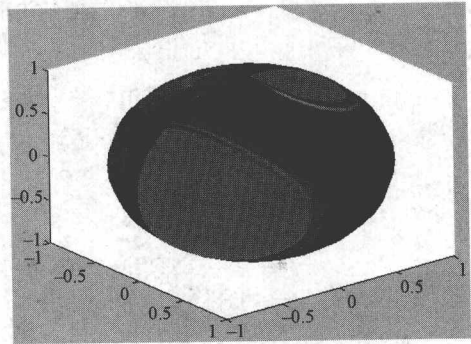


图 1.3 映射图

(7) `subimage` 函数实现在一个图形窗口中显示多幅图像。

输入以下程序：

```
RGB=imread('drum.bmp');
I=rgb2gray(RGB);
subplot(1,2,1),subimage(RGB) %subimage 函数实现在一个图形窗口中显示多
幅图像
subplot(1,2,2),subimage(I)
```

得到的结果如图 1.4 所示。

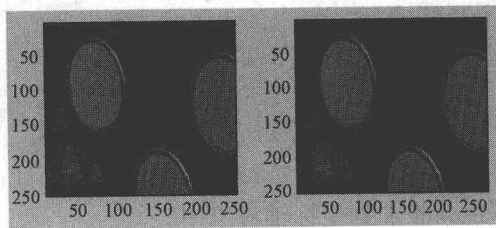


图 1.4 在一个窗口中显示多幅图像

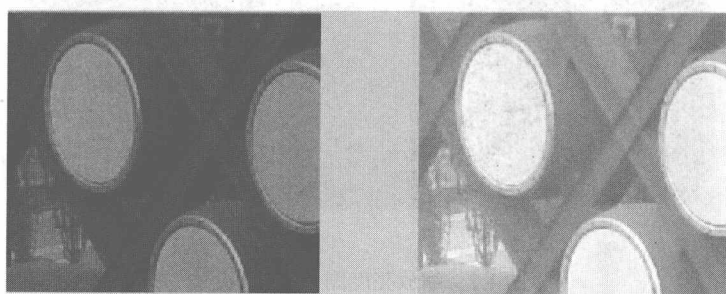
2. 图像处理的基本操作

1) 图像代数运算

(1) `imadd` 函数实现两幅图像的相加或者给一幅图像加上一个常数。
给图像每个像素都增加亮度的程序如下：

```
I=imread('drum.bmp');
J=imadd(I,100); %给图像增加亮度
subplot(1,2,1),imshow(I)
subplot(1,2,2),imshow(J)
```

得到的结果如图 1.5 所示。



(a) 原始图像

(b) 增加亮度的图像

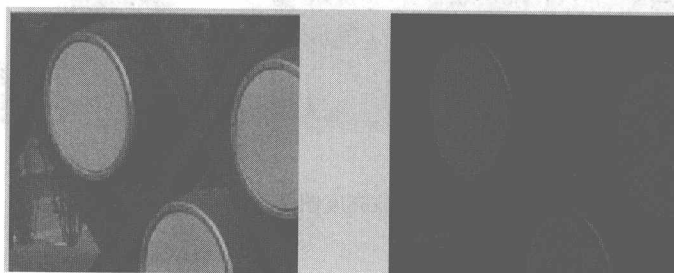
图 1.5 增加图像的亮度

(2) `imsubtract` 函数实现将一幅图像从另一幅图像中减去，或者从一幅图像中减去一个常数。

实现从一幅图像中减去一个常数，输入以下程序：

```
I=imread('drum.bmp');
J=imsubtract(I,100);      %给图像减少亮度
subplot(1,2,1),imshow(I)
subplot(1,2,2),imshow(J)
```

得到的结果如图 1.6 所示。



(a) 原始图像

(b) 减少亮度的图像

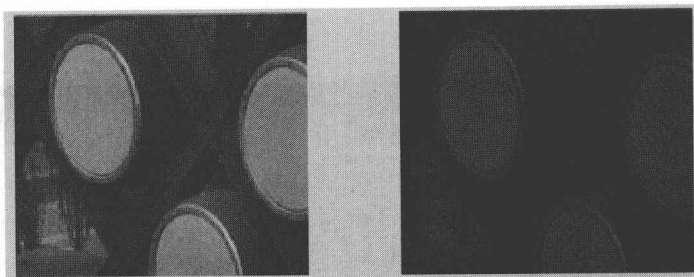
图 1.6 减少图像的亮度

(3) `immultiply` 实现两幅图像的相乘或者一幅图像的亮度缩放。

输入以下程序：

```
I=imread('drum.bmp');
J=immultiply(I,0.5);      %对图像进行亮度缩放
subplot(1,2,1),imshow(I)
subplot(1,2,2),imshow(J)
```

得到的结果如图 1.7 所示。



(a) 原始图像

(b) 亮度缩放图像

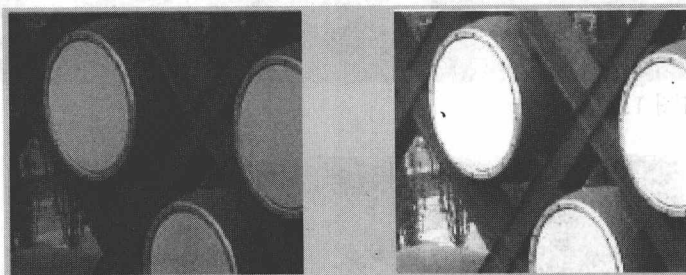
图 1.7 缩放亮度图像 (变暗)

(4) `imdivide` 函数实现两幅图像的除法或一幅图像的亮度缩放。

输入以下程序:

```
I=imread('drum.bmp');
J=imdivide(I,0.5);           %图像的亮度缩放
subplot(1,2,1),imshow(I)
subplot(1,2,2),imshow(J)
```

得到的结果如图 1.8 所示。



(a) 原始图像

(b) 亮度缩放的图像

图 1.8 缩放亮度图像 (变亮)

2) 图像的空间域操作

(1) `imresize` 函数实现图像的缩放。

输入以下程序:

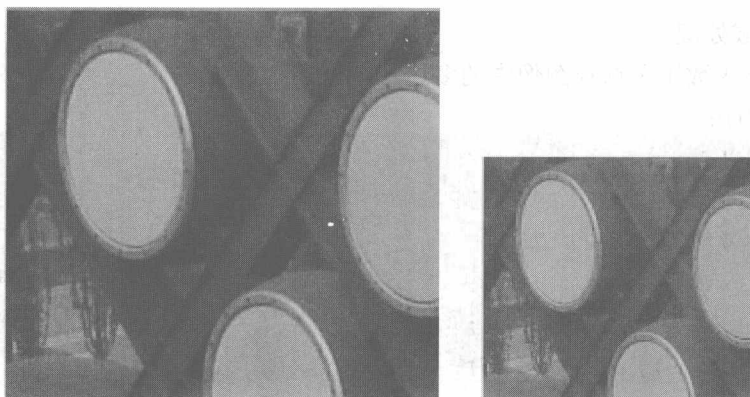
```
J=imread('drum.bmp');
X1=imresize(J,2);           %对图像进行缩放
figure,imshow(J)
```

得到的结果如图 1.9 所示。

(2) `imrotate` 函数实现图像的旋转。

输入以下程序:

```
I=imread('drum.bmp');
J=imrotate(I,45,'bilinear'); %对图像进行旋转
subplot(1,2,1),imshow(I);
subplot(1,2,2),imshow(J);
```

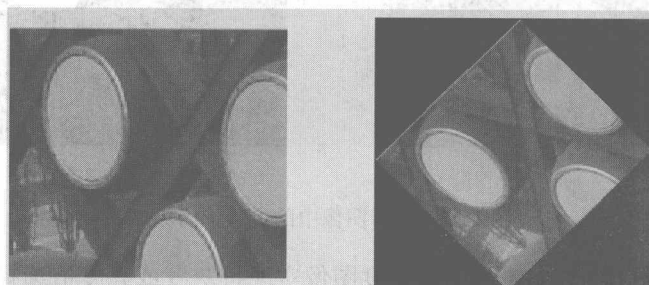



(a) 原图像

(b) 最近邻插值法

图 1.9 插值法变换图像 (变小)

得到的结果如图 1.10 所示。



(a) 原始图像

(b) 采用双线性插值法的图像旋转 (45°)

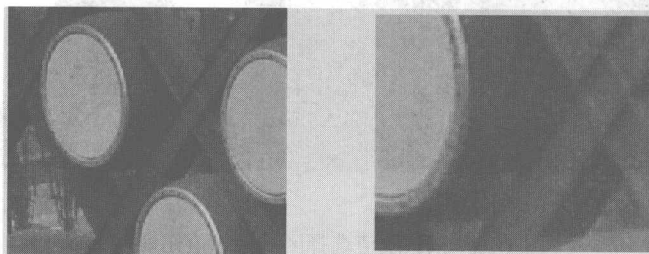
图 1.10 插值法变换图像 (旋转)

(3) `imcrop` 函数实现图像的剪切。

输入以下程序：

```
I=imread('drum.bmp');
I2=imcrop(I,[75 68 130 112]); %对图像进行剪切
subplot(1,2,1),imshow(I);
subplot(1,2,2),imshow(I2);
```

得到的结果如图 1.11 所示。



(a) 原始图像

(b) 剪切得到的图像

图 1.11 剪切变换图像