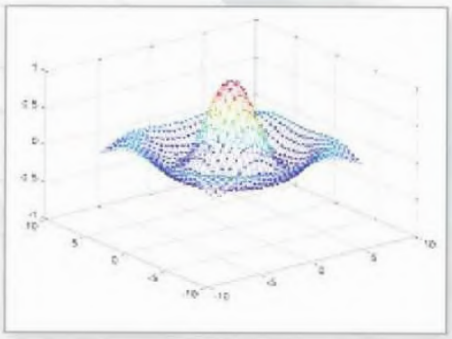
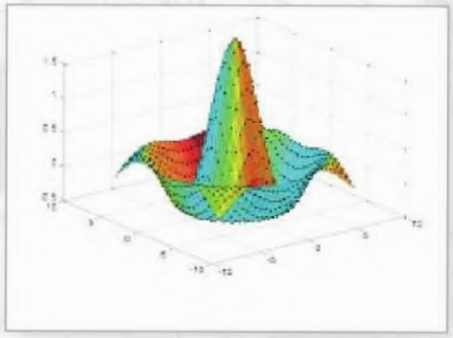
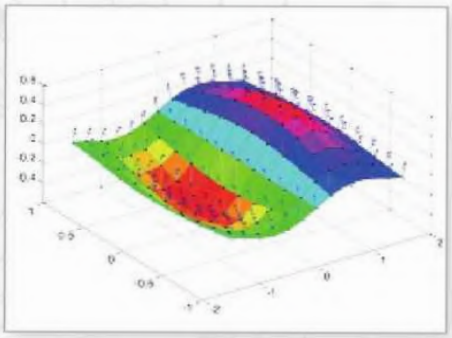
www.789pdf.com 789书库网

工程软件应用精解

MATLAB 图像处理 超级学习手册

MATLAB技术联盟 张岩 编著

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　录

封面
扉页
版权
前言
第1章 MATLAB 基础知识
1.1 MATLAB 简介
1.1.1 什么是MATLAB
1.1.2 MATLAB语言特点
1.1.3 MATLAB系统
1.2 MATLAB 的工作环境
1.2.1 MATLAB操作界面简介
1.2.2 命令窗口
1.2.3 M-文件编辑/调试窗口
1.2.4 帮助系统窗口
1.2.5 工作空间窗口
1.2.6 图形窗口
1.2.7 当前文件夹
1.3 查询帮助命令
1.3.1 help 命令
1.3.2 lookfor 函数的使用
1.3.3 模糊寻找
1.4 本章小结
第2章 MATLAB 基本运算及程序设计
2.1 矩阵的创建

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2.1.1 直接输入法
2.1.2 利用M 文件建立矩阵
2.1.3 利用其他文本编辑器建立矩阵
2.1.4 利用MATLAB内置函数建立特殊矩阵
2.2 矩阵的拼接
2.2.1 基本拼接
2.2.2 拼接函数
2.3 MATLAB 矩阵寻访
2.3.1 下标寻访
2.3.2 单元素寻访
2.3.3 多元素寻访
2.4 MATLAB 矩阵的运算
2.4.1 矩阵加减运算
2.4.2 矩阵乘法
2.4.3 矩阵除法
2.4.4 矩阵的乘方
2.4.5 矩阵的行列式
2.4.6 矩阵的秩
2.4.7 矩阵的逆
2.4.8 矩阵的迹
2.4.9 矩阵的范数及其计算函数
2.4.10 矩阵的特征值与特征向量
2.5 关系运算和逻辑运算
2.6 MATLAB 变量及表达式
2.6.1 数值的表示
2.6.2 变量的表示
2.7 符号运算

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2.7.1 创建符号变量
2.7.2 数值与符号的转换
2.7.3 数值矩阵转换为符号矩阵
2.7.4 符号替换
2.7.5 常用的符号运算
2.8 M 文件与 M 函数
2.8.1 M文件
2.8.2 M函数
2.9 MATLAB 程序设计
2.9.1 数据的输入和输出
2.9.2 顺序结构
2.9.3 判断语句
2.9.4 分支语句
2.9.5 for循环语句
2.9.6 for语句的嵌套
2.9.7 while 循环语句
2.10 本章小结
第3章 图形绘制
3.1 二维绘图
3.2 MATLAB 绘图参数控制
3.2.1 线型
3.2.2 线条宽度
3.2.3 颜色
3.2.4 标记类型（13 种）
3.3 MATLAB 图形标注与修饰函数
3.3.1 title 函数
3.3.2 xlabel、ylabel 函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.3.3 grid 函数
3.3.4 legend 函数
3.3.5 gtext 函数
3.3.6 text 函数
3.3.7 zoom 函数
3.3.8 num2str、int2str 函数
3.4 三维绘图
3.4.1 三维绘图基本流程
3.4.2 三维折线及曲线的绘制
3.4.3 三维图形坐标标记的命令
3.4.4 三维网格曲面的绘制
3.4.5 三维阴影曲面的绘制
3.4.6 三维图形的修饰标注
3.4.7 特殊图形的绘制实例
3.5 本章小结
第4章 图像处理基础
4.1 MATLAB 图像文件的格式
4.2 常用图像的类型
4.2.1 二值图像
4.2.2 索引图像
4.2.3 灰度图像
4.2.4 RGB 图像
4.3 图像处理的基本函数
4.3.1 图像文件的查询
4.3.2 图像文件的读取
4.3.3 图像数据类型的转换
4.3.4 图像文件的显示

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.3.5 imshow 函数
4.3.6 图像特殊显示的函数
4.3.7 图像文件的储存
4.4 图像类型的转换
4.4.1 dither 函数
4.4.2 gray2ind 函数
4.4.3 grayslice 函数
4.4.4 im2bw 函数
4.4.5 ind2gray 函数
4.4.6 ind2rgb 函数
4.4.7 mat2gray 函数
4.4.8 rgb2gray 函数
4.4.9 rgb2ind 函数
4.5 MATLAB 中的颜色模型
4.5.1 RGB 模型
4.5.2 HSV模型
4.5.3 YCbCr 模型
4.5.4 NTSC 模型
4.5.5 HSI 颜色空间
4.6 MATLAB 颜色模型的转换
4.6.1 rgb2hsv 函数
4.6.2 hsv2rgb 函数
4.6.3 rgb2ntsc 函数
4.6.4 ntsc2rgb 函数
4.6.5 rgb2ycbcr 函数
4.6.6 ycbcr2rgb 函数
4.7 本章小结

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第5章 图像的运算
5.1 图像的点运算
5.1.1 线性点运算
5.1.2 非线性点运算
5.2 图像的代数运算
5.2.1 加法运算
5.2.2 减法运算
5.2.3 乘法运算
5.2.4 除法运算
5.2.5 线性组合运算
5.3 图像的逻辑运算
5.4 图像的几何运算
5.4.1 图像的插值
5.4.2 图像的平移
5.4.3 图像的缩放
5.4.4 图像的旋转
5.4.5 图像的镜像
5.4.6 图像的裁剪
5.5 仿射变换
5.5.1 尺度变换
5.5.2 伸缩变换
5.5.3 扭曲变换
5.5.4 旋转变换
5.6 邻域与块操作
5.6.1 滑动邻域操作
5.6.2 分离邻域操作
5.6.3 列处理操作

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.6.4 区域的选择
5.6.5 区域滤波
5.6.6 区域填充
5.7 本章小结
第6章 图像的变换
6.1 傅里叶变换
6.1.1 傅里叶变换的物理意义
6.1.2 图像傅里叶变换的物理意义
6.1.3 连续傅里叶变换
6.1.4 傅里叶变换的快速实现
6.1.5 傅里叶变换的性质
6.2 离散余弦变换
6.2.1 一维离散余弦变换
6.2.2 二维离散余弦变换
6.2.3 二维离散余弦函数
6.3 Radon 变换
6.4 Fanbeam 投影变换
6.5 离散沃尔什-哈达玛变换
6.6 小波变换
6.6.1 一维连续小波变换
6.6.2 高维连续小波变换
6.6.3 连续小波变换的性质
6.6.4 离散小波变换
6.7 本章小结
第7章 图像的增强
7.1 灰度变换增强
7.1.1 图像直方图的含义

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.1.2 图像直方图的均衡化
7.1.3 灰度的调整
7.1.4 直方图规定化
7.2 空域滤波增强
7.2.1 按干扰源分类
7.2.2 按噪声与信号的关系分类
7.2.3 按概率密度函数分类
7.2.4 imnoise 函数
7.2.5 平滑滤波器
7.2.6 中值滤波器
7.2.7 自适应滤波器
7.2.8 空域锐化滤波器
7.3 频域滤波增强
7.3.1 低通滤波器
7.3.2 高通滤波器
7.3.3 同态滤波器
7.4 彩色增强
7.4.1 真彩色增强
7.4.2 伪彩色增强
7.4.3 假彩色增强
7.5 小波变换在图像增强方面的应用
7.5.1 图像增强处理
7.5.2 图像钝化与锐化
7.5.3 小波图像去噪处理
7.6 本章小结
第8章 图像压缩编码技术
8.1 图像压缩概述

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8.1.1 图像压缩的可能
8.1.2 图像信息量的度量
8.2 图像压缩编码评价标准
8.2.1 客观标准
8.2.2 主观标准
8.2.3 压缩率
8.2.4 冗余度
8.3 DCT 变换编码
8.4 图像的无损编码和有损编码
8.4.1 无损编码
8.4.2 有损编码
8.5 JPEG 标准
8.6 小波图像压缩编码
8.7 基于小波变换的图像水印技术
8.8 本章小结
第9章 图像的复原
9.1 图像复原的概述
9.1.1 图像退化模型
9.1.2 噪声的特征
9.1.3 图像质量的客观评价
9.2 估计退化函数
9.2.1 图像观测估计法
9.2.2 试验估计法
9.2.3 模型估计法
9.3 逆滤波复原
9.4 维纳滤波复原
9.5 约束的最小二乘方滤波复原

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9.6 Lucy-Richardson 滤波复原
9.7 盲去卷积滤波复原
9.8 本章小结
第10章 图像分割技术
10.1 图像分割技术的基本概念
10.2 边缘检测
10.2.1 边缘检测算法
10.2.2 梯度算子
10.2.3 Roberts 算子
10.2.4 Sobel 算子
10.2.5 Prewitt 算子
10.2.6 拉普拉斯（Laplacian）算子
10.2.7 LOG（Laplacian-Gauss）算子
10.2.8 坎尼（Canny）算子
10.2.9 利用霍夫（Hough）变换检测图像边缘的算法
10.3 阈值分割
10.3.1 直方图双峰法
10.3.2 最大类间方差法
10.3.3 迭代法
10.4 区域分割
10.4.1 区域生长法
10.4.2 区域分裂合并
10.5 分水岭分割法
10.6 本章小结
第11章 数学形态学的应用
11.1 基本符号和定义
11.2 数学形态学的基本运算

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

11.2.1 结构元素
11.2.2 膨胀处理
11.2.3 腐蚀处理
11.2.4 膨胀和腐蚀的组合
11.2.5 击中或击不中处理
11.3 基于膨胀和腐蚀的数学形态学应用
11.3.1 骨架化
11.3.2 边界提取
11.3.3 图像区域填充
11.3.4 移除小对象
11.3.5 距离变换
11.4 基于膨胀和腐蚀的数学形态学重建
11.4.1 极大值和极小值
11.4.2 极值的抑制
11.4.3 极小值的突显
11.5 对象的特性度量
11.5.1 连通区域的标识
11.5.2 二值图像的对象选择
11.5.3 图像面积的计算
11.6 查找表操作
11.6.1 查找表的创建
11.6.2 查找表的使用
11.7 本章小结
第12章 MATLAB 图像处理在实际中的应用
12.1 图像处理技术在医学处理方面的应用
12.1.1 图像旋转在医学处理方面的应用
12.1.2 图像剪切在医学处理方面的应用

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

12.1.3 图像负片效果在医学处理方面的应用
12.1.4 灰度变换在医学处理方面的应用
12.1.5 直方图均衡化在医学处理方面的应用
12.1.6 锐化效果在医学处理方面的应用
12.1.7 边缘检测效果在医学处理方面的应用
12.2 MATLAB 识别与统计的应用
12.3 MATLAB 图像处理在车牌识别系统上的应用
12.3.1 车牌识别研究内容
12.3.2 车牌识别系统设计原理概述
12.3.3 图像读取及车牌区域提取
12.3.4 牌照区域的分割
12.3.5 车牌进一步处理
12.3.6 字符分割与归一化
12.3.7 字符的识别
12.3.8 程序源代码
12.4 本章小结
第13章 MATLAB 图形用户界面
13.1 图形用户界面简介
13.1.1 命令方式
13.1.2 菜单方式
13.1.3 GUI 模板
13.1.4 图形用户界面设计窗口
13.2 图形用户界面开发环境
13.2.1 布局编辑器
13.2.2 位置调整工具
13.2.3 用属性查看器设置控件属性
13.2.4 菜单编辑器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

13.2.5 对象浏览器
13.2.6 Tab 顺序编辑器
13.3 控件对象及属性
13.3.1 控件对象的描述
13.3.2 控件对象的属性
13.3.3 控件对象的建立
13.4 菜单设计
13.4.1 建立用户菜单
13.4.2 菜单对象常用属性
13.4.3 快捷菜单
13.5 对话框设计
13.5.1 Windows 公共对话框
13.5.2 MATLAB专用对话框
13.6 GUI 程序设计
13.7 本章小结
第14章 GUI 在图像处理中的应用
14.1 图形用户界面控件的设置
14.2 图像处理操作
14.2.1 “文件操作”菜单项
14.2.2 “图像编辑”菜单项
14.2.3 “图像分析”菜单项
14.2.4 “图像调整”菜单项
14.2.5 “图像平滑”菜单项
14.2.6 “图像锐化”菜单项
14.2.7 “图像高级处理”菜单项
14.2.8 “小波变换”菜单项
14.3 本章小结

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附录 图像处理工具箱函数汇总
参考文献

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

MATLAB图像处理超级学习手册

MATLAB技术联盟　张岩　编著

人民邮电出版社

北京

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图书在版编目（**CIP**）数据

MATLAB图像处理超级学习手册/张岩编著.--北京：人民邮电出版社，2014.5

ISBN　978-7-115-34727-5

Ⅰ.①M…　Ⅱ.①张…　Ⅲ.①Matlab软件—应用—数字图象处理—手册　Ⅳ.①TN911.73-62

中国版本图书馆CIP数据核字（2014）第036472号

内容提要

本书以 MATLAB R2013a 版本的功能叙述为主，由浅入深全面地讲解了 MATLAB 软件在图像处理方面的应用知识。本书自始至终采用实例进行描述，内容完整且每章相对独立，是一本不可多得的MATLAB图像处理的学习参考书。

本书涉及面广，涵盖了一般用户需要使用的各种功能，详细介绍了MATLAB在图像处理方面的使用。全书共分为14章，主要包括MATLAB基础知识、MATLAB基本运算及程序设计、图形绘制、图像处理基础、图像的运算、图像的变换、图像的增强、图像压缩编码技术、图像的复原、图像分割技术、数学形态学的应用、MATLAB　图像处理在实际中的应用、MATLAB 图形用户界面及 GUI在图像处理中的应用等。本书强调了图像处理的理论和应用相结合，并给出了大量数字图像处理技术的MATLAB实现程序。

本书以实用为目标，深入浅出，实例引导，讲解详实，适合作为理工科高等院校研究生、本科生教学用书，也可作为从事图像处理工作的广大科研、工程技术人员的参考用书。

◆编著　MATLAB技术联盟　张岩

责任编辑　王峰松

责任印制　彭志环　焦志炜

◆人民邮电出版社出版发行　　北京市丰台区成寿寺路11号

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

邮编　100164　　电子邮件　315@ptpress.com.cn
网址　http://www.ptpress.com.cn
北京铭成印刷有限公司印刷
◆开本：787×1092　1/16
印张：28.25
字数：666千字　　2014年5月第1版
印数：1-3000册　　2014年5月北京第1次印刷
定价：69.00元
读者服务热线：**(010)81055410**　印装质量热线：**(010)81055316**
反盗版热线：**(010)81055315**
广告经营许可证：京崇工商广字第**0021**号

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

前言

图像是人类获取信息的重要来源。当今的信息化社会，对图像处理和图像分析的要求越来越高，现有的图像软件由于采购成本和功能的限制，已经不能完全满足专业人士的需要，这时就需要专业人士来编写自己的图像处理软件。但是，由于专业和时间的限制，专业人士不一定有大量的时间来完成编程工作，这就需要有一个编程简单、功能强大的图像处理软件开发平台，如VC、MATLAB等。这些软件的广泛应用，为图像技术的发展提供了强大的支持。

MATLAB是国际公认的优秀的科技应用软件，它具有编程简单、数据可视化功能强、可操作性强的特点，其图像处理工具箱功能强大、专业函数丰富，是必备的图像处理软件工具。

目前，MATLAB已广泛应用于信号处理、通信原理、自动控制等专业的基础课程实验平台，对于学生而言，最有效的学习途径是结合某一专业课程的学习掌握该软件的使用与编程方法。本书将通过大量的例子，全面、系统地介绍应用MATLAB R2013a 进行图像处理的方法。

1.本书特点

由浅入深，循序渐进：本书以初、中级读者为对象，以MATLAB软件为主线，先让读者了解其各项功能，然后进一步详细地介绍MATLAB在图像处理方面的各种应用。

步骤详尽，内容新颖：本书结合作者多年MATLAB的使用经验与图像处理实际应用案例，将MATLAB软件的使用方法与技巧详细地呈现给读者，使读者在阅读时能够快速掌握书中所讲内容。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

重点突出，轻松易学：本书以掌握概念、强化应用为重点，注重理论与实际的结合。

2.本书内容

本书基于MATLAB R2013a 版，讲解了MATLAB 图像处理的基础知识和核心内容。全书共分为14章，具体内容如下。

第1章 MATLAB 基础知识。主要介绍了MATLAB 的发展历程及特点、MATLAB软件基础知识等内容。

第2章 MATLAB 基本运算及程序设计。主要介绍了矩阵的寻访、矩阵的运算、符号的运算、M文件与M函数、程序设计等内容。

第3章 图形绘制。主要介绍了二维、三维图像的绘制及编辑等内容，并通过大量的例子来介绍二维、三维特殊图像的绘制知识。

第4章 图像处理基础。主要介绍了图像的类型、图像的读写、图像显示、图像类型的转换、颜色模型及转换等内容。

第5章 图像的运算。主要介绍了点运算、代数运算、逻辑运算、几何运算、仿射变换、邻域与块操作等内容。

第6章 图像的变换。主要介绍了傅里叶变换、离散余弦变换、Radon 变换、离散沃尔什-哈达玛变换、小波变换等内容。

第7章 图像的增强。主要介绍了灰度变换增强、空域滤波增强、频域滤波增强、彩色增强，以及小波变换在图像增强方面的应用等内容。

第8章 图像压缩编码技术。主要介绍了图像压缩编码评价标准、DCT 变换编码、有损编码、无损编码以及小波图像压缩编码等内容。

第9章 图像的复原。主要介绍了图像的退化模型、估计退化函数、逆滤波复原、维纳滤波复原、约束的最小二乘方滤波复原、Lucy-Richardson滤波复原，以及盲去卷积滤波复原等内容。

第10章 图像分割技术。主要介绍了图像分割技术的发展趋势及基本原理、边缘检测、阈值分割、区域分割以及分水岭分割等内容。

第11章 数学形态学的应用。主要介绍了数学形态学的基本运算、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

数学形态学应用、数学形态学重建等内容。

第12章 MATLAB 图像处理在实际中的应用。主要介绍了MATLAB在医学、图像识别、汽车牌照识别方面的应用等内容。

第13章 MATLAB 图形用户界面。主要介绍了图形用户界面、MATLAB 图形对象、GUI菜单设计、GUI对话框的设计、GUI程序设计等内容。

第14章 GUI 在图像处理中的应用。主要通过一个例子介绍了图形用户界面应用于图像处理等内容。

本书附录给出了图像处理工具箱函数汇总表，方便读者查询使用。本书中用到的所有程序代码和数据，请到作者博客下载。

3.读者对象

本书结构合理，叙述详细，实例丰富，适合于MATLAB初学者和期望学习MATLAB高级技术的读者学习。具体说明如下：

★从事图像处理的技术人员

★广大科研工作人员

★大中专院校的教师和在校生

★相关培训机构的教师和学员

★参加工作实习的“菜鸟”

★MATLAB爱好者

4.本书作者

本书由MATLAB技术联盟张岩编著，另外，孔玲军、李昕、刘成柱、史洁玉、孙国强、代晶、贺碧蛟、石良臣、柯维娜等人为本书的编写提供了大量的帮助，在此一并表示感谢。

虽然作者在本书的编写过程中力求叙述准确、完善，但由于水平有限，书中欠妥之处在所难免，希望读者能够及时指出，以共同促进本书质量的提高。

5.读者服务

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

为了方便解决本书疑难问题，读者朋友在学习过程中如遇到与本书有关的技术问题，可以发邮件到邮箱book_hai@126.com，或者访问博客http://blog.sina.com.cn/tecbook，编者会尽快给予解答，我们将竭诚为您服务。

编者

2013年秋

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第1章 MATLAB 基础知识

MATLAB（MATrix LABoratory）用法简单、灵活性好、程式结构强又兼具延展性。它提供了一个高性能的用于数值计算和图形显示的科学和工程计算软件环境。这种易于使用的环境，是一种基于矩阵运算、具有强大的数值运算和数据处理功能的高级编程环境，广泛应用于信号分析、语音分析、优化设计等领域，在复杂算法方面表现出其他语言难以比拟的优势，目前已成为国际上最为流行的软件之一。

学习目标：

1.了解MATLAB的产生和发展历程及其特点、系统结构。

2.熟悉MATLAB系统结构、菜单栏、工具箱和桌面操作结构等。

3.掌握查询帮助命令相关的函数用法。

1.1 MATLAB 简介

MATLAB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。

1.1.1 什么是MATLAB

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

MATLAB提供了一个高性能的用于数值计算和图形显示的科学和工程计算软件环境。这种易于使用的 MATLAB 环境，是由数值分析、矩阵运算、信号处理和图形绘制等模块组成的。在这种环境下，问题和解答的表达形式（程序）几乎和它们的数学表达式完全一样，而不像传统的编程那样繁杂。

MATLAB的基本数据单位是矩阵，它的指令表达式与数学、工程中常用的形式十分相似，故用MATLAB来解算问题要比用C、FORTRAN等语言完成相同的事情简捷得多，并且MATLAB也吸收了Maple等软件的优点，这使MATLAB成为一个强大的数学软件。

在MATLAB新的版本中也加入了对C、FORTRAN、C++、JAVA的支持。用户可以直接调用，也可以将自己编写的实用程序导入到MATLAB函数库中方便自己以后调用。此外，许多的MATLAB爱好者都编写了一些经典的程序，用户直接下载就可以使用。

总之，MATLAB的主要特性包括：

（1）是用于数值计算、可视化和应用程序开发的高级语言；

（2）是可实现迭代式探查、设计及问题求解的交互式环境；

（3）是用于线性代数、统计、傅里叶分析、筛选、优化、数值积分以及常微分方程求解的数学函数库；

（4）是用于数据可视化的内置图形以及用于创建自定义绘图的工具；

（5）是用于改进代码质量和可维护性并最大限度地发挥性能的开发工具；

（6）是用于构建自定义图形界面应用程序的工具。

（7）是可实现基于MATLAB的算法与外部应用程序和语言（如C、Java、.NET以及Microsoft Excel）集成的函数。

MATLAB的一个重要特色就是其工具箱很强大，有主工具箱和各种工具箱（Toolbox）。其中，功能型工具箱主要用来扩充MATLAB的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

数值计算、符号运算、图形建模仿真、文字处理功能以及与硬件实时交互的功能，能够用于多种学科。领域型工具箱是学科专用工具箱，其专业性很强，如控制系统工具箱（Control System Toolbox）、信号处理工具箱（Signal Processing Toolbox）、财政金融工具箱（Financial Toolbox）等。

1.1.2 MATLAB语言特点

MATLAB是所有MathWorks公司产品的基石，它提供了数值计算、2-D和3-D图形，以及单一易使用环境下的编程能力。

MATLAB具有用法简单、灵活、程式结构性强、延展性好等优点，已经成为科技计算、视图交互系统和程序中的首选语言工具。特别是它在线性代数、数理统计、自动控制、数字信号处理、动态系统仿真等方面表现突出，已经成为科研工作人员和工程技术人员进行科学研究和生产实践的有利武器。

1.以矩阵和数组为基础的运算

MATLAB 是一个高级的矩阵/阵列语言，它包含控制语句、函数、数据结构、输入输出和面向对象编程等特点。MATLAB以矩阵为基础，不需要预先定义变量和矩阵（包括数组）的维数，就可以方便地进行矩阵的算术运算、关系运算和逻辑运算等。而且，MATLAB有特殊矩阵专门的库函数，可以高效地求解诸如信号处理、图像处理、控制等问题。

2.语言简洁，使用方便

MATLAB程序书写形式自由，被称为“草稿式”语言，这是因为其函数名和表达更接近我们书写计算公式的思维表达方式，编写MATLAB程序犹如在草稿纸上排列公式与求解问题，可以快速地验证工程技术人员的算法。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

此外，MATLAB还是一种解释性语言，不需要专门的编译器。具体地说，即MATLAB运行时可直接在命令行输入MATLAB语句，系统立即进行处理，完成编译、链接和运行的全过程。利用丰富的库函数，避开繁杂的子程序编程任务，压缩了一切不必要的编程工作。

3.强大的科学计算数据处理能力

MATLAB是一个包含大量计算算法的集合，其拥有600多个工程中要用到的数学运算函数，可以方便地实现用户所需的各种计算功能。

函数中所使用的算法都是科研和工程计算中的最新研究成果，而且经过了各种优化和容错处理。在通常情况下，可以用它来代替底层编程语言，如C和C++。在计算要求相同的情况下，使用MATLAB来编程工作量会大大减少。

MATLAB的这些函数集包括从最简单、最基本的函数到诸如矩阵、特征向量、快速傅里叶变换等复杂函数。

MATLAB函数所能解决的问题，大致包括矩阵运算和线性方程组的求解、微分方程及偏微分方程组的求解、符号运算、傅里叶变换和数据的统计分析、工程中的优化问题、稀疏矩阵运算、复数的各种运算、三角函数和其他初等数学运算、多维数组操作以及建模动态仿真等。

4.强大的图形处理功能

MATLAB具有非常强大的以图形化显示矩阵和数组的能力，同时，它能给这些图形增加注释，并且可以对图形进行标注和打印。

MATLAB的图形技术既包括二维和三维的可视化、图像处理、动画等高层次的专业图形的高级绘图函数，如图形的光照处理、色度处理以及四维数据的表现等，又包括一些可以让用户灵活控制图形特点的低级绘图命令，用户可以利用MATLAB的句柄图形技术创建图形用户界面。

对一些特殊的可视化要求，如图形对话等，MATLAB也有相应的功能函数，保证了用户不同层次的要求。另外，新版本的MATLAB还

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在图形用户界面GUI的制作上做了很大的改善，对这方面有特殊要求的用户也可以得到满足。

5.应用广泛的模块集合——工具箱

MATLAB 的一个重要特色就是具有一套程序扩展系统和一组称之为工具箱的特殊应用子程序，每一个工具箱都是为某一类学科专业和应用而定制的。

MATLAB包含两个部分，即核心部分和各种可选的工具箱。核心部分中有数百个核心内部函数。其工具箱又分为两类：功能性工具箱和学科性工具箱。功能性工具箱主要用来扩充其符号计算功能、图示建模仿真功能、文字处理功能以及与硬件实时交互功能；学科性工具箱是专业性比较强的，如control toolbox、signl proceess-ingtoolbox、commumnication toolbox等。

这些工具箱都是由该领域内学术水平很高的专家编写的，所以用户无须编写自己学科范围内的基础程序就可直接进行高、精、尖的研究。

此外，用户可以直接使用工具箱学习、应用和评估不同的方法而不需要自己编写代码。

目前，MATLAB已经把工具箱延伸到了科学研究和工程应用的诸多领域，诸如数据采集、数据库接口、概率统计、样条拟合、优化算法、偏微分方程求解、神经网络、小波分析、信号处理、图像处理、系统辨识、控制系统设计、LMI控制、鲁棒控制、模型预测、模糊逻辑、金融分析、地图工具、非线性控制设计、实时快速原型及半物理仿真、嵌入式系统开发、定点仿真、DSP与通讯、电力系统仿真等，都在工具箱家族中有了自己的一席之地。

6.可扩充性强，具有方便的应用程序接口

MATLAB不仅有着丰富的库函数，在进行复杂的数学运算时可以直接调用，而且用户还可以根据需要方便地编写和扩充新的函数库。

通过混合编程，用户可以方便地在MATLAB环境中调用其他用

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Fortran或C语言编写的代码。

7.源程序的开放性

开放性也许是MATLAB最受人们欢迎的特点。除内部函数以外，所有MATLAB的核心文件和工具箱文件都是可读可改的源文件，用户可通过对源文件的修改以及加入自己的文件构成新的工具箱。

8.实用的程序接口和发布平台

新版本的 MATLAB 可以利用 MATLAB 编译器和 C/C++数学库和图形库，将自己的MATLAB 程序自动转换为独立于 MATLAB 运行的 C 和 C++代码，允许用户编写可以和MATLAB进行交互的C或C++语言程序。另外，MATLAB网页服务程序还容许在Web应用中使用自己的MATLAB数学和图形程序。

1.1.3 MATLAB系统

MATLAB系统主要包括5个部分：桌面工具和开发环境，数学函数库，语言，图形处理，外部接口。其中，桌面工具包括MATLAB桌面和命令窗口，编辑器和调试器、代码分析器和用于浏览帮助、工作空间、文件的浏览器。

MATLAB 的函数库包括大量的算法，从初等函数到复杂的高等函数。MATLAB 语言是一种高级的基于矩阵和数组的语言，具有程序流控制、函数、数据结构、输入输出和面向编程等特色。在图形处理中，MATLAB 具有方便的数据可视化功能。同时，MATLAB语言能够和一些高级语言进行交互。

1.2 MATLAB 的工作环境

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在一般情况下，可以使用两种方法来打开MATLAB R2013a。

一种方式是将快捷方式添加到桌面上，通过双击桌面上的快捷方式图标，打开操作界面。

另一种方式是在 MATLAB 的安装文件夹里（默认路径为C:\Program Files\MATLAB\R2013a\ bin\win32）双击MATLAB.exe 应用程序，这样同样可以打开MATLAB 操作界面。

1.2.1 MATLAB操作界面简介

MATLAB R2013a 延续了MATLAB 2012b 的操作界面。该操作界面中包含有大量的交互式界面，如通用操作界面、工具包专业界面、帮助界面和演示界面等。这些交互性界面组合在一起，构成了MALTAB的默认操作界面。

MATLAB的主界面是一个高度集成的工作环境，有4个不同职责分工的窗口，它们分别是Command Window（命令窗口）、Command History（历史命令窗口）、Current Directory（当前目录窗口）和Workspace（工作空间窗口）。启动MATLAB后，其操作界面如图1-1所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

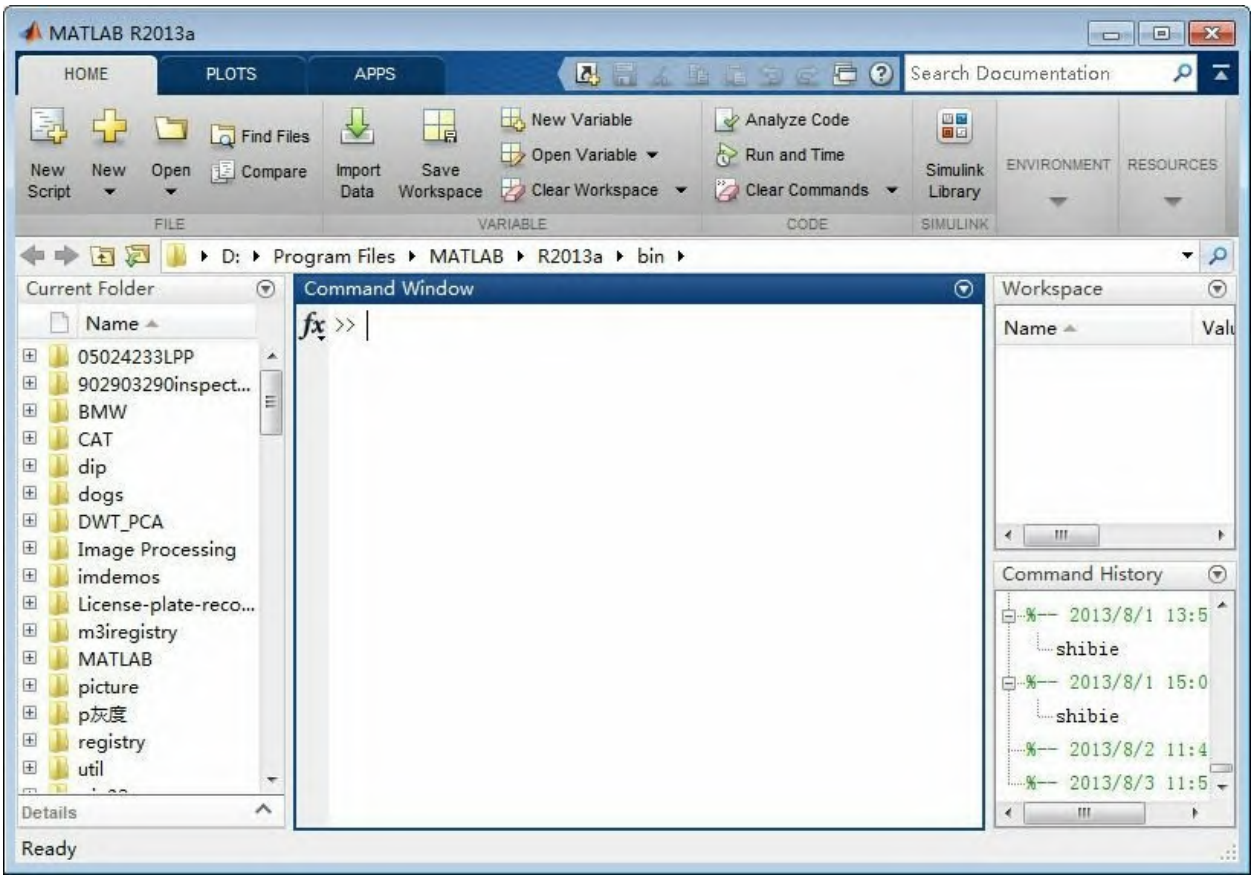


图1-1 操作界面

1.2.2 命令窗口

MATLAB各种操作命令都是由命令窗口开始的，用户可以在命令窗口中输入MATLAB命令，以实现其相应的功能。

启动MATLAB，单击MATLAB图标，进入到用户界面，此命令窗口主要包括文本的编辑区域和菜单栏。

在命令窗口空白区域单击鼠标右键，打开快捷菜单，如图1-2　所示。常用的命令功能有Evaluate　Selection（打开所选文本对应的表达式的值）、Open　Selection（打开文本所对应的MATLAB文件）、Cut（剪切编辑命令）、Paste（粘贴编辑命令）等。

在命令窗口中，用户可以输入变量、函数及表达式等，回车之后系统即可执行相应的操作。例如：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
>>Y=1:90
>>sum(Y)
Y =
   Columns 1 through 11
      1    2    3    4    5    6    7    8    9   10   11
   Columns 12 through 22
     12   13   14   15   16   17   18   19   20   21   22
   Columns 23 through 33
     23   24   25   26   27   28   29   30   31   32   33
   Columns 34 through 44
     34   35   36   37   38   39   40   41   42   43   44
   Columns 45 through 55
     45   46   47   48   49   50   51   52   53   54   55
   Columns 56 through 66
     56   57   58   59   60   61   62   63   64   65   66
   Columns 67 through 77
     67   68   69   70   71   72   73   74   75   76   77
   Columns 78 through 88
     78   79   80   81   82   83   84   85   86   87   88
   Columns 89 through 90
     89   90
ans =
     4095
```

以上的代码是求出1～90这90个数字的和。

MATLAB分为两步来执行：

（1）定义矩阵Y，并给其赋值；

（2）调用内置函数sum，求矩阵元素之和。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

此外，只要在命令窗口输入文字的前面加“%”符号，就可以为代码作诠释。

【例1-1】已知资料的误差值，利用errorbar函数表示如下。

```
>>x=linspace(0,2*pi,30);
y=sin(x);
e=std(y)*ones(size(x))    %标准差
errorbar(x,y,e)
```

运行结果如图1-3所示。



图1-2 常用的命令功能

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

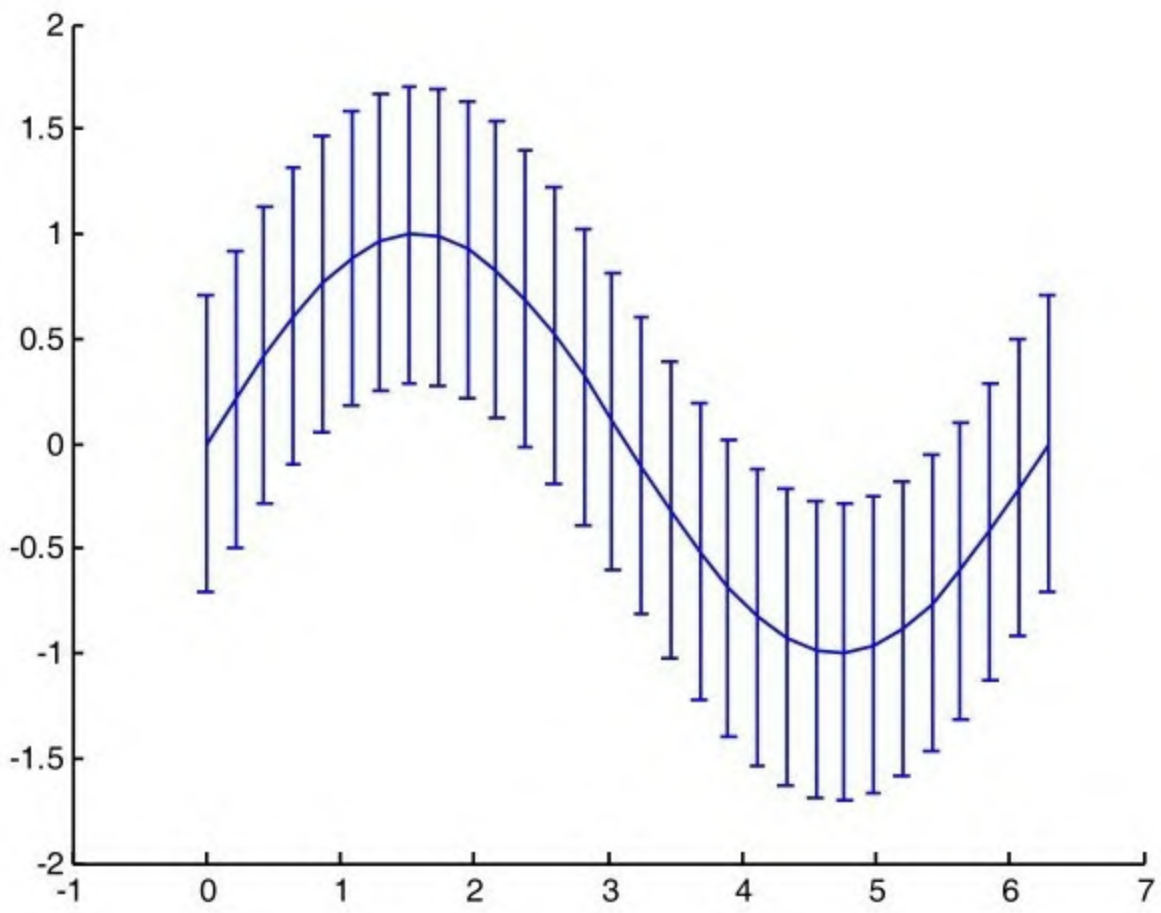


图1-3 误差的区域范围

在MATLAB中，Command Window常用的命令及功能如表1-1所示。

表1-1 Command Window常用的命令功能

命　令	功　能
clc	擦去一页命令窗口，光标回屏幕左上角
clear	从工作空间清除所有变量
clf	清除图形窗口内容
who	列出当前工作空间中的变量
whos	列出当前工作空间中的变量及信息或用工具栏上的 Workspace 浏览器
delete	从磁盘删除指定文件
which	查找指定文件的路径
clear all	从工作空间清除所有变量和函数
help	查询所列命令的帮助信息
save name	保存工作空间变量到文件 name.mat

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

续表

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

命　令	功　能
save name x y	保存工作空间变量 x、y 到文件 name.mat
load name	加载 name 文件中的所有变量到工作空间
load name x y	加载 name 文件中的变量 x、y 到工作空间
diary name1.m	保存工作空间一段文本到文件 name1.m
diary off	关闭日志功能
type name.m	在工作空间查看 name.m 文件内容
what	列出当前目录下的 m 文件和 mat 文件
↑或者 Ctrl+p	调用上一次的命令
↓或者 Ctrl+n	调用下一行的命令
←或者 Ctrl+b	退后一格
→或者 Ctrl+f	前移一格
Ctrl +←或者 Ctrl+r	向右移一个单词
Ctrl + →或者 Ctrl+l	向左移一个单词
Home 或者 Ctrl+a	光标移到行首
End 或者 Ctrl+e	光标移到行尾
Esc 或者 Ctrl+u	清除一行
Del 或者 Ctrl+d	清除光标后字符
Backspace 或者 Ctrl+h	清除光标前字符
Ctrl+k	清除光标至行尾字
Ctrl+c	中断程序运行

1.2.3 M-文件编辑/调试窗口

MATLAB　用户应熟悉最经常使用的M　文件编辑器（M　File Editor）。M文件编辑器不仅仅是一个文字编辑器，它还具有一定的程序调试功能，虽然没有像VC、BC那样强大的调试能力，但对于调试一般的不过于复杂的MATLAB程序来说已经足够了。

在MATLAB命令行下输入edit，弹出如图1-4所示的M文件编辑器窗口。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

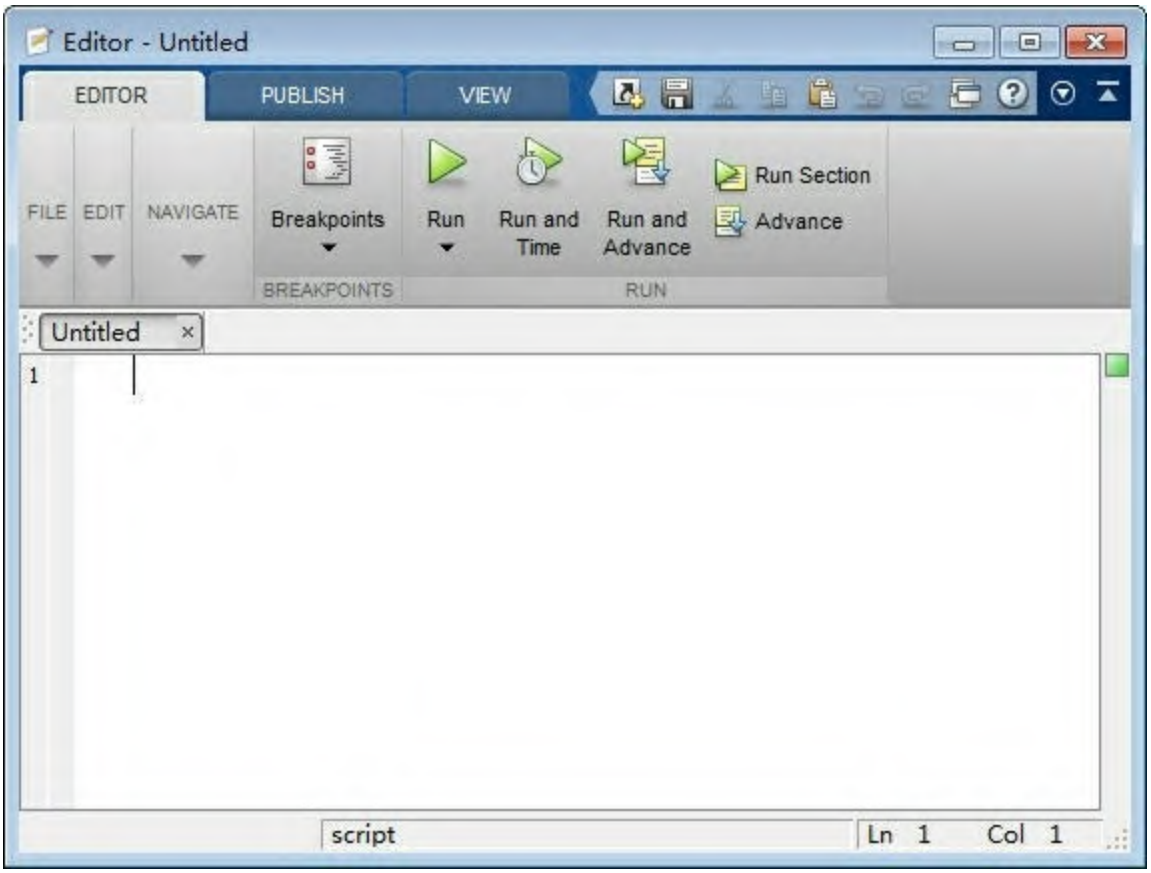


图1-4 M编辑器窗口

1.编辑功能

（1）选择。与通常鼠标选择方法类似，但这样做其实并不方便。使用 Shift+箭头键是一种更为方便的方法。

（2）复制、粘贴。Ctrl+C、Ctrl+V组合键用于实现复制、粘贴。

（3）寻找替代。寻找字符串时用Ctrl+F组合键显然比用鼠标单击菜单更方便。

（4）查看函数。阅读大的程序时常需要看看都有哪些函数并跳到感兴趣的函数位置，M文件编辑器没有为用户提供像VC或者BC那样全方位的程序浏览器，但提供了一个简单的函数查找快捷按钮，单击该按钮，会列出该M文件所有的函数。

（5）注释。用户可以使用Shift+5来输入%号，也可以使用Ctrl+r注释%，Ctrl+t删除注释。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（6）缩进。良好的缩进格式为用户提供了清晰的程序结构。编程时应该使用不同的缩进量，以使程序显得错落有致。增加缩进量用Ctrl+]键，减少缩进量用 Ctrl+[键。当一大段程序比较混乱时，使用smart indent（智能缩进）也是一种很好的选择。

2.调试功能

M程序调试器的热键设置和VC的设置有些类似，如果用户有其他语言的编程调试经验，则调试M程序会显得相当简单。因为它没有指针的概念，这样就避免了一大类难以查找的错误。不过M 程序可能会经常出现索引错误，如果设置了stop if error（如果出错则停止，在Breakpoints菜单下），则程序的执行会停在出错的位置，并在MATLAB命令行窗口显示出错信息。下面列出了一些常用的调试方法。

（1）设置或清除断点：使用快捷键F12。

（2）执行：使用快捷键F5。

（3）单步执行：使用快捷键F10。

（4）step in：当遇见函数时，进入函数内部，使用快捷键F11。

（5）step out：执行流程跳出函数，使用快捷键Shift+F11。

（6）执行到光标所在位置：这项功能没有快捷键，只能使用菜单来完成。

（7）观察变量或表达式的值：将光标放在要观察的变量上并停留片刻，就会显示出变量的值。当矩阵太大时，则只显示矩阵的维数。

（8）退出调试模式：使用菜单或者快捷按钮来完成。

1.2.4 帮助系统窗口

有效地使用帮助系统所提供的信息，是用户掌握好MATLAB应用的最佳途径。熟练的程序开发人员总会充分地利用软件所提供的帮助信息，而MATLAB的一个突出优点就是它拥有较为完善的帮助系统。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

MATLAB的帮助系统可以分为联机帮助系统和命令窗口查询帮助系统。

常用的帮助信息有help、demo、doc、who、whos、what、which、lookfor、helpbrowser、helpdesk、exit、web 等。例如，在窗口中输入“help fft”就可以获得函数“fft”的信息，如图1-5所示。

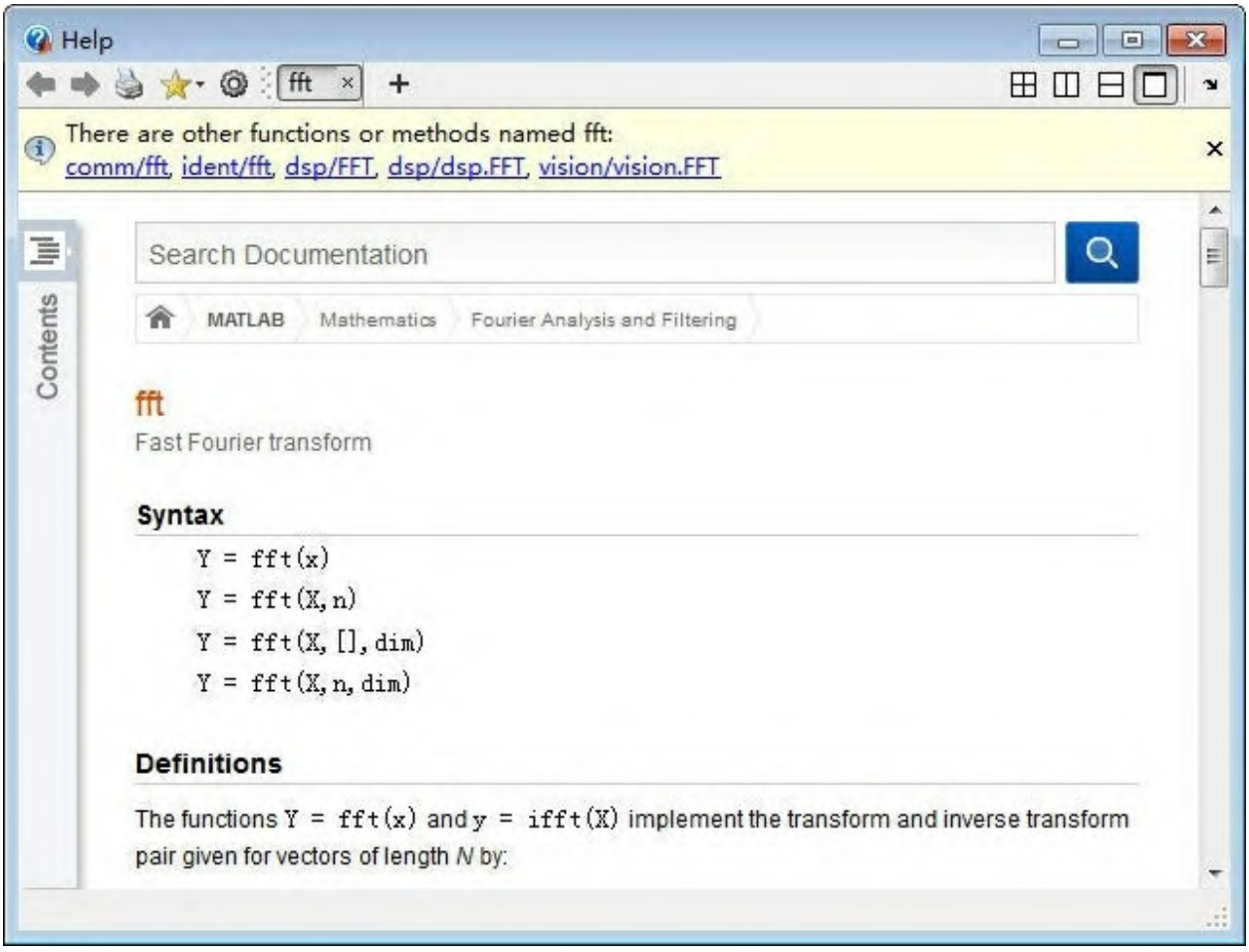


图1-5 帮助窗口

1.2.5 工作空间窗口

工作空间窗口是用来显示当前计算机内存中MATLAB变量的名称、数学结构、该变量的字节数及其类型的，在MATLAB中不同的变量类型对应不同的变量名图标，可以对变量进行观察、编辑、保存和删

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

除等操作。

工作空间窗口如图1-6所示。

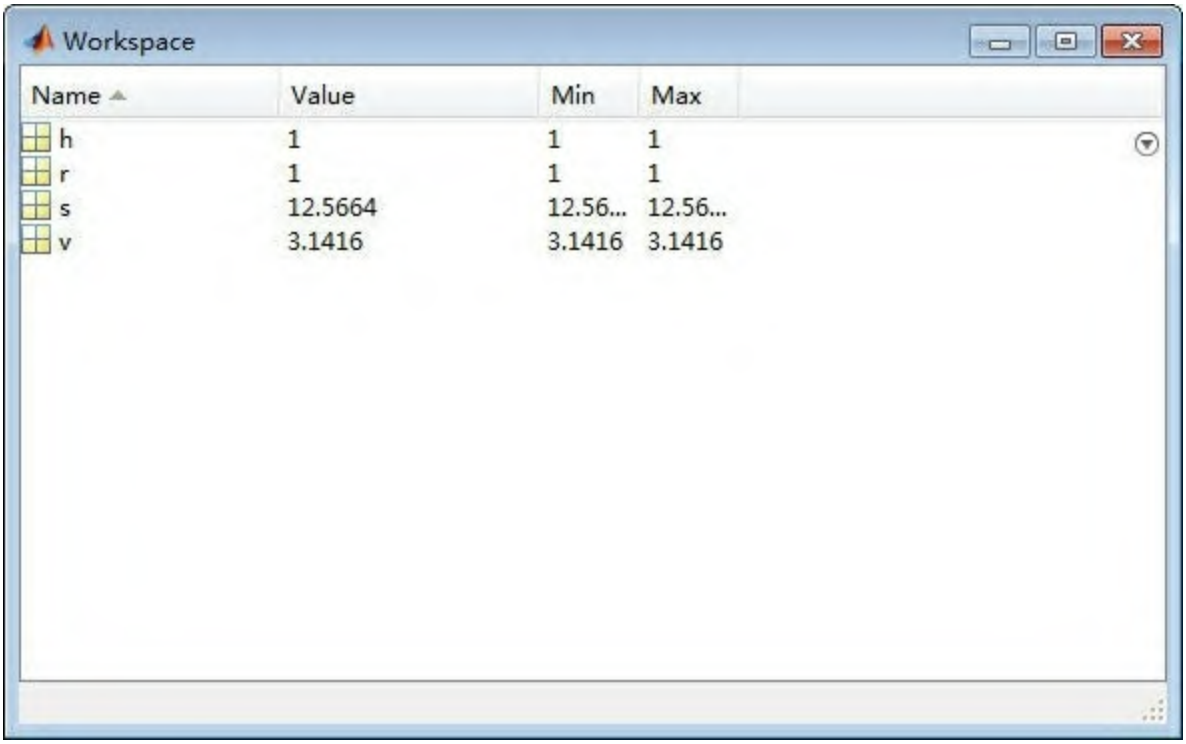


图1-6 工作空间窗口

若要查看或者编辑变量的具体内容，可以双击该变量名称，如双击图1-6中的h变量，可打开如图1-7 所示的Variable Editor（变量编辑）窗口。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

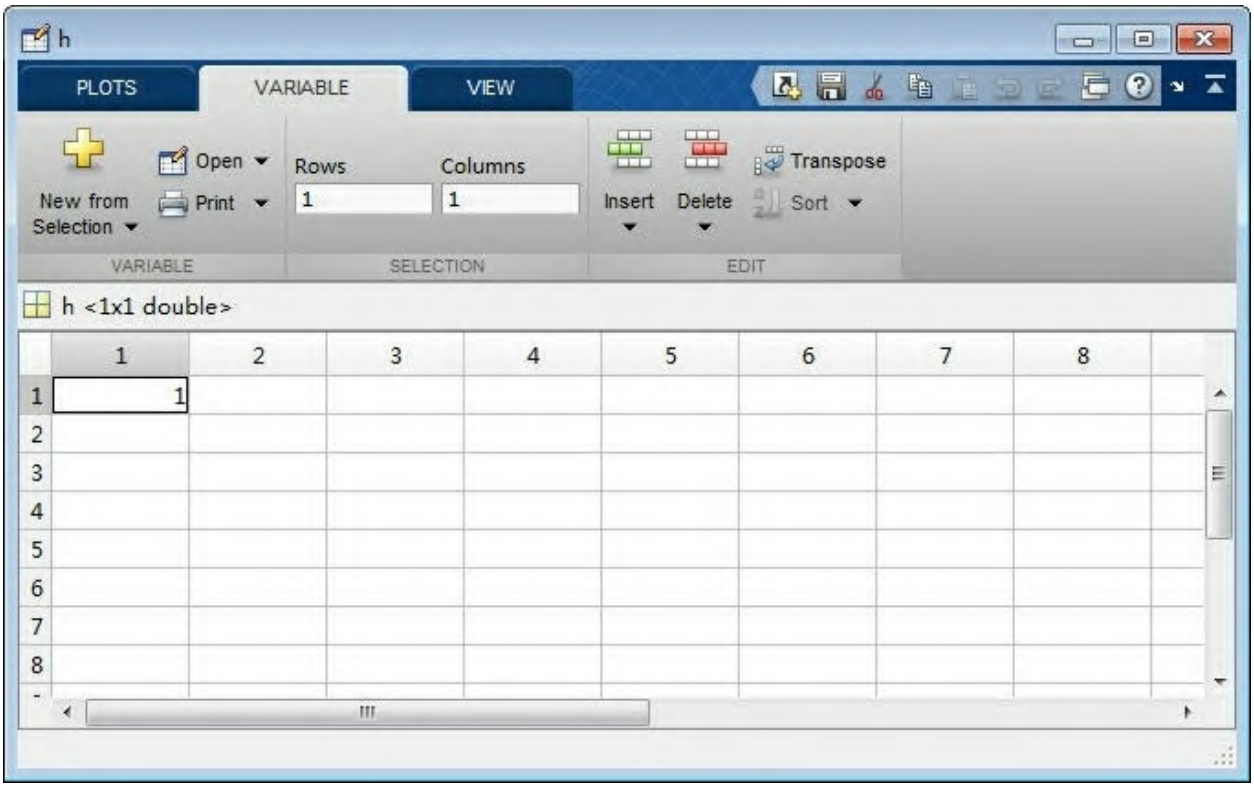


图1-7 Variable Editor

1.2.6 图形窗口

图形窗口用来显示MATLAB所绘制的图形，这些图形既可以是二维图形，也可以是三维图形。用户可以通过选择New|Figure命令来进入图形窗口，如图1-8所示。也可以通过运行程序自动弹出图形窗口，如下例所示。

```
>>x=-pi:0.1:pi;
y=sin(x);
plot(x,y)
```

运行结果如图1-9所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

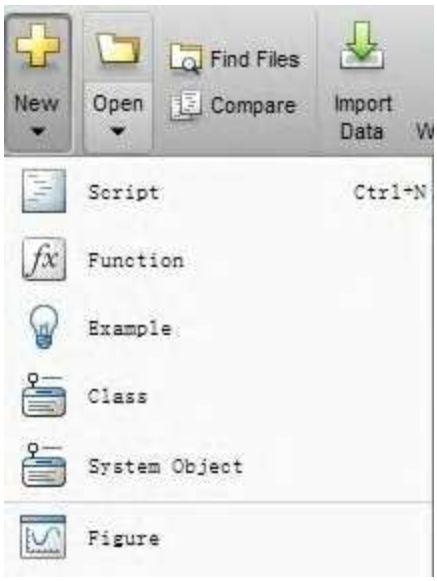


图1-8 选择New|Figure 命令进入图形窗口

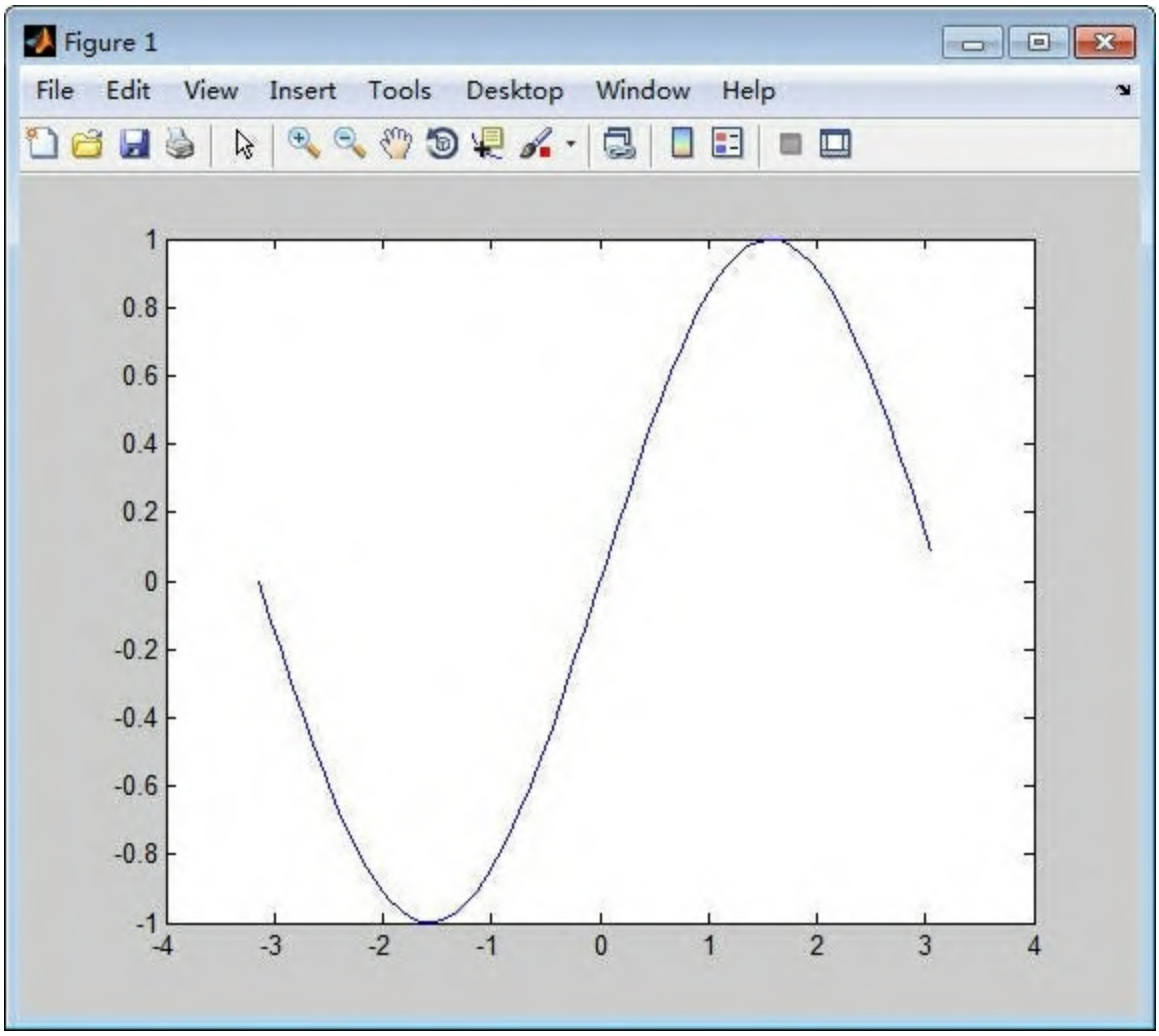


图1-9 运行程序自动弹出图形窗口

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1.2.7 当前文件夹

当前路径窗口显示当前用户所在的路径，可以在其中对MATLAB路径下的文件进行搜索、浏览、打开等操作，如图1-10所示。

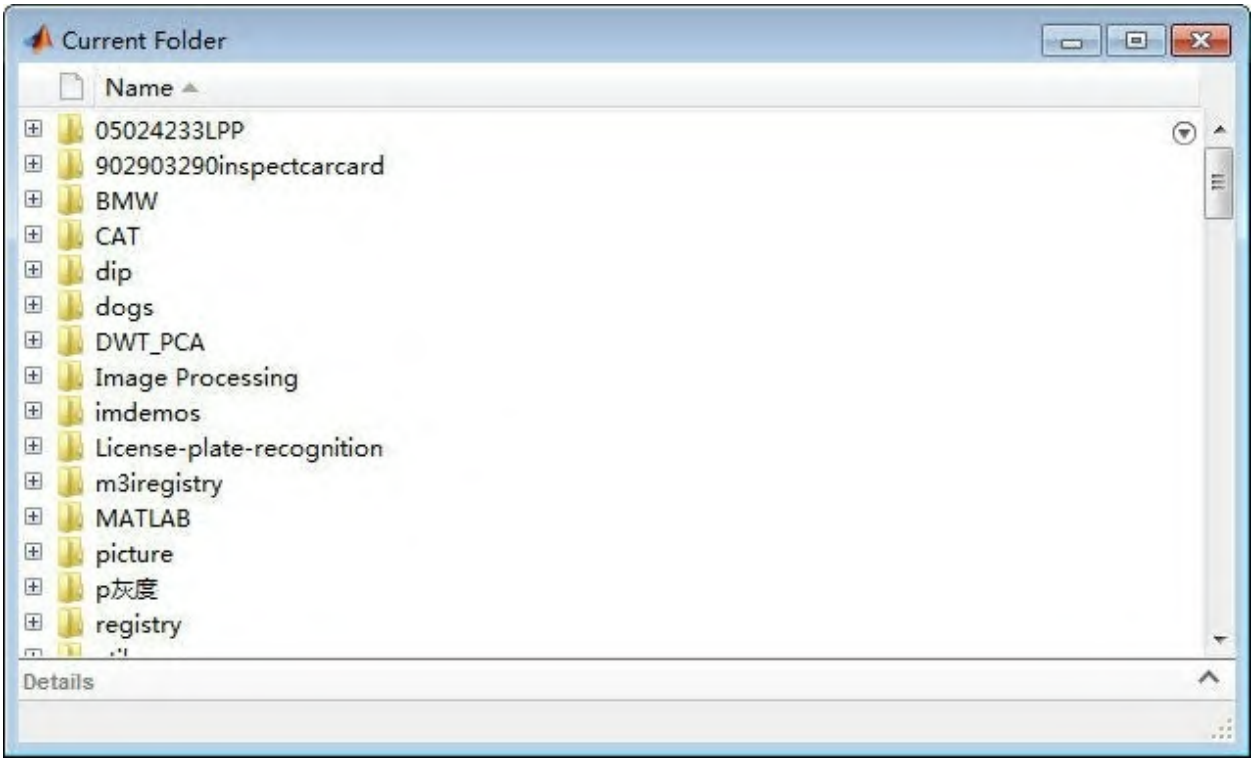


图1-10 当前文件夹

1.3 查询帮助命令

MATLAB用户可以在命令窗口中直接输入命令来获得相关的帮助信息，这种获取方式比联机帮助更为快捷。在命令窗口中获取帮助信息的主要命令为help、lookfor以及模糊寻找，下面将介绍这些命令。

1.3.1 help 命令

直接输入help命令，会显示当前的帮助系统中所包含的所有项目。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

需要注意的是，用户在输入该命令后，命令窗口只显示当前搜索路径中的所有目录名称。例如：

```
>>help
HELP topics:
help
HELP topics:
MATLABhdlcoder\MATLABhdlcoder    - (No table of contents file)
MATLABxl\MATLABxl                -MATLABBuilderEX
MATLAB\demos                     -Examples.
MATLAB\graph2d                   -Two dimensional graphs.
MATLAB\graph3d                   -Three dimensional graphs.
MATLAB\graphics                  -HandleGraphics.
MATLAB\plottools                 -Graphical plot editing tools
MATLAB\scribe                    -Annotation andPlotEditing.
MATLAB\specgraph                 -Specialized graphs
……                               ……
vnt\vntguis                      - (No tableof contents file)
vnt\vntdemos                     - (No tableof contents file)
vntblks\vntblks                  - (No table of contents file)
vntblks\vntmasks                 - (No table of contents file)
wavelet\wavelet                  -WaveletToolbox
wavelet\wmultisig1d              - (No table of contents file)
wavelet\wavedemo                 - (No table of contents file)
wavelet\compression              - (No table of contents file)
xpc\xpc                          - xPCTarget
xpcblocks\thirdpartydrivers      - (No table of contents file)
build\xpcblocks                  - xPCTarget --Blocks
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

build\xpcobsolete - (No table of contents file)

xpc\xpcdemos - xPCTarget -- examples and sample script files.

如果用户知道某个函数名称，并想了解该函数的具体用法，则只需在命令窗口中输入help+函数名。例如：

```
>>help sin
sin  Sine of argument in radians.
    sin(X) is the sine of the elements of X.
    See also asin, sind.
    Overloaded methods:
       codistributed/sin
       gpuArray/sin
    Reference page in Help browser
       doc sin
```

1.3.2 lookfor 函数的使用

当用户不知道一些函数的确切名称时，help函数就无能为力了，这时可以使用lookfor函数解决这个问题。

在使用 lookfor 函数时，用户只需知道某个函数的部分关键字，在命令窗口中输入lookfor+关键字，就可以很方便地实现查找。例如：

```
>>lookfor sin
sin
BioIndexedFile - class allows random read access to text files using an index file.
loopswitch -Create switch foropening and closing feedback loops.
mbcinline - replacement versionof inline using anonymous
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

functions

cgslblock -Constructor for calibrationGenerationSimulink blockparsingmanager

xregaxesinput -Constructor for the axes input object for aListCtrl

ExhaustiveSearcher -Neighbor search object using exhaustive search.

KDTreeSearcher -Neighbor search object using a kd-tree.

…… ……

sample_supported -<name>_supported fills in a single instance or an array

dxpcUDP1 -Target toHostTransmission usingUDP

dxpcUDP2 -Target toTargetTransmission usingUDP

j1939exampleDemo - J1939 -UsingTransportProtocol

scscopedemo -SignalTracingUsingScopeTriggering

scsignaldemo -SignalTracingUsingSignalTriggering

scsoftwaredemo -SignalTracingUsingSoftwareTriggering

1.3.3 模糊寻找

MATLAB 还提供一种模糊寻找的命令查询方法，只需在命令界面输入命令的前几个字母，然后按Tab键，系统便会列出所有以其开头的命令。例如，在命令窗口中输入“co”，然后按Tab键，运行结果如图1-11所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

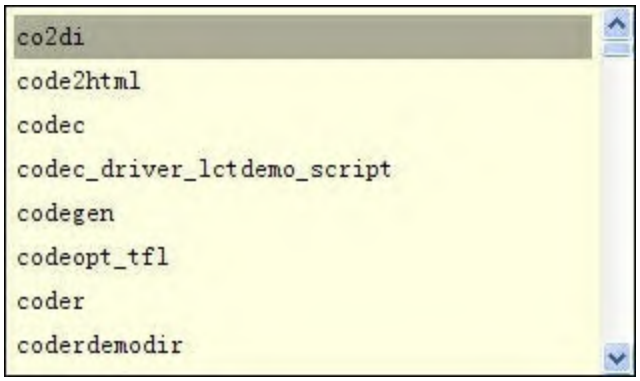


图1-11 模糊寻找结果

1.4 本章小结

本章首先介绍了MATLAB的基本知识及其特点，接着讲述了系统结构，MATLAB的菜单栏、工具箱和桌面操作等内容，最后又介绍了查询帮助命令的相关内容。这些基础知识，读者应熟练掌握。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第2章 MATLAB 基本运算及程序设计

MATALB是一门计算语言，矩阵是进行数据处理和运算的基本元素，它的运算指令和语法基于一系列基本的矩阵运算以及它们的扩展运算。

MATLAB中的符号数学工具箱可以用于实现符号运算，该工具箱不是基于矩阵的数值分析，而是使用字符串来进行符号分析与运算。在MATLAB中，除了可以在命令窗口输入命令逐句执行外，也可以和其他形式的语言一样采用编程的方式。

学习目标：

1.理解矩阵运算的基本原理、实现步骤。

2.了解关系运算和逻辑运算及变量表达的相关内容。

3.理解M文件与M函数的相关内容。

4.掌握MATLAB程序流程控制语句相关结构、实现步骤。

2.1 矩阵的创建

在 MATLAB 中，矩阵是进行数据处理和运算的基本元素，矩阵的创建方法主要有 4种：直接输入法、利用 M 文件建立矩阵、利用其他文本编辑器建立矩阵、利用 MATLAB内置函数建立矩阵。下面将对这些方法进行介绍。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2.1.1 直接输入法

从键盘直接输入矩阵的元素是最简单的建立矩阵的方法：将矩阵的元素用方括号括起来，按矩阵行的顺序输入各元素，同一行的各元素之间用空格或逗号分隔，不同行的元素之间用分号分隔。

在此方法下创建矩阵需要注意以下规则：

（1）矩阵元素必须在“[ ]”内；

（2）矩阵的同行元素之间用空格（或“,”）隔开；

（3）矩阵的行与行之间用“;”（或回车符）隔开。

【例2-1】下面的例子是用直接输入的方法来创建矩阵的。

```
>> A=[1 21 3;42 5 6;7 8 91]
A=
   1   21   3
   42   5   6
   7   8   91
```

也可以写成以下的格式：

```
>>B=[3   5   6;
   23   56   78;
   99   87   1]
B=
   3   5   6
   23   56   78
   99   87   1
```

2.1.2 利用M 文件建立矩阵

在MATLAB中，可以利用系统自带的文本编辑调试器专门建立一

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

个M文件。

启动有关编辑程序或MATLAB文本编辑器，并输入待建矩阵，例如：

A=[13　21　56;42　5　80;7　76　91]

把输入的内容以纯文本方式存盘（设文件名为mymatrix.m）。

在MATLAB命令窗口中输入mymatrix：

```
>> mymatrix
A =
   13    21    56
   42     5    80
    7    76    91
```

运行该M文件，就会自动建立一个名为MYMAT的矩阵，可供以后使用。

2.1.3 利用其他文本编辑器建立矩阵

在MATLAB中，也可以利用其他文本编辑器来创造矩阵。例如，编辑一个文本文件：

```
16.0    3.0    2.0    9.0
5.0    10.0    11.0    8.0
9.0    6.0    7.0    12.0
4.0    15.0    14.0    1.0
```

将该文本装入dat或txt等格式的文件。

如果需要该文件，可以在命令窗口输入：

```
>> load mymatrix.dat
```

或

```
>> load mymatrix.txt
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

【例2-2】读取矩阵文件trees.tif。

```
clear all;
load trees
image(X)
```

运行结果如图2-1所示。

2.1.4 利用MATLAB内置函数建立特殊矩阵

在MATLAB中，系统内置函数可以用于建立特殊矩阵，通过这些函数，可以很方便地得到想要的特殊矩阵。系统内置创建特殊矩阵的函数如表2-1所示。

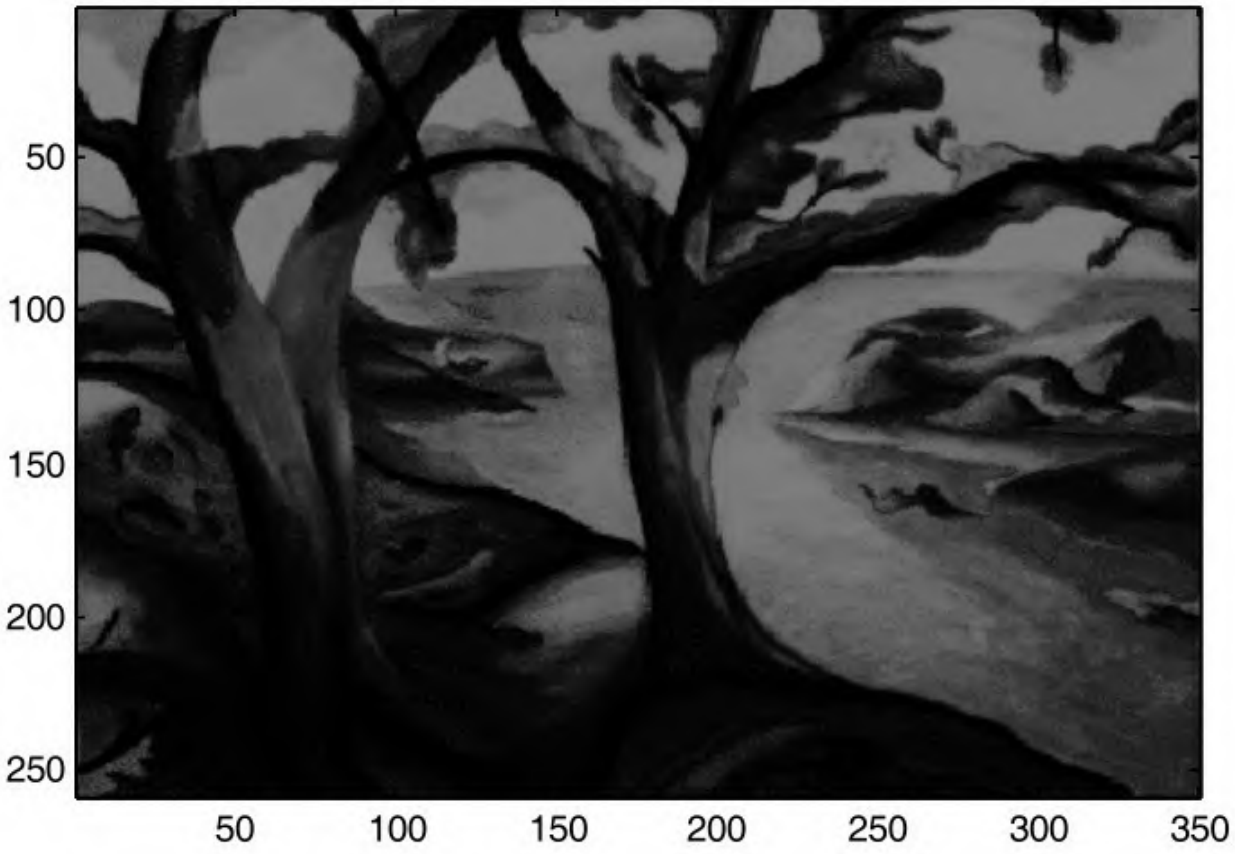


图2-1 矩阵文件图像

表2-1 系统内置的创建矩阵的特殊函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

函 数 名	功能介绍
ones()	产生全为 1 的矩阵
zeros()	产生全为 0 的矩阵
eye()	产生单位阵
rand()	产生在（0，1）区间均匀分布的随机阵
randn()	产生均值为 0，方差为 1 的标准正态分布随机矩阵
compan	伴随矩阵
gallery	Higham 检验矩阵
hadamard	Hadamard 阵
hankel	Hankel 阵
hilb	Hilbert 阵
invhilb	逆 Hilbert 阵
magic	魔方阵
pascal	Pascal 阵
rosser	经典对称特征值
toeplitz	Toeplitz 阵
vander	Vander 阵
wilknsion	wiknsion 特征值检验矩阵

【例2-3】利用几种系统内置特殊函数来创建矩阵。

```
>> Z = zeros(5,4)%产生5×4 全为0的矩阵
Z =
   0   0   0   0
   0   0   0   0
   0   0   0   0
   0   0   0   0
   0   0   0   0
>> Z = ones (5,4)%产生5×4 全为1的矩阵
Z =
   1   1   1   1
   1   1   1   1
   1   1   1   1
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
   1   1   1   1
   1   1   1   1
>> Z = eye (5,4)%产生5×4 的单位矩阵
Z =
   1   0   0   0
   0   1   0   0
   0   0   1   0
   0   0   0   1
   0   0   0   0
>> rand (5,4)%产生5×4的在（0，1）区间均匀分布的随机阵
ans =
   0.9572   0.9157   0.8491   0.3922
   0.4854   0.7922   0.9340   0.6555
   0.8003   0.9595   0.6787   0.1712
   0.1419   0.6557   0.7577   0.7060
   0.4218   0.0357   0.7431   0.0318
>>  randn(5,4)  %产生5×4的均值为0，方差为1的标准正态分布随机矩阵
ans =
   -1.0689   -0.7549   0.3192   0.6277
   -0.8095   1.3703   0.3129   1.0933
   -2.9443   -1.7115   -0.8649   1.1093
   1.4384   -0.1022   -0.0301      -0.8637
   0.3252   -0.2414   -0.1649   0.0774
>> hilb(3) % 产生3维的Hilbert阵
ans =
   1.0000   0.5000   0.3333
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    0.5000    0.3333    0.2500
    0.3333    0.2500    0.2000
>> Z = magic(3) % 产生3阶的魔方阵
Z =
    8    1    6
    3    5    7
    4    9    2
```

2.2 矩阵的拼接

两个或者两个以上的单个矩阵，按一定的方向进行连接生成新的矩阵，就是矩阵的拼接。矩阵的拼接是一种创建矩阵的特殊方法，它的基础元素是原始矩阵，目标是新的合并矩阵。

2.2.1 基本拼接

矩阵的拼接有按照水平方向拼接和按照垂直方向拼接两种方式。例如，对矩阵A和B进行拼接，拼接表达式分别如下。

水平方向拼接：C=[A B]或C=[A,B]。

垂直方向拼接：C=[A;B]。

【例2-4】把3阶魔术矩阵和3阶单位矩阵在水平方向和垂直方向上分别拼接成一个新矩阵。

```
>>clear all;
c= magic(3)%3阶魔术矩阵
d = eye (3)% 3阶单位矩阵
E =[c,d]% 水平方向上拼接
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
F =[c;d]%垂直方向上拼接
```

运行结果如下：

```
c =
   8   1   6
   3   5   7
   4   9   2
d =
   1   0   0
   0   1   0
   0   0   1
E =
   8   1   6   1   0   0
   3   5   7   0   1   0
   4   9   2   0   0   1
F =
   8   1   6
   3   5   7
   4   9   2
   1   0   0
   0   1   0
   0   0   1
```

2.2.2 拼接函数

在MATLAB中，除了使用矩阵拼接符[]外，还可以使用矩阵拼接函数来拼接函数。具体的函数和功能如表2-2所示。

表2-2 MATLAB中矩阵拼接函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

函　数	功　能
cat	指定维数拼接矩阵
horzcat	水平拼接
vertcat	垂直拼接

续表

函　数	功　能
Repmat	通过对现有矩阵的复制和粘贴操作拼接成新矩阵
blkdiag	现有矩阵构造一个块对角矩阵

【例2-5】利用cat函数在不同方向上拼接矩阵。

```
>>clear all;
A1=[1 2;3 4]
A2=[5 6;7 8]
C1=cat(1,A1,A2) %垂直拼接
C2=cat(2,A1,A2) %水平拼接
C3=cat(3,A1,A2)%三维数组
```

运行结果如下：

```
A1 =
   1   2
   3   4
A2 =
   5   6
   7   8
C1 =
   1   2
   3   4
   5   6
   7   8
C2 =
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    1    2    5    6
    3    4    7    8
C3(:,:,1) =
    1    2
    3    4
C3(:,:,2) =
    5    6
    7    8
```

2.3 MATLAB 矩阵寻访

在MATLAB中，矩阵寻访主要有下标寻访、单元素寻访和多元素寻访，下面将对其进行一一介绍。

2.3.1 下标寻访

MATLAB中矩阵的下标表示与常用的数学习惯相同，使用分别表示行和列的“双下标”（Row-Column Index），矩阵中的元素都有对应的第几行、第几列。这种表示方法简单直观，几何概念比较清晰。

【例2-6】利用上下标来寻访矩阵元素。

```
>>a=[1 2 3;4 5 6;7 8 9]
>>a(1,1)
>>a(2,2)
>>a(3,3)
a =
    1    2    3
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    4    5    6
    7    8    9
ans =
    1
ans =
    5
ans =
    9
```

2.3.2 单元素寻访

MATLAB中，必须指定两个参数，即其所在行数和列数，才能访问一个矩阵中的单个元素。例如，访问矩阵M中的任何一个单元素时，M=(row,column)。row和column 分别代表行数和列数。

【例2-7】对矩阵M进行单元素寻访。

```
>>M=randn(3)
>>x= M (1,2)
>>y= M (2,3)
>>z= M (3,3)
M =
    0.3714   -1.0891    1.1006
   -0.2256    0.0326    1.5442
    1.1174    0.5525    0.0859
x =
   -1.0891
y =
    1.5442
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
z =
    0.0859
```

2.3.3 多元素寻访

矩阵多元素的寻访，包括寻访该矩阵的某一行或某一列的若干元素，访问整行、整列元素，访问若干行或若干列的元素，以及访问矩阵所有元素等。示例如下。

M (1:k,n)：表示矩阵M 中第n 列的1～k 的元素，冒号表示矩阵中的多个元素。

N(m,:)：表示矩阵N中第m行的所有元素。

【例2-8】对矩阵M进行多元素寻访。

```
>>M=randn(4)
>>M(1,:)%访问第1行所有元素
>>M(1:3,:)%访问第1～3行所有元素
>>M(:,2) %访问第2列所有元素
>>M(:)%访问所有元素
M =
    0.1978    0.8351   -1.1480   -0.6669
    1.5877   -0.2437    0.1049    0.1873
   -0.8045    0.2157    0.7223   -0.0825
    0.6966   -1.1658    2.5855   -1.9330
ans =
    0.1978    0.8351   -1.1480   -0.6669
ans =
    0.1978    0.8351   -1.1480   -0.6669
    1.5877   -0.2437    0.1049    0.1873
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    -0.8045    0.2157    0.7223   -0.0825
ans =
    0.8351
   -0.2437
    0.2157
   -1.1658
ans =
    0.1978
    1.5877
   -0.8045
    0.6966
    0.8351
   -0.2437
    0.2157
   -1.1658
   -1.1480
    0.1049
    0.7223
    2.5855
   -0.6669
    0.1873
   -0.0825
   -1.9330
```

2.4 MATLAB 矩阵的运算

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

MATLAB　中，矩阵的运算包括＋（加）、－（减）、*（乘）、/（右除）、\（左除）、^（乘方）等运算。下面对其进行介绍。

2.4.1 矩阵加减运算

假定有两个矩阵A和B，若A和B矩阵的维数相同，则可以执行矩阵的加减运算，A和B矩阵的相应元素相加减即可，由A+B和A-B来实现矩阵的加减运算。

【例2-9】对矩阵A和B进行加减运算。

```
>>A=[5 4 6;8 9 7;3 6 4]
>>B=[9 1 7;5 6 6;5 6 8]
>>C=A+B
>>D=A-B
A =
   5   4   6
   8   9   7
   3   6   4
B =
   9   1   7
   5   6   6
   5   6   8
C =
   14    5   13
   13   15   13
   8   12   12
D =
   -4   3      -1
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
   3    3    1
   -2    0       -4
```

如果A与B的维数不相同时，例如：

```
>>A=[5 4 6;8 9 7;3 6 4]
B=[9 1 7;5 6 6;5 6 8;7 9 8]
C=A+B
D=A-B
```

则MATLAB将给出错误信息，Error: using + Matrix dimensions must agree。提示用户两个矩阵的维数不匹配。

2.4.2 矩阵乘法

假定有两个矩阵A和B，若A为m×n矩阵，B为n×p矩阵，则可以进行矩阵乘法的操作，即C=A*B为m×p矩阵。矩阵乘法需要被乘矩阵的列数与乘矩阵的行数相等。

【例2-10】矩阵的相乘。

```
>>A=[5 4 6;8 9 7;3 6 4]
>>B=[9 1 7 1;5 6 6 2;5 6 8 3]
>>C=A*B
A =
   5    4    6
   8    9    7
   3    6    4
B =
   9    1    7    1
   5    6    6    2
   5    6    8    3
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
C =
   95    65    107    31
   152    104    166    47
   77    63    89    27
```

当矩阵相乘不满足被乘矩阵的列数与乘矩阵的行数相等时，例如：

```
>>A=[5 6;8 7;3 4]
B=[9 1 7 1;5 6 6 2;5 6 8 3]
C=A*B
```

则MATLAB将给出错误信息，Error: using * Matrix dimensions must agree。提示用户两个矩阵的维数不匹配。

2.4.3 矩阵除法

矩阵除法运算中，\和/分别表示左除和右除。A\B 等效于 A 的逆左乘 B 矩阵，而 B/A等效于A矩阵的逆右乘B矩阵。左除和右除表示两种不同的除数矩阵和被除数矩阵的关系。对于矩阵运算，一般A\B≠B/A。

【例2-11】矩阵除法。

```
>>clear
>>A=[5 4 6;8 9 7;3 6 4];
>>B=[9 ;1 ;7];
>>C=A\B
C =
   -4.1538
   -0.1154
   5.0385
```

2.4.4 矩阵的乘方

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

若A为方阵，x为标量，则一个矩阵的乘方运算可以表示成A^x。

【例2-12】矩阵的乘方。

```
>>A=[5 4 6;8 9 7;3 6 4];
>>B=A^2
>>C= A^3
B =
   75    92    82
   133    155    139
   75    90    76
C =
   1357       1620       1422
   2322       2761       2439
   1323       1566       1384
```

若D不是方阵：

```
D= A=[5 4 6;8 9 7]
B=D^2
```

则MATLAB将给出错误信息“Error: The expression to the left of the equals sign is not a valid target for an assignment”。

2.4.5 矩阵的行列式

矩阵的行列式是一个数值。在MATLAB中，det函数用于求方阵A所对应的行列式的值。

【例2-13】求矩阵的行列式。

```
>>A=[5 4 6;8 9 7;3 6 4]
>>det(A)
A =
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    5    4    6
    8    9    7
    3    6    4
ans =
    52
```

2.4.6 矩阵的秩

矩阵线性无关的行数与列数称为矩阵的秩。在MATLAB中，rank函数用于求矩阵的秩。

【例2-14】求矩阵的秩。

```
>>A=[5 4 6;8 9 7;3 6 4]
>>rank(A)
A =
    5    4    6
    8    9    7
    3    6    4
ans =
    3
```

2.4.7 矩阵的逆

对于一个方阵A，如果存在一个与其同阶的方阵B，使得A*B=B*A=I（I为单位矩阵），则称B为A的逆矩阵，当然，A也是B的逆矩阵。

求一个矩阵的逆是一件非常烦琐的工作，容易出错，但在MATLAB中，求一个矩阵的逆非常容易，inv函数用于求方阵的逆矩阵。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

【例2-15】求矩阵的逆。

```
>>A=[1 2 3;5 5 6;7 7 9];
>>inv(A)
ans =
   -1.0000   -1.0000    1.0000
    1.0000    4.0000   -3.0000
    0.0000   -2.3333    1.6667
```

2.4.8 矩阵的迹

矩阵的迹等于矩阵的特征值之和。在MATLAB中，trace函数用来求矩阵的迹。

【例2-16】求矩阵的迹。

```
>>A=[1 2 3;4 5 6;7 8 9]
>>rank(A)
A =
    1    2    3
    4    5    6
    7    8    9
ans =
    2
```

2.4.9 矩阵的范数及其计算函数

在MATLAB中，cond函数用于计算矩阵的范数。该函数的调用方法如下。

cond(A,1)：表示计算A的1-范数下的条件数。

cond(A)或cond(A,2)：表示计算A 的2-范数数下的条件数。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

cond(A,inf)：表示计算A 的 ∞-范数下的条件数。

【例2-17】为求矩阵的范数。

```
>>A=[5 4 6;8 9 7;3 6 4];
X1=cond(A,1)
X2=cond(A)
X3=cond(A,inf)
```

运行结果如下：

```
X1 =
   19
X2 =
   14.9448
X3 =
   24
```

2.4.10 矩阵的特征值与特征向量

在MATLAB中，eig函数用于计算矩阵的特征值和特征向量。该函数调用方法如下。

E=eig(A)：表示求矩阵A的全部特征值，构成向量E。

[V,D]=eig(A)：表示求矩阵A的全部特征值，构成对角阵D，并求A的特征向量构成V的列向量。

[V,D]=eig(A, ‘nobalance’)：与第2 种格式类似，但第2 种格式中先对A 作相似变换后再求矩阵A的特征值和特征向量，而格式3是直接求矩阵A的特征值和特征向量的。

【例2-18】求矩阵的特征值和特征向量。

```
>>A=rand(3,3)
x1=eig(A)
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

[V,D]=eig(A)

Y1= V*A

Y2= V*D

运行结果如下：

A =

0.3922 0.7060 0.0462

0.6555 0.0318 0.0971

0.1712 0.2769 0.8235

x1 =

-0.4960

1.0481

0.6954

V =

0.6174 -0.4576 -0.3467

-0.7822 -0.3723 -0.2087

0.0841 -0.8075 0.9145

D =

-0.4960 0 0

0 1.0481 0

0 0 0.6954

Y1 =

-0.1171 0.3253 -0.3015

-0.5865 -0.6219 -0.2441

-0.3398 0.2869 0.6785

Y2 =

-0.3062 -0.4796 -0.2411

0.3879 -0.3902 -0.1451

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

-0.0417　-0.8463　0.6359

2.5 关系运算和逻辑运算

在MATLAB中，提供了关系运算符和逻辑运算符，如表2-3和表2-4所示，主要用于基于真/假命题的各类MATLAB命令的流程和执行次序。

作为所有关系和逻辑表达式的输入，MATLAB把任何非零数值当作真，把零当作假。所有关系和逻辑表达式的输出，对于真，输出为1；对于假，输出为0。

表2-3 关系运算符

符　号	功　能	符　号	功　能
<	小于	>=	大于等于
<=	小于等于	==	等于
>	大于	~=	不等于

表2-4 逻辑运算符

&	与
|	或
~	非

关系运算表达式和逻辑运算表达式的基本语法结构为：

logicalvalue＝variable1 关系运算符 varialble2；

logicalvalue＝logical expression 1 逻辑运算符 logical expression 2

MATLAB关系操作符能用来比较两个同样大小的数组，或用来比较一个数组和一个标量。例如，

```
>>A=1:8, B=8-A
>>tf=A>4
A =
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
   1   2   3   4   5   6   7   8
B =
   7   6   5   4   3   2   1   0
tf =
   0   0   0   0   1   1   1   1
```

注意，“=”和“==”意味着两种不同的事：“==”表示比较两个变量，当它们相等时返回1，当它们不相等时返回0；“=”表示将运算的结果赋给一个变量。

例如：

```
>>C=(A==B)
C =
   0   0   0   1   0   0   0   0
```

逻辑操作符提供了一种组合或否定的关系表达式。

例如：

```
>>A=1:9;B=9-A;
tf1=A>4
tf2=～(A>4)% 找出A大于4
tf3=(A>2)&(A<6)
tf1 =
   0   0   0   0   1   1   1   1   1
tf2 =
   1   1   1   1   0   0   0   0   0
tf3 =
   0   0   1   1   1   0   0   0   0
```

2.6 MATLAB 变量及表达式

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在MATLAB中，可以直接对某变量进行赋值并运算，而不需要事先对变量的类型及其大小进行定义。

2.6.1 数值的表示

MATLAB 中数值的表示采用习惯的十进制，可以带小数点或负号。例如，以下输入都是合法的：

200 -11.1 0.001

科学计数法采用字符e来表示10的幂。例如：

9.45e2 1.26e3 -2.1e-5

虚数的扩展名为i或者j。例如：

2i 3ej -3.14j

在采用IEEE浮点算法的计算机上，实数的数值范围大致为10^{-308}～10^{308}。

在MATLAB中输入同一数值时，有时会发现，在命令窗口中显示数据的形式有所不同。例如，0.3有时显示为0.3，但有时会显示0.300。这是由数据显示格式不同造成的。

在一般情况下，MATLAB内部每一个数据元素都是用双精度数来表示和存储的，数据输出时用户可以用format命令设置或改变数据输出格式。表2-5揭示了不同种类的数据显示格式。

表2-5 数据显示格式

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

格　式	说　明
format	短格式（缺省显示格式），只显示 5 位。例如：3.1416
format short	短格式（缺省显示格式），只显示 5 位。例如：3.1416
format long	长格式，双精度数 15 位，单精度数 7 位。例如：3.14159265358979
format short e	短格式 e 方式，只显示 5 位。例如：3.1416e+000
format long e	长格式 e 方式。例如：3.141592653589793e+000
format short g	短格式 g 方式（自动选择最佳表示格式），只显示 5 位。例如：3.1416
format long g	长格式 g 方式。例如：3.14159265358979
format compact	压缩格式。变量与数据之间在显示时不留空行
format loose	自由格式。变量与数据之间在显示时留空行
format hex	十六进制格式表示。例如：400921fb54442d18

【例2-19】利用不同数据格式显示pi（圆周率）的值。

```
>>pi
ans =
   3.1416
>> format long
>> pi
ans =
   3.141592653589793
>> pi
ans =
   3.141592653589793
>> format short e
>> pi
ans =
   3.1416e+00
>> format long g
>> pi
ans =
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    3.14159265358979
>> format hex
>> pi
ans =
    400921fb54442d18
```

2.6.2 变量的表示

在MATLAB中，当遇到某个新变量时，会自动产生一个变量并配备一个适当的存储空间；若变量已存在，则自动进行相应的替换。例如：

```
>> eps
ans =
    2.2204e-16
>> eps=3.3
eps =
    3.3000
>> eps =eps +1
eps =
    4.3000
```

MATLAB中所有的变量都是用矩阵形式来表示的，即所有的变量都表示一个矩阵或者一个向量。其命名规则如下：

（1）变量名对大小写区分，例如，SIN与sin为两个不同的变量名；

（2）变量名的第一个字符必须为英文字母，且其长度不能超过31个字符；

（3）变量名可以包含下连字符、数字，但不能包含空格符、标

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

点。

注意：以下关键字不能用作变量。用户可以在命令窗口输入 iskeyword 列出这些关键字。

```
>> iskeyword
ans =
    'break'
    'case'
    'catch'
    'classdef'
    'continue'
    'else'
    'elseif'
    'end'
    'for'
    'function'
    'global'
    'if'
    'otherwise'
    'parfor'
    'persistent'
    'return'
    'spmd'
    'switch'
    'try'
    'while'
```

例如，在命令窗口输入while=1，系统会出现警告。

Error: The expression to the left of the equals sign is not a valid target

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

foran assignment.

表2-6为系统自定义的一些特殊的变量。

表2-6 系统中的特殊变量

特殊变量	说　明
ans	默认变量名
pi	圆周率
realmin	最小的正实浮点数
realmax	最大的正实浮点数
bitmax	最大正整浮点数
inf	无穷大
eps	浮点运算相对精度
nan	非数，即结果不能确定

2.7 符号运算

在MATLAB中，符号数学工具箱（Symbolic Math Toolbox）用于实现符号运算。和别的工具箱有所不同，该工具箱不是基于矩阵的数值分析，而是使用字符串来进行符号分析与运算的。

2.7.1 创建符号变量

参与符号运算的整个过程的是符号变量，即使在符号运算中所出现的数字也按符号变量处理。MATLAB中，sym和syms函数用于建立符号变量。

使用前应先对其予以声明，然后再使用符号变量。sym函数调用方法如下：

sym ('变量名')

例如：sym（' y '）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

syms函数调用方法如下：

syms　　变量名列表（每个变量名需用空格分隔，而不能用逗号分隔）

例如：syms x a。

经上述定义后，x，y，a已成为符号变量。

MATLAB中的符号表达式和符号方程是两种不同的操作对象。它们的区别在于：符号表达式不包含等号“=”，而符号方程必须带等号。例如：A=' sin(x)^2 ' 表示符号表达式；Bq=' a*x^2+b*x+c=0 '表示符号方程。

2.7.2 数值与符号的转换

在MATLAB中，可利用Sym函数将数值结果转换为符号表达式。调用方法如下。

Sym(r,' f ')：表示返回符号浮点表示式。

Sym(r,' r ')：表示返回符号有理数表示式。

Sym(r,' e ')：表示返回符号有理数表示式。

Sym(r,' d ')：表示返回符号十进制小数。

2.7.3 数值矩阵转换为符号矩阵

在MATLAB中，必须事先定义符号矩阵，然后才能对矩阵进行符号运算。将数值矩阵转换成符号矩阵的调用格式为：

Sym(矩阵名)

【例2-20】将数值矩阵A转成了符号矩阵。

```
>> A=hilb(3)
A =
   1.0000    0.5000    0.3333
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    0.5000    0.3333    0.2500
    0.3333    0.2500    0.2000
>> A=sym(A)
A =
[ 1 , 1/2, 1/3]
[ 1/2, 1/3, 1/4]
[ 1/3, 1/4, 1/5]
```

2.7.4 符号替换

在 MATLAB 中，subs 函数用于符号变量的替换，该命令适用单个符号矩阵、符号表达式、符号代数方程和微分方程中的变量替换，该函数的调用方法如下。

subs(S, new)：表示用新变量new 替换S 中的默认变量。

subs(S, new, old)：表示用新变量new替换S 中的指定变量old。

如果新变量是符号变量，则必须将新变量名以' new' 形式给出。

【例2-21】以符号变量'5'替换符号表达式f 中的'A' 。

```
>> f=sym('sin(1/3*A*pi)');
>> subs(f, '5','A')
ans =
sin((pi*A)/3)
```

在ans中，2仍然是符号变量。

2.7.5 常用的符号运算

符号变量和数字变量之间可以转换，也可以用数字代替符号得到数值。符号运算的种类很多，出于篇幅的考虑，下面仅对常用的符号运算进行介绍，其他的使用方法大同小异。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1.diff函数

在MATLAB中，diff函数是用于求微分的符号函数。该函数的调用方法如下。

diff(f)：表示对符号表达式f进行微分运算。

diff(f,a)：表示f对指定变量a进行微分运算。

diff(f,a,n)：表示计算f对默认变量或指定变量a 的n 阶导数，n 是正整数。

【例2-22】对符号进行微分运算。

```
>>syms x n              %定义符号变量x和n
>>f=x^n;               %定义符号表达式 f
>>diff(f,x)            %符号表达式 f对x求导
>>diff(f,n)            %注意，是 f对符号变量n求导
>>df2=diff(f,x,2)          %计算 f对符号变量x的二阶导数
ans =
   n*x^(n-1)
ans =
   x^n*log(x)
df2 =
   n*x^(n-2)*(n-1)
```

2.int函数

在MATLAB中，int函数是用于求积分的符号函数。该函数的调用方法如下。

int(f)：表示对于符号变量f代表的符号表达式，求f关于默认变量的不定积分。

int(f,v)：表示计算f关于变量v的不定积分。

int(f,a,b)或int(f,v,a,b)：表示计算f关于默认变量或指定变量v从a到b的定积分。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

【例 2-23】对于函数$s(x, y)=xe^{-xy}$，先求 s 关于 x 的不定积分，再求所得结果关于 y的不定积分。

```
>>syms x y
s='x*exp(-x*y)';
f=int(int(s),y)
```

运行结果如下：

```
f =1/y*exp(-x*y)
```

3.simplify与simple函数

在MATLAB中，simplify 函数用于包含和式、根式、分数、乘方、指数、对数、三角函数等的表达式的化简；simple 函数用于寻找最少字符的表达式。

4.solve函数

在MATLAB中，solve函数用于解代数方程组，该函数的调用方法如下：

```
solve(S1,S2)
```

其中，S1，S2是方程的符号表达式。

例如，求解方程组$\begin{cases} x^2y^2=0 \\ x-\dfrac{y}{2}=\alpha \end{cases}$。

```
syms x y alpha
[x,y] = solve(x^2*y^2,x-y/2-alpha)
```

运行后将返回符号变量x、y的解，各4个。返回的解即使是数字量，也仍然是符号变量。

5.limit函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在MATLAB中，limit是用于求极限的符号函数。该函数的调用方法如下。

limit (F,x,a)：表示取符号表达式F 在 x 趋于a时的极限。

limit (F,a)：表示按前面说过的规定自动搜索F中的符号变量，求其趋于a时F的极限。

limit (F)：表示指定了 a = 0 为极限点。

limit (F,x,a, ‘right’) 或 LIMIT(F,x,a, ‘left’)：表示规定了x 趋于a 的方向，也即用于取左极限或右极限。

6.dsolve函数

在MATLAB中，dsolve函数既可以解符号微分方程，也可以解普通微分方程。由于规定用符号“D”表示微分，“D2，D3，…，Dn”相应表示2阶，3阶，…，n阶微分。如不加声明，则默认符号变量为t。D2y代表 $\frac{d^2y}{dt^2}$，Dy代表 $\frac{dy}{dt}$。在解微分方程时，D不用作符号变量。如果还有初始条件，则需作另外的方程说明。

【例2-24】利用dsolve函数解微分方程。

```
>> y = dsolve('Dy=1+y^2','y(0)=1')%符号变量y对默认变量t的一阶方程。
y =
tan(pi/4 + t)
```

2.8 M 文件与 M 函数

MATLAB输入命令的常用方式有两种：一种是直接在MATLAB的命令窗口中逐条输入MATLAB命令；一种是M文件工作方式。当命令行

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

很简单时，使用逐条输入方式还是比较方便的，但当命令行很多时（比如说几十行甚至成百上千行），显然再使用这种方式输入MATLAB命令，就会显得杂乱无章，不易于把握程序的具体走向，并且给程序的修改和维护带来很大的麻烦。这时，建议采用MATLAB命令的第2种输入形式——M文件工作方式。

M文件工作方式，指的是将要执行的命令全部写在一个文本文件中，这样既能使程序显得简洁明了，又便于对程序进行修改与维护。M文件直接采用MATLAB命令编写，就像在MATLAB的命令窗口直接输入命令一样，因此调试起来十分方便，并且增强了程序的交互性。

M文件与其他文本文件一样，可以在任何文本编辑器中进行编辑、存储、修改和读取。

利用M文件还可以根据自己的需要编写一些函数，这些函数也可以像MATLAB提供的函数一样进行调用。从某种意义上说，这也是对MATLAB的二次开发。

M文件有两种形式，一种是命令方式或称脚本方式，另一种是函数文件形式。两种形式的文件扩展名均是.m。

2.8.1 M文件

当遇到输入命令较多以及要重复输入命令的情况时，利用命令文件就显得很方便了。将所有要执行的命令按顺序放到一个扩展名为.m 的文本文件中，每次运行时只需在 MATLAB的命令窗口输入M文件的文件名就可以了。MATLAB中M文件的命名规则如下。

（1）文件名命名要用英文字符，第一个字符不能是数字。

（2）文件名不要取为 MATLAB 的固有函数名，M 文件名的命名尽量不要是简单的英文单词，最好是由大小写英文/数字/下划线等组成。原因是简单的单词命名容易与MATLAB内部函数名同名，结果会

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

出现一些莫名其妙的错误。

（3）文件存储路径一定要为英文

（4）M文件的命名不能为两个单词，如three　phase，而应该写成three_phase或者Three Phase。

需要注意的是，M文件最好直接放在MATLAB的默认搜索路径下（一般是MATLAB安装目录的子目录work中），这样就不用设置M文件的路径了，否则应当用路径操作指令path 重新设置路径。另外，M 文件名不应该与 MATLAB 的内置函数名以及工具箱中的函数重名，以免发生执行错误命令的现象。

MATLAB对命令文件的执行等价于从命令窗口中顺序执行文件中的所有指令。命令文件可以访问MATLAB工作空间里的任何变量及数据。

命令文件运行过程中产生的所有变量都等价于从MATLAB工作空间中创建这些变量。因此，任何其他命令文件和函数都可以自由地访问这些变量。这些变量一旦产生就会一直保存在内存中，只有对它们重新赋值，它们的原有值才会变化。关机后，这些变量也就全部消失了。另外，在命令窗口中运行clear命令，也可以把这些变量从工作空间中删去。当然，在MATLAB的工作空间窗口中也可以用鼠标选择想要删除的变量，从而将这些变量从工作空间中删除。

接下来，编写一个名为test.m的命令文件，用来计算矩阵1到100的和，并把它放到变量s中。

（1）在MATLAB主菜单中选择菜单命令File → New → script，如图2-2所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

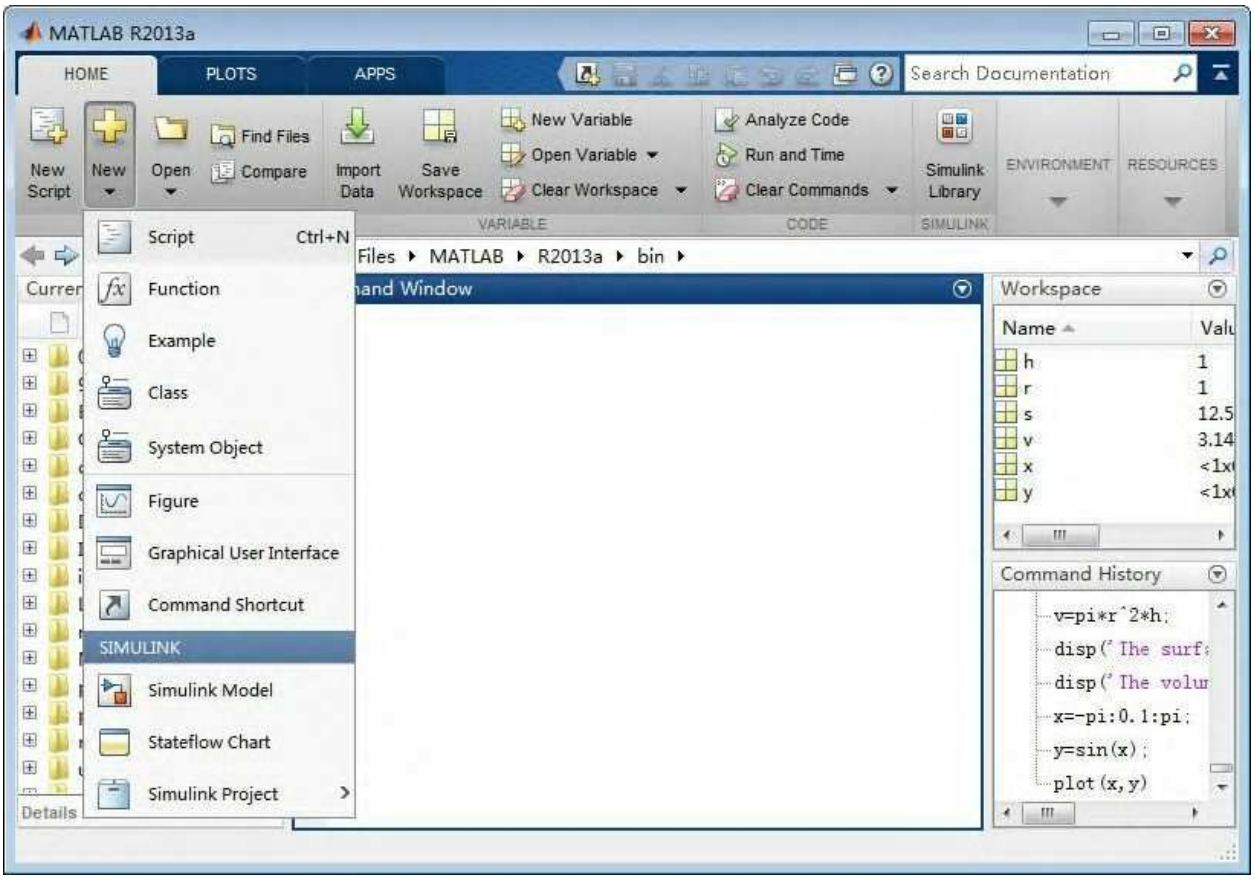


图2-2 创建新的M-文件

（2）编写代码。在接下来出现的编辑框中输入相应的代码，如图2-3所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

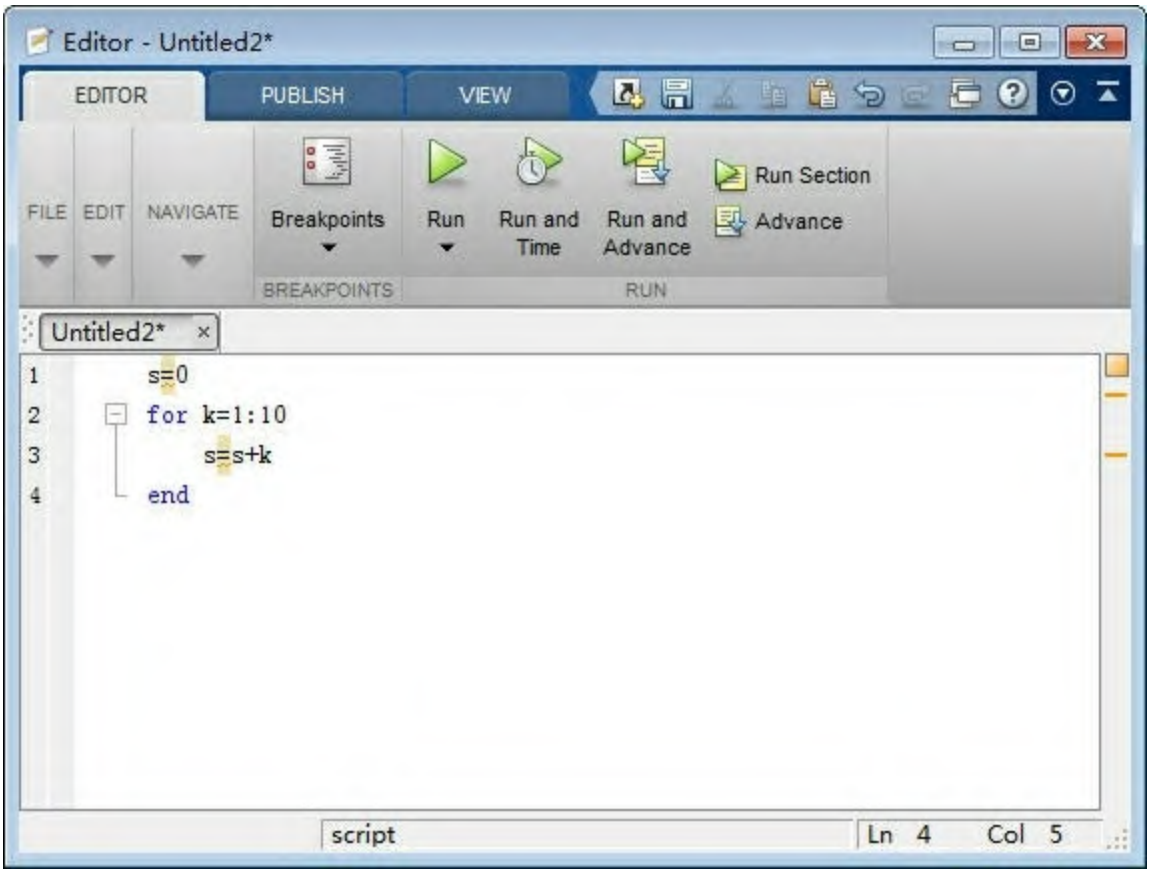


图2-3 M文件代码编辑框

（3）保存。选择编辑框中的菜单命令File → Save，此时会弹出一个保存文件的对话框，将文件名中的Untitled.m改成test，单击“保存”按钮。

（4）M文件的使用。回到MATLAB的主界面，在命令窗口输入如下命令：

```
>>test
s =
   0
s =
   1
s =
   3
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
s =
    6
s =
    10
s =
    15
s =
    21
s =
    28
s =
    36
s =
    45
s =
    55
```

2.8.2 M函数

M函数文件是一个特殊的M文件，其常见格式如下。

Funcdon：表示返问变量列表＝函数名（输入变量列表）。

需要说明的是，这里输入变量的个数以及输出变量的个数是由MATLAB本身提供的两个保留变量nargin 和nargout 给出的，它们分别是NuMber of function input arguMents 和NuMber of function output arguMents 的缩写形式。

输入变量要用逗号隔开，输出变量多于1个时，要用方括号括起来。用户可以借助于help命令显示其中的注释说明语句段。通过这样的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

方法就可以建立函数文件或者M函数，其调用方法与MATLAB函数的调用方法相同。

函数文件相当于对MATLAB 进行了二次开发。它与其他高级语言子函数的作用基本相同，都是为了实现特定目的而由用户自己编写的子函数。

函数文件与命令文件有着鲜明的区别。

（1）函数文件的第一行必须包含function字符，命令文件无此要求。

（2）函数文件的第一行必须指定函数名、输入参数及输出参数，命令文件无此要求。

（3）一个函数文件可以含0个、1个或多个输入参数和返回值。

（4）函数文件要在文件的开头定义函数名，如function [y1,y2]=func(x,a,b,c)，该函数文件名必须存为func.m，而命令文件无此要求。

（5）命令文件的变量在文件执行结束以后仍然保存在内存中而不会丢失，而函数文件的变量仅在函数运行期间有效（除非用global把变量说明成全局变量，否则函数文件中的变量均为局部变量），当函数运行完毕后，这些变量也就消失了。

需要说明的是，调用函数时所用的输入输出变量名并不要求与编写函数文件时所用的输入输出变量名相同。

【例2-25】函数文件的创建以及函数的调用。

（1）执行菜单命令File → New → screpl，弹出一个编辑框。

（2）在编辑框中输入如下代码：

```
>>function y=func(x)
if abs(x)<1
   y=sqrt(1-x^2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
else
   y=x^2-1;
end
```

此段代码对应于分段函数

$$y=\begin{cases}\sqrt{1-x^2} & |x|<1\\ x^2-1 & |x|\geqslant 1\end{cases}$$

，如图2-4所示。

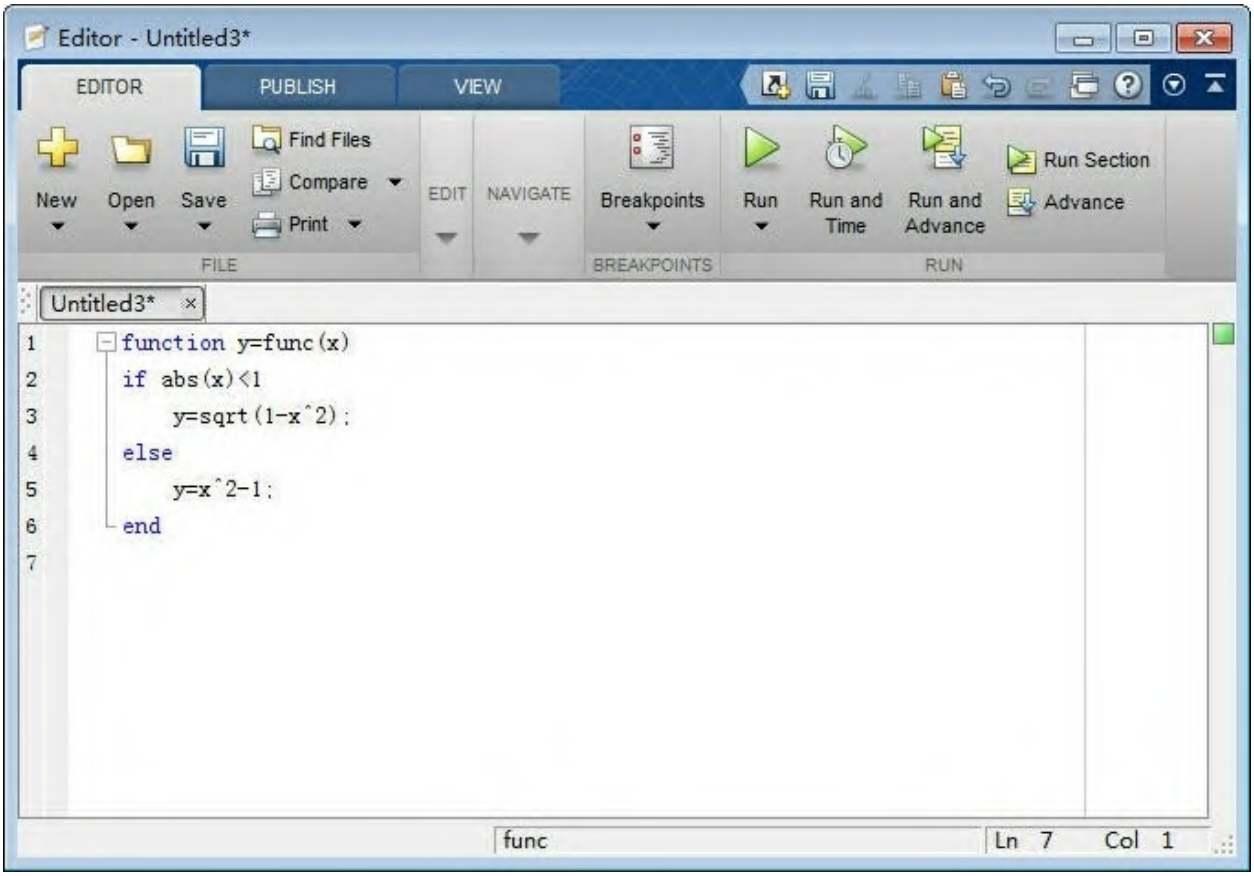


图2-4 代码编辑框

（3选择编辑框中的菜单命令File → Save，弹出对话框。注意，不要修改文件名，直接单击“保存”按钮。

（4）调用。在MATLAB的命令窗中输入命令：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

>>fplot('func(x)',[-3,2])

运行结果如图2-5所示。

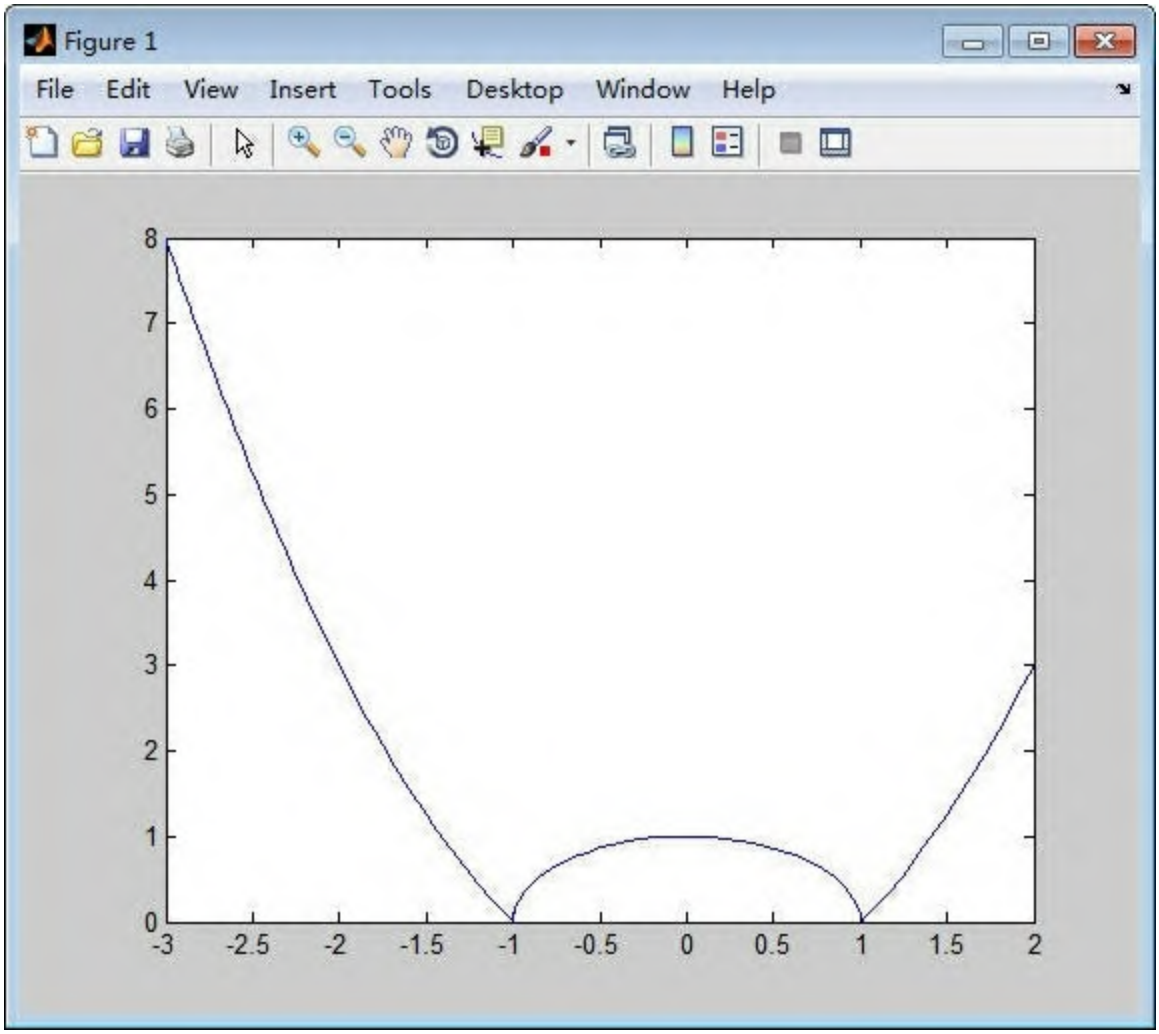


图2-5 函数的图形

2.9 MATLAB 程序设计

在MATLAB中，提供了很多程序流程控制语句，如数据的输入输出、顺序结构、判断语句、分支语句、循环语句以及其他流程控制函数。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2.9.1 数据的输入和输出

MATLAB中提供的用于数据输入和输出的函数分别为input函数和disp函数，下面将对其进行介绍。

1.数据的输入

在MATLAB中，input函数用于实现数据的输入，该函数的调用格式为：

A=input (提示信息，选项)

其中，提示信息是一个字符串，用于提示用户输入什么样的数据。

A=input('A= ')

如果在input函数调用时采用's'选项，则允许用户输入一个字符串。例如，想输入一个人的姓名，可采用如下命令：

question = input ('What's your name?', 's')

2.数据的输出

在MATLAB中，disp函数用于实现数据的输出，该函数的调用格式为：

disp(输出项)

其中输出项既可以为字符串，也可以为矩阵。

当用disp函数显示矩阵时，将不显示矩阵的名字，而且其格式更紧密，且不留任何没有意义的空行。

【例2-26】求一元二次方程$ax^2+bx+c=0$的根。

```
a=input('a=');
b=input('b=');
c=input('c=');
d=b*b-4*a*c;
x=[(-b+sqrt(d))/(2*a), (-b-sqrt(d))/(2*a)]
disp(['x1=',num2str(x(1)),',x2=',num2str(x(2))]);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2.9.2 顺序结构

顺序结构是最简单的程序结构，系统在编译程序时，按照程序的物理位置顺序执行。这种程序的优点是容易编制，缺点是结构单一、能够实现的功能有限。例如：

```
>>r=1;
h=1;
s=2*r*pi*h + 2*pi*r^2;
v=pi*r^2*h;
disp('The surface area of the colume is:'),disp(s);
disp('The volume of the colume is:'),disp(v);
```

运行结果如下：

```
The surface area of the colume is:
   12.5664
The volume of the colume is:
   3.1416
```

2.9.3 判断语句

在 MATLAB 中，判断语句可以使程序中的一段代码只在满足一定条件时才执行。if与else或elseif连用，偏向于是非选择，当某个逻辑条件满足时执行if后的语句，否则执行else语句。

1.结构为if…end

当程序只有一个判断语句时，可以选择if…end结构，此时程序结构为：

```
if 表达式
   执行程序块
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
end
```

只有一个判断语句，其中的表达式为逻辑表达式，当表达式为真时，执行相应的语句，否则，直接跳到下一段语句。语句中的end是决不可少的，没有它，在逻辑表达式为0时，就找不到继续执行程序的入口。

【例2-27】判断输入的两个参数a和b是否都大于0，是则返回“a和b都大于0”，否则不返回，程序最后返回“否”。

```
>>a=input('a=');
b=input('b=');
if a > 0 & b>0
   disp(' a 和b都大于0');
end
disp('否');
```

2.结构为if…else…end

当程序有两个选择时，可以选择 if…else…end 结构，此时程序结构为：

```
if 表达式
   执行程序块1
else
   执行程序块2
end
```

当判断表达式为真时，执行程序块1，否则执行程序块2。

【例2-28】判断输入的两个参数a和b是否都大于0，是则返回“a和b都大于0”，如果不全大于0，则显示“a和b不全都大于0”。

```
>>a=input('a=');
b=input('b=');
if a > 0 & b>0
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    disp(' a 和b都大于0');
else
    disp(' a 和b不全都大于0');
end
```

下面的例子为分段函数值的计算。

```
>>x=input('请输入x的值:');
if x<=0
    y= (x+sqrt(pi))/exp(3);
else
    y=log(x+sqrt(1+x*x))/3;
end
```

3.结构为if…elseif…else…end

当程序的判断包含多个选择时，可以采用if…elseif…else…end结构，此时程序结构为：

```
if 表达式1
    执行程序块1
elseif 表达式2
    执行程序块2
elseif ...
...
...
else
    执行程序块
end
```

其中，可以包含任意多个 elseif 语句。

【例2-29】判断输入学生成绩的所属等级：60以下不合格，60～70中等，70～89良好，90以上优秀。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
>>n=input('input the score:')
if n>=0 & n<60
   A='不合格'
elseif n>=60 & n<70
   A='中等'
elseif n>=70 & n<89
   A='良好'
elseif n>=90 &n<100
   A='优秀'
else
   A='输入错误'
end
```

2.9.4 分支语句

在MATLAB 中，还提供了的另一种多选择语句，即分支语句。分支语句的结构为：

```
switch 分支语句
   case 条件语句
      执行程序块
   case {条件语句1, 条件语句2, 条件语句3, ...}
      执行程序块
   otherwise
      执行程序块
end
```

其中，分支语句为一个变量（数值或者字符串变量），如果该变量的值与某一条件相符，则执行相应的语句，否则，执行 otherwise 后面

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的语句。在每一个条件中，可以包含一个条件语句，也可以包含多个条件，当包含多个条件时，以单元数组的形式表示条件。

【例2-30】任意底的对数的实现。

```
>>A=input('底');
B=input('对数值');
switch a
   case exp(1)
      y = log(B);
   case 2
      y = log2(B);
   case 10
      y = log10(B);
   otherwise
      y = log(B)/log(A);
end
```

【例2-31】某商场对顾客所购买的商品实行打折销售，标准为：小于200（没有折扣），200～500（5%折扣），500～1 000（8%折扣），1 000～2 500（15%折扣），2 500～5 000（20%折扣），大于等于5 000（25%折扣）。输入所售商品的价格，求其实际销售价格。

```
>>p=input('输入商品价格');
switch fix(p/100)
   case {0,1}          %小于200
   r=0;
case {2,3,4}       %200～500
   r=5/100;
case num2cell(5:9)       % 500～1 000
   r=8/100;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
case num2cell(10:24)    % 1 000～2 500
   r=15/100;
case num2cell(25:49)    % 2 500～5 000
   r=20/100;
otherwise           %大于等于5 000
   r=25/100;
end
p=p*(1-r)           %输出商品实际销售价格
```

2.9.5 for循环语句

在MATLAB中，for语句调用的基本格式如下：

```
for index=初值：增量：终值
   语句组A
end
```

其中，A为循环体。

此语句表示把语句组A反复执行N次。循环次数N（需要预先指定）为：N＝1+（终值-初值）/增量。在每次执行时程序中的index的值按“增量”增加。

【例2-32】用循环求解 1+2+…+99+100。

```
>>s=0;
for k=1:100
   s=s+k;
end
```

计算 $\sum_{k=1}^{100}\frac{1}{2^{k+2}}$ 的值。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
>>s=0;
for k=1:100
   s=s+1/2^(k+2);
end
```

2.9.6 for语句的嵌套

for语句的嵌套也称为循环的嵌套，或称为多重循环结构，是指一个循环结构的循环体又包括一个循环结构。

【例2-33】建立一个100阶数组，数组中的每一个元素A(k, n)满足A(k, n)=1/(k+n-1)。

```
>>for k=1:100
   for n=1:100
      A(k, n)=1/(k+n-1);
   end
end
```

2.9.7 while 循环语句

在 MATLAB 中，while 语句用于将相同的程序块执行多次（次数不需要预先指定），当条件表达式为真时，执行程序块，直到条件表达式为假。

while 语句的结构为：

```
while 表达式
   执行程序块
end
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

【例2-34】用循环求解最小的m，使其满足 $\sum_{i=1}^{m} i > 100$ 。

```
>>s=0;
  m=0;
  while (s<=100)
     m=m+1;
     s=s+m;
  end
```

2.10 本章小结

本章介绍了最基本、最具代表性的矩阵运算，其他的运算与之相似，读者可自行学习，熟练掌握。本章还简单地介绍了关系运算和逻辑运算、变量及表达式、符号运算、数据的输入和输出、M文件与M函数。最后本章又介绍了MATLAB程序控制相关知识，以为之后的图像处理编程打下基础。读者应该通过仔细阅读来掌握本章的重点内容。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第3章 图形绘制

MATLAB 不但擅长于矩阵的数值运算，其还是一个强大的绘图工具，它的绘图功能很强，不仅可以绘制普通函数的二维、三维图形，而且可以绘制专业图像，如直方图、饼图等。由于系统采用面向对象的技术和丰富的矩阵运算，所以在图形绘制方面既方便又高效。本章将介绍绘制二维图形和三维图形的几种常用的方法。

学习目标：

1.理解二维图像和三维图像绘制的基本原理、实现步骤。

2.了解二维图像和三维图像绘制对特殊图形的绘制。

3.1 二维绘图

MATLAB语言在处理二维绘图方面是很好的工具，它既能简易地写出表达式，又能绘制相关曲线，非常方便实用。另外，利用其可减少工作量，节约时间，加深理解，同样可以培养应用能力。下面将对二维绘图进行介绍。

在MATLAB中通用图形函数命令主要有figure、subplot、hold、axis，以及close函数，下面将分别对这些函数进行介绍。

1.figure函数

figure 函数用于创建一个新的图形对象。图形对象为在屏幕上单独的窗口，在窗口中可以输出图形。该函数的用法如下。

figure：表示用缺省的属性值创建一个新的图形对象。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2.subplot函数

subplot函数用于生成与控制多个坐标轴。把当前图形窗口分隔成几个矩形部分，不同的部分是按行方向以数字进行标号的。每一部分有一坐标轴，后面的图形输出于当前的部分中。该函数的用法如下。

subplot(m,n,p)：表示将一图形窗口分成m×n个小窗口，在第p个小窗口中创建一坐标轴。

【例3-1】利用subplot函数绘制多项式函数在不同坐标系下的图形。

```
x=-3:0.1:1;
y=x.^2+2*x+3;   % 多项式函数
subplot(1,2,1),
plot(x,y)
subplot(1,2,2),
plot(y,x)
```

运行结果如图3-1所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

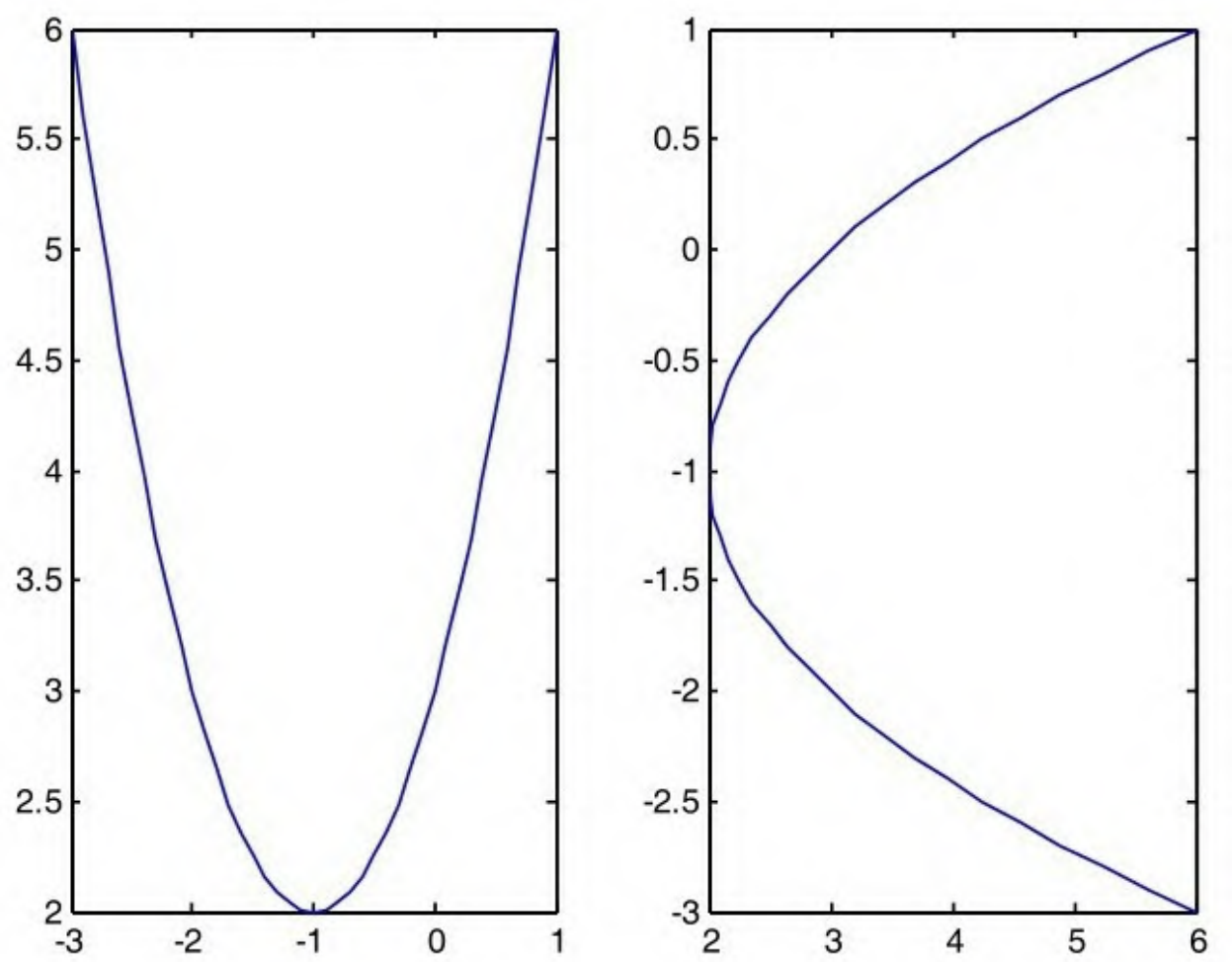


图3-1 多项式函数在不同坐标系下的图形

3.hold函数

hold 函数用于保持当前图形窗口中的图形。该命令用来决定是在当前坐标轴中只能增加新的图形对象还是可以覆盖原有图形对象。该函数的用法如下。

hold on：表示保留当前图形与当前坐标轴的属性值，后面的图形命令只能在当前存在的坐标轴中增加图形。当新图形的数据范围超出了当前坐标轴的范围时，命令会自动地改变坐标轴的范围，以适应新图形。

hold off：表示在画新图形之前，重新设置坐标轴的属性为缺省值。

4.axis函数

axis函数用于坐标轴的刻度与外在的显示，该函数的用法如下。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

axis([xmin,xmax,ymin,ymax])：表示设置当前坐标轴的x轴与y轴的范围。

【例3-2】用axis([xmin,xmax,ymin,ymax])函数确定坐标轴的范围。

```
x=linspace(0,2*pi,100);
plot(x,sin(x),'cs',x,cos(x),'g*')
axis([0,6.3,-1.2,1.2])
```

运行结果如图3-2所示。

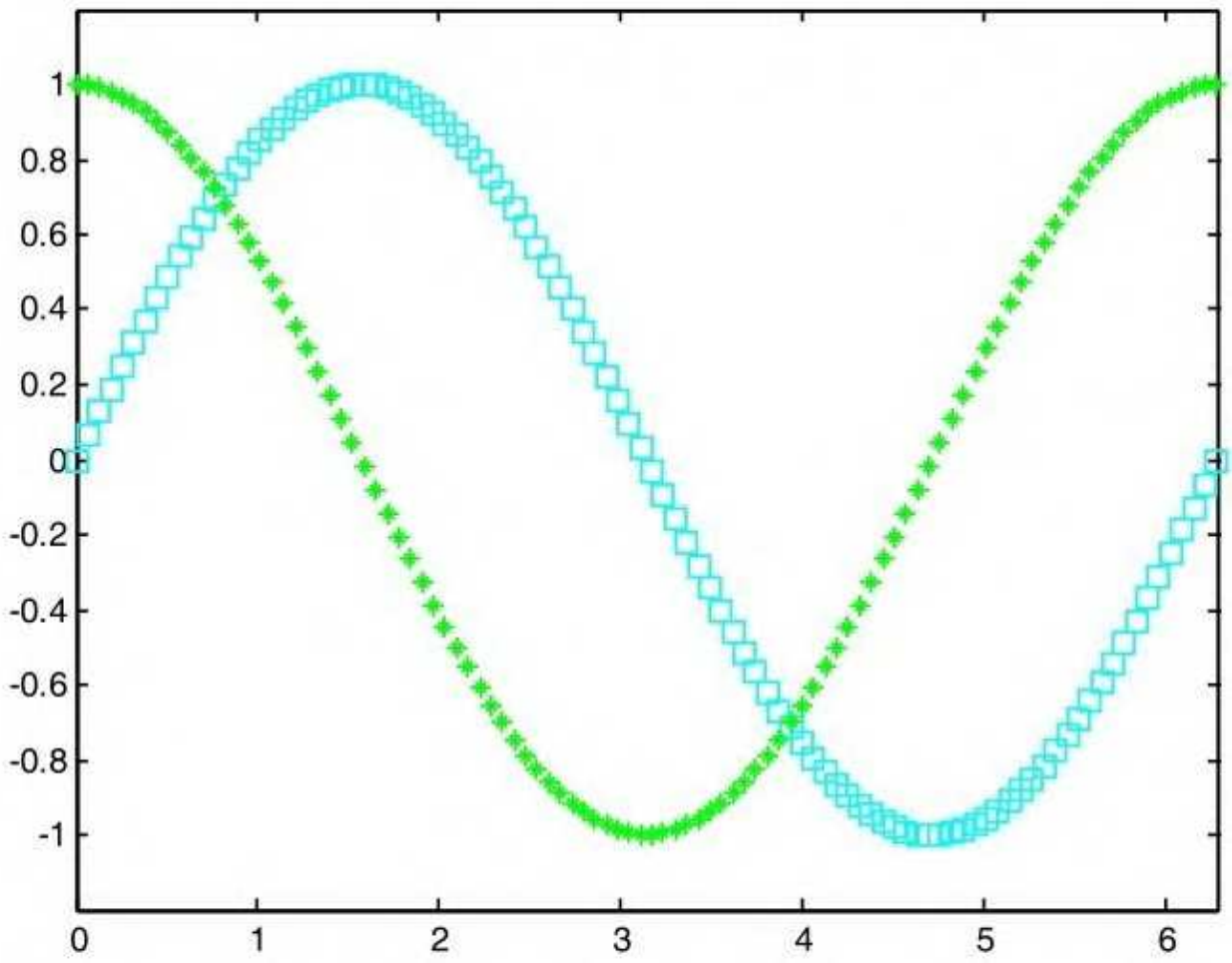


图3-2 用axis 函数调整过的图形

5.close函数

close函数是用来关闭指定的图形窗口的。该函数的用法如下。

close：表示关闭当前的图形窗口。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.2 MATLAB 绘图参数控制

plot 函数是最基本、最常用的绘图函数，用于绘制线性二维图。有多条曲线时，循环使用由坐标轴颜色顺序属性定义的颜色，以区别不同的曲线，之后再循环使用由坐标轴线型顺序属性定义的线型，以区别不同的曲线。plot 函数作图时，可以通过 4 个参数选择来控制曲线的类型。

3.2.1 线型

各种线型的定义符和对应的线型如表3-1所示。

表3-1 线型

定 义 符	线　型	定 义 符	线　型
-	实线	:	点线
--	划线	-.	点划线

3.2.2 线条宽度

线条宽度指定线条的宽度，取值为整数（单位为像素点），例如：plot(x, y, ‘linewidth’, 4)

3.2.3 颜色

各种颜色定义符和其相应的类型如表3-2所示。

表3-2 颜色

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

定 义 符	类　　型	定 义 符	类　　型
R(red)	红色	M(magenta)	品红
G(green)	绿色	y(yellow)	黄色
b(blue)	蓝色	k(black)	黑色
c(cyan)	青色	w(white)	白色

3.2.4 标记类型（13 种）

各种标记类型的定义符和其相应的类型如表3-3所示。

表3-3 标记类型

定 义 符	类　　型
+	加号
o(字母)	小圆圈
*	星号
.	实点
x	交叉号
d	棱形
^	上三角形
v	下三角形
>	右三角形
<	左三角形
s	正方形
h	正六角星
p	正五角星

【例3-3】用plot绘制函数y=sin(x)的图形。

```
x=-pi:0.1:pi;
y=sin(x);
plot(x,y)
```

运行结果如图3-3所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

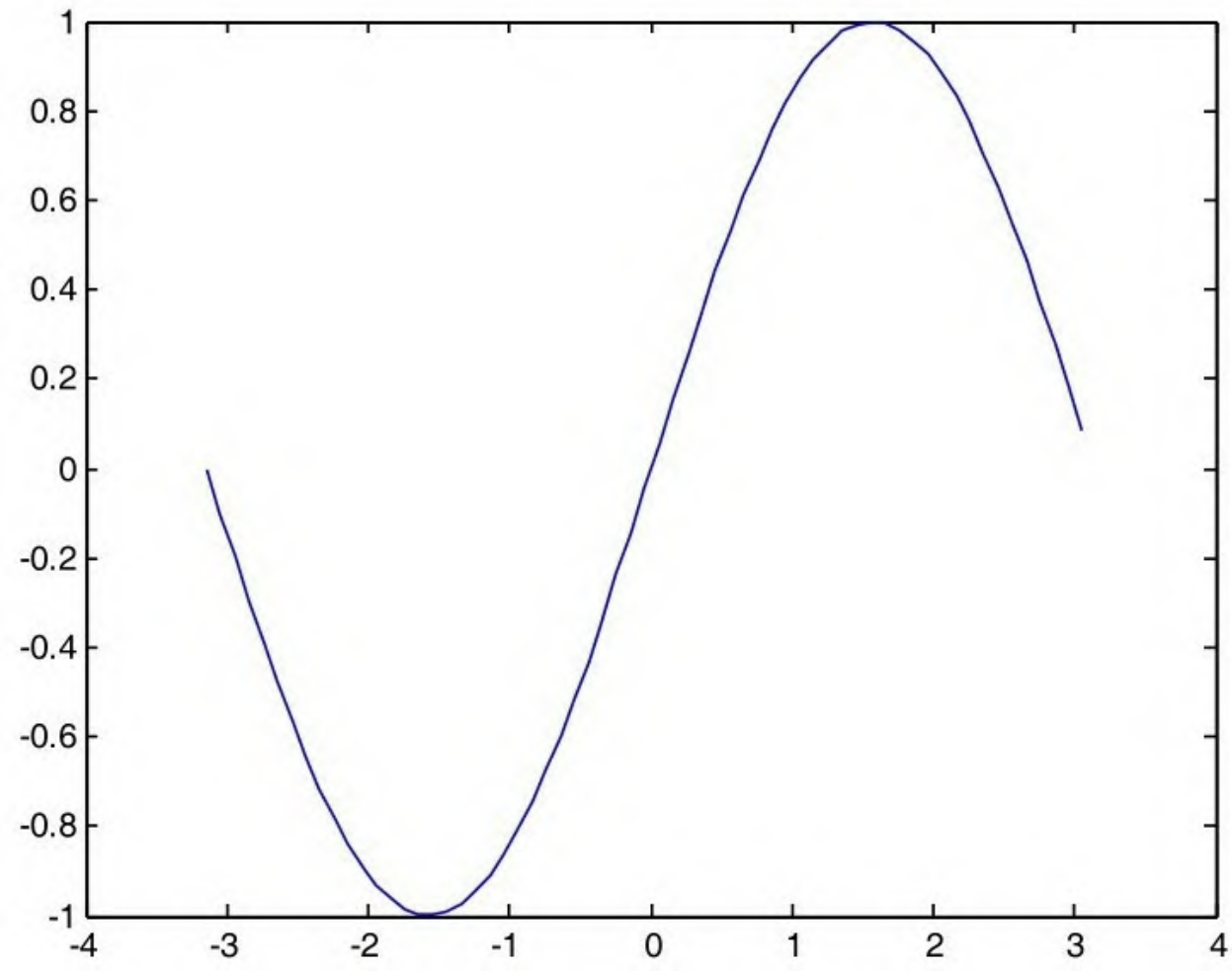


图3-3 正弦函数

3.3 MATLAB 图形标注与修饰函数

绘制图形以后，需要对图形进行标注、说明等修饰性的处理，以增加图的可读性，使之反映出更多的信息。

在 MATLAB中，可利用Figure 窗口的菜单和工具栏对图形进行标注、修饰等，操作简单，此外，还可以利用MATLAB中自带的函数来进行图形的修饰。下面将对其进行介绍。

3.3.1 title 函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

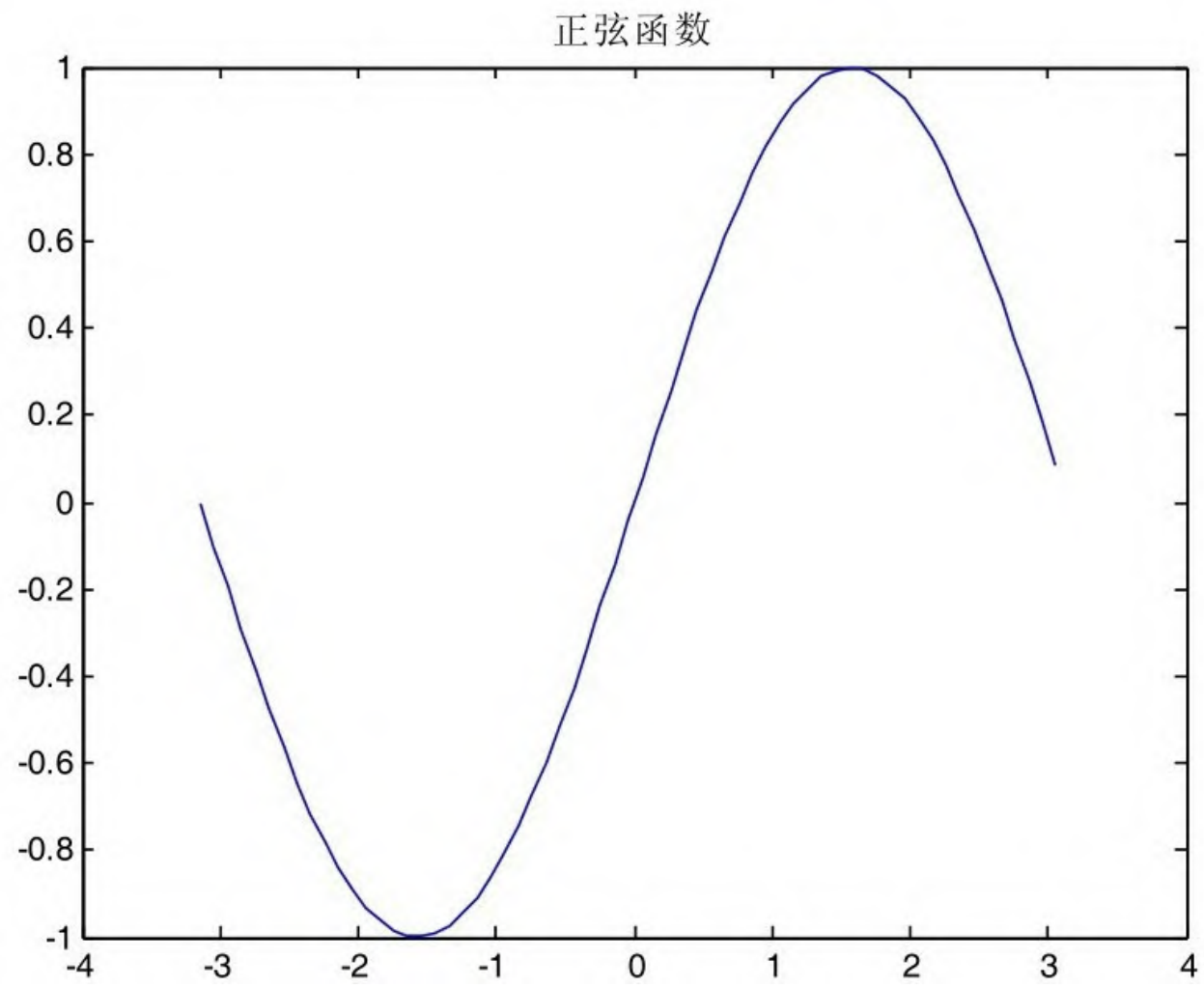
title函数用于给当前轴加上标题。每个axes图形对象都可以有一个标题。标题定位于axes的上方正中央。该函数的用法如下。

title('string')：表示在当前坐标轴上方正中央放置字符串string作为标题。

【例3-4】在当前坐标轴上方正中央放置字符串“正弦函数”作为标题。

```
x=-pi:0.1:pi;
y=sin(x);
plot(x,y)
title('正弦函数')
```

运行结果如图3-4所示。



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图3-4 title函数效果图

3.3.2 xlabel、ylabel 函数

xlabel、ylabel函数用于给x、y轴贴上标签。该函数的用法如下。

xlabel('string')：表示给当前轴对象中的x轴贴标签。

ylabel('string')：表示给当前轴对象中的y轴贴标签。

【例3-5】利用 xlabel、ylabel、title 对函数图像进行标注。

```
fplot('sin(x)./x',[-20 20 -0.4 1.2]);
title('Fplot of f(x)=sin(x)/x');
xlabel('x'),
ylabel('f(x)')
```

运行结果如图3-5所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

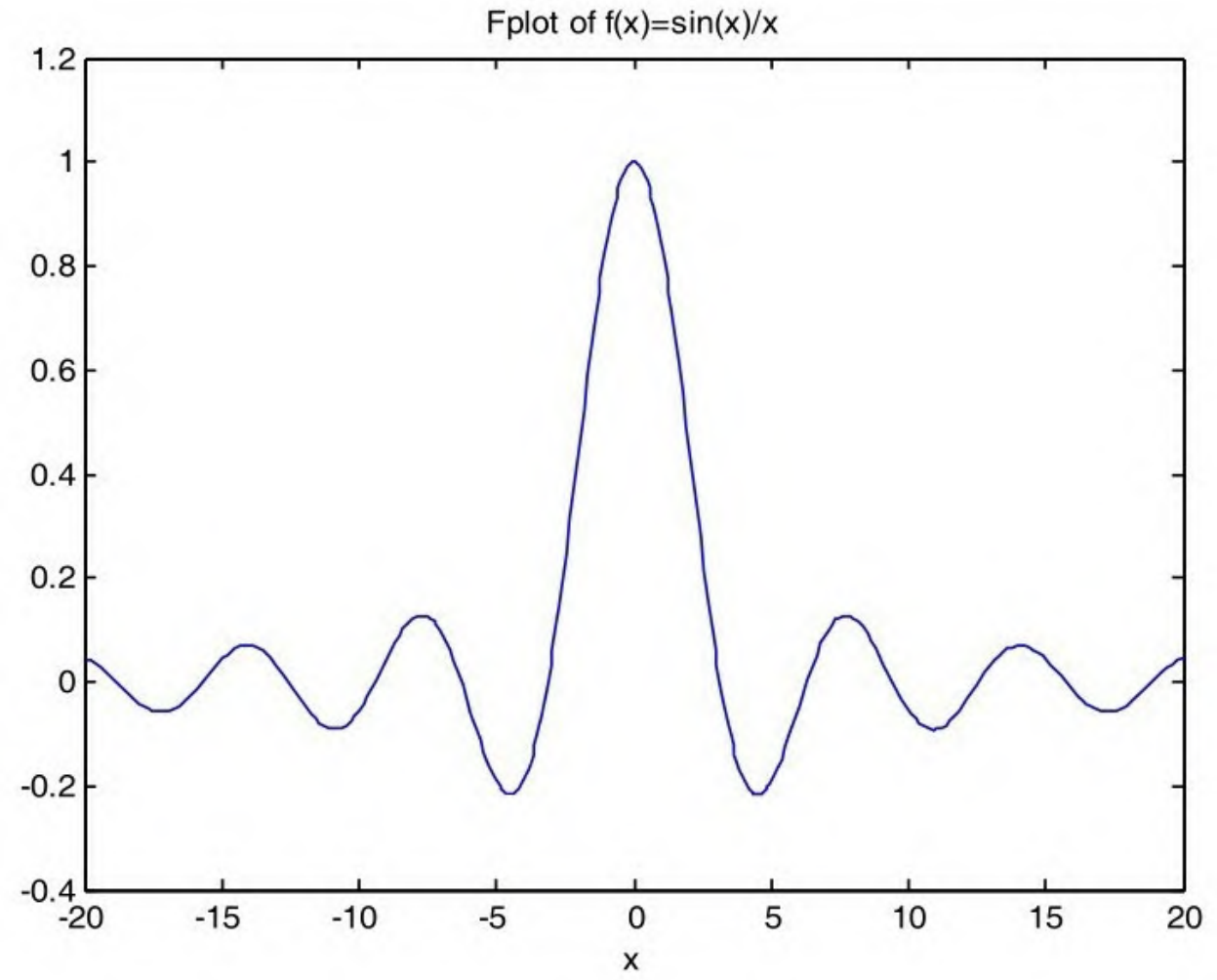


图3-5 对x、y 轴及全图加注说明

3.3.3 grid 函数

grid函数用于给二维或三维图形的坐标面增加分隔线。该函数的用法如下。

grid on：表示给当前的坐标轴增加分隔线。

grid off：表示从当前的坐标轴中去掉分隔线。

grid：表示转换分隔线的显示与否的状态。

【例3-6】给二维正弦函数图形的坐标面增加分隔线。

```
x=-pi:0.1:pi;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
y=sin(x);
plot(x,y)
title('正弦函数')
grid on
```

运行结果如图3-6所示。

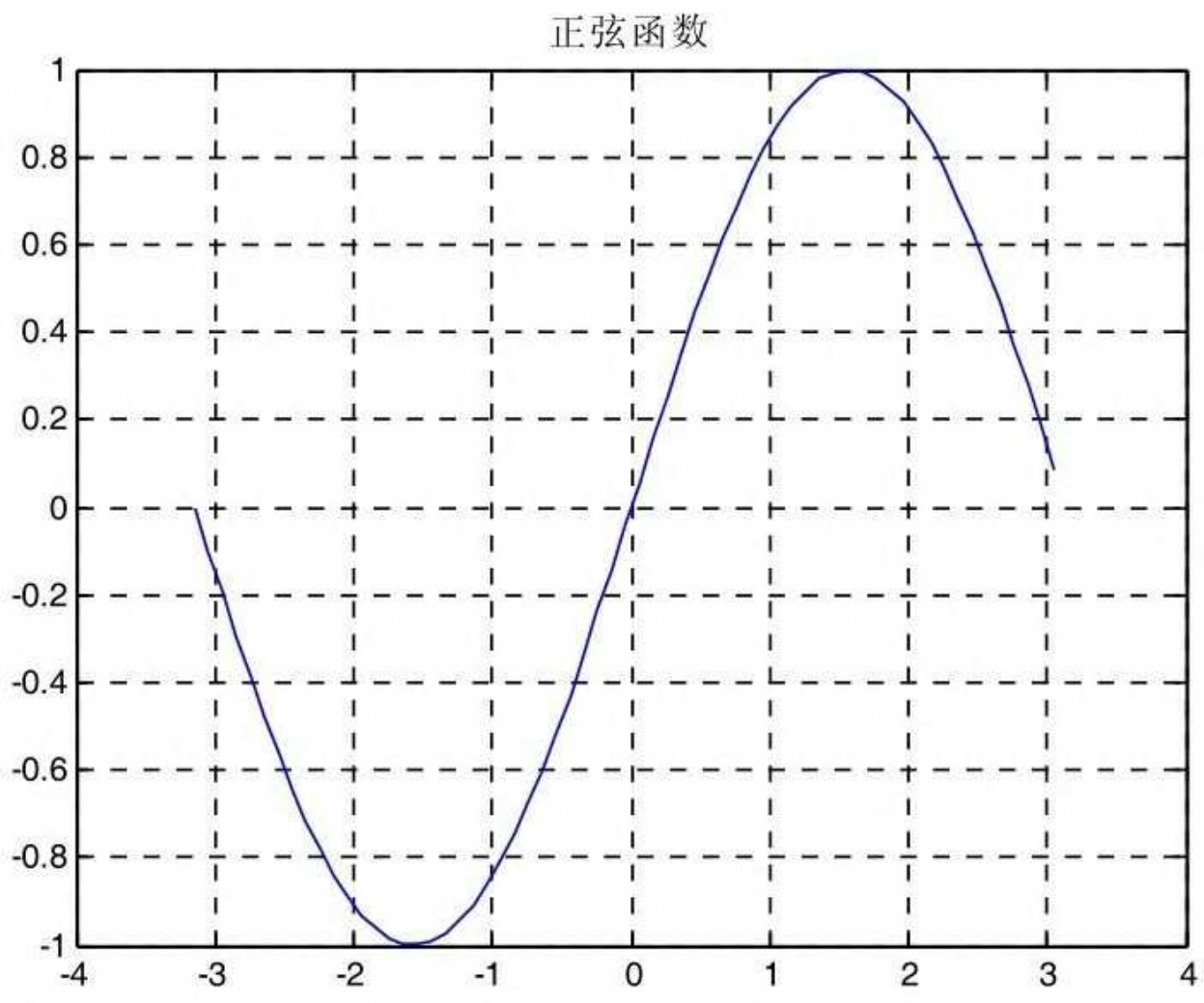


图3-6 加入grid on后的效果

3.3.4 legend 函数

legend函数用于在图形上添加图例。该命令对有多种图形对象类型（线条图、条形图、饼形图等）的窗口显示一个图例。对于每一线条，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图例会在用户给定的文字标签旁显示线条的线型、标记符号和颜色等。该函数的用法如下。

legend('string1'，'string2',…，pos)：表示用指定的文字string，在当前坐标轴中对所给数据的每一部分显示一个图例，在指定的位置pos放置这些图例。

【例3-7】使用函数legend在图形中添加图例。

```
x=magic(3);bar(x);
legend('第一列','第二列','第三列',2);
grid on
```

运行结果如图3-7所示。

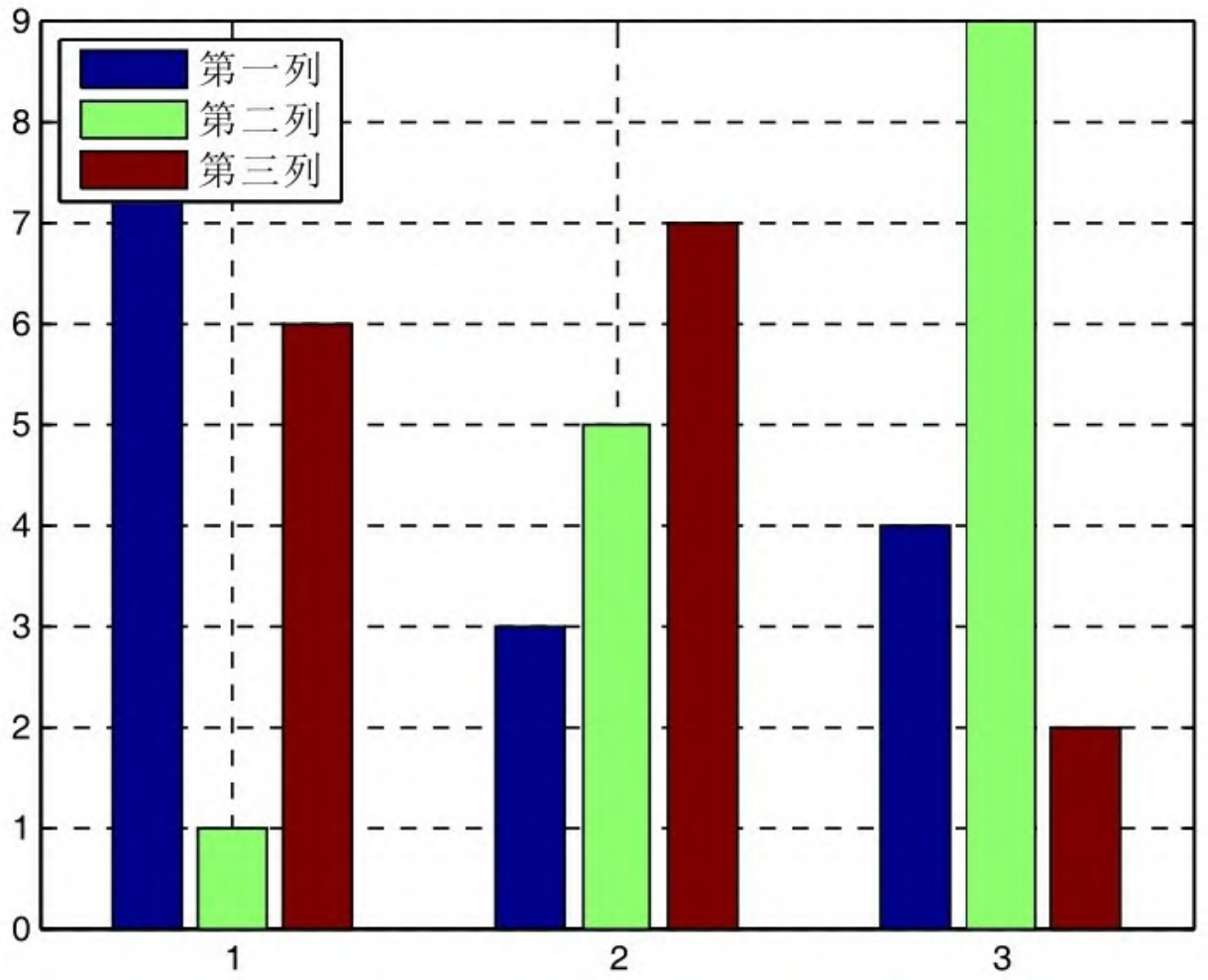


图3-7 显示图例

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.3.5 gtext 函数

gtext函数用于在当前二维图形中用鼠标放置文字。当光标进入图形窗口时，会变成一个大十字，表明系统正等待用户的动作。该函数的用法如下。

gtext('string')：表示当光标位于一个图形窗口内时，等待用户单击鼠标或键盘。若按下鼠标或键盘，则在光标的位置放置给定的文字。

【例3-8】使用函数gtext可以将一个字符串放到图形中，位置由鼠标来确定。

```
plot(peaks(80));
gtext('优美的图形','fontsize',16)
```

运行结果如图3-8所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

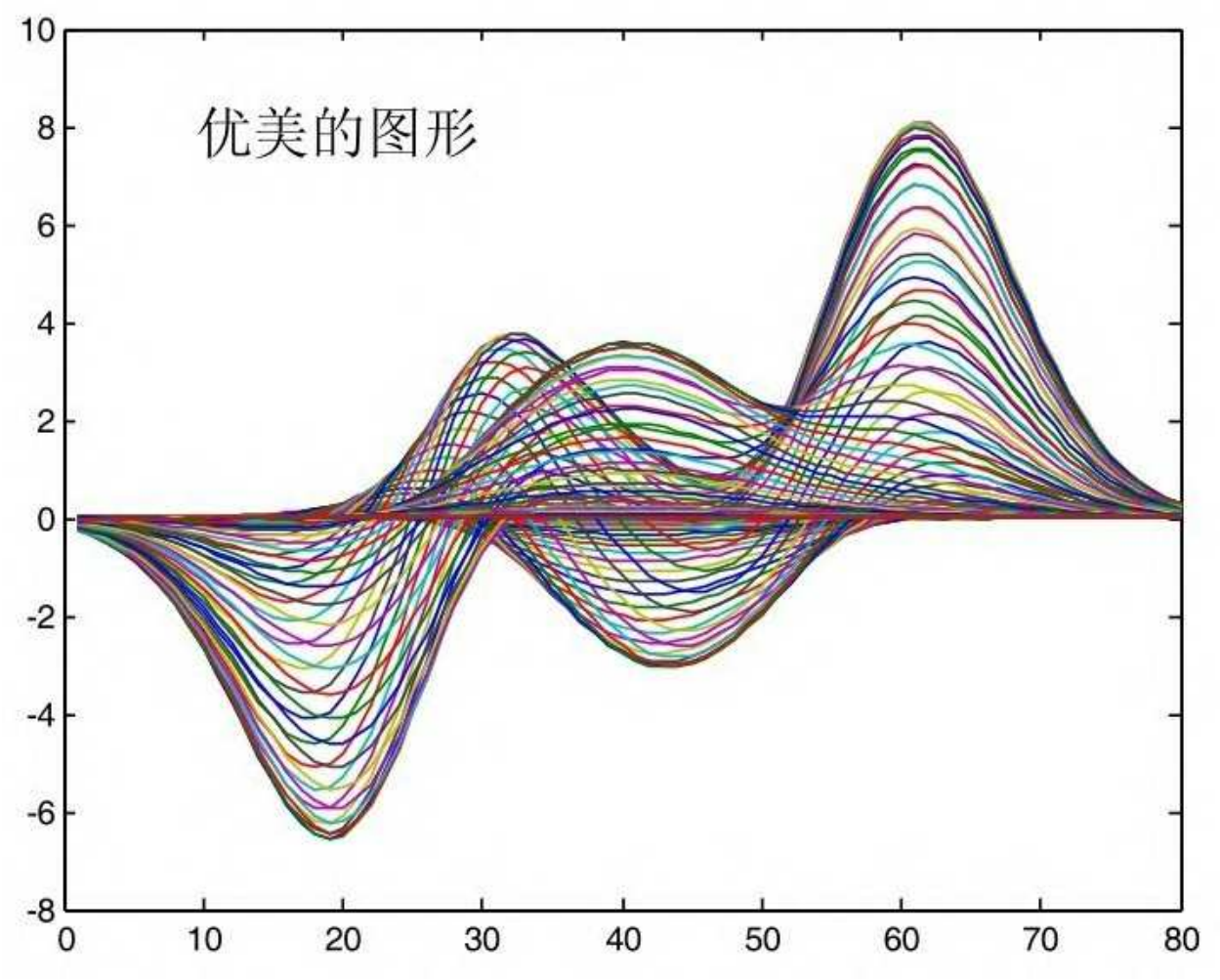


图3-8 使用函数gtext添加文本标注

3.3.6 text 函数

text函数用于在当前轴中创建text对象。函数text是创建text图形句柄的低级函数。可用该函数在图形中指定的位置上显示字符串。该函数的用法如下。

text(x,y,'string')：表示在图形中指定的位置(x,y)上显示字符串string。

【例3-9】利用函数text将文本字符串放置在图形中的任意位置。

```
x=0:pi/100:6;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
plot(x,sin(x));
text(3*pi/4,sin(3*pi/4),'\leftarrowsin(x)=0.707','fontsize',14);  %放置文本字符串
text(pi,sin(pi),'\leftarrowsin(x)=0','fontsize',14);
text(5*pi/4,sin(5*pi/4),'sin(x)=-0.707\rightarrow','horizontal','right','fonts
```

运行结果如图3-9所示。

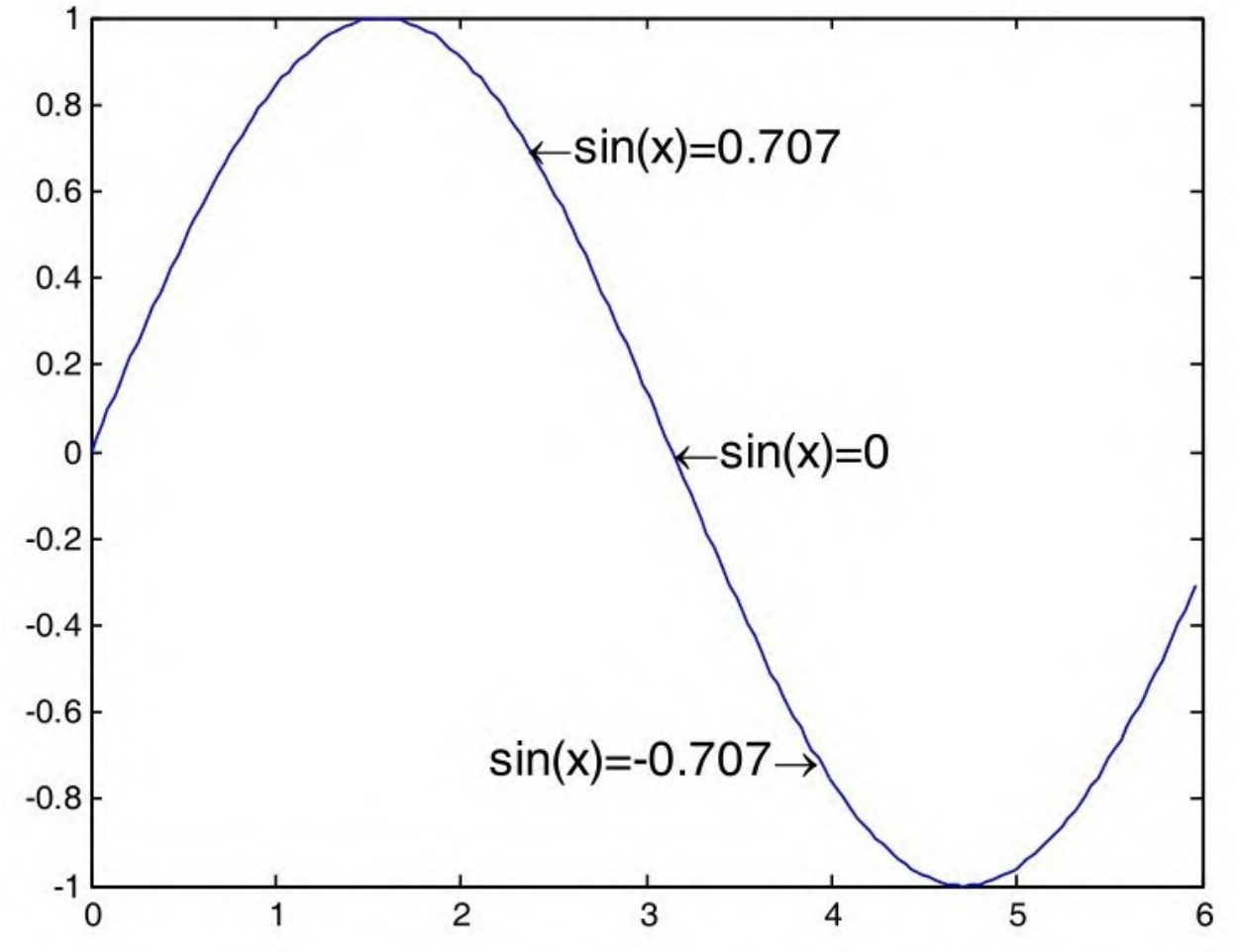


图3-9 在图形中添加文本标注

3.3.7 zoom 函数

zoom函数用于对二维图形进行放大或缩小。放大或缩小会改变坐标轴范围。该函数的用法如下。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

zoom on：表示打开交互式的放大功能。

当一个图形处于交互式的放大状态时，有以下两种方法来放大图形。

（1）用鼠标左键单击坐标轴内的任意一点，可使图形放大一倍，这一操作可进行多次，直到MATLAB的最大显示为止；在坐标轴内单击右键，可使图形缩小一倍，这一操作可进行多次，直到还原图形为止。

（2）用鼠标拖出要放大的部分，系统将放大选定的区域。

3.3.8 num2str、int2str 函数

num2str、int2str函数用于将数字或整数转换为字符串，以便于图形标注。

（1）num2str函数的用法如下。

st=num2str(x)：表示将变量x值表示为字符串st。

（2）int2str函数的用法如下。

st=int2str(x)：将变量x的整数部分表示为字符串st。

3.4 三维绘图

前面所介绍的二维图形不便于反映三维空间的实际情况，在实际工作中有时需要绘出三维图形，而且三维图形看起来更加直观，也更美观。本节主要介绍MATLAB提供的一些三维绘图命令及其使用方法，具体包括创建三维图形的基本流程、三维折线及曲线的绘制、三维曲面的绘制及图形的调控方式等。

3.4.1 三维绘图基本流程

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

三维绘图的基本流程如下：

（1）数据准备；

（2）图形窗口和绘图区选择；

（3）绘图；

（4）设置视角；

（5）设置颜色表；

（6）设置光照效果；

（7）设置坐标轴刻度和比例；

（8）标注图形；

（9）保存、打印或导出。

下面将根据绘制三维图形的基本流程，分部分介绍创建图形的各种函数。

3.4.2 三维折线及曲线的绘制

绘制二维折线或曲线时，可以使用plot命令。与这条命令类似，MATLAB也提供了一个绘制三维折线或曲线的基本命令plot3。该命令的格式如下。

plot(x1,y1,z1,option1,x2,y2,z2,option2,…)：表示以x1，y1，z1所给出的数据分别为x，y，z坐标值，option1为选项参数，以逐点连折线的方式绘制一个三维折线图形；同时，以x2，y2，z2所给出的数据分别为x，y，z坐标值，option2为选项参数。以逐点折线的方式绘制另一个三维折线图形。

plot3命令的功能及使用方法与plot命令的功能及使用方法类似，它们的区别在于前者绘制出的是三维图形。

plot3命令参数的含义与plot命令的参数含义类似，它们的区别在于前者多了一个Z方向上的参数。同样，各个参数的取值情况及其操作效

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

果也与plot命令相同。上面给出的plot3命令格式是一种完整的格式，在实际操作中，根据各个数据的取值情况，均可以有下述一种简单的书写格式：

plot3(x,y,z)

plot3(x,y,z,option)

选项参数option指明了所绘图中线条的线型、颜色以及各个数据点的表示记号。

plot3命令是以逐点连线的方法来绘制三维折线的，当各个数据点的间距较小时，我们也可利用它来绘制三维曲线。

【例3-10】利用plot3函数绘制一条三维螺旋线。

```
t=0:pi/50:8*pi;
x=sin(t);
y=cos(t);
z=t;
plot3(x,y,z)
```

运行结果如图3-10所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

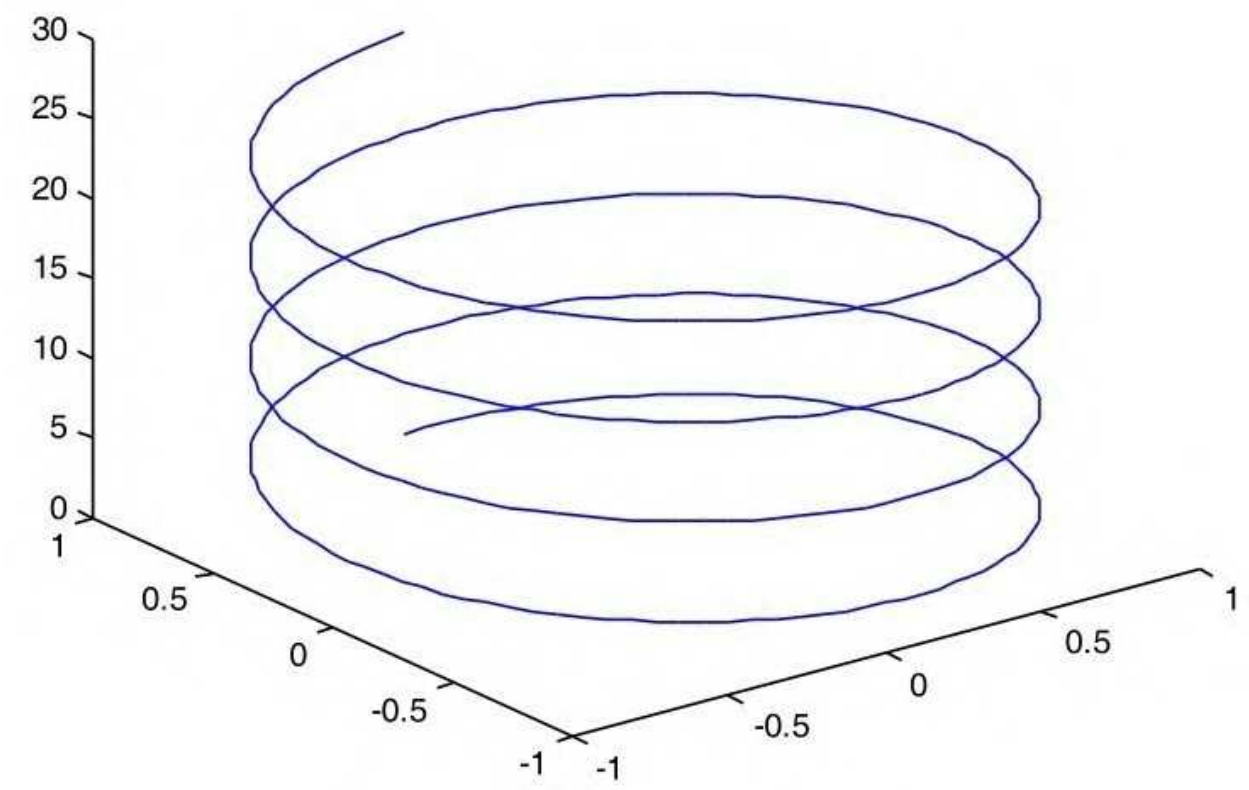


图3-10 三维螺旋线图

3.4.3 三维图形坐标标记的命令

MATLAB也提供了下述3条用于三维图形坐标标记的命令，并提供了用于图形标题说明的语句。这种标记方式的格式如下。

xlabel(str)：将字符串str水平放置于X轴，以说明X轴数据的含义。

ylabel(str)：将字符串str水平放置于Y轴，以说明Y轴数据的含义。

zlabel(str)：将字符串str水平放置于Z轴，以说明Y轴数据的含义。

title(str)：将字符串str水平放置于图形的顶部，以说明该图形的标题。

【例3-11】利用函数为x=sint、y=cost的三维螺旋线图形添加标题说明。

```
t=0:pi/50:8*pi;
x=sin(t);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
y=cos(t);
z=t;
plot3(x,y,z);
xlabel('sin(t) ');
ylabel('cos(t) ');
zlabel('t');
title('三维螺旋线');
```

运行结果如图3-11所示。

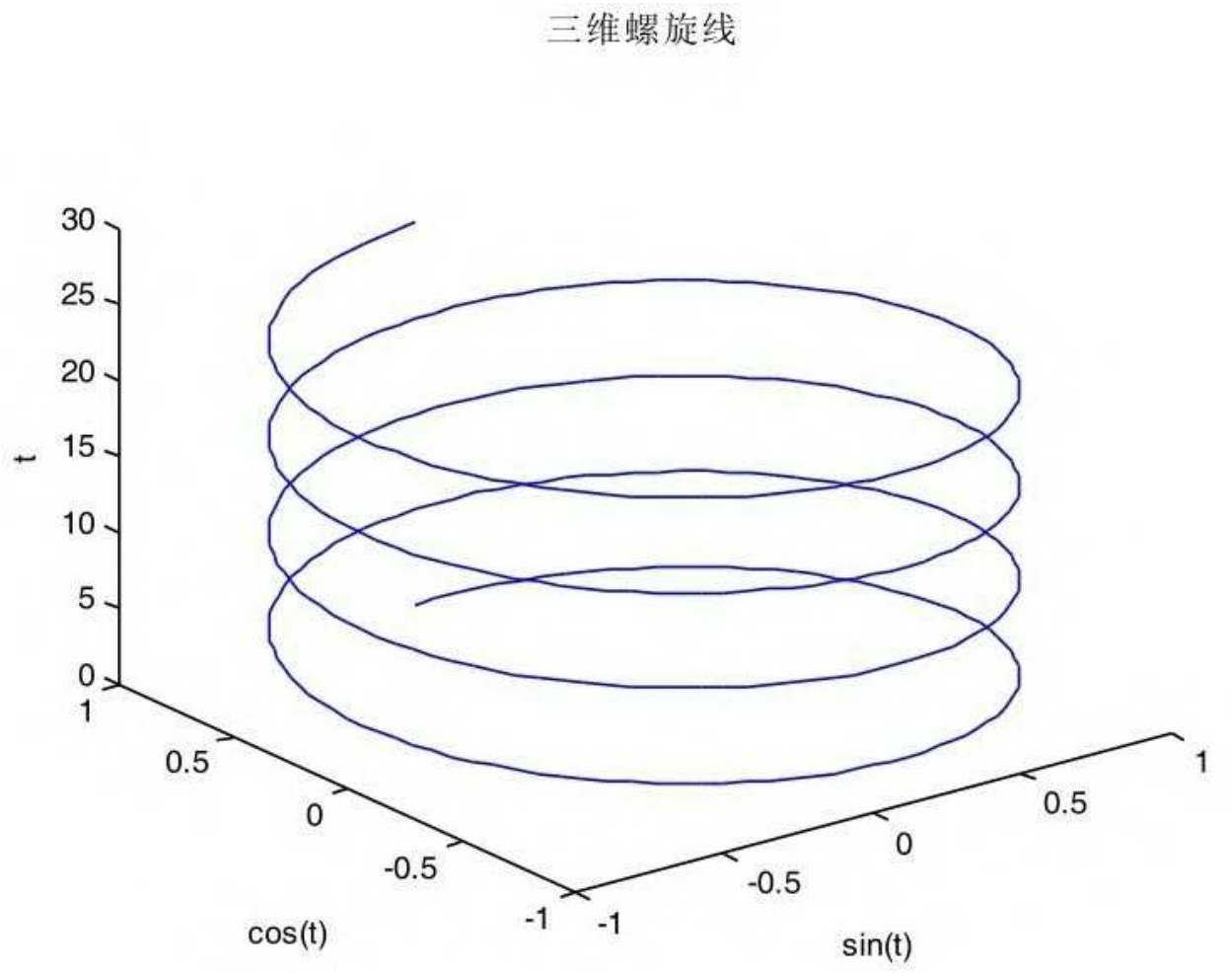


图3-11 被标注了的三维螺旋线图

3.4.4 三维网格曲面的绘制

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

三维网格曲面是由一些四边形相互连接在一起所构成的一种曲面，这些四边形的4条边所围成的颜色与图形窗口的背景色相同，并且无色调的变化，呈现的是一种线架图的形式。

绘制这种网格曲面时，我们需要知道各个四边形的顶点的 3 个坐标值(x,y,z)，然后再使用MATLAB所提供的网格曲面绘图命令mesh、meshc或meshz来绘制不同形式的网格曲面。

1.栅格数据点的产生

前面我们讲过，在绘制网格曲面之前，必须先知道各个四边形顶点的三维坐标值。绘制曲面的一般情况是，我们先知道四边形各个顶点的二维坐标(x, y)，然后再利用某个函数公式计算出四边形各个顶点的z 坐标。这里所使用的二维坐标值(x, y)是一种栅格形的数据点，它可由MATLAB所提供的meshgrid产生。meshgrid命令的调用格式如下。

[X, Y]＝meshgrid(x, y)：表示由x 向量和y 向量值通过复制的方法产生绘制三维图形时所需的栅格数据X矩阵和Y矩阵。

在使用该命令的时候，需要说明以下两点：

（1）向量x和向量y分别代表三维图形在X轴、Y轴方向上的取值数据点；

（2）x和y分别是1个向量，而X和Y分别代表1个矩阵。

【例3-12】利用meshgrid绘制矩形网格。

```
x=-5:0.5:5;
y=5:-0.5:-5;
[X,Y]=meshgrid(x,y);
plot(X,Y,'o')
```

运行结果如图3-12所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

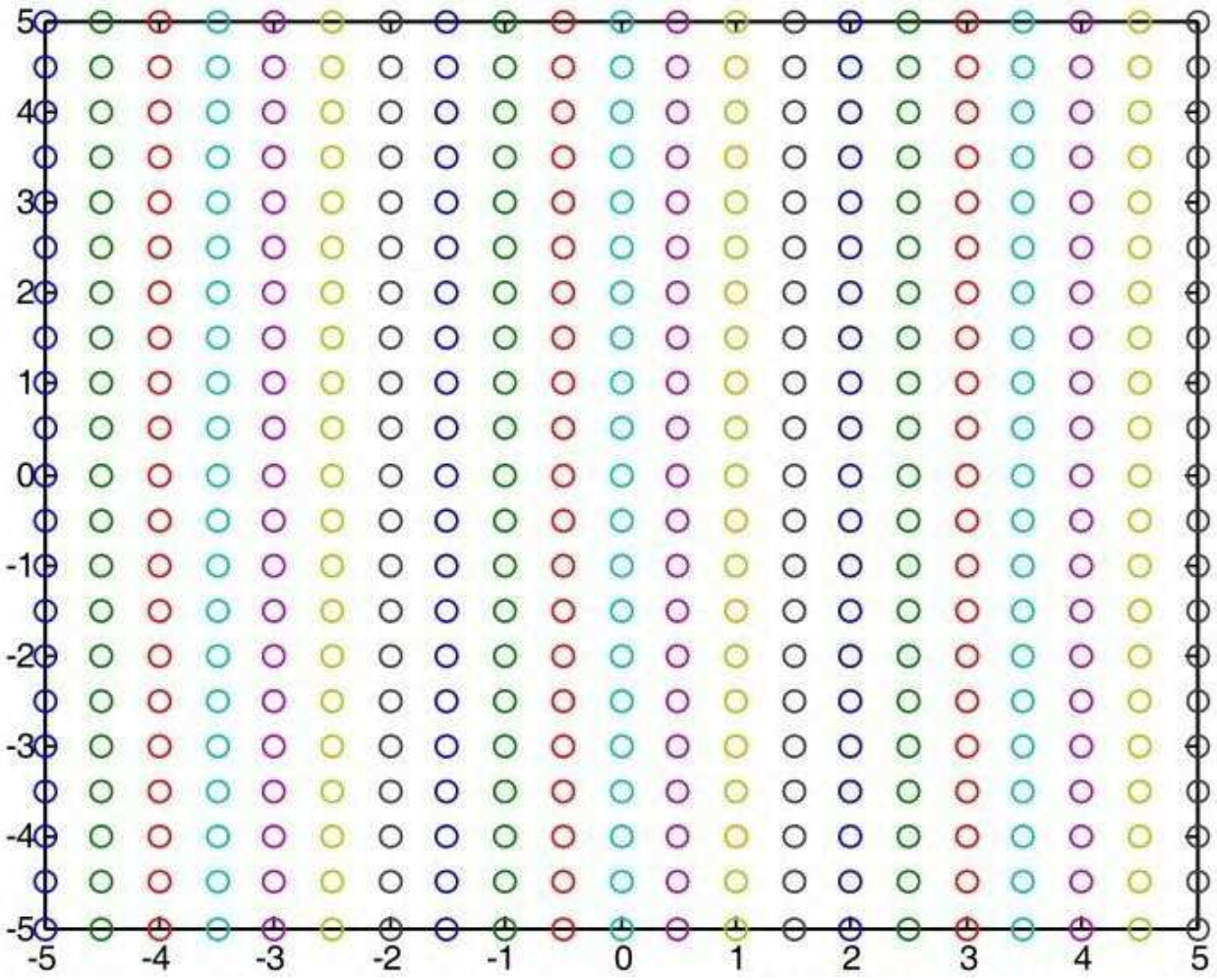


图3-12 矩形网络

2.网格曲面的绘制命令

MATLAB中，mesh函数用于绘制三维网格曲面图，该函数的语法格式有以下几种：

mesh(X,Y,Z,C)

mesh(X,Y,Z)

mesh(x,y,Z,C)

mesh(x,y,Z)

mesh(Z,C)

mesh(Z)

上面6种格式都可以绘制出三维网格曲面图，但是各个格式的命令

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

参数含义有些区别，现作出以下几点说明。

（1）在命令格式mesh(X,Y,Z,C)和mesh(X,Y,Z)中，参数X,Y,Z都为矩阵值，并且X矩阵的每一个行向量都是相同的，Y矩阵的每一个列向量也都是相同的。参数C表示网格曲面的颜色分布情况，若省略该参数，则表示网格曲面的颜色分布与Z方向上的高度值成正比。

（2）在命令格式(x,y,Z,C)和mesh(x,y,Z)中，参数x和y为长度分别是n和m的向量值，而参数Z是维数为m×n的矩阵。其实，这种格式的命令相当于执行了下面两条命令：

```
[X,Y]=meshgrid(x,y)
mesh[X,Y,Z,C]
```

（3）在命令格式[Z,C]和mesh(Z)中，若参数Z是维数为m×n的矩阵，则绘图时的栅格数据点的取法是x＝1：n和y＝1：m。

其实，这种格式的命令相当于执行了下面5条命令：

```
[m,n]=size(Z);
x=1:n;
y=1:m;
[X,Y]=meshgrid(x,y);
mesh(X,Y,Z,C)
```

【例3-13】在笛卡尔坐标系中绘制函数

$$f(x,y)=\frac{\sin(\sqrt{x^2+y^2})}{\sqrt{x^2+y^2}}$$

的网格曲面图。

```
x=-7:0.5:7;
y=x;
[X,Y]=meshgrid(x,y);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
R=sqrt(X.^2+Y.^2)+eps;
Z=sin(R)./R;
mesh(X,Y,Z)
grid on
axis([-10 10 -10 10 -1 1 ])
```

运行结果如图3-13所示。

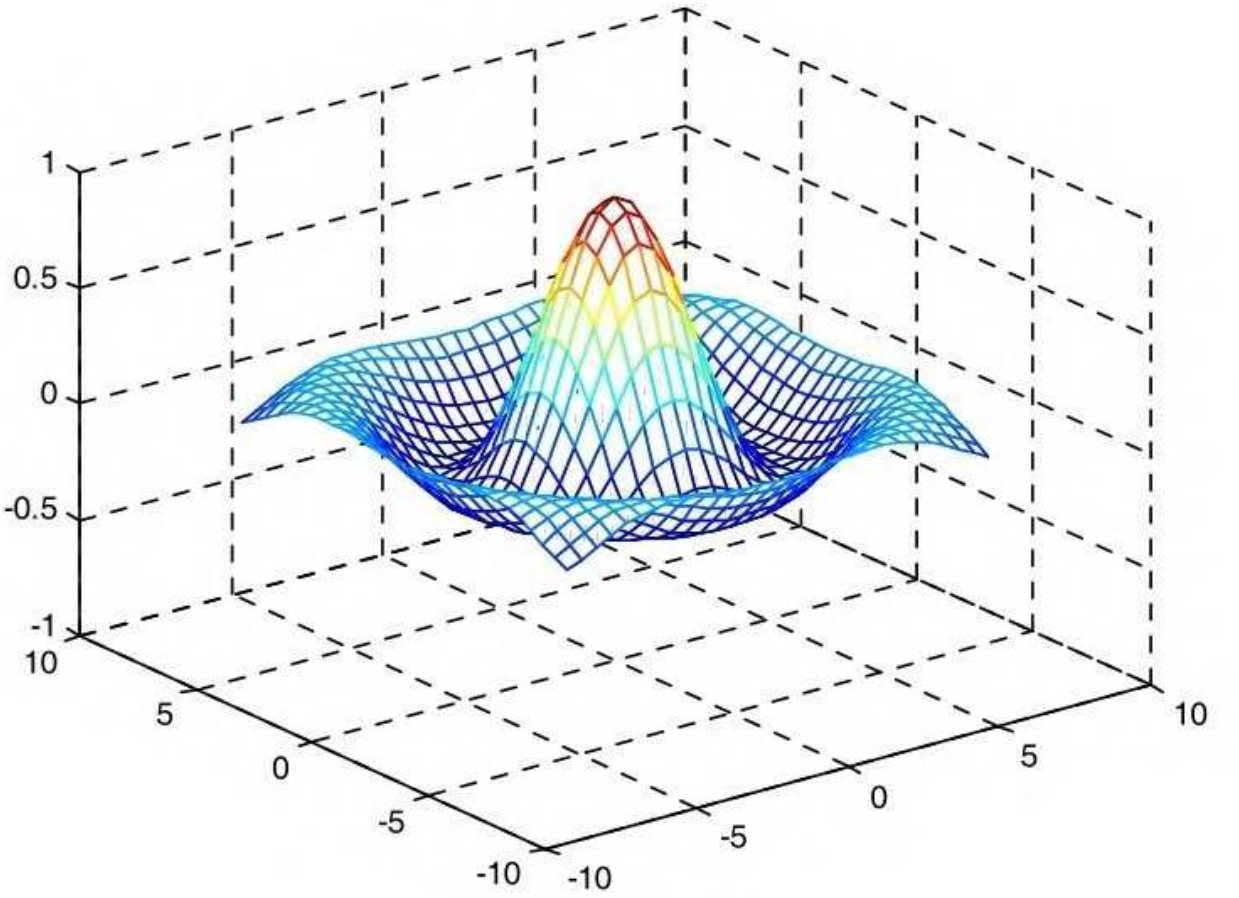


图3-13 函数的网格曲面图

另外，MATLAB中还有两个mesh的派生函数。

（1）meshc函数用于在绘图的同时，在x-y平面上绘制函数的等值线。

（2）meshz函数用于在网格图基础上在图形的底部外侧绘制平行于z轴的边框线。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

【例3-14】利用meshc和meshz函数绘制三维网格图。

```
close all
clear
[X,Y] = meshgrid(-2:.4:2);
Z = 2*X.^2-3*Y.^2;
subplot(2,2,1)
plot3(X,Y,Z)
subplot(2,2,2)
mesh(X,Y,Z)
subplot(2,2,3)
meshc(X,Y,Z)
subplot(2,2,4)
meshz(X,Y,Z)
```

运行结果如图3-14所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

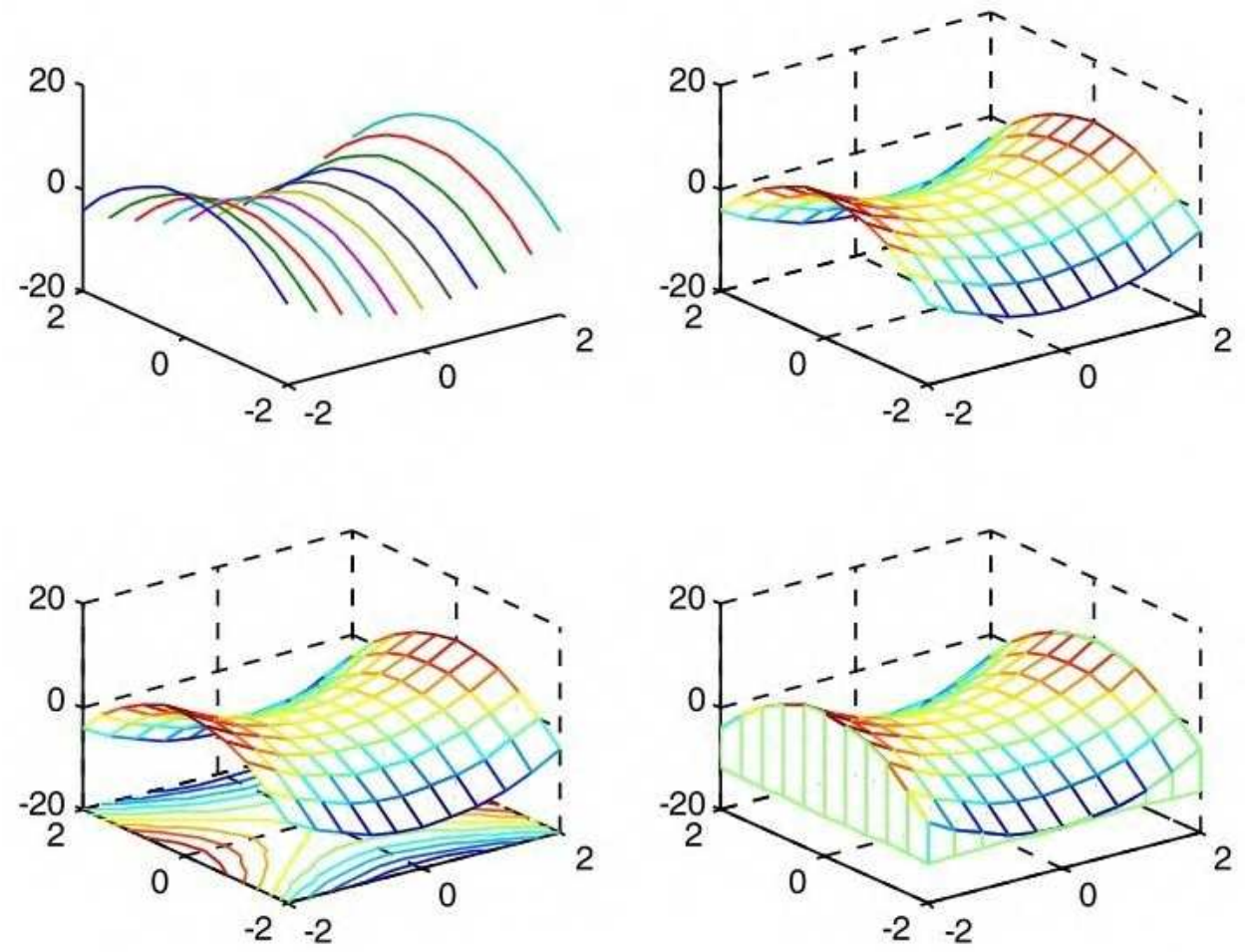


图3-14 利用meshc 和meshz 函数绘制的三维网格图

3.隐藏线的显示和关闭

显示或不显示的网格曲面的隐藏线将对图形的显示效果有一定的影响。MATLAB、hidden函数为相关的控制命令，该函数的调用格式如下。

hidden on：表示去掉网格曲面的隐藏线。

hidden off：表示显示网格曲面的隐藏线。

3.4.5 三维阴影曲面的绘制

前一节我们绘制的三维曲面中，各个小的曲面片都是由四边形组成的，这个四边形的4条边绘制有某一种颜色，但其内部却无颜色（即为

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

绘图窗口的底色）。

本节将介绍另外一种三维曲面的表示方法——三维阴影曲面。这种曲面也是由很多个较小的四边形构成的，但是各个4条边是无色的（即为绘图窗口的底色），其内部却分布着不同的颜色，也可认为是各个四边形带有阴影效果。MATLAB提供了3条用于绘制这种3类阴影曲面的命令：surf、surfc、furfl。

1.阴影曲面绘制命令

下面首先介绍基本的三维阴影曲面的绘制。这种绘制方式采用surf函数，调用这种函数的格式如下。

surf(X,Y,Z,C)

surf(X,Y,Z)

surf(x,y,Z,C)

surf(x,y,Z)

surf(Z,C)

surf(Z)

使用此种函数时，需要注意以下几种说明。

（1）这6个surf命令与3.4.4节所介绍的6个mesh命令的使用方法及参数含义相同。

（2）surf命令与mesh命令的区别是前者绘制的是三维阴影曲面，而后者绘制的是三维网格曲面。

（3）在surf命令中，各个四边形表面的颜色分布方式可由shading命令来指令。

shading faceted：表示截面式颜色分布方式。

shading interp：表示插补式颜色分布方式。

shading flat：表示平面式颜色分布方式。

【例3-15】采用shading faceted 函数来设置函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$f(x,y)=\frac{2\sin(\sqrt{x^2+y^2})}{\sqrt{x^2+y^2}}$$ 的三维阴影曲面效果。

```
x=-7:0.5:7;
y=x;
[X,Y]=meshgrid(x,y);
R=sqrt(X.^2+Y.^2)+eps;
Z=2*sin(R)./R;
surf(X,Y,Z)
grid on
axis([-10 10 -10 10 -0.5 1.5])
shading faceted
```

运行结果如图3-15所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

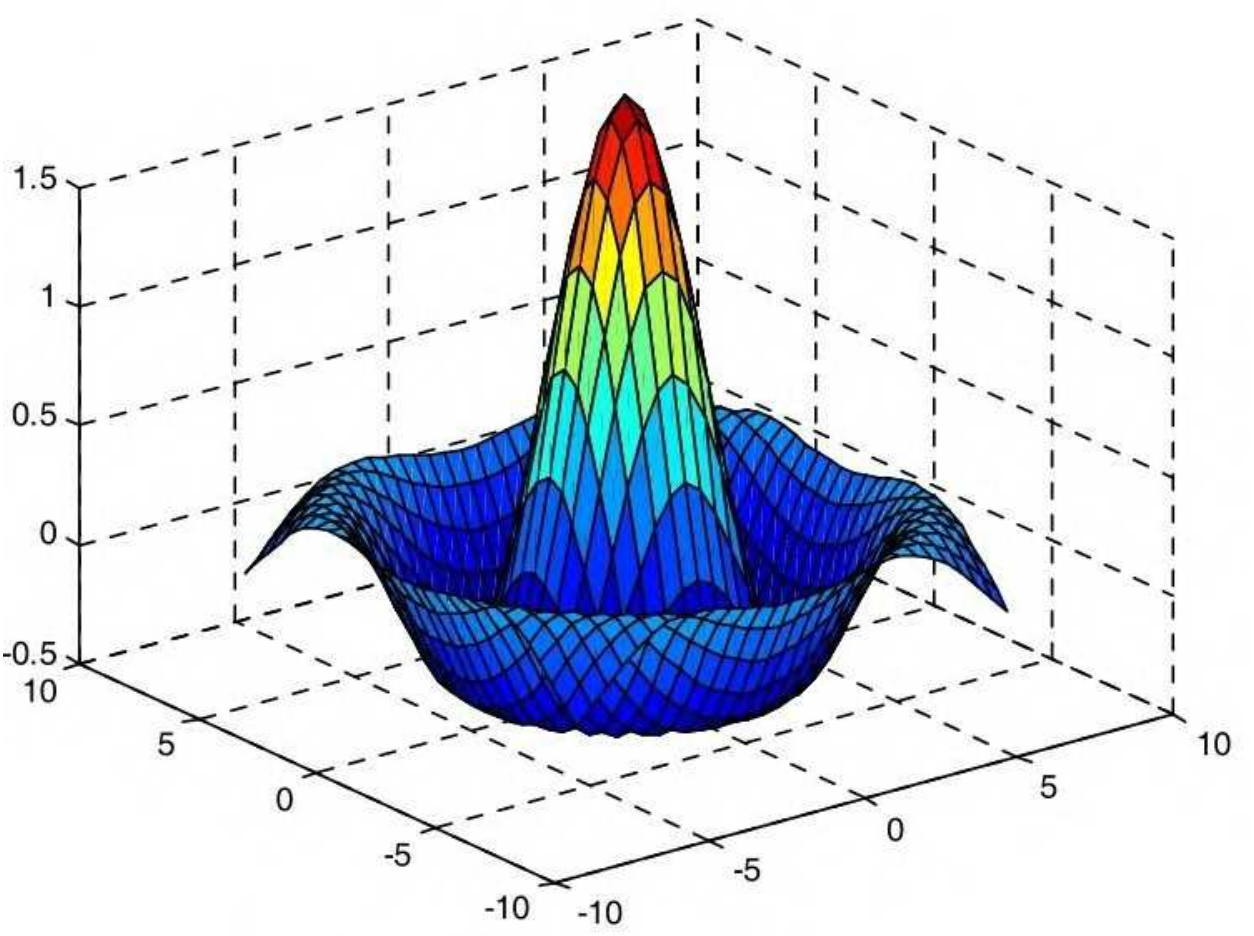


图3-15 截面式颜色分布方式

还可以利用shading interp函数来设置。

```
x=-7:0.5:7;
y=x;
[X,Y]=meshgrid(x,y);
R=sqrt(X.^2+Y.^2)+eps;
Z=2*sin(R)./R;
surf(X,Y,Z)
grid on
axis([-10 10 -10 10 -0.5 1.5])
shading interp
```

运行结果如图3-16所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

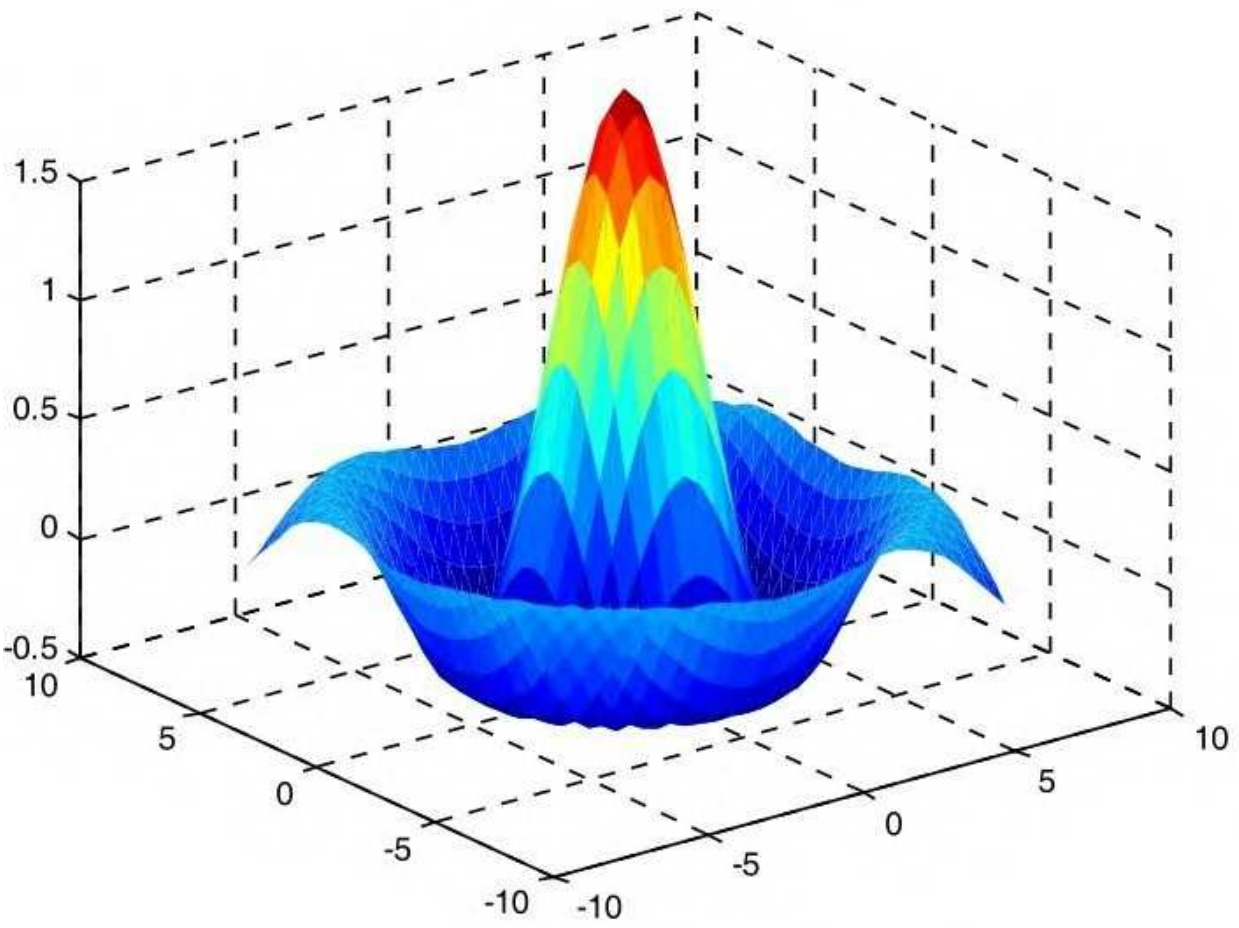


图3-16 插补式颜色分布方式

同样，也可以利用shading flat 来设置，以起到相应的效果。

```
x=-7:0.5:7;
y=x;
[X,Y]=meshgrid(x,y);
R=sqrt(X.^2+Y.^2)+eps;
Z=2*sin(R)./R;
surf(X,Y,Z)
grid on
axis([-10 10 -10 10 -0.5 1.5])
shading flat
```

运行结果如图3-17所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

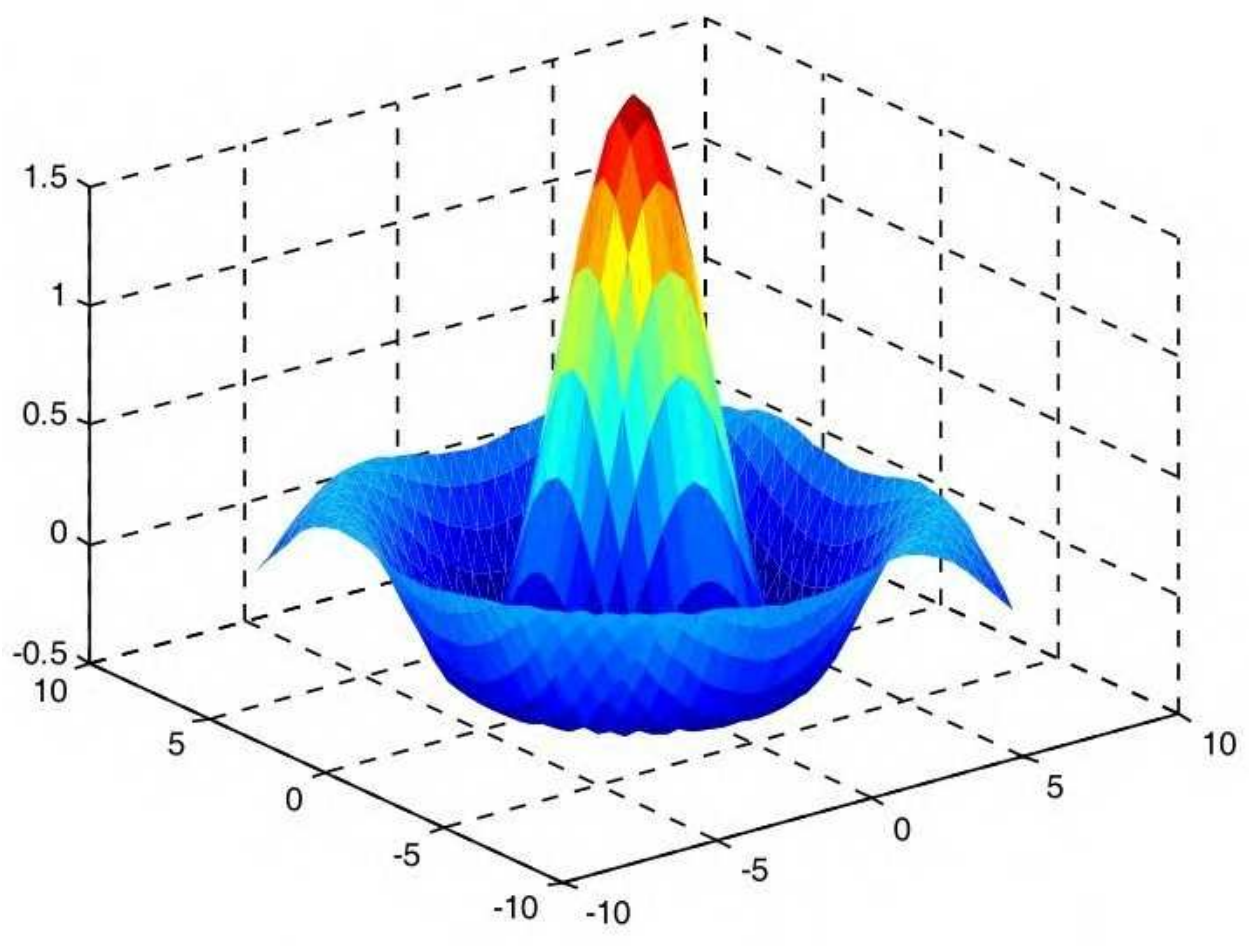


图3-17 平面式颜色分布方式

2.带有等高线的阴影曲面绘制

绘制在 x-y 平面上带有等高线的三维阴影曲面的函数时采用 surfc，调用这种函数的格式如下。

surfc(X,Y,Z,C)

surfc(X,Y,Z)

surfc(x,y,Z,C)

surfc(x,y,Z)

surfc(Z,C)

surfc(Z)

使用此种函数时，需要注意以下几个说明。

（1）这6个surfc命令与3.4.5小节所介绍的相应的6个surf命令的使用

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

方法及参数含义相同。

（2）surfc命令与surf命令的区别是前者除了绘制出三维阴影曲面外，在x-y坐标平面上还绘制有曲面在Z轴方向上的等高线，而后者仅绘制出三维阴影曲面。

【例3-16】利用函数surfc为三维曲面添加等高线。

```
x=-7:0.5:7;
y=x;
[X,Y]=meshgrid(x,y);
R=sqrt(X.^2+Y.^2)+eps;
Z=2*sin(R)./R;
surfc(X,Y,Z)
grid on
axis([-10 10 -10 10 -0.5 1.5])
```

运行结果如图3-18所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

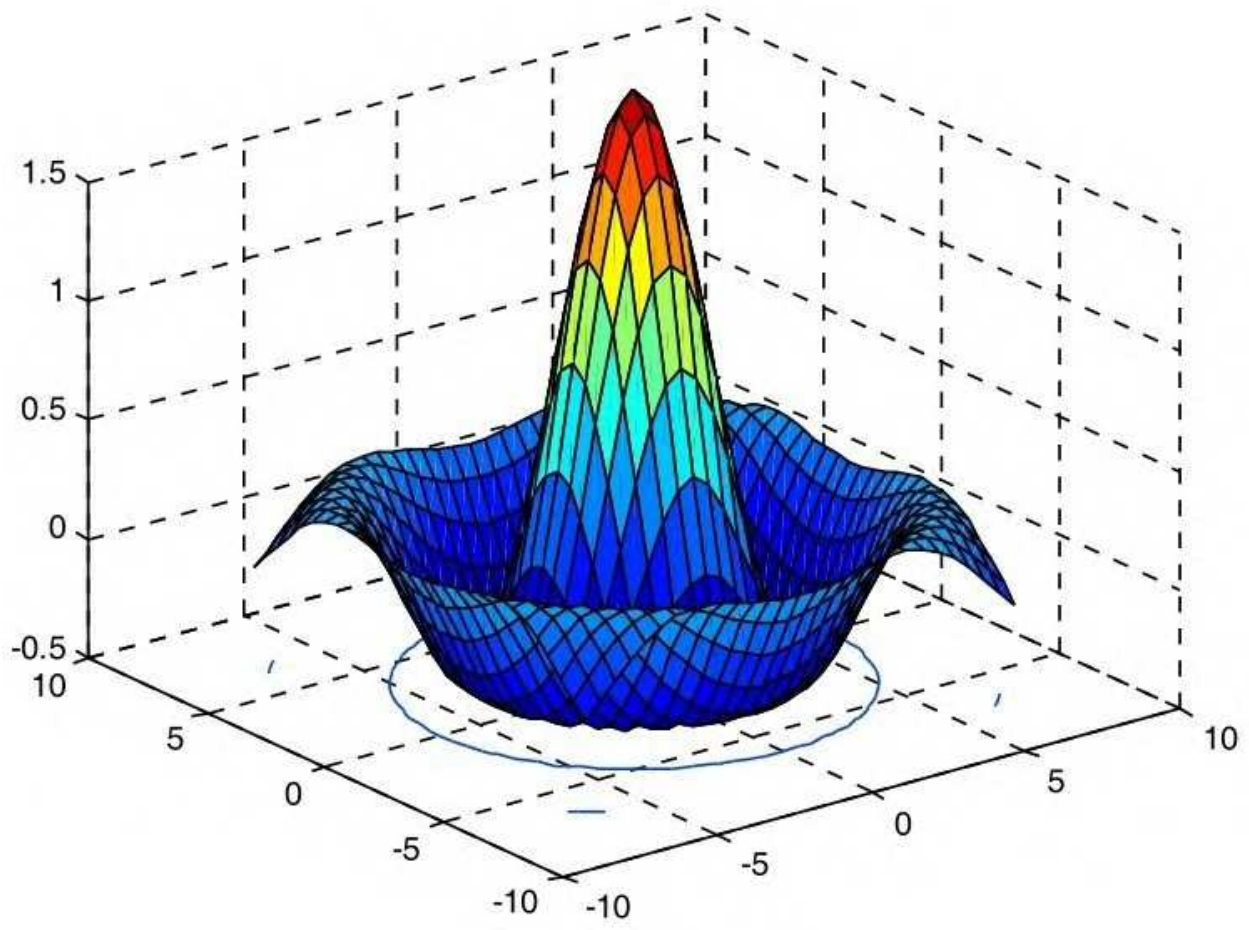


图3-18 三维图形等高线

3.具有光照效果的阴影曲面绘制

MATLAB为用户提供了一种可以绘制具有光照效果的阴影曲面绘制函数surfl，调用这种函数的格式如下。

surfl(X,Y,Z,s)

surfl(X,Y,Z)

surfl(Z,s)

surfl(Z)

使用此种函数，需要注意以下几个说明。

（1）这4种surfl命令与前面介绍的surf命令的使用方法及参数含义相类似。

（2）surfl命令与surf命令的区别是前者绘制出的三维阴影曲面具有

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

光照效果，而后者绘制出的三维阴影曲面无光照效果。

（3）向量参数s表示光源的坐标位置，s=[sx,xy,xz]。注意，若缺省s，则表示光源位置设在观测角的逆时针45度处，它是缺省的光源位置。

【例3-17】利用sufl函数为图3-9所示的阴影曲面添加光照效果。

```
x=-7:0.5:7;
y=x;
[X,Y]=meshgrid(x,y);
R=sqrt(X.^2+Y.^2)+eps;
Z=2*sin(R)./R;
s=[0 -1 0];
surfl(X,Y,Z)
grid on
axis([-10 10 -10 10 -0.5 1.5])
```

运行结果如图3-19所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

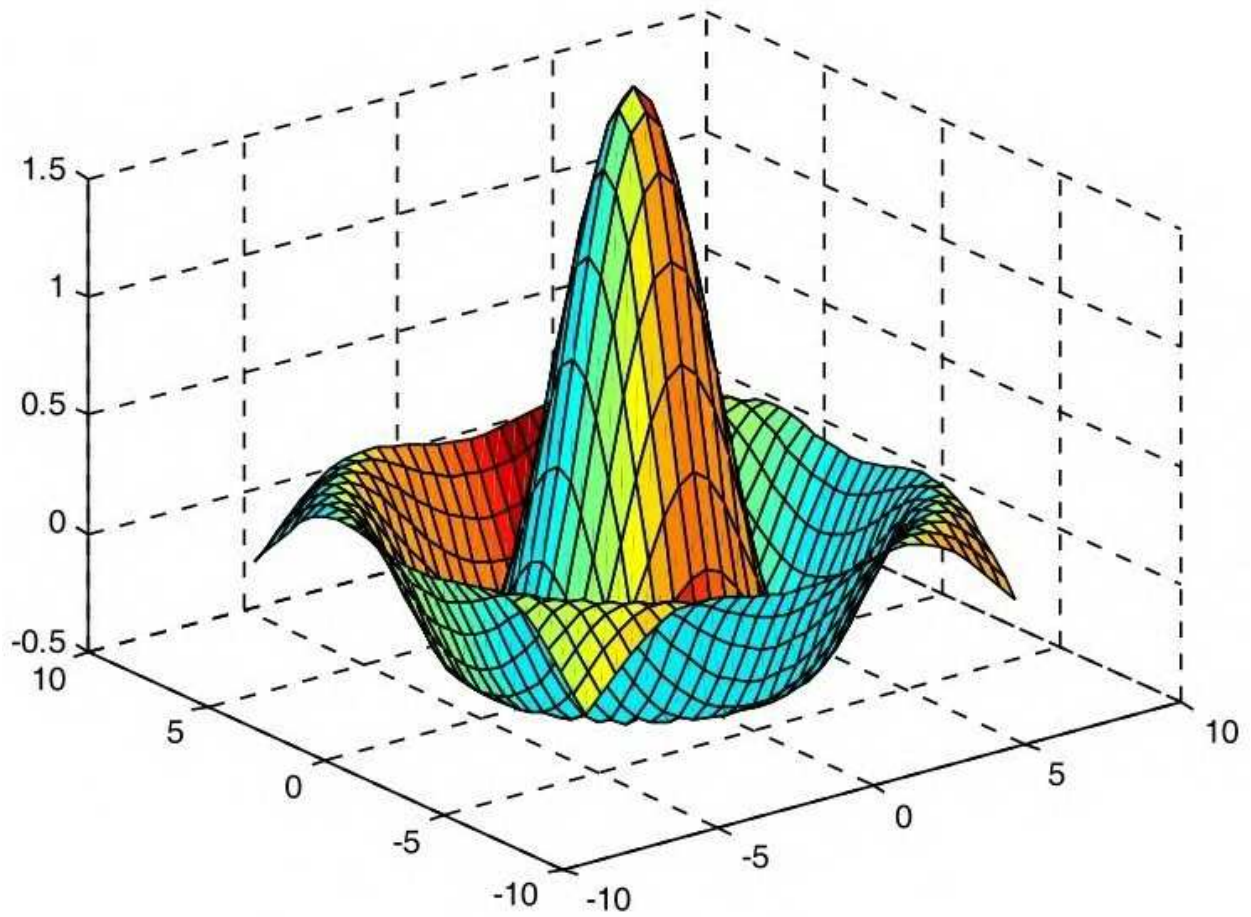


图3-19 阴影曲面添加光照效果图

3.4.6 三维图形的修饰标注

与二维图形一样，我们也可以对三维图形的显示参数进行更改，以控制其显示效果。这里我们主要介绍视点位置和坐标轴范围的设置、比例的命令。

1.设置视点位置

三维图形在不同位置察看会看到不同的侧面和结果，因此，设置一个能够察看整个图形最主要的特性的视角是非常重要的。

MATLAB　下可以通过函数命令或图形旋转工具改变视角，这里介绍通过 view 在命令行方式下设置图形视角的方法。

【例3-18】利用view为三维图形设置视角。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
clear
close all
subplot(2,2,1)
ezmesh(@peaks);
view(3);
[a,b]=view;
title(mat2str([a,b]))
subplot(2,2,2)
ezmesh(@peaks);
view(2);
[a,b]=view;
title(mat2str([a,b]))
subplot(2,2,3)
ezmesh(@peaks);
view([30 45]);
[a,b]=view;
title(mat2str([a,b]))
subplot(2,2,4)
ezmesh(@peaks);
view([1 1 sqrt(2)]);
[a,b]=view;
title(mat2str([a,b]))
```

运行结果如图3-20所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

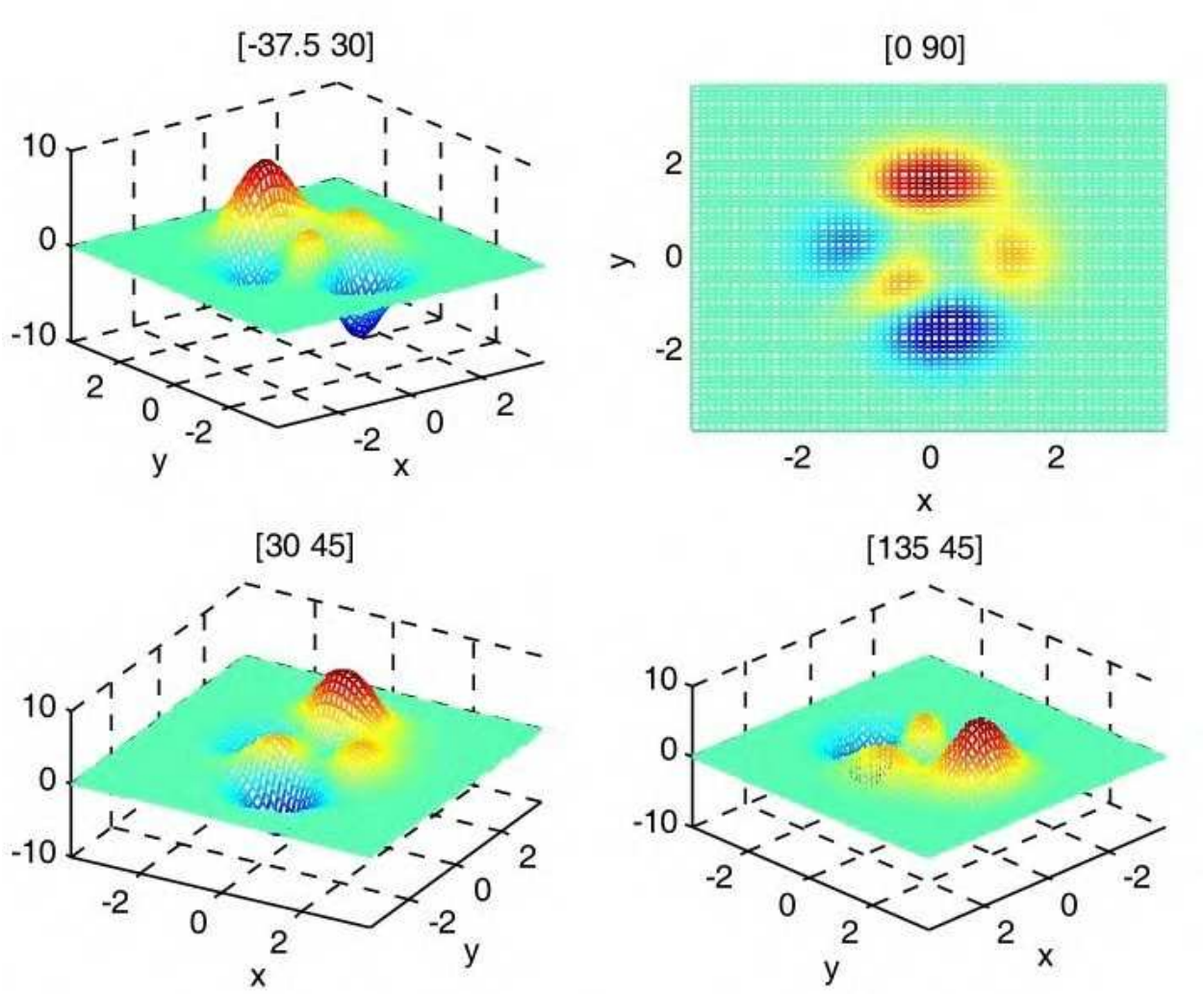


图3-20 设置视角

2.设置坐标轴

三维图形下坐标轴的设置和二维图形下的设置类似，都是通过带参数的axis命令设置坐标轴的显示范围和显示比例。

axis([xmin xmax ymin ymax zmin zmax])：表示设置三维图形的显示范围，数组元素分别确定了每一坐标轴显示的最大值和最小值。

axis auto：表示根据x，y，z 的范围自动确定坐标轴的显示范围。

axis　manual：表示锁定当前坐标轴的显示范围，除非手动进行修改。

axis tight：表示设置坐标轴显示范围为数据所在范围。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

axis equal：表示设置各坐标轴的单位刻度长度等长显示。

axis square：表示将当前坐标范围显示在正方形（或正方体）内。

axis vis3d：表示锁定坐标轴比例不随对三维图形的旋转而改变。

【例3-19】使用函数axis设置坐标轴。

```
close all
subplot(1,3,1)
ezsurf(@(t,s)(sin(t).*cos(s)),@(t,s)(sin(t).*sin(s)),@(t,s)cos(t),
[0,1.5*pi,0,1.5*pi])
axis auto;
title('auto')
subplot(1,3,2)
ezsurf(@(t,s)(sin(t).*cos(s)),@(t,s)(sin(t).*sin(s)),@(t,s)cos(t),
[0,1.5*pi,0,1.5*pi])
axis equal;
title('equal')
subplot(1,3,3)
ezsurf(@(t,s)(sin(t).*cos(s)),@(t,s)(sin(t).*sin(s)),@(t,s)cos(t),
[0,1.5*pi,0,1.5*pi])
axis square;
title('square')
```

运行结果如图3-21所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

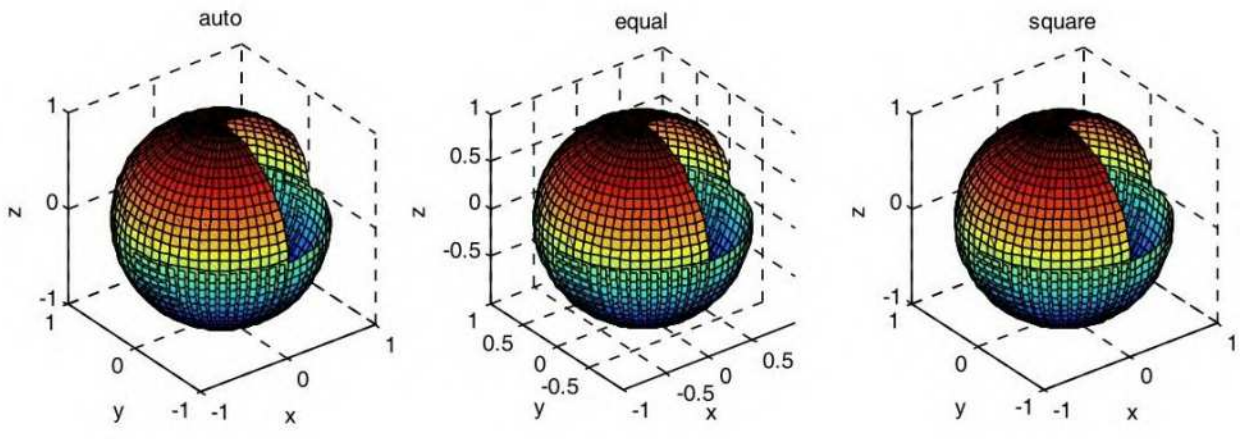


图3-21 设置坐标轴

3.4.7 特殊图形的绘制实例

除了上述的图形之外，很多工程及研究领域还使用其他一些不同类型的特殊二维、三维图形，通过这些特殊图形的绘制，使用者可以方便地获悉单个数据在整体的数据集中所占的比例、数据点的分布、数据分布的向量信息等。下面将举例说明特殊图形的绘制。

1.特殊二维图形的绘制实例

【例3-20】使用bar和barh函数绘制垂直和水平直方图。

```
clear all;
bar (rand(1,10))
```

运行结果如图3-22所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

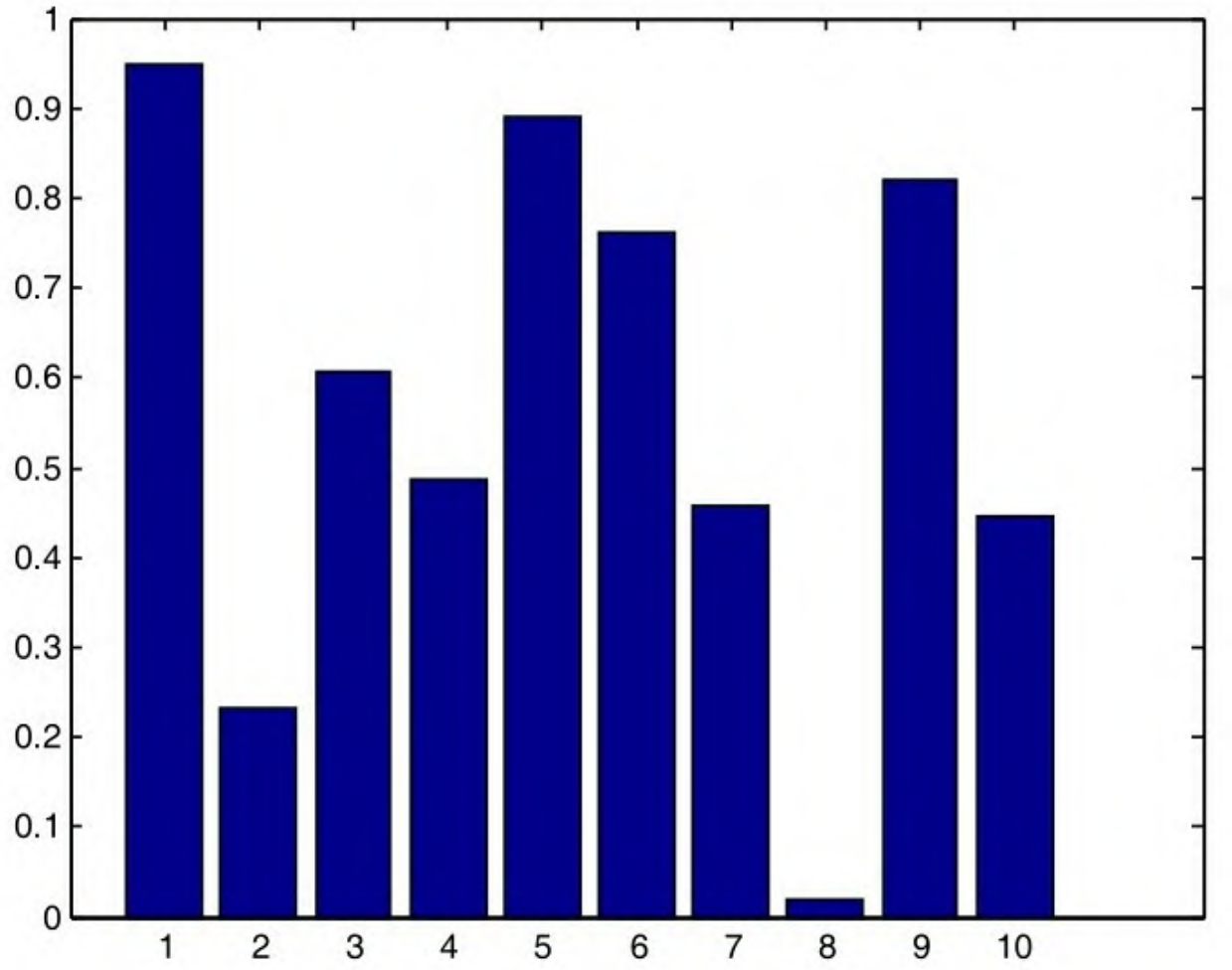


图3-22 Y 是向量时的直方图

【例3-21】绘制m×n的矩阵的直方图。

```
x=-2:0.1:2;
Y=exp(-x.*x);
bar(x,Y)
```

运行结果如图3-23所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

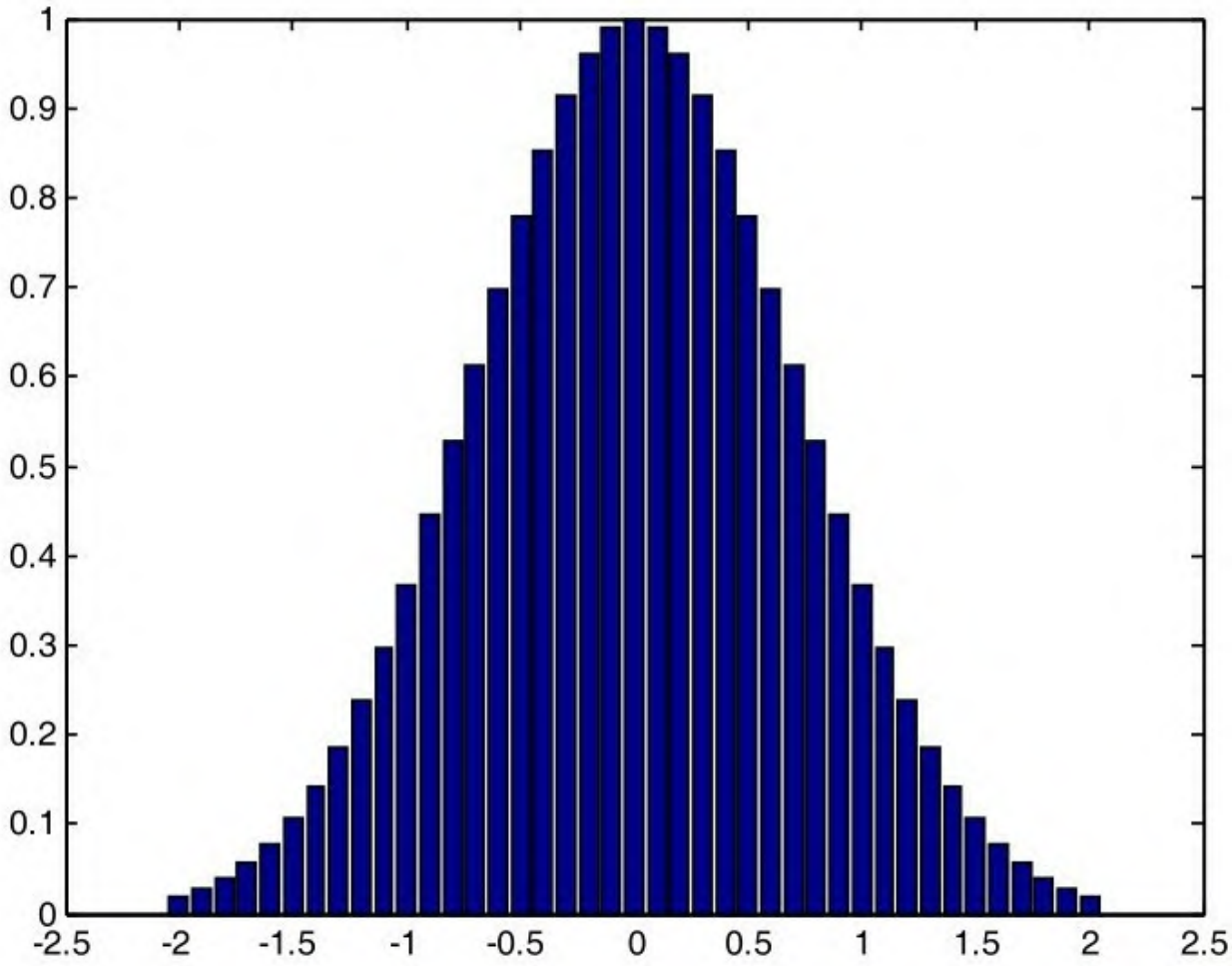


图3-23 钟型图

【例3-22】用area函数根据矢量或矩阵的各列生产一个区域图。

```
X=magic(5);
area(X)
```

运行结果如图3-24所示。

【例3-23】已知资料的误差值，利用errorbar函数来表示。

```
x=linspace(0,2*pi,30);
y=sin(x);
e=std(y)*ones(size(x)) %标准差
errorbar(x,y,e)
```

运行结果如图3-25所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

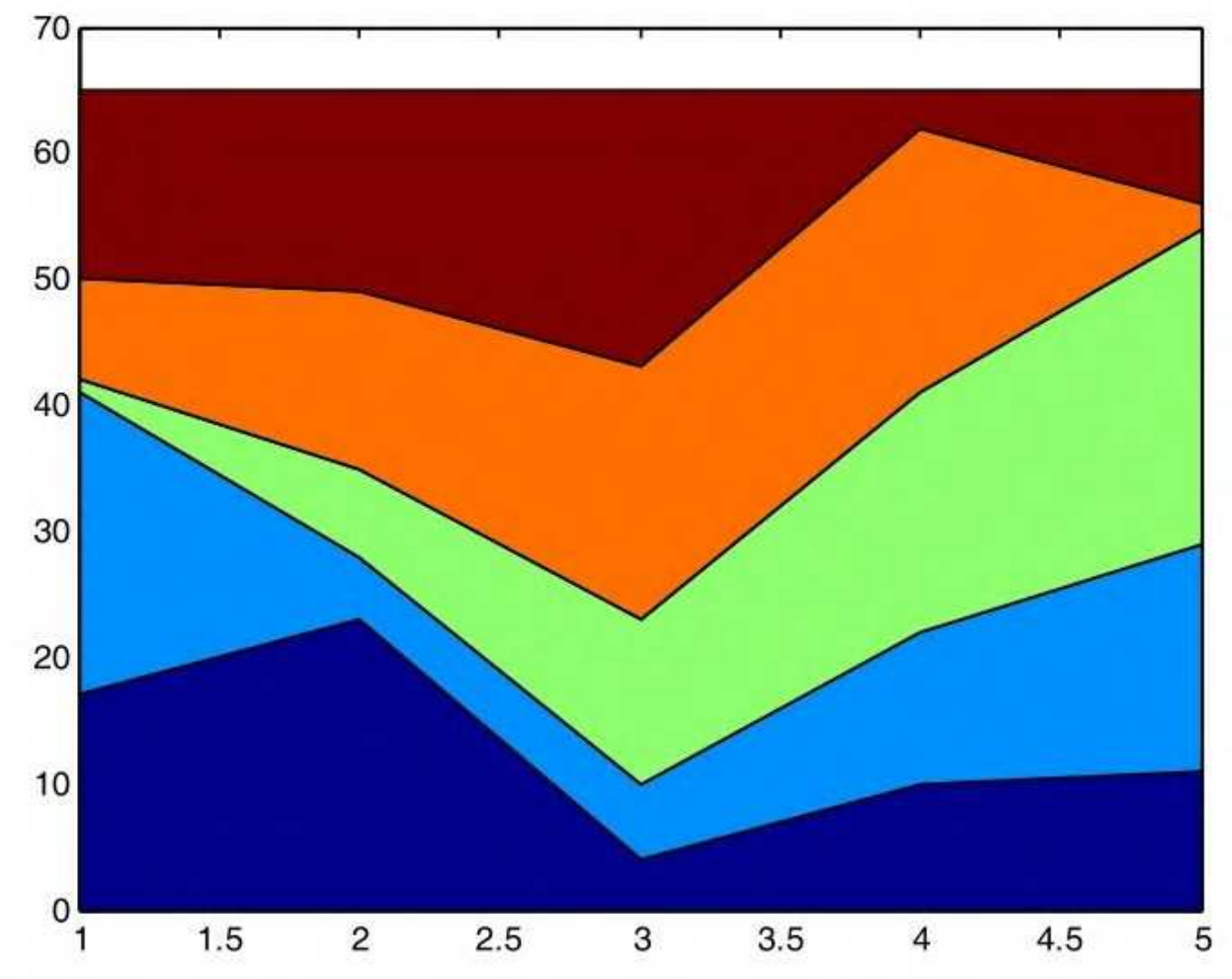


图3-24 矩阵的区域图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

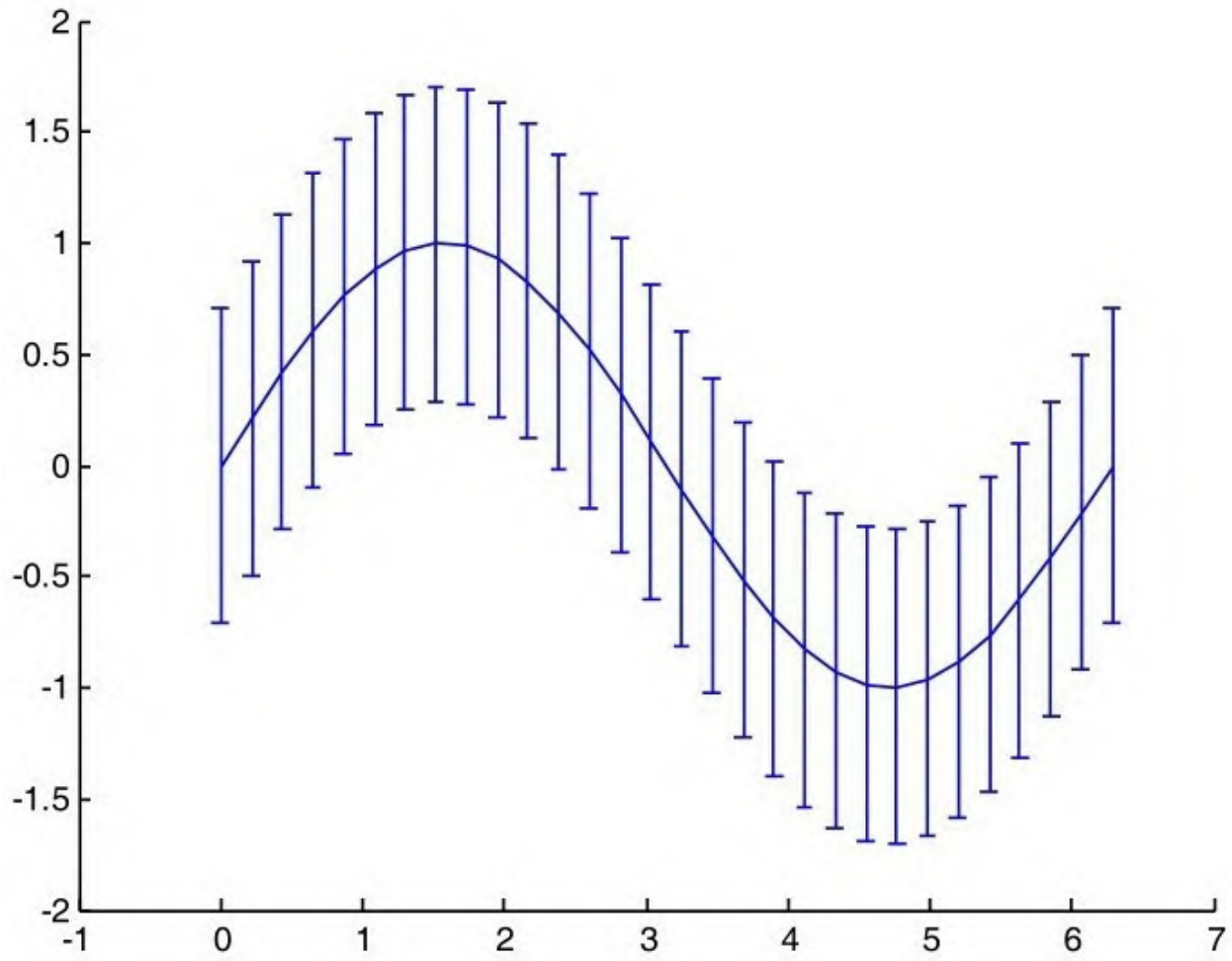


图3-25 误差的区域范围

【例3-24】用fplot较精确地绘图，该函数会对剧烈变化处进行较密集的取样。

```
x=0.02:0.001:0.2;
subplot(121),
plot(x,sin(1./x))
subplot(122),
fplot('sin(1/x)',[0.02 0.2])
```

运行结果如图3-26所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

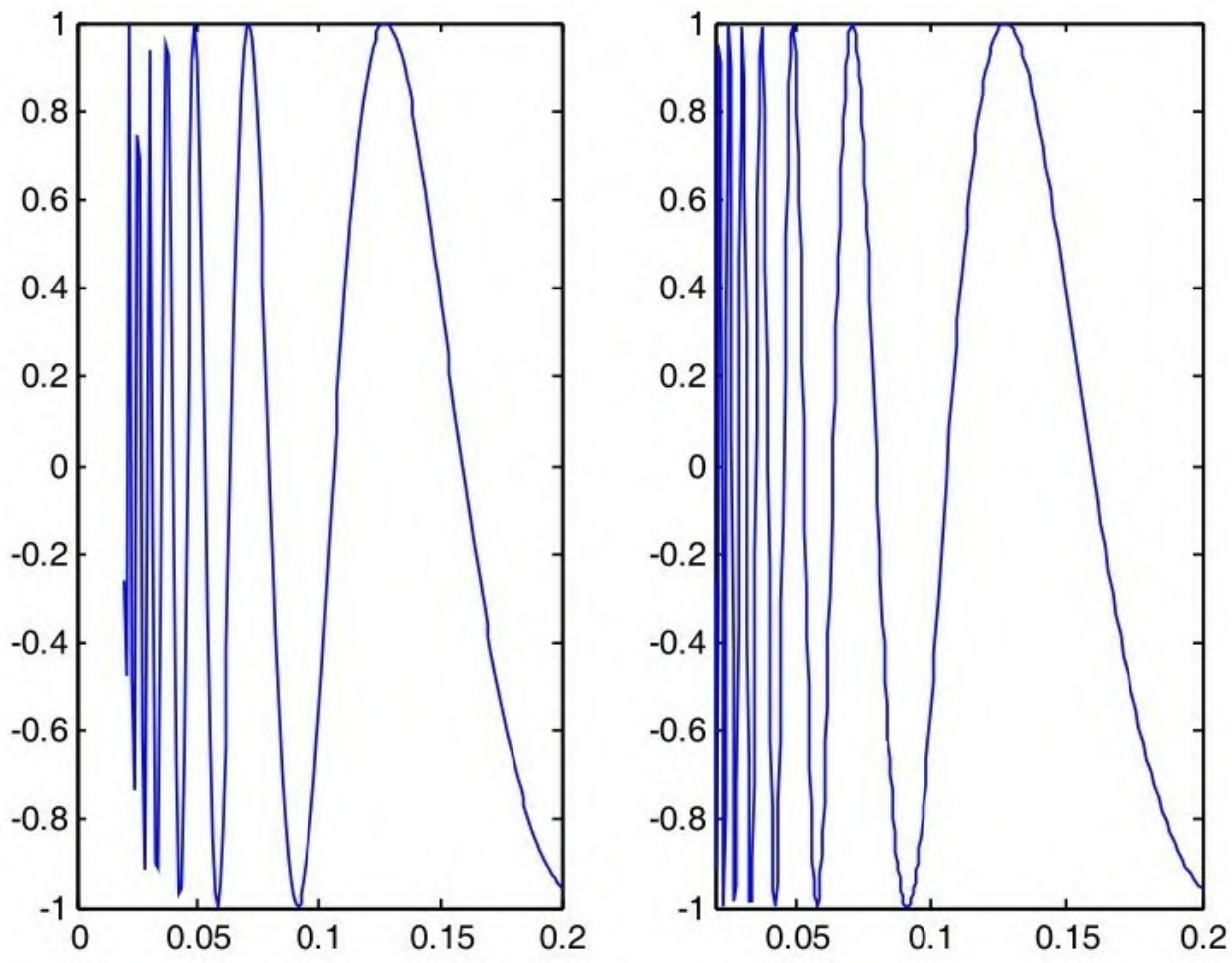


图3-26 fplot精确绘图与plot绘图比较

【例3-25】用polar函数产生极坐标图。

```
theta=linspace(0,2*pi);
r=cos(4*theta);
polar(theta,r)
```

运行结果如图3-27所示。

【例3-26】利用hist函数来显示资料数据的分部情况。

```
x=-3:0.1:3;
y=randn(1000,1);
hist(y,x)
```

运行结果如图3-28所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

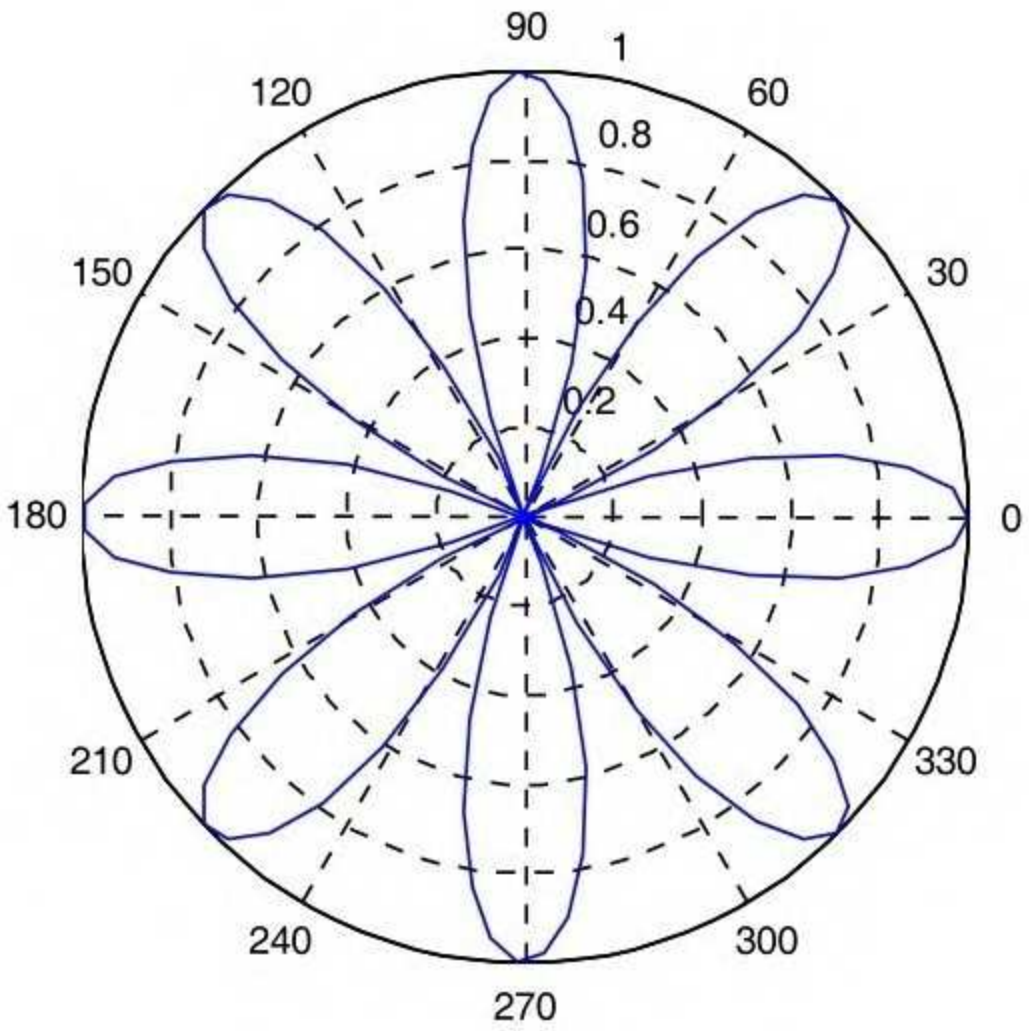


图3-27 极坐标图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

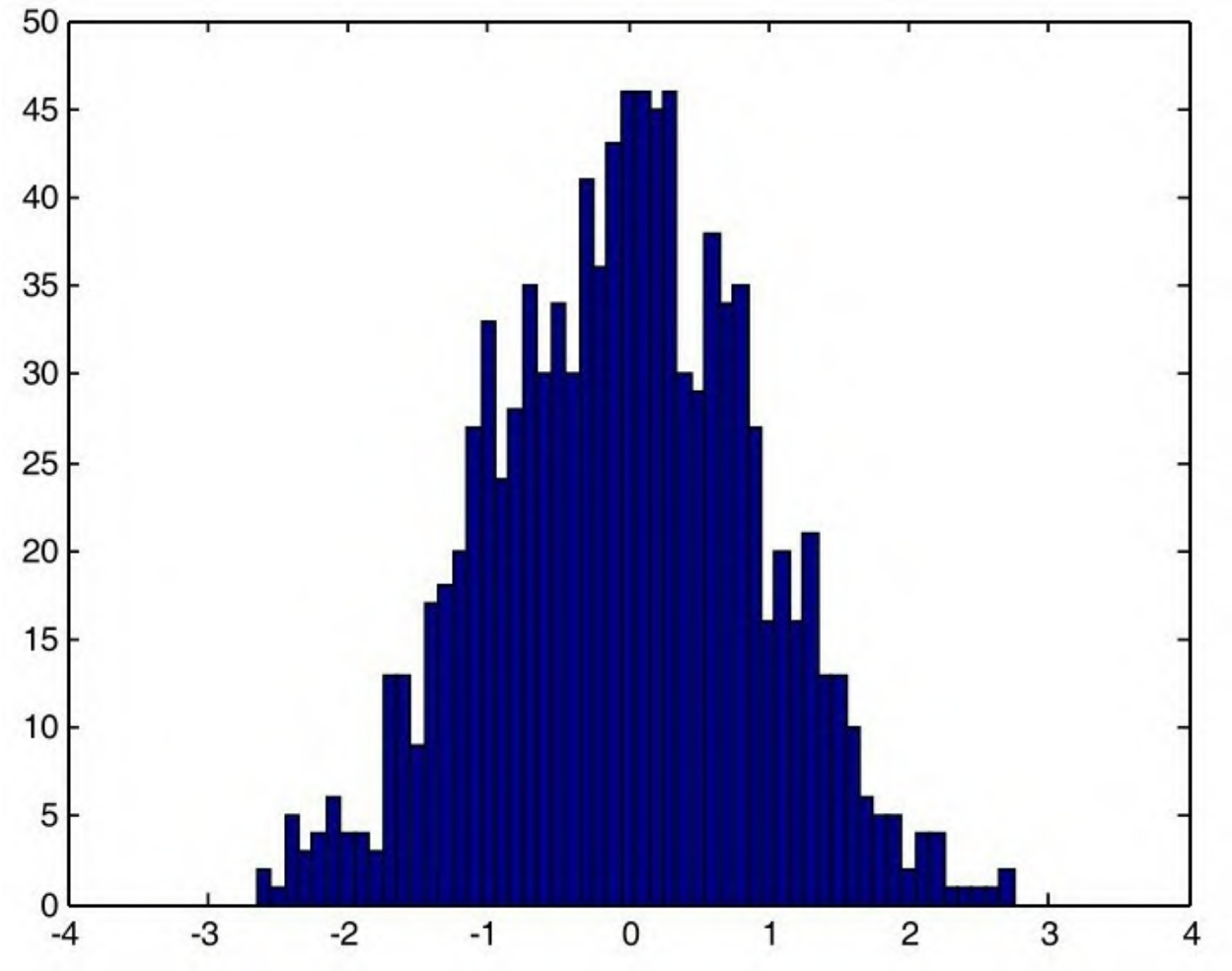


图3-28 频数累计柱状图

【例3-27】利用rose将资料大小视为角度，资料个数视为距离，并用极坐标绘制表示。

```
x=randn(1000,1);
rose(x)
```

运行结果如图3-29所示。

【例3-28】利用stairs函数画出阶梯图。

```
x=linspace(0,10,50);
y=sin(x).*exp(-x/3);
stairs(x,y)
```

运行结果如图3-30所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

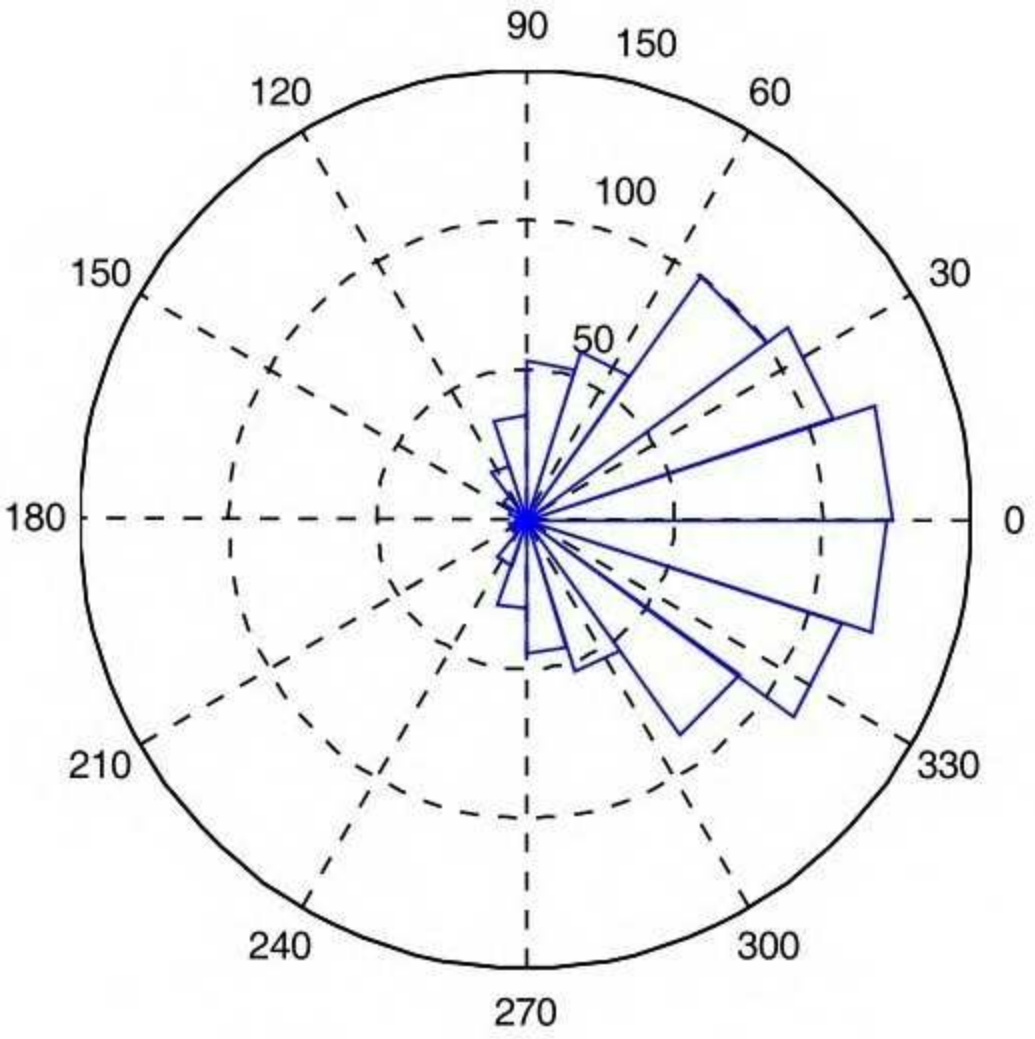


图3-29 极坐标中的频数累计直方图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

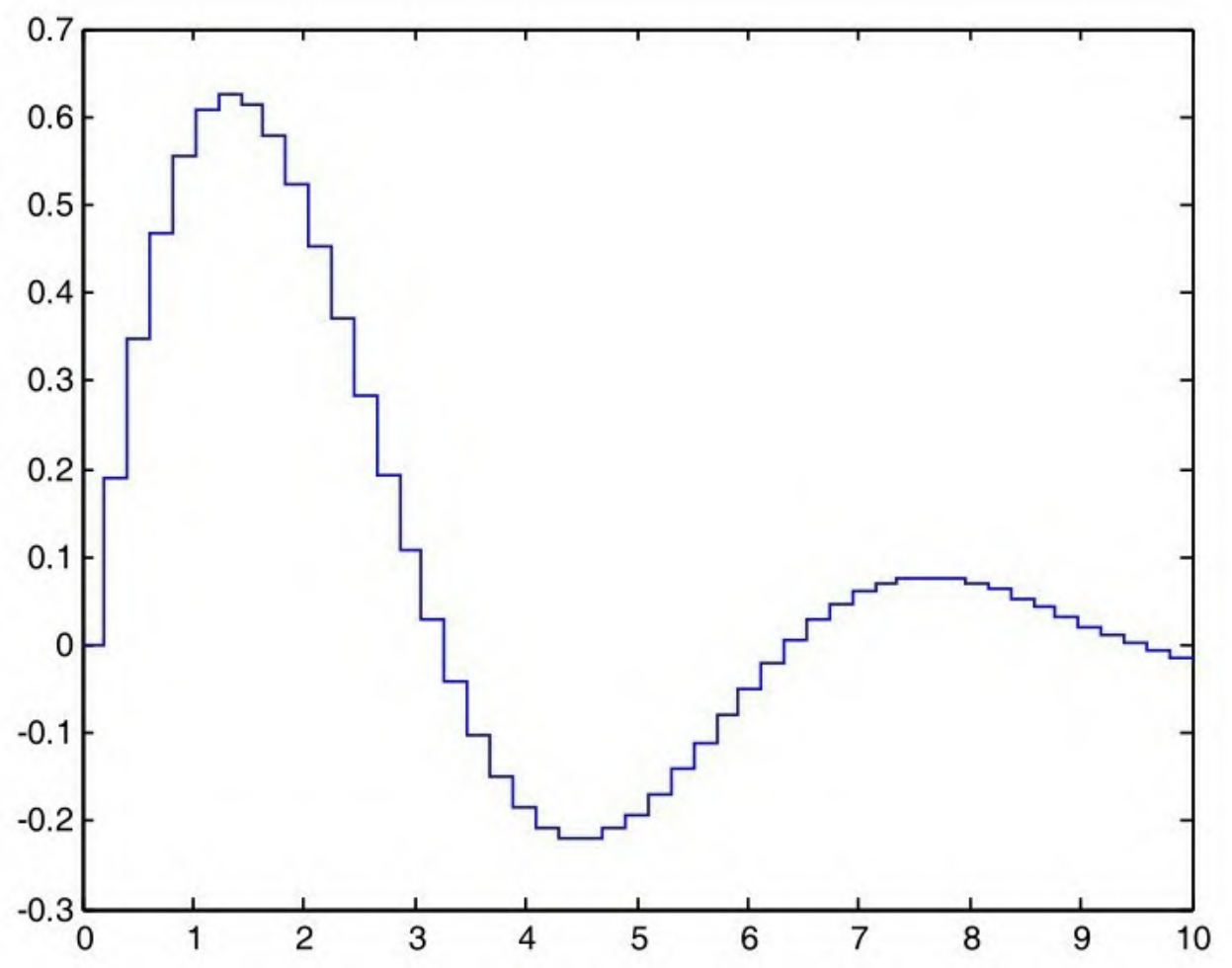


图3-30 阶梯图

【例3-29】利用stem函数可产生针状图，常用来绘制数位信号。

```
x=linspace(0,10,50);
y=sin(x).*exp(-x/3);
stem(x,y)
```

运行结果如图3-31所示。

【例3-30】利用fill函数将资料点视为多边形顶点，并将此多边形涂上颜色。

```
x=linspace(0,10,50);
y=sin(x).*exp(-x/3);
fill(x,y,'b')
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运行结果如图3-32所示。

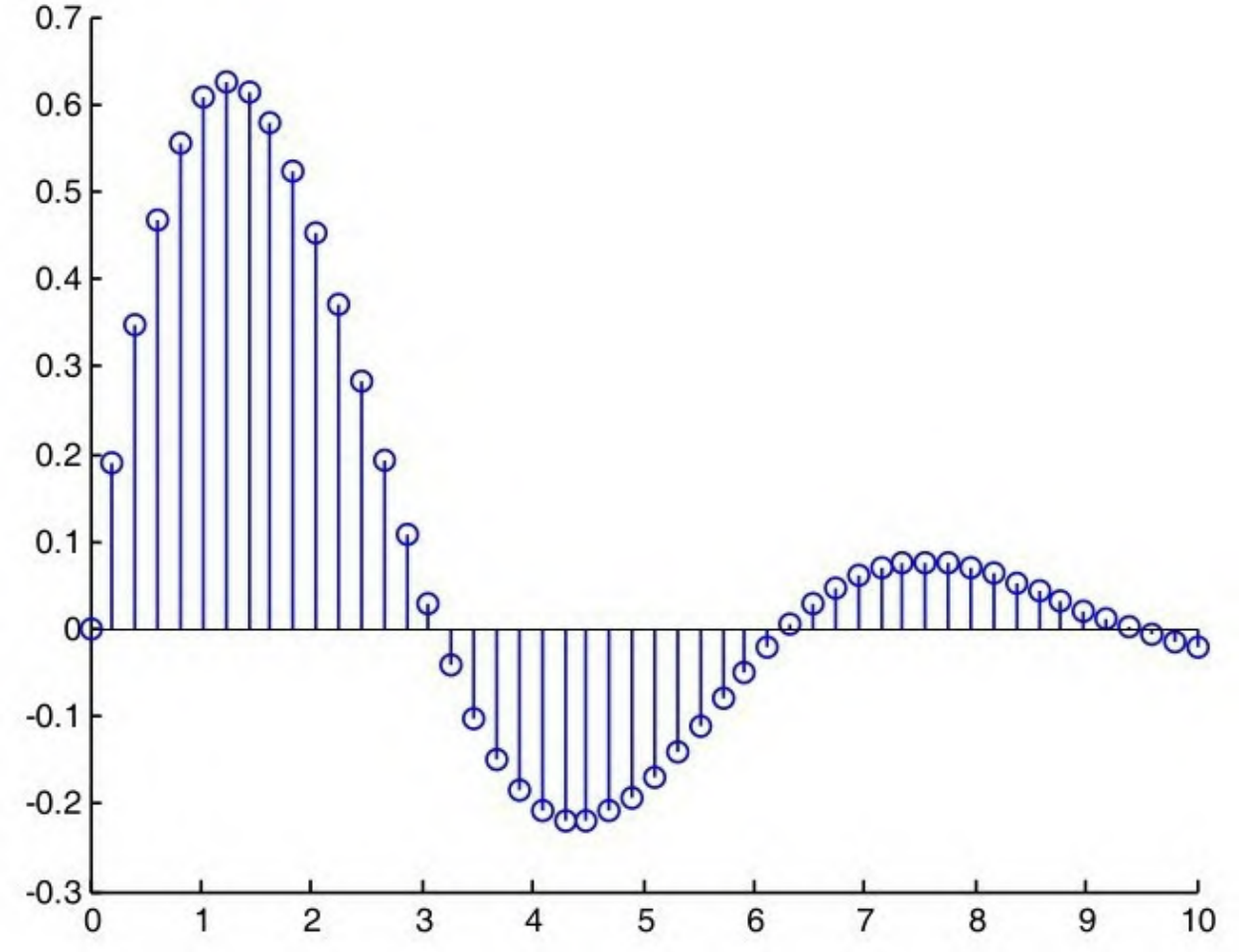


图3-31 针状图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

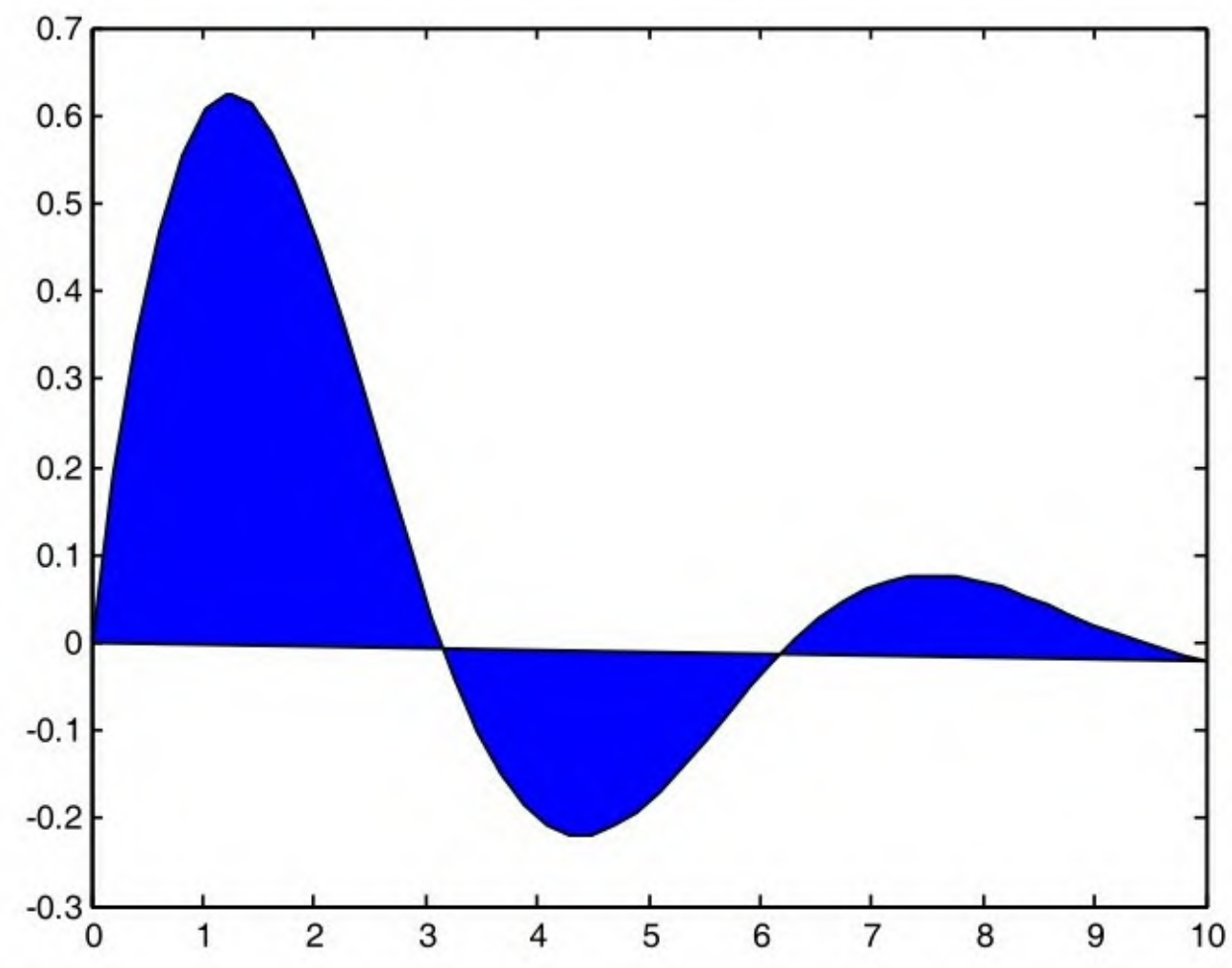


图3-32 填充图

【例3-31】利用feather函数将每一个资料点视为复数，并以箭线画出。

```
theta=linspace(0,2*pi,20);
z=cos(theta)+i*sin(theta);
feather(z)
```

运行结果如图3-33所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

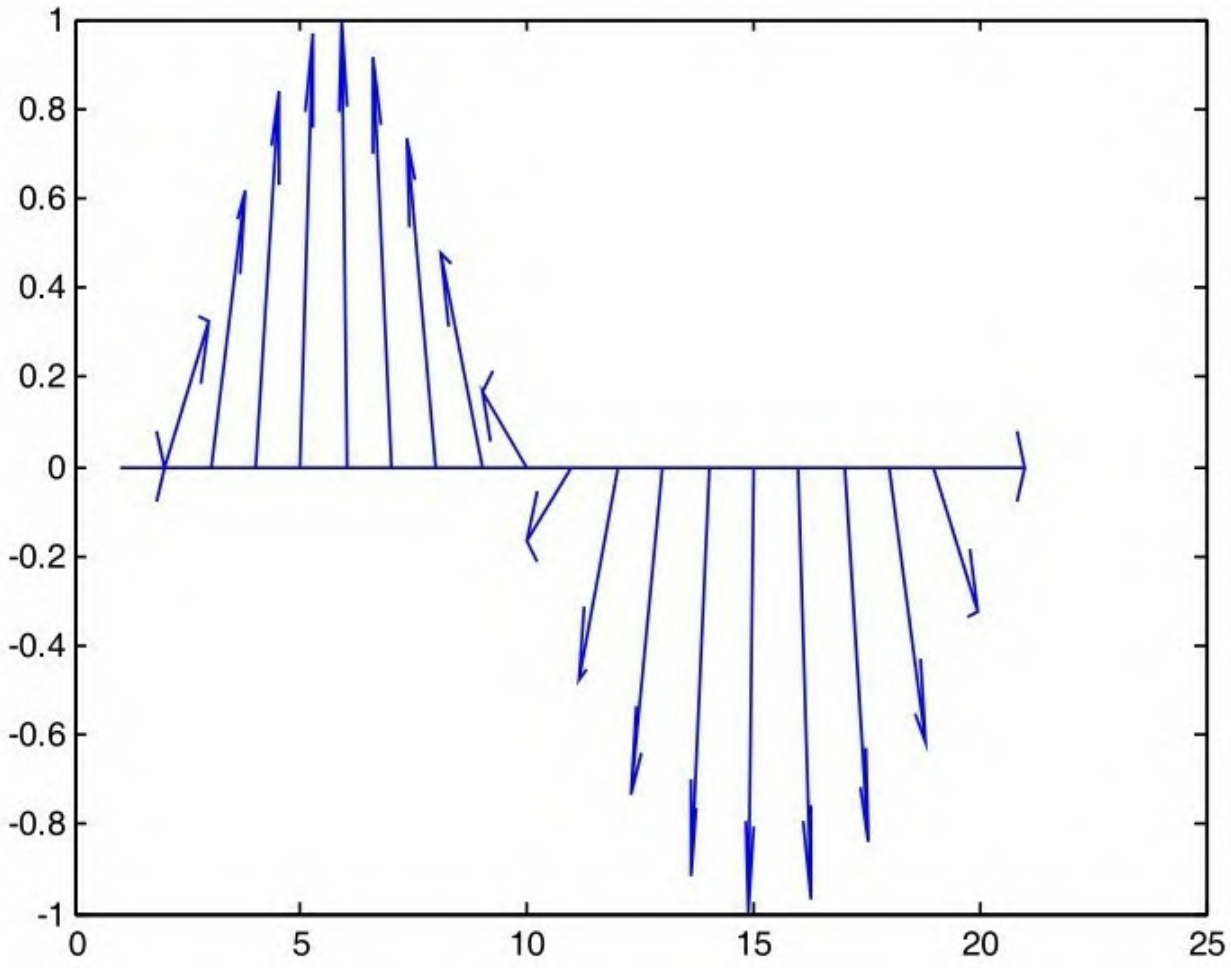


图3-33 羽毛图

【例3-32】利用compass函数作图。

```
theta=linspace(0,2*pi,20);
z=cos(theta)+i*sin(theta);
compass(z)
```

运行结果如图3-34所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

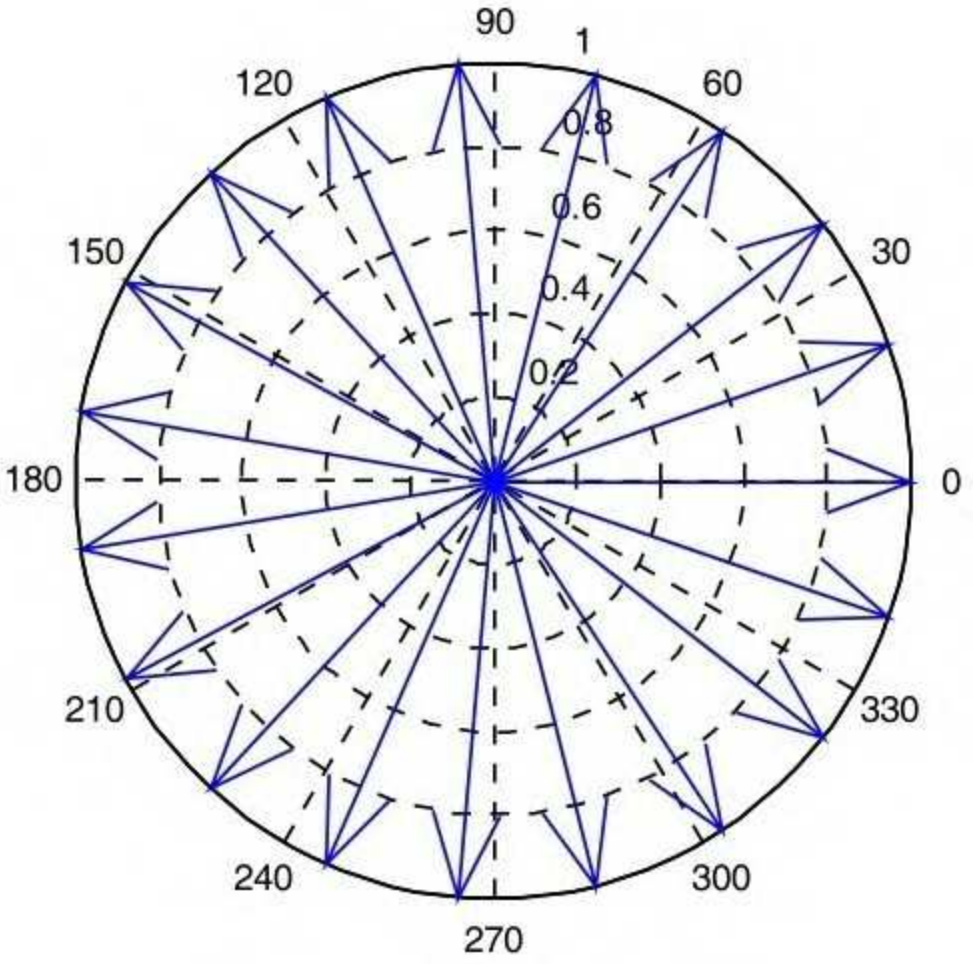


图3-34 罗盘图

【例3-33】利用scatter(X,Y,S,C)在向量X、Y定义的位置绘制彩色的圆圈（X、Y必须大小相同），S定义了每个符号的大小，C定义了每个标记的颜色。

```
load seamount
scatter(x,y,8,z)
```

运行结果如图3-35所示。

【例3-34】pie(X)是用X里的数据绘制一张饼图，X里的每一个元素被表示为饼图的一张切片。pie(X,explode)表示分离饼图中的某一切片。

```
x=[4 3 7 2 1 6 5];
explode=[0 0 0 0 0 0 1 0];
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

pie(x,explode)

运行结果如图3-36所示。

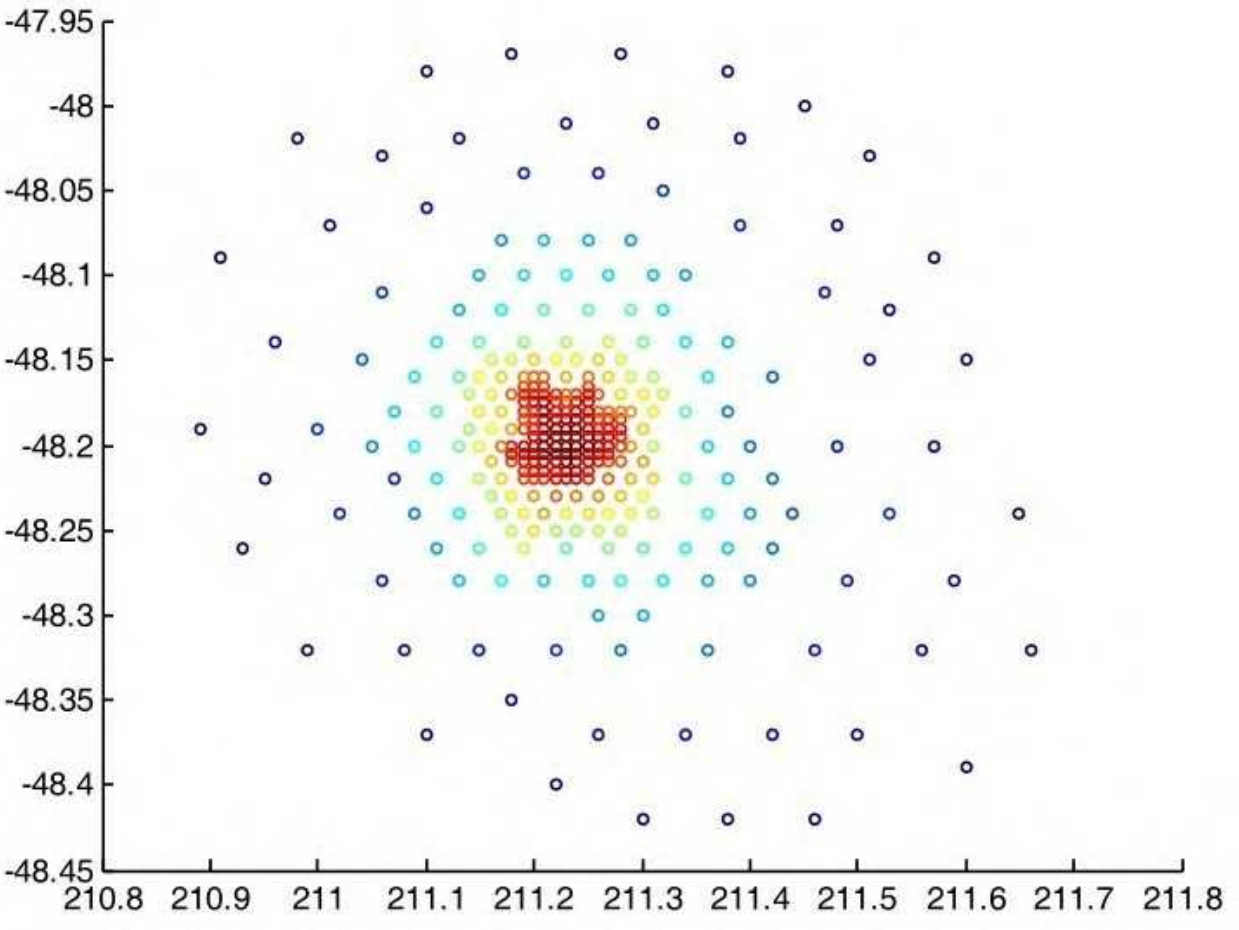


图3-35 离散点图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

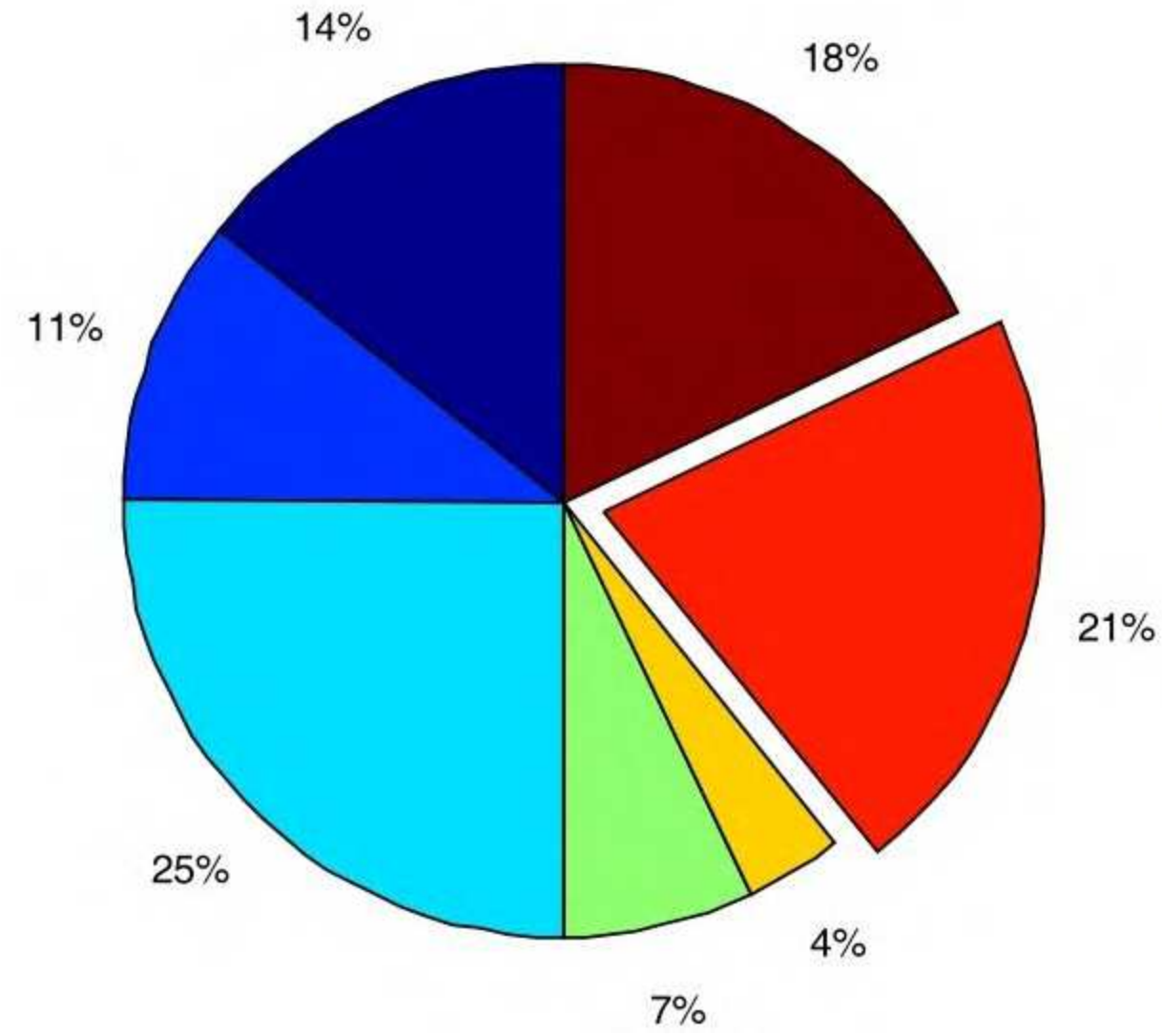


图3-36 饼图

【例3-35】利用quiver函数绘制向量图。

```
[X,Y]=meshgrid(-1.5:0.15:1.5);
Z=X.*exp(-X.^2-Y.^2);
[DX,DY]=gradient(Z,2,2);
quiver(X,Y,DX,DY)
```

运行结果如图3-37所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

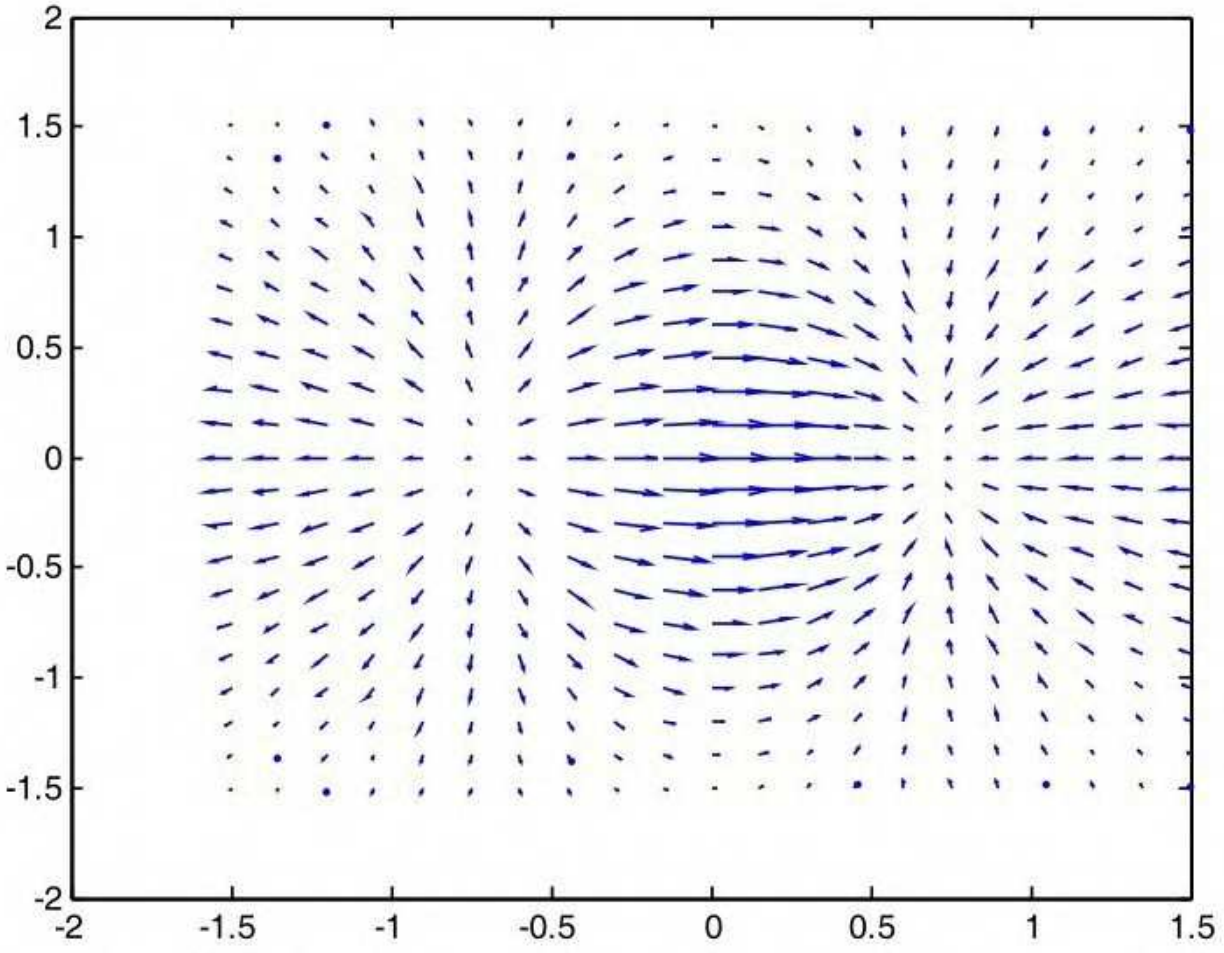


图3-37 函数梯度图

【例3-36】利用命令K=conhull(x,y) 来绘制凸壳图。

```
xx=-1.5:0.04:1.5;
yy=abs(sqrt(xx));
[x,y]=pol2cart(xx,yy);
k=convhull(x,y);
plot(x(k), y(k),'r-',x,y,'g*')
```

运行结果如图3-38所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

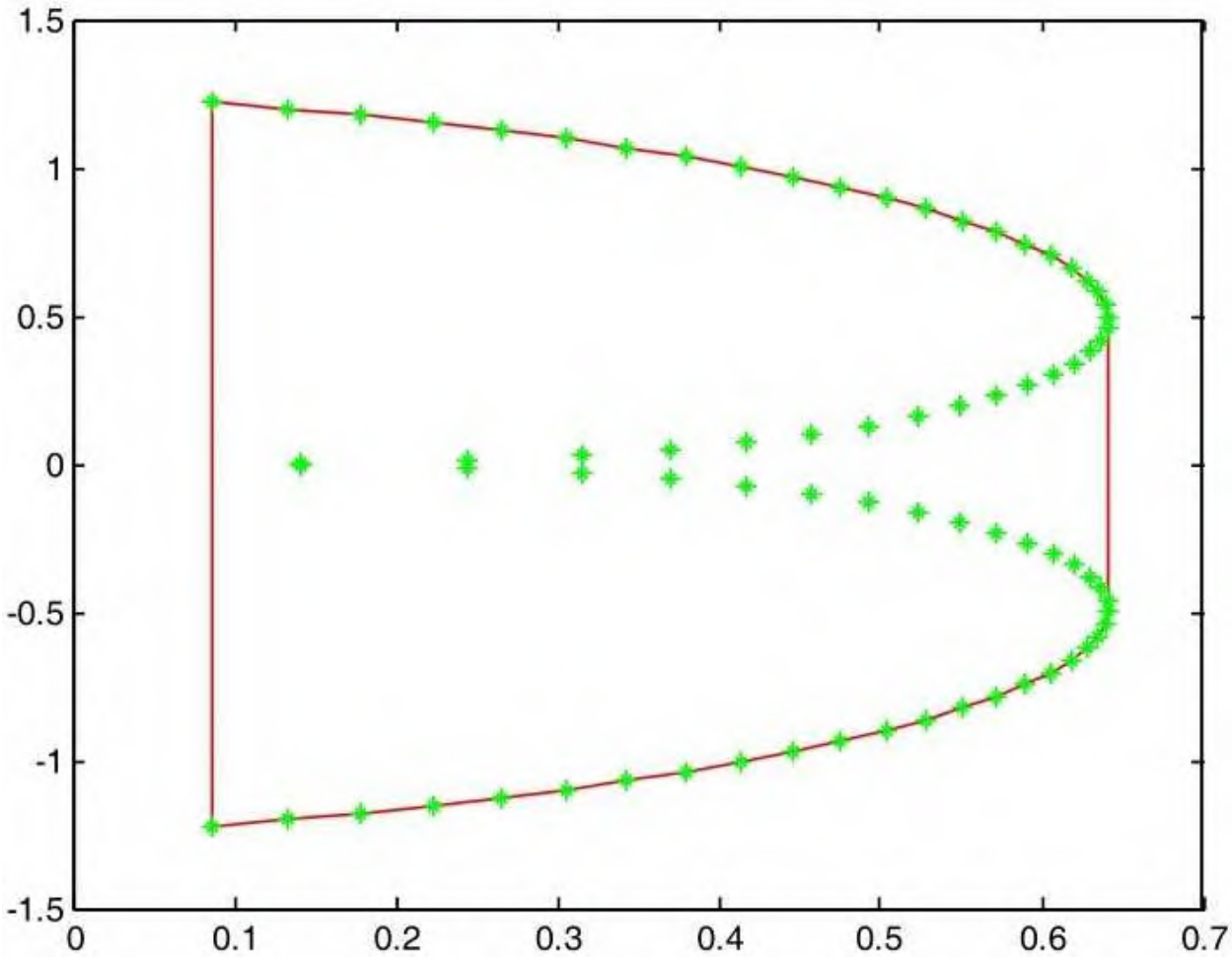


图3-38 凸壳图

【例3-37】loglog函数的用法。

```
x=logspace(-2,2);
loglog(x,exp(x),'o');
grid on
```

运行结果如图3-39所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

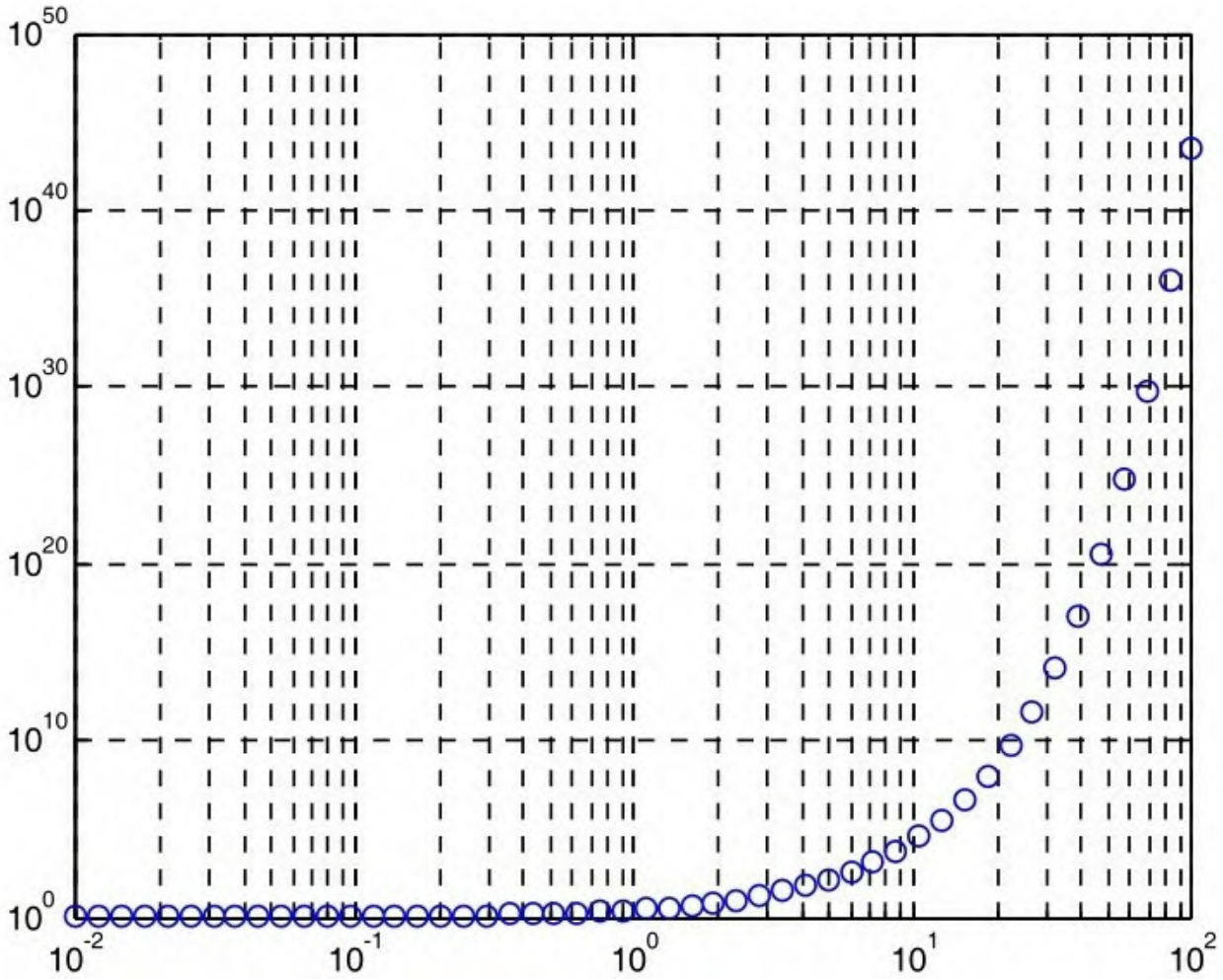


图3-39 双对数刻度曲线

【例3-38】Semilog函数的用法。

```
x=logspace(-2,0);
y=exp(x);
subplot(121),
semilogx(x,y,'b*');
subplot(122),
semilogy(x,y,'g+')
```

运行结果如图3-40所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

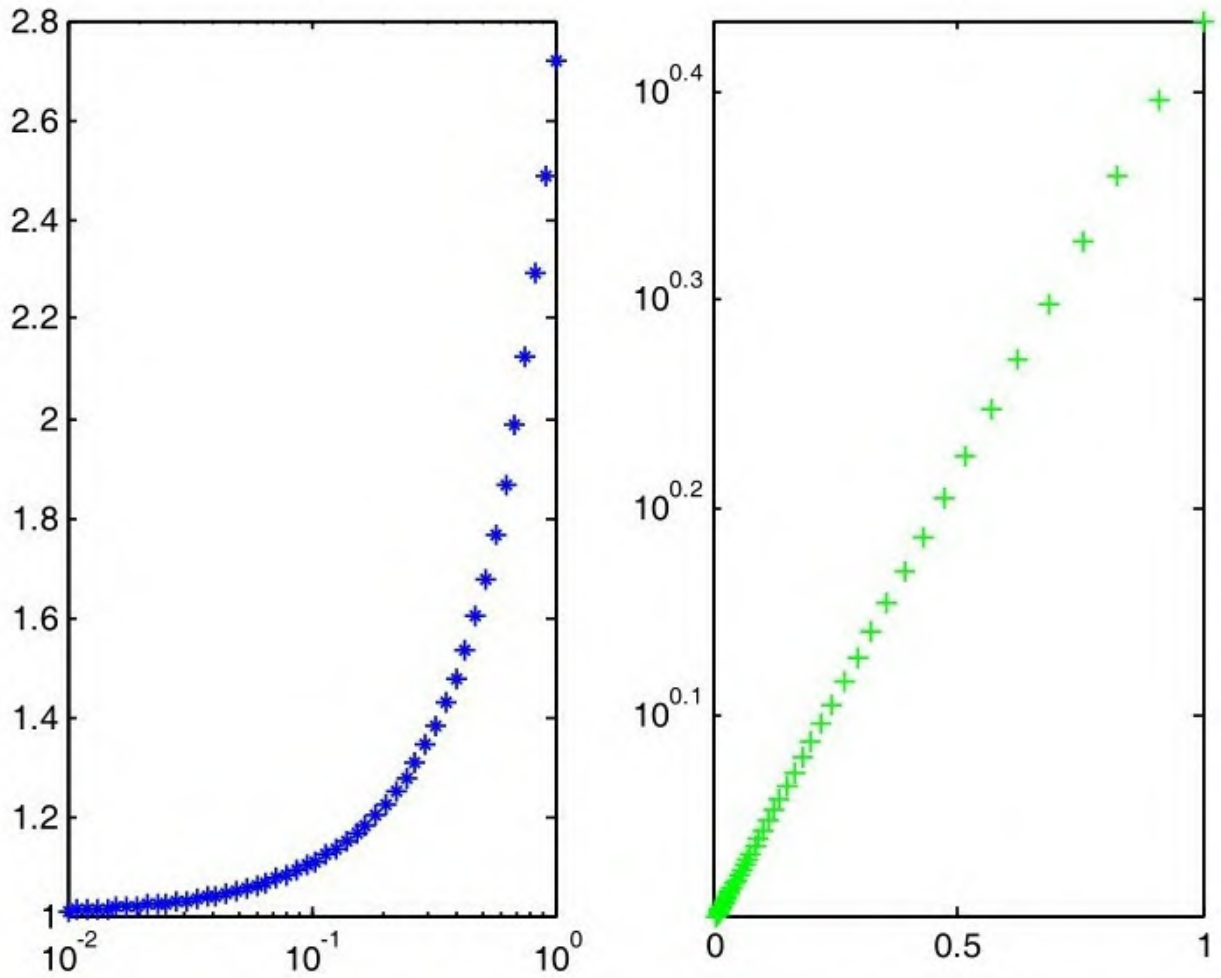


图3-40 半对数刻度曲线图

【例3-39】利用plotyy可以产生两个y轴，在同一个图中绘制两组不同的数据，或指定一种数据的两种不同显示形式。

```
t=0:pi/30:6;
y=exp(sin(t));
plotyy(t,y,t,y,'plot','stem')
```

运行结果如图3-41所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

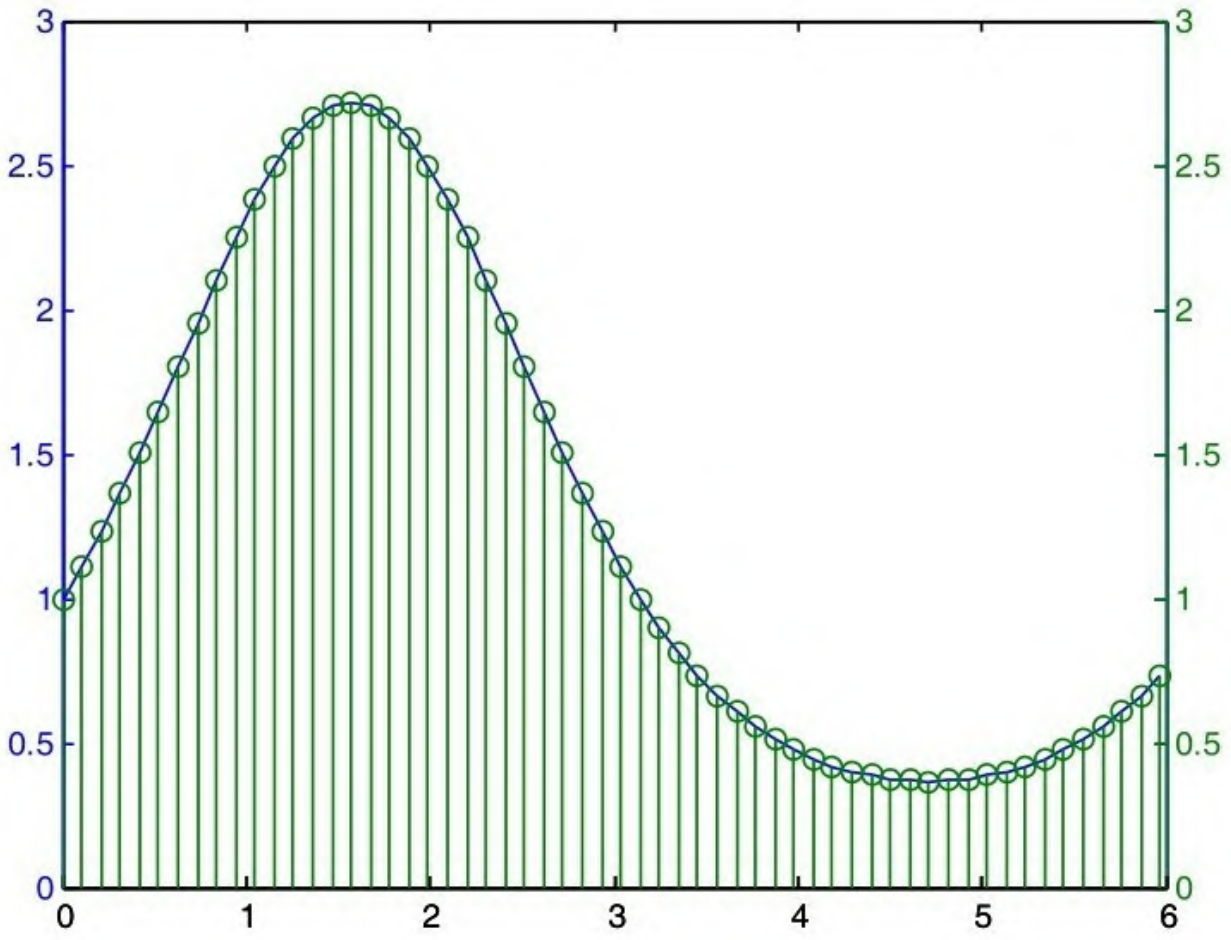


图3-41 同一数据的不同图形显示形式

若在同一个图中绘制两组不同的数据：

```
t=0:800;A=900;a=0.004;b=0.004;
z1=A*exp(-a*t);
z2=sin(b*t);
plotyy(t,z1,t,z2,'semilogy','plot')
```

则运行结果如图3-42所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

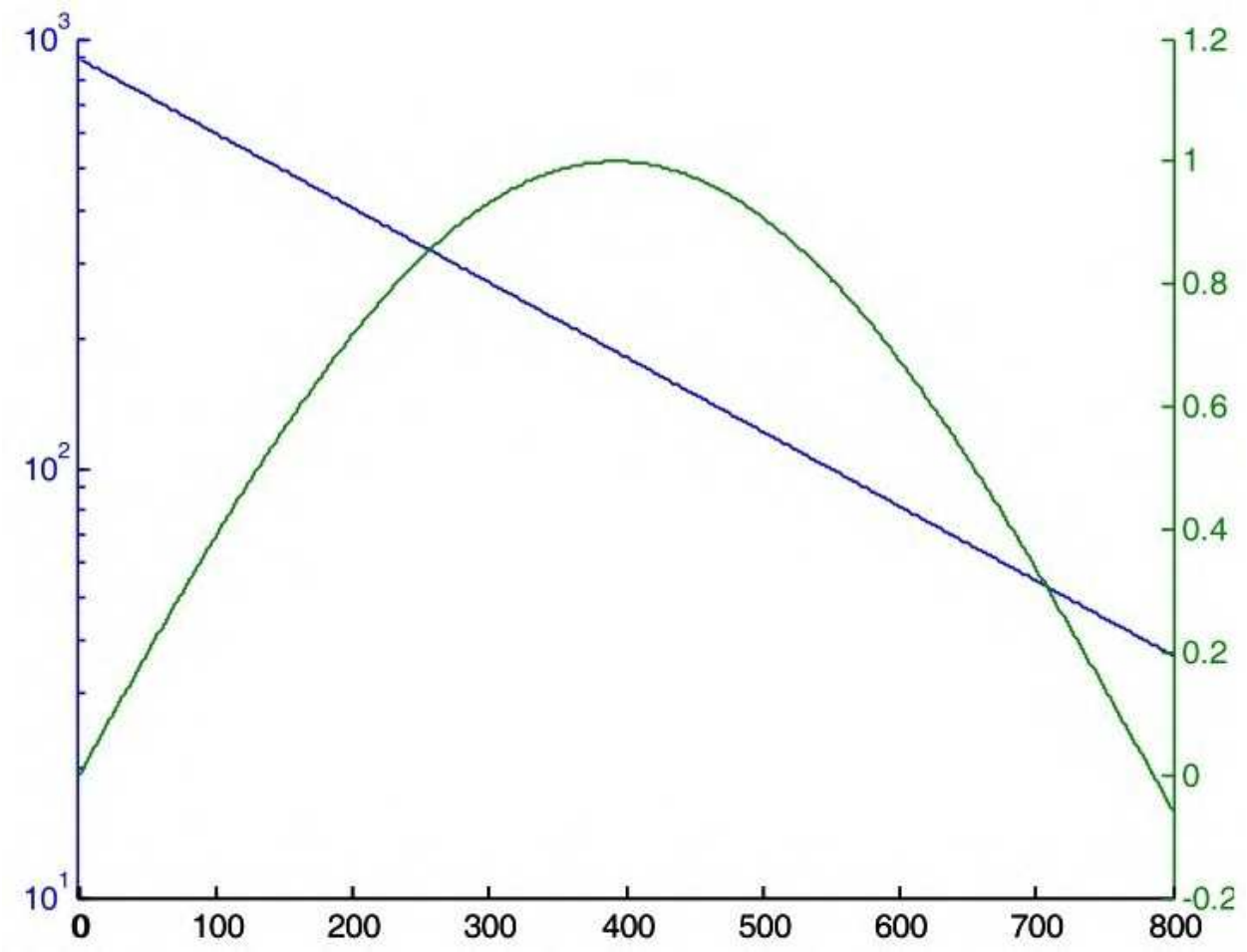


图3-42 用两种不同类型的Y轴绘图比较

2.特殊三维图形的绘制实例

【例3-40】利用指令contour、coutour3来绘制等值线图。

```
[X,Y,Z]=peaks;%x,y 及z 轴的数据由peaks函数定义
subplot(221),
contour(Z,20)
subplot(222),contour(X,Y,Z,20); % 画出peaks的 z轴二维等值线图，等值线的数目为20
subplot(223),          %画出peaks的二维等值线图，等值线的数目为20
contour3(Z,20);
subplot(224),          %画出peaks的 z轴三维等值线图
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

contour3(X,Y,Z,20);　　%画出peaks的三维等值线图

运行结果如图3-43所示。

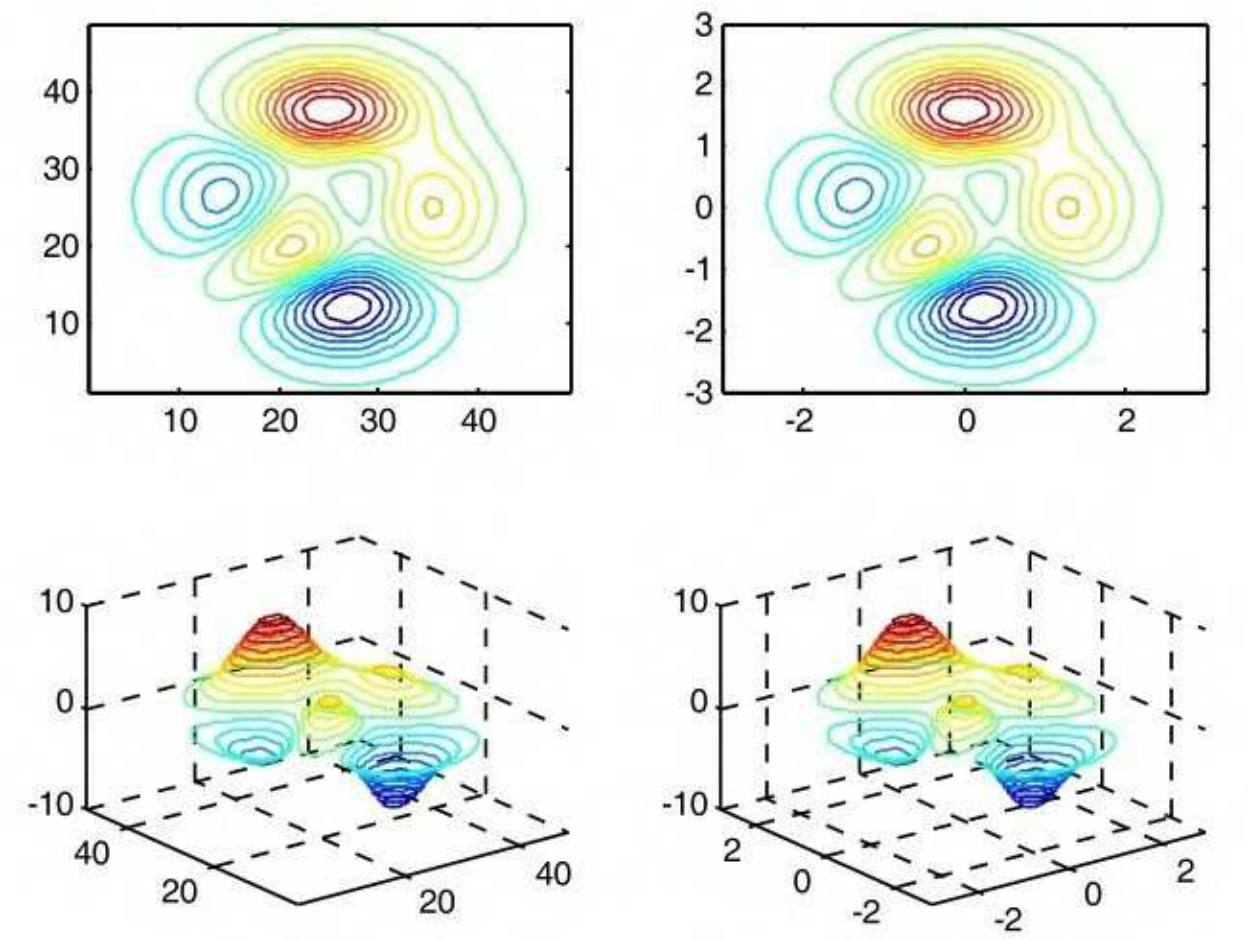


图3-43 Contour、contour3绘图比较

【例3-41】利用slice函数来绘制立体空间的正交切片图。

```
[x,y,z]=meshgrid(-2:.2:2,-2:.2:2,-2:.2:2);
v=x.*exp(-x.^2-y.^2-z.^2);
slice(v,[4 14 21],21,[1 10]);
axis([0 21 0 21 0 21])
colormap(jet)
```

运行结果如图3-44所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

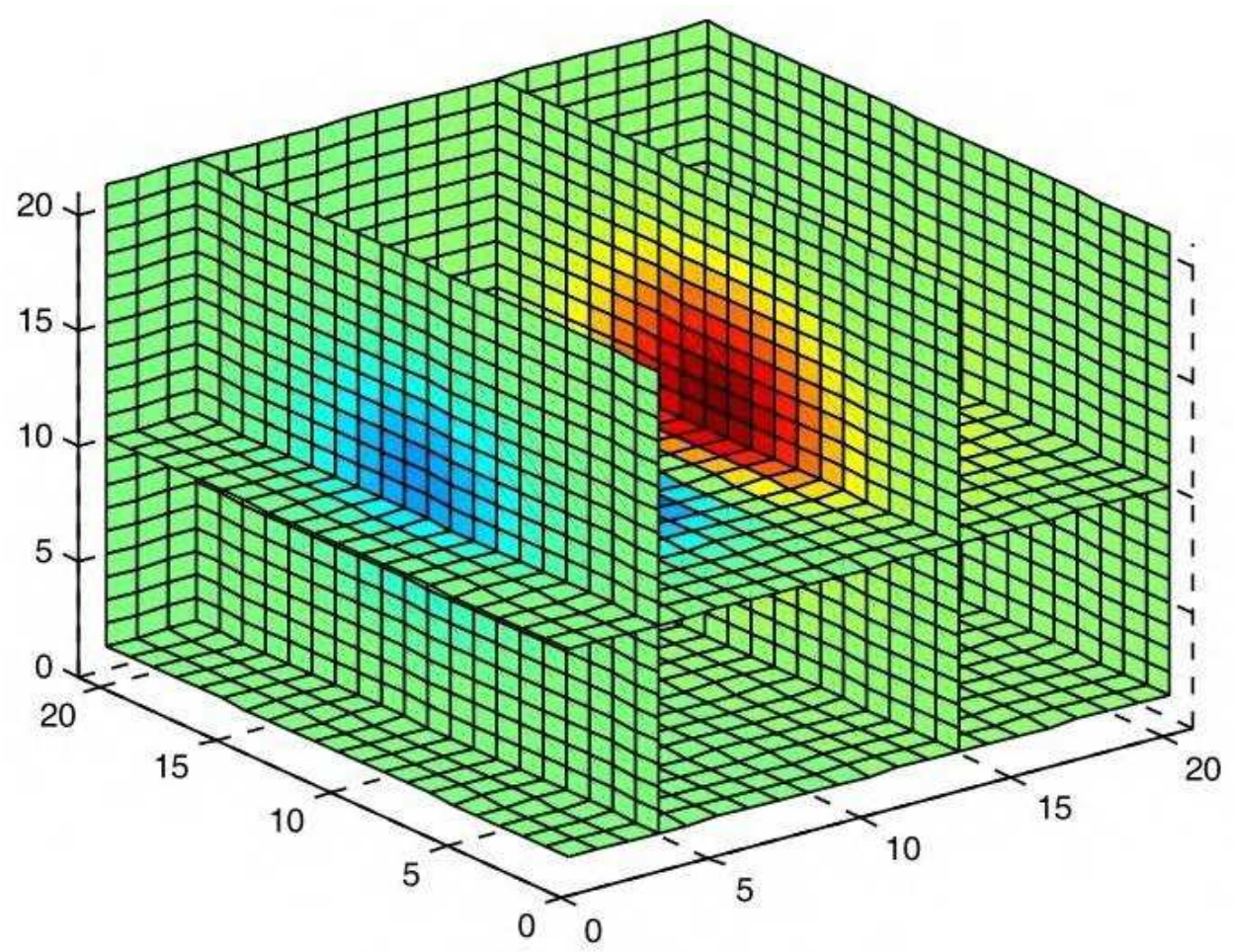


图3-44 切片图

【例3-42】利用quiver3函数绘制三维向量场图。

```
[X,Y]=meshgrid(-1.5:0.25:1.5,-1:0.2:1);
Z=X.*exp(-X.^2-Y.^2);
[U,V,W]=surfnorm(X,Y,Z);   %空间表面的法线
quiver3(X,Y,Z,U,V,W,0.5);
hold on;
surf(X,Y,Z);
colormap hsv;
view(-35,45);
axis([-2 2 -1 1 -0.6 0.6]);
hold off
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运行结果如图3-45所示。

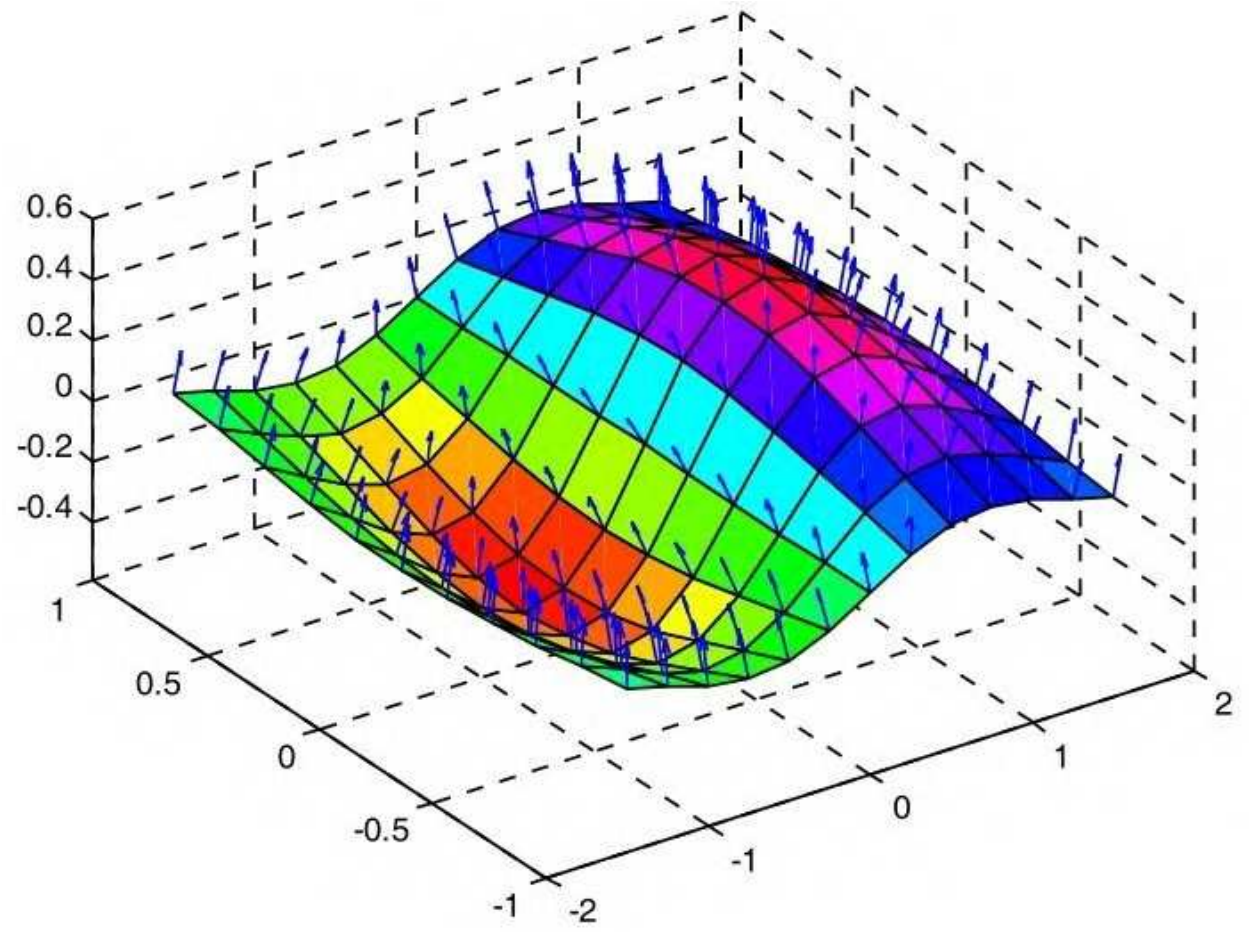


图3-45 一个函数的法向表面

【例3-43】利用clinder函数绘制柱面图。

```
t=0:pi/10:2*pi;
[X,Y,Z]=cylinder(1.5+cos(t));
surf(X,Y,Z);
axis square
```

运行结果如图3-46所示。

【例3-44】利用bar3函数绘制三维垂直和水平直方图。

```
Y=cool(9);%Y是由冷色图生成的9×3矩阵
bar3(Y)
```

运行结果如图3-47所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

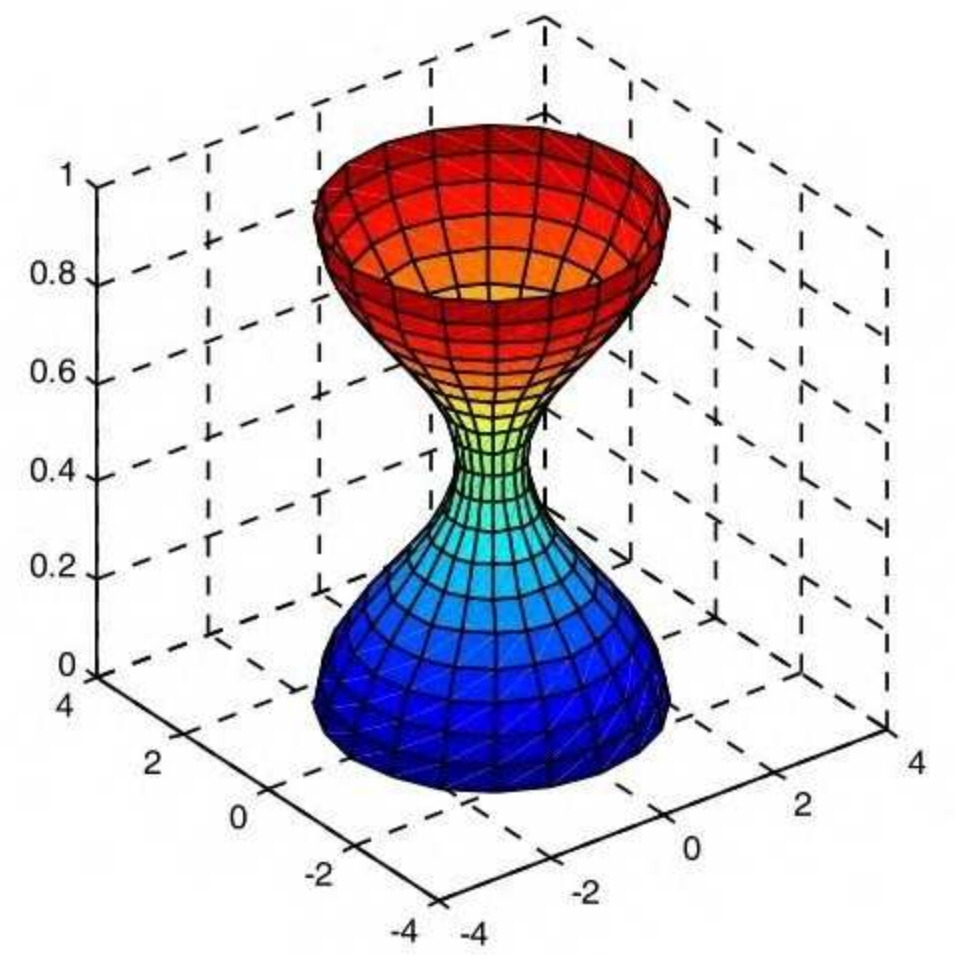


图3-46 母线是曲面的柱面图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

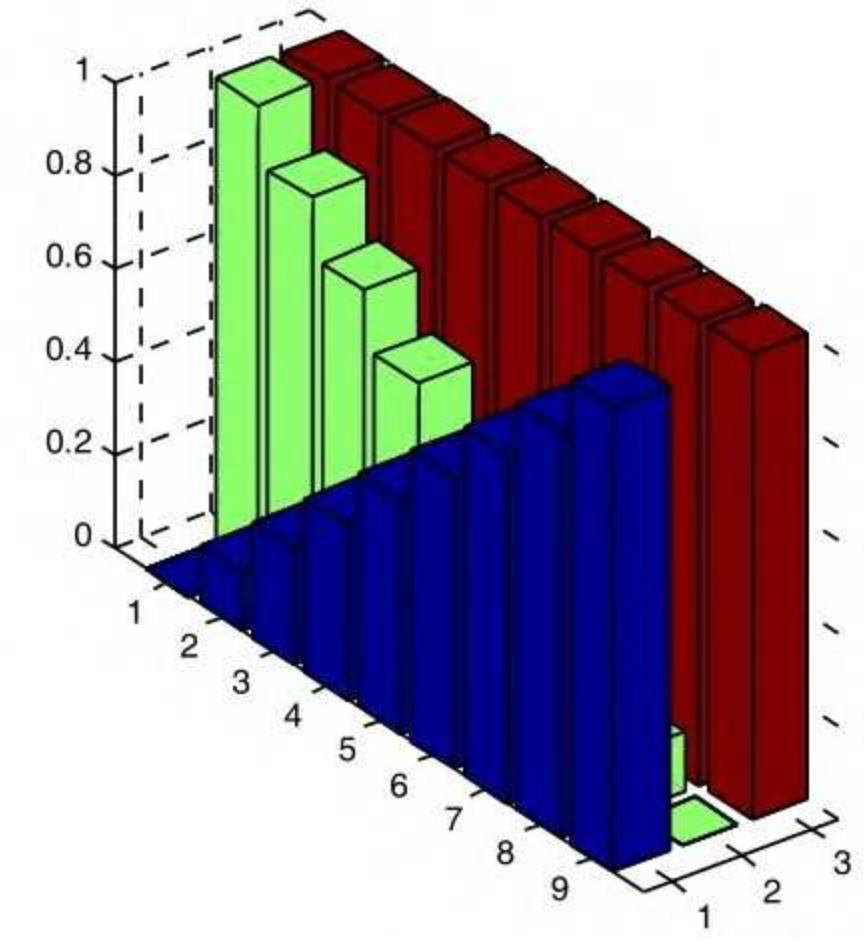


图3-47 三维垂直直方图

【例3-45】利用meshz函数将曲面加上围裙。

```
[x,y,z]=peaks;
meshz(x,y,z);
axis([-inf inf -inf inf -inf inf])
```

运行结果如图3-48所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

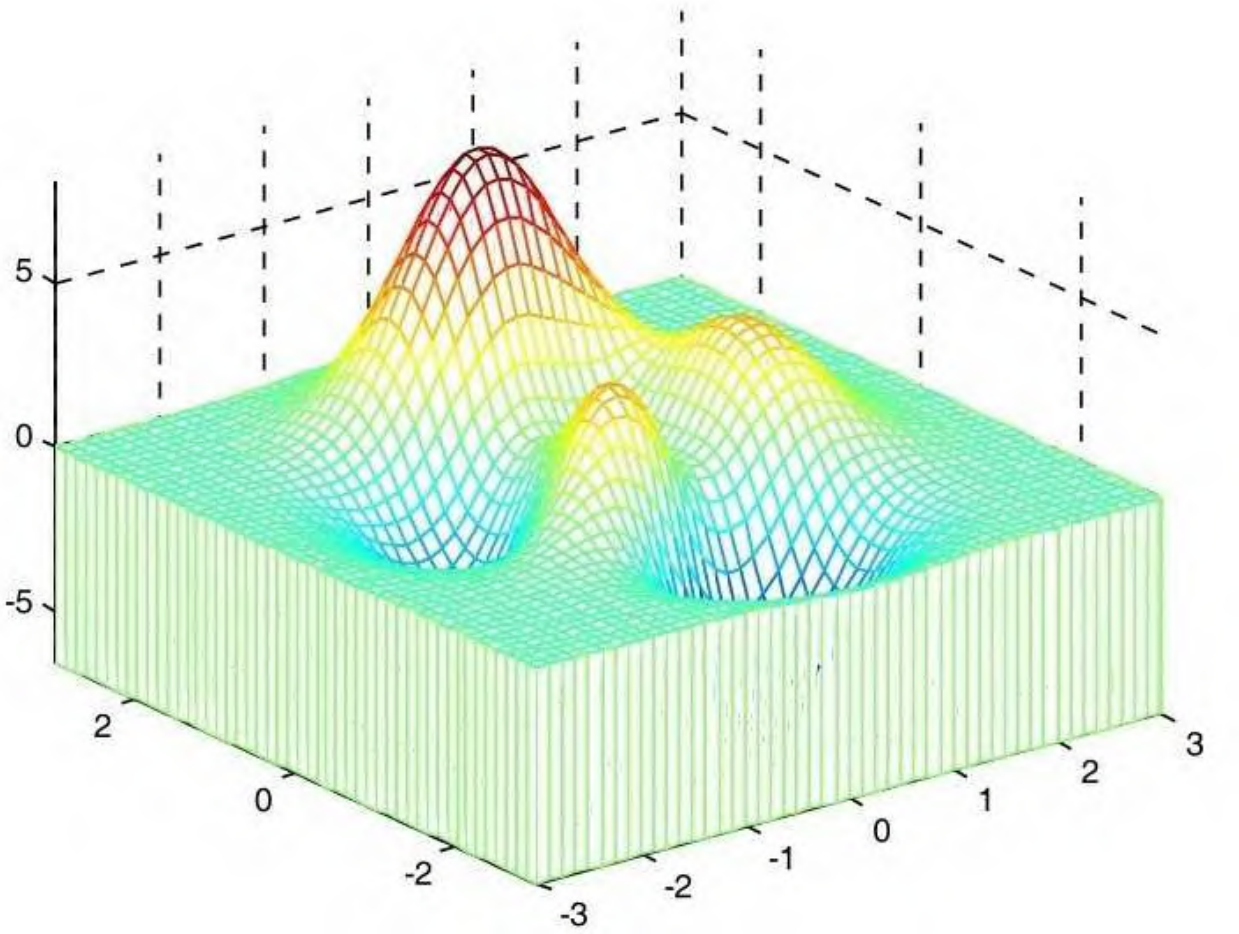


图3-48 给peaks图加围裙

【例3-46】利用waterfall函数在x方向或y方向上产生水流效果。

```
[x,y,z]=peaks;
waterfall(x,y,z);
axis([-inf inf -inf inf -inf inf])
```

运行结果如图3-49所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

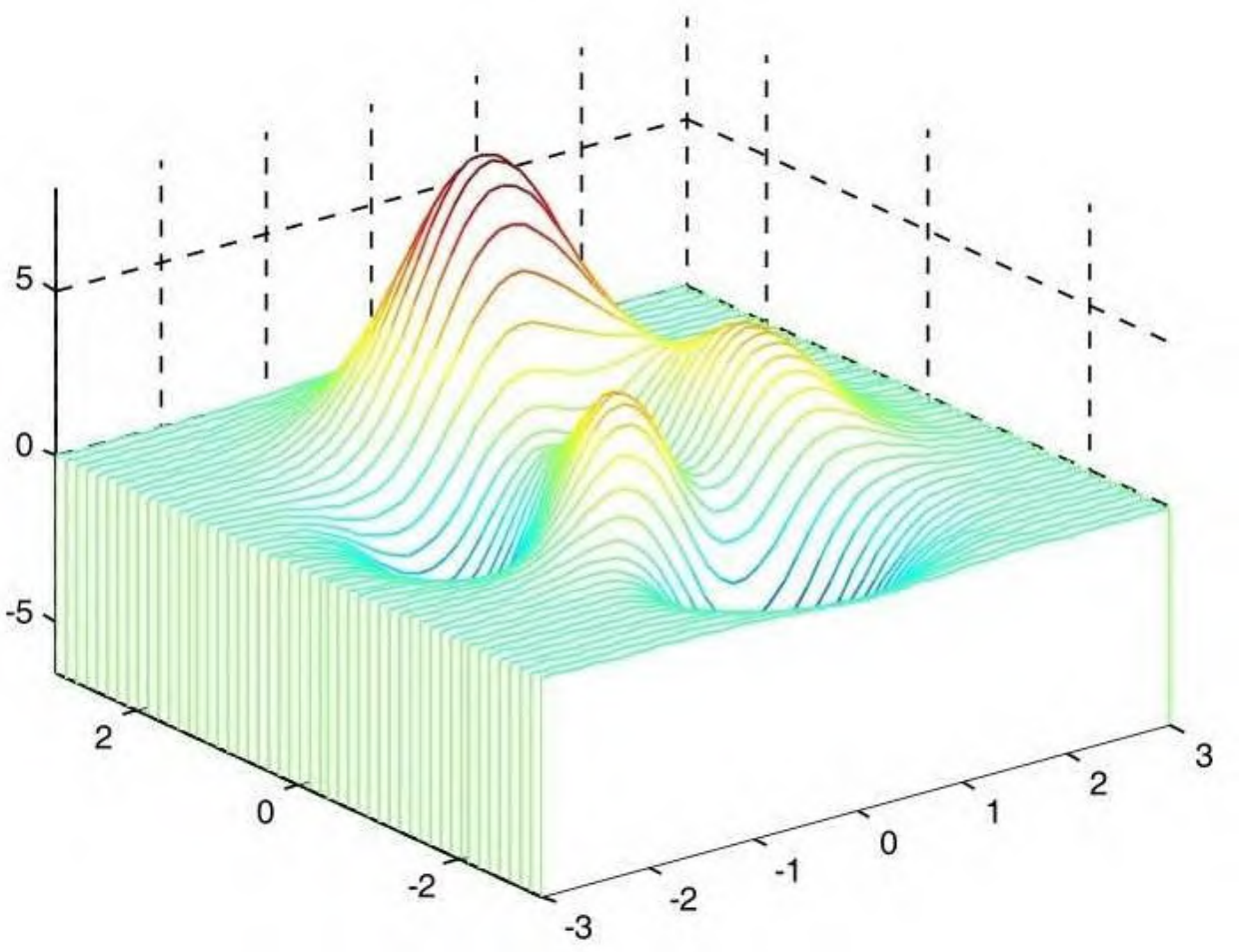


图3-49 Water函数水流效果

【例3-47】利用meshc函数画出网状图与等高线。

```
[x,y,z]=peaks;
meshc(x,y,z);
axis([-inf inf -inf inf -inf inf])
```

运行结果如图3-50所示。

【例3-48】利用surf函数画出曲面图与等高线。

```
[x,y,z]=peaks;
surfc(x,y,z);
axis([-inf inf -inf inf -inf inf])
```

运行结果如图3-51所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

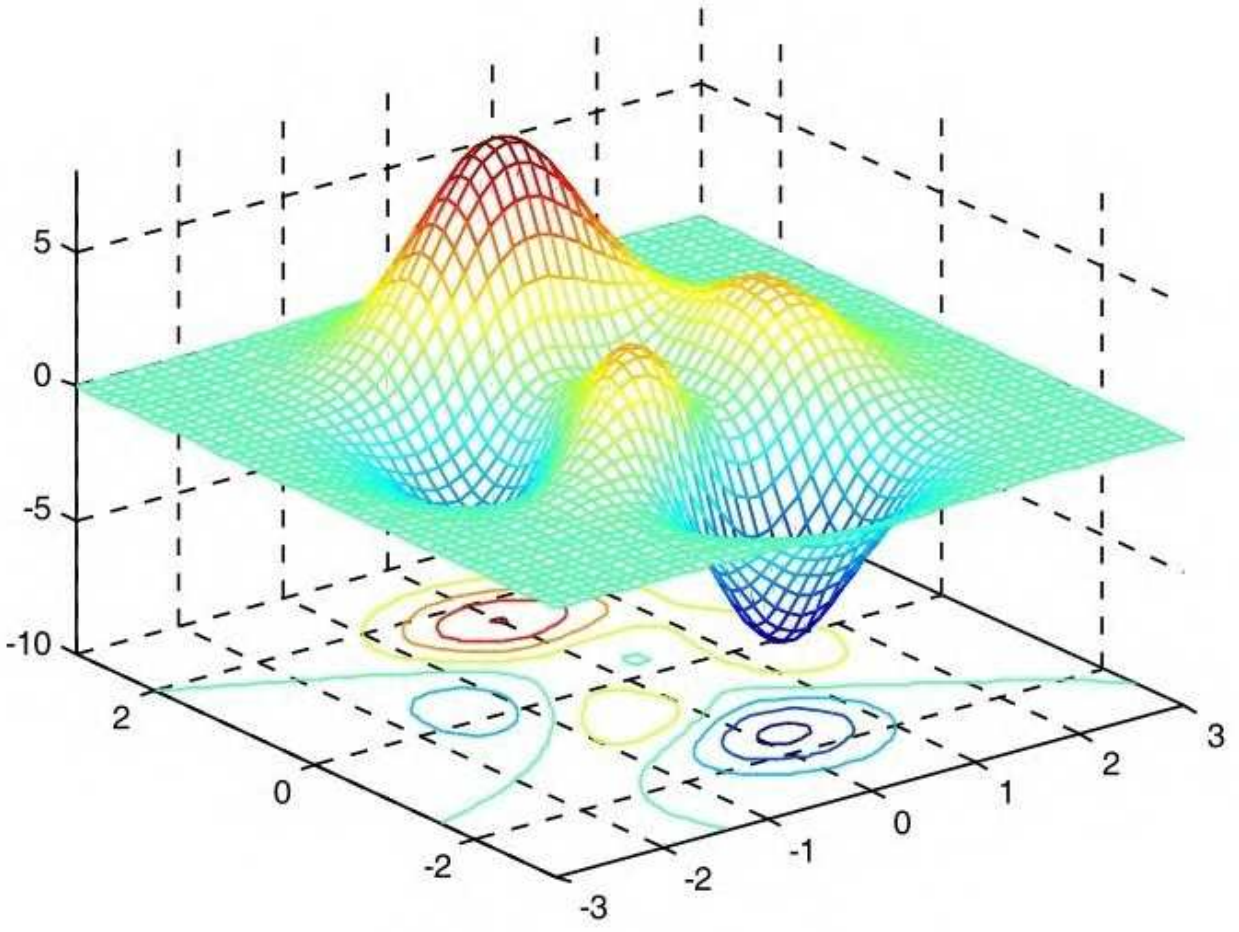


图3-50 同时画出网状图与等高线

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

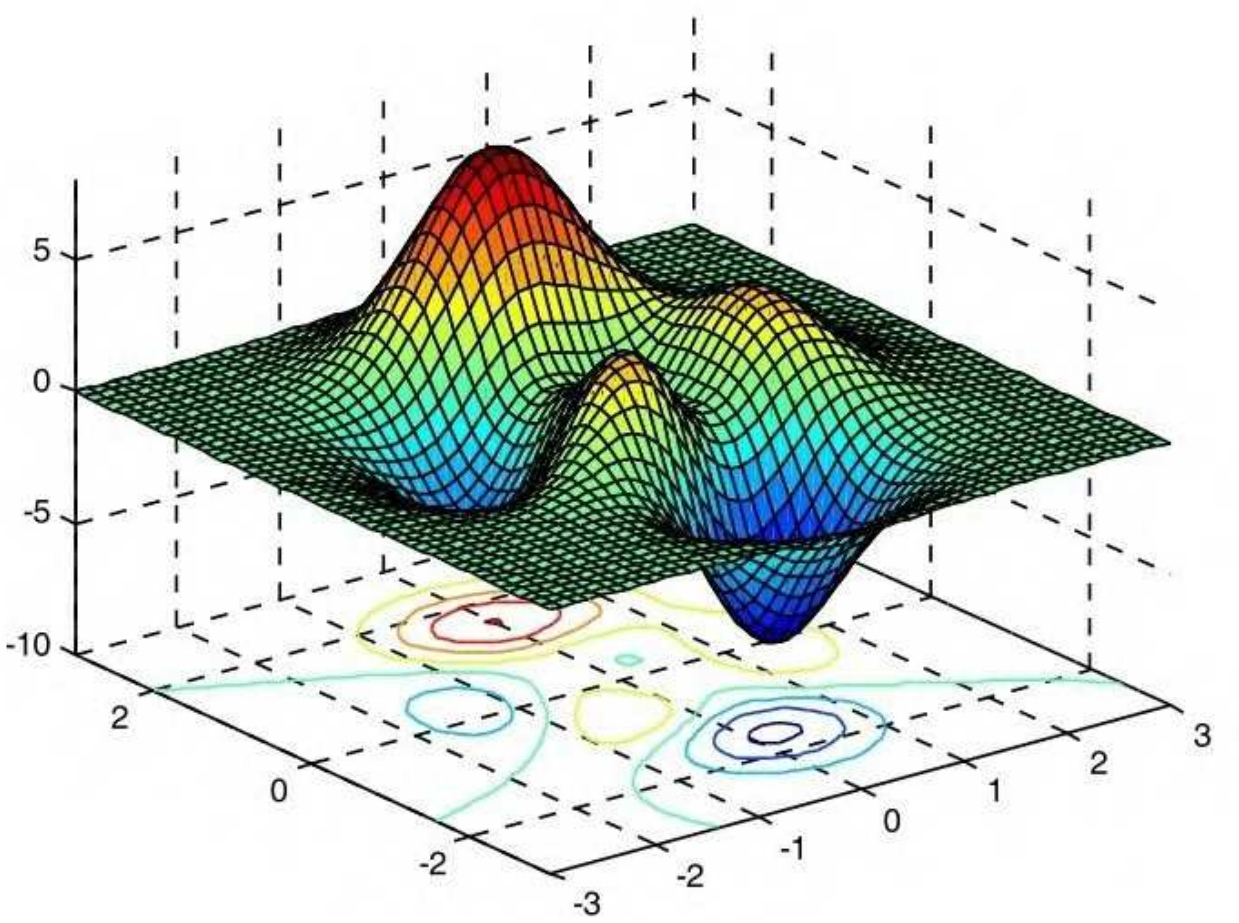


图3-51 同时画出曲面图与等高线

【例3-49】图形的透视。

```
[X0,Y0,Z0]=sphere(40);   %产生单位球面的三维坐标
x=2*X0;          %产生半径为2的球面的三维坐标
y=2*Y0;
z=2*Z0;
clf,surf(X0,Y0,Z0);       %画单位球面
shading interp;          %采用插补明暗处理
hold on
mesh(x,y,z);
colormap(hot);
hold off;          %采用hot色彩
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
hidden off;          %产生透视效果
axis equal;
axis off;            %不显示坐标轴
```

运行结果如图3-52所示。

【例3-50】利用“非数”NaN对图形进行裁切处理。

```
clf;
t=linspace(0,2*pi,90);
r=1-exp(-t/2).*cos(4*t);       %旋转母线
[X,Y,Z]=cylinder(r,60);        %产生旋转柱面数据
ii=find(X<0&Y<0);              %确定x-y平面第四象限上的数据的下标
Z(ii)=NaN;                     %剪切
surf(X,Y,Z);
colormap(spring);
shading interp;
light('position',[-3,-1,3],'style','local'); %设置光源
material([0.5,0.4,0.3,10,0.3]);   %设置表面反射
```

运行结果如图3-53所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

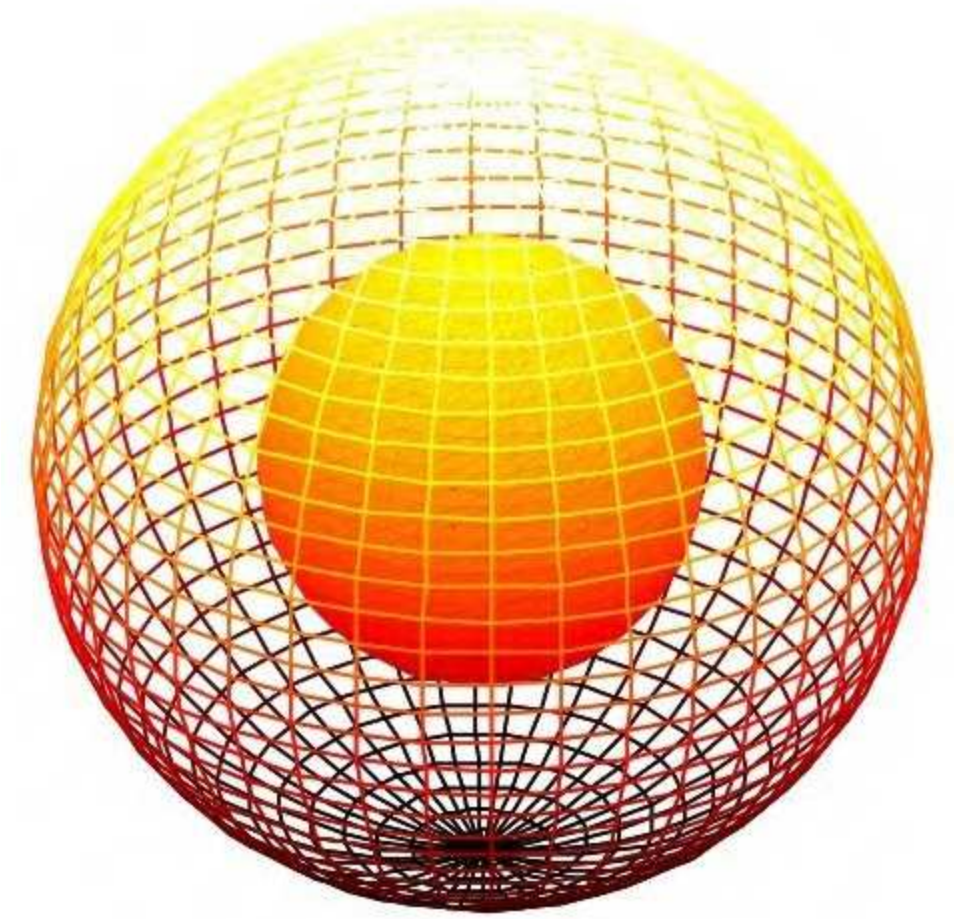


图3-52 透视球

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

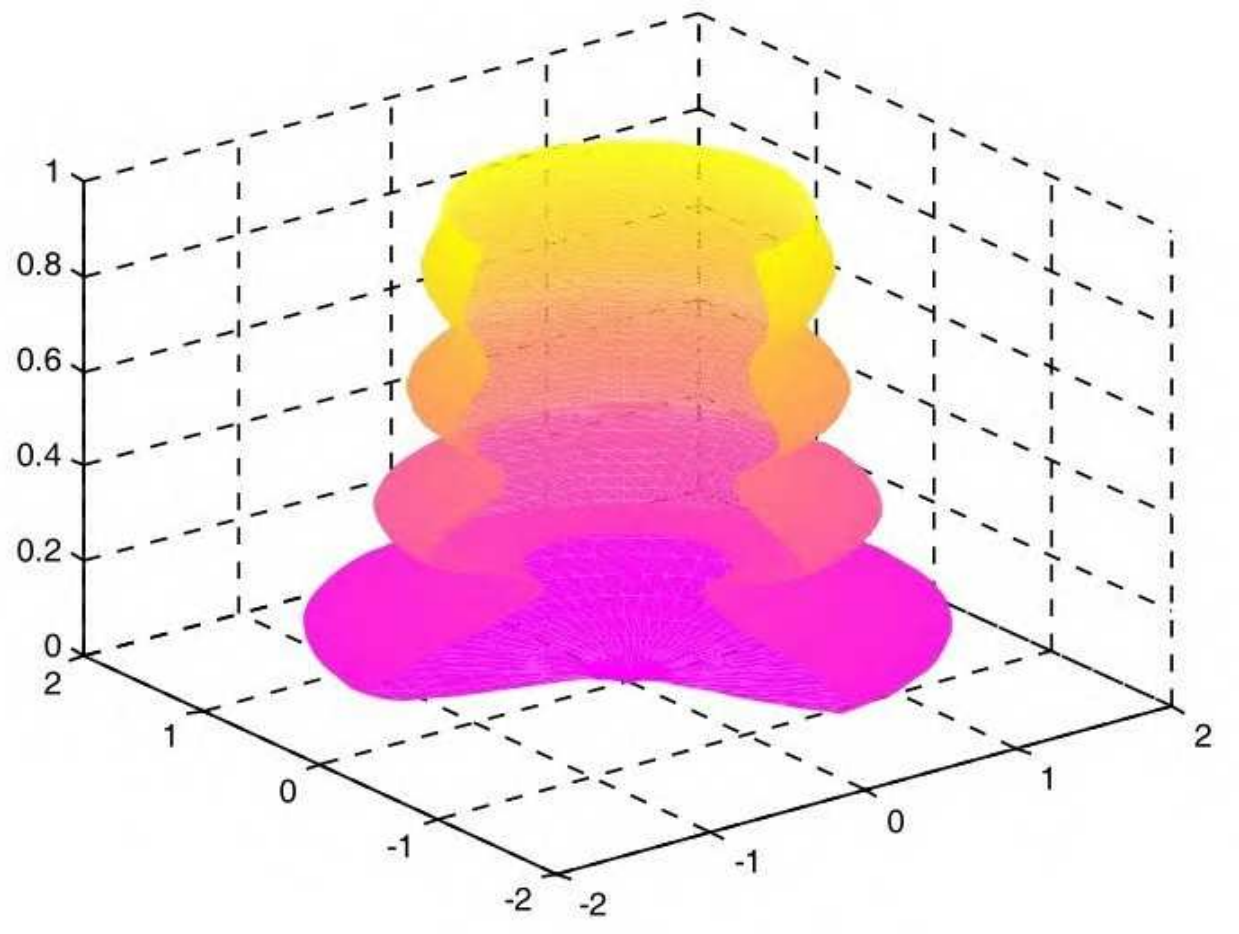


图3-53 剪切四分之一后的图形

【例3-51】利用“非数”NaN对图形进行裁切处理。

```
P=peaks(40);
P(18:20,9:15)=NaN;    %镂空
surfc(P);
colormap(summer);
light('position',[50,-10,5]),lighting flat;
material([0.9,0.9,0.6,15,0.4]);
```

运行结果如图3-54所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

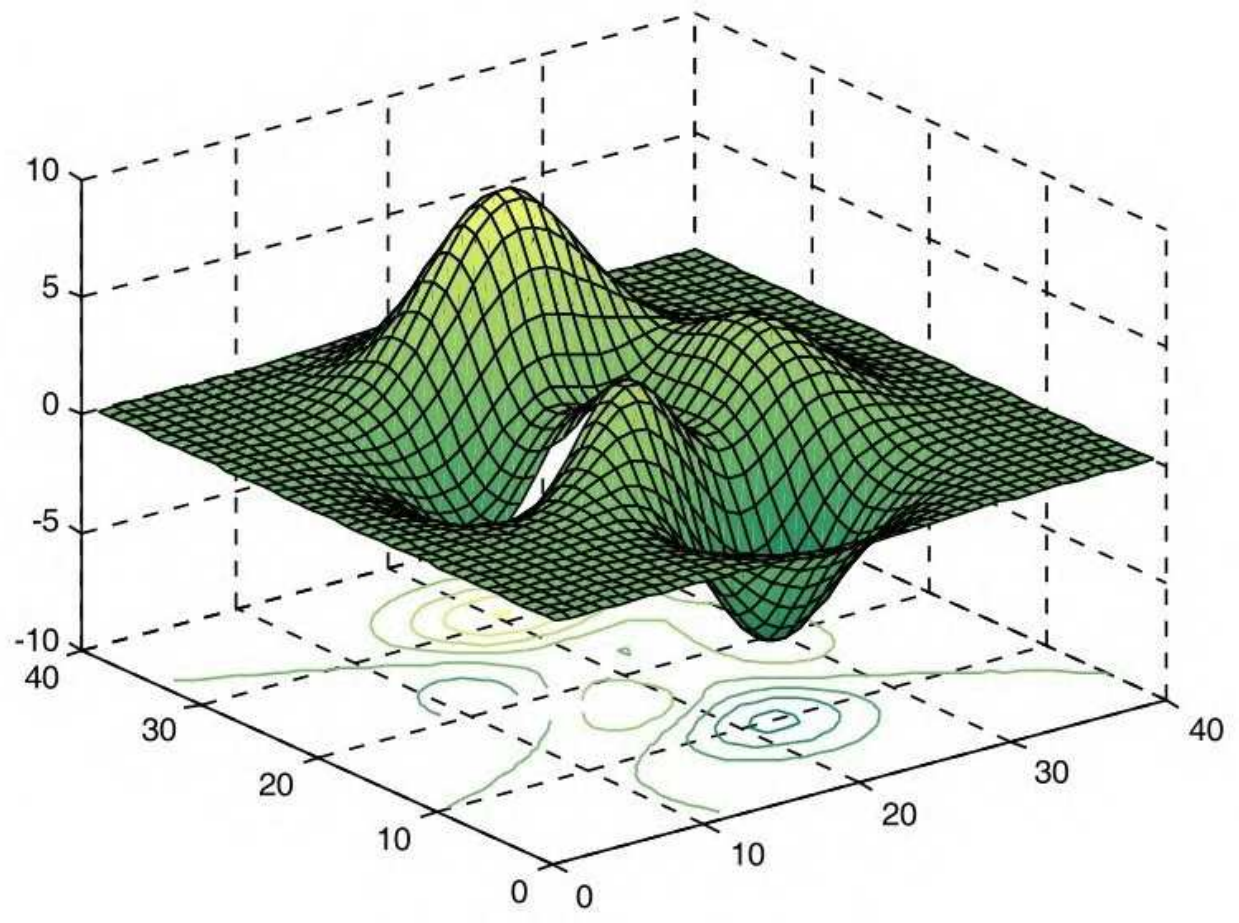


图3-54 镂方孔的曲面

【例3-52】图形的裁切。

```
clf,x=[-7:0.2:7];
y=x;
[X,Y]=meshgrid(x,y);
ZZ=X.^2-Y.^2;
ii=find(abs(X)>5|abs(Y)>5);   %确定超出[-5,5]范围的格点下标
ZZ(ii)=zeros(size(ii));       %强制为0
surf(X,Y,ZZ);
shading interp;
colormap(copper);
light('position',[0,15,1]);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
lighting phong;
material([0.8 0.8 0.5 10 0.5])
```

运行结果如图3-55所示。

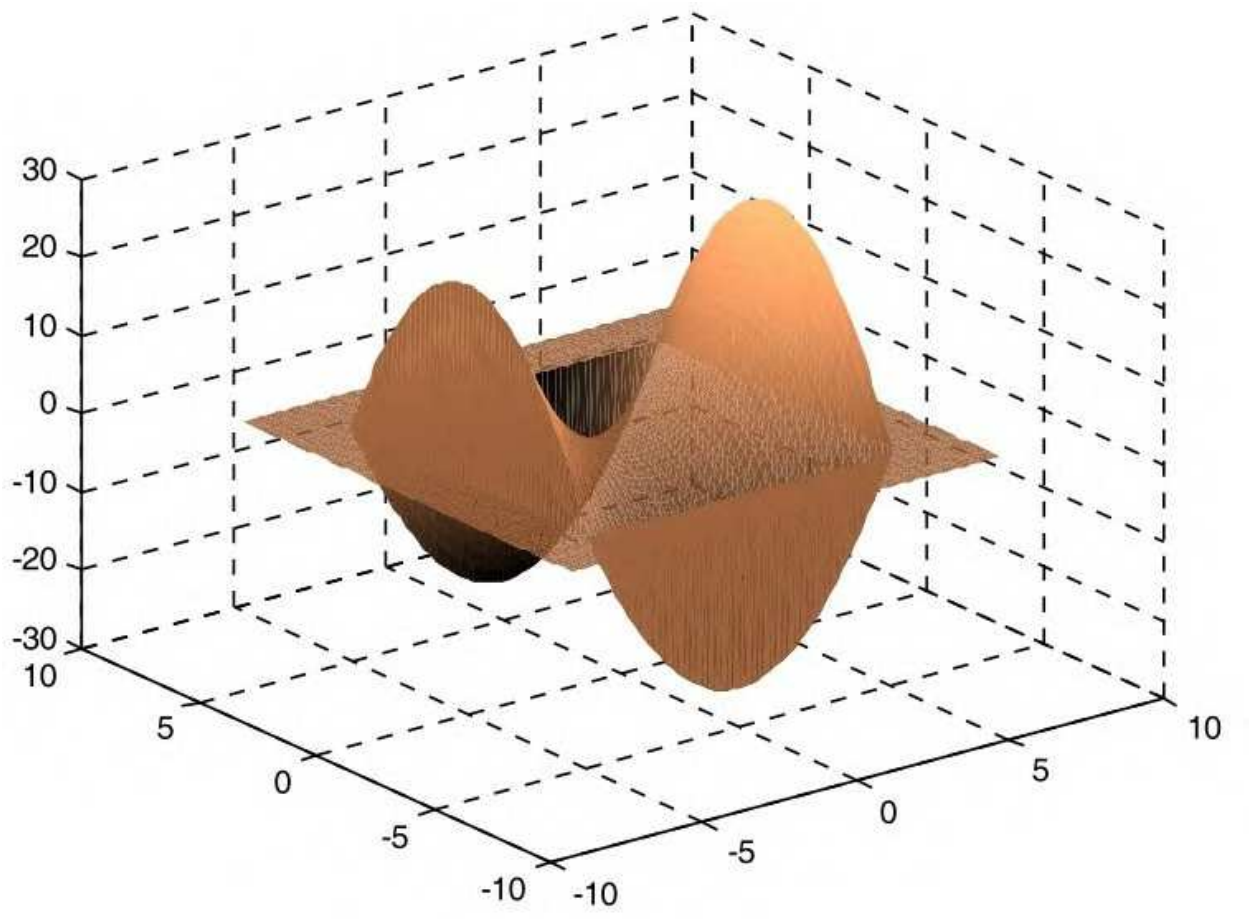


图3-55 经裁切处理后的图形

【例 3-53】利用色彩表现函数的特征，即图形的思维表示。当三维网线图、曲面图的第4个输入参数取一些特殊矩阵时，色彩就能表现或加强函数的某个特征，如梯度、曲率、方向导数等。

```
x=3*pi*(-1.2:1.2/15:1.2);
y=x;
[X,Y]=meshgrid(x,y);
R=sqrt(X.^2+Y.^2)+eps;
Z=sin(R)./R;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
[dzdx,dzdy]=gradient(Z);
dzdr=sqrt(dzdx.^2+dzdy.^2);       %计算对 r的导数
dz2=del2(Z);          %计算曲率
subplot(121),surf(X,Y,Z);
title(' surf(X,Y,Z)');
shading faceted;
colorbar('horiz'),brighten(0.2);
subplot(122),surf(X,Y,Z,R);
title(' surf(X,Y,Z,R)');
shading faceted;
colorbar('horiz');
figure(2)
subplot(121),surf(X,Y,Z,dzdx);
shading faceted;
colorbar('horiz'),brighten(0.1);
title('surf(X,Y,Z,dzdx)');
subplot(122),surf(X,Y,Z,dzdx);
shading faceted;
colorbar('horiz');
title(' surf(X,Y,Z,dzdy)');
figure(3)
subplot(121),surf(X,Y,Z,abs(dzdr));
shading faceted;
colorbar('horiz'),brighten(0.6);
title('surf(X,Y,Z,abs(dzdr))');
subplot(122),surf(X,Y,Z,abs(dz2));
shading faceted;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
colorbar('horiz');
title(' surf(X,Y,Z,abs(dz2))');
```

运行结果分别如图3-56、图3-57和图3-58所示。

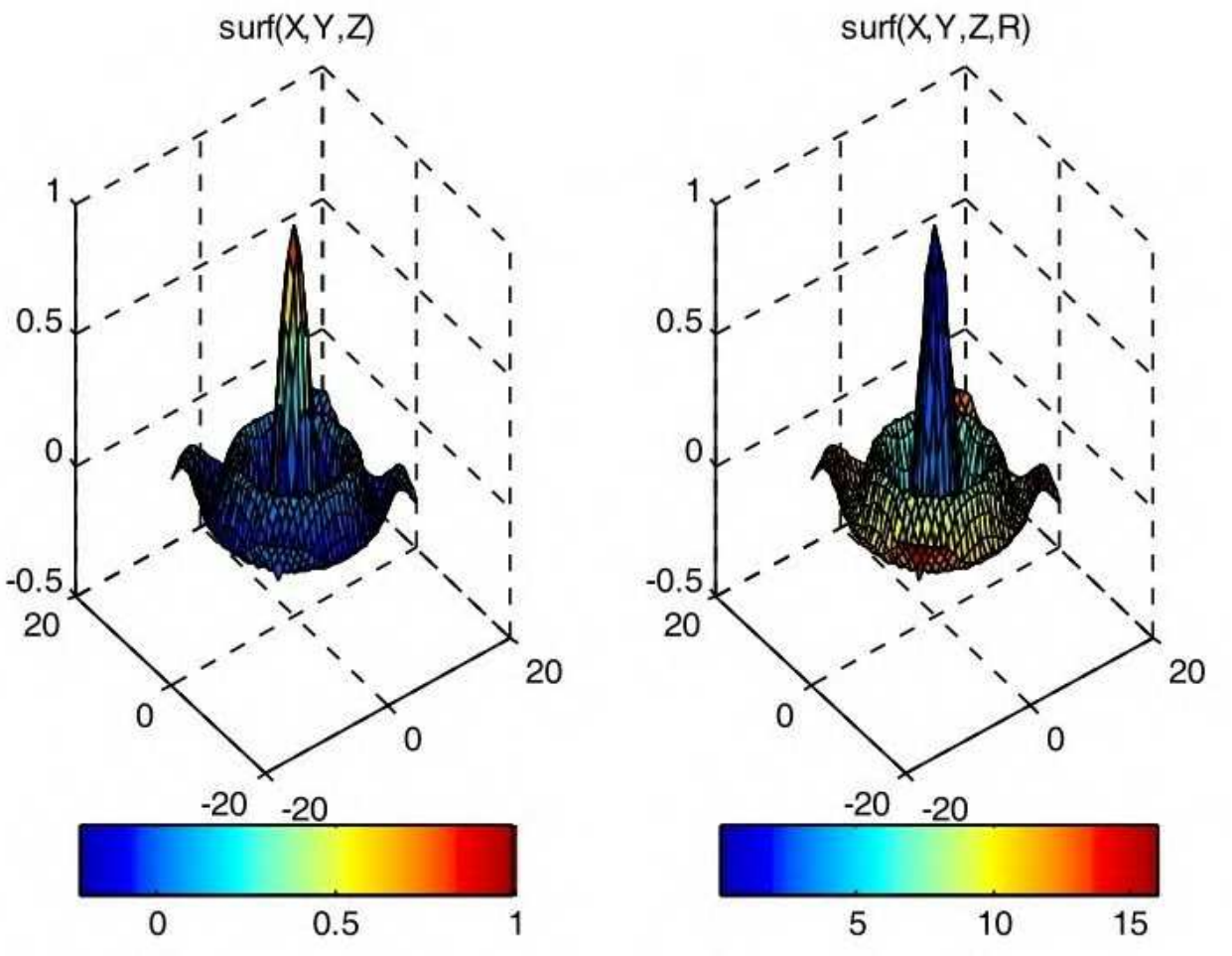


图3-56 色彩分别表现函数的高度和半径特征

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

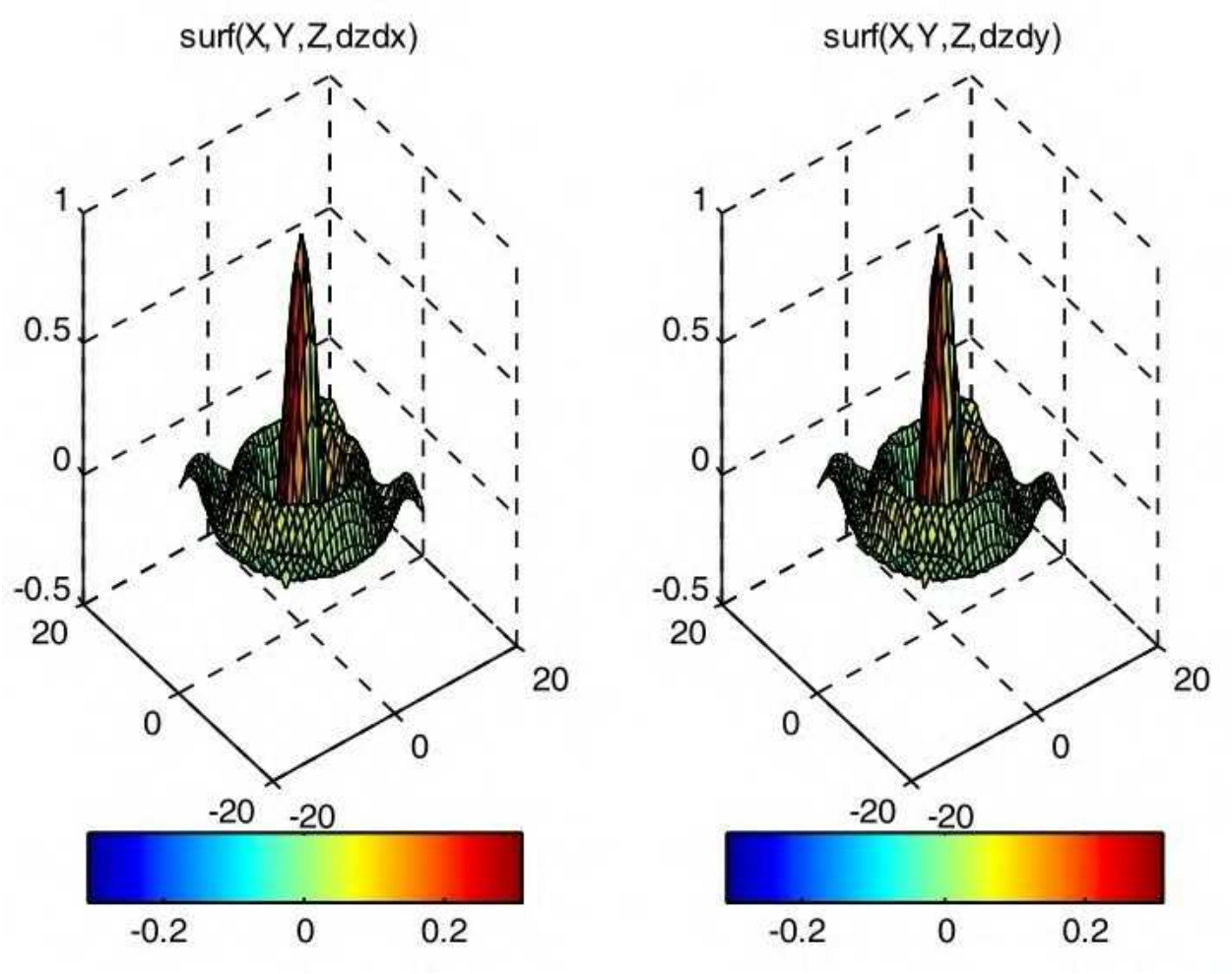


图3-57 色彩分别表示函数的x方向和y 方向导数特征

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

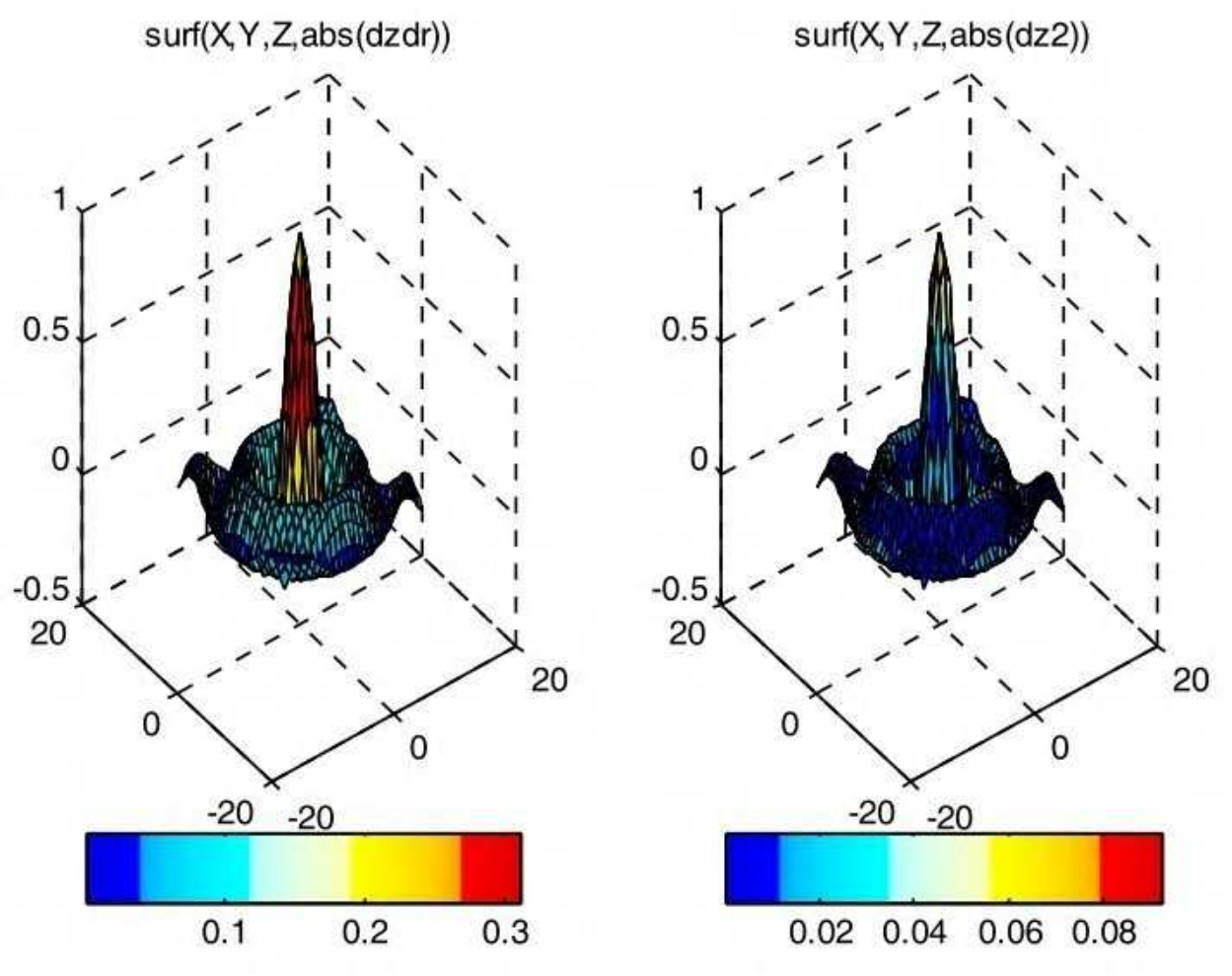


图3-58 色彩分别表示函数的径向导数和曲率特征

【例3-54】彗星状轨迹图。

```
shg;n=12;
t=n*pi*(0:0.0006:1);
x=sin(t);y=cos(t);
plot(x,y,'g');
axis square;
hold on
comet(x,y,0.01);
hold off
```

运行结果如图3-59所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

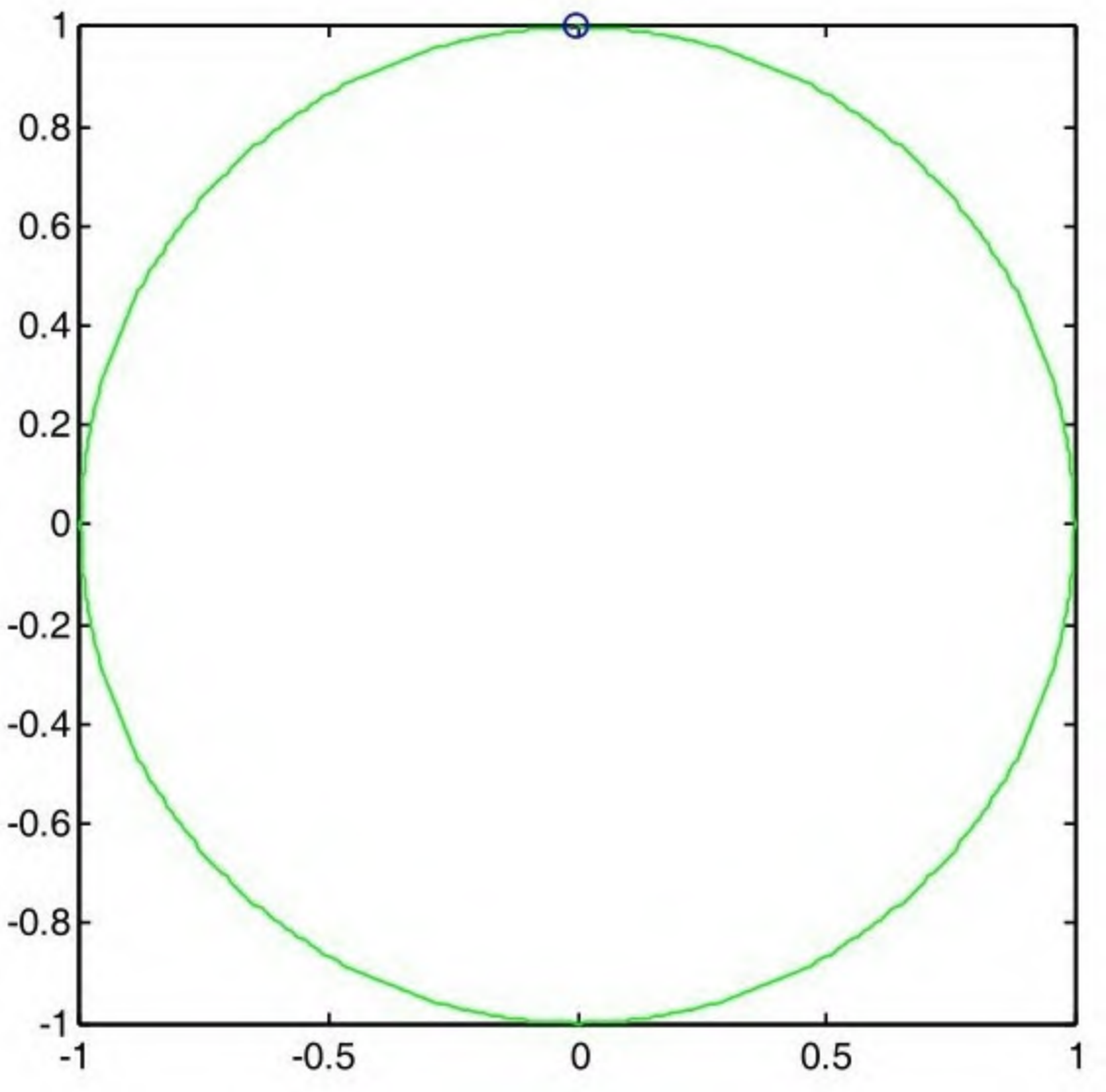


图3-59 彗星状轨迹图

【例3-55】利用卫星返回地球的运动轨迹。

```
shg;R0=1;              %地球半径为一个单位
a=12*R0;
b=9*R0;
T0=2*pi;               %T0是轨道周期
T=5*T0;
dt=pi/100;
t=[0:dt:T]';
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
f=sqrt(a^2-b^2);          %地球与另一焦点的距离
th=12.5*pi/180;           %卫星轨道与x-y平面的倾角
E=exp(-t/20);             %轨道收缩率
x=E.*(a*cos(t)-f);
y=E.*(b*cos(th)*sin(t));
z=E.*(b*sin(th)*sin(t));
plot3(x,y,z,'g');         %画全程轨迹
[X,Y,Z]=sphere(30);
X=R0*X;Y=R0*Y;Z=R0*Z;     %获得单位球坐标
grid on,hold on;
surf(X,Y,Z),shading interp;     %画地球
x1=-18*R0;X2=6*R0;        %确定坐标范围
y1=-12*R0;y2=12*R0;
z1=-6*R0;z2=6*R0;
view ([11535]),           %设视角、画运动线
comet3(x,y,z,0.02),
hold off
```

运行结果如图3-60所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

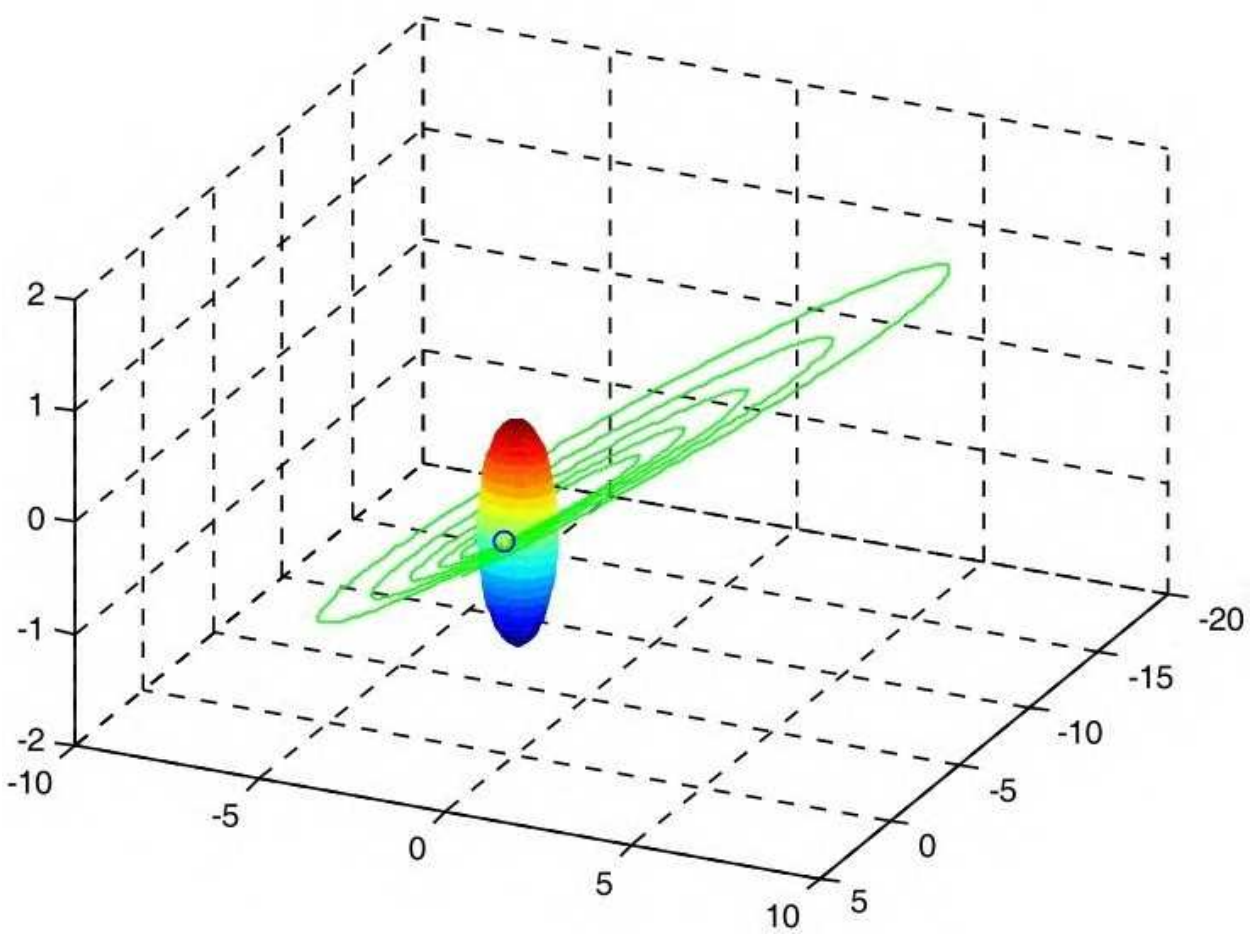


图3-60 卫星返回地球轨线示意图

【例3-56】利用rotate函数使图形旋转。

```
shg;clf;
[X,Y]=meshgrid([-2:.2:2]);
Z=4*X.*exp(-X.^2-Y.^2);
G=gradient(Z);
subplot(121),
surf(X,Y,Z,G);
subplot(122),
h=surf(X,Y,Z,G);
rotate(h,[-2,-2,0],30,[2,2,0]), %使图形旋转
colormap(jet)
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运行结果如图3-61所示。

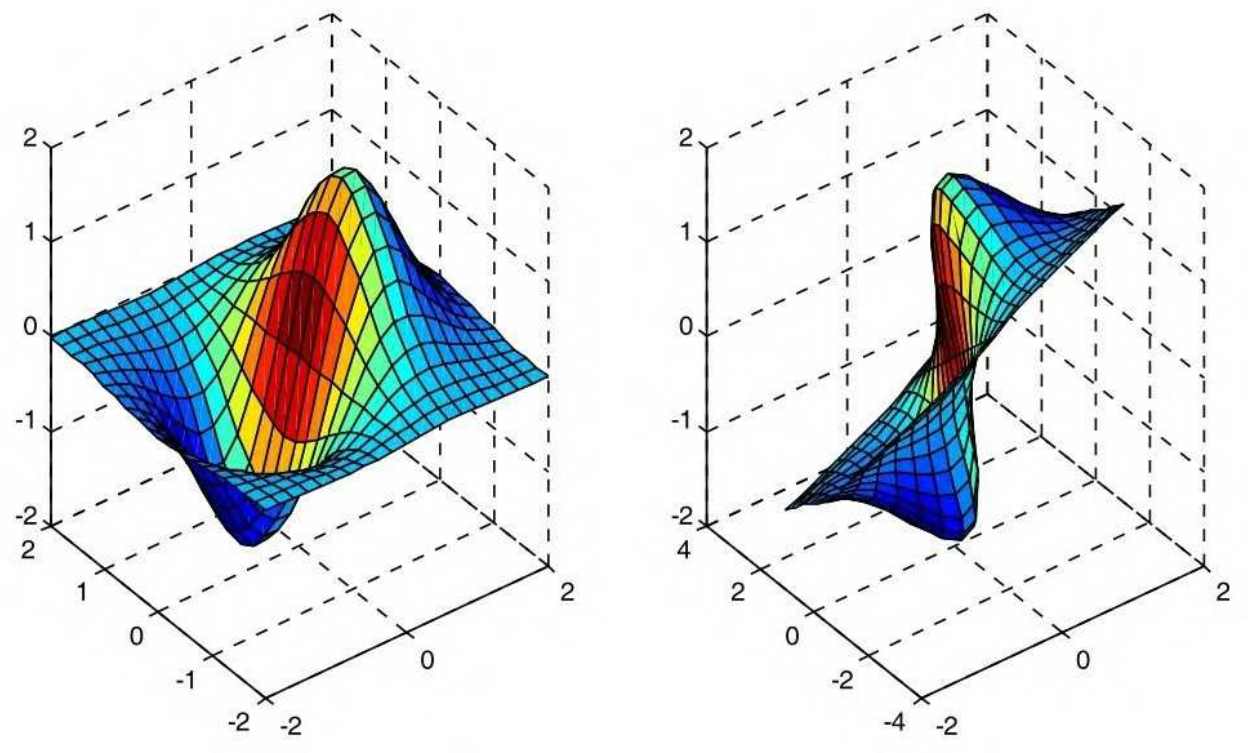


图3-61 图形对象的旋转

3.5 本章小结

本章主要介绍了MATLAB绘图的流程、函数、工具、图形修饰的方法，以及特殊坐标轴的绘制和多种特殊绘图函数。

本章的例子只用到了最简单、最基本、也是最经典的绘图函数和标注函数，读者应该仔细阅读体会，最好自己实践一番。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第4章 图像处理基础

图像处理工具箱是一个函数的集合，它扩展了MATLAB数值计算环境的能力，支持大量图像处理操作。要学习MATLAB图像处理，首先应掌握一些关于MATLAB图像的基础知识，如图像的类型有哪些，图像处理的基本函数有什么等。本章将介绍图像的文件格式、常用的图像类型、基本的图像处理函数、图像类型转换等。

学习目标：

1.掌握MATLAB图像存储/图像数据类型/图像类型。

2.掌握图像文件的读/写/信息查询。

3.掌握图像显示、显示多幅图像、特殊图像的显示技术。

4.掌握颜色模型的转换并能够编程实现。

5.熟悉使用MATLAB进行图像处理所需函数调用步骤。

4.1 MATLAB 图像文件的格式

图像是对人类感知外界信息能力的一种增强形式，是自然界景物的客观反映，是各种观测系统以不同形式和手段观测客观世界而获得的、可以直接或间接作用于人眼的实体。随着计算机技术的迅速发展，人们还可以人为地造出色彩斑斓、千姿百态的各种图像。

数字图像是二维图像用有限数字数值像素的表示。数字图像是由模拟图像数字化得到的、以像素为基本元素的、可以用数字计算机或数字电路存储和处理的图像。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

像素是数字图像的基本元素，是在模拟图像数字化时对连续空间进行离散化得到的。每个像素具有整数行（高）和列（宽）位置坐标，同时每个像素都具有整数灰度值或颜色值。

图像格式是指图像文件的存储格式，下面为MATLAB支持的几种常见的图像文件的格式。

（1）BMP（Windows Bitmap）：有1 位、4 位、8 位、24 位非压缩图像，8 位RLE（Run lengthEncoded）的图像。文件内容包括文件头（一个BITMAP FILEHEADER 数据结构）、位图信息数据块（位图信息头BITMAP INFOHEADER 和一个颜色表）和图像数据。

（2）CUR（Windows Cursor Resource）：有1 位、4位、8 位非压缩图像。

（3）GIF（Graphics Interchange Format）：任何1 位到8 位的可交换的图像。

（4）HDF（Hierarchial Data Format）：有8 位、24位光栅图像数据集。

（5）ICO（Windows Icon Resource）：有1 位、4 位、8 位非压缩图像。

（6）JPEG（Joint Photogyaphic Expeyts Group）：一种称为联合图像专家组的图像压缩格式。

（7）PCX（Windows Paintbrush）：可处理1 位、4 位、8 位、16 位、24 位等图像数据。文件内容包括文件头、图像数据和扩展色图数据。

（8）PNG（Portable Network Graphics）：包括1 位、2 位、4 位、8 位和16 位灰度图像，8位和16位索引图像，24位和48位真彩色图像。

（9）RAS（Sun Raster image）：有1 位bitmap、8 位索引、24 位真彩色和带有透明度的32位真彩色。

（10）TIFF（Tagged Iamge File Format）：可处理1位、4 位、8

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

位、24 位非压缩图像，1 位、4 位、8 位、24 位packbit 压缩图像，1 位CCITT 压缩图像等。文件内容包括文件头、参数指针表与参数域、参数数据表和图像数据4部分。

（11）XWD（X Windows Dump）：包括1位、8 位Zpixmaps、XYBitmaps、XYPixmmmaps。

4.2 常用图像的类型

在MATLAB中，大多数图像是用二维数组（矩阵）double（双精度）浮点型，或uint8、uint16（8位、16位无符号整数）来存储的，矩阵中的每一个元素都对应图像中的一个像素。

MATLAB支持4种图像类型，即二值图像、索引图像、灰度图像、RGB图像。

4.2.1 二值图像

二值图像只需要一个数据矩阵，每个像素只取两个灰度值之中的一个。二值图像可以采用 unit8 或 double 类型存储，MATLAB 中以二值图像作为返回结果的函数都使用 unit8类型。

【例4-1】利用imshow函数显示一幅二值图像。

```
bw=zeros(90,90);
bw(2:2:88,2:2:88)=1;
imshow(bw);
```

运行结果如图4-1所示。

4.2.2 索引图像

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

索引图像包括一个数据矩阵X和一个颜色映射矩阵MAP。其中，X可以为维数组（矩阵）double（双精度）浮点型，或uint8、uint16（8位、16位无符号整数）；MAP是一个包含3列、若干行的数据阵列，其每一个元素的值均为[0,1]之间的双精度浮点型数据。MAP矩阵的每一行分别为红色、绿色、蓝色的颜色值。

在 MATLAB 中，索引图像是从像素值到颜色值的直接映射。像素颜色由数据矩阵 X作为索引指向矩阵MAP进行索引。值1指向矩阵MAP中的第1行，2指向第2行，以此类推。

颜色图通常和索引图像存在一起。当调用函数 imread 时，MATLAB 自动将颜色图与图像同时加载。在MATLAB中可以选择所需要的颜色映射表，而不必局限于使用默认的颜色映射表。

【例4-2】利用image函数显示一幅索引图像。

```
[X,MAP]=imread('autumn.tif');
image(X);
colormap(MAP)
```

运行结果如图4-2所示。

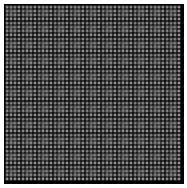


图4-1 二进制图像

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

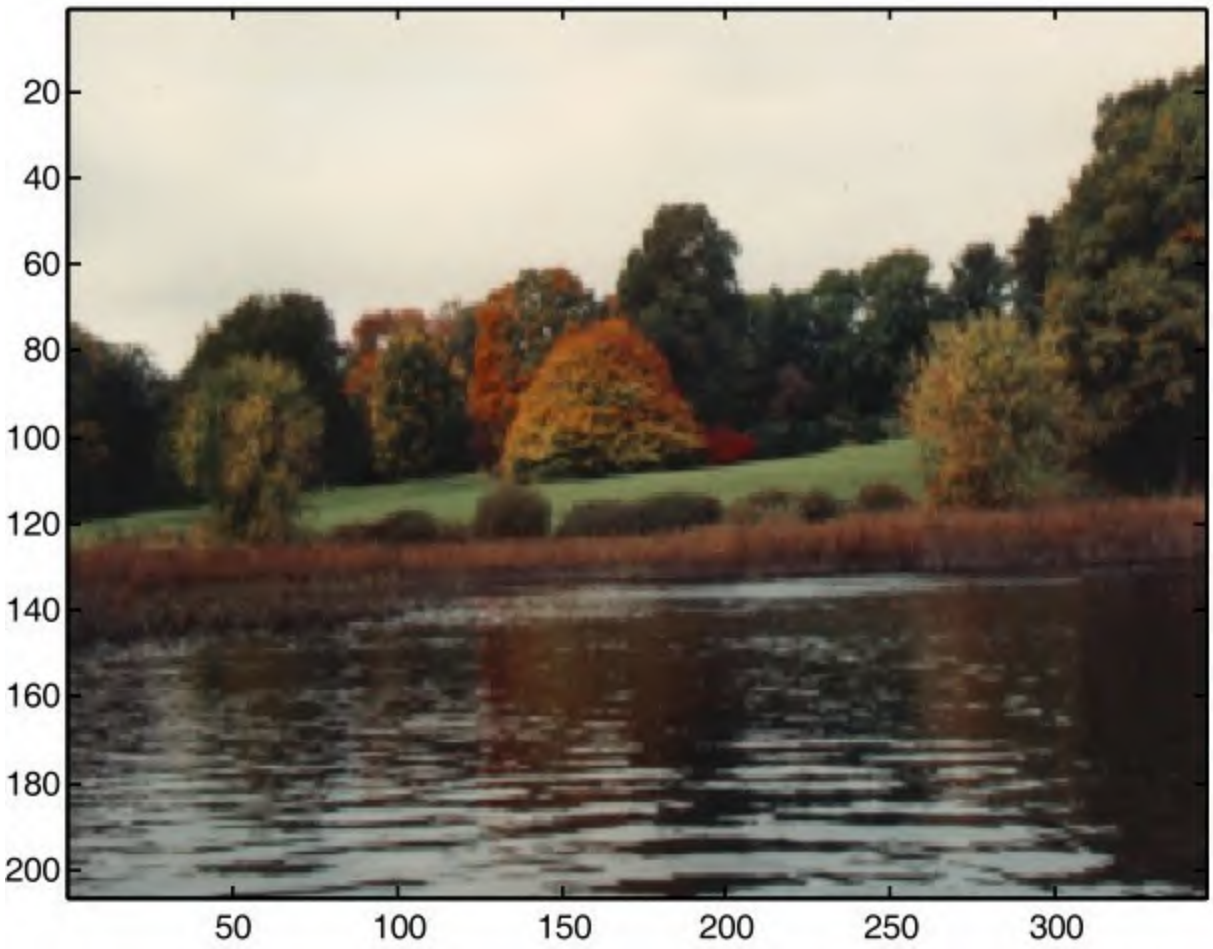


图4-2 索引图像

4.2.3 灰度图像

一幅灰度图像是一个数据矩阵 I，该数据均代表了在一定范围内的像素值。MATLAB把灰度图像存储为一个数据矩阵，该矩阵中的元素分别代表了图像中的像素。矩阵中的元素可以是双精度的浮点型、8位或16位无符号的整数类型。

在MATLAB中，要显示一幅灰度图像，需要调用图像缩放函数imagesc（image scale）。其中，imagesc函数中的第2个参数确定灰度范围。

灰度范围中的第1个值（通常是0）对应于颜色映射表中的第1个值

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（颜色），灰度范围中的第2个值（通常是1）对应于颜色映射表中的最后一个值（颜色）。在灰度范围中间的直线型对应于颜色映射表中剩余的值（颜色）。

【例4-3】利用函数imshow显示一幅灰度图像。

```
I=imread('cell.tif');
imshow(I);
```

运行结果如图4-3所示。

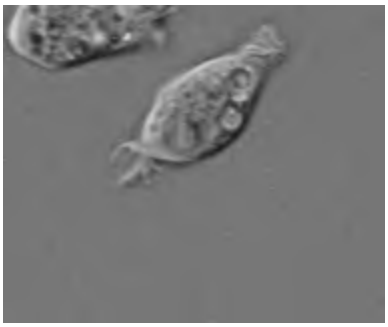


图4-3 灰度图像

4.2.4 RGB 图像

RGB图像，即真彩图像，在MATLAB中存储为的数据矩阵。数组中的元素定义了图像中每一个像素的红、绿、蓝颜色值。需要指出的是，RGB图像不使用Windows颜色图。像素的颜色由保存在像素位置上的红、绿、蓝的灰度值的组合来确定。一般把RGB图像存储为24位的图像，红、绿、蓝分别占8位，这样可以有一千多万种颜色。

MATLAB的真彩图像数组可以是双精度的浮点型数、8位或16位无符号的整数类型。在真彩图像的双精度型数组中，每一种颜色都是用0和1之间的数值表示的。

例如，颜色值是（0，0，0）的像素，显示为黑色；颜色值是（1，1，1）的像素，显示为白色。每一像素的3个颜色值都保存在数组的第3维中。例如，像素（10，5）的红、绿、蓝颜色值分别保存在元素

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

RGB(10，5，1)、RGB(10，5，2)、RGB(10，5，3)中。

【例4-4】利用image函数来显示一幅RGB图像。

```
RGB=imread('tissue.png');
image(RGB)
```

运行结果如图4-4所示。

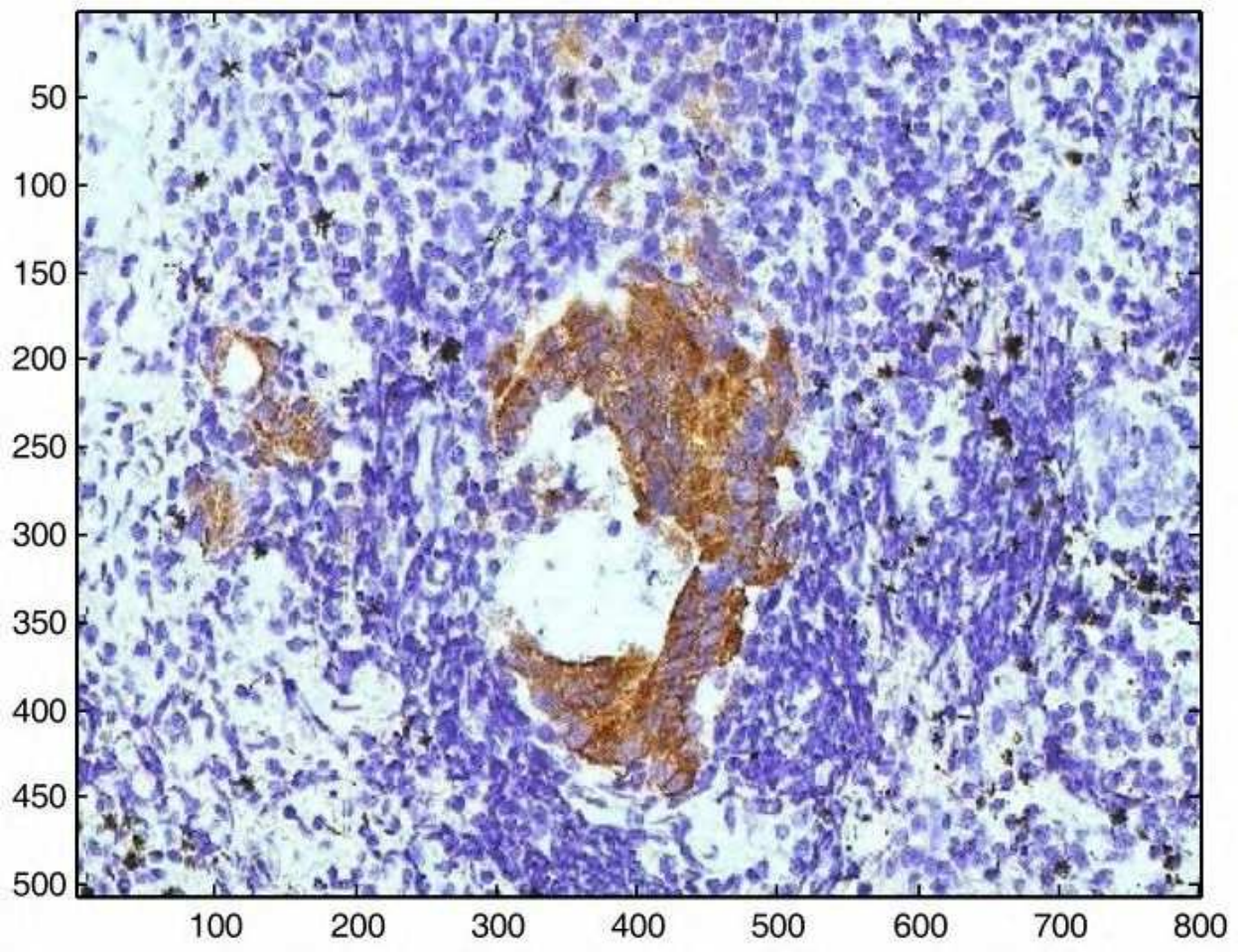


图4-4 真彩图像

在上面显示的RGB图像中，要确定像素（12，9）的颜色，可以在命令行中输入：

```
>>f RGB(12,9,:)
ans(:,:,1) =227
ans(:,:,2) =253
ans(:,:,3) =240
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.3 图像处理的基本函数

MATLAB图像处理工具箱集成了很多图像处理的算法，为读者提供了很多便利。利用强大的MATLAB图像处理工具箱，可以实现很多功能。下面对一些常用的函数进行详细的介绍，并且提供实例讲解。

4.3.1 图像文件的查询

在MATLAB中，可以用imfinfo指令加上文件及其完整路径名来查询一个图像文件的信息，其函数调用格式为：

info=imfinfo(filename.fmt)

info=imfinfo(filename)

其中，参数fmt对应于所有图像处理工具箱中所有支持的图像文件格式。

由此函数获得的图像信息主要有Filename（文件名）、FileModDate（最后修改日期）、FileSize（文件大小）、Format（文件格式）、FormatVersion（文件格式的版本号）、Width（图像宽度）、Height（图像高度）、BitDepth（每个像素的位数）、ColorType: 'truecolor'（图像类型）等。

【例4-5】利用imfinfo查询图像文件信息。

```
>>f info=imfinfo('autumn.tif')
info =
    Filename: [1x53 char]
    FileModDate: '22-五月-2013 23:40:40'
    FileSize: 213642
    Format: 'tif'
    FormatVersion: []
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Width: 345
Height: 206
BitDepth: 24
ColorType: 'truecolor'
FormatSignature: [73 73 42 0]
ByteOrder: 'little-endian'
NewSubFileType: 0
BitsPerSample: [8 8 8]
Compression: 'Uncompressed'
PhotometricInterpretation: 'RGB'
StripOffsets: [1x30 double]
SamplesPerPixel: 3
RowsPerStrip: 7
StripByteCounts: [1x30 double]
XResolution: 72
YResolution: 72
ResolutionUnit: 'Inch'
Colormap: []
PlanarConfiguration: 'Chunky'
TileWidth: []
TileLength: []
TileOffsets: []
TileByteCounts: []
Orientation: 1
FillOrder: 1
GrayResponseUnit: 0.0100
MaxSampleValue: [255 255 255]

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

MinSampleValue: [0 0 0]

Thresholding: 1

Offset: 213218

4.3.2 图像文件的读取

MATLAB中，提供了两个重要的用于图像文件的读取的指令函数imread，其常见调用格式为：

A = imread(filename,fmt)

其作用是将文件名用字符串filename 表示、扩展名用fmt 表示的图像文件中的数据读到矩阵A 中。如果filename 所指的为灰度级图像，则A 为一个二维矩阵；如果filename 所指的为 RGB 图像，则 A 为一个m×n×3 的三维矩阵。Filename 表示的文件名必须在MATLAB的搜索路径范围内，否则需指出其完整路径。

除此之外，imread还有其他几种重要的调用格式：

[X,map] = imread(filename.fmt)

[X,map] = imread(filename)

[X,map] = imread(URL,…)

[X,map] = imread(…,idx) (CUR,ICO and TIFF only)

[X,map] = imread(…,'frames',idx) (GIF only)

[X,map] = imread(…,ref) (HDF only)

[X,map] = imread(…, 'BackgroundColor',BG) (PNG only)

[A,map,alpha] = imread(…) (ICO,CUR and PNG only)

其中，idx是指读取图标（cur、ico、tiff）文件中第idx个图像，默认值为1；'frame',idx是指读取gif文件中的图像帧，idx 值可以是数量、向量或'all'；ref 是指整数值；alpha 是指透明度。

【例4-6】读一幅图像。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

A=imread ('trees.tif') %读图像并将像素值阵列赋给矩阵A

运行结果如图4-5所示。

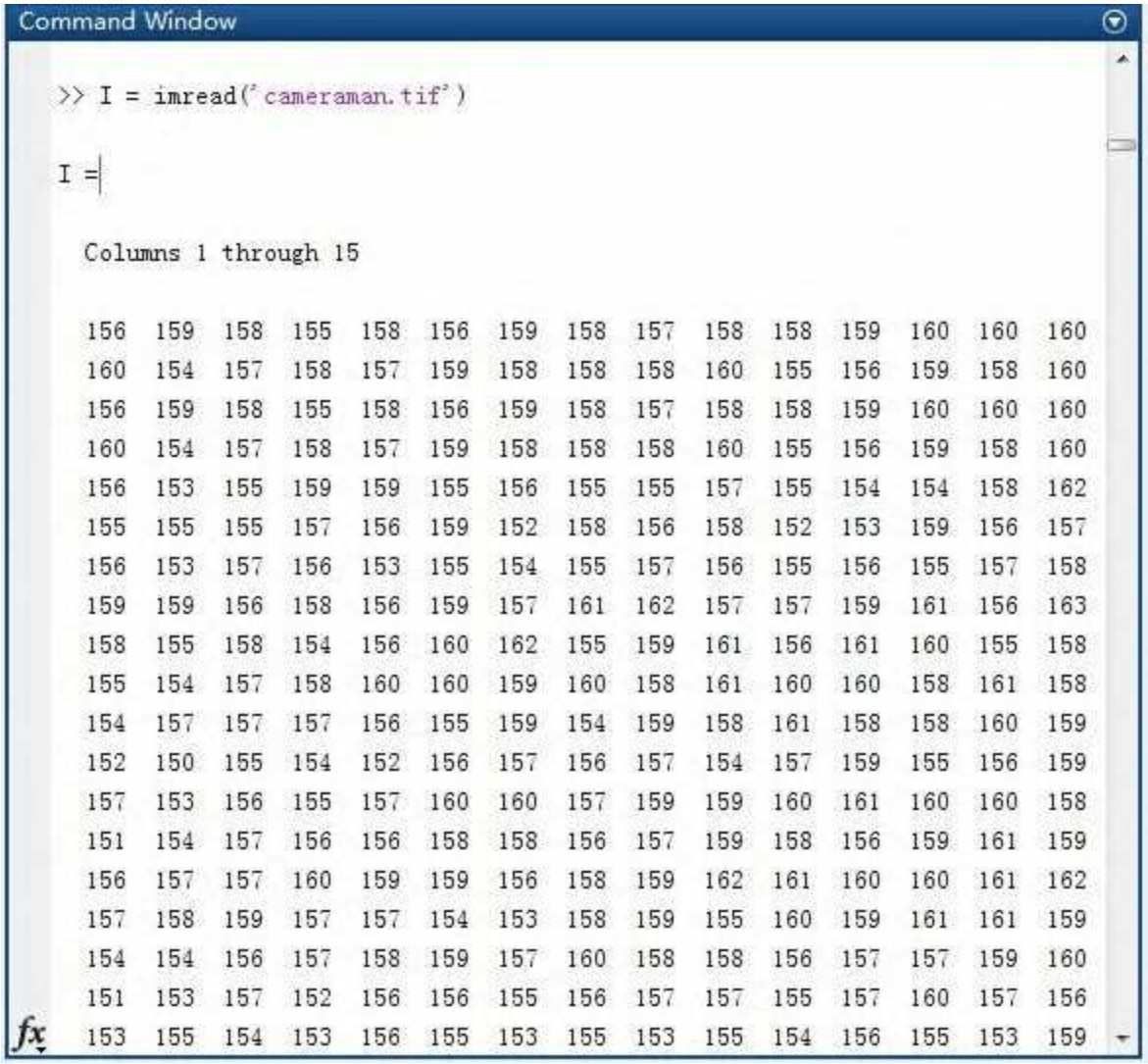


图4-5 图像的读取

4.3.3 图像数据类型的转换

在MATLAB中，如果在默认情况下，MATLAB会将图像中的数据存储为double型，即64位浮点数。这种存储方法的优点在于，使用中不需要数据类型的转换，因为几乎所有的MATLAB及其工具箱函数都可以使用double作为参数类型。然而，对于图像存储来说，用64bit表示图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

像数据会导致巨大的存储量。

MATLAB还支持无符号整型（uint8和uint16），uint型的优势在于节省空间，涉及运算时要转换成double型。具体的调用方法如下。

（1）im2double()：将图像数组转换成double精度类型。

（2）im2uint8()：将图像数组转换成unit8类型。

（3）im2uint16()：将图像数组转换成unit16类型。

4.3.4 图像文件的显示

在MATLAB中，image函数是显示图像的最基本的手段。该函数还产生了图像对象的句柄，并允许对象的属性进行设置。

imagesc函数也具有image的功能，不同的是imagesc函数还自动将输入数据比例化，以全色图的方式显示。image函数的调用方法如下：

```
image(C)
image(x,y,C)
image(x,y,C,'PropertyName',PropertyValue,...)
image('PropertyName',PropertyValue,...)
handle = image(...)
```

其中，x, y 分别表示图像显示位置的左上角坐标，C 表示所需显示的图像。

imagesc函数具有对显示的数据进行自动缩放的功能。该函数的调用方法如下。

（1）imagesc(C)：表示将输入变量C显示为图像。

（2）imagesc(x,y,C)：输入变量C显示为图像，并且使用x和y变量确定x轴和y轴的边界。

（3）imagesc(...,clims)：归一化C的值在clims所确定的范围内，并将C显示为图片。clims是两元素的向量，用来限定C中的数据的范围，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

这些值映射到当前色图的整个范围。

【例4-7】利用image函数对图像进行处理。

```
I = imread('cell.tif');
figure(1);
image(100,100,I);
colormap(gray(256));
```

运行结果如图4-6所示。

【例4-8】利用imagesc函数对图像进行处理。

```
I = imread('forest.tif');
figure(1);
imagesc(100,100,I);
colormap(gray(256));
```

运行结果如图4-7所示。

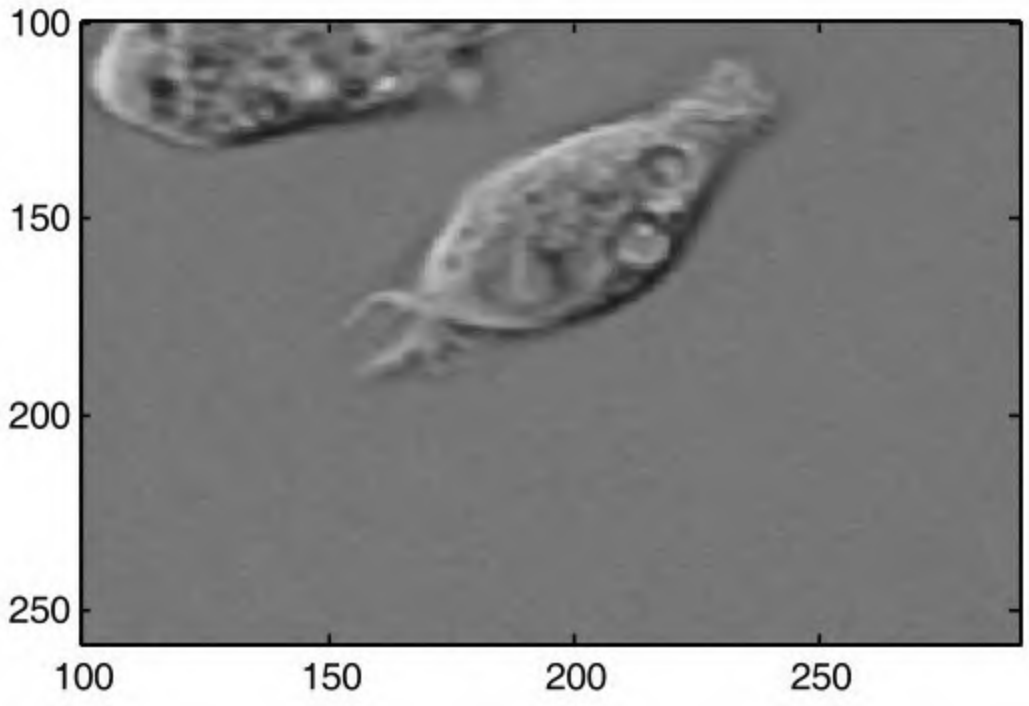


图4-6 image函数的图像显示

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

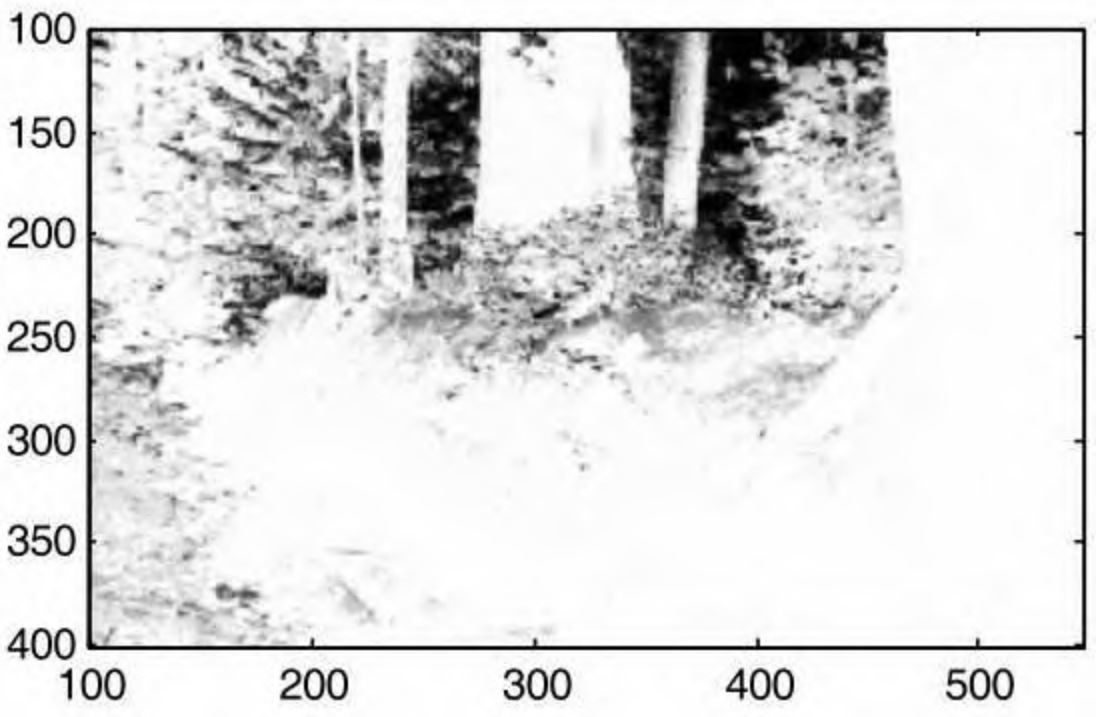


图4-7 imagesc函数的图像显示

4.3.5 imshow 函数

imshow函数比image函数和imagesc函数更为常用，它能自动设置句柄图像的各种属性。Imshow函数可用于显示各类图像。不同类的图像，imshow函数的调用方法略有不同，常用的几种调用方法如下。

（1）imshow filename：表示显示图像文件。

（2）imshow(BW)：表示显示二值图像，BW为黑白二值图像矩阵。

（3）imshow(X,MAP)：表示显示索引图像，X为索引图像矩阵，MAP为色彩图示。

（4）imshow(I)：表示显示灰度图像，I为二值图像矩阵。

（5）imshow(RGB)：表示显示RGB图像，RGB为RGB图像矩阵。

（6）imshow(I,[low high])：表示将非图像数据显示为图像，这需要考虑数据是否超出了所显示类型的最大允许范围，其中[low high]用于定

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

义待显示数据的范围。

【例4-9】直接显示图像。

```
imshow('moon.tif');
I=getimage;
```

运行结果如图4-8所示。

【例4-10】显示双精度灰度图像。

```
bw=zeros(100,100);
bw (2:2:98,2:2:98)=1;
imshow(bw);
whos bw
```

运行结果如图4-9所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图4-8 直接显示图像

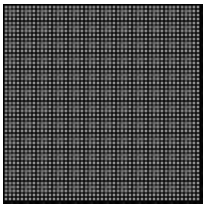


图4-9 双精度灰度图像的显示

【例4-11】显示索引图像。

```
[X,MAP]=imread('autumn.tif');
imshow(X,MAP);
colorbar
```

运行结果如图4-10所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图4-10 显示索引图像

【例4-12】按灰度级显示。

```
I=imread('moon.tif');
imshow(I)
```

运行结果如图4-11所示。

【例4-13】显示真彩色图像。

```
RGB=imread('pears.png');
imshow(RGB);
```

运行结果如图4-12所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图4-11 显示灰度图像

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图4-12 显示真彩色图像

【例4-14】按最大灰度范围显示图像。

```
I=imread('tire.tif');
imshow(I,[])
```

运行结果如图4-13所示。



图4-13 按最大灰度范围显示图像

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.3.6 图像特殊显示的函数

有关图像显示的函数或其辅助函数，除了上述介绍的以外，MATLAB还提供了一些用于进行图像的特殊显示的函数，下面将对其进行介绍。

1.添加颜色条

在MATLAB中，可以用colorbar函数将颜色条添加到坐标轴对象中，如果该坐标轴中包含一个图像对象，则添加的颜色条将指示出该图像中不同颜色的数据值。这一用法可用于了解被显示图像的灰度级别。该函数调用方法如下。

（1）colorbar：表示在当前坐标轴的右侧添加新的垂直方向的颜色条。

（2）colorbar(...,'peer',axes_handle)：表示创建与 axes_handle 所代表的坐标轴相关联的颜色条。

（3）colorbar('location')：表示在相对于坐标轴的指定方位添加颜色条。

（4）colorbar(...,'PropertyName',propertyvalue)：表示指定用来创建颜色条的坐标轴的属性名称和属性值。

【例4-15】在灰度图像的显示中增加一个颜色条。

```
I=imread('tire.tif');
imshow(I,[])
colorbar
```

运行结果如图4-14所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

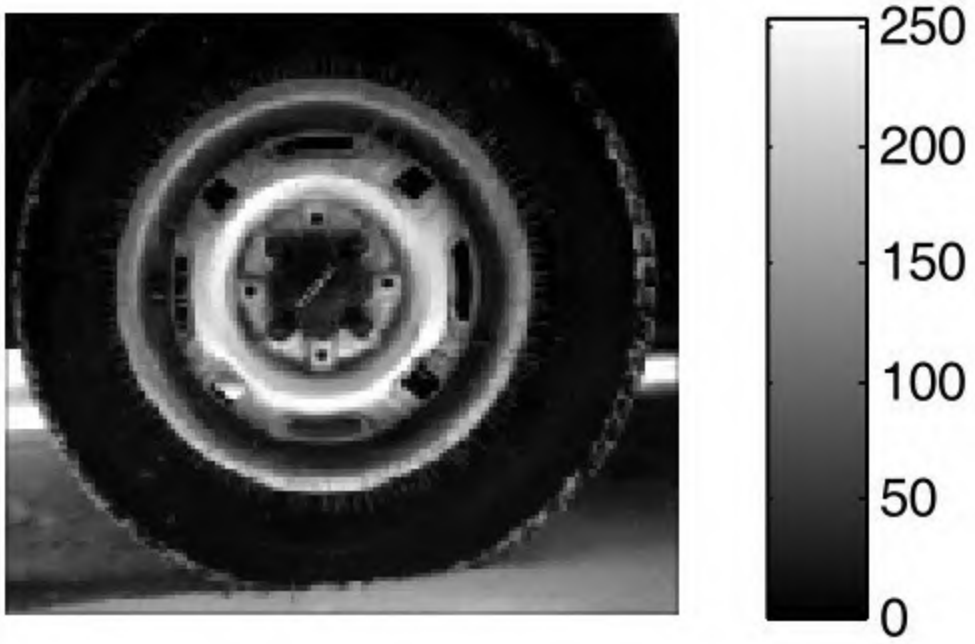


图4-14 增加颜色条

2.在一个图形区域内显示多个图像

在MATLAB中，想要在一个图形区域内显示多个图像，可以用subimage函数来实现。

【例4-16】一个图形区域内显示多个颜色图的图像。

```
load trees;
[x2,map2]=imread('forest.tif');
subplot(1,2,1),
subimage(X,map);    %显示索引图像
colorbar
subplot(1,2,2),
subimage(x2,map2);
colorbar
```

运行结果如图4-15所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

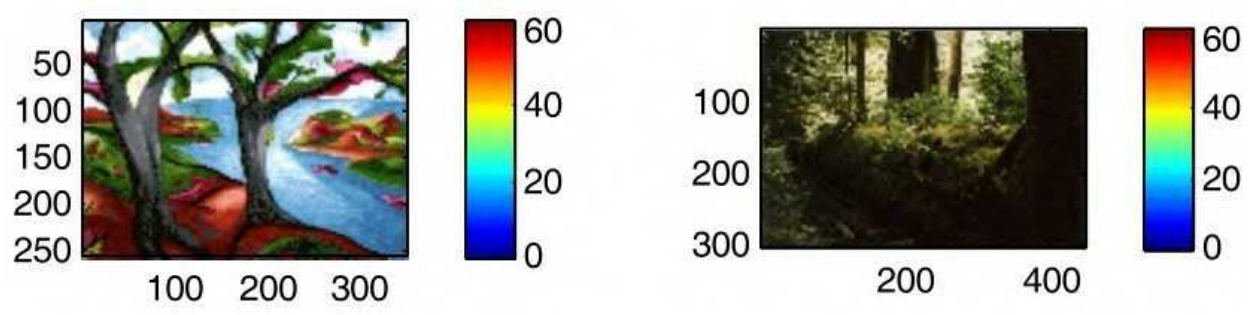


图4-15 一个图形区域内显示多个图像

3.在不同的图形窗口显示不同的图像

在MATLAB中，想要在不同的图形窗口显示不同的图像，可以用figure指令来实现。

【例4-17】在不同的图形窗口显示不同的图像。

```
[X1,map1]= imread('forest.tif');    %读取图像
[X2,map2] = imread('trees.tif');
imshow(X1,map1),
figure,
imshow(X2,map2)
```

运行结果如图4-16所示。

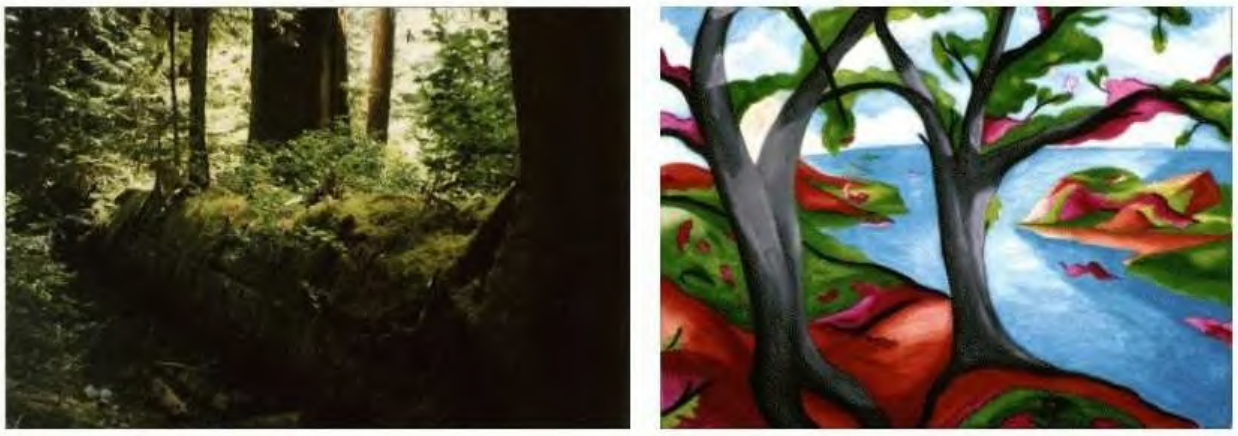


图4-16 窗口1显示的图像和窗口2显示的图像

4.在同一个图形窗口显示多图

在MATLAB中，想要在同一个图形窗口显示多图，可以用subplot函数来实现。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

【例4-18】下面的例子为同一个图形窗口显示多图。

```
load trees;
[x2,map2]=imread('forest.tif');  %读取图像
subplot(1,2,2),
imshow(x2,map2);
colorbar
subplot(1,2,1),
imshow(X,map);
colorbar
```

运行结果如图4-17所示。

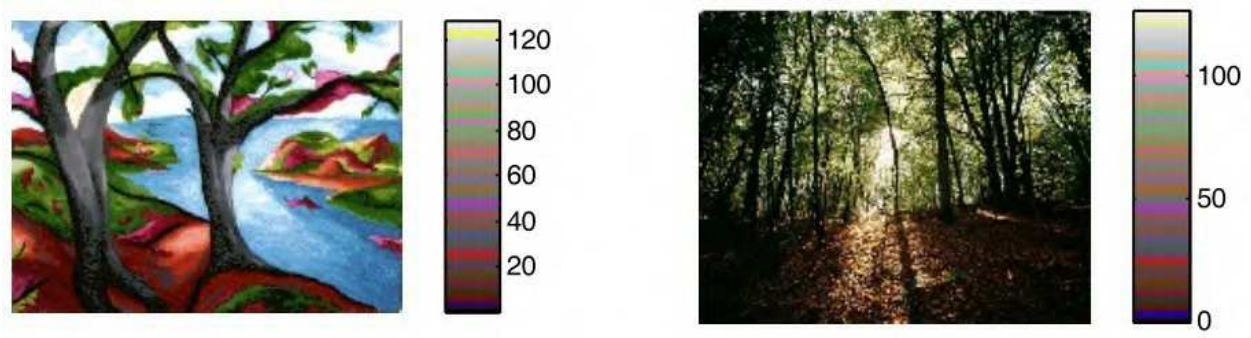


图4-17 同一个图形窗口显示多图

5.纹理映射

纹理映射是一种将二维图像映射到三维图形表面的显示技术。在MATLAB 中提供有warp函数来实现纹理映射，该函数的调用方法如下。

（1）warp(X,map)：将索引图像显示在缺省表面上。

（2）warp(I,n)：将灰度图像显示在缺省表面上。

（3）warp(BW)：将二值图像显示在缺省表面上。

（4）warp(RGB)：将真彩图像显示在缺省表面上。

（5）warp(z,...)：将图像显示z表面上。

（6）warp(x,y,z,...)：将图像显示（x,y,z）表面上。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（7）h = warp(...)：返回图像的句柄。

【例4-19】将zh.tif图像纹理映射到圆柱面和球面。

```
[x,y,z] = cylinder;
I = imread('zh.tif');
subplot(1,2,1),warp(x,y,z,I); %将图像纹理映射到圆柱面
[x,y,z] = sphere(50);
subplot(1,2,2),warp(x,y,z,I); %将图像纹理映射到球面
```

运行结果如图4-18所示。

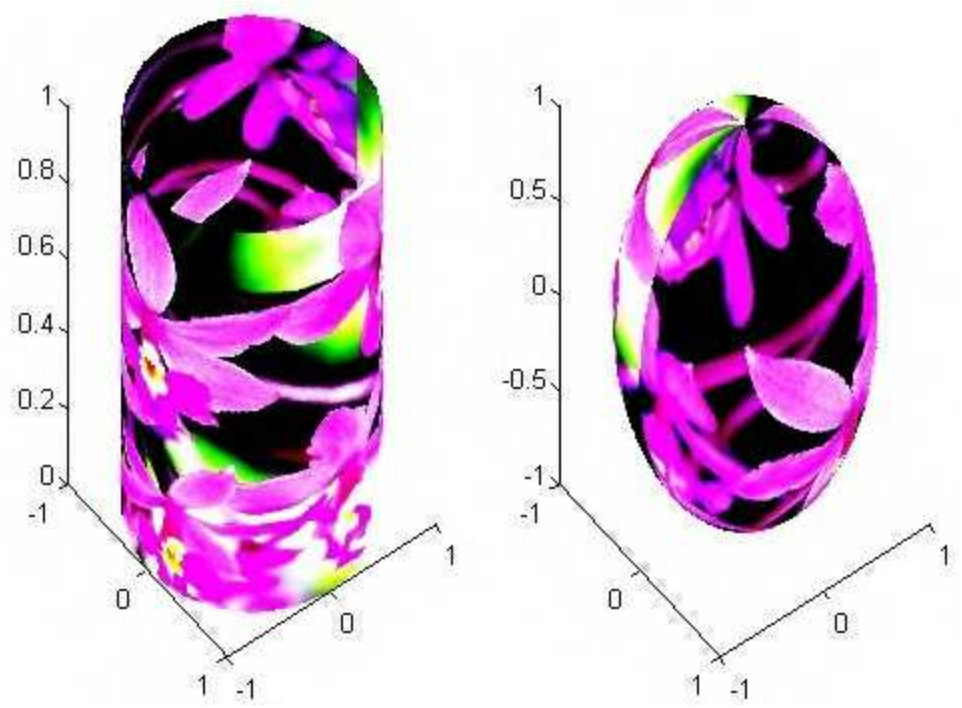


图4-18 图像纹理映射到圆柱面和球面

6.显示多帧图像

多帧图像是一种包含多幅图像或帧的图像文件，又称为多页图像或图像序列。在MATLAB中，它是一个四维数组，其中第4维用来指定帧的序号。

在一个多帧图像数组中，每一幅图像必须有相同的大小和颜色分量，每一幅图像还要使用相同的颜色图。另外，图像处理工具箱中的许多函数（如imshow）只能对多幅图像矩阵的前两维或三维进行操作，也

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

可以对四维数组使用这些函数，但是必须单独处理每一帧。如果将一个数组传递给一个函数，并且数组的维数超过该函数设计的超作维数，那么得到的结果将是不可预知的。

函数montage可以使多帧图像一次显示，也就是将每一帧分别显示在一幅图像的不同区域，所有子区的图像都用同一个色彩条。其调用格式如下。

（1）montage(I)：显示灰度图像I共k帧，I为m×n×1×k的数组。

（2）montage(BW)：显示二值图像I共k帧，I为m×n×1×k的数组。

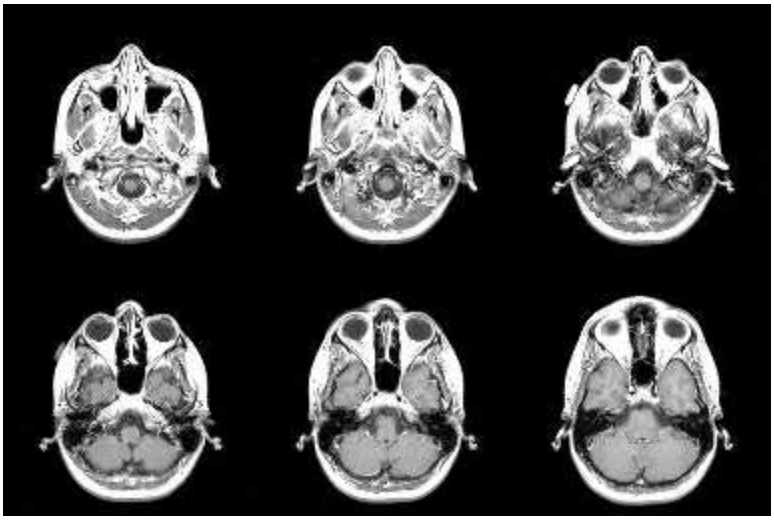
montage(X,map)：显示索引图像I共k帧，色图由map指定为所有的帧图像的色图，X为m×n×1×k的数组。

montage(RGB)：显示真彩色图像RGB共k帧，RGB为m×n×3×k的数组。

【例4-20】利用montage函数来显示图像。

```
mri=uint8(zeros(128,128,1,6));
for frame=1:6
[mri(:,:,:,frame),map]=imread('mri.tif',frame); %把每一帧读入内存中
end
montage(mri,map);
```

运行结果如图4-19所示。



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图4-19 多帧图像的显示

7.多帧图像转换为动画

在MATLAB中，对包含多帧的图像，可以同时显示多帧，也可以用动画的形式来显示图像的帧。函数immovie可以将多帧图像转换为动画，其调用格式为：

mov = immovie(D,map)

其中，D为多帧索引图像阵列，map为索引图像的对应色阶。对于其他类型图像，则需要首先将其转换为索引图像，因为这种功能只对索引图像有效。

8.图像上的区域缩放

在MATLAB中，函数zoom可以将图像或二维图形进行放大或缩小显示。zoom本身是一个开关键。函数zoom常见的调用方法如下。

（1）zoom on：用于打开缩放模式。

（2）zoom off：用于关闭该模式。

（3）zoom in：用于放大局部图像。

（4）zoom out：用于缩小图像。

4.3.7 图像文件的储存

在MATLAB中，用函数imwrite来储存图像文件，其常用调用格式为：

imwrite(A,filename,fmt)

imwrite(X,map,filename,fmt)

imwrite(…,filename)

imwrite(…,Param1,Val1,Param2,Val2…)

其中，imwrite(…,Param1,Val1,Param2,Val2…)可以让用户控制HDF、JPEG、TIFF 等一些图像文件格式的输出特性。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

【例4-21】将tif图像保存为jpg图像。

```
[x,map]=imread('canoe.tif');
imwrite(x,map,'canoe.jpg','JPG','Quality',75)
```

4.4 图像类型的转换

在对图像进行处理时，很多时候对图像的类型有特殊的要求，例如，在对索引图像进行滤波时，必须把它转换为RGB图像，否则光对图像的下标进行滤波，得到的是毫无意义的结果。在MATLAB中，提供了许多图像类型转换的函数，从这些函数的名称就可以看出它们的功能。

4.4.1 dither 函数

在MATLAB中，用dither函数可实现对图像的抖动。该函数通过颜色抖动（颜色抖动即改变边沿像素的颜色，使像素周围的颜色近似于原始图像的颜色，从而以空间分辨率来换取颜色分辨率）来增强输出图像的颜色分辨率。该函数可以把 RGB 图像转换成索引图像或把灰度图像转换成二值图像。其调用方法如下。

（1）X=dither(RGB，map)：表示该函数可以把RGB图像指定的颜色图map转换成索引图像X格式。

（2）X=dither(I)：表示把灰度图像I转换成二值图像BW。

【例4-22】将RGB图像抖动成索引图像。

```
clear all;
I=imread('autumn.tif');
map=pink(512);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
X=dither(I,map);    %将RGB图像抖动成索引图像
subplot(1,2,1),
imshow(I);
subplot(1,2,2),
imshow(X,map);
```

运行结果如图4-20所示。

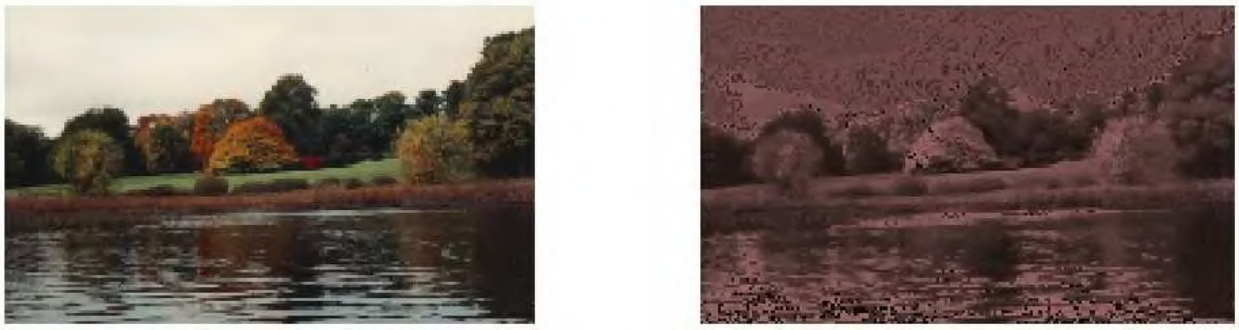


图4-20 将RGB图像抖动成索引图像

【例4-23】利用dither函数将灰度图像抖动成二值图像。

```
clear all;
I=imread('rice.png');
BW=dither(I);    %将灰度图像抖动成二值图像
subplot(1,2,1),
imshow(I);
subplot(1,2,2),
imshow(BW);
```

运行结果如图4-21所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

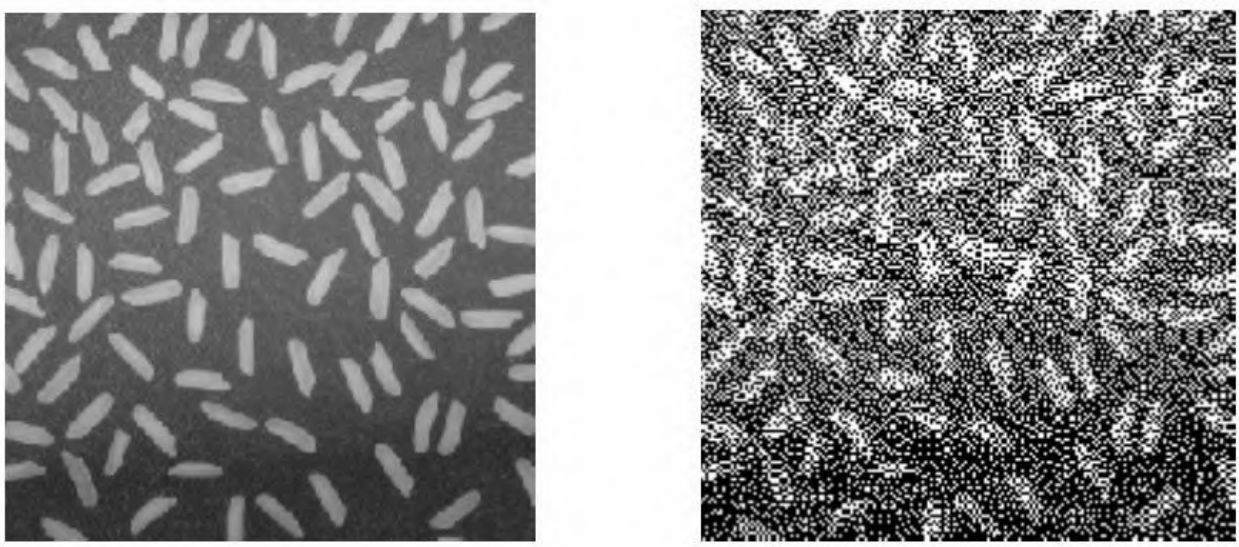


图4-21 将灰度图像抖动成二值图像

4.4.2 gray2ind 函数

在MATLAB中，gray2ind函数用于灰度图像或二值图像向索引图像的转换。该函数的调用方法如下。

[X,map]= gray2ind(I,n)：表示按照指定的灰度级n 把灰度图像I 转换成索引图像X,map为gray (n)，n 的缺省值为64。

【例4-24】利用gray2ind函数将灰度图像转换成索引图像。

```
clear all;
I=imread('cameraman.tif');
[X,map]=gray2ind(I,32);   %将灰度图像转换成索引图像
subplot(1,2,1),
imshow(I);
subplot(1,2,2),
imshow(X,map);
```

运行结果如图4-22所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图4-22 将灰度图像转换成索引图像

4.4.3 grayslice 函数

在MATLAB中，grayslice函数用于设定阈值将灰度图像转换为索引图像。该函数的调用方法如下。

（1）X=grayslice(I,n)：表示将灰度图像I均匀量化为n个等级，然后转换为伪彩色图像X。

（2）X=grayslice(I,v)：表示按指定的阈值矢量v（其中每个元素在0和1之间）对图像I进行阈值划分，然后转换成索引图像，I可以是double类型、uint8类型和uint16类型。

【例4-25】利用grayslice函数将灰度图像转换为索引图像。

```
clc
close all
clear
I=imread('cell.tif');
X2=grayslice(I,8);      %将灰度图像转换为索引图像
subplot(1,2,1);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subimage(I);
subplot(1,2,2);
subimage(X2,jet(8));
```

运行结果如图4-23所示。

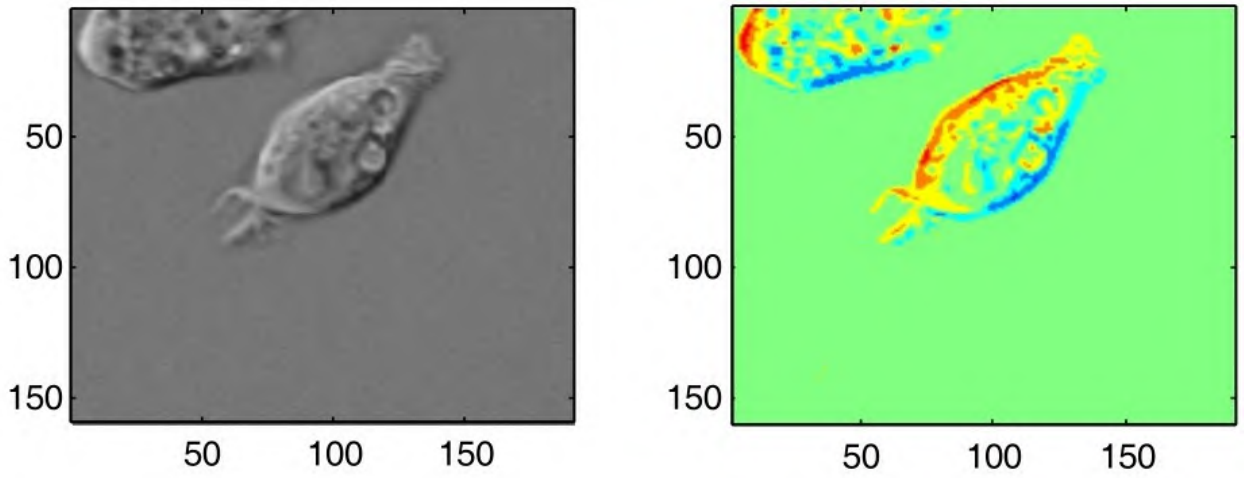


图4-23 设定阈值将灰度图像转换为索引图像

4.4.4 im2bw 函数

在MATLAB中，im2bw函数用于设定阈值将灰度、索引、RGB 图像转换为二值图像。该函数的调用方法如下：

```
BW=im2bw(I, level)
BW=im2bw(X, map, level)
```

BW=im2bw(RGB, level)：level 是一个归一化阈值，取值为[0,1]。

【例4-26】利用im2bw函数将真彩色转换为二值图像。

```
I=imread('autumn.tif');
X=im2bw(I,0.5);  %将真彩色转换为二值图像
subplot(1,2,1),
imshow(I);
subplot(1,2,2),
imshow(X);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运行结果如图4-24所示。



图4-24 将真彩色转换为二值图像

4.4.5 ind2gray 函数

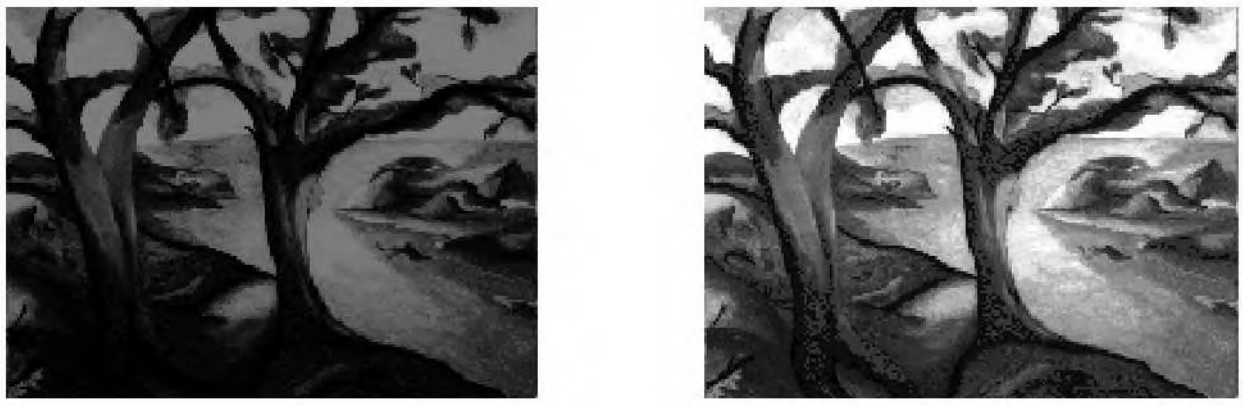
在MATLAB中，ind2gray函数用于将索引图像转换为灰度图像。该函数的调用方法如下：

I= ind2gray(X, map)

【例4-27】利用ind2gray函数将索引图像转换为灰度图像。

```
load trees
I=ind2gray(X,map)       %将索引图像转换为灰度图像
subplot(1,2,1);
imshow(X,map);
subplot(1,2,2);
imshow(I);
```

运行结果如图4-25所示。



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图4-25 将索引图像转换为灰度图像

4.4.6 ind2rgb 函数

在MATLAB中，ind2rgb函数用于索引图像转换为RGB图像。该函数的调用方法如下：

RGB=ind2rgb(X, map)

【例4-28】利用ind2rgb函数将索引图像转换为RGB图像。

```
[I,map]=imread('m83.tif');
X=ind2rgb(I,map);       %将索引图像转换为RGB图像
subplot(1,2,1);
imshow(I,map);
subplot(1,2,2);
imshow(X);
```

运行结果如图4-26所示。

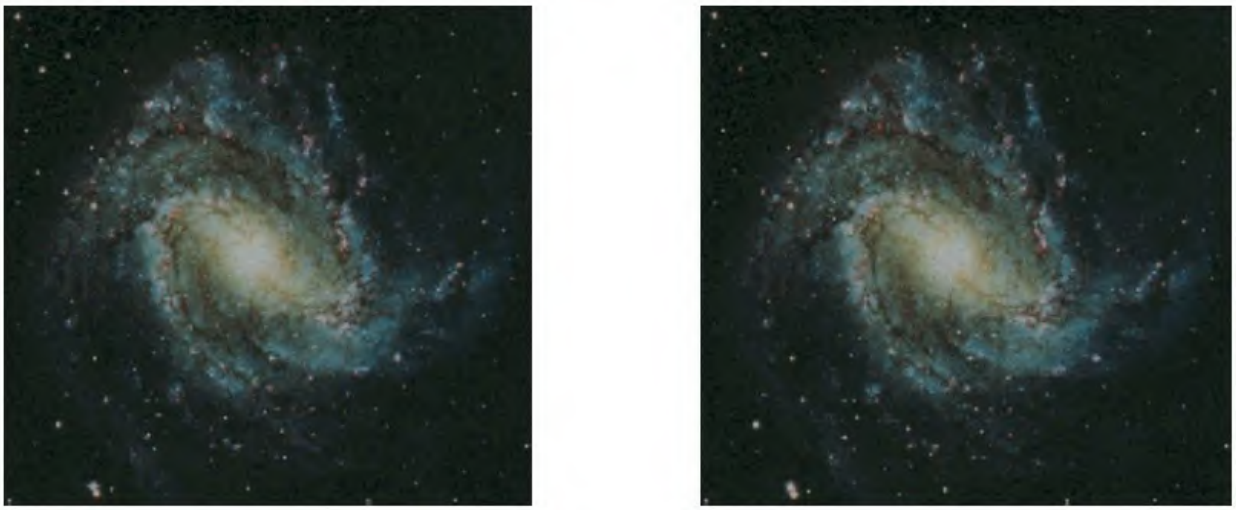


图4-26 将索引图像转换为RGB图像

4.4.7 mat2gray 函数

在 MATLAB 中，mat2gray 函数用于将数据矩阵转换为灰度图像。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

该函数的调用方法如下。

I=mat2gray(A,[max,min])：按指定的取值区间[max,min]将数据矩阵A 转换为灰度图像I。如不指定区间，自动取最大区间。其中，A为double类型，I为double类型。

I=mat2gray(A)

【例4-29】利用mat2gray函数将数据矩阵转换为灰度图像。

```
I=imread('tire.tif');
A=filter2(fspecial('sobel'),I);
J=mat2gray(A);      %将数据矩阵转换为灰度图像
subplot(1,2,1);
subimage(A);
subplot(1,2,2);
subimage(J);
```

运行结果如图4-27所示。

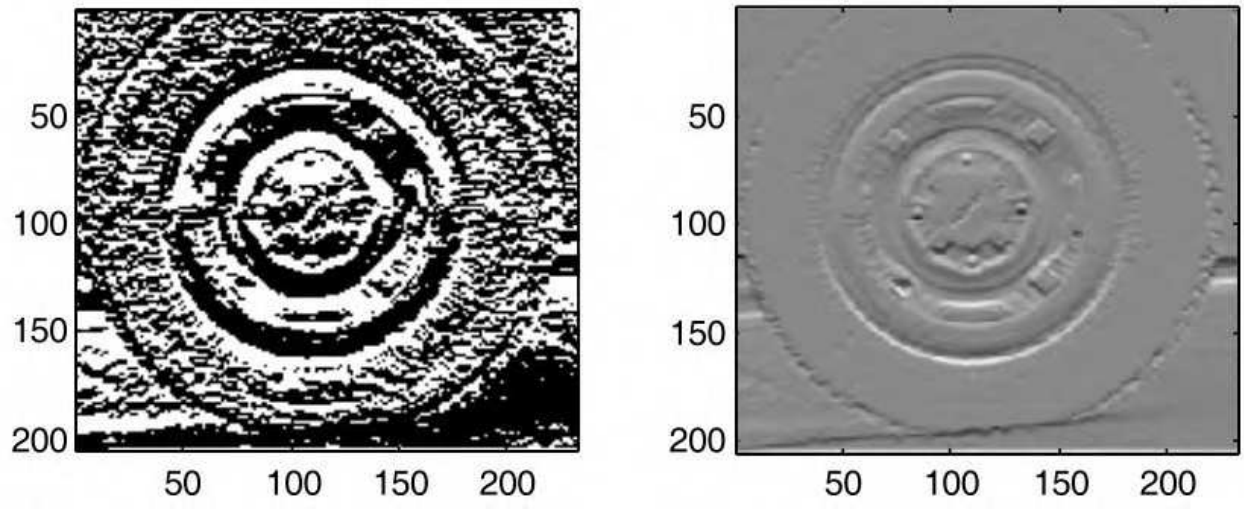


图4-27 将数据矩阵转换为灰度图像

4.4.8 rgb2gray 函数

在MATLAB中，rgb2gray函数用于将一幅真彩色图像转换成灰度图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

像。该函数的调用方法如下：

I= rgb2gray(RGB)

【例4-30】利用rgb2gray函数将一幅真彩色图像转换成灰度图像。

```
RGB=imread('autumn.tif');
X=rgb2gray(RGB);      %将一幅真彩色图像转换成灰度图像
subplot(1,2,1);
imshow(RGB);
subplot(1,2,2);
imshow(X);
```

运行结果如图4-28所示。



图4-28 将一幅真彩色图像转换成灰度图像

4.4.9 rgb2ind 函数

在MATLAB中，rgb2ind函数用于将真彩色图像转换成索引色图像。该函数的调用方法如下。

（1）[X,map] = rgb2ind(RGB, n)：使用最小量化算法把真彩色图像转换为索引图像。其中，n指定map中颜色项数，n最大不能超过65536。

（2）X = rgb2ind(RGB, map)：在颜色图中找到与真彩色图像颜色值最接近的颜色作为转换后的索引图像的像素值。map中颜色项数不能超过65536。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（3）[X,map]= rgb2ind(RGB, tol)：表示使用均匀量化算法把真彩色图像转换为索引图像，map中最多包含(floor(1/tol)+1)^3种颜色，tol的取值介于0.0和1.0之间。

（4）[...] = rgb2ind(..., dither_option)：其中，dither_option 用于开启/关闭 dither，dither_option可以是'dither'（默认值）或'nodither'。

【例4-31】利用rgb2ind函数将真彩色图像转换成索引色图像。

```
RGB=imread('onion.png');
[X,MAP]=rgb2ind(RGB,0.7);  %将真彩色图像转换成索引色图像
subplot(1,2,1);
imshow(RGB);
subplot(1,2,2);
imshow(X,MAP);
```

运行结果如图4-29所示。



图4-29 将真彩色图像转换成索引色图像

4.5 MATLAB 中的颜色模型

所谓颜色模型，就是指某个三维颜色空间中的一个可见光子集，它包含某个颜色域的所有颜色。例如，RGB颜色模型就是三维直角坐标颜色系统的一个单位正方体。颜色模型的用途是在某个颜色域内方便地指

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

定颜色。由于每一个颜色域都是可见光的子集，所以任何一个颜色模型都无法包含所有的可见光。

大多数的彩色图形显示设备一般都是使用红、绿、蓝三原色，我们的真实感图形学中的主要的颜色模型也是RGB模型，但是红、绿、蓝颜色模型用起来不太方便，它与颜色概念如色调、饱和度和亮度等没有直接的联系。颜色模型主要有RGB、HSV、YCbCr、NTSC等，下面将作具体介绍。

4.5.1 RGB 模型

RGB是从颜色发光的原理出发来设计的，RGB模型分成了3个颜色通道，即红（R）、绿（G）、蓝（B），RGB色彩模式使用RGB模型为图像中每一个像素的RGB分量分配一个0～255范围内的强度值。

RGB 图像只使用 3 种颜色，就可以使它们按照不同的比例混合，在屏幕上重现16 777 216 种颜色，每个颜色通道每种色各分为255 阶亮度，在0 时“灯”最弱——是关掉的，而在255时“灯”最亮。

4.5.2 HSV模型

HSV模型是一种复合主观感觉的颜色模型。H、S、V分别指的是色调（彩）（hue）、色饱（saturation）和度与明度（value）。在这个模型中，一种颜色的参数便是由H、S、V 3个分量构成的三元组。

HSV 模型不同于 RGB 模型的单位立方体，而是对应于一个圆柱坐标系中的一个立体锥形子集。在这个锥形中，边界表示不同的色彩。H分量表示颜色的种类，取值范围为0～1，相应的颜色从红、黄、绿、蓝绿、蓝、紫到黑变化，且它的值由绕V轴的旋转角决定，每一种颜色和它的补色之间相差 180。S 分量的取值范围也是 0～1，表示所选色彩的纯度与该色彩的最大纯度的比例。相应的颜色从未饱和（灰度）向完全

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

饱和（无白色元素）变化，当S=0.5时表示所选色彩的纯度为1/2。V分量取值范围同样是0～1，从锥形顶点0变化到顶部1，相应的颜色逐渐变亮，顶点表示黑色，顶部表示色彩强度最大。

4.5.3 YCbCr 模型

YCbCr模型又称为YUV模型，是视频图像和数字图像中常用的颜色模型。在YCbCr模型中，Y为亮度，Cb和Cr共同描述图像的色调（色差），其中Cb、Cr分别为蓝色分量和红色分量相对于参考值的坐标。

YCbCr模型中的数据可以是双精度类型，但存储空间为8位无符号整型数据空间，且Y的取值范围为16～235，Cb和Cr的取值范围为16～240。在目前通用的图像压缩算法中（如JPEG算法），首要的步骤就是将图像颜色空间转换为YCbCr空间。

4.5.4 NTSC 模型

NTSC模型是一种用于电视图像的颜色模型。NTSC模型使用的是Y.I.Q颜色坐标系，其中，Y为光亮度，表示灰度信息；I为色调，Q为饱和度，均表示颜色信息。因此，该模型的主要优点就是能将灰度信息和信息区分开来。

4.5.5 HSI 颜色空间

HSI色彩空间是从人的视觉系统出发，用色调（Hue）、色饱和度（Saturation或Chroma）和亮度（Intensity或Brightness）来描述色彩的。

HSI色彩空间可以用一个圆锥空间模型来描述。这种描述HIS色彩空间的圆锥模型相当复杂，但确实能把色调、亮度和色饱和度的变化情形表现得很清楚。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

通常把色调和饱和度通称为色度，用来表示颜色的类别与深浅程度。由于人的视觉对亮度的敏感程度远强于对颜色浓淡的敏感程度，为了便于色彩处理和识别，人的视觉系统经常采用HSI色彩空间，它比RGB色彩空间更符合人的视觉特性。

在图像处理和计算机视觉中大量算法都可在HSI色彩空间中方便地使用，它们可以分开处理而且是相互独立的。因此，在 HSI 色彩空间可以大大简化图像分析和处理的工作量。HSI色彩空间和RGB色彩空间只是同一物理量的不同表示法，因而它们之间存在着转换关系。

4.6 MATLAB 颜色模型的转换

在实际应用中，由于颜色模型都是在不同情况下色彩需求的产物，因而为了系统的统一性，就需要不同颜色模型间的转换。MATLAB中提供了一些色彩模型转换函数，下面将分别对其进行介绍。

4.6.1 rgb2hsv 函数

在MATLAB中，rgb2hsv函数用于将RGB模型转换为HSV模型。该函数的调用方法如下。

（1）HSVMAP=rgb2hsv(RGBMAP)：表示将RGB色表转换成HSV色表。

（2）HSV=rgb2hsv(RGB)：表示将RGB图像转换为HSV图像。

【例4-32】利用rgb2ntsc函数将RGB模型转换到HSV模型。

```
RGB=imread('autumn.tif');
HSV=rgb2hsv(RGB);  %将RGB模型转换为HSV模型
subplot(1,2,1),
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imshow(RGB),
title('RGB图像');
subplot(1,2,2),
imshow(HSV),
title('HSV图像');
```

运行结果如图4-30所示。

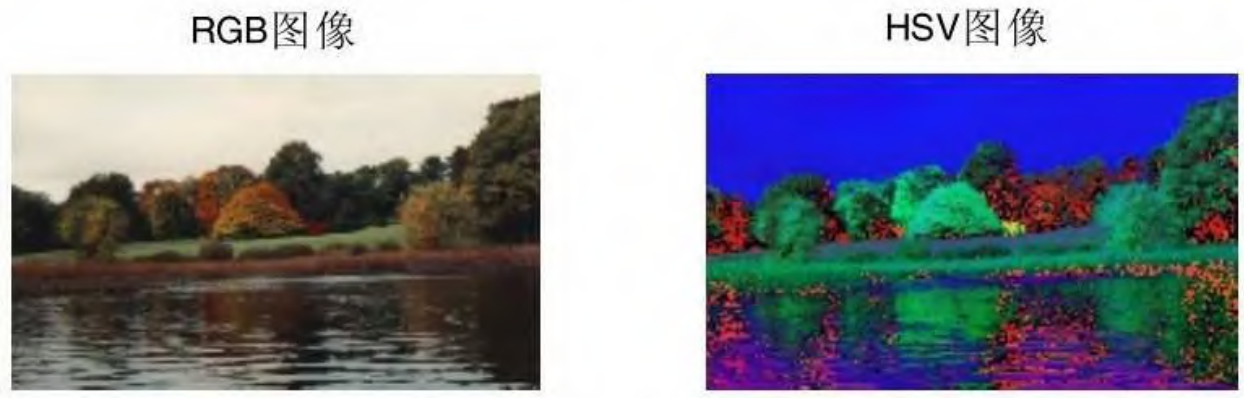


图4-30 RGB 模型转换为HSV模型

4.6.2 hsv2rgb 函数

在MATLAB中，hsv2rgb函数用于将HSV模型转换为RGB模型。该函数的调用方法如下。

（1）RGBMAP=hsv2rgb(HSVMAP)：表示将HSV色表转换成RGB色表。

（2）RGB=hsv2rgb(HSV)：表示将HSV图像转换为RGB图像。

【例4-33】利用hsv2rgb函数将HSV模型转换为RGB模型。

```
RGB=imread('autumn.tif');
HSV=rgb2hsv(RGB);  %将HSV模型转换为RGB模型
RGB1=hsv2rgb(HSV);
subplot(1,3,1),
imshow(RGB),
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('RGB图像');
subplot(1,3,2),
imshow(HSV),
title('HSV图像');
subplot(1,3,3),
imshow(RGB1),
title('还原的图像');
```

运行结果如图4-31所示。

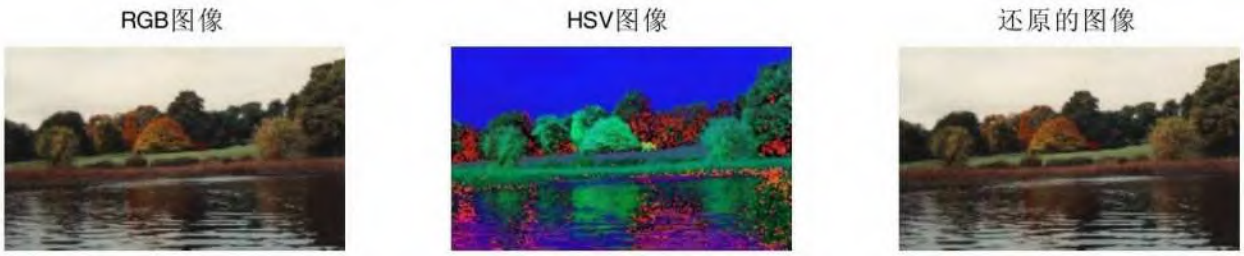


图4-31 HSV 模型转换为RGB模型

4.6.3 rgb2ntsc 函数

在MATLAB中，rgb2ntsc函数用于将RGB颜色模型转换为NTSC颜色模型。该函数的调用方法如下。

（1）YIQMAP=rgb2ntsc(RGBMAP)：将RGB色表转换为YIQ色表。其中，RGBMAP为double类，YIQMAP为double类型。

（2）YIQ=rgb2ntsc(RGB)：表示将RGB图像转换为NTSC图像。其中，RGB为double、uint8或uint16类型，YIQ为double类型。

所使用的计算方法为：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.956 & 0.621 \\ 1.000 & -0.272 & -0.647 \\ 1.000 & -1.102 & 1.703 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$

【例4-34】利用rgb2ntsc函数将RGB模型转换为NTSC模型。

```
RGB=imread('onion.png');
YIQ=rgb2ntsc(RGB);将RGB 模型转换为NTSC模型
figure
subplot(2,3,1);
subimage(RGB);
title('RGB图像')
subplot(2,3,2);
subimage(mat2gray(YIQ));
title('NTSC图像')
subplot(2,3,3);
subimage(mat2gray(YIQ(:,:,1)));
title('Y分量')
subplot(2,3,4);
subimage(mat2gray(YIQ(:,:,2)));
title('I分量')
subplot(2,3,5);
subimage(mat2gray(YIQ(:,:,3)));
title('Q分量')
```

运行结果如图4-32所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

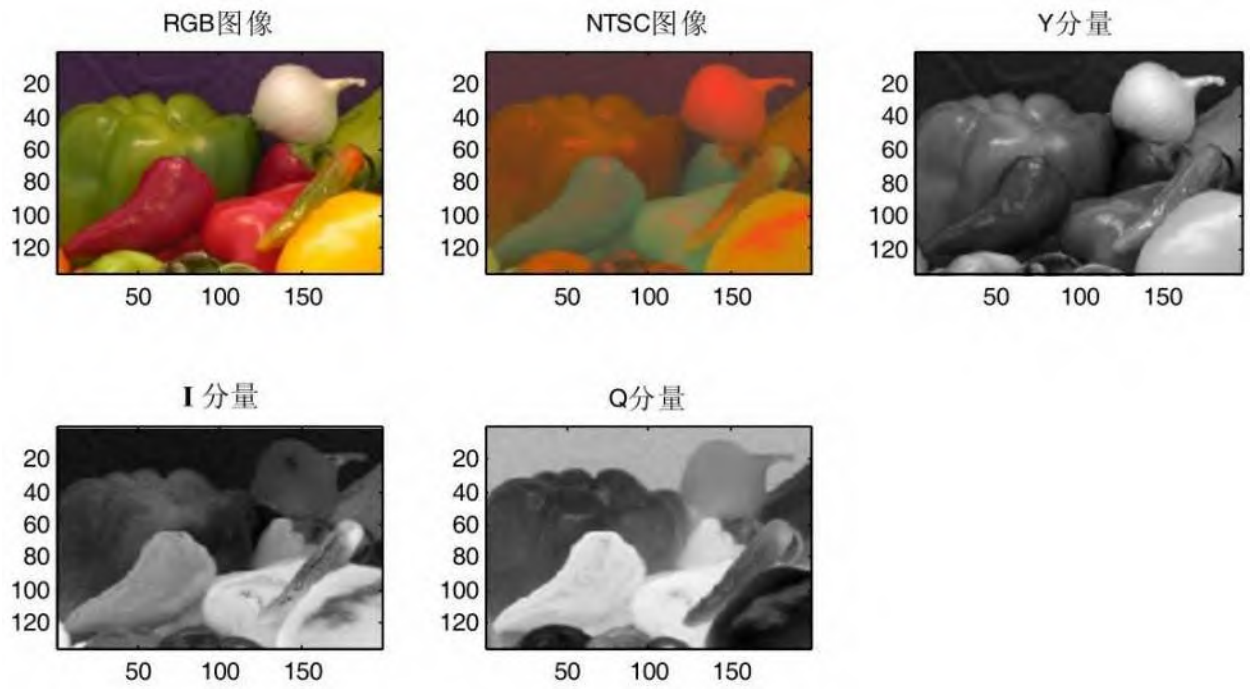


图4-32 将RGB模型转换为NTSC模型

4.6.4 ntsc2rgb 函数

在MATLAB中，ntsc2rgb函数用于将NTSC模型转换为RGB模型。该函数的调用方法如下。

（1）RGBMAP=ntsc2rgb(YIQMAP)：将 YIQ 色表转换为 RGB 色表。其中，YIQMAP为double类型，RGBMAP为double类型。

（2）RGB=ntsc2rgb(YIQ)：表示将 YIQ 图像转换为 RGB 图像。其中，YIQ 为 double类型，RGB为double类型。

所使用的计算方法为：

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

【例4-35】利用ntsc2rgb函数将NTSC模型转换到RGB模型。

```
load spine;          %读入图像
YIQMAP=rgb2ntsc(map);   %将NTSC模型转换为RGB模型
map1=ntsc2rgb(YIQMAP);
YIQMAP=mat2gray(YIQMAP);
Ymap=[YIQMAP(:,1),YIQMAP(:,1),YIQMAP(:,1)];
Imap=[YIQMAP(:,2),YIQMAP(:,2),YIQMAP(:,2)];
Qmap=[YIQMAP(:,3),YIQMAP(:,3),YIQMAP(:,3)];
subplot(2,3,1);
subimage(X,map);
title('原始图像')
subplot(2,3,2);
subimage(X,YIQMAP);
title('转换图像')
subplot(2,3,3);
subimage(X,map1);
title('还原图像')
subplot(2,3,4);
subimage(X,Ymap);
title('NTSC的Y分量')
subplot(2,3,5);
subimage(X,Imap);
title('NTSC的I分量')
subplot(2,3,6);
subimage(X,Qmap);
title('NTSC的Q分量')
```

运行结果如图4-33所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

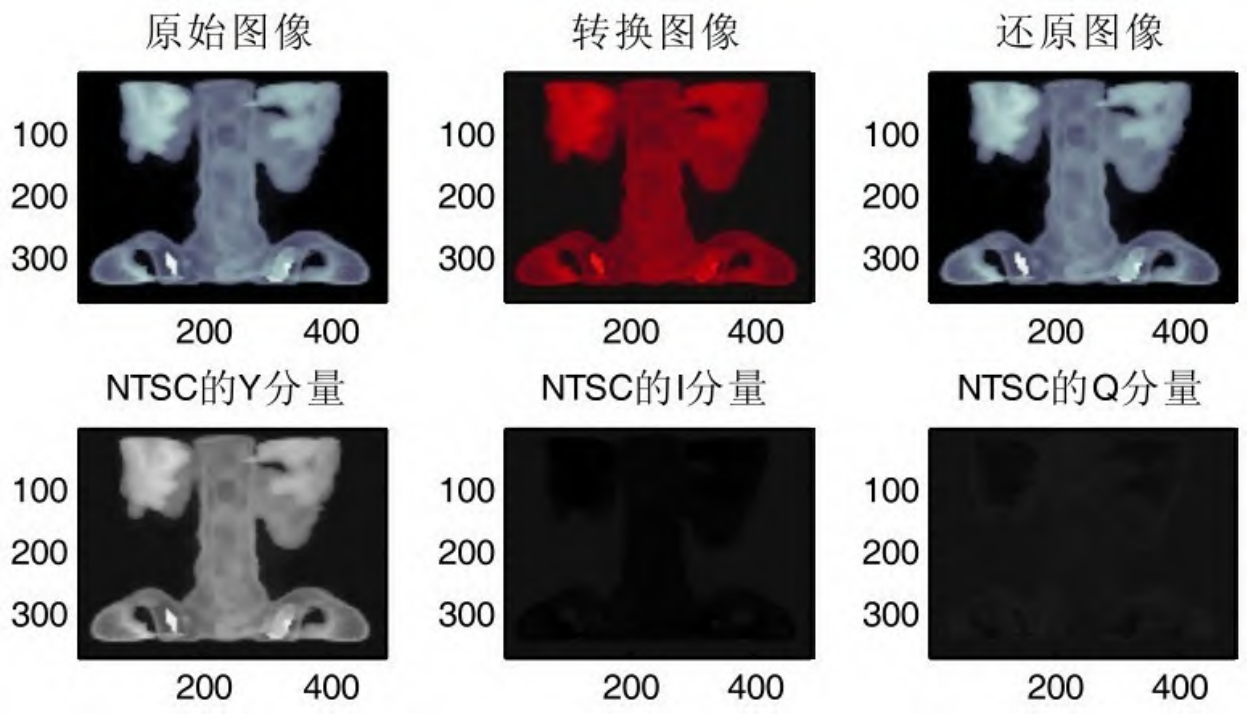


图4-33 将NTSC模型转换为RGB模型

4.6.5 rgb2ycbcr 函数

在MATLAB中，rgb2ycb函数用于将RGB模型转换为YCbCr模型。该函数的调用方法如下。

（1）YCbCrMAP=rgb2ycbcr(RGBMAP)：将RGB色表转换为YCbCr色表。

（2）YCbCr =rgb2ycbcr (RGB)：表示将RGB 图像转换为YCbCr 图像。

所使用的计算方法为：

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65.481 & 128.553 & 24.966 \\ -37.797 & -74.203 & 112.000 \\ 112.000 & -93.786 & -18.214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

【例4-36】利用rgb2ycbcr函数将RGB模型转换到YCbCr模型。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
clear
RGB=imread('onion.png');        %读入图像
YCbCr=rgb2ycbcr(RGB);           %将RGB模型转换为YCbCr模型
subplot(1,2,1);
subimage(RGB);
title('原图像');
subplot(1,2,2);
subimage(YCbCr);
title('变换后的图像');
```

运行结果如图4-34所示：

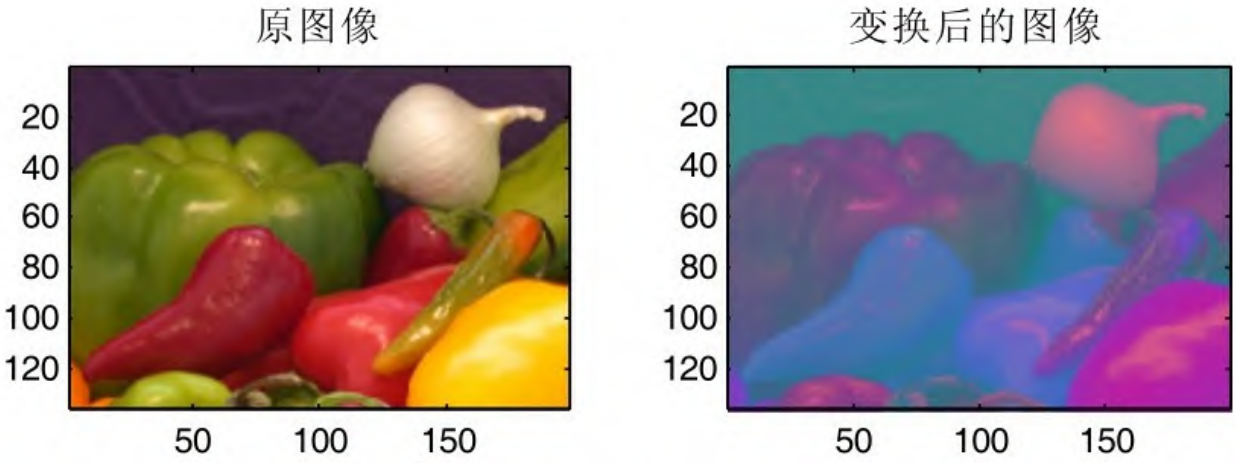


图4-34 将RGB模型转换为YCbCr模型

4.6.6 ycbcr2rgb 函数

在MATLAB中，ycbcr2rgb函数用于将YCbCr模型转换为RGB模型。该函数的调用方法如下。

（1）RGBMAP=ycbcr2rgb(YCbCrMAP)：将YCbCr色表转换为RGB色表。

（2）RGB=ycbcr2rgb(YCbCr)：将YCbCr图像转换为RGB图像。

【例4-37】利用ycbcr2rgb函数将YCbCr模型转换为RGB模型。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
clear
RGB=imread('onion.png');
YCbCr=rgb2ycbcr(RGB);        %将YCbCr模型转换为RGB模型
subplot(1,3,1);
subimage(RGB);
title('原图像');
subplot(1,3,2);
subimage(YCbCr);
title('变换后的图像');
RGB2=ycbcr2rgb(YCbCr);
subplot(1,3,3);
subimage(RGB2);
title('还原的图像');
```

运行结果如图4-35所示：

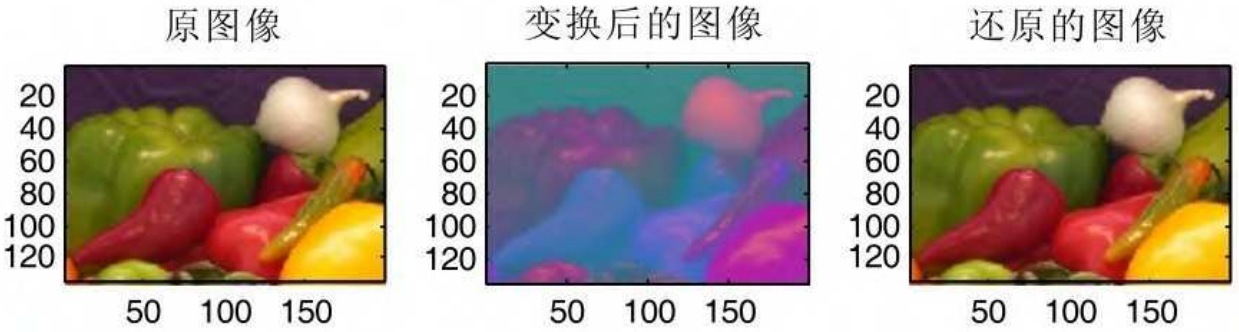


图4-35 将YCbCr模型转换为RGB模型

4.7 本章小结

本章首先介绍了图像的文件格式、常用的图像类型，然后介绍了图像文件的查询、图像文件的读取、图像文件的数据类型的转换、图像文件的显示、图像文件的特殊显示、图像文件的储存、图像类型转换等内

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

容，最后介绍了颜色模型的转换。掌握这些内容是进行MATALB图像处理的基础。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第5章 图像的运算

MATLAB是—套高性能的数值计算和可视化软件，它集数值分析、矩阵运算、信号处理和图形显示于一体，构成一个方便的、界面友好的用户环境。图像处理中最简单的操作是图像的运算。MATLAB提供了图像运算的多种相关函数，这些函数使用起来简单方便，读者可以通过仔细阅读本章来掌握图像的各种运算。

学习目标：

1.理解图像点运算、代数运算、几何运算的基本定义和常见方法。

2.熟悉图像仿射变换相关函数、实现步骤。

3.理解邻域操作、区域运算的基本原理、实现步骤。

5.1 图像的点运算

通过对图像中的每个像素值进行计算，从而改善图像显示效果的操作叫做点运算。点运算常用于改变图像的灰度范围及分布，是图像数字化及图像显示的重要工具。点运算因其作用性质有时也被称为对比度增强和拉伸、灰度变换等。

在真正进行图像处理之前，有时可以用点运算来克服图像数字化设备的局限性。典型的点运算应用包括光度学标定、对比度增强、显示标定、图像分割、图像裁剪等。

点运算是像素的逐点运算，它的输出图像是输入的图像映射，输出图像每个像素点的灰度值仅由对应的输入像素点的灰度值决定。点运算

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

不会改变图像内像素点之间的空间关系。设输入图像为A(x,y)，输出图像为B(x,y)，则点运算可表示为：

B(x,y)=f[A(x,y)]

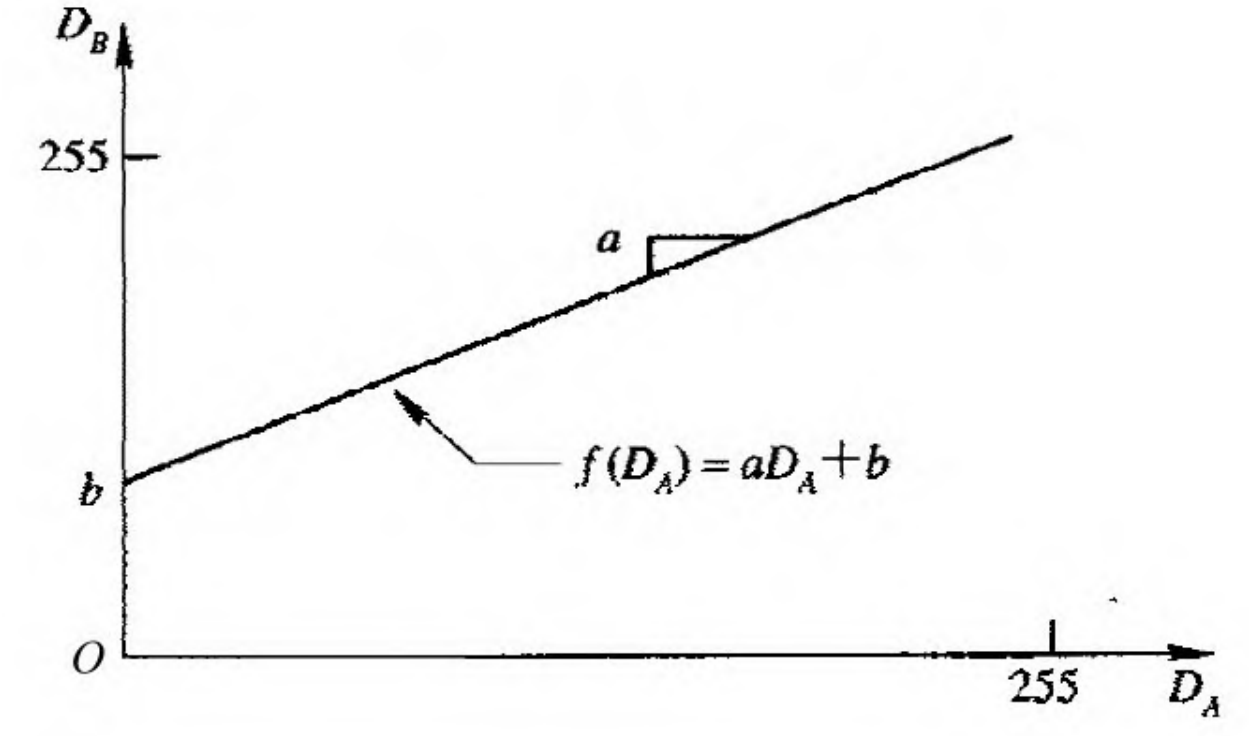
点运算完全由灰度映射函数f决定。根据f的不同，可以将图像的点运算分为线性点运算和非线性点运算两种。显然，点运算不会改变图像内像素点之间的空间关系。

5.1.1 线性点运算

在线性点运算中，灰度变换函数就是线性函数时的运算。线性点运算是指灰度变换函数f(D)为线性函数时的运算。用D_A 表示输入点的灰度值，D_B 表示相应输出点的灰度值，则函数f的形式如下：

$$f\left(D_A\right)=aD_A+b=D_B$$

图5-1为对应的线性函数图。



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图5-1 线性函数图

当a>1时，输出图像的对比度会增大；当a<l时，输出图像的对比度会减小；当a=1，b=0时，输出图像就是输入图像的简单复制；当a=1，b≠0时，输出图像在整体效果上比输入图像要明亮或灰暗。

【例5-1】利用线性点运算来处理图像。

```
A=imread('cell.tif');  %读取图像
I=double(A);
J=I*0.43+60;       %线性点运算
J=uint8(J);
subplot(1,2,1),
imshow(A);
subplot(1,2,2),
imshow(J);
```

运行结果如图5-2所示。

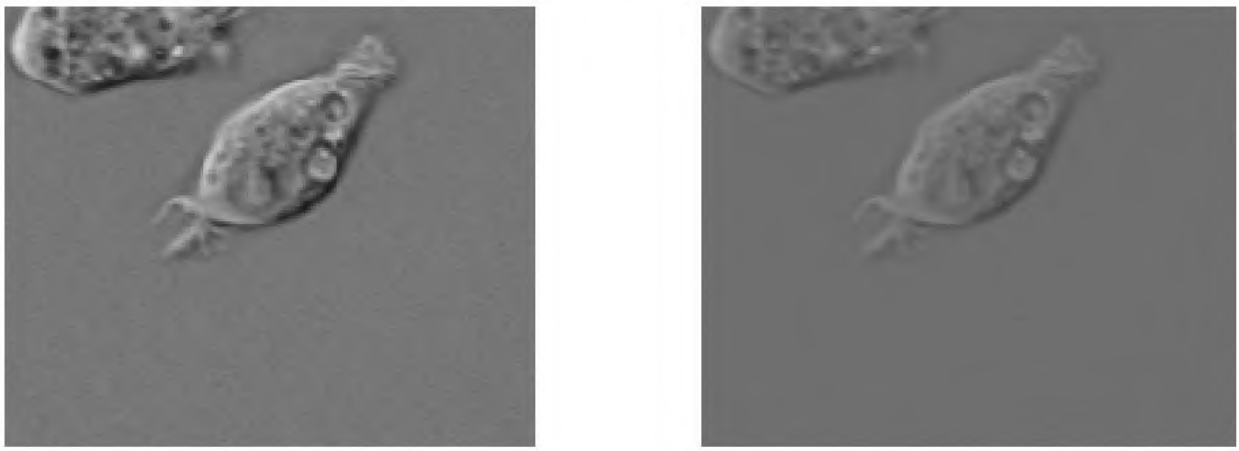


图5-2 线性点运算图

【例5-2】求图像的负像。

```
I=imread('cell.tif');  %读入图像
I=double(I);
J=-1*I;          %求图像的负像
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(1,2,1),
imshow(I,[]);
subplot(1,2,2),
imshow(J,[]);
```

运行结果如图5-3所示。

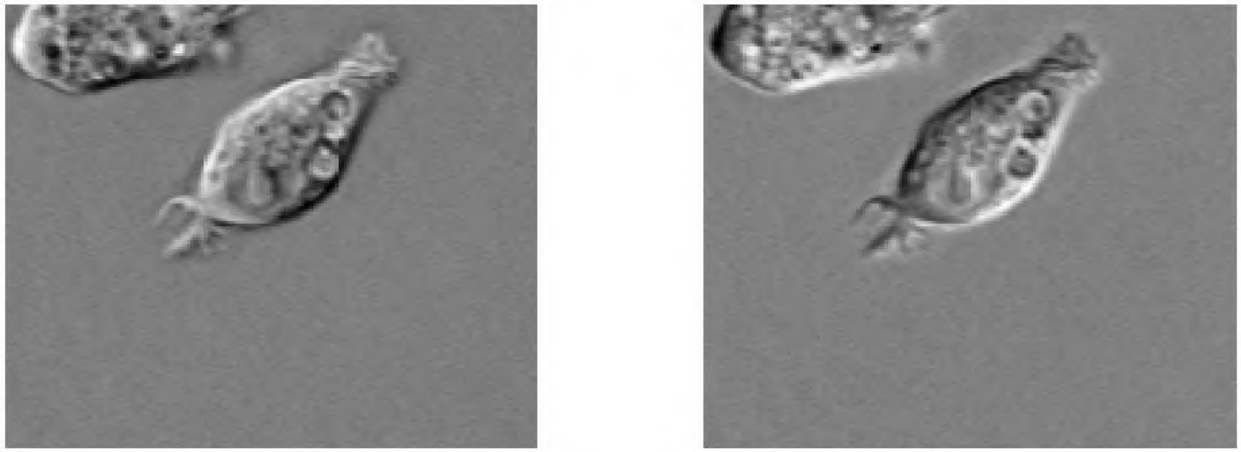


图5-3 负像的求取

5.1.2 非线性点运算

非线性点运算对应于非线性的灰度映射函数，典型的映射包括平方函数、窗口函数、值域函数、多值量化函数等。几种典型的非线性点运算的映射函数图如图5-4所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

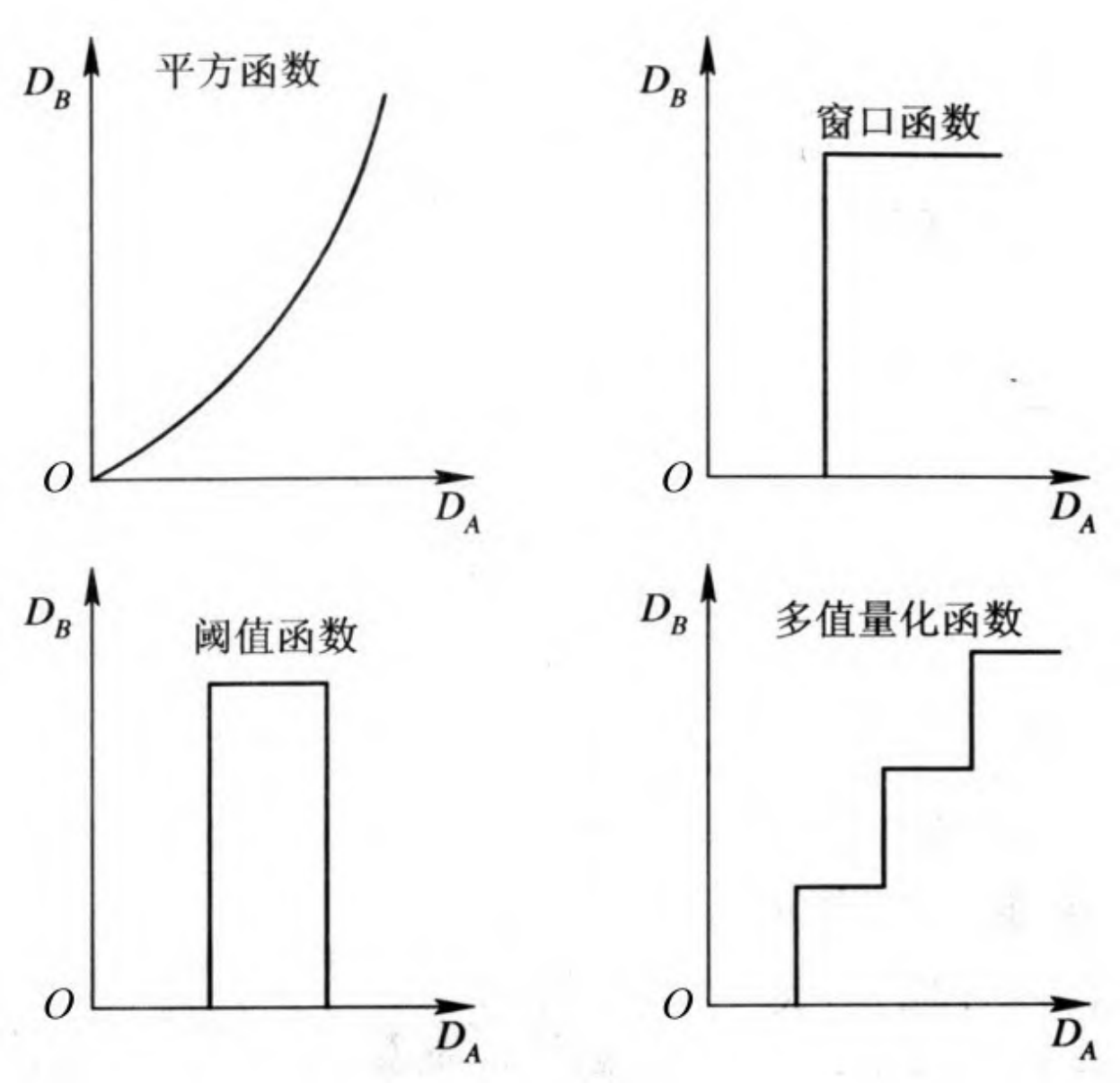


图5-4 非线性函数图

【例5-3】利用非线性点运算来处理图像。

```
a=imread('moon.tif');       %读入图像
subplot(1,3,1);
imshow(a);
x=1:255;
y=x+x.*(255-x)/255;%非线性点运算
subplot(1,3,2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
plot(x,y);
b1=double(a)+0.006*double(a).*(255-double(a));
subplot(1,3,3);
imshow(uint8(b1));
```

运行结果如图5-5所示。

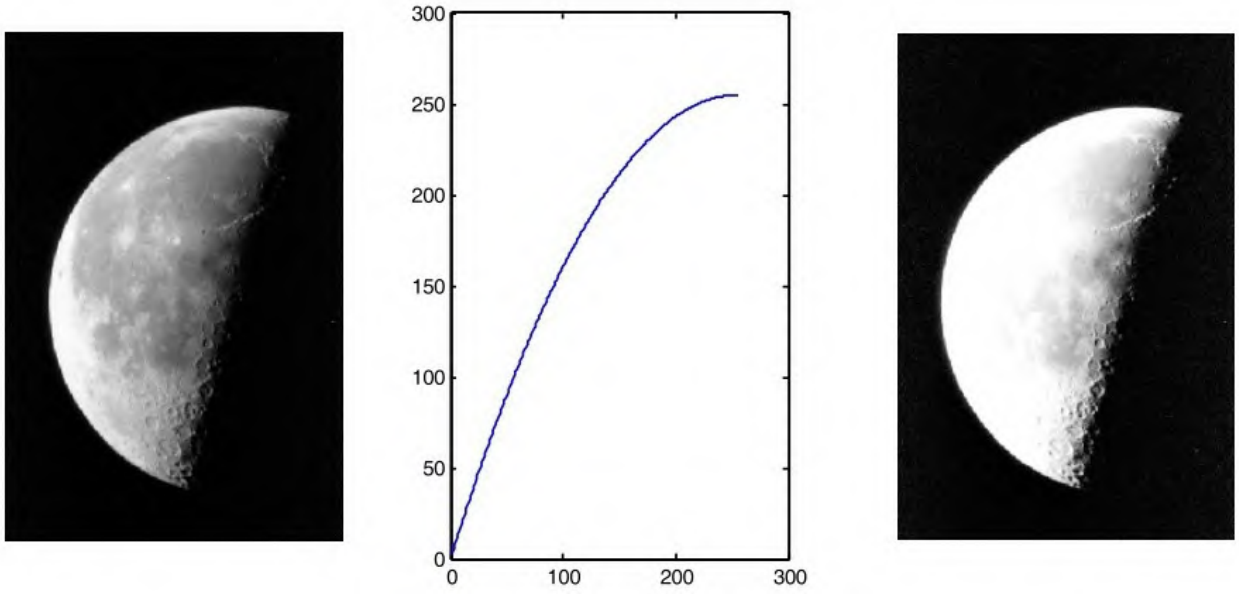


图5-5 非线性点运算图

5.2 图像的代数运算

图像的代数运算是两幅输入图像或者多幅图片之间进行点对点的加、减、乘、除运算后得到输出图像的过程。我们可以把图像的代数运算简单地理解成数组的运算。在MATLAB中，图像的代数运算在图像处理中有着广泛的应用，它除了可以实现自身所需的算术操作外，还能为许多复杂的图像处理提供准备。

设A(x,y)、B(x,y)为输入图像，C(x,y)为输出图像，则图像的代数运算有如下4种形式：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$C(x,y)=A(x,y)+B(x,y)$$

$$C(x,y)=A(x,y)-B(x,y)$$

$$C(x,y)=A(x,y)\times B(x,y)$$

$$C(x,y)=A(x,y)\div B(x,y)$$

可以使用 MATLAB 基本算术符（+、−、×、÷等）来执行图像的算术操作，但是在此之前必须将图像转换为适合进行基本操作的双精度类型。

表5-1是一个能实现所有数值数据的算术操作的函数集合。

表5-1 常见的算术操作函数

函 数 名	功能描述
Imabsdiif	两幅图像的绝对差值
Imadd	两个图像的加法
imcomplment	补足一幅图像
imdivide	两个图像的除法
imlincomb	计算两幅图像的线性组合
lmmultiply	两个图像的乘法
Imsubtract	两个图像的减法

在MATLAB中，图像代数运算函数无须再进行数据类型间的转换，这些函数能够接受uint8和uintl6数据，并返回相同格式的图像结果。

图像的代数运算函数使用以下截取规则使运算结果符合数据范围的要求：超出数据范

围的整型数据将被截取为数据范围的极值，分数结果将被四舍五入。例如，如果数据类型是uint8，那么大于255的结果（包括无穷大inf）将被设置为255。

无论进行哪一种代数运算，都要保证两幅输入图像的大小相等且类型相同。

5.2.1 加法运算

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图像相加一般用于对同一场景的多重影像叠加求平均图像，以便有效地降低加性随机噪声。在MATLAB中，调用imadd函数可实现图像相加，格式如下：

Z=imadd(X,Y);

其中，Z=X＋Y。

【例5-4】利用图像的代数运算对图像进行处理。

```
clear
i=imread('rice.png');        %读取图像
subplot(2,2,1);
imshow(i);
j=imread('cameraman.tif');
subplot(2,2,2);
imshow(j);
k=imadd(i,j,'uint16');        %调用 imadd函数实现图像相加
subplot(2,2,3);
imshow(k,[]);
f=imadd(i,45);
subplot(2,2,4);
imshow(f);
```

运行结果如图5-6所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图5-6 进行加法运算后的图像

【例5-5】利用imnoise函数对噪声进行相加运算。

```
clear
a=imread('moon.tif');              %读取图像
a1=imnoise(a,'gaussian',0,0.006);      %加入噪声
a2=imnoise(a,'gaussian',0,0.006);
a3=imnoise(a,'gaussian',0,0.006);
a4=imnoise(a,'gaussian',0,0.006);
k=imlincomb(0.25,a1,0.25,a2,0.25,a3,0.25,a4);   %噪声相加
subplot(1,3,1);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imshow(a);
subplot(1,3,2);
imshow(a1);
subplot(1,3,3);
imshow(k);
```

运行结果如图5-7所示。



图5-7 进行噪声相加处理后的图像

【例5-6】增加图像的亮度。

```
R=imread('onion.png');       %读入图像
R2=imadd(R,100);             %增加图像的亮度
subplot(1,2,1),
imshow(R);
subplot(1,2,2),
imshow(R2);
```

运行结果如图5-8所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图5-8 增加亮度处理后的图像

5.2.2 减法运算

图像相减是常用的图像处理方法，用于检测变化及运动的物体。图像减法也称为差分方法，在MATLAB中可以用图像数组直接相减来实现，也可以调用imsubtract函数来实现。调用格式如下：

Z=imsubtract(X,Y)；

其中，Z=X－Y。

【例5-7】减去图像不均匀背景。

```
I=imread('rice.png');          %读入图像
background=imopen(I,strel('disk',15));
I2=imsubtract(I,background);   %减去图像不均匀背景
subplot(1,2,1),
imshow(I);
subplot(1,2,2),
imshow(I2);
```

运行结果如图5-9所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

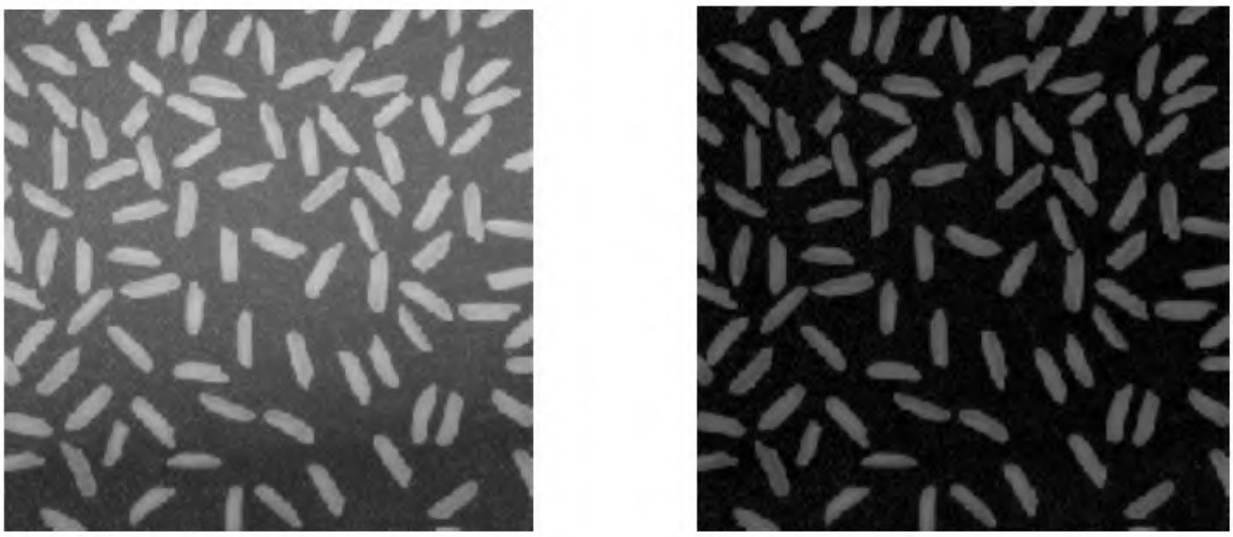


图5-9 减去图像不均匀背景

【例5-8】进行图像的减法运算。

```
clear
i=imread('cell.tif');       %读入图像
subplot(2,2,1);
imshow(i);
back=imopen(i,strel('disk',15));
subplot(2,2,2);
imshow(back);
i1=imsubtract(i,back);      %进行图像的减法运算
subplot(2,2,3);
imshow(i1);
i2=imsubtract(i,45);
subplot(2,2,4);
imshow(i2);
```

运行结果如图5-10所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

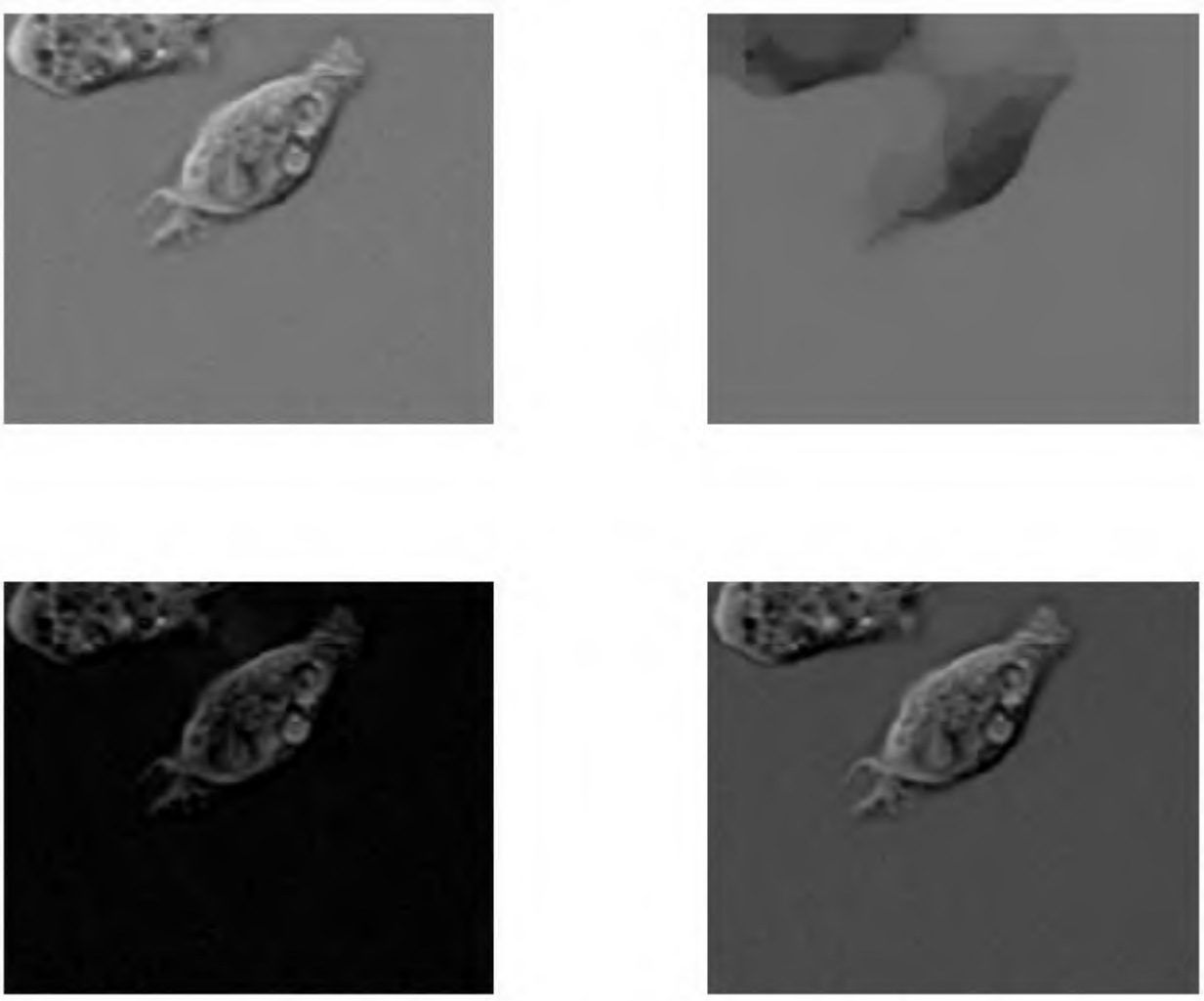


图5-10 进行减法运算后的图像

【例5-9】降低R图像的亮度。

```
clear
R=imread('onion.png');        %读入图像
R2=imsubtract(R,100);         %降低R图像的亮度
subplot(1,2,1),
imshow(R);
subplot(1,2,2),
imshow(R2);
```

运行结果如图5-11所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

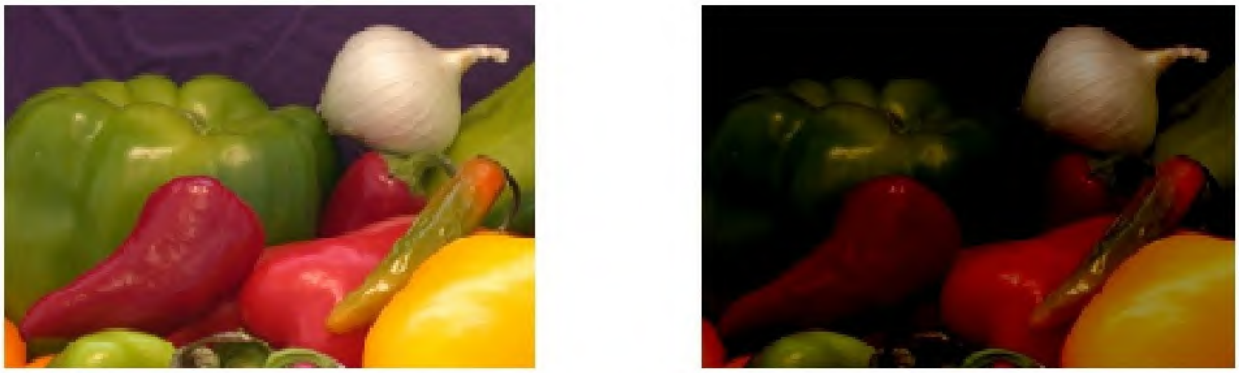


图5-11 降低亮度后的图像

5.2.3 乘法运算

乘法运算可以实现掩模处理，即屏蔽掉图像的某些部分（需要屏蔽的部分用0表示）。一幅图像乘以一个常数通常被称为缩放。如果使用的缩放因数大于　1，那么将增强图像的亮度；如果因数小于1，则会使图像变暗。

此外，由于时域的卷积和相关运算与频域的乘积运算对应，因此乘法运算有时也被用来作为一种技巧来实现卷积或相关处理。

在MATLAB中，调用immultiply函数可实现两幅图像相乘。调用格式如下：

Z＝immultiply(X,Y)；

其中，Z=X*Y。

【例5-10】对图像进行乘法运算。

```
clear
i=imread('cell.tif');          %读入图像
subplot(1,3,1);
imshow(i);
i16=uint16(i);
j=immultiply(i16,i16);       %对图像进行乘法运算
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(1,3,2);
imshow(j);
j2=immultiply(i,0.5);
subplot(1,3,3);
imshow(j2);
```

运行结果如图5-12所示。

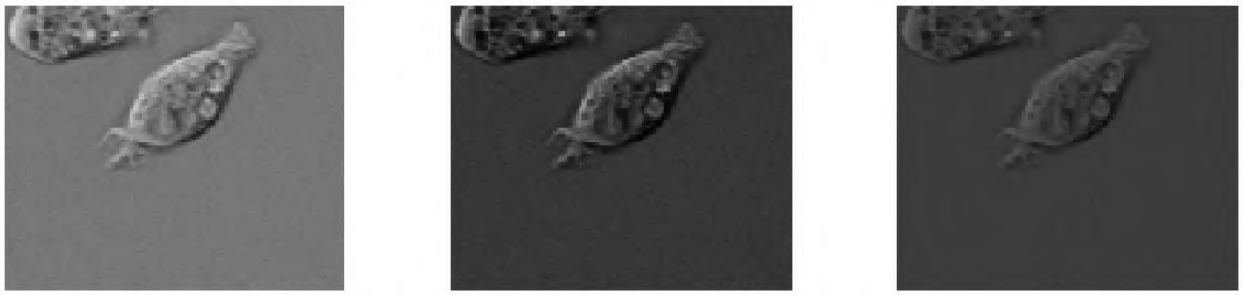


图5-12 进行乘法运算后的图像

5.2.4 除法运算

图像的除法运算可用于校正成像设备的非线性影响，在 MATLAB 中调用 imdivide 函数可实现两幅图像的相除。调用格式如下：

```
Z=imdivide(X,Y);
```

其中，Z=X/Y。

【例5-11】使用图像的除法运算。

```
clear
i=imread('tire.tif');       %读入图像
subplot(1,3,1);
imshow(i);
back=imopen(i,strel('disk',15));
i1=imdivide(i,back);        %使用图像的除法运算
subplot(1,3,2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imshow(i1,[]);
i2=imdivide(i,2);
subplot(1,3,3);
imshow(i2);
```

运行结果如图5-13所示。



图5-13 进行除法运算后的图像

5.2.5 线性组合运算

对uint8、uintl6数据，每步运算都要进行数据截取，所以将会减少输出图像的信息量。图像的线性组合运算较好的办法是使用函数imlincomb。该函数按双精度执行所有代数运算操作，仅对最后的输出结果进行截取，在MATLAB中，该函数的调用格式如下。

```
Z=imlincomb(A,X,B,Y,C);
```

其中，Z=A×X＋B×Y＋C。

```
Z=imlincomb(A,X,C);
```

其中，Z＝A×X＋C。

```
Z=imlincomb(A,X,B,Y);
```

其中，Z=A×X＋B×Y。

【例5-12】对图像进行线性组合运算。

```
clear
i=imread('cameraman.tif');          %读入图像
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
%对图像进行线性组合运算j=imlincomb(2.5,i);
subplot(2,2,1);
imshow(i);
subplot(2,2,2);
imshow(j);
j1=uint8(filter2(fspecial('gaussian'),i));
k=imlincomb(1,i,-1,j1,128);
subplot(2,2,3);
imshow(k);
j2=imread('cameraman.tif');
k2=imlincomb(1,i,1,j2,'uint16');
subplot(2,2,4);
imshow(k2,[]);
```

运行结果如图5-14所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

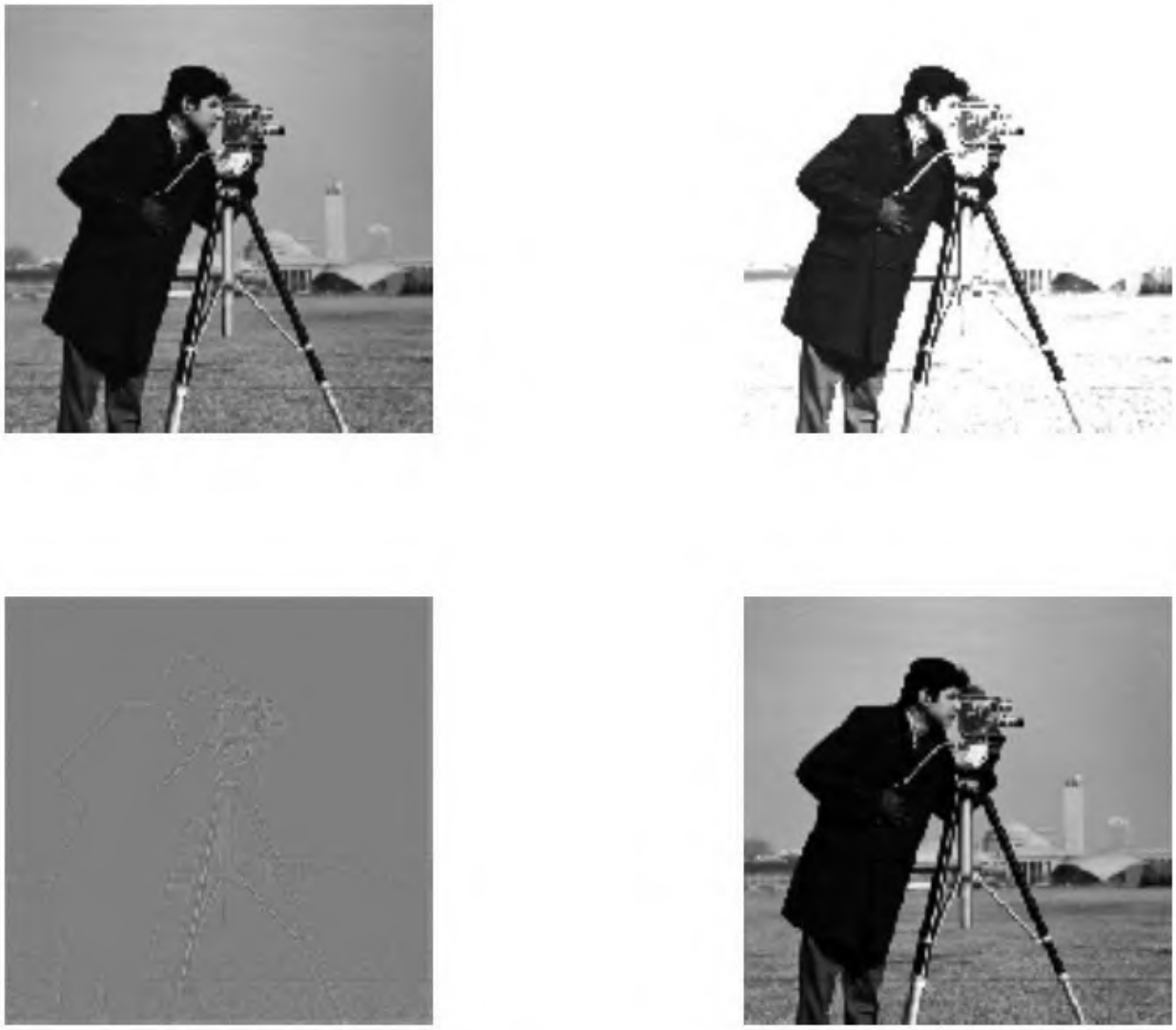


图5-14 进行线性组合运算后的图像

【例5-13】计算两幅图像的平均值。

```
I1=imread('rice.png');          %读入图像
I2=imread('cameraman.tif');
%K=imdivide(imadd(I1,I2),2);       %计算两幅图像的平均值
K=imlincomb(0.4,I1,0.4,I2);
subplot(1,3,1),
subimage(I1);
subplot(1,3,2),
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

subimage(I2);

subplot(1,3,3),

subimage(K);

运行结果如图5-15所示。

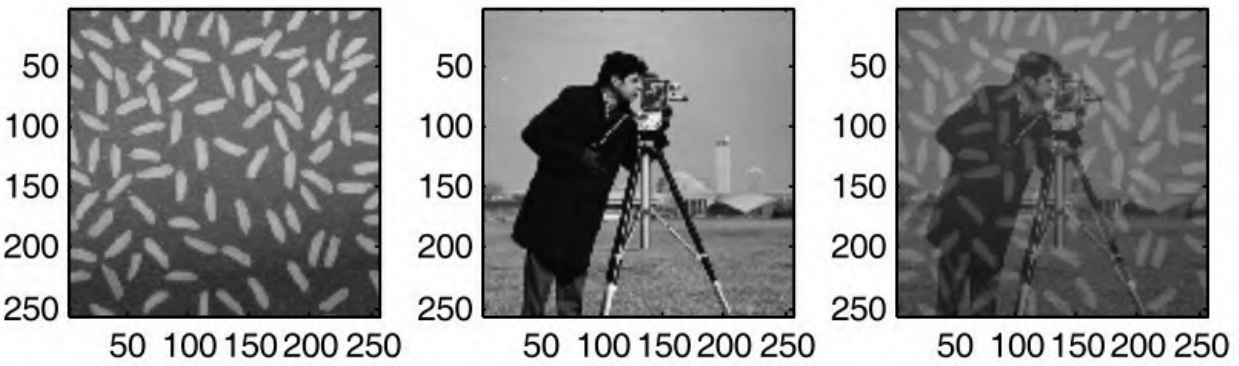


图5-15 计算两幅图像的平均值

5.3 图像的逻辑运算

图像的逻辑运算在图像的增强、图像识别、图像复原和区域分割等领域有着广泛的应用。逻辑运算不仅关注图像像素点的数值变化，而且重视在位变换的情况。在 MATLAB中，提供了一些逻辑运算函数，如表5-2所示。

表5-2 图像的逻辑运算函数

函　数	解　释
bitand	位与函数
bitcmp	位补函数
bitor	位或函数
bixor	位异或函数
bitshift	位移位函数

【例5-14】对图像进行逻辑运算。

clear

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
i=imread('tape.png');       %读取图像
subplot(2,3,1);
imshow(i);
j=imdivide(i,2);       %对图像进行逻辑运算
k1=bitand(i,j);
subplot(2,3,2);
imshow(k1);
k2=bitcmp(i,8);
subplot(2,3,3);
imshow(k2);
k3=bitor(i,j);
subplot(2,3,4);
imshow(k3);
k4=bitxor(i,j);
subplot(2,3,5);
imshow(k4);
k5=bitshift(i,2);
subplot(2,3,6);
imshow(k5)
```

运行结果如图5-16所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

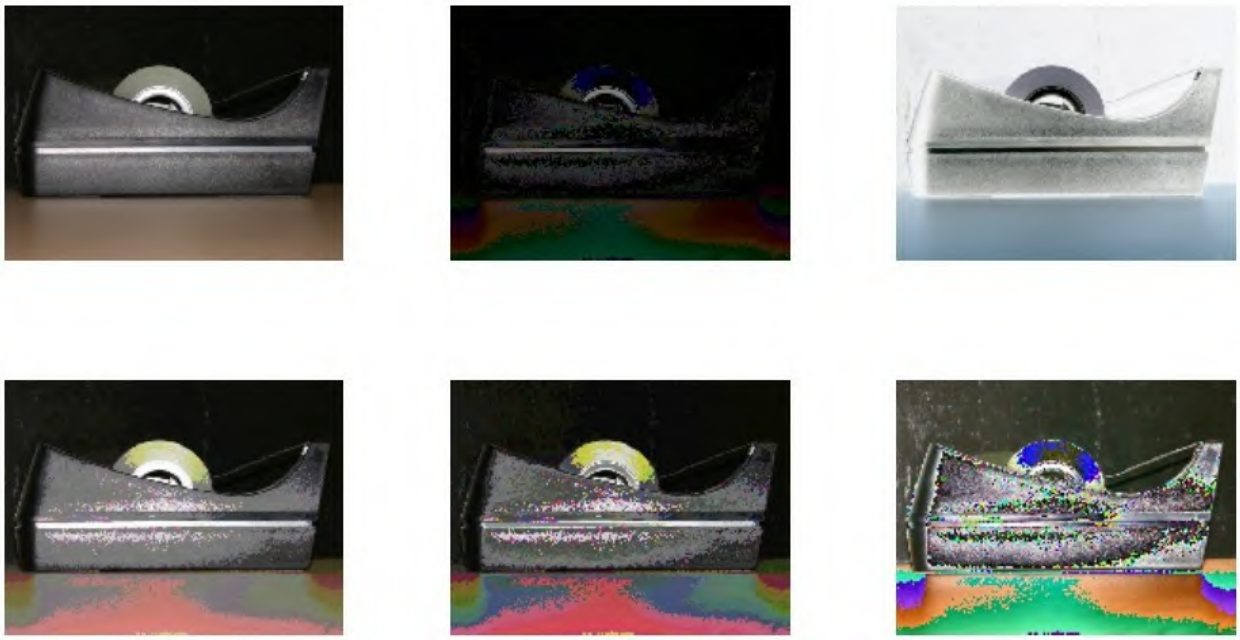


图5-16 进行逻辑运算后的图像

5.4 图像的几何运算

图像的几何运算是指引起图像几何形状改变的变换，包括图像的缩放、旋转和剪切等。几何运算与点运算不同，可以看成是像素在图像内的移动过程，该移动过程可以改变图像中物体对象（像素）之间的空间关系。几何运算可以是不受任何限制的，但是通常都需要做出一些限制以保持图像的外观顺序。

5.4.1 图像的插值

用来估计像素在图像像素间某一位置处取值的过程叫做图像的插值。有很多种图像的插值的方法，但是插值操作的方式都是相同的。无论使用何种插值方法，首先都需要找到与输出图像像素相对应的输入图像点，然后再通过计算该点附近某一像素集合的权平均值来指定输出像

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

素的灰度值。

像素的权是根据像素到点的距离而定的，不同插值方法的区别就在于所考虑的像素集合不同。最常见的差值方法如下。

（1）最近邻插值（nearest neighbor interpolation）：表示输出像素将被指定为像素点所在位置处的像素值。

（2）双线性插值（bilinear interpolation）：表示输出像素值是像素2×2邻域内的权平均值。

（3）双三次插值（bicubic interpolation）：表示输出像素值是像素4×4邻域内的权平均值。

双线性插值利用(x,y)点的 4 个最近邻像素的灰度值，按照以下方法计算(x,y)点的灰度值。

设输出图像的宽度为 W，高度为 H，输入图像的宽度为 w，高度为 h，按照线性插值的方法，将输入图像的宽度方向分为W等份，高度方向分为H等份，那么输出图像中任意一点(x,y)的灰度值就应该由输入图像中 4 点(a,b)、(a+1,b)、(a,b+1)和(a+1,b+1)的灰度值来确定。

a和b的值分别为：

$$a=\left[x\times\frac{w}{W}\right]\quad 0\leqslant x<W$$

$$b=\left[y\times\frac{h}{H}\right]\quad 0\leqslant y<H$$

(x,y)点的灰度值f(x,y)应为：

$$f(x,y)=(b+2-y)f(x,b)+(a+1-x)f(x,b+1)$$

其中：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$f(x,b)=(a-b)f(a+1,b)+(a+1-x)f(a,b)$$

$$f(x,b+1)=(x-a)f(a+1,b+1)+(a+1-x)f(a,b+1)$$

双线性插值如图5-17所示。

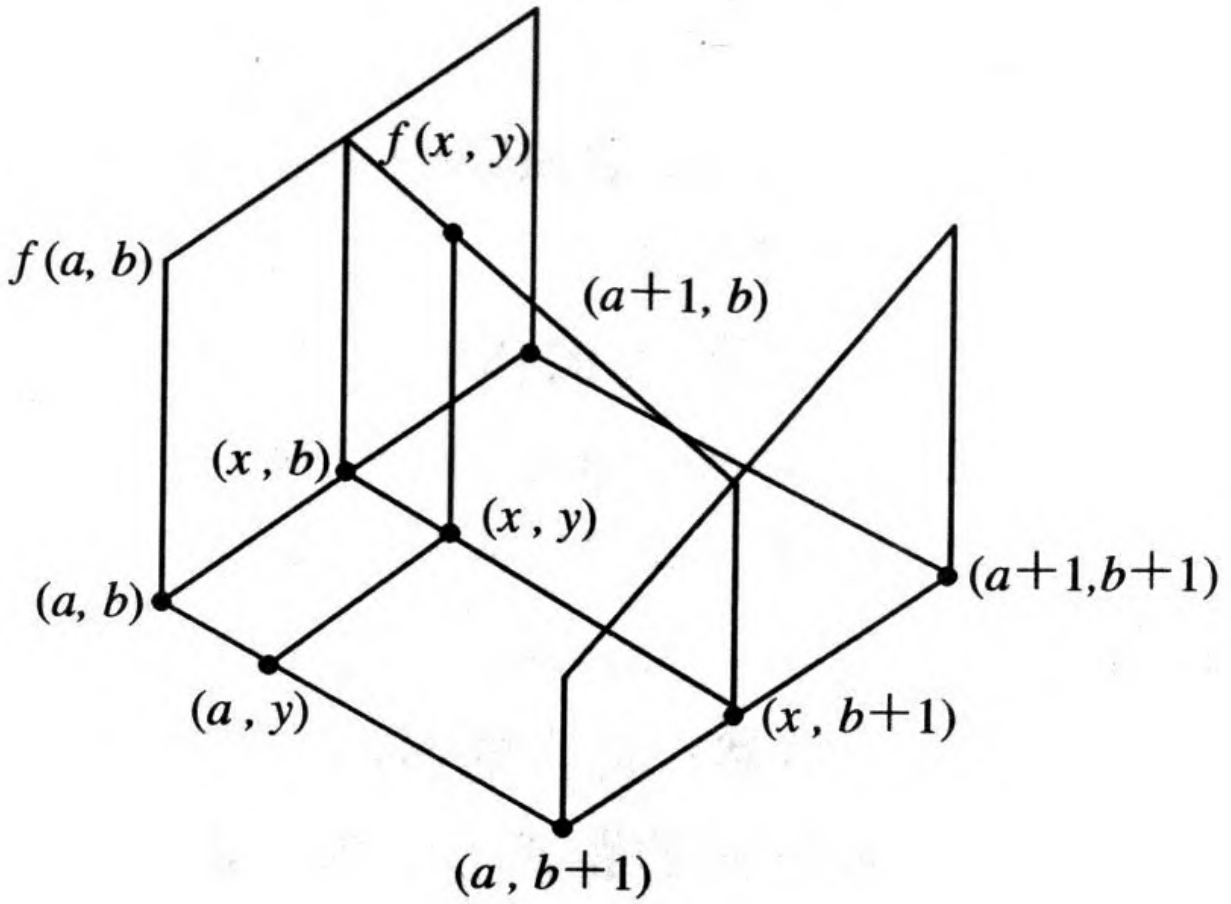


图5-17 双线性插值

5.4.2 图像的平移

图像的平移非常简单，所用到的是直角坐标系的平移变换公式：

$$\begin{cases} x' = x + \Delta x \\ y' = y + \Delta y \end{cases}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

其中，x方向与y方向是矩阵的行列方向。

【例5-15】对图像进行平移。

```
I=imread('office_4.jpg');                    %读取原始图像
figure;
subplot(121);
imshow(I);
I=double(I);
I1=zeros(size(I))+255;
h=size(I1);
I1(50+1:h(1),50+1:h(2),1:h(3))=I(1:h(1)-50,1:h(2)-50,1:h(3));   %平移变换
I1=uint8(I1);
subplot(122);
imshow(I1);
```

运行结果如图5-18所示。



图5-18 图像的平移

5.4.3 图像的缩放

图像的缩放是指在保持原有图像形状的基础上对图像的大小进行扩大或缩小。在MATLAB中，使用imresize函数可改变一幅图像的大小。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

调用格式如下：

B=imresize(A,M,METHOD)

其中，A是原图像；M为缩放系数；B为缩放后的图像；METHOD为插值方法，可取值'nearest'，'bilinear'和'bicubic'。

【例5-16】利用不同的方法对图像进行缩放。

```
clear
i=imread('cell.tif');          %读取图像
j=imresize(i,0.5);
j1=imresize(i,2.5);
j2=imresize(i,0.05,'nearest');      %利用不同的方法对图像进行缩放
j3=imresize(i,0.05,'bilinear');
j4=imresize(i,0.05,'bicubic');
subplot(2,3,1);
imshow(i);
subplot(2,3,2);
imshow(j);
subplot(2,3,3);
imshow(j2);
subplot(2,3,4);
imshow(j1);
subplot(2,3,5);
imshow(j3);
subplot(2,3,6);
imshow(j4);
```

运行结果如图5-19所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图5-19 图像的缩放

5.4.4 图像的旋转

在MATLAB中，使用imrotate函数可旋转一幅图像。调用格式如下：

B=imrotate(A,ANGLE,METHOD,BBOX)，

其中，A 表示需要旋转的图像；ANGLE 表示旋转的角度，正值为逆时针；METHOD表示插值方法；BBOX表示旋转后的显示方式，有两种选择，一种是loose，旋转后的图像跟原图像一样大小，一种是crop，旋转后的图像包含原图像。

【例5-17】利用imrotate函数对图像进行旋转。

```
clear
[A,map]=imread('trees.tif');        %读取图像
J=imrotate(A,40,'bilinear');        %对图像进行旋转
J1=imrotate(A,40,'bilinear','crop');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(1,3,1),
imshow(A,map)
subplot(1,3,2),
imshow(J,map)
subplot(1,3,3),
imshow(J1,map)
```

运行结果如图5-20所示。

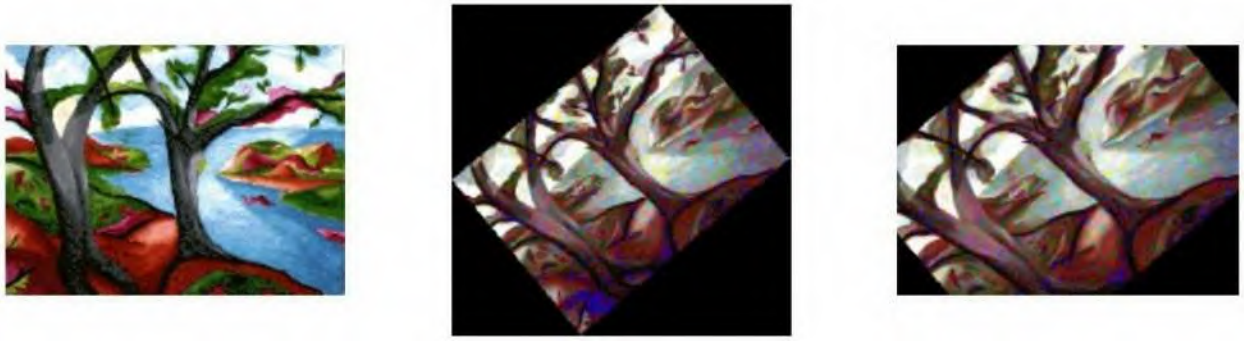


图5-20 图像的旋转

【例5-18】利用loose函数对图像进行旋转。

```
clear
[A,map]=imread('trees.tif');        %读取图像
J=imrotate(A,40,'bilinear');        %对图像进行旋转
J1=imrotate(A,40,'bilinear','loose');
subplot(1,3,1),
imshow(A,map)
subplot(1,3,2),
imshow(J,map)
subplot(1,3,3),
imshow(J1,map)
```

运行结果如图5-21所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

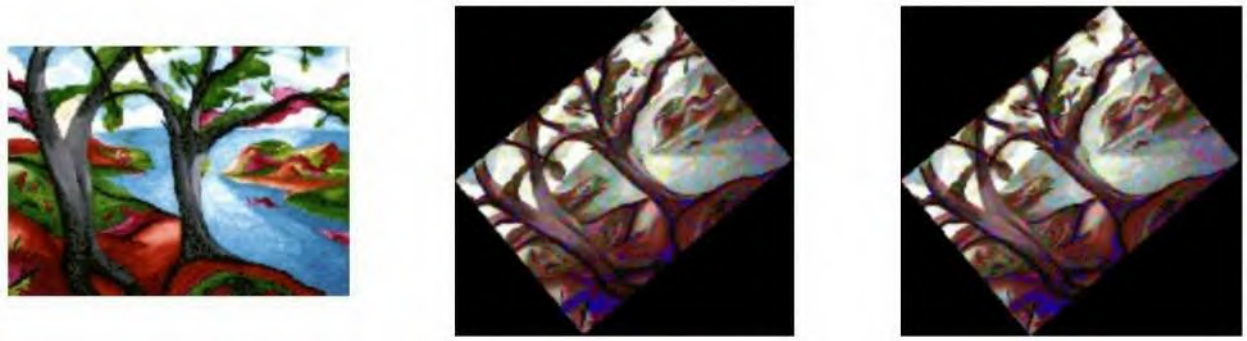


图5-21 利用loose 函数对图像进行旋转

从上面的两个例子可以发现，crop 换为 loose 后对图像进行旋转，图像的大小和原图一样。

5.4.5 图像的镜像

所谓镜像，通俗地讲，是指在镜子中所成的像，其特点是左右颠倒或者是上下颠倒。图像的镜像分水平镜像和垂直镜像两种。

水平镜像计算公式如下：

$$\begin{cases} x' = x \\ y' = -y \end{cases}$$

由于表示图像的矩阵坐标不能为负，因此需要在进行镜像计算之后再进行坐标的平移。

$$\begin{cases} x'' = x' = x \\ y'' = y' + N + 1 = N + 1 - y \end{cases}$$

垂直镜像计算公式如下：

$$\begin{cases} x' = -x \\ y' = y \end{cases}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

同样，表示图像的矩阵坐标不能为负，需要在进行镜像计算之后再进行坐标的平移。

$$\begin{cases} x'' = x' + M + 1 = M + 1 - x \\ y'' = y = y \end{cases}$$

在 MATLAB 中，flipud(X)函数用于实现矩阵的上下翻转；fliplr(X)函数用于实现矩阵的左右翻转。

【例5-19】利用flipud(X)函数和fliplr(X)函数对图形进行翻转处理。

```
I=imread('football.jpg');                    %读取图像处理
figure;
subplot(221)
;imshow(I);
title('原始图像')
I=double(I);
h=size(I);
I_fliplr(1:h(1),1:h(2),1:h(3))=I(1:h(1),h(2):-1:1,1:h(3));      %水平镜像变换
I1=uint8(I_fliplr);
subplot(222);
imshow(I1);
title('水平镜像变换')
I_flipud(1:h(1),1:h(2),1:h(3))=I(h(1):-1:1,1:h(2),1:h(3));      %垂直镜像变换
I2=uint8(I_flipud);
subplot(223);
imshow(I2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('垂直镜像变换')
I_fliplr_flipud(1:h(1),1:h(2),1:h(3))=I(h(1):-1:1,h(2):-1:1,1:h(3));  %对角镜像变换
I3=uint8(I_fliplr_flipud);
subplot(224);
imshow(I3);
title('对角镜像变换')
```

运行结果如图5-22所示。

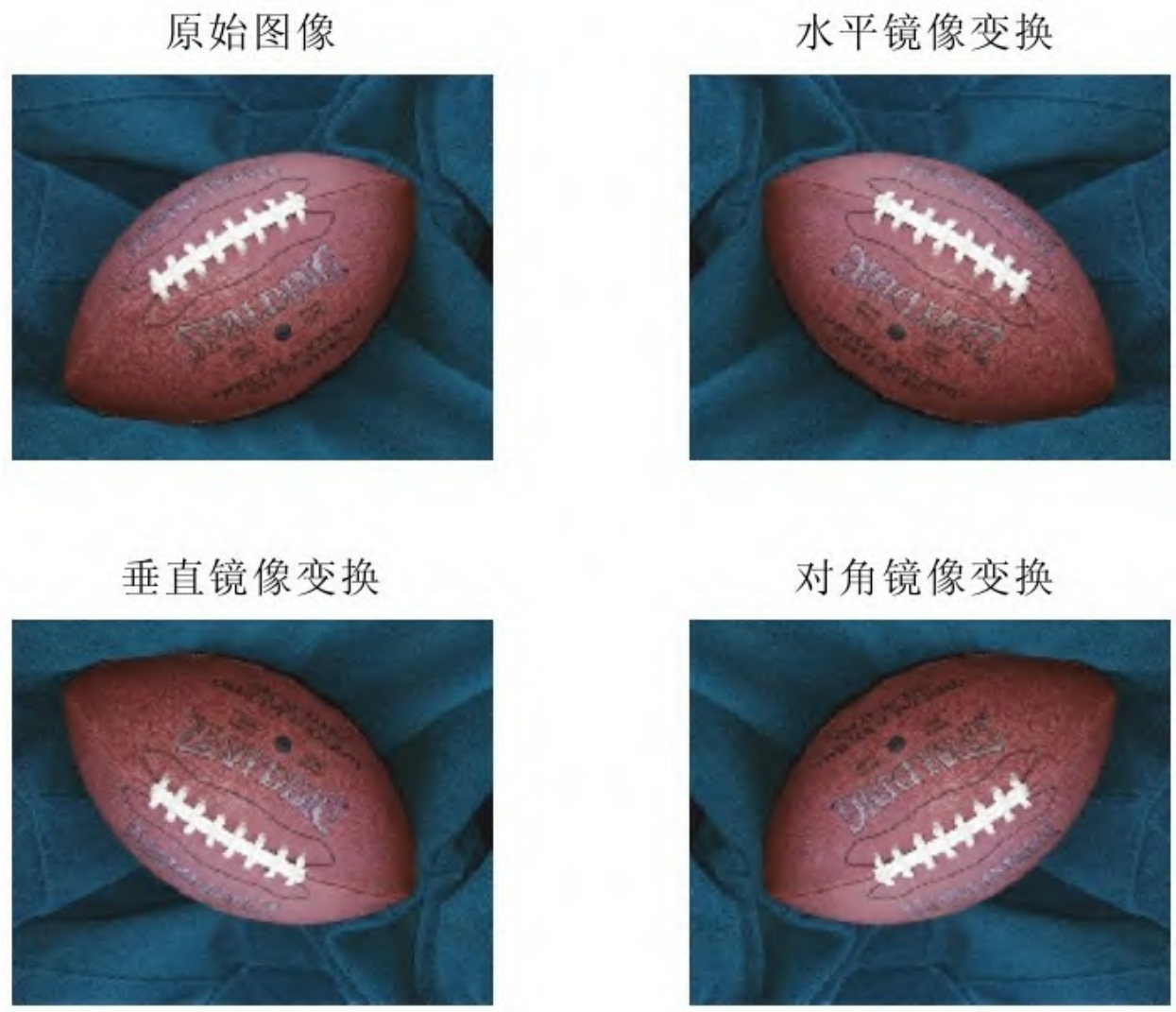


图5-22 图像的镜像变换

【例5-20】为对图像进行平移、镜像、旋转和扩大变换处理。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
I=imread('greens.jpg');        %读取原始图像
figure;
subplot(121);
imshow(I);
I=double(I);
I1=zeros(size(I))+255;
h=size(I1);
I1(50+1:h(1),50+1:h(2),1:h(3))=I(1:h(1)-50,1:h(2)-50,1:h(3));  %平移变换
I2(1:h(1),1:h(2),1:h(3))=I1(h(1):-1:1,1:h(2),1:h(3));        %镜像变换
I3=imrotate(I2,45,'nearest');                %旋转变换
I4=imresize(I3,3,'nearest');                  %扩大3倍
I4=uint8(I4);
subplot(122);
imshow(I4);
```

运行结果如图5-23所示。



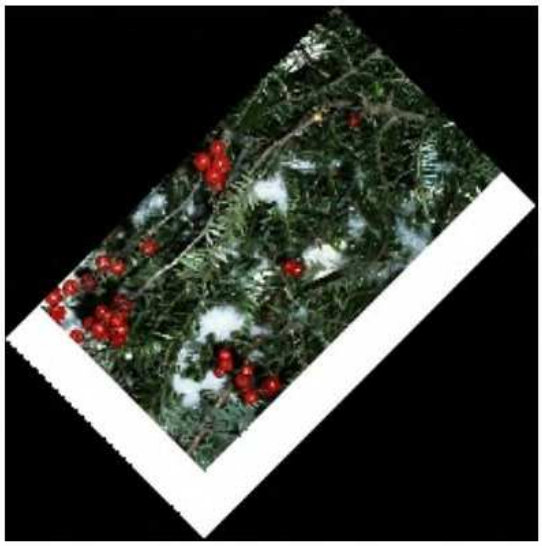


图5-23 图像的几何变换

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.4.6 图像的裁剪

图像的裁剪是指将图像不需要的部分切除，只保留感兴趣的部分的操作。使用imcrop函数可以从一幅图像中抽取出一个矩形的部分。在MATLAB 中，imcrop 函数的调用格式如下。

（1）I2=imcrop(I)：表示交互式地对灰度图像进行剪切，显示图像，允许用鼠标指定剪裁矩形。

（2）X2=imcrop(X,map)：表示交互式地对索引图像进行剪切，显示图像，允许用鼠标指定剪裁矩形。

（3）RGB2=imcrop(RGB)：表示交互式地对真彩图像进行剪切，显示图像，允许用鼠标指定剪裁矩形。

（4）I2=imcrop(I,rect)：表示非交互式地指定灰度图像进行剪裁，按指定的矩阵框　rect剪切图像，rect四元素向量[xmin,ymin,width,height]分别表示矩形的左下角和长度及宽度，这些值在空间坐标中指定。

（5）X2=imcrop(X,map,rect)：表示非交互式地指定索引图像进行剪裁。

（6）RGB2=imcrop(RGB,rect)：表示非交互式地指定真彩图像进行剪裁。

（7）[…]=imcrop(x,y, …)：表示在指定坐标系(x,y)中剪切图像。

【例5-21】对图像进行交互式剪切。

```
I=imread('circuit.tif');
subplot(1,2,1)
,imshow(I);
I0=imcrop;       %对图像进行交互式剪切
subplot(1,2,2),
imshow(I0);
```

运行结果如图5-24所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

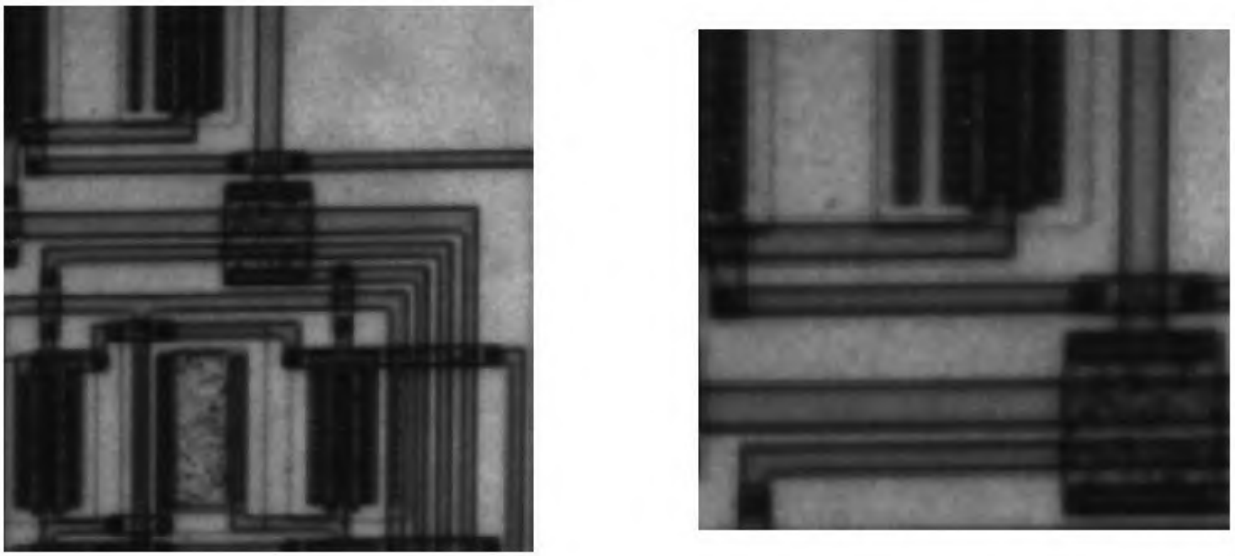


图5-24 图像的交互式剪切

【例5-22】对图像进行参数剪切。

```
i=imread('circuit.tif');
i2=imcrop(i,[5080 80 70]);        %对图像进行参数剪切
subplot(1,2,1);
imshow(i);
subplot(1,2,2);
imshow(i2);
```

运行结果如图5-25所示。

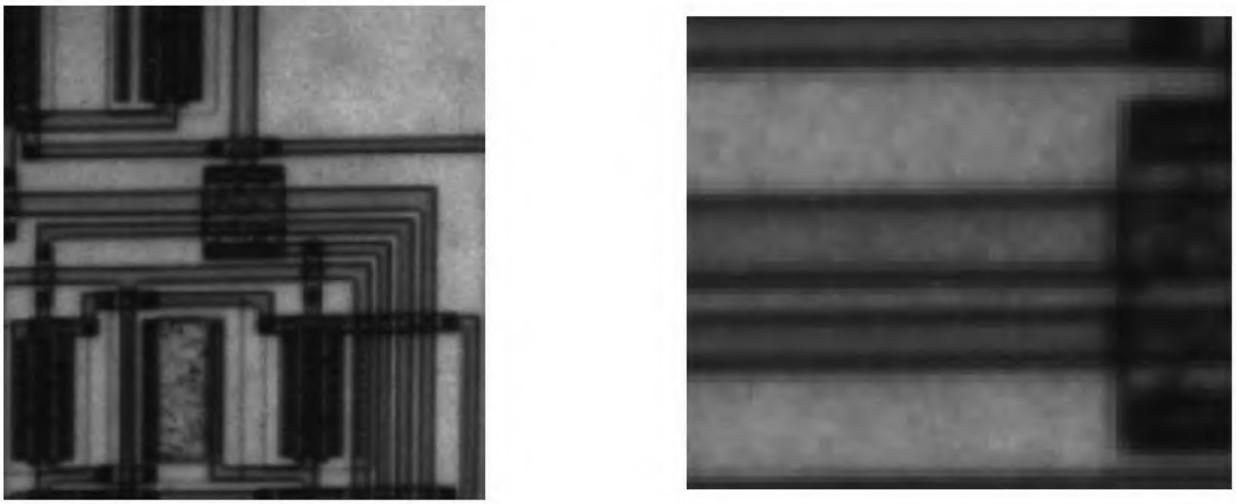


图5-25 图像的参数式剪切

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.5 仿射变换

仿射变换，可以理解为对坐标进行缩放、旋转、平移后取得的新坐标的值，也可以理解为经过对坐标的缩放、旋转、平移后原坐标在新坐标领域中的值。仿射变换可以用以下函数来描述：

$$f(x) = Ax + b$$

其中，A是变形矩阵，b是平移矩阵。在二维世空间里，A可以按如下的4个步骤分解：尺寸、伸缩、扭曲、旋转。

5.5.1 尺度变换

尺度变换的变换矩阵为：

$$A_S = \begin{bmatrix} S & 0 \\ 0 & S \end{bmatrix} \qquad S \geqslant 0$$

【例5-23】对图像进行平移。

```
clear
clf
I=checkerboard(20,2);
subplot(121);
imshow(I);                %显示图像
title('原始图像')
axis on;
s=1.2;T=[s 0;0 s;0 0];
tf=maketform('affine',T);
I1=imtransform(I,tf,'bicubic','FillValues',0.7);   %对图像进行平移
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(122);
imshow(I1);
title('图像平移')
axis on;
```

运行结果如图5-26所示。

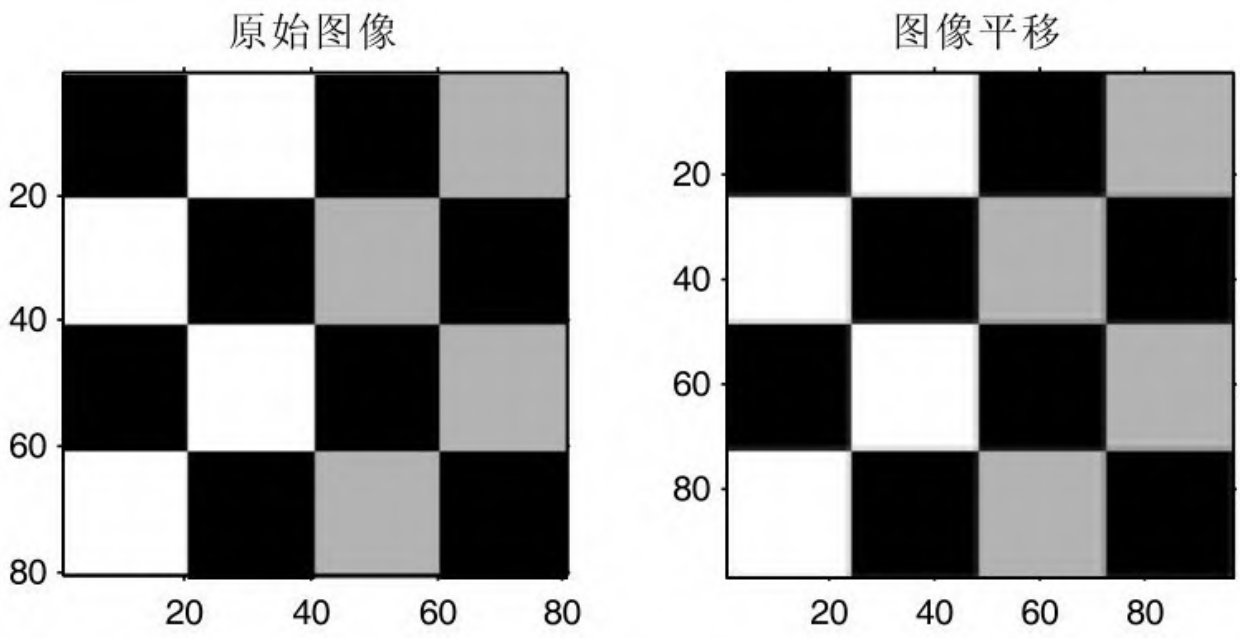


图5-26 图像的平移

5.5.2 伸缩变换

伸缩变换的变换矩阵为：

$$A_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & t \end{bmatrix}, \quad A_t A_s = \begin{bmatrix} s & 0 \\ 0 & st \end{bmatrix}$$

【例5-24】对图像进行伸缩变换。

```
j=imread('cameraman.tif');          %读取图像
t=maketform('affine',[.5 00;.5 20;0 0 1]);   %对图像进行伸缩变换
i1=imtransform(j,t);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
i2=size(j);
i3=zeros(i2(1)*2,i2(2));
for i=1:i2(1)
for k=1:i2(2)
i3(2*i,uint8(i*0.5+k*0.5))=j(i,k);
end;
end;
i3=uint8(i3);
subplot(1,3,1);
imshow(j);
title('原始图像')
subplot(1,3,2);
imshow(i1);
title('结构变换')
subplot(1,3,3);
imshow(i3);
title('空间变换')
```

运行结果如图5-27所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

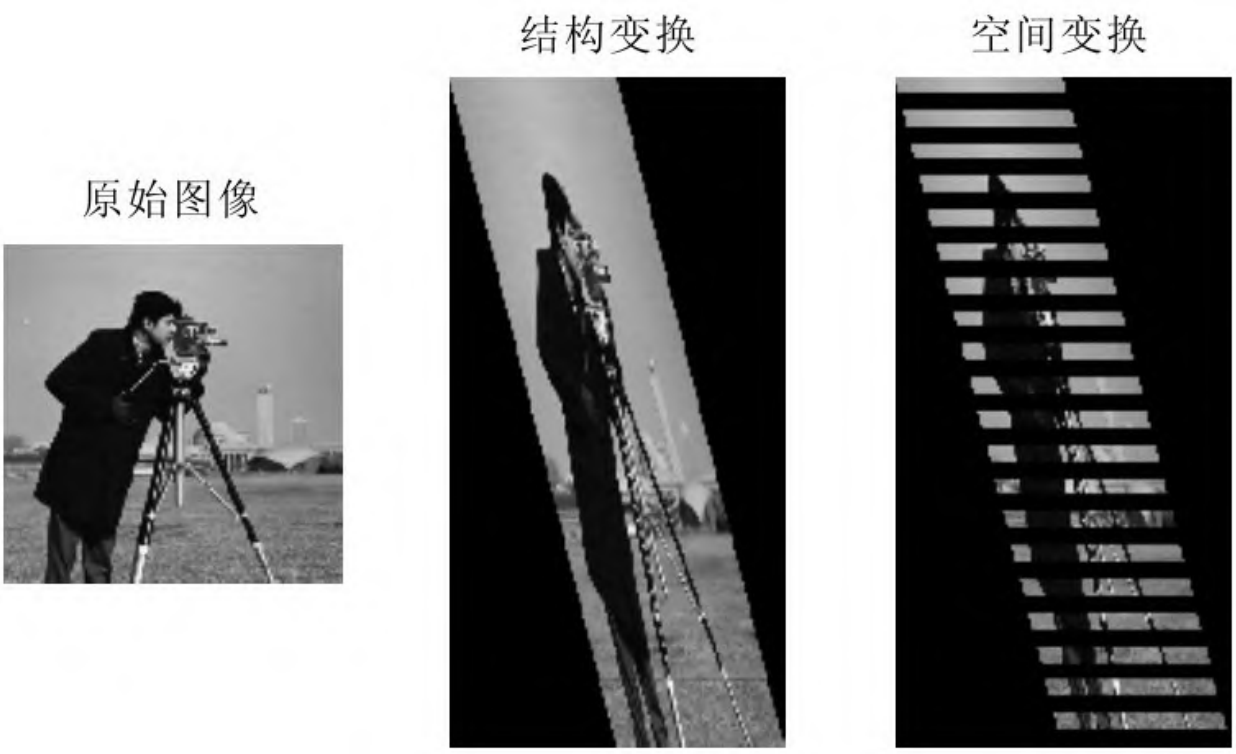


图5-27 图像的伸缩变换

5.5.3 扭曲变换

扭曲变换的变换矩阵为：

$$A_u = \begin{bmatrix} 1 & u \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad A_u A_t A_s = \begin{bmatrix} s & stu \\ 0 & st \end{bmatrix}$$

【例5-25】对图像进行扭曲变换。

```
clear
clf;
I=checkerboard(20,2);
subplot(121);
imshow(I);          %显示图像
title('原始图像')
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
axis on;
u=0.3;
T=[1 u;0 1;0 0];
tf=maketform('affine',T);
I1=imtransform(I,tf,'bicubic','FillValues',0.3);    %扭曲变换
subplot(122);
imshow(I1);
title('扭曲图像')
axis on;
```

运行结果如图5-28所示：

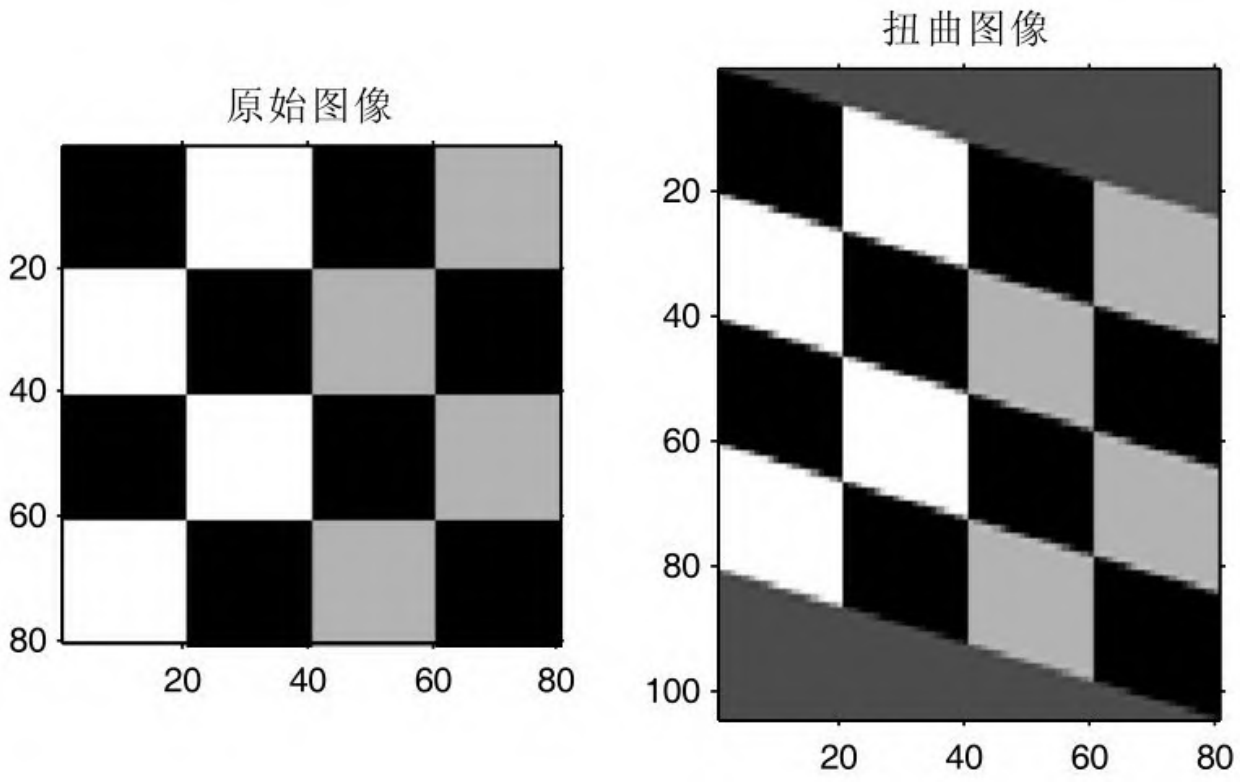


图5-28 图像的扭曲

5.5.4 旋转变换

旋转变换的变换矩阵为：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$A_\theta = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}, 0 \leqslant \theta \leqslant 2\pi ;$$

$$A_\theta A_u A_t A_s = \begin{bmatrix} s\cos\theta & stu\cos\theta - st\sin\theta \\ s\sin\theta & stu\sin\theta + st\cos\theta \end{bmatrix}$$

【例5-26】对图像进行旋转变换。

```
clear
clf;
I = checkerboard(20,2);
subplot(1,2,1);
imshow(I);                %显示图像
title('原始图像')
angle=15*pi/180;
sc=cos(angle);
ss=sin(angle);
T=[sc -ss; ss sc;0 0];
tf=maketform('affine',T);
I1=imtransform(I,tf,'bicubic','FillValues',0.3);   %对图像进行旋转变换
subplot(122);
imshow(I1);
title('旋转图像')
```

运行结果如图5-29所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

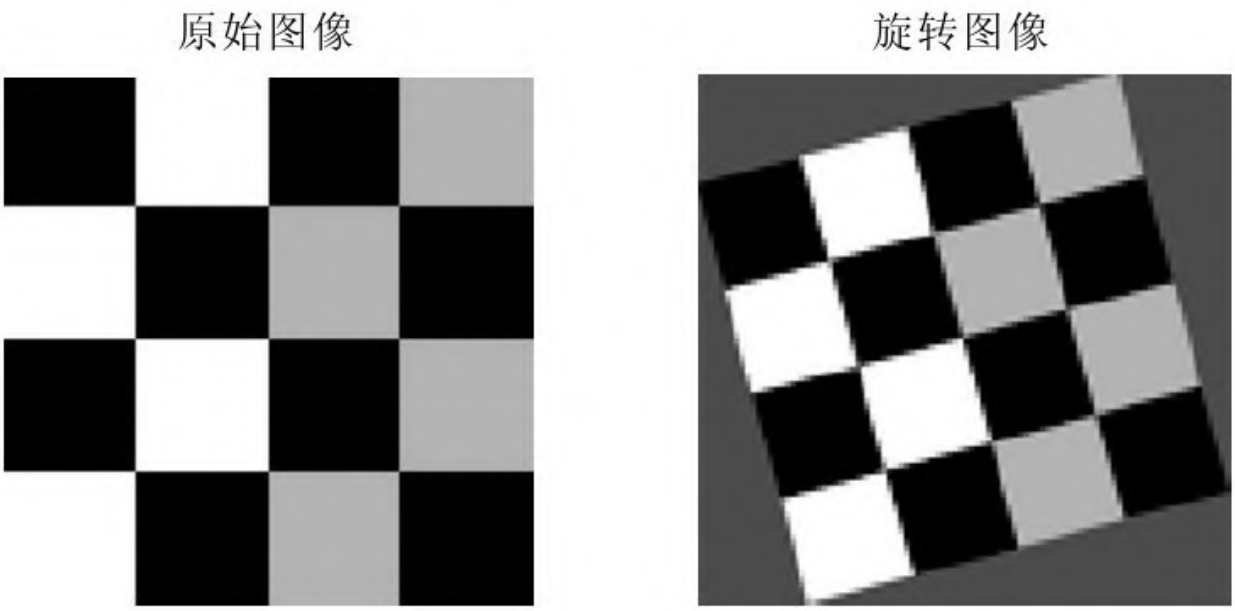


图5-29 图像的旋转变换

【例5-27】下面再举一个仿射变换的例子。

```
I=imread('cameraman.tif');              %读取原始图像
I1=imresize(I,[60 60]);
figure;
subplot(121);
imshow(I);
T=maketform('projective',[1 1;31 1;31 31;1 31],[5 5;40 5;35 30;-10 30]);
T1=makeresampler('cubic','circular');
T2=imtransform(I1,T,T1,'size',[150 200],'XYScale',1);    %仿射变换
subplot(122);
imshow(T2);
```

运行结果如图5-30所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

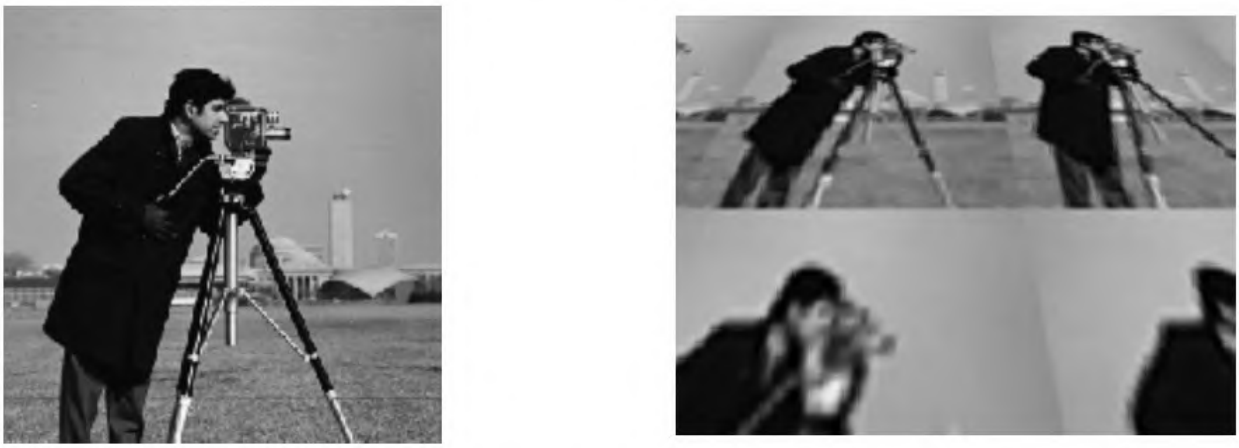


图5-30 图像的仿射变换

5.6 邻域与块操作

以像素点为中心相关的一系列像素点集叫做图像的领域，如图5-31所示。邻域运算是指输出G的像素值取决于输入F的像素值及其某个邻域内的像素值。

邻域大小是指一个远小于图像尺寸、形状规则的像素块，如2×2、3×3的正方形，或用来近似表示圆及椭圆等形状的多边形。邻域类型主要有滑动邻域操作、分离邻域操作。

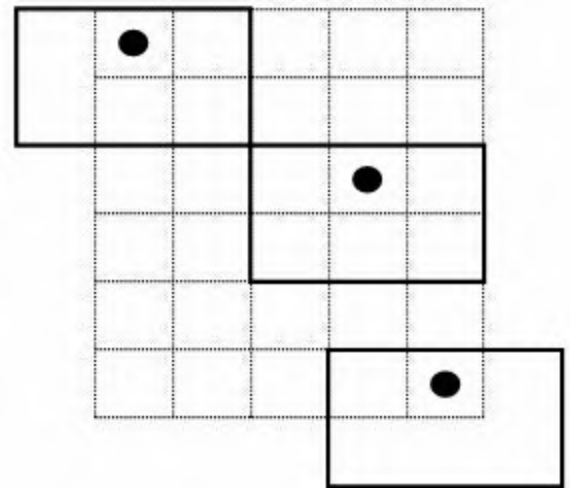


图5-31 6×5 矩阵中的2×3 邻域块

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.6.1 滑动邻域操作

滑动邻域操作每次都在一个像素上进行。输出图像的每一个像素都是通过对输入图像某邻域内的像素值采用某种代数运算得到的。图5-31说明了一个元素的2×3的邻域块在一个6×5的矩阵中滑动的情况，每一个邻域的中心像素都用一个黑点标出。

中心像素是指输入图像真正要进行处理的像素。如果邻域的行和列都是奇数，则中心像素就是邻域的中心；如果行或列有一维为偶数，那么中心像素将位于中心偏左方或偏上方。

任何一个邻域矩阵的中心像素的坐标都可以表示为：

$$\mathrm{floor}\left(\left(\left[m,n\right]+1\right)/2\right)$$

邻域操作的一般算法如下：

（1）选择一个像素；

（2）确定该像素的邻域；

（3）用一个函数对邻域内的像素进行计算并返回这个标量结果；

（4）在输出图像对应的位置填入输入图像领域中的中心位置；

（5）重复计算，遍及每一个象素点。

在MATLAB中，nlfilter函数用于滑动领域操作。其常见的调用方式为：

B=nlfilter(A,[m n],fun)

其中，A为输入图像；B为输出图像；m×n为领域尺寸；fun为运算函数。

colfilt函数用于对图像进行快速领域操作，该函数的调用方法如下：

B=colfilt(A,[m n],'sliding',fun)

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表示指定sliding'函数作滑动领域操作。

im2col函数、col2im函数用于对图像进行列操作，im2col函数、col2im函数的调用方法分别如下。

B=im2col(A,[m n],'sliding')

表示将一图像排成列。

B=col2im(A,[m n],[mm,nn],'sliding')

表示将图像进行列重构处理。

表5-3列出了常见的运算函数。

表5-3 常见的运算函数

函　数	说　明
mean	求向量的平均值
mean2	求矩阵的平均值
std	求向量的标准差
std2	求矩阵的标准差
median	求向量的中值
max	求向量的最大值
min	求向量的最小值
var	求向量的方差

除上述常用的运算函数外，还可以使用inline自定义函数。

【例5-28】使用滑动邻域操作对图像进行处理。

```
clear
i=imread('cell.tif');  %读取图像
fun=@(x)median(x(:));
b=nlfilter(i,[33],fun);  %使用滑动邻域操作对图像进行处理
subplot(1,2,1);
imshow(i);
title('原始图像')
subplot(1,2,2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imshow(b);
title('滑动处理后的图像')
```

运行结果如图5-32所示。

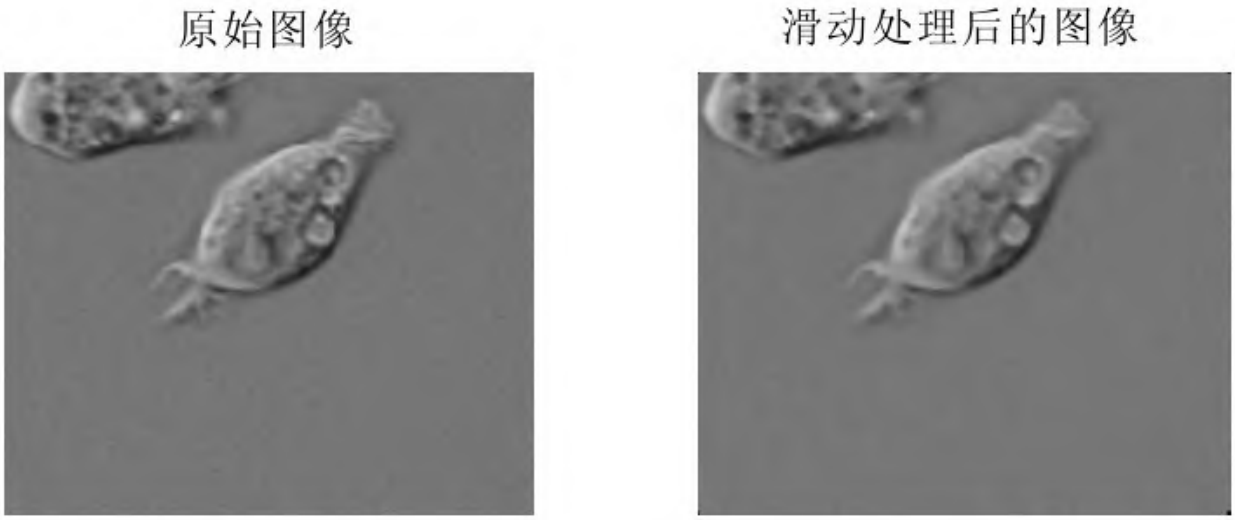


图5-32 滑动邻域操作前后的图像

【例5-29】用函数mean作滑动处理。

```
I=imread('tire.tif');        %读取图像
I2=nlfilter(I,[5 5],'mean2');    %用函数mean作滑动处理
subplot(121),
imshow(I,[]);
title('原始图像')
subplot(122),
imshow(I2,[]);
title('滑动处理后的图像')
```

运行结果如图5-33所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

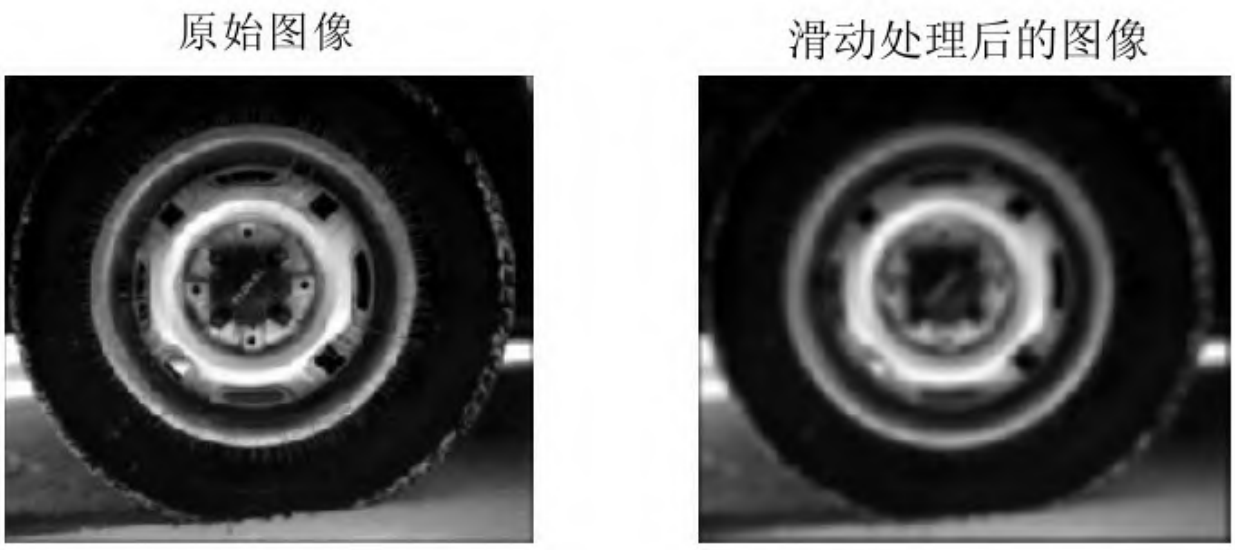


图5-33 滑动处理前后的图像

【例5-30】用inline自定义函数作滑动处理。

```
I=imread('cell.tif'); %读取图像
f=inline('max(x(:))'); %用inline自定义函数作滑动处理
I2=nlfilter(I,[3 3],f);
subplot(1,2,1),
imshow(I);
subplot(1,2,2),
imshow(I2);
```

运行结果如图5-34所示。

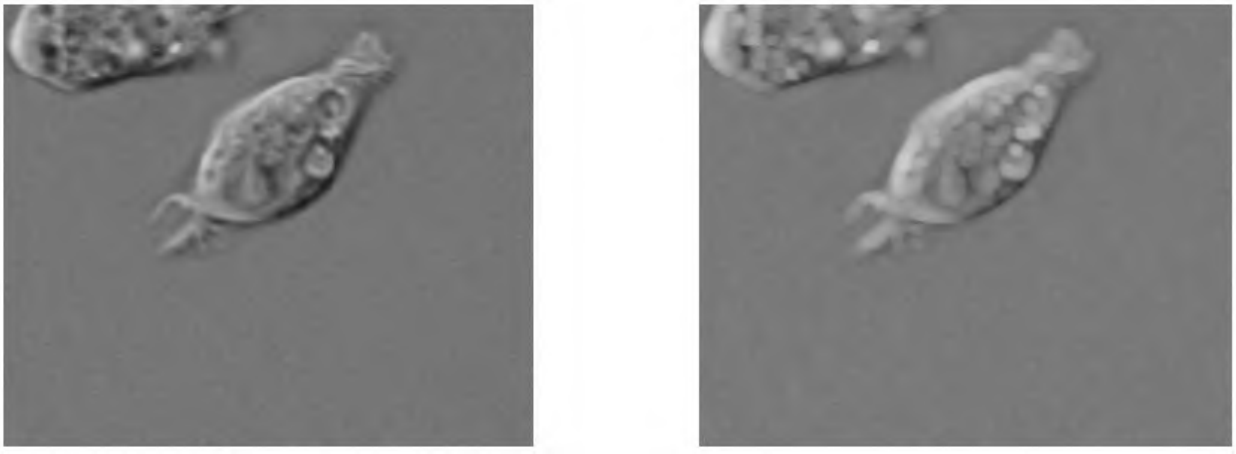


图5-34 用自定义函数作滑动处理

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

【例5-31】对图像进行快速滑动邻域操作。

```
I=imread('cell.tif');        %读取图像
I2=colfilt(I,[5 5],'sliding','mean'); %对图像进行快速滑动邻域操作
subplot(121),
imshow(I,[]);
subplot(122),
imshow(I2,[]);
```

运行结果如图5-35所示。

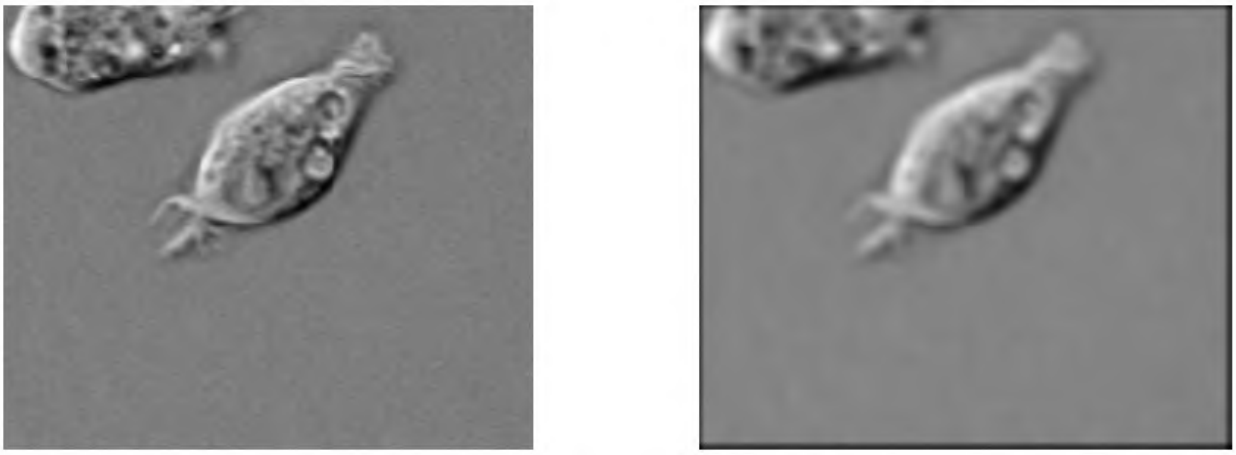


图5-35 快速滑动邻域操作

【例5-32】用列操作函数对图像实现滑动。

```
I=imread('cell.tif');        %读取图像
I1=im2col(I,[3 3],'sliding');    %用列操作对图像实现滑动
I1=uint8([0 -1 0 -1 4 -1 0 -1 0]*double(I1));
I2=col2im(I1,[3,3],size(I),'sliding');
subplot(121),
imshow(I,[]);
subplot(122),
imshow(I2,[]);
```

运行结果如图5-36所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

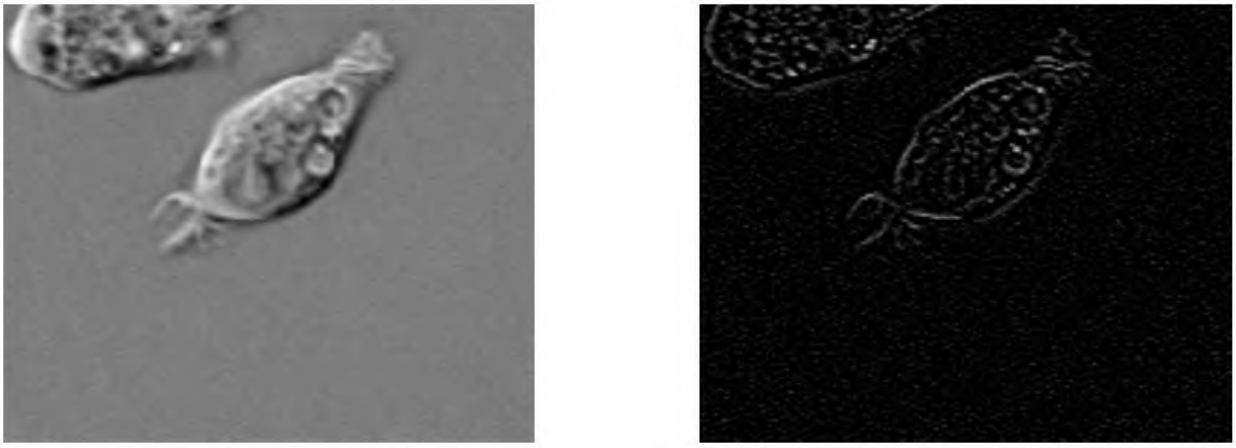


图5-36 列操作

5.6.2 分离邻域操作

分离邻域操作也称图像的块操作，在分离邻域操作中，将矩阵划分为 m×n 后会得到矩形。分离邻域从左上角开始覆盖整个矩阵，邻域之间没有重叠部分。如果分割的邻域不能很好地批匹配图像的大小，那么可以对图像进行0填充。

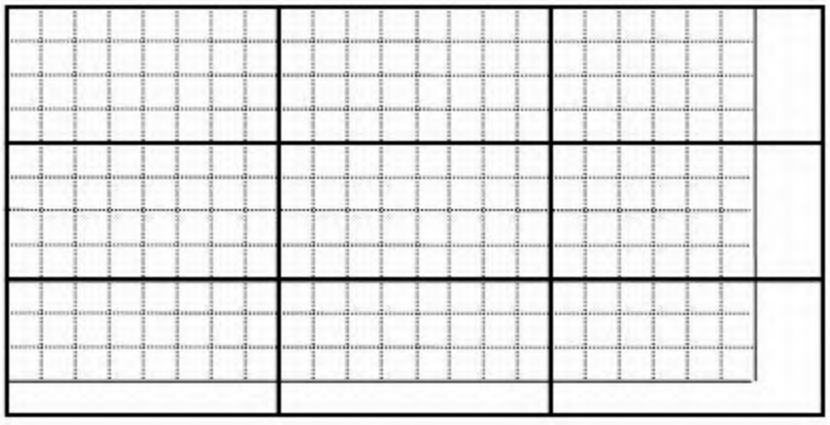


图5-37 图像的分离邻域处理

图5-37说明了一个11×22矩阵被划分为9个4×8邻域的情况，这时需要进行0填充，将数值0添加到图像矩阵所需的底部和右边，此时图像的矩阵大小变为12×24。

在MATLAB中，进行图像邻域分离操作的函数是blkproc，其常见

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的调用方式为：

B=blkproc(A,[m n],fun)

其中，A为将要进行处理的图像矩阵；[m n]为要处理的分离邻域大小；fun为运算函数。

colfilt函数用于对图像进行快速分离邻域操作，该函数的调用方法如下：

B=colfilt(A,[m n],'distinct',fun)

表示distinct函数作快速分离邻域操作。

与滑动邻域操作类似，im2col函数、col2im函数是列操作函数。im2col函数、col2im函数分别为：

B=im2col(A,[m n],'distinct')

表示将一图像排成列。

B=col2im(A,[m n],[mm,nn],'distinct')

表示将图像列重构。

【例5-33】使用分离邻域操作对图像进行处理。

```
clear
i=imread('cameraman.tif');          %读取图像
fun=inline('std2(x)*ones(size(x))');
i1=blkproc(i,[22],[2 2],fun);       %使用分离邻域操作对图像进行处理
i2=blkproc(i,[2 2],fun);
i3=blkproc(i,[5 5],fun);
subplot(2,2,1);
imshow(i);
subplot(2,2,2);
imshow(i1);
subplot(2,2,3);
imshow(i2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(2,2,4);
imshow(i3);
```

运行结果如图5-38所示。

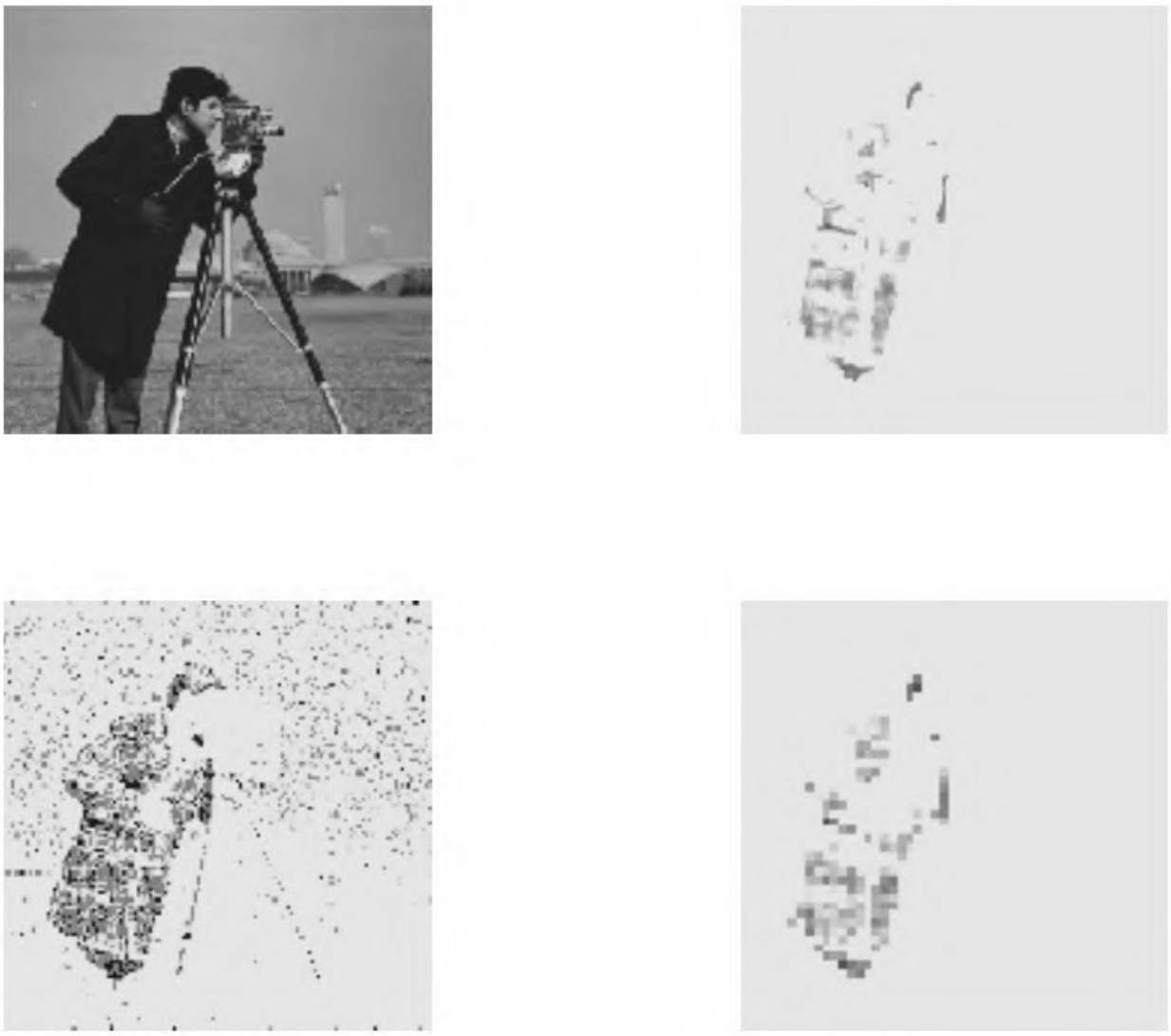


图5-38 分离邻域操作前后的图像

【例5-34】对图像进行快速分离邻域操作。

```
I=imread('cell.tif');        %读取图像
f=inline('ones(64,1)* mean(x)'); %对图像进行快速分离邻域操作
I2=colfilt(I,[8 8],'distinct',f);
subplot(1,2,1),
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imshow(I,[])
subplot(1,2,2),
imshow(I2,[])
```

运行结果如图5-39所示。

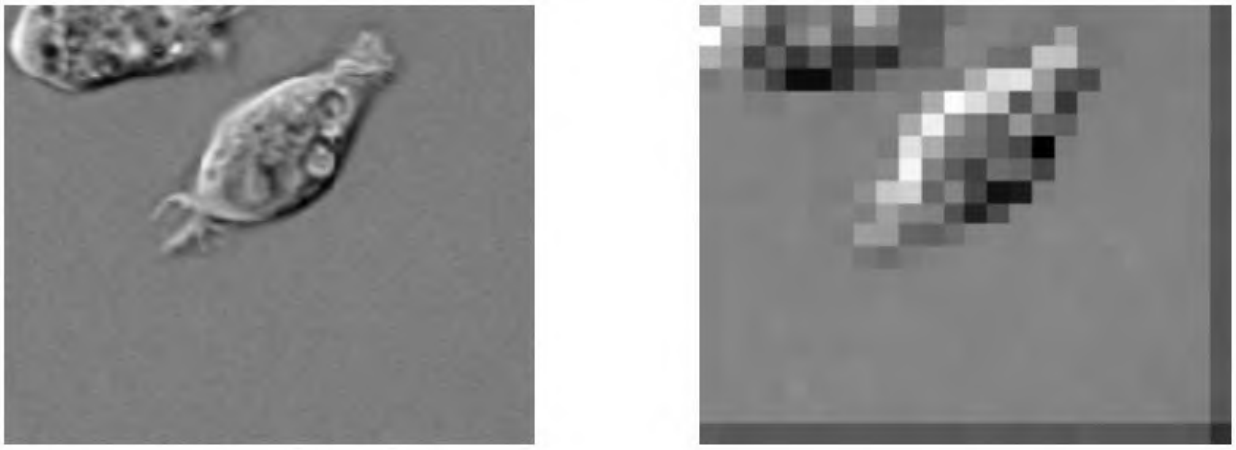


图5-39 快速分离邻域操作

【例5-35】用列操作函数实现分离邻域操作。

```
I=imread('cell.tif');        %读取图像
I1=im2col(I,[8 8],'distinct');    %用列操作函数实现分离邻域操作
I1=ones(64,1)* mean(I1);
I2=col2im(I1,[8,8],size(I),'distinct');
subplot(121),
imshow(I,[]);
subplot(122),
imshow(I2,[]);
```

运行结果如图5-40所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

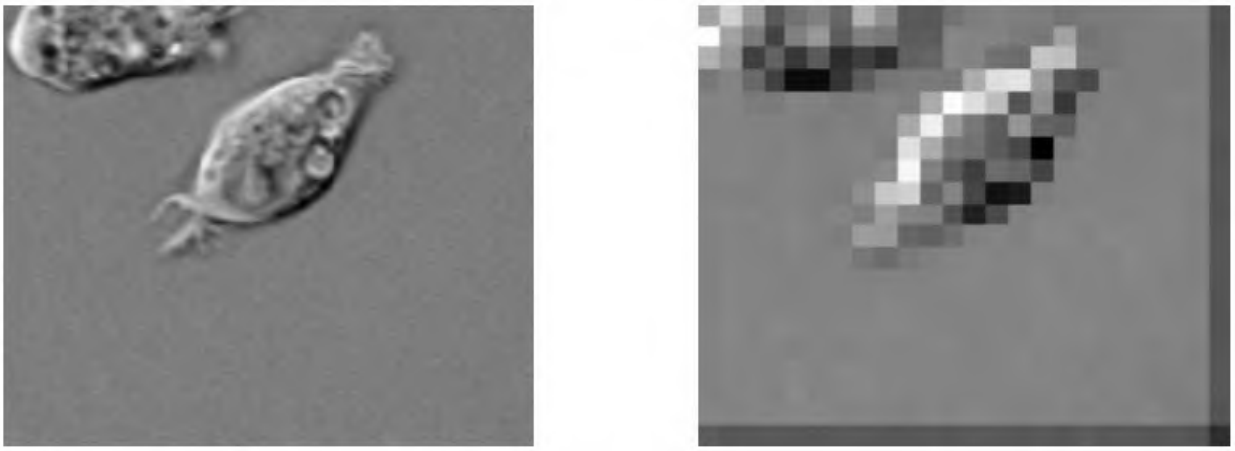


图5-40 用列操作函数实现分离邻域操作

5.6.3 列处理操作

当对图像进行滑动邻域操作和分离邻域操作时，为了加快处理速度，可以使用列处理操作。在MATLAB中，进行图像列处理操作的函数是colfilt，其常见的调用方法为：

B=colfilt(A,[m,n],block_type,fun)

其中，A为将要进行处理的图像矩阵；[m n]为分块大小；block_type 的值可以为sliding；fun为运算函数。

【例5-36】使用列处理操作对图像进行处理。

```
i=imread('cameraman.tif');          %读取图像
i2=uint8(colfilt(i,[4,4],'sliding',@mean));  %使用列处理操作对图像进行处理
i3=uint8(colfilt(i,[4,4],'sliding',@max));
i4=uint8(colfilt(i,[4,4],'sliding',@min));
subplot(2,2,1);
imshow(i);
subplot(2,2,2);
imshow(i2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(2,2,3);
imshow(i3);
subplot(2,2,4);
imshow(i4);
```

运行结果如图5-41所示。



图5-41 列处理操作前后的图像

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.6.4 区域的选择

在图像处理时，有时候只需要对图像中的某个特定区域进行滤波，而不需要对整个图像进行处理。

在MATLAB中，对我们感兴趣的区域进行处理可以通过一个二值图像来实现，这个二值图像被称为是mask图像。

用户选定一个区域后会生成一个与原图大小相同的二值图像，选定的区域为白色，其余部分为黑色。通过掩模图像，可以实现对特定区域的选择性处理。

MATALB图像处理工具箱提供有两个函数用于生成二值掩模，从而选择特定区域，下面将分别对其进行介绍。

1.roicolor函数

在MATLAB中，roicolor函数可以实现灰度选择区域。该函数的调用方法如下。

（1）BW = roicolor(A,low,high)：指定灰度范围，返回掩模mask 图像。

（2）BW = roicolor(A,v)：按向量v 指定的灰度返回掩模mask 图像。

【例5-37】利用灰度选择法对图像进行处理。

```
clear
clf
I=imread('eight.tif');        %读取图像
BW=roicolor(I,128,255);   %利用灰度选择法对图像进行处理
subplot(121),
subimage(I);
subplot(122),
subimage(BW);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运行结果如图5-42所示。

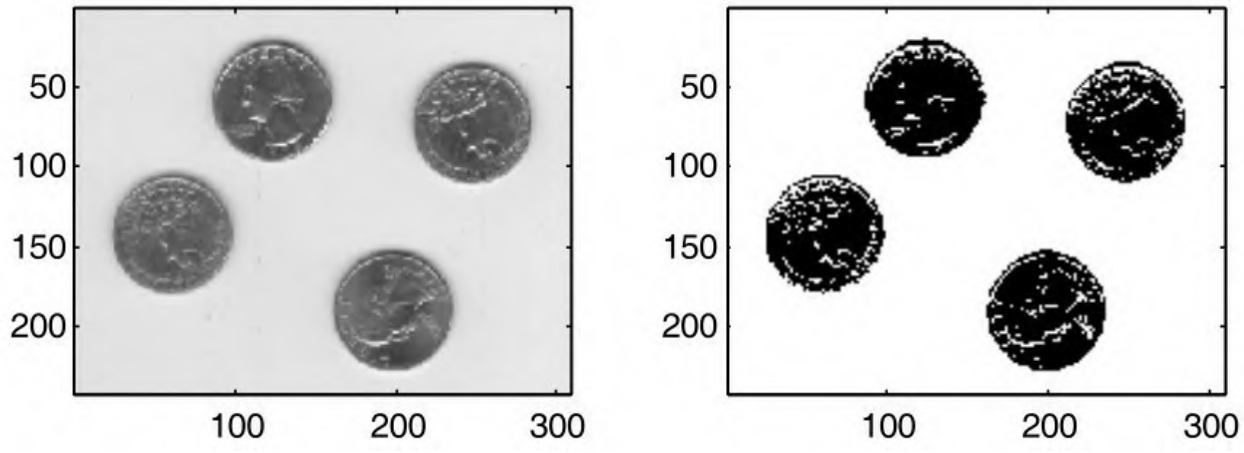


图5-42 灰度选择区域

2.roipoly函数

在MATALB中，roipoly函数可以用于选择图像中的多边形区域，其函数调用格式如下。

（1）BW=roipoly(I,c,r)：表示用向量c、r指定多边形各点的X、Y坐标。BW选中的区域为1，其他部分的值为0。

（2）BW = roipoly(I)：表示建立交互式的处理界面。

（3）BW = roipoly(x,y,I,xi,yi)：表示向量x 和y 建立非默认的坐标系，然后在指定的坐标系下选择由向量xi，yi指定的多边形区域。

【例5-38】使用roipoly函数对图像进行处理。

```
clf
I=imread('coins.png');          %读取图像
c=[222  272  300  270  221  194];  %选择图像中的多边形区域
r=[21 21 75 121 121 75];
BW=roipoly(I,c,r);          %使用 roipoly函数对图像进行处理
subplot(121),
subimage(I);
subplot(122),
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

subimage(BW);

运行结果如图5-43所示。

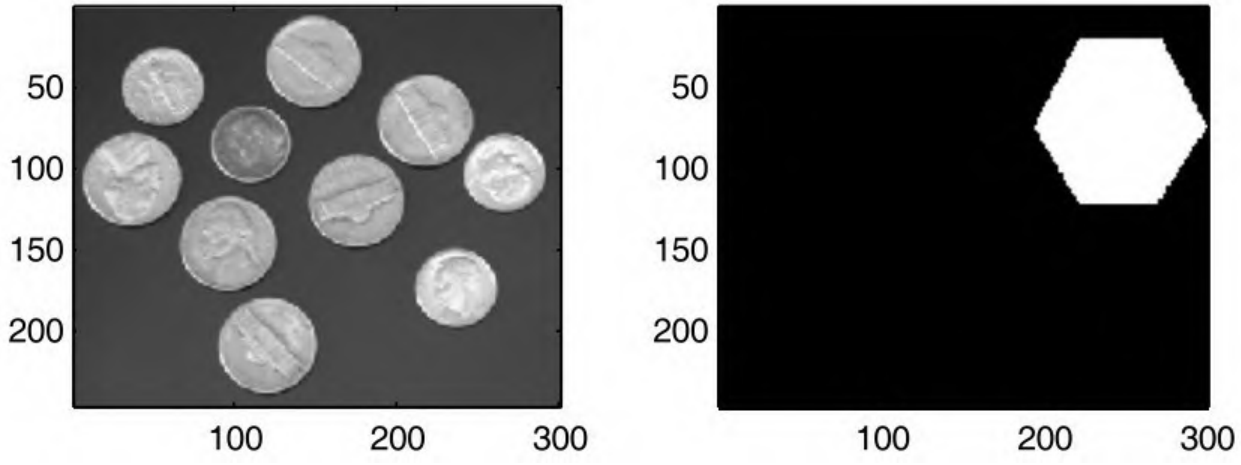


图5-43 多边形区域的选择

区域的选择还可以通过矩阵产生法来实现，即用矩阵构造的方法来选择区域。

【例5-39】用矩阵构造的方法选择区域。

```
I=imread('eight.tif');          %读取图像
%BW=zeros(size(I));       %用矩阵构造的方法来选择区域
% BW(100:150,50:140)=1;
BW=I>150;
subplot(121),
subimage(I);
subplot(122),
subimage(BW);
```

运行结果如图5-44所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

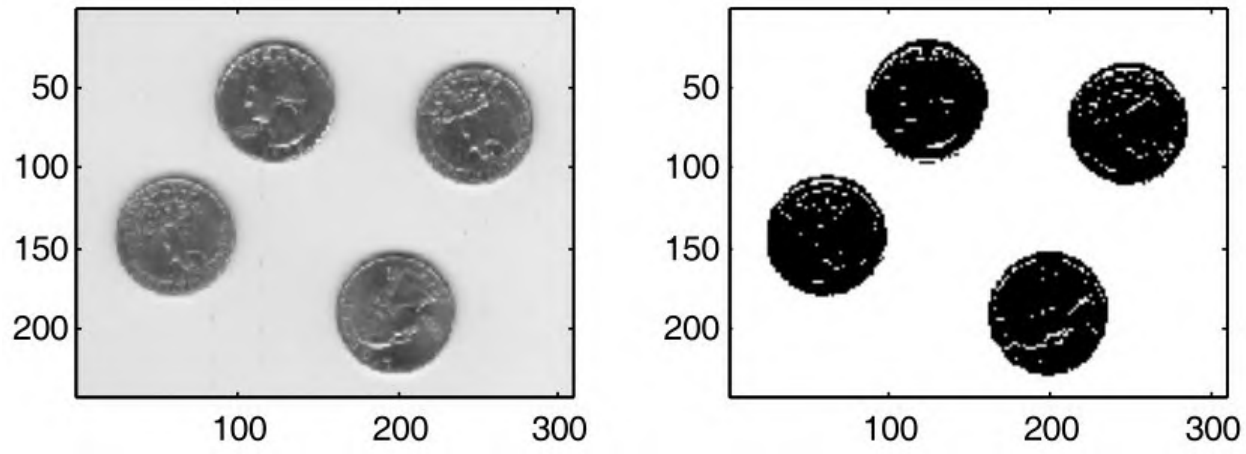


图5-44 矩阵产生法

5.6.5 区域滤波

在MATLAB中，用 roifilt2 函数可实现对指定区域的滤波或处理，其调用函数如下：

J=roifilt2(h,I,BW)

其中，h为滤波器，I输入图像，BW指定区域，J输出图像。

还可以用fun函数对指定区域进行运算，其调用函数如下：

J=roifilt2(I,BW,fun)

【例5-40】对指定区域进行锐化。

```
clf
I=imread('eight.tif');          %读取图像
c=[222 272300270 221 194];   %对指定区域进行锐化
r=[21 21 75 121 121 75];
BW=roipoly(I,c,r);
h=fspecial('unsharp');       %滤波函数
J=roifilt2(h,I,BW);
subplot(121),
subimage(I);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(122),
subimage(J);
```

运行结果如图5-45所示。

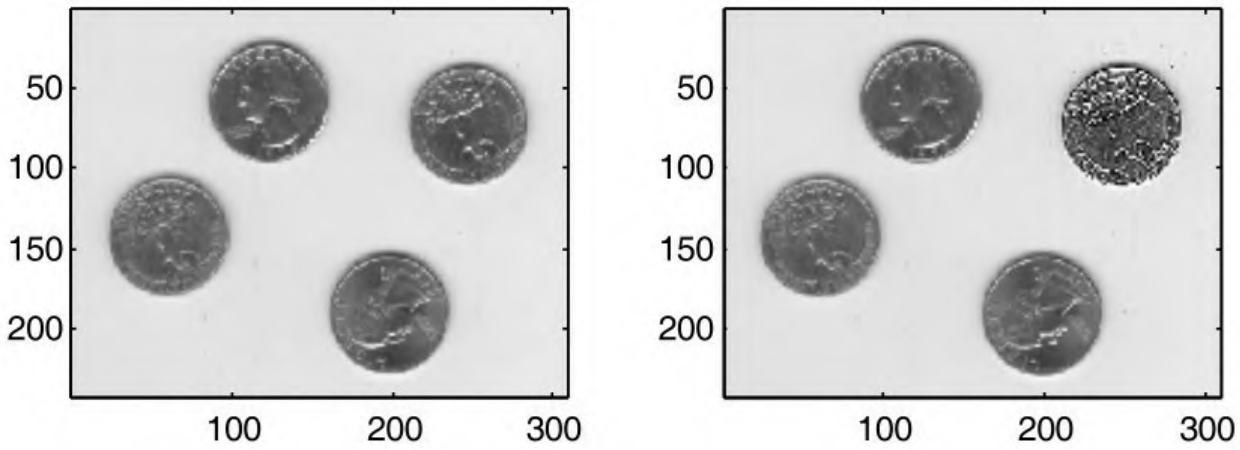


图5-45 指定区域滤波

【例5-41】对指定区域进行运算。

```
I=imread('coins.png');  %读取图像
c=[222  272  300  270  221  194];
r=[21  21  75  121  121  75];
BW=roipoly(I,c,r);  %对指定区域进行滤波处理
f=inline('uint8(abs(double(x)-100))');
J=roifilt2(I,BW,f);
subplot(121),
subimage(I);
subplot(122),
subimage(J);
```

运行结果如图5-46所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

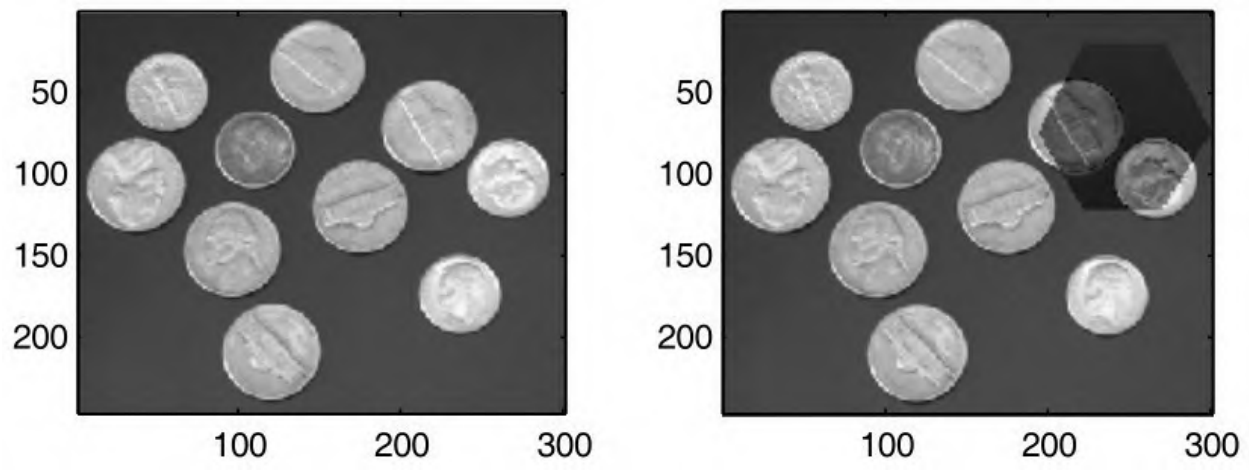


图5-46 对指定区域进行运算

5.6.6 区域填充

在MATLAB中，用函数roifill可实现对指定区域的填充，其调用方法如下。

（1）J=roifill(I,c,r)：填充由向量c,r指定的多边形，c和r分别为多边形的各顶点X、Y坐标。可用于擦除图像中的小物体。

（2）J=roifill(I)：表示用于交互式处理的界面。

（3）J=roifill(I,BW)：表示用 BW（和 I 大小一致）掩模填充此区域。如果为多个多边形，则分别执行插值填充。

【例5-42】用函数roifill来实现对指定区域的填充。

```
clf
I=imread('coins.png');   %读取图像
c=[222 272 300 270 221 194];
r=[21 21 75 121 121 75];
J=roifill(I,c,r);        %对指定区域进行填充
subplot(121),
imshow (I);
subplot(122),
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

imshow (J);

运行结果如图5-47所示。



图5-47 指定区域的填充

5.7 本章小结

本章首先介绍了点运算，然后介绍了图像的基本运算，包括图像的代数运算、图像的逻辑运算、图像的几何运算、图像的仿射变换、邻域操作以及区域操作。读者对本章提到的函数要熟悉运用，掌握其用法，为后面的复杂图像处理打下基础。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第6章 图像的变换

图像的频率是图像在平面空间上的梯度，是表征图像中图像变化剧烈程度的指标。例如，大面积的海洋在图像中是一片图像变化缓慢的区域，对应的频率值很低；而地表属性变换剧烈的边缘区域在图像中则是一片图像变化剧烈的区域，对应的频率值较高。图像的变换是指把图像从空间域转换到变换域，其在图像处理中占有重要的地位，在图像的去噪、图像压缩、特征提取和图像识别方面发挥着重要的作用。

学习目标：

1.了解傅里叶变换的相关知识。

2.掌握应用MATLAB语言进行FFT及逆变换的方法。

3.掌握离散余弦变换和Radon变换的基本原理、实现步骤。

4.掌握小波变换的基本原理、实现步骤。

6.1 傅里叶变换

傅里叶变换是信号处理中最重要、应用最广泛的变换。从某种意义上来说，傅里叶变换就是函数的第二种描述语言。傅里叶变换理论及其物理解释两者的结合，对图像处理领域诸多问题的解决提供了有利的思路，它让我们从事物的另一侧面来考虑问题，这样在分析某一问题时就会从空域和频域两个角度来考虑问题并来回切换，可以在空域或频域中思考的问题，利用频域中特有的性质，可以使图像处理过程简单、有效，对于迂回解决图像处理中的难题非常有帮助，因此傅里叶变换被广

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

泛应用于图像处理中。

6.1.1 傅里叶变换的物理意义

傅里叶变换是数字信号处理领域中一种很重要的算法。傅里叶原理表明：任何连续测量的时序或信号，都可以表示为不同频率的正弦波信号的无限叠加。而根据该原理创立的傅里叶变换算法，利用直接测量到的原始信号，以累加方式来计算该信号中不同正弦波信号的频率、振幅和相位。

和傅里叶变换算法相对应的是反傅里叶变换算法。该反变换从本质上说也是一种累加处理，这样就可以将单独改变的正弦波信号转换成一个信号。因此，可以说，傅里叶变换将原来难以处理的时域信号转换成了易于分析的频域信号（信号的频谱），这样就可以利用一些工具对这些频域信号进行处理、加工，最后还可以利用傅里叶反变换将这些频域信号转换成时域信号。

从现代数学的眼光来看，傅里叶变换是一种特殊的积分变换。它能将满足一定条件的某个函数表示成正弦基函数的线性组合或者积分。在不同的研究领域，傅里叶变换具有多种不同的变体形式，如连续傅里叶变换和离散傅里叶变换。

在数学领域，尽管最初傅里叶分析是作为热过程的解析分析的工具，但是其思想方法仍然具有典型的还原论和分析主义的特征。“任意”的函数通过一定的分解，都能够表示为正弦函数的线性组合的形式，而正弦函数在物理上是被充分研究而相对简单的函数类。

（1）傅里叶变换是线性算子，若被赋予适当的范数，它还是酉算子。

（2）傅里叶变换的逆变换容易求出，而且形式与正变换非常类似。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（3）正弦基函数是微分运算的本征函数，从而使得线性微分方程的求解可以转化为常系数的代数方程的求解。在线性时不变的卷积运算为简单的乘积运算，从而提供了计算卷积的一种简单手段。

（4）离散形式的傅里叶的物理系统内，频率是个不变的性质，从而系统对于复杂激励的响应可以通过组合其对不同频率正弦信号的响应来获取。

（5）离散形式的傅里叶变换可以利用数字计算机快速地算出。

正是由于上述的良好性质，傅里叶变换在物理学、数论、组合数学、信号处理、概率、统计、密码学、声学、光学等领域都有着广泛的应用。

6.1.2 图像傅里叶变换的物理意义

傅里叶变换在实际中有非常明显的物理意义，设 f 是一个能量有限的模拟信号，则其傅里叶变换就表示 f 的谱。从纯粹的数学意义上看，傅里叶变换是将一个函数转换为一系列周期函数来处理的。从物理效果看，傅里叶变换是将图像从空间域转换到频率域，其逆变换是将图像从频率域转换到空间域。换句话说，傅里叶变换的物理意义是将图像的灰度分布函数变换为图像的频率分布函数，傅里叶逆变换是将图像的频率分布函数变换为灰度分布函数。

傅里叶变换以前，图像（未压缩的位图）是由在连续空间（现实空间）上的采样得到一系列点的集合，我们习惯用一个二维矩阵表示空间上各点，则图像可由z=f(x,y)来表示。

由于空间是三维的，图像是二维的，因此空间中物体在另一个维度上的关系就由梯度来表示，这样我们就可以通过观察图像得知物体在三维空间中的对应关系。因为实际上对图像进行二维傅里叶变换得到频谱图，就是图像梯度的分布图。当然，频谱图上的各点与图像上各点并不

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

存在一一对应的关系，即使在不移频的情况下也是没有。

在傅里叶频谱图上我们会看到明暗不一的亮点，实际上图像上某一点与邻域点差异的强弱，即梯度的大小，也即该点的频率的大小（可以这么理解，图像中的低频部分指低梯度的点，高频部分相反）。

一般来讲，梯度大则该点的亮度强，否则该点亮度弱。这样通过观察傅里叶变换后的频谱图，也即功率图，我们首先就可以看出图像的能量分布。如果频谱图中暗的点数更多，那么实际图像是比较柔和的（因为各点与邻域差异都不大，梯度相对较小）；反之，如果频谱图中亮的点数多，那么实际图像一定是尖锐的，边界分明且边界两边像素差异较大。

频谱移频到原点以后，可以看出图像的频率分布是以原点为圆心对称分布的。将频谱移频到圆心除了可以清晰地看出图像频率分布以外，还有一个好处，就是它可以分离出有周期性规律的干扰信号，比如正弦干扰。在一幅带有正弦干扰、移频到原点的频谱图上可以看出除了中心以外还存在以某一点为中心对称分布的亮点集合，这个集合是由干扰噪声产生的，这时可以很直观地通过在该位置放置带阻滤波器来消除干扰。

6.1.3 连续傅里叶变换

函数f(x)的傅里叶变换存在的条件是满足狄里赫莱条件：

（1）具有有限个间断点；

（2）具有有限个极值点；

（3）绝对可积。

1.一维连续傅里叶变换及反变换

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$F(u)=\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\exp\left[-\mathrm{j}2\pi ux\right]\mathrm{d}x$$

其反变换定义为：

$$f(x)=\int_{-\infty}^{+\infty} F(u)\exp\left[\mathrm{j}2\pi ux\right]\mathrm{d}u$$

如果为实函数，则 f (x)傅里叶变换用复数表示。

2.二维连续傅里叶变换及反变换

$$F(u,v)=\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(x,y)\mathrm{e}^{-\mathrm{j}2\pi(ux+vy)}\mathrm{d}x\mathrm{d}y$$

其反变换为：

$$f(x,y)=\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} F(u,v)\mathrm{e}^{\mathrm{j}2\pi(ux+vy)}\mathrm{d}u\mathrm{d}v$$

【例6-1】利用二维连续傅里叶变换来显示图像的幅度频谱。

```
clear
figure(1);              %建立图形窗口1
title('二维频域网格');
[u,v]=meshgrid(-2:0.02:2);       %生成二维频域网格
F1 = abs(sinc(u.*pi));
F2 = abs(sinc(v.*pi));
F=F1.*F2;               %计算幅度频谱F=|F(u,v)|
shading interp;          %平滑三维曲面上的小格
axis off;               %关闭坐标系
figure(2);              %建立图形窗口2
F1=histeq(F);           %扩展F的对比度以增强视觉效果
imshow(F1);             %用图像来显示幅度频谱
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

title('幅度频率');

运行结果如图6-1、图6-2所示。

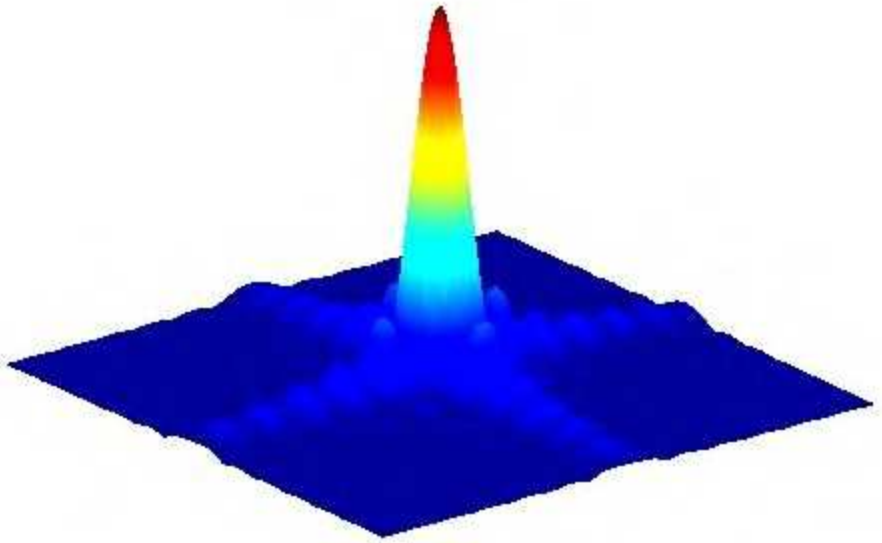


图6-1 二维频域网格图

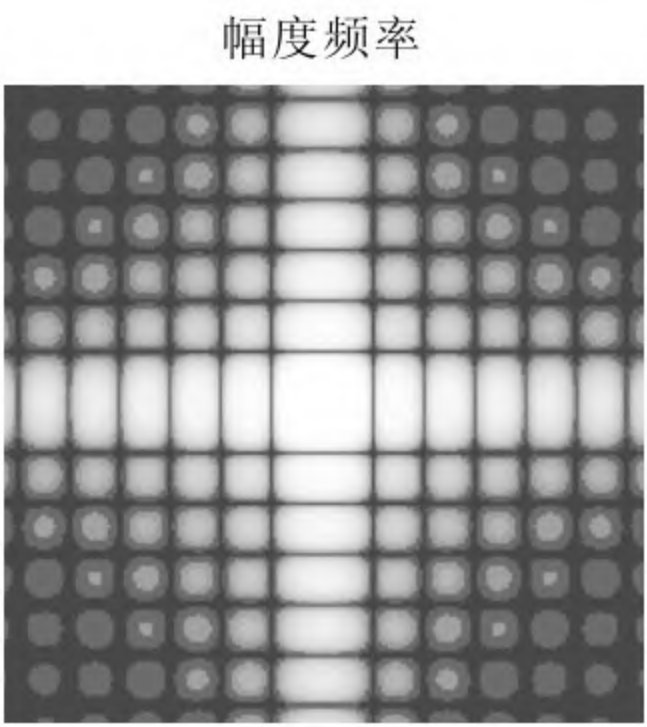


图6-2 幅度频率图

3.一维离散傅里叶变换

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$F(u)=\sum_{x=0}^{N-1} f(x)\mathrm{e}^{-\mathrm{j}2\pi ux/N} \quad , \quad u=0,1,2,...,N-1$$

其反变换定义为：

$$f(x)=\frac{1}{N}\sum_{u=0}^{N-1} F(u)\mathrm{e}^{\mathrm{j}2\pi ux/N}$$

4.二维离散傅里叶变换

对二维连续傅里叶变换在二维坐标上进行采样，对空域的取样间隔为Δx和Δy，对频域的取样间隔为Δu和Δv，它们的关系为：

$$\Delta u=\frac{1}{N\Delta x}$$

$$\Delta v=\frac{1}{N\Delta y}$$

式中，N是在图像一个维上的取样总数。

那么，二维离散傅里叶变换如下式：

$$F(u,v)=\frac{1}{N^2}\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1} f(x,y)\exp[-\mathrm{j}2\pi(ux+vy)/N]$$

$$f(x,y)=\frac{1}{N^2}\sum_{u=0}^{N-1}\sum_{v=0}^{N-1} F(u,v)\exp[\mathrm{j}2\pi(ux+vy)/N]$$

其中，uv,=0,1,…,N−1；n=0,1,…,N−1。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.1.4 傅里叶变换的快速实现

快速傅里叶变换（FFT）是计算DFT的一种快速有效的方法。虽然频谱分析和DFT运算很重要，但在很长一段时间里，由于DFT运算复杂，其并没有得到真正的运用，而频谱分析仍大多采用模拟信号滤波的方法解决，直到1965年首次提出DFT运算的一种快速算法以后，情况才发生了根本变化，人们开始认识到DFT运算的一些内在规律，从而很快地发展和完善了一套高速有效的运算方法——快速傅里叶变换（FFT）算法。

FFT的出现，使DFT的运算大大简化，运算时间缩短一至两个数量级，使DFT的运算在实际中得到广泛应用。下面分别介绍这些函数的用法。

对于一个有限长序列{f(x)}(0≤x≤N−1)，它的傅里叶变换可由下式表示：

$$F(u)=\sum_{n=0}^{N-1} f(x)W_n^{ux}$$

令 $W_N=\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\frac{2\pi}{N}},W_N^{-1}=\mathrm{e}^{\mathrm{j}\frac{2\pi}{N}}$

此时，傅里叶变换可写成下式：

$$F(u)=\sum_{x=0}^{N-1} f(x)W_N^{ux}$$

从上面的运算可以看出，要得到每一个频率分量，需进行N次乘法和（N−1）次加法运算。要完成整个变换，需要N^2 次乘法和N(N−1)次

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

加法运算。当序列较长时，必然要花费大量的时间。

观察上述系数矩阵，可发现 W_N^{ux} 是以N为周期的，即：

$$W_N^{(u+LN)(x+KN)} = W_N^{ux}$$

在MATLAB中，函数 fft、fft2 和fftn 分别可以实现一维、二维和N维DFT 算法；而函数ifft、ifft2 和ifftn 则用来计算反DFT。ffishift 函数可以把傅里叶操作（fft，fft2，fftn）得到的结果中的零频率成分移到矩阵的中心，这样有利于观察频谱。

1.fft函数

该函数的调用格式如下：

A＝fft(X,N,DIM)

其中，X 表示输入图像；N 表示采样间隔点，如果X 小于该数值，那么MATLAB 将会对 X 进行零填充，否则将进行截取，使之长度为N；DIM 表示要进行离散傅里叶变换。

2.fft2函数

该函数的调用格式如下：

A＝fft2(X,MROWS,NCOLS)

其中，MROWS 和 NCOLS 指定对 X 进行零填充后的 X 大小。分别可以实现一维、二维和N 维 DFT。

3.fftn函数

该函数的调用格式如下：

A＝fftn(X,SIZE)

其中，SIZE 是一个向量，它的每一个元素都将指定X相应维进行零填充后的长度。

函数 ifft、ifft2 和 ifftn 的调用格式与对应的离散傅里叶变换函数一致，分别可以实现一维、二维和N维DFT。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.ffishift函数

该函数的调用格式如下：

A＝fft(X,DIM)

对于一维fft，fftshift是将左右元素互换；而对于fft2，fftshift是进行对角元素的互换。

【例6-2】显示图像及其傅里叶变换谱。

```
load imdemos saturn2;   %装入MATLAB图像 saturn2
subplot(1,2,1),
imshow(saturn2);        %显示图像
title('原始图像');
S= fftshift(fft2(saturn2));   %计算傅里叶变换并移位
subplot(1,2,2),
imshow(log(abs(S)),[ ]);   %显示傅里叶变换频谱
title('变换频谱');
```

运行结果如图6-3所示。

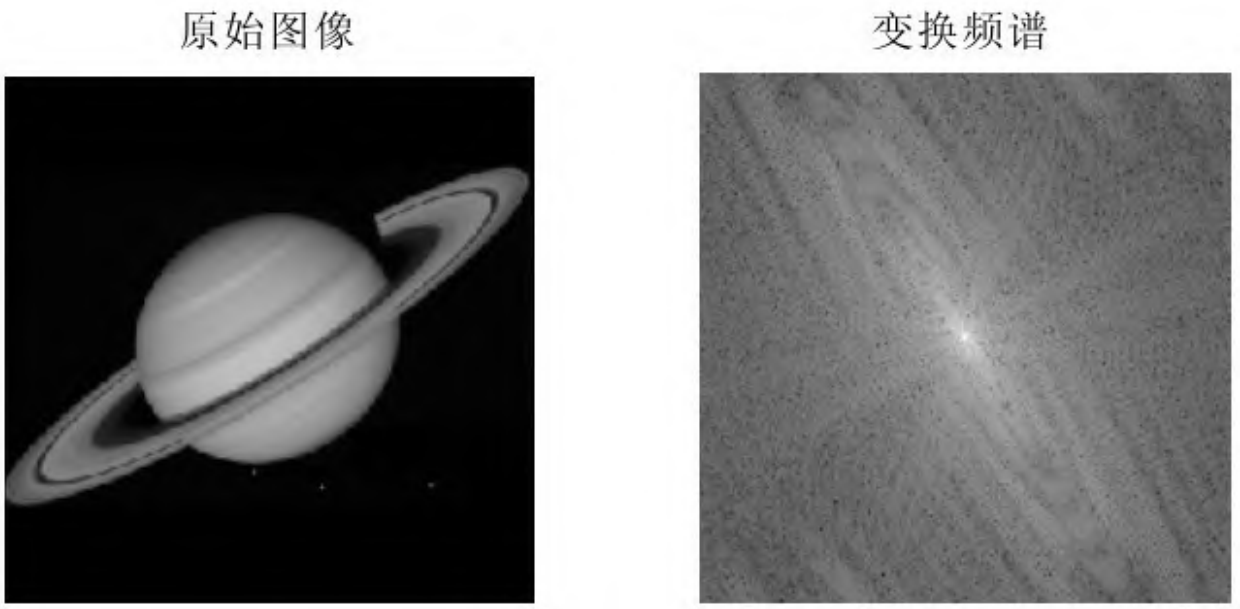


图6-3 图像及其傅里叶变换频谱

【例6-3】显示真彩图像及其傅里叶变换频谱。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
A=imread('onion.png');  %装入真彩图像
B=rgb2gray(A);      %将真彩图像转换为灰度图像
subplot(1,2,1),
imshow(B);      %显示灰度图像
title('灰度图像');
C=fftshift(fft2(B));  %计算傅里叶变换并移位
subplot(1,2,2),
imshow(log(abs(C)),[ ]);  %显示傅里叶变换频谱
title('变换频谱');
```

运行结果如图6-4所示。

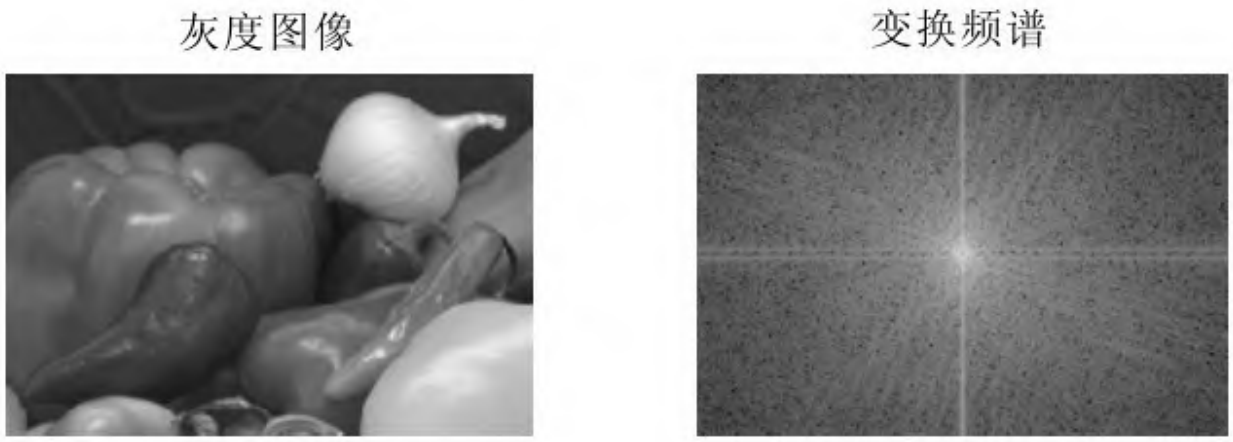


图6-4 傅里叶变换频谱

【例6-4】对图像做傅里叶变换，显示频域振幅图像，再对图像做傅里叶逆变换，显示图像，看是否与原图像相同。

```
clear
A=imread('cell.tif');  %读取图像
subplot(1,3,1),
imshow(A);
title('原图像');
B=fftshift(fft2(A));  %计算傅里叶变换并移位
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(1,3,2),
imshow(log(abs(B)), [ ], 'InitialMagnification','fit');
title('二维傅里叶变换');
C= ifft2(B);
subplot(1,3,3),
imshow(log(abs(C)), [ ], 'InitialMagnification','fit');
title('逆变换后图像');
```

运行结果如图6-5所示。

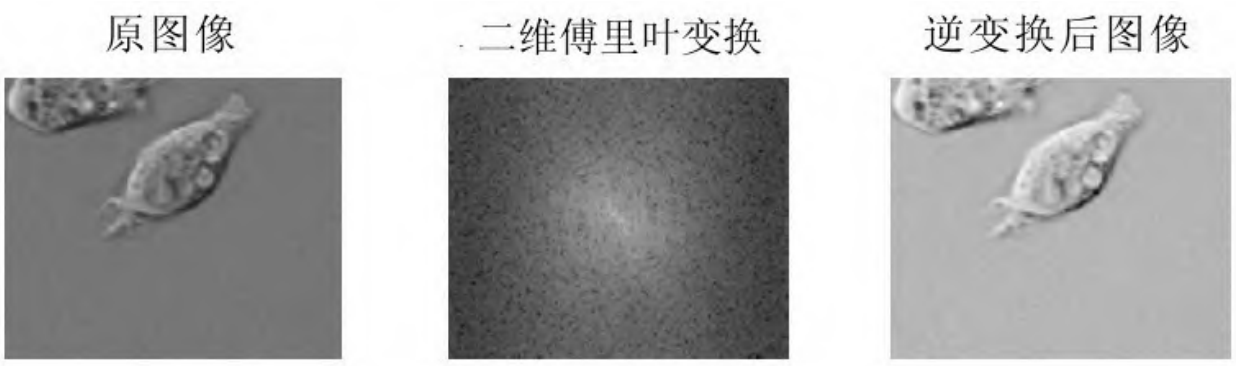


图6-5 对图像做傅里叶变换和逆变换

【例6-5】对图像进行傅里叶正反变换。

```
I=imread('trees.tif');   %读取图像
J=fft2(I);       %对图像进行傅里叶变换
K=ifft2(J);      %对图像进行傅里叶反变换
subplot(2,2,1),
imshow(I);
subplot(2,2,2),
imshow(log(abs(J)),[]);
subplot(2,2,3),
imshow(log(abs(fftshift(J))),[]);
subplot(2,2,4),
imshow(uint8(abs(K)));
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运行结果如图6-6所示。

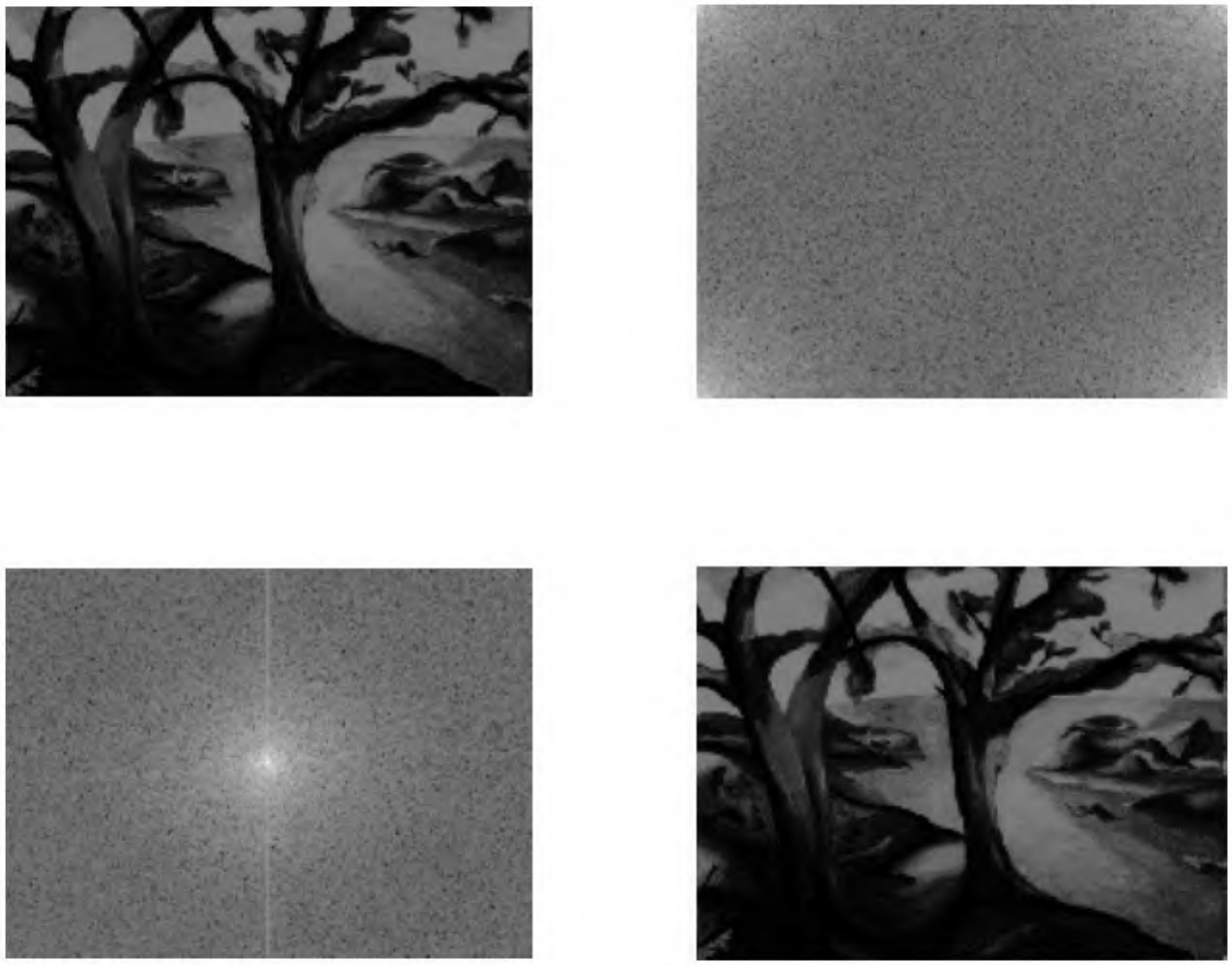


图6-6 傅里叶正反变换

6.1.5 傅里叶变换的性质

离散傅里叶变换之所以在图像处理中被广泛使用，成为图像处理的有力工具，就是因为它具有良好的性质。下面将介绍离散傅里叶变换的若干性质。

1.线性

傅里叶变换的线性性质有：

$$F\left[c_1 f_1(x,y)+c_2 f_2(x,y)\right]=c_1 F_1(u,v)+c_2 F_2(u,v)$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

【例6-6】验证二维DFT的线性性质。

```
f=imread('tire.tif');    %读取图像
g=imread('eight.tif');
[m,n]=size(g);
f(m,n)=0;
f=im2double(f);
g=im2double(g);
subplot(221)
imshow(f,[])
title('f')
subplot(222)
imshow(g,[])
title('g')
F=fftshift(fft2(f));    %计算傅里叶变换并移位
G=fftshift(fft2(g));
subplot(223)
imshow(log(abs(F+G)),[])
FG=fftshift(fft2(f+g));    %进行二维DFT的线性性质验证
title('DFT(f)+DFT(g)')
subplot(224)
imshow(log(abs(FG)),[])
title('DFT(f+g)')
```

运行结果如图6-7所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

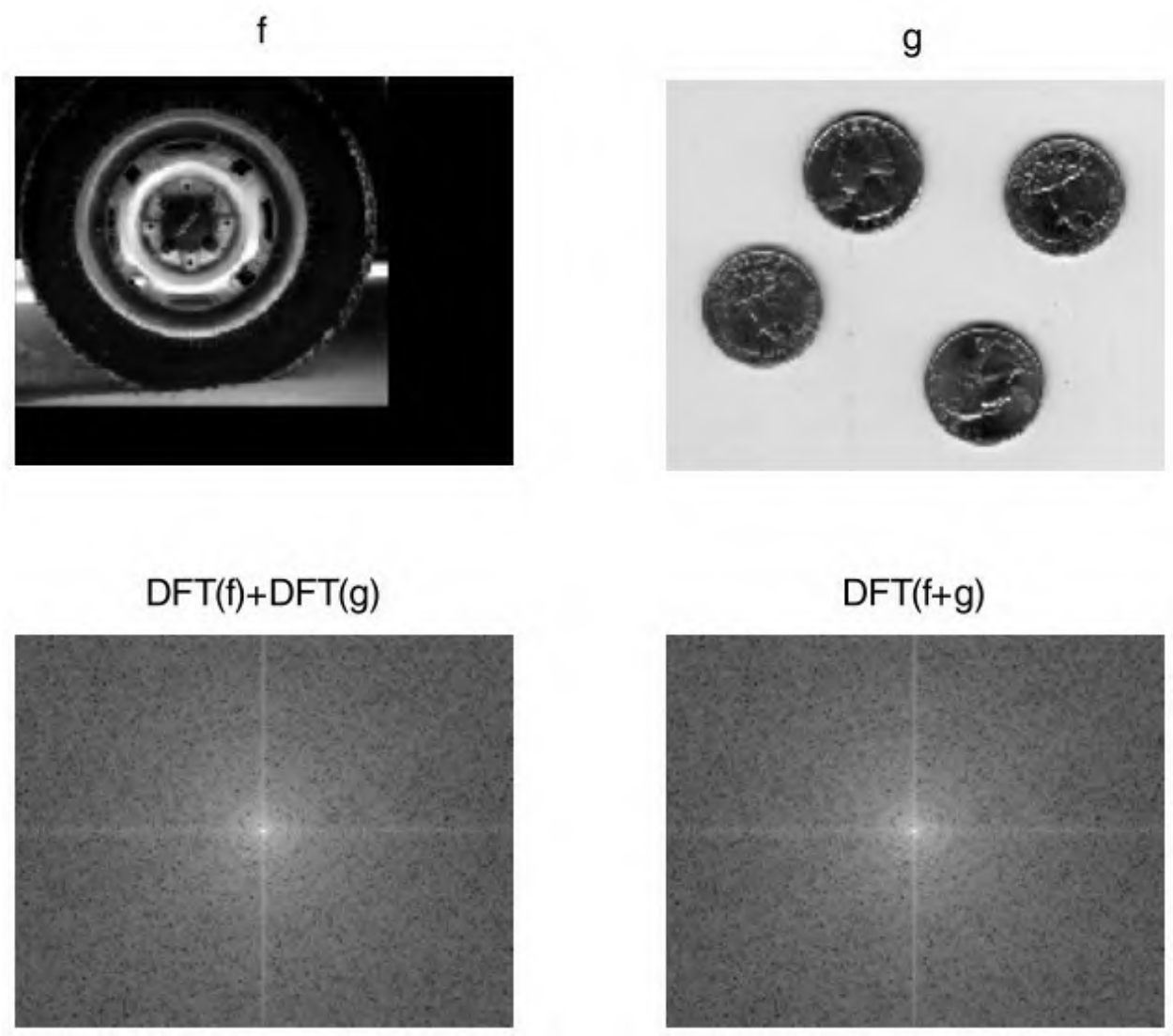


图6-7 二维DFT 的线性性质验证

2.周期性

$$F(u+mN,v+nN)=F(u,v)$$

一个有界图像函数必须是周期性的。在有些情况下，需对x,y或u,v进行延拓，使图像达到一个周期N。

3.缩放性

傅里叶变换的缩放性表明，对于两个标量a和b，有：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$f(ax,by) \Leftrightarrow \frac{1}{|ab|}F\left(\frac{u}{a},\frac{v}{b}\right)$$

特别是当a = b =−1 时，有：

$$f(-x,-y) \Leftrightarrow F(-u,-v)$$

上式表明，离散傅里叶变换具有符号改变对应性。

4.可分离性

二维DFT可视为由沿x,y方向的两个一维DFT构成。

$$\exp[-j2\pi(ux+vy)/N] = \exp(-j2\pi ux/n)\cdot\exp(-j2\pi vy/N)$$

这个性质可使二维傅里叶变换依次进行两次一维傅里叶变换来实现。这样，对于任何可分离性函数

$$f(x,y) = f_1(x)f_2(y)$$

则有：

$$F(u,v) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(x)f_2(y)e^{-j2\pi(ux+vy)}dxdy = \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(x)e^{-j2\pi ux}dx\int_{-\infty}^{+\infty} f_2(y)e^{-j2\pi vy}dy = F_1(u)F_2(v)$$

因此，如果一个二维图像函数可被分为两个一维分量函数，则它的频谱可被分解为两个一分量函数。对于图像处理来说，就是先对“行”进行变换，再对“列”进行变换（或者先对“列”进行变换，再对“行”进行变换）。

【例6-7】二维离散傅里叶变换可分离为两个一维离散傅里叶变换的验证。

```
f=imread('cell.tif'); %读取图像
subplot(131)
imshow(f,[])
title('原图')
F=fftshift(fft2(f));
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(132)
imshow(log(1+abs(F)),[])
title('用fft2实现变换')
[m,n]=size(f);
F=fft(f);       %沿x方向求离散傅里叶变换
G=fft(F')';       %沿y方向求离散傅里叶变换
F=fftshift(G);
subplot(133)
imshow(log(1+abs(F)),[])
title('用fft实现变换')
```

运行结果如图6-8所示。

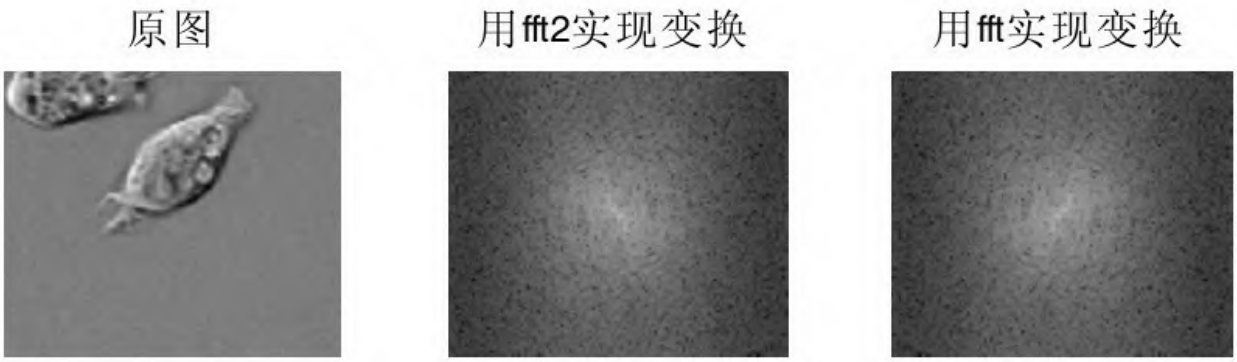


图6-8 二维离散傅里叶变换可分离为两个一维离散傅里叶变换

5.平移性

傅里叶变换对的平移定理由下式给出：

$$f(x-x_0,y-y_0) \Leftrightarrow F(u,v)\exp[-\mathrm{j}2\pi(ux_0+vy_0)/N]$$

$$F(u-u_0,v-v_0) \Leftrightarrow f(x,y)\exp[\mathrm{j}2\pi(ux_0+vy_0)/N]$$

上述两式表明：

当空域图像原点平移到(x_0 ， y_0)时，其对应的频谱F(u,v)要乘上 $\exp[-\mathrm{j}2\pi(ux_0+vy_0)/N]$ ；频域中原点位移到(u_0 ,v_0)

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

时，其对应的 f (x, y) 要与exp[j2π(ux$_0$ +vy$_0$)/N]相乘。

通常，图像频谱中心在点(0，0) ，为了便于观察，常将频谱的中心移至频域的中心。为此，令u$_0$ =v$_0$ =N/2，于是：

$$\exp[j2\pi(u_0x+v_0y)/N]=e^{j\pi(x+y)}=(-1)^{x+y}\ ,$$

得到：

$$f(x,y)(-1)^{x+y}\Leftrightarrow F(u-N/2,v-N/2)$$

即将图像阵元 f (x, y)乘以因子$(-1)^{x+y}$ 后进行傅里叶变换，其频谱中心便移位到了(N/2, N/2)。

【例6-8】对给定的图像进行傅里叶变换平移。

```
f(1000,1000)=0;        %读取图像
f=mat2gray(f);         %转换为灰度图像
[Y,X]=meshgrid(1:1000,1:1000);
f(350:649,475:524)=1;
g=f.*(-1).^(X+Y);
subplot(221),
imshow(f,[]),
title('原图像f(x,y)')
subplot(222),
imshow(g,[]),
title('空域调制图像g(x,y)=f(x,y)*(-1)^{x+y}')
F=fft2(f);
subplot(223),
imshow(log(1+abs(F)),[]),
title('f(x,y)的傅里叶频谱')
G=fft2(g);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(224),
imshow(log(1+abs(G)),[]),
title('g(x,y)的傅里叶频谱')
```

运行结果如图6-9所示。

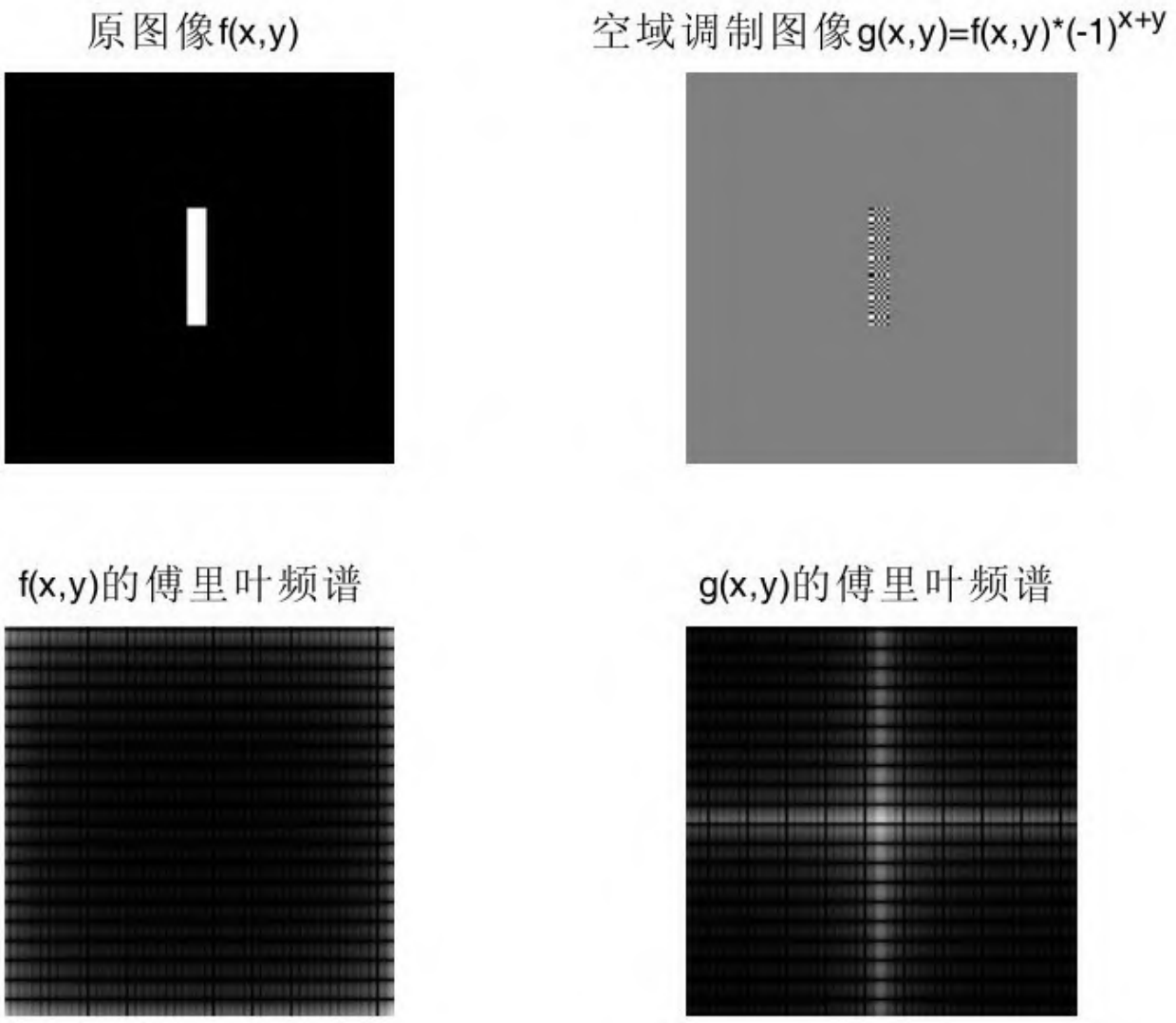


图6-9 傅里叶变换的平移效果

6.旋转不变性

设极坐标，令：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$\begin{cases} x = r\cos\theta \\ y = r\sin\theta \end{cases}$$

$$\begin{cases} u = \omega\cos\varphi \\ v = \omega\sin\varphi \end{cases}$$

则 f (x, y)和F (u,v)分别可以表示成 f (r,θ)和F (ω,ϕ)。

这样，在极坐标中就可以进行如下变换：

$$f\left(r,\theta+\theta_0\right) \Leftrightarrow F\left(\omega,\varphi+\theta_0\right)$$

$$F\left(\omega,\varphi+\theta_0\right)=\int_0^{\infty}\int_0^{2\pi} f\left(r,\theta\right)\cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}2\pi r\omega\cos\left[\varphi-\left(\theta-\theta_0\right)\right]}\cdot r\mathrm{d}r\mathrm{d}\theta$$

【例6-9】建立一个图形，对其进行旋转，并求出对应的傅里叶频谱。

```
f=zeros(1000,1000);          %建立一个二值图像，中间为白色，其他为黑色
f(350:649,475:524)=1;
subplot(221);
imshow(f,[])
title('原图')
F=fftshift(fft2(f));
subplot(222);
imshow(log(1+abs(F)),[])
title('原图的频谱')
f=imrotate(f,45,'bilinear','crop');      %对其进行旋转
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(223)
imshow(f,[])
title('旋转45°图')
Fc=fftshift(fft2(f));
subplot(224);
imshow(log(1+abs(Fc)),[])
title('旋转图的频谱')
```

运行结果如图6-10所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

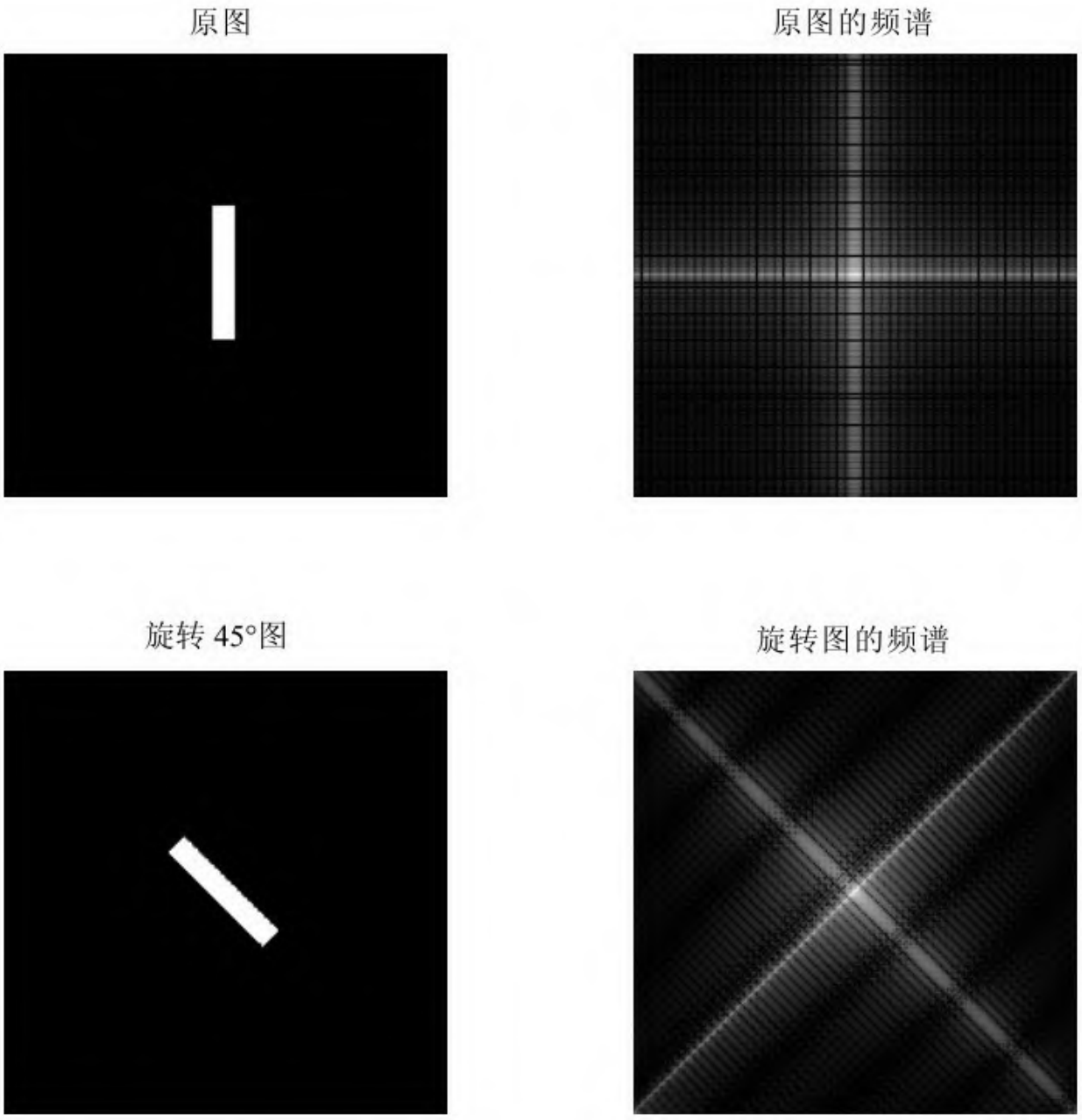


图6-10 旋转不变性

7.平均值

二维离散函数的平均值定义为：

$$\overline{f}(x,y)=\frac{1}{N^2}\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{x=0}^{N-1}f(x,y)$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

另外，在二维傅里叶变换定义式中，令$u_0=0, v_0=0$，得：

$$F(0,0)=\frac{1}{N}\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1}f(x,y)e^{-j\frac{2\pi}{N}(x\cdot 0+y\cdot 0)}=N\left[\frac{1}{N^2}\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1}f(x,y)\right]=N\bar{f}(x,y)$$

根据该性质可知，在原始情况下，直流分量位于谱矩阵的左上角。

在实际图像处理过程中，为了使频率项的排列形式更便于分析、更直观，应对谱矩阵进行重新排列，使零频率直流分量位于矩阵的中心，这样，从中心向矩阵的边缘，空间频率便逐渐增加。

8.卷积定理

卷积定理是线性系统分析中最重要的一条定理，下面先考虑一维傅里叶变换：

$$f(x)\times g(x)=\int_{-\infty}^{\infty}f(z)g(x-z)dz\Leftrightarrow F(u)G(u)$$

同样，二维情况也是如此：

$$f(x,y)\times g(x,y)\Leftrightarrow F(u,v)G(u,v)$$

【例6-10】利用傅里叶变换的性质对图像进行处理。

```
clear;clc;
f=[1,8;3,5];
F=fft2(f);  %二维离散傅里叶变换
F1=fft(f(1,:));  %逐行进行一维离散傅里叶变换
F2=fft(f(2,:));
G=[F1;F2];
F3=fft(G(:,1));
F4=fft(G(:,2));
H=[F3,F4];  %组合形成图像经过两次一维离散傅里叶变换的结果
K=fftshift(F);  %平移二维离散傅里叶变换的结果的原点
L=fft2([1,-8;-3,5])
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
ff=[ones(256),8*ones(256);3*ones(256),5*ones(256)]/8;
imshow(ff);
```

运行结果如图6-11所示。

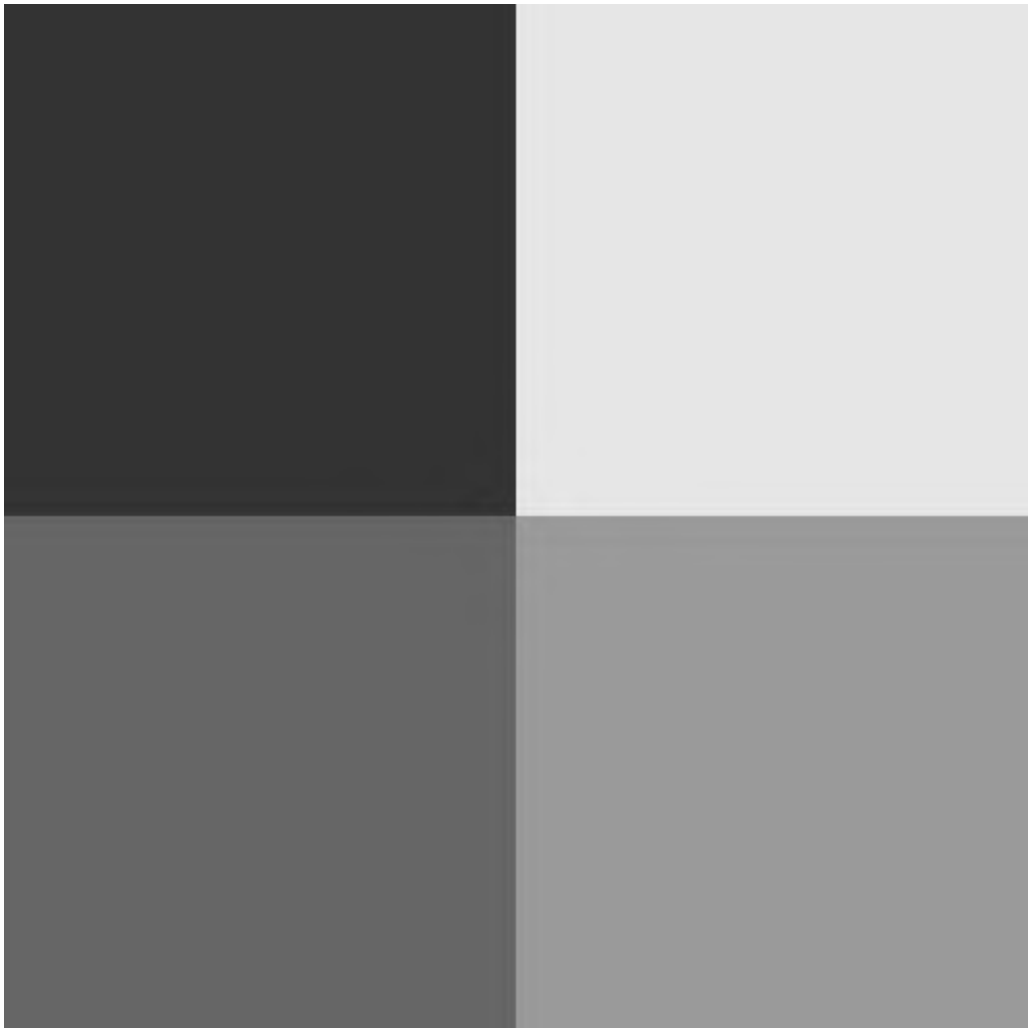


图6-11 傅里叶变换前后的图像

【例6-11】绘制一个二值图像矩阵，并将其傅里叶函数可视化。

```
f=zeros(30,30);
f(5:24,13:17)=1;
subplot(221),
imshow(f, 'InitialMagnification','fit')
F=fft2(f);
F2=log(abs(F));
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(222),
imshow(F2,[-1 5], 'InitialMagnification','fit');
colormap(jet);
F=fft2(f,256,256);        %零填充为256×256矩阵
subplot(223),
imshow(log(abs(F)),[-1 5],'InitialMagnification','fit');
colormap(jet);
F2=fftshift(F);           %将图像频谱中心由矩阵原点移至矩阵中心
subplot(224),
imshow(log(abs(F2)),[-1 5],'InitialMagnification','fit');
colormap(jet);
```

运行结果如图6-12所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

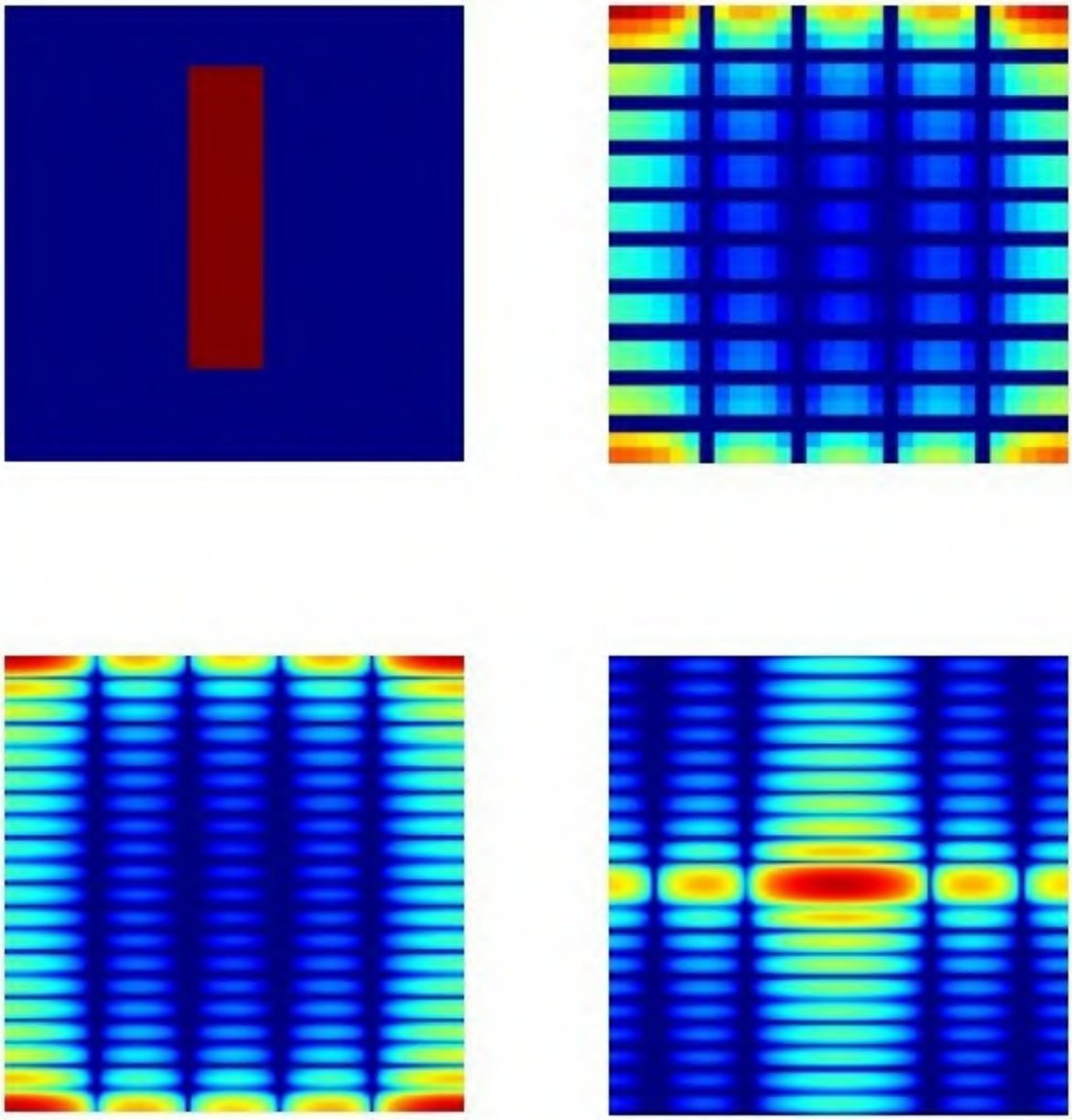


图6-12 二值图像矩阵的傅里叶函数可视化

【例6-12】创建一幅黑白二值图像，在128×128的黑色背景中心产生一个4×4的白色方块，对其进行傅里叶变换。

```
a=zeros(128,128);  %创建一幅二值图像，在128×128的黑色背景中心产生一个4×4的白色方块
a(63:66,63:66)=1;
A=fft2(a);      %对其进行傅里叶变换
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
b=fftshift(A);
for i=1:128
   for j=1:128
      B(i,j)=log(1+abs(A(i,j)));
   end
end
figure;
subplot(221),
imshow(a);
subplot(222),
imshow(A);
subplot(223),
imshow(b);
subplot(224),
imshow(B);
```

运行结果如图6-13所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

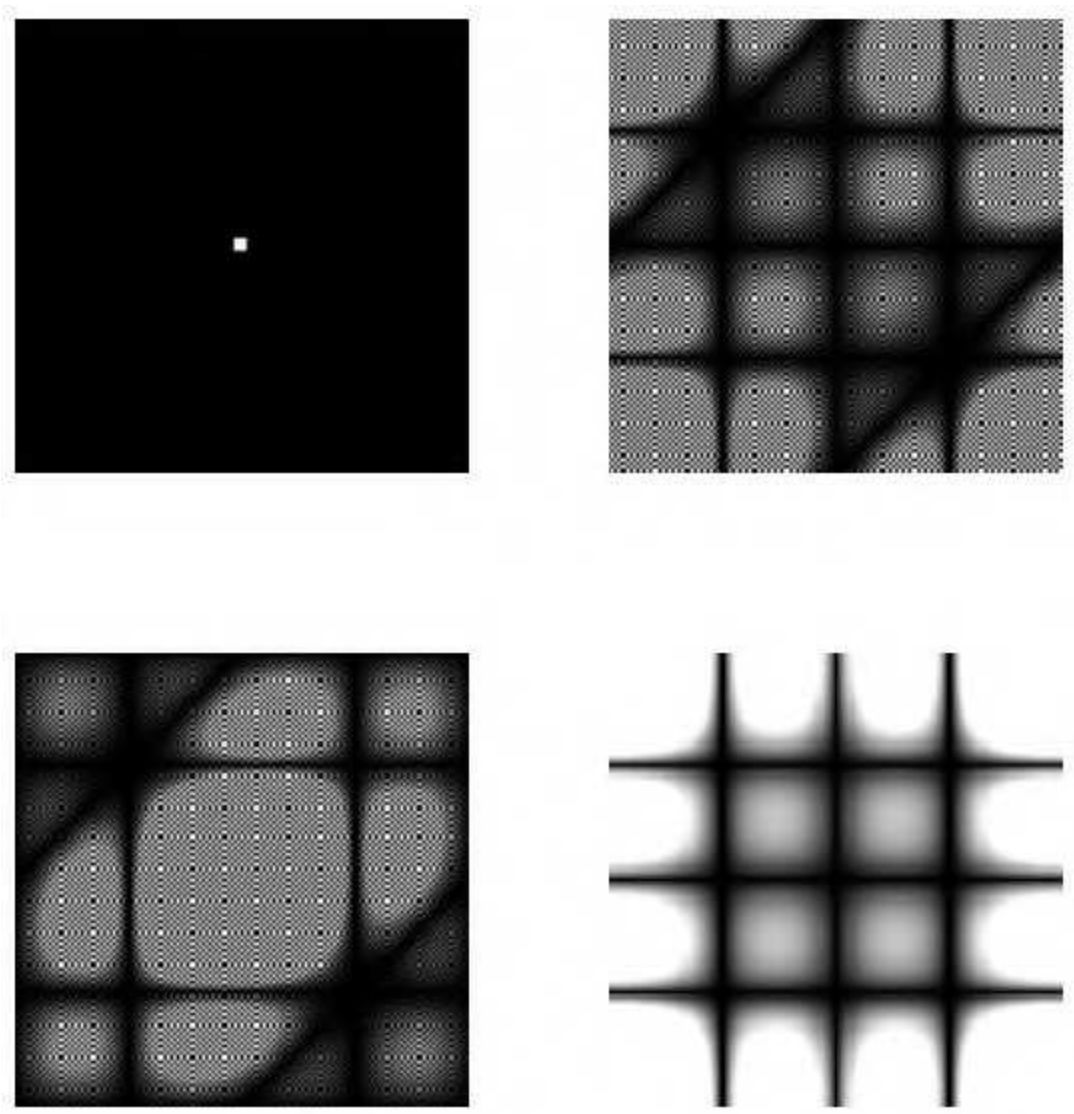


图6-13 二值图像的傅里叶变换

6.2 离散余弦变换

离散余弦变换（Discrete Cosine Transform，简称DCT 变换）是一种与傅里叶变换紧密相关的数学运算。在傅里叶级数展开式中，如果被展开的函数是实偶函数，那么其傅里叶级数中只包含余弦项，再将其离散化可导出余弦变换，因此称之为离散余弦变换。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.2.1 一维离散余弦变换

f(x)为一维离散函数，x=0，1，…，N−1，进行离散变换后：

$$F(u)=\sqrt{\frac{2}{N}}\sum_{x=0}^{N-1}f(x)\cos\left[\frac{\pi}{2N}(2x+1)u\right]$$

,u=1, 2,…,N−1

$$F(0)=\frac{1}{\sqrt{N}}\sum_{x=0}^{N-1}f(x)\ ,\ u=0$$

其反变换为：

$$f(x)=\frac{1}{\sqrt{N}}F(0)+\sqrt{\frac{2}{N}}\sum_{u=1}^{N-1}F(u)\cos\left[\frac{\pi}{2N}(2x+1)u\right]$$

,x=0,1,…,N−1

其中，

$$g(x,0)=\frac{1}{\sqrt{N}}\ ,\quad g(x,u)=\sqrt{\frac{2}{N}}\cos\frac{(2x+1)u\pi}{2N}$$

。

6.2.2 二维离散余弦变换

f (m,n)为二维离散函数，mn,=0,1, 2,…,N−1，进行离散变换后：

$$F(u,v)=a(u)a(v)\sum_{m=0}^{N-1}\sum_{n=0}^{N-1}f(m,n)\cos\frac{(2m+1)u\pi}{2N}\cos\frac{(2n+1)v\pi}{2N}$$

其反变换为：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$f(m,n)=\sum_{u=0}^{N-1}\sum_{v=0}^{N-1}a(u)a(v)F(u,v)\cos\frac{(2m+1)u\pi}{2N}\cos\frac{(2n+1)v\pi}{2N}$$

其中，m,n=0,1, 2,…,N−1，a(u)=a(v)=

$$\begin{cases}\sqrt{\frac{1}{N}}; & u=0或v=0\\ \sqrt{\frac{2}{N}}; & u,v=1,2,\cdots,N-1\end{cases}$$

。

6.2.3 二维离散余弦函数

在MATLAB中，对图像进行二维离散余弦函数变换时有两种方法，对应的函数分别为dct2函数和dctmtx函数。

dct2函数的调用格式如下：

B=dct2(A)

B=dct2(A,m,n)

其中，B＝dct2(A) 计算 A 的 DCT 变换 B，A 与 B 的大小相同；B＝dct2(A,m,n)和B=dct2(A,[m,n])通过对A补0或剪裁，使B的大小为m×n。

dctmtx函数其调用格式如下：

D＝dctmtx(n)

其中，D＝dctmtx(n)返回一个 n×n的DCT 变换矩阵，输出矩阵D为double 类型。

【例6-13】使用dct2对图像进行DCT变换。

```
RGB=imread('onion.png');
subplot(131),
imshow(RGB);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('原始图像');
I=rgb2gray(RGB);    %转换为灰度图像
subplot(132),
imshow(I);
title('DCT变换');
J=dct2(I);          %使用dct2对图像进行DCT变换
subplot(133),
imshow(log(abs(J)),[]),colormap(jet(64));
colorbar;
```

运行结果如图6-14所示。

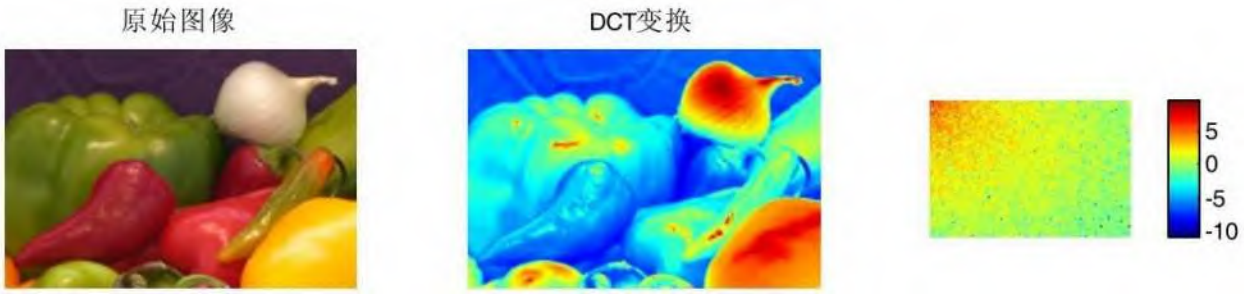


图6-14 进行DCT 变换前后的图像

【例6-14】将DCT变换结果中绝对值小于10的系数舍弃，使用idct2重构图像。

```
RGB=imread('peppers.png');
subplot(131),
imshow(RGB)
I=rgb2gray(RGB);    %转换为灰度图像
J=dct2(I);
K=idct2(J);
subplot(132),
imshow(K,[0 255])
J(abs(J)<10)=0;    %舍弃系数
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
K2=idct2(J);
subplot(133),
imshow(K2,[0 255])
```

运行结果如图6-15所示。

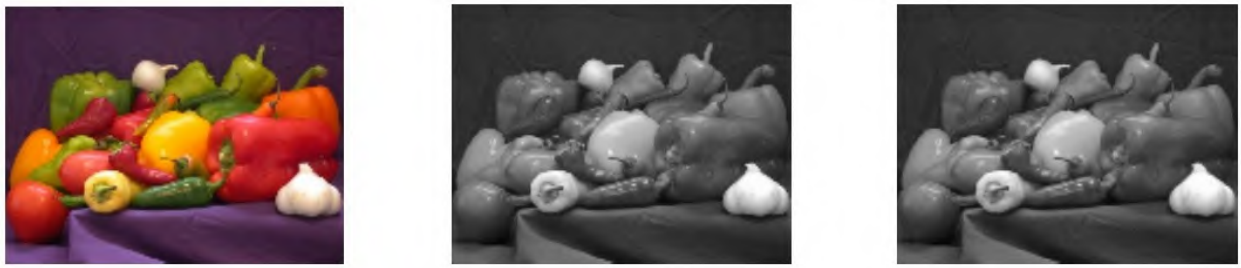


图6-15 离散余弦变换

【例6-15】使用dctmtx函数对图像进行DCT变换。

```
clear;
close all
I=imread('cameraman.tif');
subplot( 121),
imshow(I);
title('原始图像');
I=im2double(I);
T=dctmtx(8);
B=blkproc(I,[8 8], 'P1*x*P2',T,T');
Mask=[ 1 1 1 1 0 0 0 0
   1 1 1 0 0 0 0 0
   1 1 0 0 0 0 0 0
   1 0 0 0 0 0 0 0
   0 0 0 0 0 0 0 0
   0 0 0 0 0 0 0 0
   0 0 0 0 0 0 0 0
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    0 0 0 0 0 0 0 0];
B2=blkproc(B,[8 8],'P1.*x',Mask);    %此处为点乘
I2=blkproc(B2,[8 8], 'P1*x*P2',T',T);
subplot(122),
imshow(I2);                %重建后的图像
title('DCT变换');
```

运行结果如图6-16所示。



图6-16 使用dctmtx函数对图像进行DCT 变换

6.3 Radon 变换

CT的工作原理就是投影重建。投影重建一般指从一个物体的多个轴向投影重建目标图像的过程。CT成像的基本数学原理是Radon变换及其逆变换。目前，Radon变换及其逆变换是图像处理中的一种重要研究方法，许多图像重建便是有效地利用了这种方法，它不必知道图像内部的具体细节，仅利用图像的摄像值便可很好地反演出原图像。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Radon 变换就是将数字图像矩阵在某一指定角度射线方向上做投影变换。例如，二维函数的投影就是其在指定方向上的线积分：在垂直方向上的二维线积分就是在x轴上的投影；在水平方向上的二维线积分就是在y轴上的投影。

设直角坐标系(x,y)转动θ角后得到旋转坐标系($\hat{x}$, $\hat{y}$)，由此得知：

$$\hat{x} = x\cos\theta + y\sin\theta$$

p($\hat{x}$,θ)为原函数f($\hat{x}$, $\hat{y}$)的投影（f(x,y)沿着旋转坐标系中$\hat{x}$ 轴θ方向的线积分）。

根据定义公式知其表达式为：

$$p(\hat{x},\theta) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(x,y)\delta(x\cos\theta + y\sin\theta - x)\mathrm{d}x\mathrm{d}y \quad , \quad 0 \leqslant \theta \leqslant \pi$$

这就是函数 f (x, y)的radon变换。

从理论上讲，图像的重建过程就是逆radon变换过程，其逆变换的表达式为：

$$f(x,y) = (\frac{1}{2\pi})^2 \int_{0}^{\pi}\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\dfrac{\partial p(\hat{x},\theta)}{\partial \hat{x}}}{(x\cos\theta + y\sin\theta) - \hat{x}} \mathrm{d}\hat{x}\,\mathrm{d}\theta$$

Radon 公式就是通过图像的大量线性积分来还原图像。为了达到准确的目的，我们需要不同的θ来建立很多旋转坐标系，从而得到大量的投影函数，以为重建图像的精确度提供基础。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

由Radon变换及投影定理可以很方便地写出滤波逆投影方程：

$$f(x,y)=\int_0^{\pi} g[r\cos(\theta-\varphi),\theta]\mathrm{d}\theta=\int_0^{\pi} g[x\cos\theta+y\sin\theta]\mathrm{d}\theta$$

$$=\int_0^{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} p(\hat{x},\theta)h[r\cos(\theta-\varphi)-\hat{x}]\mathrm{d}\hat{x}\,\mathrm{d}\theta$$

其中，g函数为角度为θ时的累加函数；h 函数为滤波因子；($p^{\hat{x}}$,)θ为仪器得出的测量值函数。方程式中g函数只起到一个中间变换的作用，最终得到关系式：

$$\int_{-\infty}^{\infty} p(s',\theta)h(s-s')\mathrm{d}s'=g(s,\theta)$$

根据给定点(r,θ)在范围为(0,π)上进行积分，就可以得出该点位的函数值。将所有的定点依次积分就得到了重建的图像。

在MATLAB中，计算图像在指定角度上的radon变换，其调用函数为：

[R,xp] = radon(I,theta)

其中，I表示需要变换的图像，Theta表示变换的角度，R的各行返回theta中各方向上的radon变换值，xp表示向量沿轴相应的坐标轴。

其逆变换的调用函数为：

IR = iradon(R,theta)

利用R各列中投影值来构造图像I的近似值。投影数越多，获得的图像越接近原始图像，角度theta必须是固定增量的均匀向量。radon逆变换可以根据投影数据重建图像，因此在X射线断层摄影分析中常常使用。

【例6-16】对图像进行Radon变换处理。

clc;

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
clear all;
close all;
I= zeros(256, 256);        %创建图像
[r, c] = size(I);
I(floor(1/5*r:4/5*r), floor(3/5*c:4/5*c)) = 1;
figure;
subplot(2, 2, 1);
imshow(I);
title('原图像');
[R, xp]= radon(I, [045 90]);   %在0、45、90度方向做 radon变换
subplot(2, 2, 2);
plot(xp, R(:, 1));
title('水平方向的radon变换曲线');
subplot(2, 2, 3);
plot(xp, R(:, 2));
title('45度方向的radon变换曲线');
subplot(2, 2, 4);
plot(xp, R(:, 3));
title('垂直方向的radon变换曲线');
```

运行结果如图6-17所示。

【例6-17】先建立一幅简单图像，然后令变换角度从0°以1°的增量变化到180°。

```
I= zeros(200,200);        %建立简单图像
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

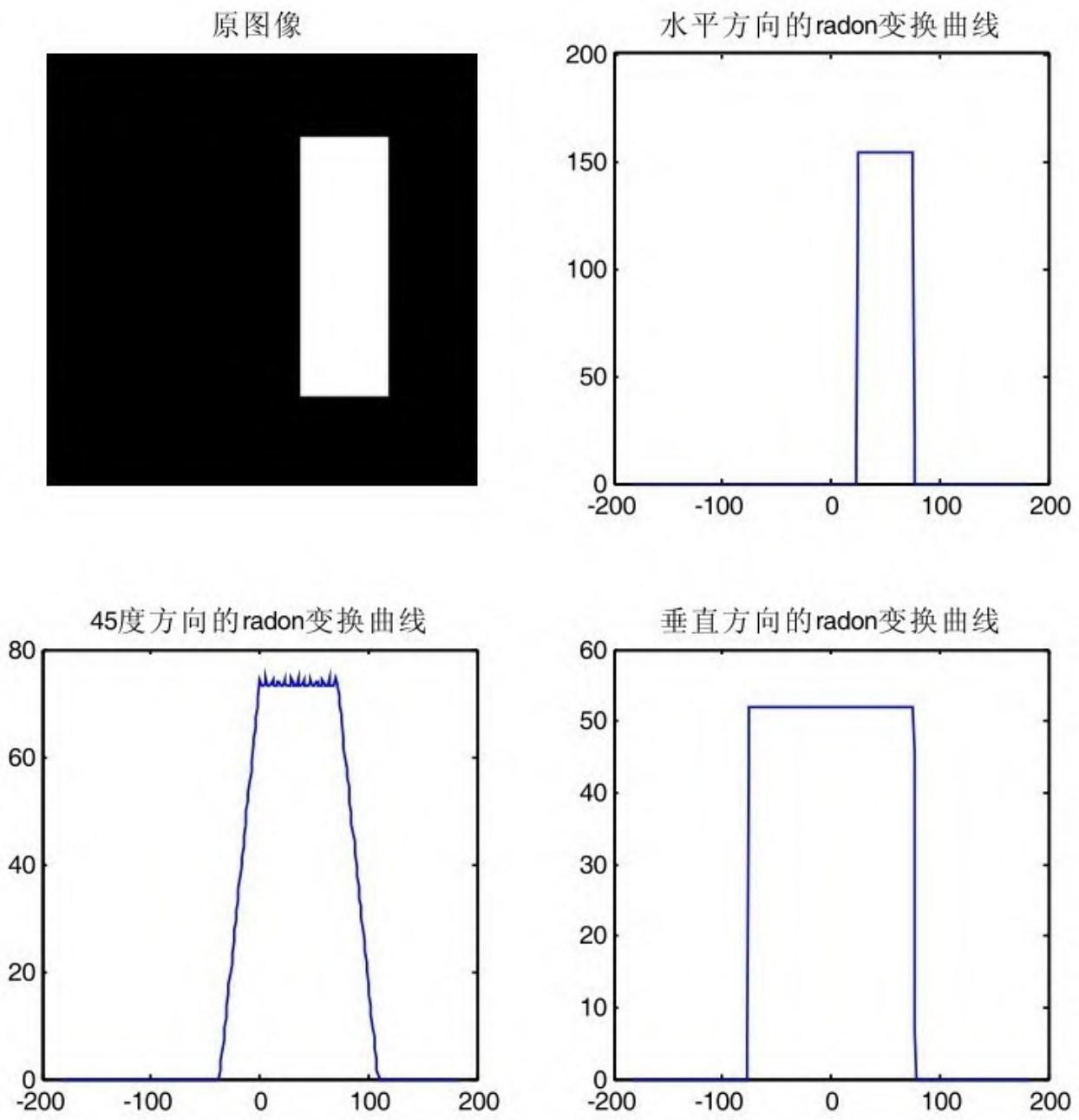


图6-17 Radon变换

```
I(25:75, 25:75) =1;
subplot(1,2,1);
imshow(I);
title('原始图像');
theta= 0:180;          %规定变换角度的范围
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
[R,xp]= radon(I,theta);        %计算Radon变换
subplot(1,2,2);
imagesc(theta,xp,R);        %以图像方式显示变换结果R
   %其x轴和y轴分别为theta和xp
title('R_{\theta} (X\prime)');   %显示图像标题
xlabel('\theta (degrees)');   %显示x坐标
ylabel('X\prime');        %显示y坐标
set(gca,'Xtick',0:20:180);   %设置x坐标刻度
colormap(hot);            %设置调色板
colorbar;
```

运行结果如图6-18所示。

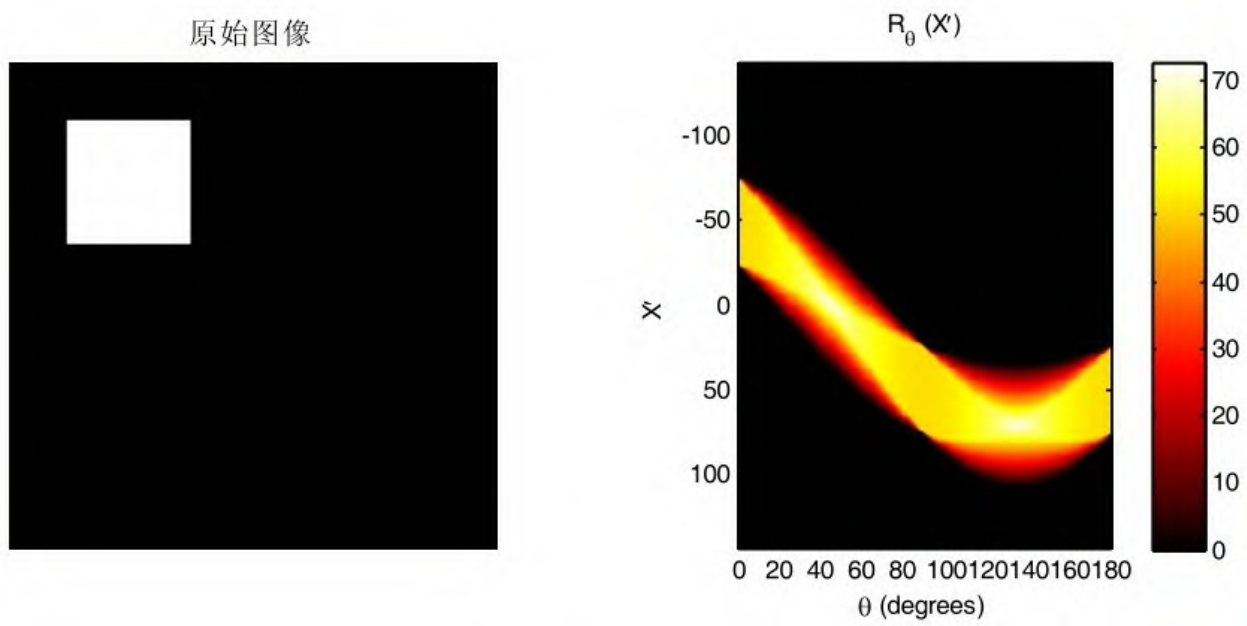


图6-18 连续角度的Radon 变换

【例6-18】利用radon函数和iradon函数计算图像的投影并从投影中重建图像。

```
P= imread('rice.png');
subplot(2,3,1),
imshow(P)
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('原始图像')
theta1=0:10:170;[R1,xp]=radon(P,theta1);   %存在18个角度投影
theta2=0:5:175;[R2,xp]=radon(P,theta2);   %存在36个角度投影
theta3=0:2:178;[R3,xp]=radon(P,theta3);   %存在90个角度投影
subplot(2,3,2),imagesc(theta3,xp,R3);
colormap(hot);
colorbar;
title('经radon变换后的图像')
xlabel('\theta');ylabel('x\prime');       %定义坐标轴
I1=iradon(R1,10);              %用3种情况的逆 radon 变换来重建图像
I2=iradon(R2,5);
I3=iradon(R3,2);
subplot(2,3,3),
imshow(I1);
title('角度增值为10 时的iradon 变换图像')
subplot(2,3,4),
imshow(I2);
title('角度增值为5时的iradon 变换图像')
subplot(2,3,5),
imshow(I3);
title('角度增值为2时的iradon 变换图像')
```

运行结果如图6-19所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

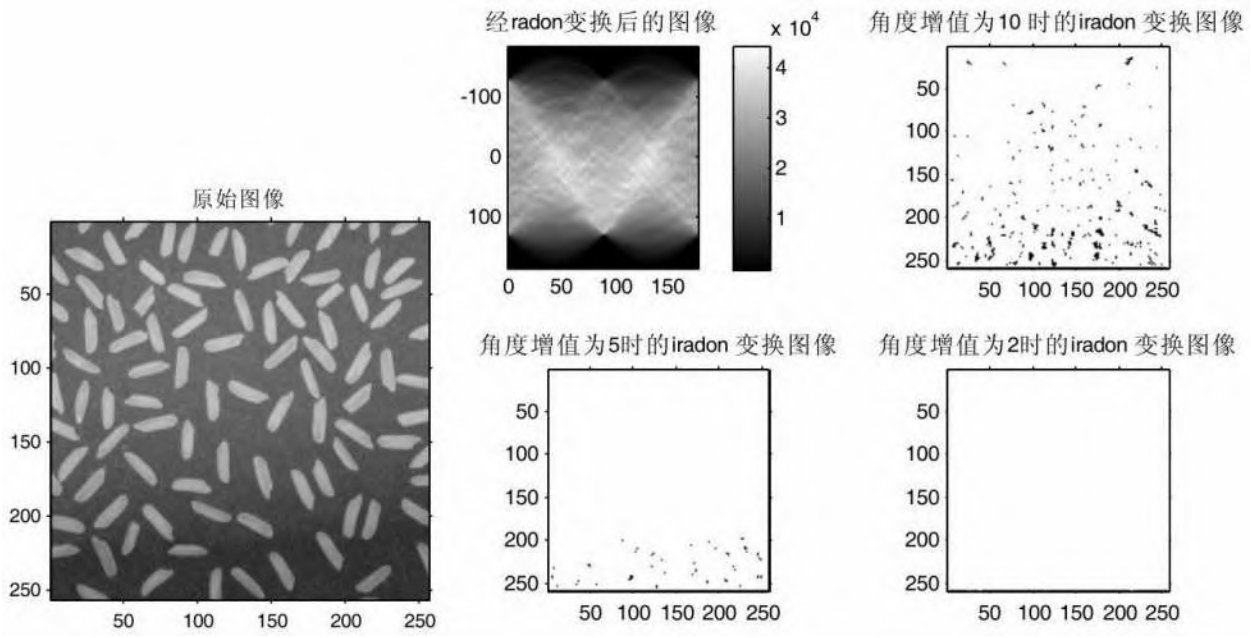


图6-19 3种Radon变换后重构的图像

6.4 Fanbeam 投影变换

与Radon投影类似，Fanbeam投影也是指图像沿着指定方向上的投影。二者的区别在于Radon投影是一个平行光束，而Fanbeam投影则是点光束，并发散成一个扇形，所以其也被称为扇形射线。

在MATLAB中，fanbeam函数用于计算Fanbeam投影，该函数的调用格式为：

f=fanbeam(I,D)

f=fanbeam(...,param1，vall，param1，val2,…)

其中，I 表示 Fanbeam 投影变换的图像；D 表示光源到图像中心像素点的距离；...,param1，vall，param1，val2,…表示输入的一些参数。

【例6-19】利用fanbeam函数对图像进行处理。

```
I=imread('tire.tif');
figure;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(1,2,1),
imshow(I);
d=250;          %计算映射数据，设定几何关系为“弧度”
dsensor1=2;
f1=fanbeam(I,d,'FanSensorSpacing',dsensor1);
dsensor2=1;
f2=fanbeam(I,d,'FanSensorSpacing',dsensor2);
dsensor3=0.25;
[f3,sensor_pos3,fan_rot_angles3]=fanbeam(I,d,'FanSensorSpacing',dsens
subplot(1,2,2),       %显示 f3映射的数据
imagesc(fan_rot_angles3,sensor_pos3,f3);
colormap(hot);
colorbar;
xlabel('Fan Rotation Angle (degrees)');
ylabel('Fan Sensor Position (degrees)');
output_size=max(size(I)); %通过调用ifanbeam函数来实现图像重建
Ifan1=ifanbeam(f1,d,'FanSensorSpacing',dsensor1,'OutputSize',output_si
figure,
subplot(1,3,1),
imshow(Ifan1);
Ifan2=ifanbeam(f2,d,'FanSensorSpacing',dsensor2,'OutputSize',output_si
subplot(1,3,2),
imshow(Ifan2);
Ifan3=ifanbeam(f3,d,'FanSensorSpacing',dsensor3,'OutputSize',output_si
subplot(1,3,3),
imshow(Ifan3);
```

运行结果如图6-20所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

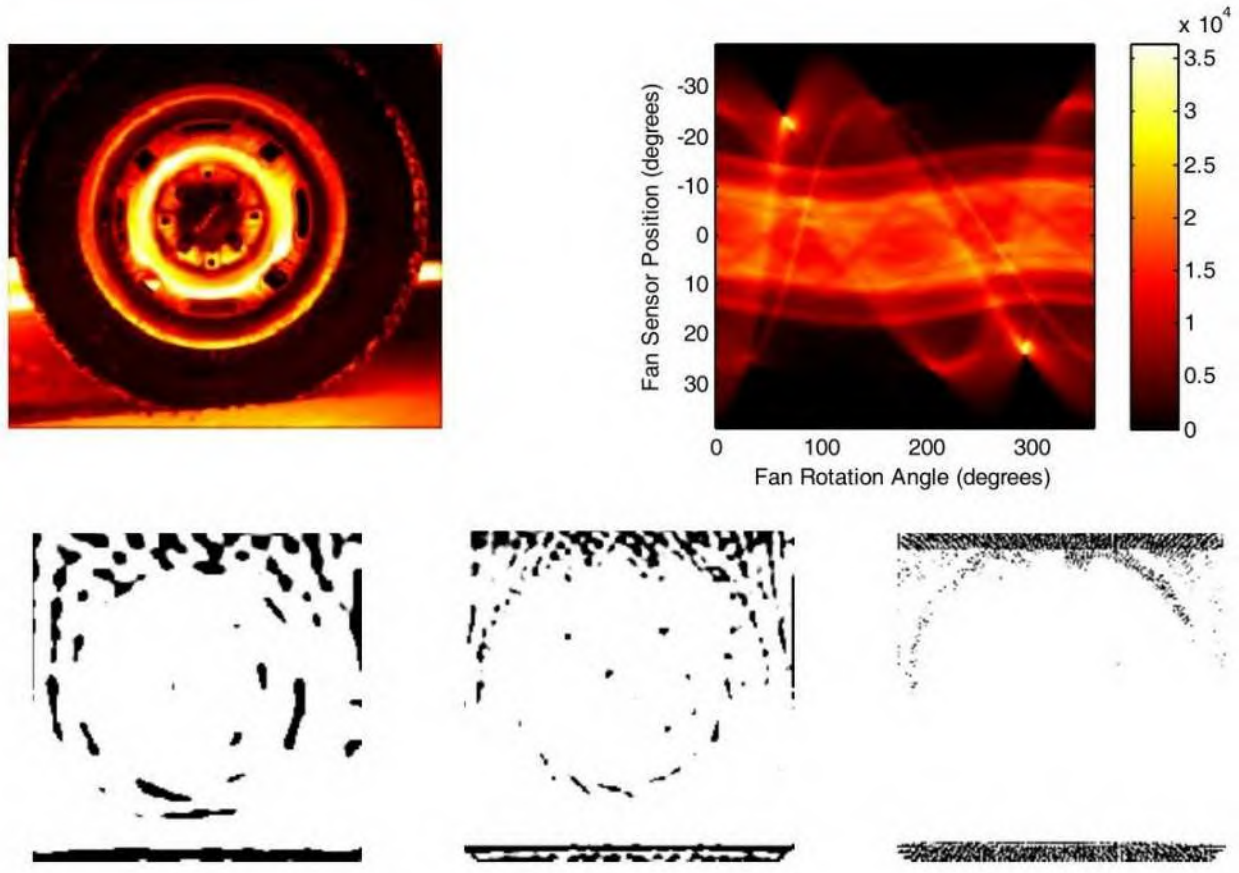


图6-20 Fanbeam变换

6.5 离散沃尔什-哈达玛变换

沃尔什函数是1923年由美国数学家沃尔什提出的，它是一个完备的正交函数系，其值只能取+1和−1。从排列次序上可将沃尔什函数分为3种定义方法，在此只介绍哈达玛排列定义的沃尔什变换。

2^n 阶哈达玛矩阵有如下形式：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$H_1 = [1]$$

$$H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$H_4 = \begin{bmatrix} H_2 & H_2 \\ H_2 & -H_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

一维离散沃尔什变换定义为：

$$W(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \mathrm{Walsh}(u, x)$$

其逆变换定义为：

$$f(x) = \sum_{u=0}^{N-1} W(u) \mathrm{Walsh}(u, x)$$

若将Walsh(u, x)用哈达玛矩阵表示，并将变换表达式写成矩阵形式，则上述两式分别为：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$\begin{bmatrix} W(0) \\ W(1) \\ \vdots \\ W(N-1) \end{bmatrix} = \frac{1}{N}[H_N] \begin{bmatrix} f(0) \\ f(1) \\ \vdots \\ f(N-1) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} f(0) \\ f(1) \\ \vdots \\ f(N-1) \end{bmatrix} = [H_N] \begin{bmatrix} W(0) \\ W(1) \\ \vdots \\ W(N-1) \end{bmatrix}$$

其中，$[H_N]$为N阶哈达玛矩阵。

由哈达玛矩阵的特点可知，沃尔什-哈达玛变换的本质是将离散序列 f (x)的各项值的符号按一定规律改变后进行加减运算，它比采用复数运算的DFT和采用余弦运算的DCT要简单得多。

二维离散沃尔什变换定义为：

$$[W] = \frac{1}{N}[H_N][f(x,y)][H_N]$$

其逆变换定义为：

$$f(x,y) = \frac{1}{N}[H_N][W][H_N]$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

【例6-20】利用离散沃尔什变换对图像进行处理。

```
I1=imread('rice.png');       %读入原图像
subp】lot(131)
imshow(I1);
title('原始图像');          %显示原始图像
I=double(I1);
[m,n]=size(I);
mx=max(m,n);
wal=hadamard(mx);           %生成hadamard函数
[f,e]=log2(n);
I2=dec2bin(0:pow2(0.5,e)-1);
R=bin2dec(I2(:,e-1:-1:1))+1;       %对列序进行二进制的倒序排列
for i=1:m
   for j=1:n
      wal1(i,j)=wal(i,R(j));
   end
end
J=wal1/256*I*wal1'/256;       %对图像进行二维walsh变换
subplot(132)
imshow(J);
title('walsh变换');
K=J(1:m/2,1:n/2);           %截取图像的1/4
K(m,n)=0;              %将图像补零至原图像大小
R=wal1'*K*wal1;           %对图像进行二维walsh反变换
subplot(133)
imshow(R,[]);
title('复原图像');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
cha=I-R;
%R1=uint8(R);
%cha1=I1-R1;
mse=mean(mean(cha.^2));%mse=134.41
%mse2=mse(abs(cha1))
mse1=mse(cha.^2)
```

运行结果如图6-21所示。



图6-21 离散沃尔什变换

【例6-21】对图像进行二维离散Hadamard变换，并与离散余弦变换进行对比。

```
I=imread('cameraman.tif');
subplot(131),
imshow(I);
title('原始图像');
H=hadamard(256);
   %hadamad矩阵
I=double(I)/255;       %数据类型转换
hI=H*I*H;%Hadamard变换
hI=hI/256;
subplot(132)
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imshow(hI);
title('二维离散Hadamard变换');
subplot(133)
cI=dct2(I);       %离散余弦变换
imshow(cI);
title('二维离散余弦变换');
```

运行结果如图6-23所示。



图6-22 Hadamard变换

【例6-22】读入一幅图像，对该图像进行沃尔什-哈达玛变换。

```
clear all
I=imread('cameraman.tif');   %读取图像
subplot(121),
imshow(I)
title('原始图像');
I=double(I);
[m,n]=size(I);
for k=1:n          %对图像进行沃尔什-哈达玛变换
   wht(:,k)=hadamard(m)*I(:,k)/m;
end
for j=1:m
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    wh(:,j)=hadamard(n)*wht(j,:)'/n;
end
wh=wh';
subplot(122),
imshow(wh)
title('沃尔什-哈达玛变换');
```

运行结果如图6-24所示。

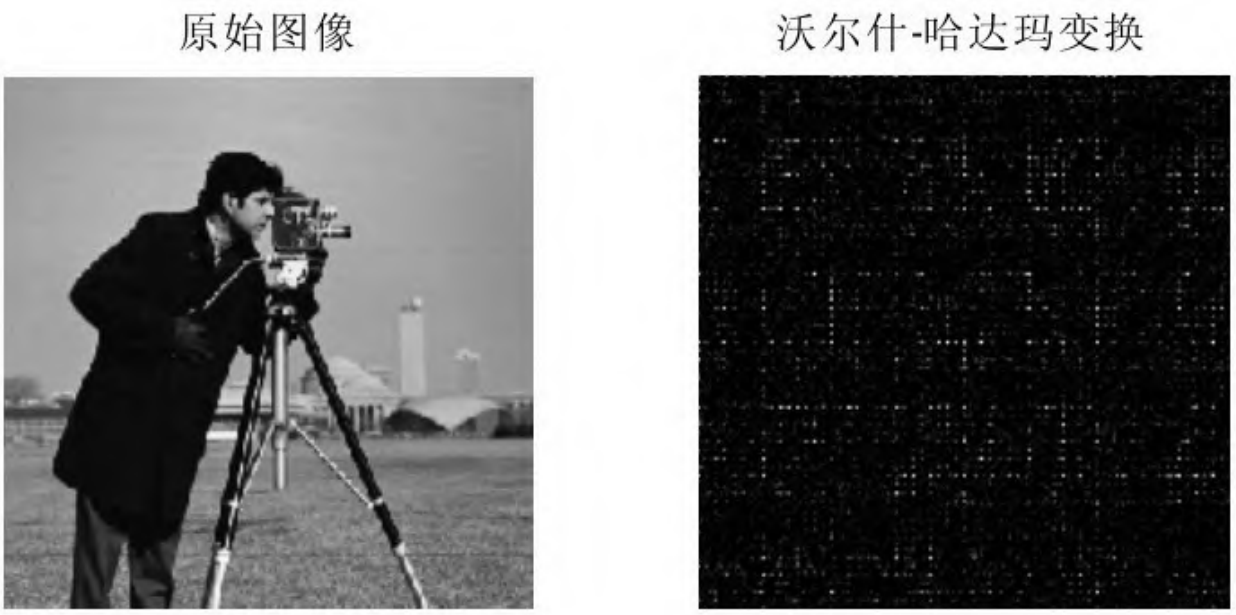


图6-23 沃尔什-哈达玛变换

6.6 小波变换

当需要精确的低频信息时，采用长的时间窗；当需要精确的高频信息时，采用短的时间窗。小波变换用的不是时间-频率域，而是时间-尺度域。尺度越大，采用越大的时间窗，尺度越小，采用越短的时间窗，即尺度与频率成反比。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.6.1 一维连续小波变换

设ψ(t)∈L^2 (R)，其傅里叶变换为 $\hat{\psi}(\bar{\omega})$ ，则当 $\hat{\psi}$ (ω)满足完全重构条件或恒等分辨条件 $C_\psi = \int_R \frac{|\hat{\psi}(\omega)|^2}{|\omega|} \mathrm{d}\omega < \infty$ 时，函数ψ(t)经伸缩和平移后得：ψab, t( )= $\frac{1}{\sqrt{|a|}}\psi(\frac{t-b}{a})$ a, b∈R;a≠0，称其为一个小波序列。其中a为伸缩因子，b为平移因子。

对于任意的函数 f (t)∈L^2 (R)，其连续小波变换为：

$$W_f(a,b) = <f, \psi_{a,b}> = |a|^{-1/2} \int_R f(t)\overline{\psi(\frac{t-b}{a})}\mathrm{d}t$$

其逆变换为：

$$f(t) = \frac{1}{C_\psi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{1}{a^2}W_f(a,b)\psi(\frac{t-b}{a})\mathrm{d}a\mathrm{d}b$$

由于基于小波ψ(t)生成的小波ψ_a ,b (t)在小波变换中对被分析的信号起着观测窗的作用，因此ψ(t)还应该满足一般函数的约束条件：

$$\int_{-\infty}^{\infty}|\psi(t)|\mathrm{d}t < \infty$$

故 $\hat{\psi}$ (ω)是一个连续函数。这意味着，为了满足完全重构条件式，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$\hat{\psi}$(ω)在原点必须等于0，即：

$$\hat{\psi}(0)=\int_{-\infty}^{\infty}\psi(t)\mathrm{d}t=0$$

为了使信号重构的实现在数值上是稳定的，除了完全重构条件外，还要求小波ψ(t)的傅里叶变换满足下面的稳定性条件：

$$A\leqslant\sum_{-\infty}^{\infty}\left|\hat{\psi}(2^{-j}\omega)\right|^2\leqslant B\quad(0<A\leqslant B<\infty)$$

定义一个对偶小波 $\tilde{\psi}$ (t)，其傅里叶变换 $\hat{\tilde{\psi}}$ (ω)由下式给出：

$$\hat{\tilde{\psi}}(\omega)=\frac{\overline{\psi}\times(\omega)}{\sum_{j=-\infty}^{\infty}\left|\overline{\psi}(2^{-j}\omega)\right|^2}$$

在实际应用中，希望它们是唯一对应的，因此，寻找具有唯一对偶小波的合适小波也就成了小波分析中最基本的问题。

6.6.2 高维连续小波变换

对于 f (t)∈L^2 (R^n)(n>1)，下式

$$f(t)=\frac{1}{C_\psi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{1}{a^2}W_f(a,b)\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)\mathrm{d}a\mathrm{d}b$$

存在几种扩展的可能性，一种是选择小波 f (t)∈L^2 (R^n)，使其为球对称，其傅里叶变换也同样球对称：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$\hat{\psi}(\bar{\omega}) = \eta(|\bar{\omega}|)$$

其相容性条件变为：

$$C_\psi = (2\pi)^2 \int_0^\infty |\eta(t)|^2 \frac{\mathrm{d}t}{t} < \infty$$

对所有的 f ,g∈L^2 (g^n)。

$$\int_0^\infty \frac{\mathrm{d}a}{a^{n+1}} W_f(a,b)\bar{W}_g(a,b)\mathrm{d}b = C_\psi < f$$

$$\psi^{a,b}(t) = a^{-n/2}\psi(\frac{t-b}{a})$$

其中，W_f (a,b)=〈$\psi^{a,b}$ 〉，

，a∈R^+ ,a≠0且b∈R^n 。

若选择的小波ψ不是球对称的，但可以用旋转进行同样的扩展与平移。例如，在二维时，可定义：

$$\psi^{a,b,\theta}(t) = a^{-1}\psi(R_\theta^{-1}(\frac{t-b}{a}))$$

$$R_\theta = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}$$

其中，a>0,b∈R^2 ，，相容条件变为：

$$C_\psi = (2\pi)^2 \int_0^\infty \frac{\mathrm{d}r}{r} \int_0^{2\pi} |\hat{\psi}(r\cos\theta, r\sin\theta)|^2 \mathrm{d}\theta < \infty$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

其重构公式为：

$$f = C_\psi^{-1} \int_0^\infty \frac{\mathrm{d}a}{a^3} \int_{R^2} \mathrm{d}b \int_0^{2\pi} W_f(a,b,\theta) \psi^{a,b,\theta} \mathrm{d}\theta$$

若是高于二维的情况，也可以给出类似的结论。

6.6.3 连续小波变换的性质

（1）线性：一个多分量信号的小波变换等于各个分量的小波变换的总和。

（2）平移不变性：若W_f (a,b)是 f (t)的小波变换，则 f (t−τ)经过小波变换为W_f (a,b−τ)。

（3）伸缩共变性：若W_f (a,b)是f(t)的小波变换，则f(ct)经过小波变换为 $\frac{1}{\sqrt{c}}$ W_f (ca,cb),c>0。

（4）自相似性：不同尺度参数a和不同平移参数b的连续小波变换之间是自相似的。

（5）冗余性：连续小波变换中存在信息表述的冗余性。它主要表现在重构分式不唯一和$\psi_{a,b}$ (t)存在许多可能的选择两个方面。

6.6.4 离散小波变换

在连续小波中，考虑函数：

$$\psi_{a,b}(t) = |a|^{-1/2} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right)$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

这里b∈R，a∈R^+，且a≠0，ψ是容许的，在离散化中，这样相容性条件就变为：

$$C_\psi = \int_0^\infty \frac{|\hat{\psi}(\bar{\omega})|}{|\bar{\omega}|} \mathrm{d}\bar{\omega} < \infty$$

把连续小波变换中尺度参数a和平移参数b的离散公式分别取作 $a = a_0^j$,b= $ka_0^j b_0$ ，这里 j∈Z，假定扩展步长a_0 >1，所以对应的离散小波函数ψ_j ,k (t)即可写作：

$$\psi_{j,k}(t) = a_0^{-j/2}\psi(\frac{t - ka_0^j b_0}{a_0^j}) = a_0^{-j/2}\psi(a_0^{-j}t - kb_0)$$

而离散化小波变换系数则可表示为：

$$C_{j,k} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\psi_{j,k}^*(t)\mathrm{d}t = < f, \psi_{j,k} >$$

其重构公式为：

$$f(t) = C\sum_{-\infty}^{\infty}\sum_{-\infty}^{\infty} C_{j,k}\psi_{j,k}(t)$$

其中，C是一个常数。

在MATLAB中，二维离散小波变化对于图像的处理是通过函数的形式来进行的，主要的处理函数如表6-1所示。

表6-1 常用的DWT函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

函 数 名	函数功能
dwt2	二维离散小波变换
wavedec2	二维信号的多层小波分解
idwt2	二维离散小波反变换
upcoef2	由多层小波分解重构近似分量或细节分量
wcodemat	对矩阵进行量化编码

其中，dwt2函数的应用格式为：

[cA,cH,cV,cD]=dwt2(X,'wname')

表示使用指定的小波基函数；'wname' 对二维信号 X 进行二维离散小波变换；cA,cH,cV,cD 分别为近似分量、水平细节分量、垂直细节分量和对角细节分量。

wavedec2函数的格式为：

[C,S]=wavedec2(X,N,'wname')

表示使用小波基函数 'wname' 对二维信号 X 进行 N 层分解。

idwt2函数格式为：

X=idwt2(cA,cH,cV,cD,'wname')

表示由信号小波分解的近似信号 cA 和细节信号 cH、cV、cD 经小波反变换重构原信号 X。

upcoef2函数格式为

X=upcoef2(O,X,'wname',N,S)

表示O对应分解信号的类型，即‘a’、‘h’、‘v’、‘d’，X为原图像的矩阵信号；‘wname’为小波基函数；N为一整数，一般取1。

wcodemat函数格式为：

X=wcodemat(x,nb)

表示对矩阵x的量化编码；函数中nb作为x矩阵中绝对值最大的值，一般取192。

【例6-23】利用离散小波对图像进行处理。

load detfingr;

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(221);
image(X);
colormap(map)
title('原始图像');
axis square
whos('X')          %对图像用bior3.7小波进行2层小波分解
[c,s]=wavedec2(X,2,'bior3.7');   %提取小波分解结构中第1层低频系数和高频系数
ca1=appcoef2(c,s,'bior3.7',1);
ch1=detcoef2('h',c,s,1);
cv1=detcoef2('v',c,s,1);
cd1=detcoef2('d',c,s,1);       %分别对各频率成分进行重构
a1=wrcoef2('a',c,s,'bior3.7',1);
h1=wrcoef2('h',c,s,'bior3.7',1);
v1=wrcoef2('v',c,s,'bior3.7',1);
d1=wrcoef2('d',c,s,'bior3.7',1);
c1=[a1,h1;v1,d1];       %显示分解后各频率成分的信息
subplot(222);
image(c1);
axis square
title('分解后低频和高频信息');
```

运行结果如图6-24所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

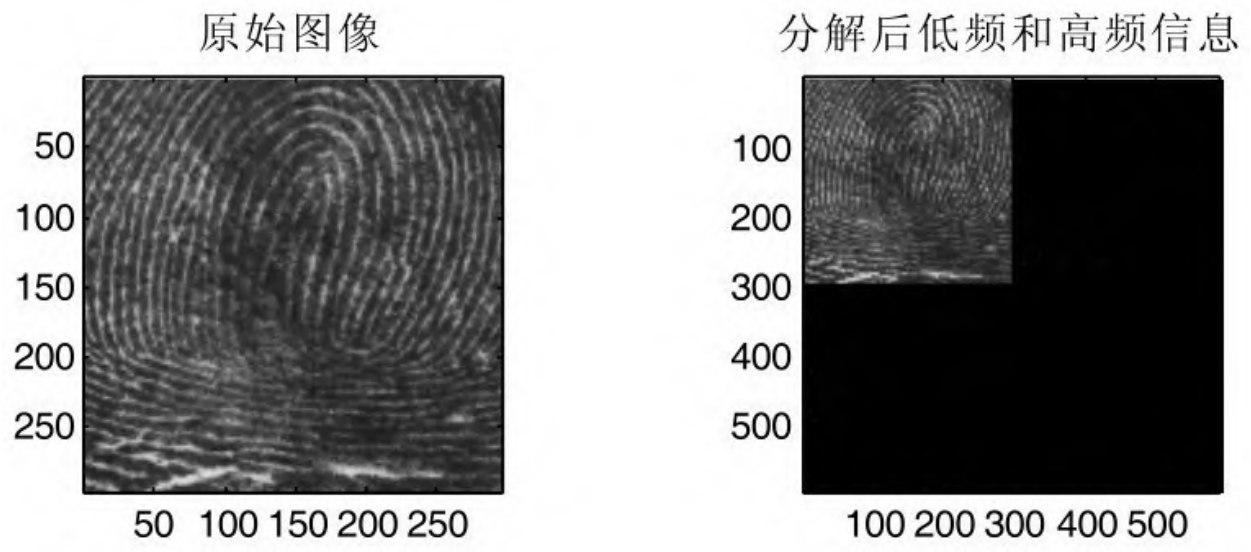


图6-24 图像小波处理

将同一对象的两个或更多的图像合成在一幅图像中就是图像的融合，融合后的图像比原来的任何一幅图像都更容易为人们所理解。

【例6-24】用二维小波将woman.mat和wbarb.mat两幅图像融合在一起。

```
loadwoman;                %调入第1幅模糊图像
X1=X;                     %复制
loadwbarb;                %调入第2幅模糊图像
X2=X;                     %复制
XFUS=wfusimg(X1,X2,'sym4',5,'max','max');   %基于小波分解的图像融合
subplot(131);
image(X1);
colormap(map);            %设置色彩索引图
axis square;              %设置显示比例
title('woman');           %设置图像标题
subplot(132);
image(X2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
colormap(map);      %设置色彩索引图
axis square;        %设置显示比例
title('wbarb');     %设置图像标题
subplot(133);
image(XFUS);
colormap(map);
axis square;        %设置显示比例
title('融合图像');
```

运行结果如图6-25所示。

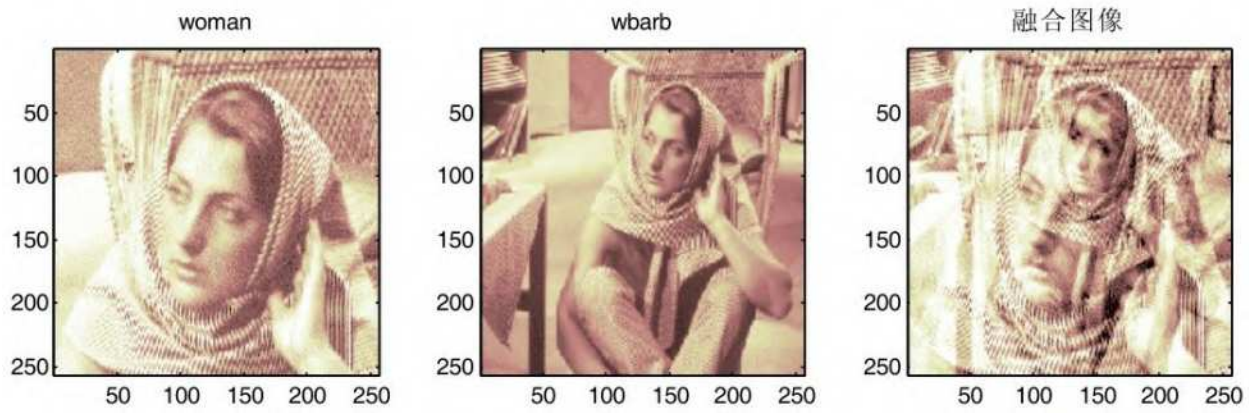


图6-25 小波变换应用于图像的融合

6.7 本章小结

本章是数字图像处理的重要内容，主要介绍了图像处理中的傅里叶变换、离散余弦变换、Radon变换及其逆变换、Fanbeam投影变换、离散沃尔什-哈达玛变换、小波变换，并分别对这些变换的定义、函数的用法做了说明，最后简单地介绍了这些变换的应用实例。读者对本章提到的函数要熟悉运用，掌握其用法，最好在实践中进行学习。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第7章 图像的增强

在图像形成、传输或变换的过程中，由于受到一些客观因素的影响，会使图像产生失真，如图像对比度降低和图像模糊等。因此，需要利用图像增强技术改善这种情况。图像增强是图像处理中的基本技术之一，它是把原来不清晰的图像变得清晰，或者抑制图像的某些特征而使另一些特征得到增强。其主要目的是使处理后的图像质量得到改善，增加图像的信噪比，或者增强图像的视觉效果。

学习目标：

1.掌握灰度变换增强的基本原理、实现步骤。

2.了解噪声的分类相关的概念。

3.掌握空间域滤波、频域增强的基本原理、实现步骤。

4.理解色彩增强实现步骤。

5.理解小波变换在图像增强的实现方法。

7.1 灰度变换增强

灰度变换增强是把对比度弱的图像变成对比度强的图像。由于受各种拍摄条件的限制，图像的对比度有时比较差，图像的直方图分布有时也不够均衡，主要的元素集中在几个像素值附近，通过直方图均衡化，可使得图像中各个像素值尽可能均匀地分布或者服从一定形式的分布，从而提高图像的对比度。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.1.1 图像直方图的含义

直方图是多种空间域处理技术的基础。直方图操作能有效地增强图像，直方图固有的信息在其他图像处理应用中也是非常有用的，如图像压缩与分割。直方图在软件中易于计算，也适用于商用硬件设备，因此，它们成为了实时图像处理的一个流行工具。

灰度级为[0, L−1]范围的数字图像的直方图是离散函数$h(r_k)=n_k$，这里r_k是第k 级灰度，n_k是图像中灰度级为r_k的像素个数。

经常以图像中像素的总数（用n表示）来除它的每一个值得到归一化的直方图。因此，一个归一化的直方图由$P(r_k)=n_k/n$给出。

简单地说，$P(r_k)$给出了灰度级为r_k发生的概率估计值。一个归一化的直方图其所有部分之和应等于1。

在MATLAB中，imhist函数可以显示一幅图像的直方图。其常见调用方法如下：

```
imhist(I)
```

其中I是图像矩阵，该函数返回一幅图像，显示I的直方图。

【例7-1】首先读取一幅图像，然后显示这幅图像的直方图。

```
I=imread('eight.tif');  %读取图像
subplot(121),
imshow(I);      %显示原图像
title('原始图像');
subplot(122),
imhist(I);      %显示其直方图
title('直方图');
```

运行结果如图7-1所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

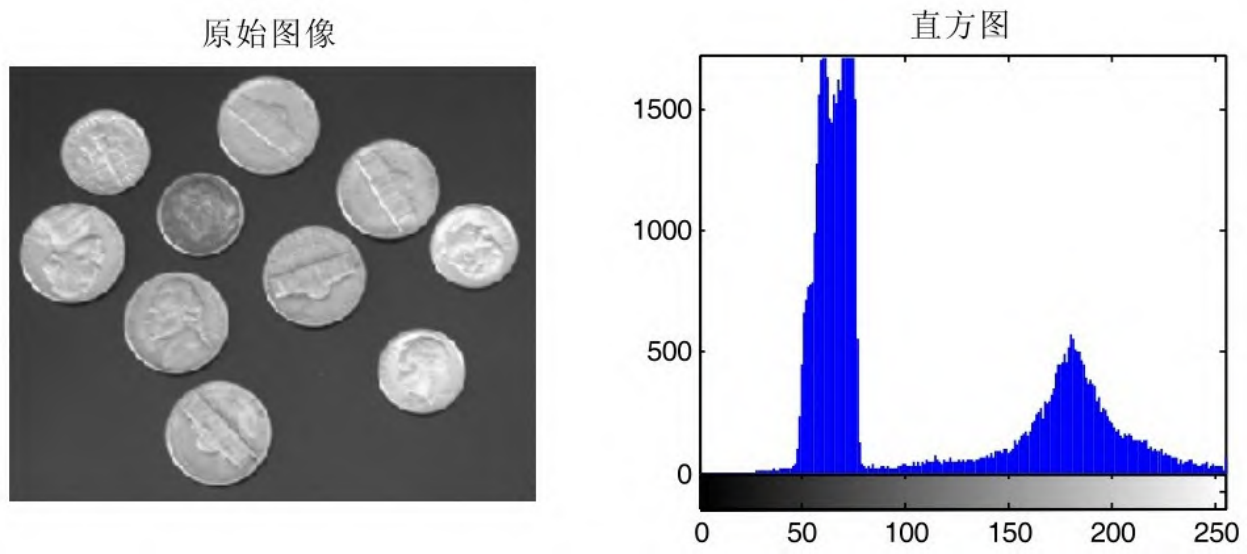


图7-1 图像和其直方图

7.1.2 图像直方图的均衡化

直方图均衡化又称直方图平坦化，实质上是对图像进行非线性拉伸，重新分配图像象元值，使一定灰度范围内象元值的数量大致相等。这样，原来直方图中间的峰顶部分对比度得到增强，而两侧的谷底部分对比度降低，输出图像的直方图是一个较平的分段直方图。如果输出数据分段值较小，则会产生粗略分类的视觉效果。

设变量 r 代表图像中像素灰度级。对灰度级进行归一化处理，则0≤r≤1，其中 r= 0表示黑，r= 1 表示白。对于一幅给定的图像来说，每个像素值在[0,1]范围间的灰度级是随机的。用概率密度函数$p_r(r)$来表示图像灰度级的分布。

为了有利于数字图像处理，引入离散形式。在离散形式下，用r^k 代表离散灰度级，用$P_r(r^k)$ 代表 $p_r(r)$，并且下式成立

$$P_r(r^k)=\frac{nk}{n}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

其中，$0 \le r^k \le 1$, k=0, 1, 2, …, n-1。式中，n^k 为图像中出现r^k 这种灰度的像素数，n是图像中的像素总数，而 $\frac{nk}{n}$ 就是概率论中的频数。图像进行直方图均衡化的函数表达式为：

$$S_i = T(r_i) = \sum_{i=0}^{k-1} \frac{n_i}{n}$$

式中，k为灰度级数。相应的反变换为：

$$r^i = T^{-1}(S_i)$$

在MATLAB中，histeq函数用于直方图均衡化，该函数的调用方法如下：

J=histeq(I)

其中，I是输入的原图像，J是直方图均衡化后的图像。

【例7-2】利用histeq函数进行直方图均衡化。

```
I=imread('onion.png');   %读取图像
figure;
subplot(2,2,1);
imshow(I);
title('原始图像');
I=rgb2gray(I);
subplot(2,2,2);
imhist(I);
title('原始图像直方图');
I1=histeq(I);       %图像均衡化
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(2,2,3);
imshow(I1);
title('图像均衡化');
subplot(2,2,4);
imhist(I1);
title('直方图均衡化');
```

运行结果如图7-2所示。

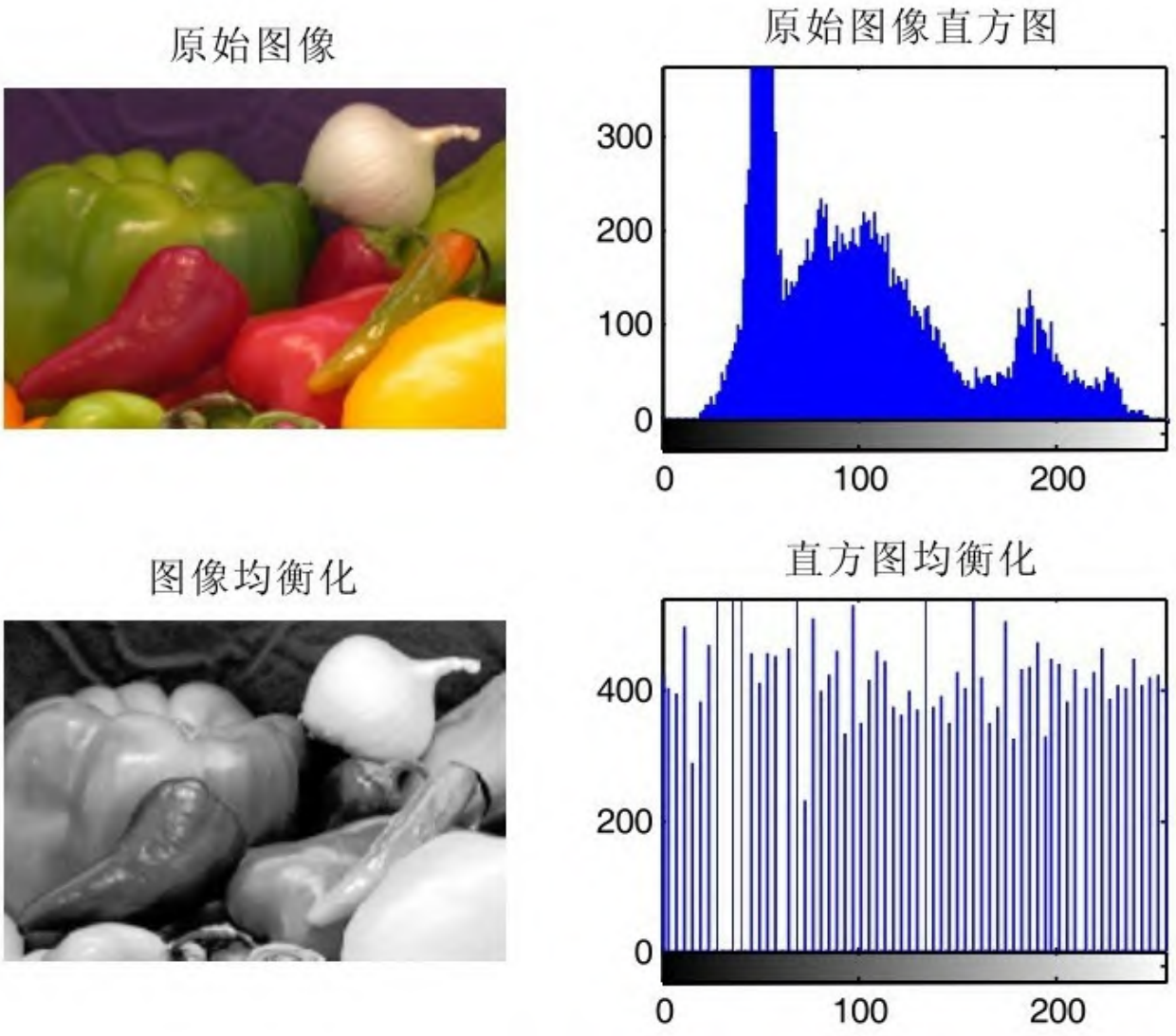


图7-2 直方图均衡化

7.1.3 灰度的调整

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

灰度变换可使图像动态范围增大，对比度得到扩展，使图像清晰、特征明显，是图像增强的重要手段之一。它主要利用点运算来修正像素灰度，由输入像素点的灰度值来确定相应输出点的灰度值，是一种基于图像变换的操作。

灰度变换不改变图像内的空间关系，除了灰度级的改变是根据某种特定的灰度变换函数进行之外，灰度变换可以看作是“从像素到像素”的复制操作。

在图像处理中，空域是指由像素组成的空间。空域增强方法是直接对图像中的像素进行处理，从根本上说是以图像的灰度映射变换为基础的，所用的映射变换类型取决于增强的目的。空域增强方法可表示为：

$$g(x,y)=T[f(x,y)]$$

其中，f (x, y)是输入图像，g(x, y)是处理后的图像，T是对 f 的一种操作，其定义在(x, y)的邻域。另外，T能对输入图像集进行操作。

T操作最简单的形式是针对单个像素，这时也就是在1×1领域中。在这种情况下，g仅仅依赖于 f 在点(x, y)的值，T操作成为灰度级变换函数，形式为：

$$s=T(r)$$

这里，令r和s是所定义的变量，分别是 f (x, y)和g(x, y)在任意点(x, y)的灰度级。

更大的邻域会有更多的灵活性。一般的方法是，利用点(x, y)事先定义的邻域里的一个函数来决定g在(x, y)的值，其公式化的一个主要方法是以利用所谓的模板（也指滤波器、核、掩模或窗口）为基础的。从根本上说，模板是一个3×3二维阵列，模板的系数值决定了处理的性质，如图像尖锐化等。以这种方法为基础的增强技术通常是指模板处理或滤波。

1.线性变换

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

假定原图像 f (x, y)的灰度范围为[a,b]，变换后的图像g(x, y)的灰度范围线性的扩展至[c,d]，则对于图像中的任一点的灰度值 f (x, y)，一变换后为g(x, y)，其数学表达式如下：

$$g(x,y)=\frac{d-c}{b-\mathrm{a}}\times[f(x,y)-a]+c$$

若图像中大部分像素的灰度级分布在区间[a, b]内，max f 为原图的最大灰度级，只有很小一部分的灰度级超过了此区间，则为了改善增强效果，可以令：

$$g(x,y)=\begin{cases}c\\ \dfrac{d-c}{b-a}\times[f(x,y)-a]+c\\ d\end{cases}$$

在曝光不足或过度的情况下，图像的灰度可能会局限在一个很小的范围内，这时得到的图像可能是一个模糊不清、似乎没有灰度层次的图像。采用线性变换对图像中每一个像素灰度作线性拉伸，将有效改善图像视觉效果。

【例7-3】用MATLAB程序实现线性灰度变换的图像增强。

```
I=imread('fabric.png');
subplot(2,2,1),imshow(I);
title('原始图像');
axis([50,250,50,200]);
axis on;          %显示坐标系
I1=rgb2gray(I);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(2,2,2),imshow(I1);
title('灰度图像');
axis([50,250,50,200]);
axis on;
J=imadjust(I1,[0.1 0.5],[]);  %局部拉伸，把[0.1 0.5]内的灰度拉伸为[0 1]
subplot(2,2,3),imshow(J);
title('线性变换图像[0.1 0.5]');
axis([50,250,50,200]);
grid on;
axis on;
K=imadjust(I1,[0.3  0.7],[]);  %局部拉伸，把[0.3  0.7]内的灰度拉伸为[0 1]
subplot(2,2,4),imshow(K);
title('线性变换图像[0.3 0.7]');axis([50,250,50,200]);
grid on;          %显示网格线
axis on;          %显示坐标系
```

运行结果如图7-3所示：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

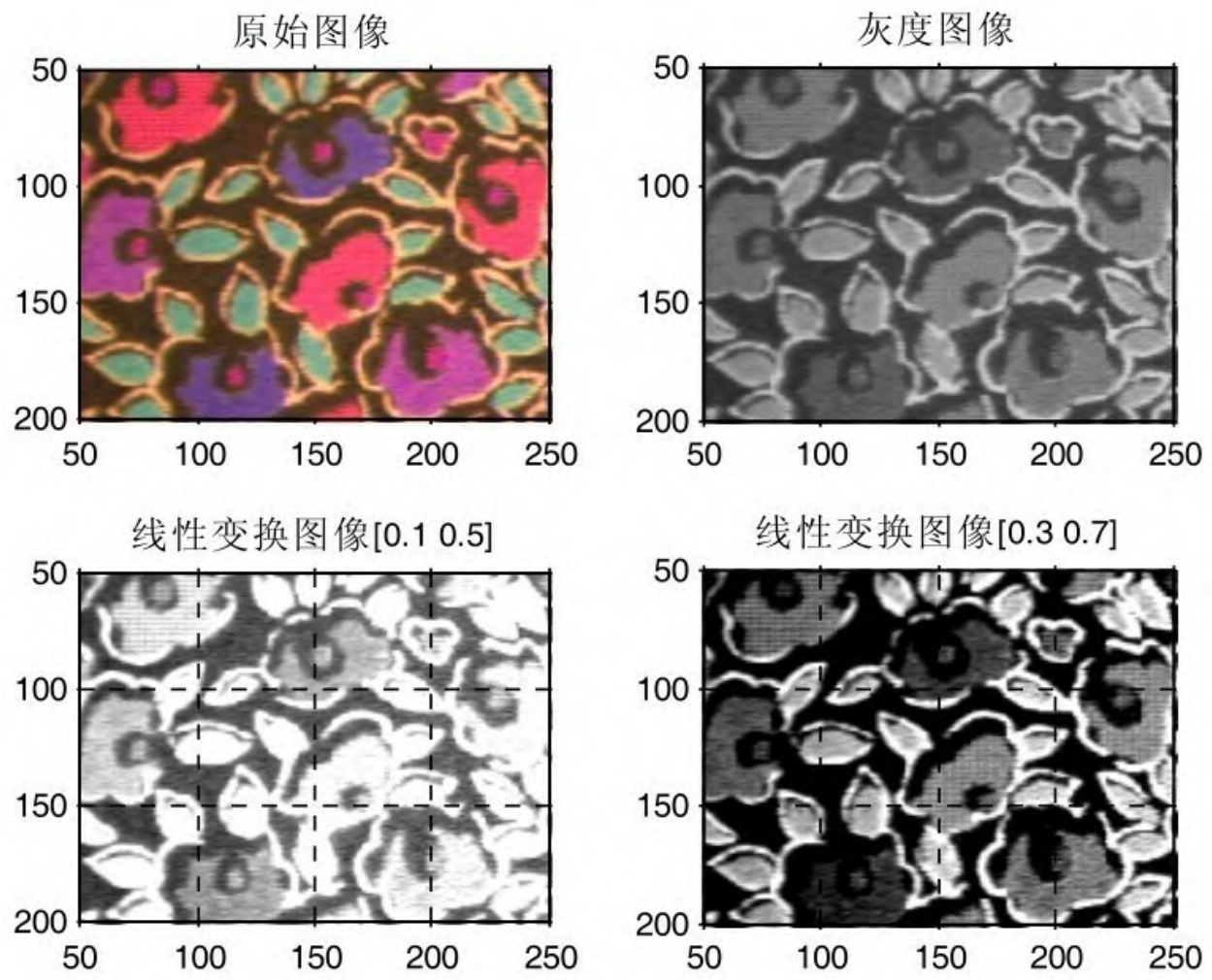


图7-3 线性灰度变换的图像增强

2.非线性变换

非线性变换就是利用非线性变换函数对图像进行灰度变换，主要有指数变换、对数变换等。

输出图像的像素点的灰度值与对应的输入图像的像素灰度值之间满足指数关系的称为指数变换，其一般公式为：

$$g(x,y)=b^{f(x,y)}$$

其中，b 为底数。为了增加变换的动态范围，在上述一般公式中可以加入一些调制参数，以改变变换曲线的初始位置和曲线的变化速率。这时的变换公式为：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$g(x,y)=b^{c\times[f(x,y)-a]}-1$$

式中，a，b，c 都是可以选择的参数，当 f(x,y)=a 时，g(x,y)=0，此时指数曲线交于 X轴。由此可见，参数a决定了指数变换曲线的初始位置，参数c决定了变换曲线的陡度，即曲线的变化速率。指数变换用于扩展高灰度区，一般适用于过亮的图像。

对数变换，是指输出图像的像素点的灰度值与对应的输入图像的像素灰度值之间为对数关系，其一般公式为：

$$g(x,y)=\lg[f(x,y)]$$

其中lg表示以 10 为底，也可以选用自然对数ln。为了增加变换的动态范围，在上述一般公式中可以加入一些调制参数，这时的变换公式为：

$$g(x,y)=a+\frac{\ln[f(x,y)+1]}{b\times\ln c}$$

式中，a ，b ，c 都是可以选择的参数，f(x,y)+1 是为了避免对 0 求对数，确保ln[f(x,y)+1].0。当f(x,y)=0时，ln[f(x,y)+1]=0，则y=a，则a为Y轴上的截距，确定了变换曲线的初始位置的变换关系，b、c两个参数确定变换曲线的变化速率。对数变换用于扩展低灰度区，一般适用于过暗的图像。

【例7-4】对数非线性灰度变换。

```
I=imread('football.jpg');
I1=rgb2gray(I);
subplot(1,2,1),imshow(I1);
title('灰度图像');
axis([50,250,50,200]);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
grid on;        %显示网格线
axis on;        %显示坐标系
J=double(I1);
J=40*(log(J+1));
H=uint8(J);
subplot(1,2,2),
imshow(H);
title('对数变换图像');
axis([50,250,50,200]);
grid on;
axis on;
```

运行结果如图7-4所示。

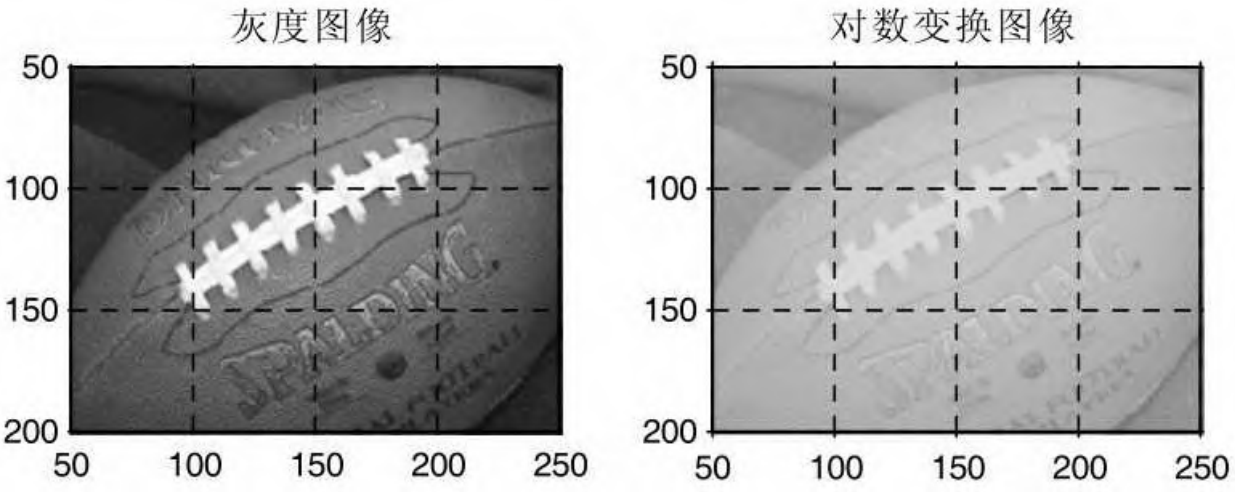


图7-4 非现线性灰度变换的图像增强

【例7-5】对图像进行非线性处理，并显示函数的曲线图。

```
a=imread('pout.tif');       %读取原始图像
subplot(1,3,1),
imshow(a);          %显示原始图像
title('原始图像');
   %显示函数的曲线图
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
x=1:255;
y=x+x.*(255-x)/255;
subplot(1,3,2),
plot(x,y);          %绘制的曲线图
title('函数的曲线图');
b1=double(a)+0.006*double(a) .*(255-double(a));
subplot(1,3,3),
imshow(uint8(b1));      %显示非线性处理图像
title('非线性处理效果');
```

运行结果如图7-5所示。

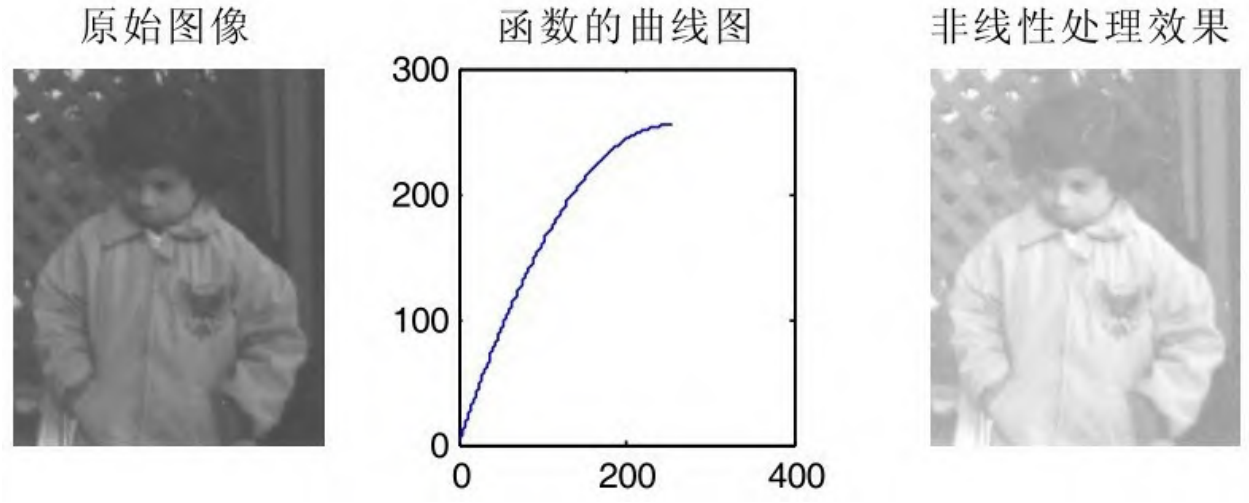


图7-5 非线性处理效果图

3.灰度调整函数

在MATLAB的图像处理工具箱中，提供有调整灰度的函数imadust，使用这个函数可以规定输出图像的像素范围，它的常用的调用方法如下：

```
J=imadust(I)
J=imadjust(I,[low_in;high_in],[low_out; high_out])
J=imadjust(I,[low_in;high_in],[low_out; high_out],gamma)
```

其中，I是输入的图像，J是返回的调整后的图像，该函数把在

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

[low_in;high_in]的像素值调整到[low_out; high_out])，而低于low_in 的像素值映射为low_out，高于high_in　的像素值映射为high_out，Gamma则描述了输入图像和输出图像之间映射曲线的形状。

【例7-6】通过调整灰度来增加图像的对比度。

```
clear
I=imread('rice.png');　%读取图像
subplot(2,2,1);
imshow(I);
title('原图像');
subplot(2,2,2);
imhist(I);
title('原图像直方图');
subplot(2,2,3);
J=imadjust(I,[],[0.4 0.6]);　%调整图像的灰度到指定范围
imshow(J);
title('调整灰度后的图像');
subplot(2,2,4);
imhist(J);
title('调整灰度后的直方图');
```

运行结果如图7-6所示，通过对比可以看到对比度得到了增强。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

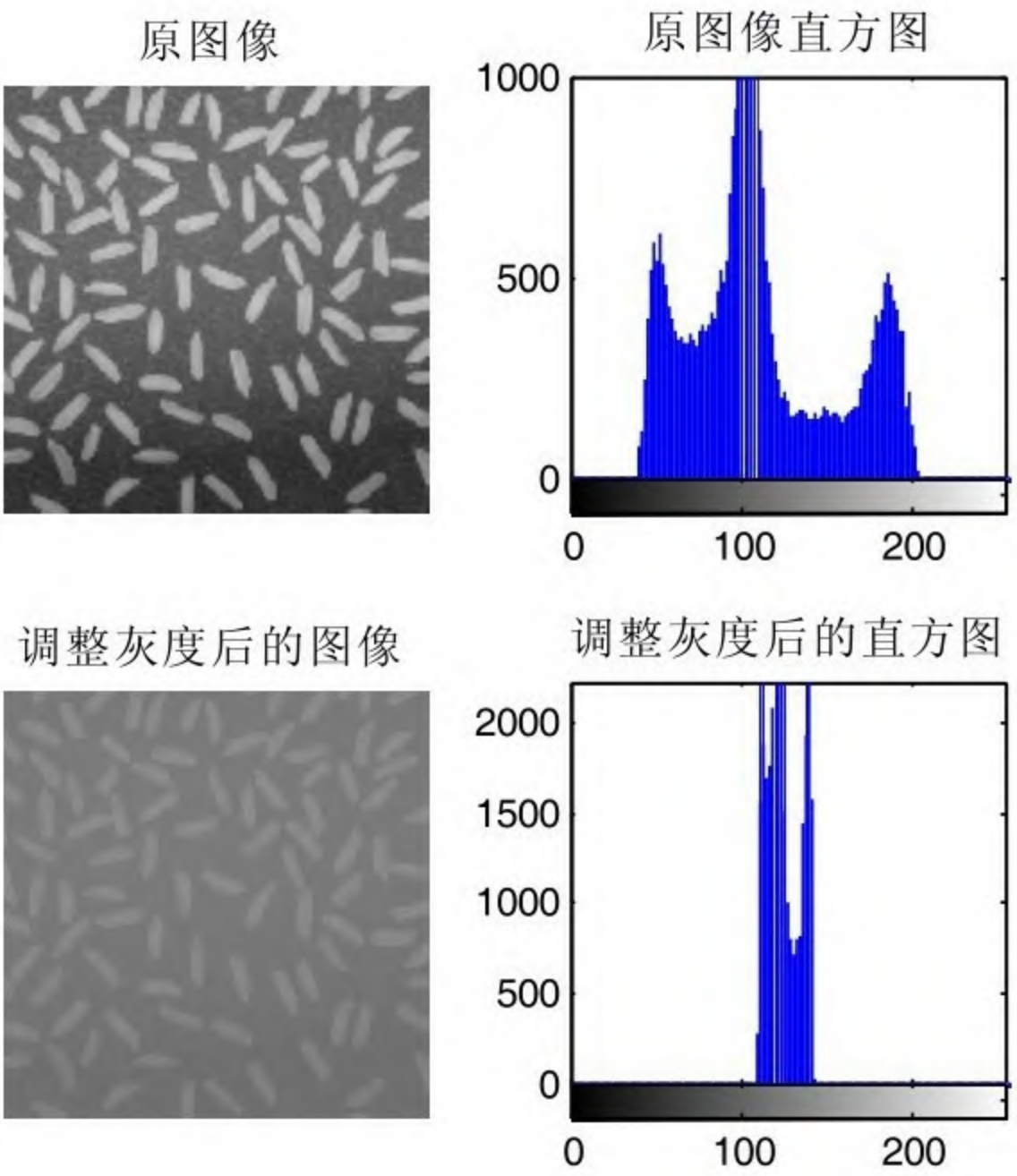


图7-6 原图像及其直方图和调整灰度后的图像及其直方图

【例 7-7】下面的例子为灰度线性变换，利用 imadjust 函数对图像局部灰度范围进行扩展。

```
I=imread('tape.png');
subplot(2,2,1),
imshow(I);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('原始图像');
axis([50,250,50,200]);
axis on;          %显示坐标系
I1=rgb2gray(I);       %图像 I必须为彩色图像
subplot(2,2,2),
imshow(I1);
title('灰度图像');
axis([50,250,50,200]);
axis on;          %显示坐标系
J=imadjust(I1,[0.1 0.5],[]);  %局部拉伸，把[0.1 0.5]内的灰度拉伸为[0 1]
subplot(2,2,3),
imshow(J);
title('线性变换图像[0.1 0.5]');
axis([50,250,50,200]);
grid on;          %显示网格线
axis on;          %显示坐标系
K=imadjust(I1,[0.3   0.7],[]);  %局部拉伸，把[0.3   0.7]内的灰度拉伸为[0 1]
subplot(2,2,4),
imshow(K);
title('线性变换图像[0.3 0.7]');
axis([50,250,50,200]);
grid on;
axis on;
```

运行结果如图7-7所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

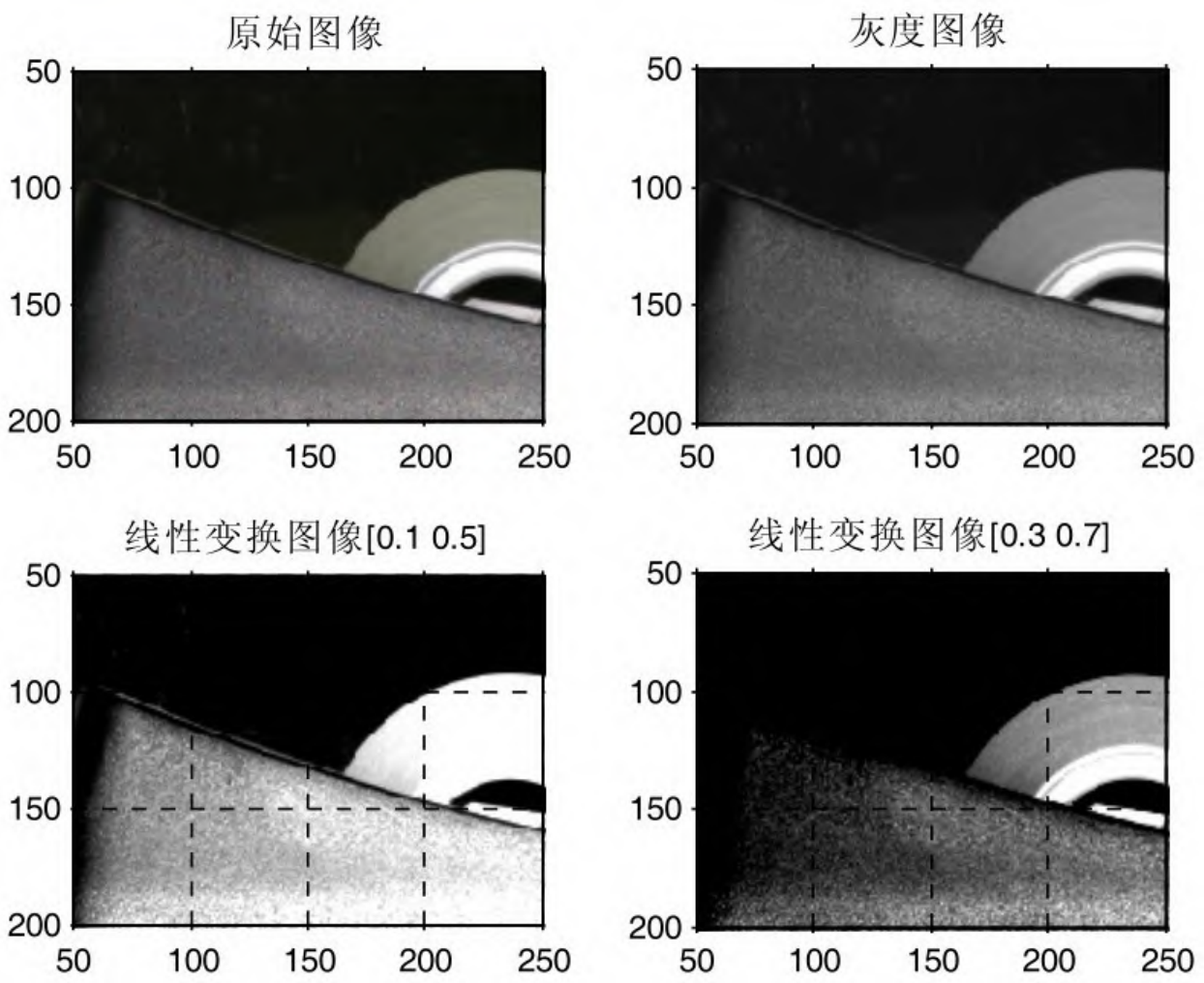


图7-7 灰度线性变换

4.Gamma校正

Gamma校正也是数字图像处理中常用的图像增强技术。Imadjust函数中的gamma因子即这里所说的Gamma校正参数。Gamma因子的取值决定了输入图像到输出图像的灰度映射方式，即决定了是增强低灰度还是增强高灰度。当Gamma等于1时，为线性变换。

【例7-8】利用Gamma校正来处理图像。

```
for i=0:255;
   f=power((i+0.5)/256,1/2.2);
   LUT(i+1)=uint8(f*256-0.5);
end
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
img=imread('peppers.png');    %读入图像
img0=rgb2ycbcr(img);
R=img(:,:,1);
G=img(:,:,2);
B=img(:,:,3);
Y=img0(:,:,1);
Yu=img0(:,:,1);
[x y]=size(Y);
for row=1:x
   for width=1:y
      for i=0:255
      if (Y(row,width)==i)
         Y(row,width)=LUT(i+1);
         break;
      end
      end
   end
end
img0(:,:,1)=Y;
img1=ycbcr2rgb(img0);
R1=img1(:,:,1);
G1=img1(:,:,2);
B1=img1(:,:,3);
subplot(1,2,1);
imshow(img);       %显示图像
title('原图');
subplot(1,2,2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imshow(img1);
title('Gamma校正后的图像')
```

运行结果如图7-8所示。



图7-8 Gamma校正

7.1.4 直方图规定化

直方图均衡化的优点是能自动增强整个图像的对比度，但它的具体增强效果不易控制，处理的结果总是得到全局的均衡化的直方图。实际工作中，有时需要变换直方图，使之成为某个特定的形状，从而有选择地增强某个灰度值范围内的对比度，这时可采用比较灵活的直方图规定化方法。

直方图规定化是用于产生处理后有特殊直方图的图像的方法。

令P_r (V)和P_z (Z)分别为原始图像和期望图像的灰度概率密度函数。对原始图像和期望图像均作直方图均衡化处理，应有：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$S = T(r) = \int_0^r P_r(V)\mathrm{d}r$$

$$V = G(Z) = \int_0^z P_z(Z)\mathrm{d}z$$

$$Z = G^{-1}(V)$$

由于都是作直方图均衡化处理，所以处理后的原图像的灰度概率密度函数$P_S(S)$与理想图像的灰度概率密度函数$P_V(V)$是相等的。

因此，可以用变换后的原始图像灰度级S代替上式中的V，即$Z=G^{-1}[T(r)]$。利用此式可以从原始图像得到希望的图像灰度级。对离散图像，有：

$$P_Z(Z_i) = \frac{n_i}{n}$$

$$Z_i = G^{-1}(S_i) = G^{-1}[T(r_i)]$$

综上所述，数字图像的直方图规定化就是将直方图均衡化后的结果映射到期望的理想直方图上，使图像按人的意愿去变换。数字图像的直方图规定的算法如下。

（1）将原始图像作直方图均衡化处理，求出原图像中每一个灰度级r_i所对应的变换函数S_i。

（2）对给定直方图作类似计算，得到理想图像中每一个灰度级Z_i所对应的变换函数V_i。

（3）找出$V_i \approx S_i$的点对，并映射到Z_i。

（4）求出$P_i(Z_i)$。

【例7-9】利用直方图规定化对图像进行增强。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
I=imread('cell.tif');  %读取图像
subplot(2,2,1),
imshow(I);
title('原始图像')
hgram=50:2:250;  %规定化函数
J=histeq(I,hgram);
subplot(2,2,2),
imshow(J);
title('图像的规定化')
subplot(2,2,3),
imhist(I,64);
title('原始图像直方图')
subplot(2,2,4),
imhist(J,64);
title('规定化后直方图')
```

运行结果如图7-9所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

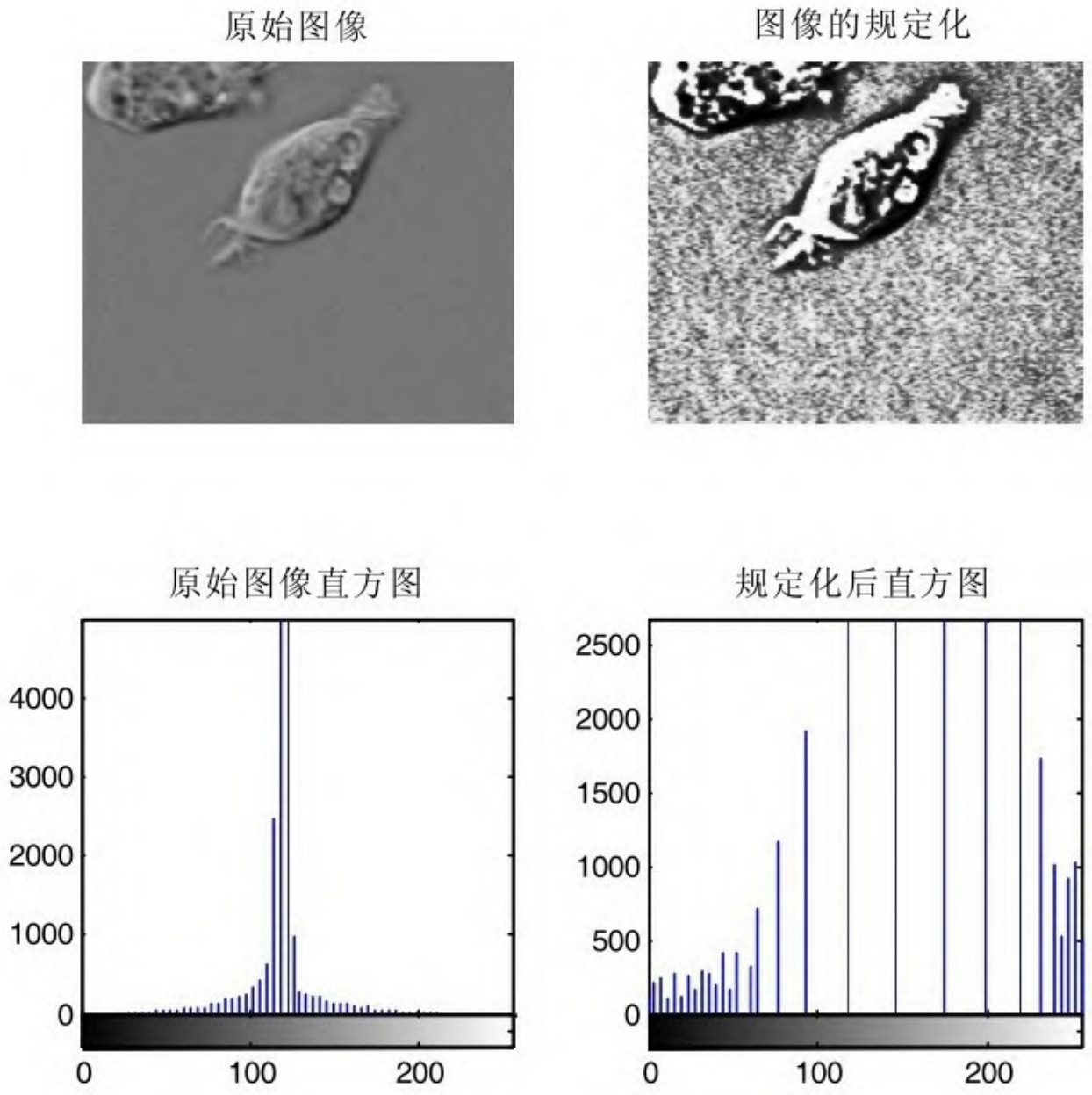


图7-9 图像的规定化

7.2 空域滤波增强

空域滤波增强是指使用空域模板进行的图像处理。模板本身被称为空域滤波器。空域滤波器包括线性滤波器和非线性滤波器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

按空域滤波处理效果来分类，可以分为平滑滤波器和锐化滤波器。平滑的目的在于消除混杂在图像中的干扰因素，改善图像质量，强化图像表现特征。锐化的目的在于增强图像边缘，对图像进行识别和处理，在图像中加入噪声。

7.2.1 按干扰源分类

图像噪声按照其干扰源不同可以分为外部噪声和内部噪声。

1.外部噪声

外部噪声指系统外部干扰以电磁波或经电源串进系统内部而引起的噪声。如由天体放电现象等引起的噪声。

2.内部噪声

一般又可分为以下4种。

（1）由光和电的基本性质所引起的噪声。如电流是由电子或空穴粒子的集合，定向运动所形成的，因这些粒子运动的随机性会形成散粒噪声；导体中自由电子的无规则热运动会形成热噪声；根据光的粒子性，图像是由光量子所传输，而光量子密度随时间和空间变化会形成光量子噪声；等等。

（2）电器的机械运动产生的噪声。如各种接头因抖动引起电流变化所产生的噪声；磁头、磁带等因抖动或一起抖动而产生的噪声等。

（3）器材材料本身引起的噪声。如正片和负片的表面颗粒性和磁带磁盘表面缺陷所产生的噪声。随着材料科学的发展，这些噪声有望不断减少，但在目前来讲，还是不可避免的。

（4）系统内部设备电路所引起的噪声。如电源引入的交流噪声、偏转系统和箝位电路所引起的噪声等。

7.2.2 按噪声与信号的关系分类

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

这里我们可以将噪声分为加性噪声模型和乘性噪声模型两大类。设f (x, y)为信号，n(x, y)为噪声，影响信号后的输出为g(x, y)。

1.加性噪声

表示加性噪声的公式如下：

$$g(x,y)=f(x,y)+n(x,y)$$

加性嗓声和图像信号强度是不相关的，如运算放大器，又如图像在传输过程中引进“信道噪声”电视摄像机扫描图像的噪声的，这类带有噪声的图像g(x, y)可看成理想无噪声图像f (x, y)与噪声n(x, y)之和。形成的波形是噪声和信号的叠加，其特点是n(x, y)和信号无关。如一般的电子线性放大器，不论输入信号大小，其输出总是与噪声相叠加。

2.乘性噪声

表示乘性噪声的公式如下：

$$g(x,y)=f(x,y)[1+n(x,y)]=f(x,y)+f(x,y)n(x,y)$$

乘性嗓声和图像信号是相关的，往往随图像信号的变化而变化，如飞点扫描图像中的噪声、电视扫描光栅、胶片颗粒噪声等，因载送每一个像素信息的载体的变化而产生的噪声受信息本身调制。

在某些情况下，如信号变化很小、噪声也不大时，为了分析处理方便，常常将乘性噪声近似认为是加性噪声，而且总是假定信号和噪声是互相独立的。

7.2.3 按概率密度函数分类

按概率密度函数分类是比较重要的，主要是因为引入数学模型有助于运用数学手段去除噪声。按概率密度函数分类的噪声主要如下。

（1）白噪声（White Noise）。具有常量的功率谱。白噪声的一个特例是高斯噪声（Gaussian Noise）。在空间域和频域中，由于高斯噪

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

声在数学上的易处理性，这种噪声（也称为正态噪声）模型经常被用在实践中。事实上，这种易处理性非常方便，从而使高斯模型经常适用于临街情况。它的直方图曲线服从一维高斯型分布：

$$p(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

（2）椒盐噪声（Pepper Noise）。椒盐噪声是由图像传感器、传输信道、解码处理等产生的黑白相间的亮暗点噪声，往往由图像切割引起。椒盐噪声是指两种噪声，一种是盐噪声（salt noise），另一种是胡椒噪声（pepper noise）。盐=白色，椒=黑色。前者是高灰度噪声，后者属于低灰度噪声。一般两种噪声同时出现，呈现在图像上就是黑白杂点。该噪声在图像中较为明显，对图像分割、边缘检测、特征提取等后续处理具有严重的破坏性。

（3）冲击噪声（Impulsive Noise）。冲击噪声指一幅图像被个别噪声像素破坏，而且这些噪声像素的亮度与其领域的亮度明显不同。冲击噪声呈突发状，常由外界因素引起，其噪声幅度可能相当大，无法靠提高信噪比来避免，是传输中的主要差错。

（4）量化噪声（Quatization Noise）。量化噪声是指在量化级别不同时出现的噪声。例如，将图像的亮度级别减少一半的时候会出现伪轮廓。

7.2.4 imnoise 函数

为了模拟不同方法的去噪音效果，在MATLAB图像处理工具箱中可使用imnoise函数对一幅图像加入不同类型的噪声。它常用的调用方法如下：

J=imnoise(I, type)

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

J=imnoise(I,type,parameters)

其中，I是指要加入噪声的图像，type是指不同类型的噪声（列于表7-1中），parameters是指不同类型噪声的参数，J是返回的含有噪声的图像。

表7-1 imnoice函数中type参数的取值及意义

参 数 值	描　　述
'gaussian'	高斯噪声
'localva'	零均值的高斯白噪声
' salt & pepper '	椒盐噪声
'speckle'	乘法噪声
'poission'	泊松噪声

【例7-10】对图像加高斯噪声，然后进行线性组合。

```
a=imread('coins.png');
a1=imnoise(a,'gaussian',0,0.006);      %对原始图像加高斯噪声,共得到4幅图像
a2=imnoise(a,'gaussian',0,0.006);
a3=imnoise(a,'gaussian',0,0.006);
a4=imnoise(a,'gaussian',0,0.006);
k=imlincomb(0.25,a1,0.25,a2,0.25,a3,0.25,a4);   %线性组合
subplot(131);
imshow(a);
title('原始图像')
subplot(132);
imshow(a1);
title('高斯噪声图像')
subplot(133);
imshow(k,[]);
title('线性组合')
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运行结果如图7-10所示。

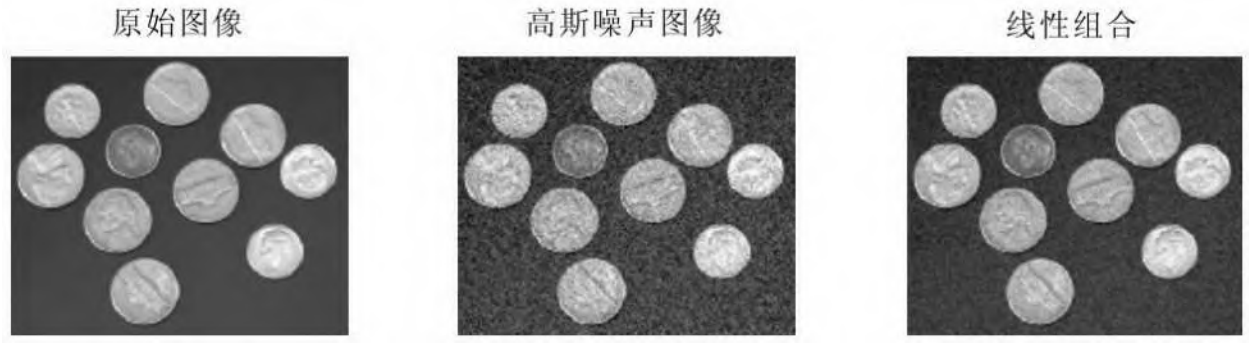


图7-10 对图像加高斯噪声并进行线性组合

【例7-11】对原始图像添加高斯噪声、椒盐噪声和乘法噪声，并显现出不同的结果。

```
I=imread('autumn.tif');
subplot(2,2,1),
imshow(I);
title('原始图像')
J1=imnoise(I,'gaussian',0,0.02);  %叠加均值为0，方差为0.02的高斯噪声
subplot(2,2,2),
imshow(J1);
title('高斯噪声图像')
J2=imnoise(I,'salt& pepper',0.04);  %叠加密度为0.04的椒盐噪声
subplot(2,2,3),
imshow(J2);
title('椒盐噪声图像')
J3=imnoise(I, 'speckle',0.04);  %叠加密度为0.04的乘法噪声
subplot(2,2,4),
imshow(J2);
title('乘法噪声图像')
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运行结果如图7-11所示。

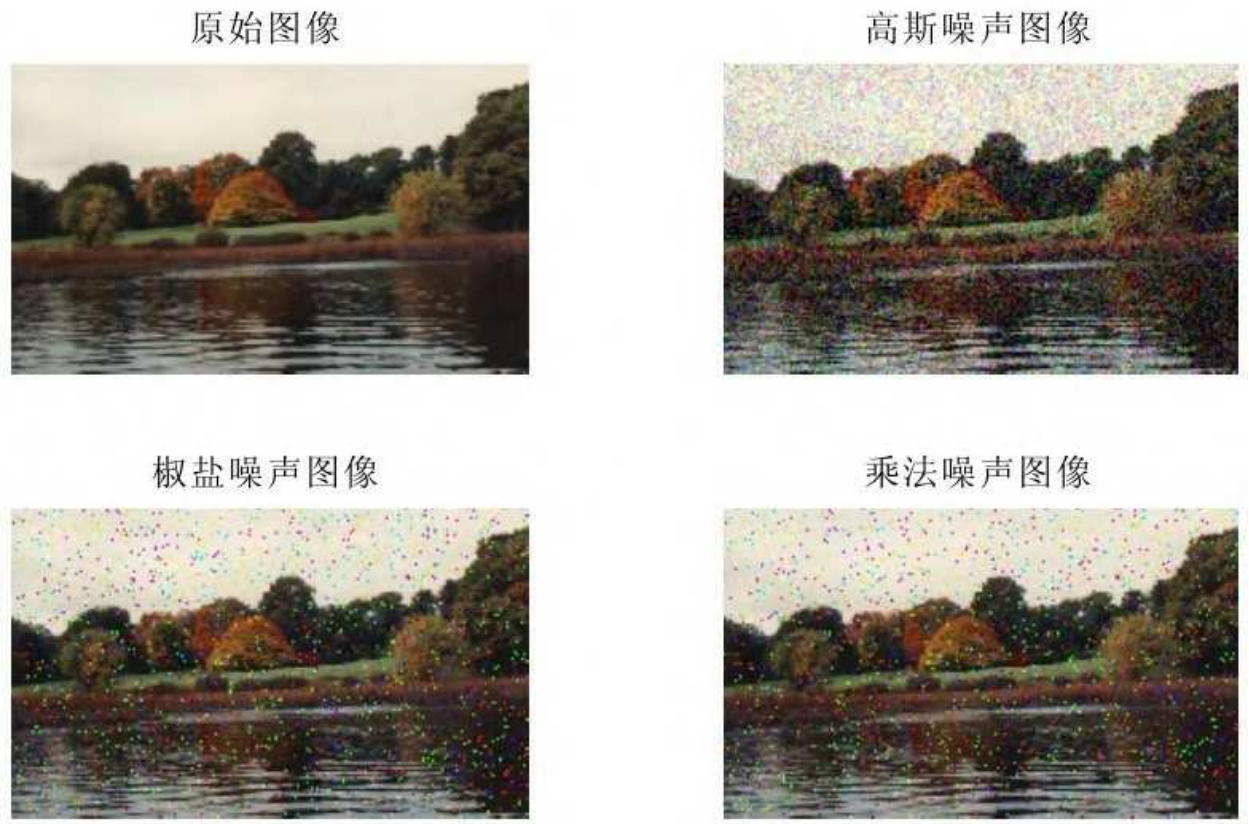


图7-11 原图和分别添加高斯噪声、椒盐噪声和乘法噪声后的图像

7.2.5 平滑滤波器

平滑滤波能减弱或消除图像中的高频率分量，但不影响低频率分量。因为高频分量对应图像中的区域边缘等灰度值具有较大、较快变化的部分，平滑滤波将这些分量滤去可减少局部灰度起伏，使图像变得比较平滑。实际中，它还可用于消除噪声或在较大的目标前去除太小的细节或将目标内的小间断连接起来。

平滑滤波器的概念很简单，它是用滤波掩模确定的邻域内像素的平均值去代替图像中每个像素点的值。这种处理减少了图像灰度的尖锐化，我们经常用这些极端类型的模糊处理来去除图像中的一些小物体。

在MATLAB中，fspecial函数用于产生预定义的滤波算子，该函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的调用格式如下。

（1）h=fspecial(type,para)：参数type指定算子类型；para指定相应的参数；type='average'指定滤波器；para默认为3。

（2）B=filter2(h,A)：表示filter2用算子h对图像A作滤波得到B。A为输入图像；h为滤波算子；B为输出图像。

【例7-12】利用平滑滤波对图像进行处理。

```
I=imread('pears.png');
subplot(231)
imshow(I)
title('原始图像')
I=rgb2gray(I);
I1=imnoise(I,'salt & pepper',0.02);
subplot(232)
imshow(I1)
title('添加椒盐噪声的图像')
k1=filter2(fspecial('average',3),I1)/255;    %进行3*3模板平滑滤波
k2=filter2(fspecial('average',5),I1)/255;    %进行5*5模板平滑滤波
k4=filter2(fspecial('average',9),I1)/255;    %进行9*9模板平滑滤波
k3=filter2(fspecial('average',7),I1)/255;    %进行7*7模板平滑滤波
subplot(233),
imshow(k1);
title('3*3模板平滑滤波');
subplot(234),
imshow(k2);
title('5*5模板平滑滤波');
subplot(235),
imshow(k3);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('7*7模板平滑滤波');
subplot(236),
imshow(k4);
title('9*9模板平滑滤波');
```

运行结果如图7-12所示。

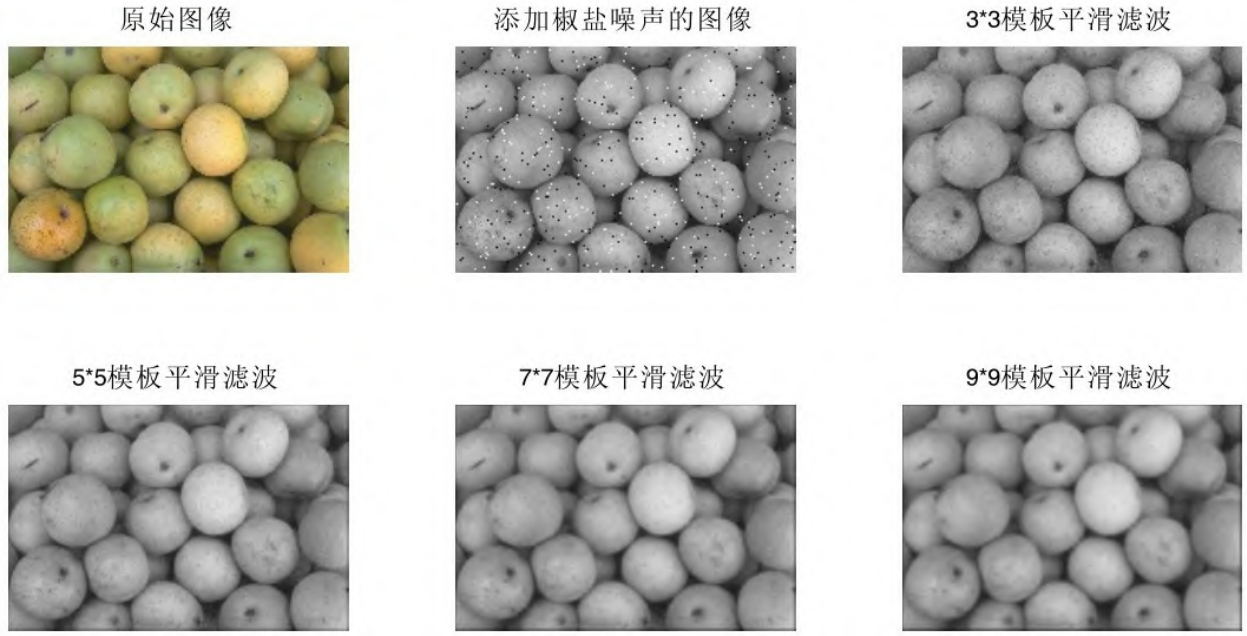


图7-12 图像的平滑滤波

7.2.6 中值滤波器

中值滤波器的原理类似于均值滤波器，均值滤波器输出的像素为相应像素邻域内的平均值，而中值滤波器输出的像素值为相应像素邻域内的中值。

与均值滤波器相比，中值滤波器对异常值不敏感，因此中值滤波器可以在不减小图像对比度的情况下减小异常值的影响。

在MATLAB中，medfilt2函数用于实现中值滤波，该函数的调用方法如下。

（1）B = medfilt2(A)：m和n 的默认值为3 的情况执行中值滤波。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）B = medfilt2(A,[m,n])：对图像A 执行中值滤波。每个输出像素为m×n 邻域的中值。

【例7-13】中值滤波器对椒盐噪声的滤除效果。

```
I=imread('saturn.png');
I=rgb2gray(I);
J=imnoise(I,'salt & pepper',0.02);
subplot(231),
imshow(I);
title('原图像');
subplot(232),
imshow(J);
title('添加椒盐噪声图像');
k1=medfilt2(J);       %进行3*3模板中值滤波
k2=medfilt2(J,[5,5]);       %进行5*5模板中值滤波
k3=medfilt2(J,[7,7]);       %进行7*7模板中值滤波
k4=medfilt2(J,[9,9]);       %进行9*9模板中值滤波
subplot(233),
imshow(k1);
title('3*3模板中值滤波');
subplot(234),
imshow(k2);
title('5*5模板中值滤波');
subplot(235),
imshow(k3);
title('7*7模板中值滤波');
subplot(236),
imshow(k4);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('9*9模板中值滤波');
```

运行结果如图7-13所示。

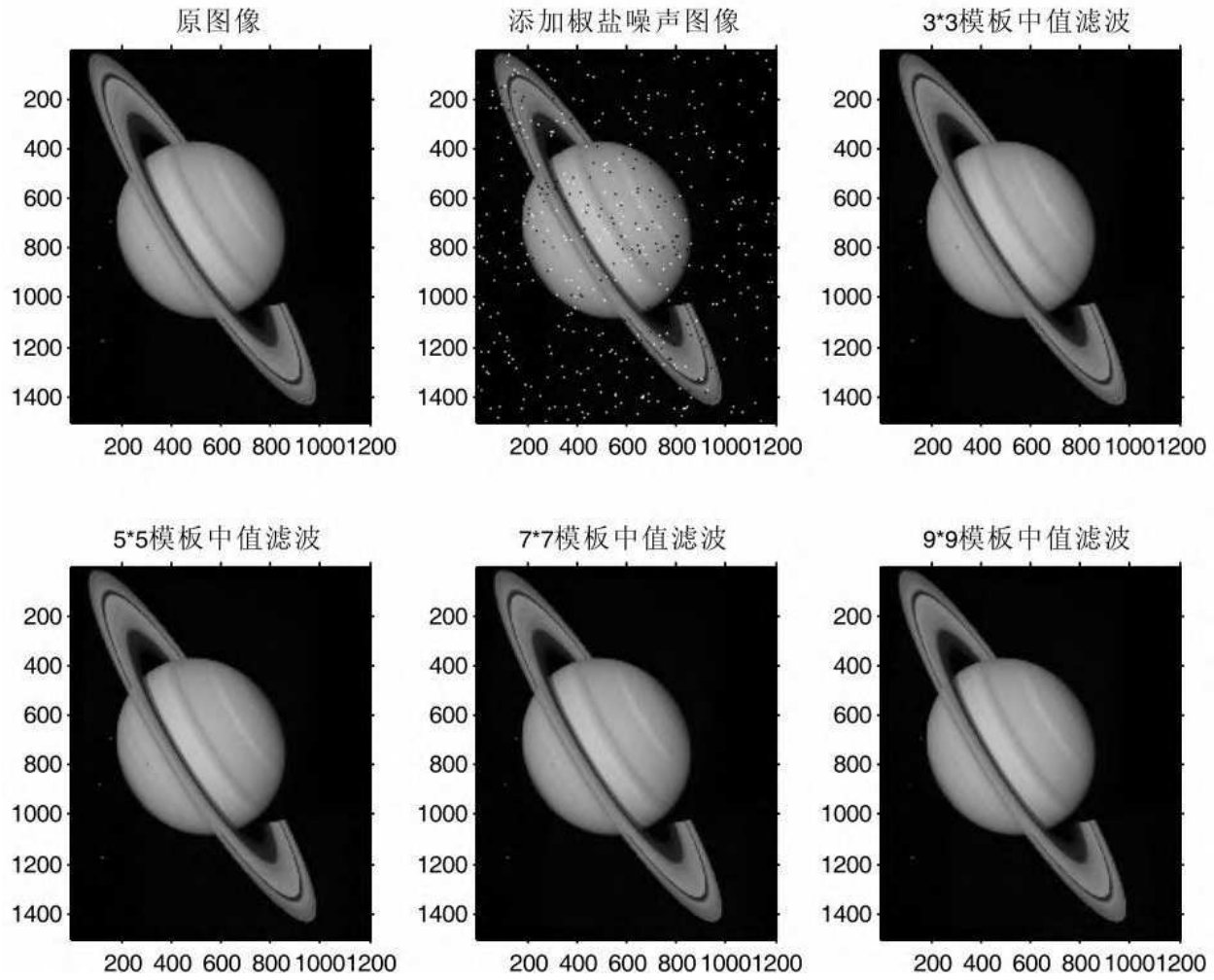


图7-13 图像中值滤波

【例7-14】利用中值滤波去除图像中的多种噪声。

```
clear all;
I=imread('tape.png');          %读取图像
M=rgb2gray(I);
N1=imnoise(M,'salt & pepper',0.04);
N2=imnoise(M,'gaussian',0,0.02);
N3=imnoise(M,'speckle',0.02);
G1=medfilt2(N1);               %中值滤波去噪
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
G2=medfilt2(N2);
G3=medfilt2(N3);
subplot(2,3,1);
imshow(N1);
title('添加椒盐噪声图像');
subplot(2,3,2);
imshow(N2);
title('添加高斯噪声');
subplot(2,3,3);
imshow(N3);
title('添加乘性噪声');
subplot(2,3,4);
imshow(G1);
title('椒盐噪声中值滤波图像');
subplot(2,3,5);
imshow(G2);
title('高斯噪声中值滤波图像');
subplot(2,3,6);
imshow(G3);
title('乘性噪声中值滤波图像');
```

运行结果如图7-14所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

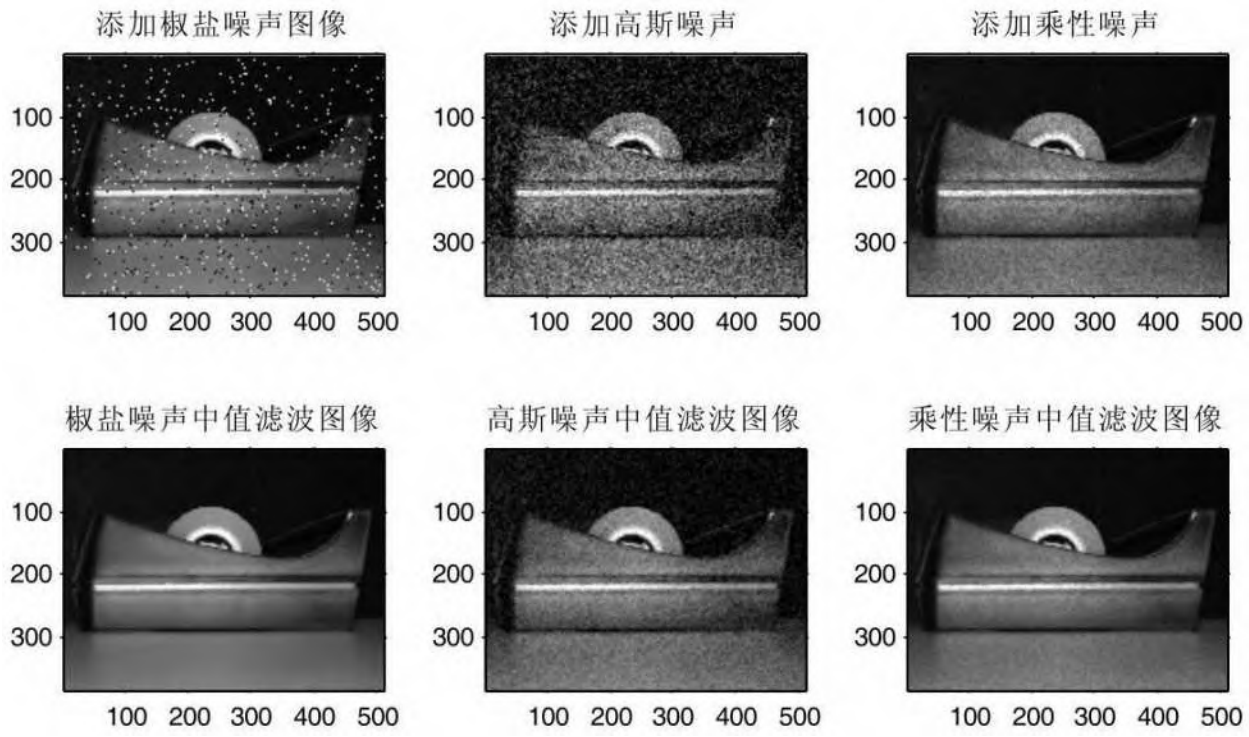


图7-14 中值滤波去除图像中的多种噪声效果对比

7.2.7 自适应滤波器

在MATLAB中，wiener2函数用于对图像进行自适应除噪滤波，wiener2函数可以估计每个像素的局部均值与方差，该函数调用方法如下：

J=wiener2(I,[M N],noise)

表示使用M×N大小邻域局部图像均值与偏差，采用像素式自适应滤波器对图像I进行滤波。

【例7-15】利用wiener2函数对图像进行自适应除噪滤波。

```
I=imread('saturn.png ');
subplot(231),
imshow(I);
title('原图像');
I=rgb2gray(I);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
J=imnoise(I,'salt & pepper',0.04);
subplot(232),imshow(J);title('添加椒盐噪声图像');
k1=wiener2 (J);       %进行3*3模板中值滤波
k2=wiener2 (J,[5,5]);       %进行5*5模板中值滤波
k3=wiener2 (J,[7,7]);       %进行7*7模板中值滤波
k4=wiener2 (J,[9,9]);       %进行9*9模板中值滤波
subplot(233),
imshow(k1);
title('3*3模板中值滤波');
subplot(234),
imshow(k2);
title('5*5模板中值滤波');
subplot(235),
imshow(k3);
title('7*7模板中值滤波');
subplot(236),
imshow(k4);
title('9*9 模板中值滤波');
```

运行结果如图7-15所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

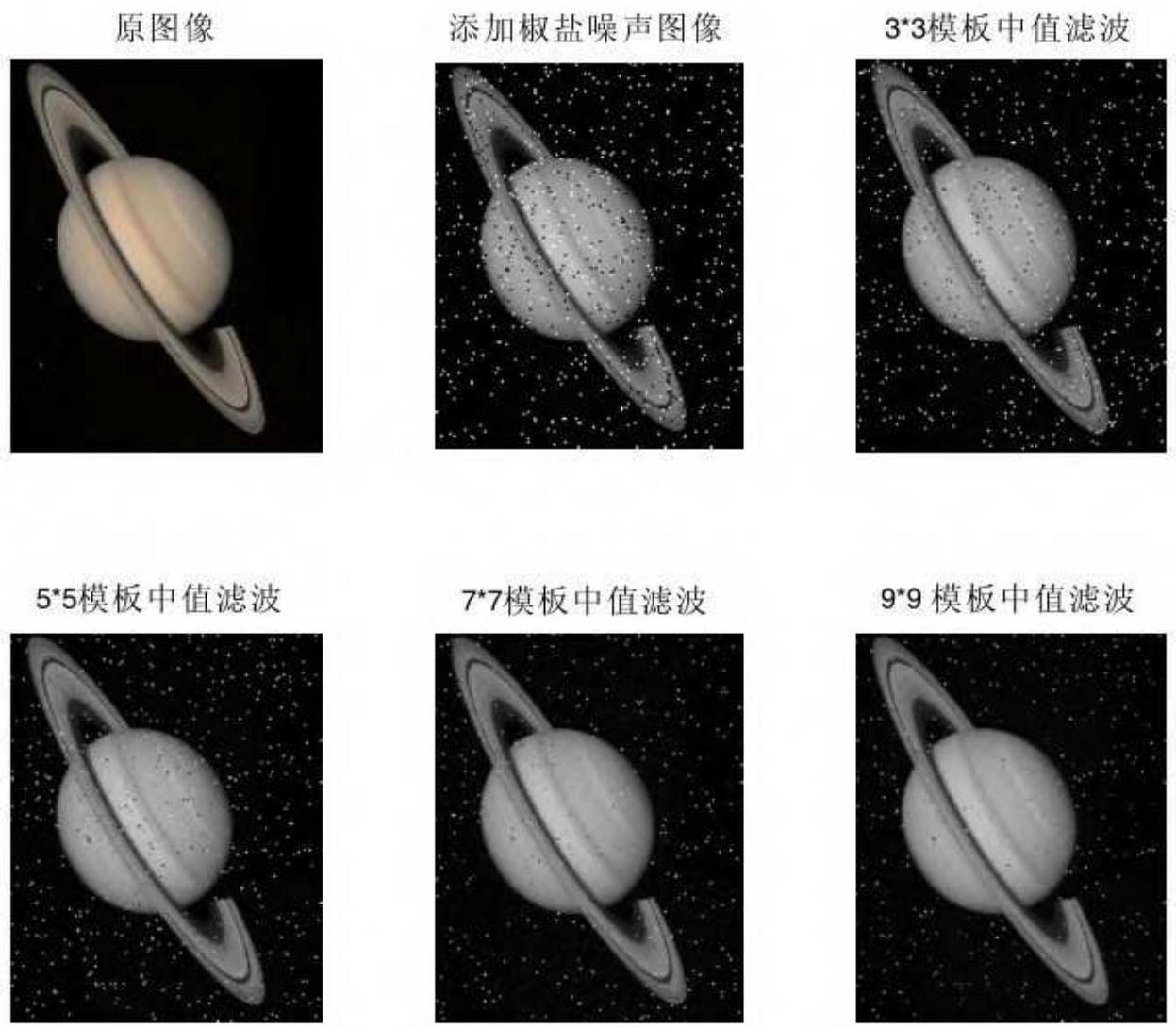


图7-15 自适应滤波器

7.2.8 空域锐化滤波器

图像平滑往往使图像中的轮廓变得模糊，为了减少这类不利影响，这就需要利用图像锐化技术使图像的边缘变得清晰。

图像锐化处理的目的是使图像的边缘、轮廓线以及图像的细节变得清晰。平滑的图像变得模糊的根本原因是图像受到了平均或积分运算，因此可以对其进行逆运算（如微分运算），以使图像变得清晰。

常用的空域锐化滤波算子有Roberts 梯度算子、Prewitt 梯度算子、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Sobel 算子、Laplacian算子等。具体的MATLAB的实现方式可以参考下面的几例。

【例7-16】下面给出了一个梯度锐化的实例。

```
I=imread('pout.tif');
subplot(131),
imshow(I)
title('原图像');
H=fspecial('Sobel');
H=H';              %Sobel垂直模板
TH=filter2(H,I);
subplot(132),
imshow(TH,[]);
title(' Sobel垂直模板');
H=H';              %Sobel水平模板
TH=filter2(H,I);
subplot(133),
imshow(TH,[])
title('Sobel水平模板');
```

运行结果如图7-16所示。



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图7-16 梯度锐化

【例7-17】利用Roberts算子法、Prewitt算子法对图像进行锐化。

```
I= imread('rice.png');        %读取图像
subplot(1,3,1);
imshow(I);
title('原始图像');
BW1= edge(I,'roberts',0.1);    %选择 roberts算子
subplot(1,3,2);
imshow(BW1);
title('Roberts算子');
hp=fspecial('prewitt')        %选择prewitt算子
P=imfilter(I,hp);
subplot(1,3,3);
imshow(P,[]);
title('Prewitt算子');
```

运行结果如图7-17所示。

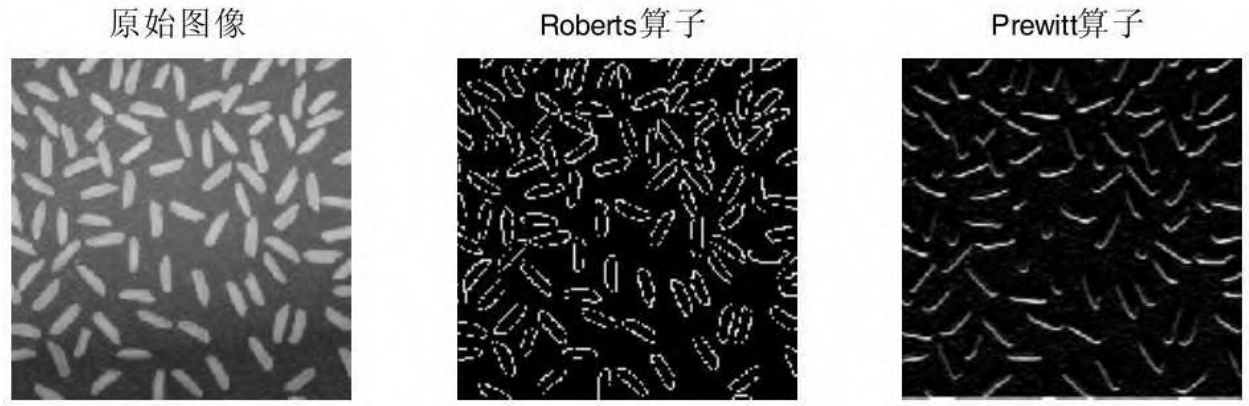


图7-17 图像梯度锐化滤波

【例7-18】利用Sobel算子法、Laplacian算子法对图像进行锐化。

```
I=imread('tire.tif');
subplot(2,2,1),imshow(I);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('原始图像');
axis([50,250,50,200]);
grid on;          %显示网格线
axis on;          %显示坐标系
I1=im2bw(I);
subplot(2,2,2),imshow(I1);
title('二值图像');
axis([50,250,50,200]);
grid on;
axis on;
H=fspecial('sobel');       %选择 sobel算子
J=filter2(H,I1);       %卷积运算
subplot(2,2,3),imshow(J);
title('sobel算子锐化图像');
axis([50,250,50,200]);
grid on;
axis on;
h=fspecial('laplacian');       %拉普拉斯算子
J1=filter2(h,I1);       %卷积运算
subplot(2,2,4),imshow(J1);
title('拉普拉斯算子锐化图像');
axis([50,250,50,200]);
grid on;
axis on;
```

运行结果如图7-18所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

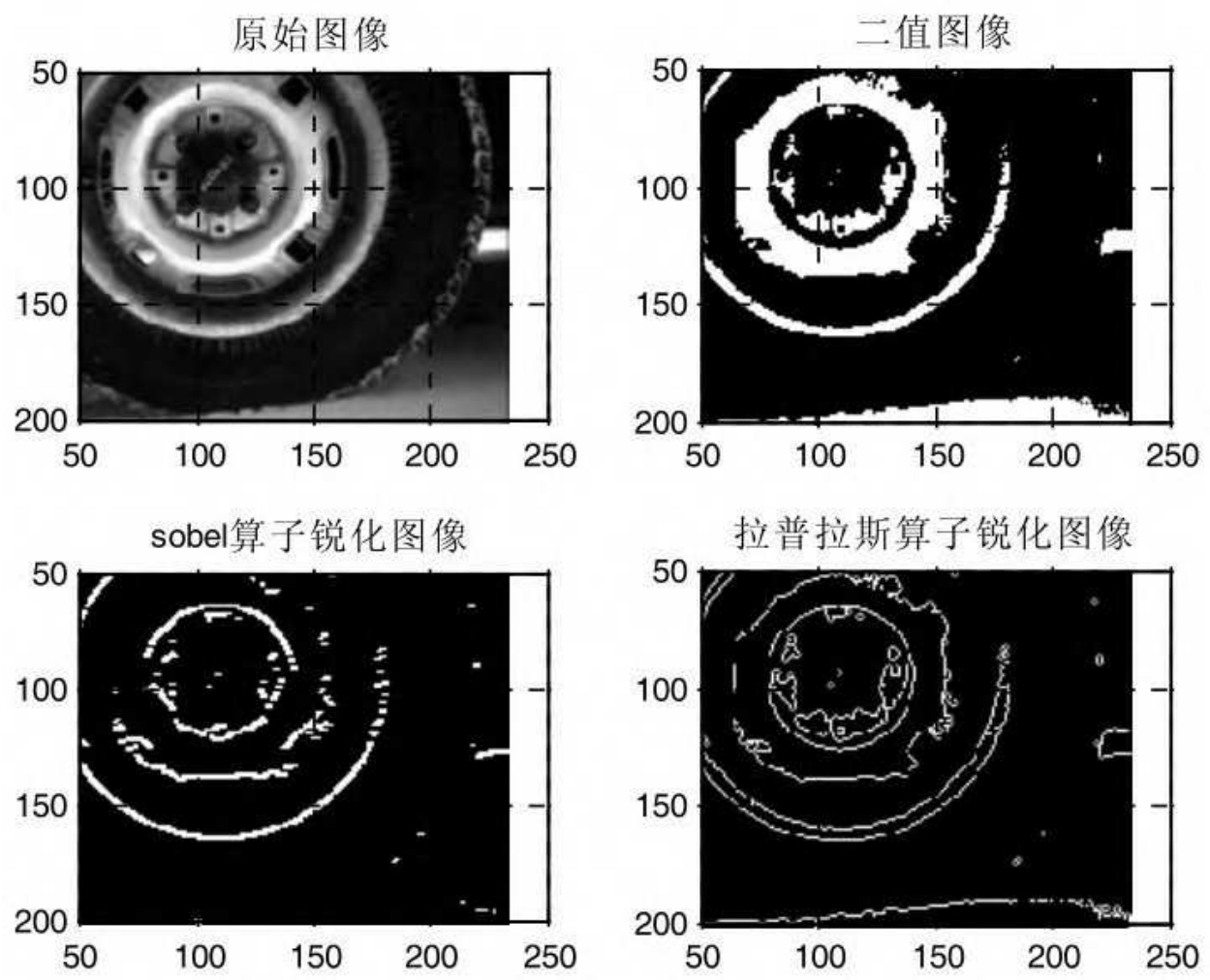


图7-18 图像锐化滤波

7.3 频域滤波增强

频域滤波增强是利用图像变换方法将原来的图像空间中的图像以某种形式转换到其他空间中，然后利用该空间的特有性质方便地处理图像，最后再转换回原来的图像空间中，从而得到处理后的图像。

7.3.1 低通滤波器

图像在传递过程中，由于噪声主要集中在高频部分，为去除噪声，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

改善图像质量，滤波器采用低通滤波器 H(u,v)来抑制高频成分，通过低频成分，然后再进行逆傅里叶变换获得滤波图像，这样就可达到平滑图像的目的。在傅里叶变换域中，变换系数能反映某些图像的特征，如频谱的直流分量对应于图像的平均亮度、噪声对应于频率较高的区域、图像实体位于频率较低的区域等，因此频域常被用于图像增强。

在图像增强中构造低通滤波器，使低频分量能够顺利通过，高频分量有效阻止，即可滤除该邻域内噪声。

由卷积定理，低通滤波器数学表达式为：

$$G(u,v)=F(u,v)H(u,v)$$

其中，F(u,v)为含有噪声的原图像的傅里叶变换域；H(u,v)为传递函数；G(u,v)为经低通滤波后输出图像的傅里叶变换。假定噪声和信号成分在频率上可分离，且噪声表现为高频成分，H滤波滤去了高频成分，而低频信息基本无损失地通过。

选择合适的传递函数H(u,v)对频域低通滤波关系重大。

1.理想低通滤波器

设傅里叶平面上理想低通滤波器离开原点的截止频率为D_0 ，则理想低通滤波器的传递函数为：

$$H(u,v)=\begin{cases}1 & D(u,v)\leqslant D_0\\ 0 & D(u,v)>D_0\end{cases}$$

式中，$D(u,v)=(u^2+v^2)^{\frac{1}{2}}$ 表示点(u,v)到原点的距离，D_0 表示截止频率点到原点的距离。

2.巴特沃斯低通滤波器

n阶巴特沃斯滤波器的传递函数为：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$H(u,v)=\frac{1}{1+\left[\frac{D(u,v)}{D_0}\right]^{2n}}$$

它的特性是连续性衰减，而不像理想滤波器那样陡峭变化。

3.梯形低通滤波器

梯形低通滤波器的转移函数为：

$$H(u,v)=\begin{cases}1 & D(u,v)\leqslant D'\\ \dfrac{D(u,v)-D_0}{D'-D_0} & D'<D(u,v)<D_0\\ 0 & D(u,v)>D_0\end{cases}$$

4.指数低通滤波器

指数低通滤波器的转移函数（阶数为2时称为高斯低通滤波器）：

$$H(u,v)=\exp\{-[D(u,v)/D_0]^n\}$$

随着频率的增加，在开始阶段一般衰减得比较快，对高频分量的滤除能力较强，对图像造成的模糊较大，产生的振铃现象一般弱于巴特沃斯低通滤波器。

【例7-19】理想低通滤波器对图像所产生的模糊和振铃影响。

```
J=imread('eight.tif');        %读取图像
subplot(131);
imshow(J);
title('原始图像');
J=double(J);            %数据矩阵平衡
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
g=fftshift(f);
subplot(132);
imshow(log(abs(g)),[]),color(jet(64));
title('傅里叶变换');
[M,N]=size(f);
n1=floor(M/2);
n2=floor(N/2);
% d0=5,15,45,65
d0=5;
for i=1:M
   for j=1:N
      d=sqrt((i-n1)^2+(j-n2)^2);
      if d<=d0
         h=1;
      else
         h=0;
      end
      g(i,j)=h*g(i,j);
   end
end
g=ifftshift(g);
g=uint8(real(ifft2(g)));
subplot(133);
imshow(g);
title('理想低通滤波器')
```

运行结果如图7-19所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

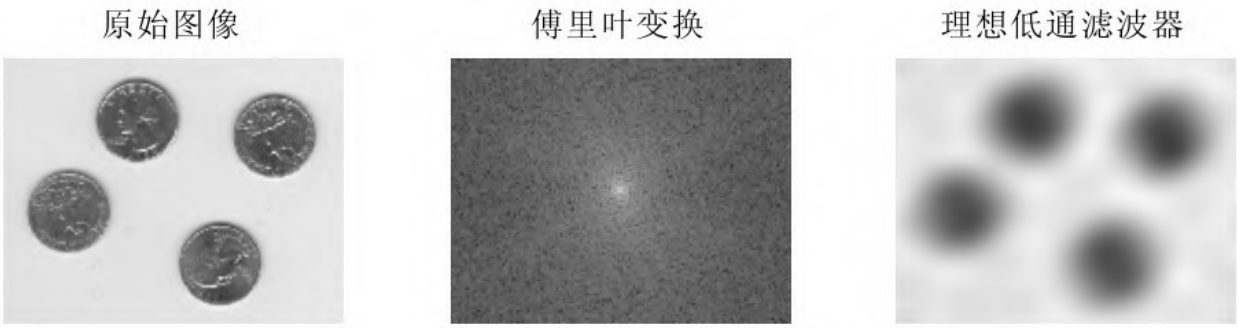


图7-19 理想低通滤波器

【例7-20】二阶巴特沃斯（Butterworth）低通滤波器。

```
I=imread('eight.tif');
subplot(131),
imshow(I);
title('原始图像');
J1=imnoise(I,'salt& pepper');       %叠加椒盐噪声
f=double(J1);                 %数据类型转换
g=fft2(f);                   %傅里叶变换
g=fftshift(g);                %转换数据矩阵
[M,N]=size(g);
nn=2;                    %二阶巴特沃斯(Butterworth)低通滤波器
d0=50;
m=fix(M/2); n=fix(N/2);
for i=1:M
   for j=1:N
      d=sqrt((i-m)^2+(j-n)^2);
      h=1/(1+0.414*(d/d0)^(2*nn)); %计算低通滤波器传递函数
      result(i,j)=h*g(i,j);
   end
end
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
result=ifftshift(result);
J2=ifft2(result);
J3=uint8(real(J2));
subplot(132),
imshow(J1);
title('加椒盐噪声');
subplot(133),
imshow(J3);                %显示滤波处理后的图像
title('低通滤波处理');
```

运行结果如图7-20所示。

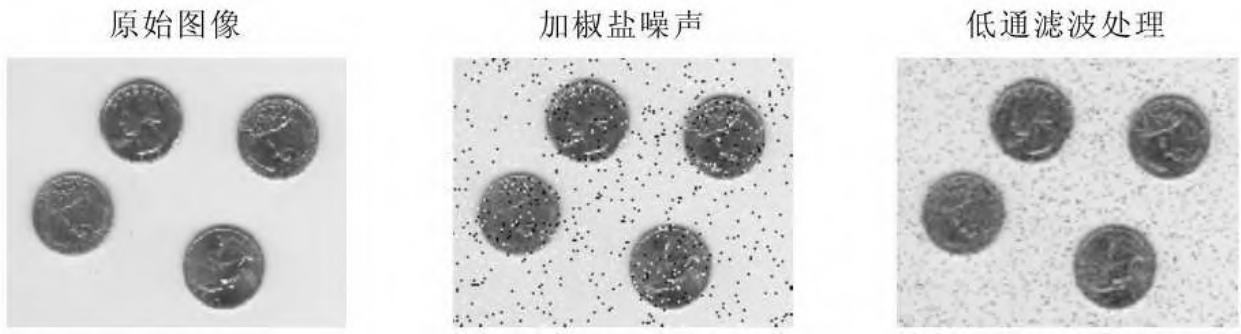


图7-20 巴特沃斯低通滤波器

7.3.2 高通滤波器

图像中的细节部分与其频率的高频分量相对应，所以高通滤波可以对图像进行锐化处理。高通滤波器与低通滤波器的作用相反，它使高频分量顺利通过，消弱低频。

图像的边缘、细节主要位于高频部分，而图像的模糊是由于高频成分比较弱产生的。采用高通滤波器可以对图像进行锐化处理，其目的是消除模糊，突出边缘。因此，采用高通滤波器让高频成分通过，使低频成分削弱，再经逆傅里叶变换可得到边缘锐化的图像。常用的高通滤波器如下。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1.理想高通滤波器

二维理想高通滤波器的传递函数为：

$$H(u,v)=\begin{cases}0 & D(u,v)\leqslant D_0\\ 1 & D(u,v)>D_0\end{cases}$$

2.巴特沃斯高通滤波器

n阶巴特沃斯高通滤波器的传递函数为

$$H(u,v)=\frac{1}{1+\left[\frac{D_0}{D(u,v)}\right]^{2n}}$$

3.梯形高通滤波器

梯形高通滤波器的转移函数为：

$$H(u,v)=\begin{cases}0 & D(u,v)\leqslant D_0\\ \dfrac{D(u,v)-D_0}{D'-D_0} & D_0<D(u,v)<D'\\ 1 & D(u,v)>D'\end{cases}$$

过渡不够光滑，振铃现象比巴特沃斯高通滤波器的转移函数所产生的要强一些。

4.指数高通滤波器

指数高通滤波器的转移函数（阶为2时称为高斯高通滤波器）为：

$$H(u,v)=1-\exp\{-[D(u,v)/D_0]^n\}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

相比巴特沃斯高通滤波器的转移函数，指数高通滤波器的转移函数随频率增加在开始阶段增加得比较快，能使一些低频分量通过，对保护图像的灰度层次较有利。

【例7-21】用理想高通滤波器在频率域实现高频增强。

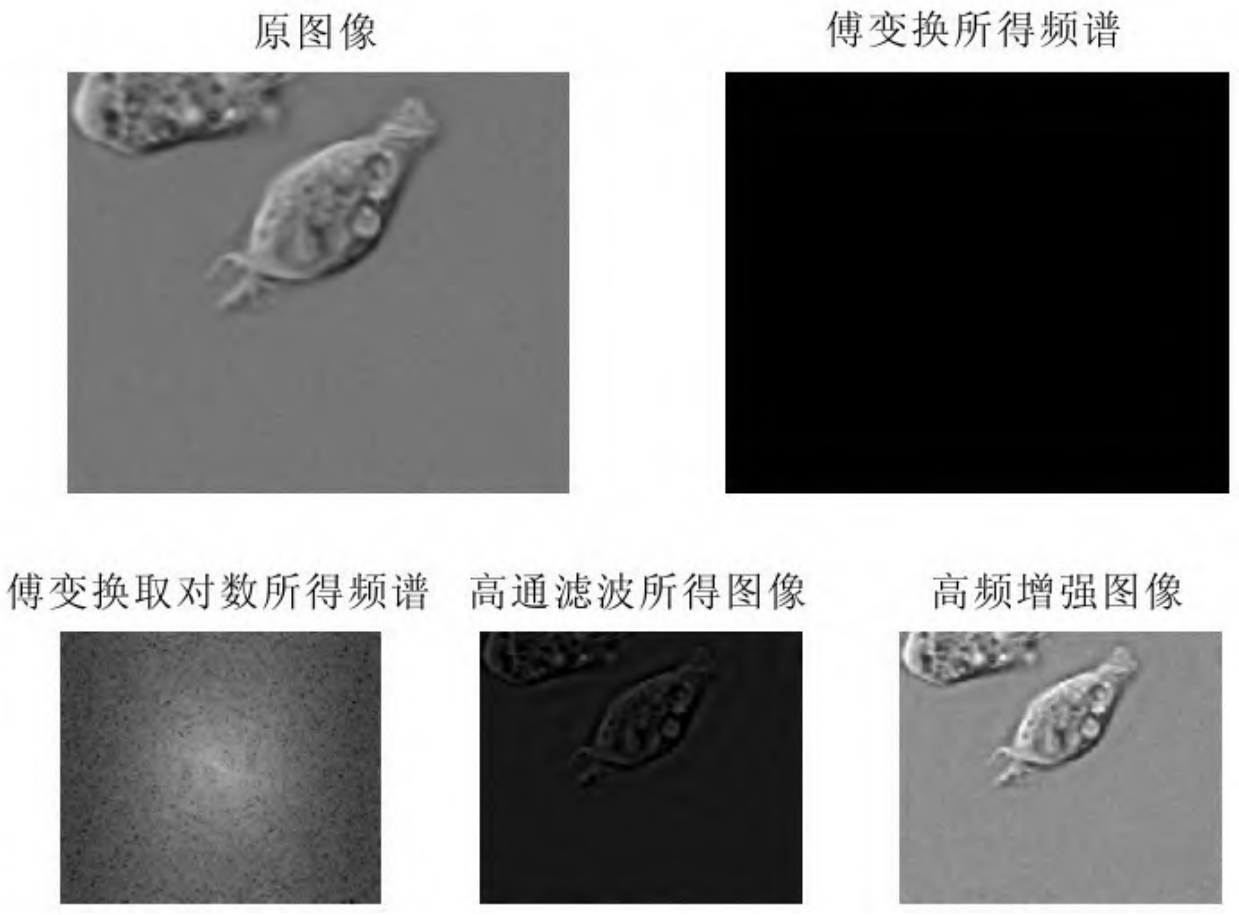
```
I=imread('cell.tif');       %读取图像
figure,
subplot(121);
imshow(I);
title('原图像');
s=fftshift(fft2(I));        %采用傅里叶变换并移位
subplot(122);
imshow(abs(s),[]);
title('傅变换所得频谱');
figure,
subplot(131);
imshow(log(abs(s)),[]);
title('傅变换取对数所得频谱');
[a,b]=size(s);
a0=round(a/2);
b0=round(b/2);
d=10;
p=0.2;q=0.5;
for i=1:a
   for j=1:b
      distance=sqrt((i-a0)^2+(j-b0)^2);
      if distance<=d h=0;
      else h=1;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
        end;
        s(i,j)=(p+q*h)*s(i,j);
    end;
end;
s=uint8(real(ifft2(ifftshift(s))));
subplot(132);
imshow(s);
title('高通滤波所得图像');
subplot(133);
imshow(s+I);
title('高频增强图像');
```

运行结果如图7-21所示。



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图7-21 用理想高通滤波器在频率域实现高频增强

【例7-22】二阶巴特沃斯（Butterworth）高通滤波器。

```
I=imread('eight.tif');
subplot(121),
imshow(I);
title('原始图像');
f=double(I);       %数据类型转换
g=fft2(f);         %傅里叶变换
g=fftshift(g);       %转换数据矩阵
[M,N]=size(g);
nn=2;           %二阶巴特沃斯(Butterworth)高通滤波器
d0=5;
m=fix(M/2);
n=fix(N/2);
for i=1:M
   for j=1:N
      d=sqrt((i-m)^2+(j-n)^2);
      if (d==0)
         h=0;
      else
         h=1/(1+0.414*(d0/d)^(2*nn));
      end
result(i,j)=h*g(i,j);
end
end
result=ifftshift(result);
J2=ifft2(result);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
J3=uint8(real(J2));
subplot(122),
imshow(J3);        %滤波后图像显示
title('滤波后图像');
```

运行结果如图7-22所示。

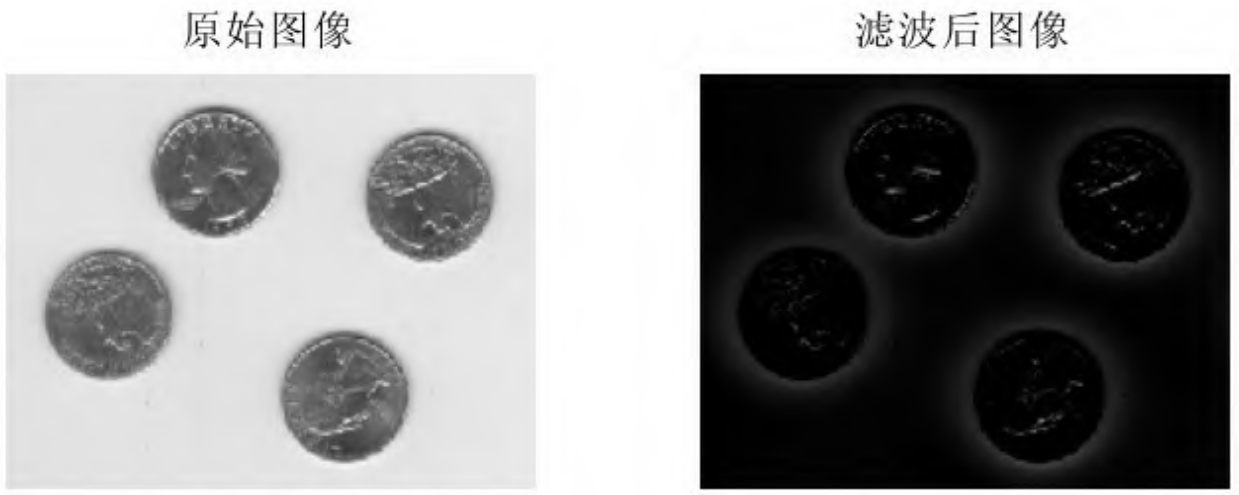


图7-22 原图和加入椒盐噪声进行高通滤波处理后的图像

【例7-23】利用指数和梯形高通滤波器对图像进行增强。

```
clear all;
I=imread('cell.tif');
subplot(221),
imshow(I);
title('原始图像');
noisy=imnoise(I,'gaussian',0.01);          %原图中加入高斯噪声
[M N]=size(I);
F=fft2(noisy);
fftshift(F);
Dcut=100;
D0=250;
D1=150;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
for u=1:M
   for v=1:N
      D(u,v)=sqrt(u^2+v^2);
      EXPOTH(u,v)=exp(log(1/sqrt(2))*(Dcut/D(u,v))^2);   %指数高通滤波器传递函数
      ifD(u,v)<D1              %梯形高通滤波器传递函数
         THFH(u,v)=0;
      elseif D(u,v)<=D0
         THPFH(u,v)=(D(u,v)-D1)/(D0-D1);
      else
         THPFH(u,v)=1;
      end
   end
end
EXPOTG=EXPOTH.*F;
EXPOTfiltered=ifft2(EXPOTG);
THPFG=THPFH.*F;
THPFfiltered=ifft2(THPFG);
subplot(2,2,2),
imshow(noisy)
title('加入高斯噪声的图像');
subplot(2,2,3),
imshow(EXPOTfiltered)
title('指数高通滤波器');
subplot(2,2,4),
imshow(THPFfiltered);
title('梯形高通滤波器');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运行结果如图7-23所示。

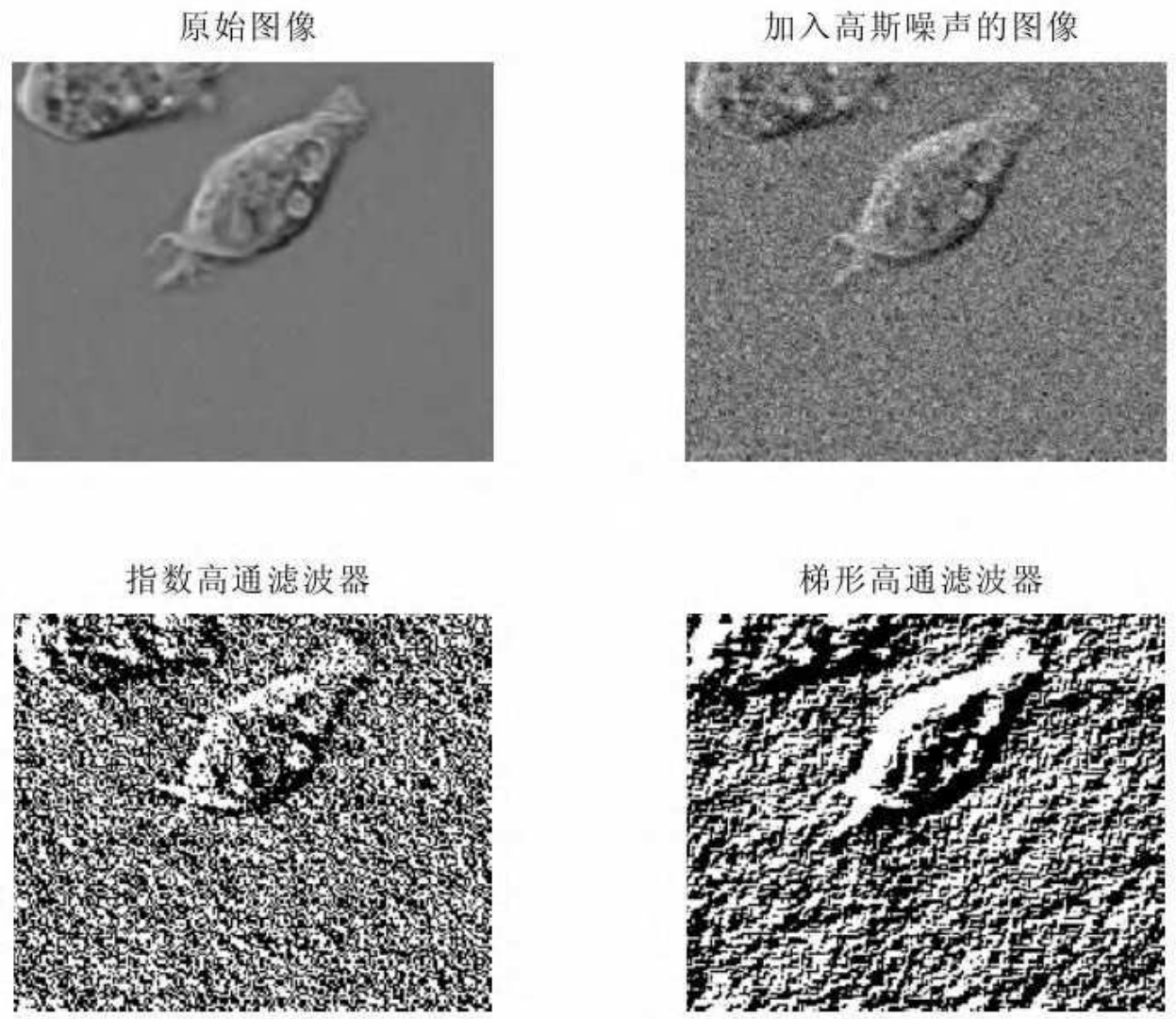


图7-23 高通滤波效果图

7.3.3 同态滤波器

一般来说，图像的边缘和噪声都对应于傅里叶变换的高频分量，而低频分量主要决定图像在平滑区域中总体灰度级的显示，故被低通滤波的图像比原图像少一些尖锐的细节部分，同样，被高通滤波的图像在图像的平滑区域中将减少一些灰度级的变化并突出细节部分。

为了增强图像细节的同时尽量保留图像的低频分量，使用同态滤波

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

方法可以保留图像原貌的同时，对图像细节增强。

在同态滤波消噪中，先利用非线性的对数变换将乘性的噪声转化为加性的噪声。用线性滤波器消除噪声后再进行非线性的指数反变换以获得原始的无噪声图像。增强后的图像是由分别对应照度分量与反射分量的两部分叠加而成的。

同态滤波是一种在频域中进行的图像对比度增强和压缩图像亮度范围的特殊方法。同态滤波器能够减少低频并且增加高频，从而能减少光照变化并锐化边缘细节。图像的同态滤波技术的依据是图像获取过程中的照明反射成像原理。它属于频域处理，作用是对图像灰度范围进行调整，消除图像上照明不均的问题。

非线性滤波器能够在很好地保护细节的同时，去除信号中的噪声，同态滤波器就是一种非线性滤波器，其处理是一种基于特征的对比度增强方法，主要用于减少因光照不均匀而引起的图像降质，并对感兴趣的景物进行有效地增强。

同态系统适用于服从叠加原理、输入和输出之间可以用线性变化表示的系统。图像的同态滤波是基于以入射光和反射光为基础的图像模型的，如果把图像函数 f (x, y)表示为光照函数，即照射分量i(x, y)与反射分量r(x, y)两个分量的乘积，那么图像的模型可以表示为：

$$f(x,y)=i(x,y)\cdot r(x,y)$$

其中，$0<r(x,y)<\infty$，$0<i(x,y)<\infty$，r(x, y)的性质取决于成像物体的表面特性。

通过对光照分量和反射分量的研究可知，光照分量一般反映灰度的恒定分量，相当于频域中的低频信息，减弱入射光就可以起到缩小图像灰度范围的作用；而反射光与物体的边界特性是密切相关的，相当于频域中的高频信息，增强反射光就可以起到提高图像对比度的作用。因此，同态滤波器的传递函数一般在低频部分小于1，高频部分大于1。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

进行同态滤波，首先要对原图像 f (x, y)取对数，目的是使图像模型中的乘法运算转化为简单的加法运算：

$$z(x,y)=\ln f(x,y)=\ln i(x,y)+\ln r(x,y)$$

再对对数函数做傅里叶变换，目的是将图像转换到频域：

$$F(z(x,y))=F[\ln i(x,y)]+F[\ln r(x,y)]\,,$$

即 $Z=I+R$

同态滤波器的传递函数为H (u, v)。

选择适当的传递函数，压缩照射分量i(x，y)的变化范围，削弱I(u,v)，增强反射分量r(x，y)的对比度，提升R(u,v) ，增强高频分量，即确定一个合适的H(u,v)。

假设用一个同态滤波器函数H(u,v)来处理原图像 f(x,y)的对数的傅里叶变换Z(u,v)，得：

$$S(u,v)=H(u,v)Z(u,v)=H(u,v)I(u,v)+H(u,v)R(u,v)$$

逆变换到空域，得：

$$s(x,y)=F^{-1}(S(u,v))$$

再对其取指数即可得到最终处理结果：

$$f'(x,y)=\exp(s(x,y))\,,$$

相当于高通滤波。

由于频率D与照度场和反射系数有关，所以可通过大量实践来选择，也可以通过对照度场的频谱进行分析得到光照特性，从而选取滤波器参数。

在频率空间，图像的信息表现为不同频率的分量的组合。一个图像尺寸为M ×N的函数 f (x, y)的离散傅里叶变化由以下等式给出：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$F(u,v)=\frac{1}{MN}\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}f(x,y)\mathrm{e}^{-\mathrm{j}2\pi(\frac{ux}{M}+\frac{vy}{N})},$$

频谱为：

$$|F(u,v)|=[\mathrm{Re}^2(u,v)+\mathrm{Im}^2(u,v)]^{\frac{1}{2}},$$

其中，Re(u, v)和Im (u, v)分别为F (u, v)的实部和虚部。

假设光照是绝对均匀的，光照场的频谱只有直流分量，随着光照不均匀程度的增加，谐波分量所占比例增加。在不均匀光照条件下，通过计算第n次谐波分量占谐波总量的比例，容易得到所占比例较大的谐波频率范围对应的频率即为带阻滤波器上、下限频率。具体步骤如下。

（1）用$(-1)^{x+y}$ 乘以输入图像进行中心变换，将F (u, v)原点变换到频率坐标下的(M /2, N/2)。

（2）计算离散傅里叶变换，即得到F (u, v)。

（3）计算点(u, v)到频率矩形原点的距离：

$$D(u,v)=\sqrt{(u-M/2)^2+(v-N/2)^2}$$

（4）由于图像由实部和虚部组成，故计算出不同D(u, v)对应的频率谱|F (u, v)|，它们位于以原点为中心，以D(u, v)为半径的圆周上。

（5）计算不同半径D(u, v)的圆周包围的图像功率P(u, v)占总图像功率Pt的比例α，其步骤为：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$P(u,v) = |F(u,v)|^2$$

$$Pt = \sum_{u=0}^{M-1}\sum_{v=0}^{N-1} P(u,v)$$

$$\alpha = \left[\sum_{u}\sum_{v}\frac{P(u,v)}{Pt}\right]\times 100\%$$

（6）把α从大到小进行排序，计算前n项和S　　，当S>0.7时停止计算，对应的Duv(,)的范围分别为上、下限频率D_{01}、D_{02}。

【例7-24】利用同态滤波对图像进行处理。

```
clear;
close all;
[image_0,map]=imread('trees','tif');  %读取图像
image_1=log(double(image_0)+1);
image_2=fft2(image_1);
n=3;
D0=0.05*pi;          %通过变换参数可以对滤波效果进行调整
rh=0.9;
rl=0.3;
[row,col]=size(image_2);
for k=1:1:row
   for l=1:1:col
      D1(k,l)=sqrt((k^2+l^2));
      H(k,l)=rl+(rh/(1+(D0/D1(k,l)^(2*n))));
   end
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
end
image_3=(image_2.*H);
image_4=ifft2(image_3);
image_5=(exp(image_4)-1);
subplot( 121),
imshow(image_0,map)
title('原始图像')
subplot( 122),
imshow(real(image_5),map)
title('同态滤波')
```

运行结果如图7-24所示。



图7-24 原图与同态滤波器处理后的图像

7.4 彩色增强

彩色增强技术是利用人眼的视觉特性，将灰度图像变成彩色图像或改变彩色图像已有彩色的分布，改善图像的可分辨性。彩色增强方法可分为真彩色增强、伪彩色增强以及假彩色增强3类。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.4.1 真彩色增强

图像中的每个像素值都分成R、G、B 3 个基色分量，每个基色分量直接决定其基色的强度，这样产生的色彩称为真彩色。

例如，图像深度为24，用R:G:B=8:8:8来表示色彩，则R、G、B各占用8位来表示各自基色分量的强度，每个基色分量的强度等级为2^8=256 种。图像可容纳2^{24}=16 M 种色彩。这样得到的色彩可以反映原图的真实色彩，故称真彩色。

【例7-25】真彩色图像的分解。

```
RGB=imread('onion.png');          %读取图像
subplot(221),
imshow(RGB)
title('原始真彩色图像')
subplot(222),
imshow(RGB(:,:,1))          %开始对真彩色图像进行分解
title('真彩色图像的红色分量')
subplot(223),
imshow(RGB(:,:,2))
title('真彩色图像的绿色分量')
subplot(224),
imshow(RGB(:,:,3))
title('真彩色图像的蓝色分量')
```

运行结果如图7-25所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图7-25 真彩色增强

7.4.2 伪彩色增强

伪彩色增强是把黑白图像的各个不同灰度级按照线性或非线性的映射函数变换成不同的彩色，得到一幅彩色图像的技术。它能使原图像细节更易辨认，目标更容易识别。下面讲解下密度分割法和空间域灰度级-彩色变换法对灰度图像进行处理的知识。

人眼一般能够区分的灰度级只有20几个，而对不同亮度和色调的彩色图像的分辨能力却可达到灰度分辨能力的百倍以上。利用这个特性，人们可以把人眼不敏感的灰度信号映射为人眼灵敏的彩色信号，从而增

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

强了人对图像中细微变化的分辨力。

伪彩色处理技术，处理的对象虽然是灰度图像，但生成的结果却是彩色图像。

众所周知，人的视觉系统对色彩非常敏感，人眼一般能区分的灰度级只有20多个，但却能区分不同亮度、色度和饱和度的几千种颜色人的彩色。根据人的这一特点，可将彩色用于增强中，以提高图像的可鉴别性。因此，如果能将一幅灰度图像变成彩色图像，就可以达到增强图像的视觉效果的目的。

1.密度分割法

密度分割法是把灰度图像的灰度级从黑到白分成N个区间，给每个区间指定一种彩色，这样便可以把一幅灰度图像变成一幅伪彩色图像。该方法的优点是比较简单、直观。缺点是变换出的彩色数目有限。

【例7-26】利用密度分割法处理图像。

```
clear all;
I=imread('cell.tif');       %读取图像
figure,
subplot(1,2,1);
imshow(I);
title('原始图像')
I=double(I);          %利用密度分割法处理图像
c=zeros(size(I));
d=ones(size(I))*255;
pos=find(((I>=32)&(I<63))|((I>=96)&(I<127))|((I>=154)&(I<191))|
((I>=234)&(I<=255)));
c(pos)=d(pos);
f(:,:,3)=c;
c=zeros(size(I));
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
d=ones(size(I))*255;
pos=find(((I>=64)&(I<95))|((I>=96)&(I<127))|((I>=192)&(I<233))|
((I>=234)&(I<=255)));
c(pos)=d(pos);
f(:,:,2)=c;
c=zeros(size(I));
d=ones(size(I))*255;
pos=find(((I>=128)&(I<154))|((I>=154)&(I<191))|((I>=192)&(I<233))|
((I>=234)&(I<=255)));
c(pos)=d(pos);
f(:,:,1)=c;
f=uint8(f);
subplot(1,2,2);
imshow(f);
title('密度分割法')
```

运行结果如图7-26所示。

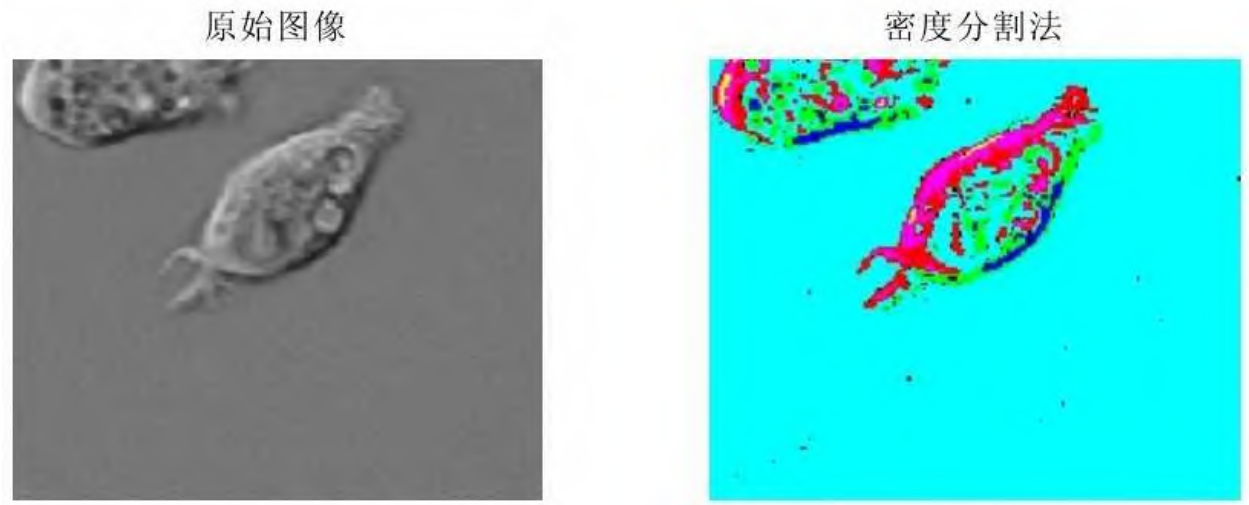


图7-26 原图和利用密度分割法处理后的图像

2.空间域灰度级-彩色变换法

与密度分割法不同，空间域灰度级-彩色变换法是一种更为常用、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

更为有效的伪彩色增强方法。

其根据色彩学原理，将原图像f(x,y)的灰度范围分段，经过红、绿、蓝3种不同变换，变成三基色分量 R(x,y)、G(x,y)、B(x,y)，然后用它们分别去控制彩色显示器的红、绿、蓝电子枪，以在彩色显示器的屏幕上合成一幅彩色图像。3 个变换是独立的，彩色的含量由变换函数的形式决定。

【例7-27】利用空间域灰度级-彩色变换法对图像进行变换。

```
clear all;
I=imread('rice.png'); %读取图像
figure,
subplot(1,2,1);
imshow(I);
title('原始图像')
I=double(I);  %利用空间域灰度级-彩色变换法对图像进行变换
[M,N]=size(I);
L=256;
for i=1:M
   for j=1:N
      if I(i,j)<=L/4;
         R(i,j)=0;
         G(i,j)=4*I(i,j);
         B(i,j)=L;
      else
         if I(i,j)<=L/2;
            R(i,j)=0;
            G(i,j)=L;
            B(i,j)=-4*I(i,j)+2*L;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
            else
                if I(i,j)<=3*L/4
                    R(i,j)=4*I(i,j)-2*L;
                    G(i,j)=L;
                    B(i,j)=0;
                else
                    R(i,j)=L;
                    G(i,j)=-4*I(i,j)+4*L;
                    B(i,j)=0;
                end
            end
        end
    end
end
for i=1:M
    for j=1:N
        C(i,j,1)=R(i,j);
        C(i,j,2)=G(i,j);
        C(i,j,3)=B(i,j);
    end
end
C=uint8(C);
subplot(1,2,2);
imshow(C);
title('色彩变化法')
```

运行结果如图7-27所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

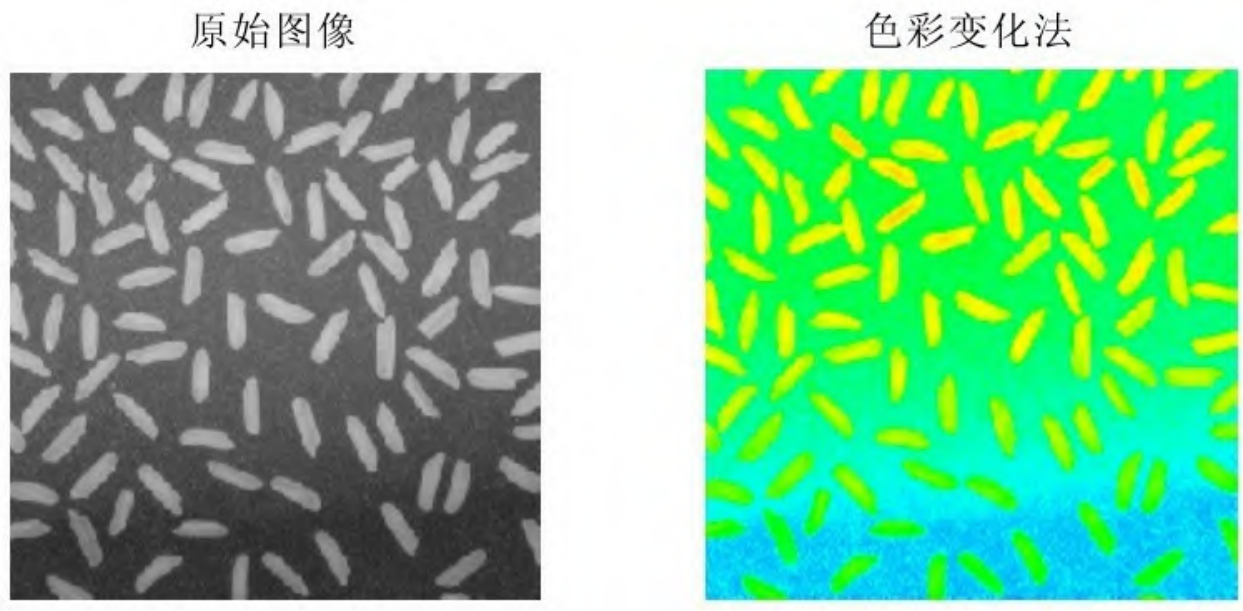


图7-27 原图和利用空间域灰度级-彩色变换法变换后的图像

7.4.3 假彩色增强

假彩色增强是将一幅自然彩色图像或同一景物的多光谱图像，通过映射函数变换成新的三基色分量，彩色合成，使感兴趣目标呈现出与原图像中不同的、奇异的彩色的方法。

假彩色增强目的：一是使感兴趣的目标呈现奇异的彩色或置于奇特的彩色环境中，从而更引人注目；二是使景物呈现出与人眼色觉相匹配的颜色，以提高人眼对目标的分辨力。

【例7-28】图像的假彩色增强处理。

```
[RGB]=imread('peppers.png'); %读取图像
imshow(RGB);
RGBnew(:,:,1)=RGB(:,:,3);   %进行假彩色增强处理
RGBnew(:,:,2)=RGB(:,:,1);
RGBnew(:,:,3)=RGB(:,:,2);
subplot(121);
imshow(RGB);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('原始图像');
subplot(122);
imshow(RGBnew);
title('假彩色增强');
```

运行结果如图7-28所示。

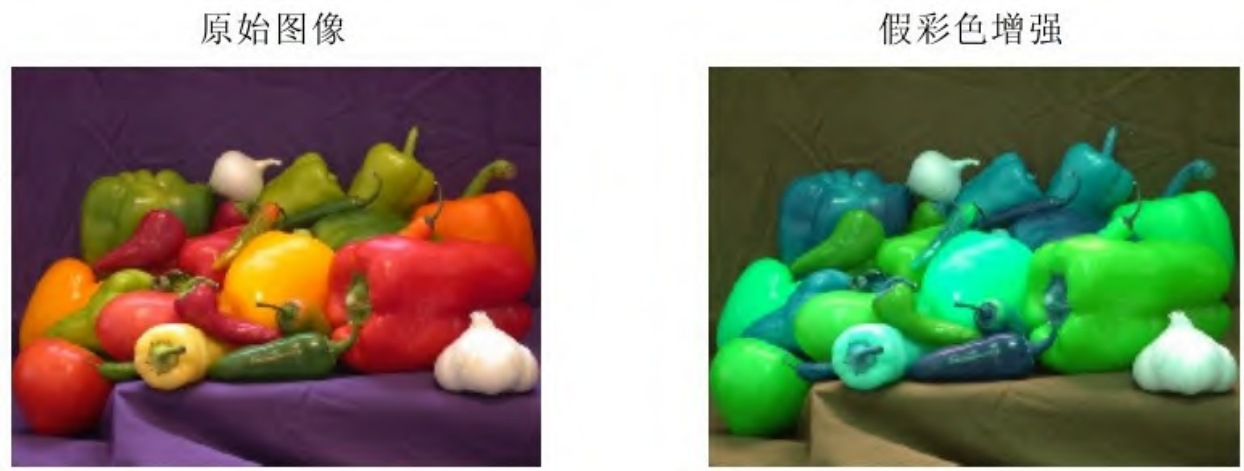


图7-28 假彩色增强

7.5 小波变换在图像增强方面的应用

7.5.1 图像增强处理

图像增强问题主要通过时域和频域处理两种方法来解决。这两种方法具有很明显优势和劣势，时域方法方便、快速，但会丢失很多点之间的相关信息；频域方法可以很详细地分离出点之间的相关，但计算量大得多。

小波分析是以上两种方法的权衡结果，它将一幅图像分解为大小、位置和方向都不同的分量。在做逆变换之前可以改变小波变换域中某些系数的大小，这样就能够有选择地放大所感兴趣的分量而减小不需要的分量。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

【例7-29】利用小波变换对一个图像进行增强处理。

```
load trees
subplot(221);
image(X);
colormap(map);
title('原始图像');
axis square
[c,s]=wavedec2(X,2,'sym4');  %用小波函数  sym4对X进行  2层小波分解
sizec=size(c);
for i=1:sizec(2)      %处理分解系数，突出轮廓部分，弱化细节部分
   if(c(i)>350)
      c(i)=2*c(i);
   else
      c(i)=0.5*c(i);
   end
end
xx=waverec2(c,s,'sym4');  %重构处理后的系数
subplot(222);
image(xx);
colormap(map);
title('增强重构图像');
axis square
```

运行结果如图7-29所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

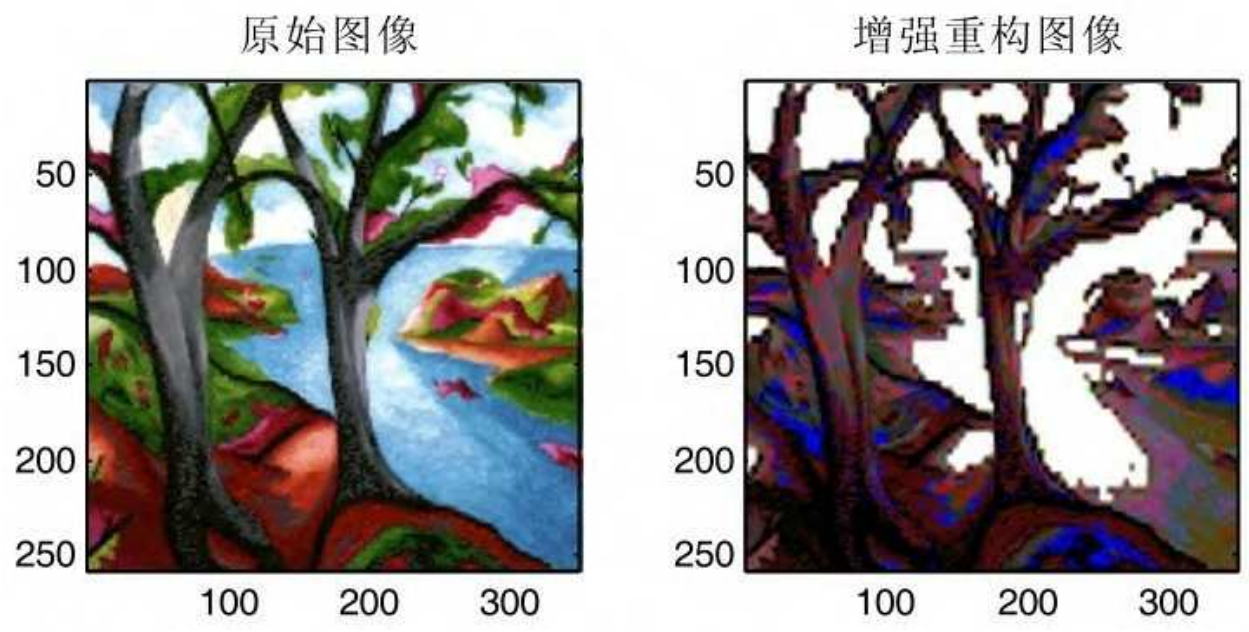


图7-29 小波变换在图像增强上的应用

7.5.2 图像钝化与锐化

钝化操作主要是提出图像中的低频成分，抑制尖锐的快速变化成分。锐化操作正好相反，它是将图像中尖锐的部分尽可能地提取出来，以用于检测和识别等领域。

图像钝化在时域中的处理相对简单，只需要对图像作用一个平滑滤波器，使得图像中的每个点与其相邻点平滑即可。

与图像钝化所做的工作相反，锐化操作的任务是突出高频信息，抑制低频信息，从快速变化的成分中分离出标识系统特性或区分子系统边界的成分。

【例7-30】利用小波变换和傅里叶变换两种方法对图像进行钝化处理。

```
load julia
blur1=X;
blur2=X;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
ff1=dct2(X);          %对原图像做二维离散余弦变换
for i=1:256           %对变换结果在频域做BUTTERWORTH滤波
for j=1:256
ff1(i,j)=ff1(i,j)/(1+((i*j+j*j)/8192)^2);
end
end
blur1=idct2(ff1);      %重建变换后的图像
[c,l]=wavedec2(X,2,'db3');  %对图像做2层的二维小波分解
csize=size(c);
for i=1:csize(2);      %对低频系数进行放大处理，并抑制高频系数
if(c(i)>300)
c(i)=c(i)*2;
else
c(i)=c(i)/2;
end
end
blur2=waverec2(c,l,'db3');  %通过处理后的小波系数重建图像
subplot(131);          %显示3幅图像
image(wcodemat(X,192));
colormap(gray(256));
title('原始图像','fontsize',18);
subplot(132);
image(wcodemat(blur1,192));
colormap(gray(256));
title(' DCT钝化','fontsize',18);
subplot(133);
image(wcodemat(blur2,192));
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
colormap(gray(256));
title('小波钝化','fontsize',18);
```

运行结果如图7-30所示。

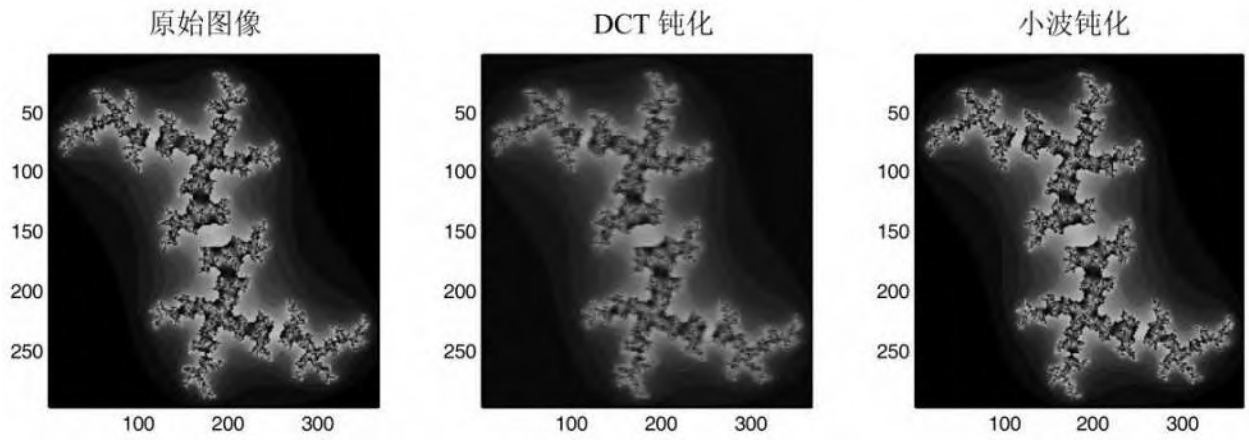


图7-30 图像钝化

【例7-31】利用小波变换和傅里叶变换两种方法对图像进行锐化处理。

```
load julia;
blur1=X;              %分别保存用DCT方法和小波方法的变换系数
blur2=X;
ff1=dct2(X);          %对原图像做二维离散余弦变换
for i=1:256           %对变换结果在频域做BUTTERWORTH滤波
for j=1:256
ff1(i,j)=ff1(i,j)/(1+(32768/(i*i+j*j))^2);
end
end
blur1=idct2(ff1);          %重建变换后的图像
[c,l]=wavedec2(X,2,'db3');      %对图像做2层的二维小波分解
csize=size(c);
for    i=1:csize(2);          %对低频系数进行放大处理，并抑制高频系数
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
if(abs(c(i))<300)
c(i)=c(i)*2;
else
c(i)=c(i)/2;
end
end
blur2=waverec2(c,l,'db3');       %通过处理后的小波系数重建图像
subplot(131);          %显示3幅图像
image(wcodemat(X,192));
colormap(gray(256));
title('原始图像','fontsize',18);
subplot(132);
image(wcodemat(blur1,192));
colormap(gray(256));
title(' DCT锐化图像','fontsize',18);
subplot(133);
image(wcodemat(blur2,192));
colormap(gray(256));
title('小波锐化图像','fontsize',18);
```

运行结果如图7-31所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

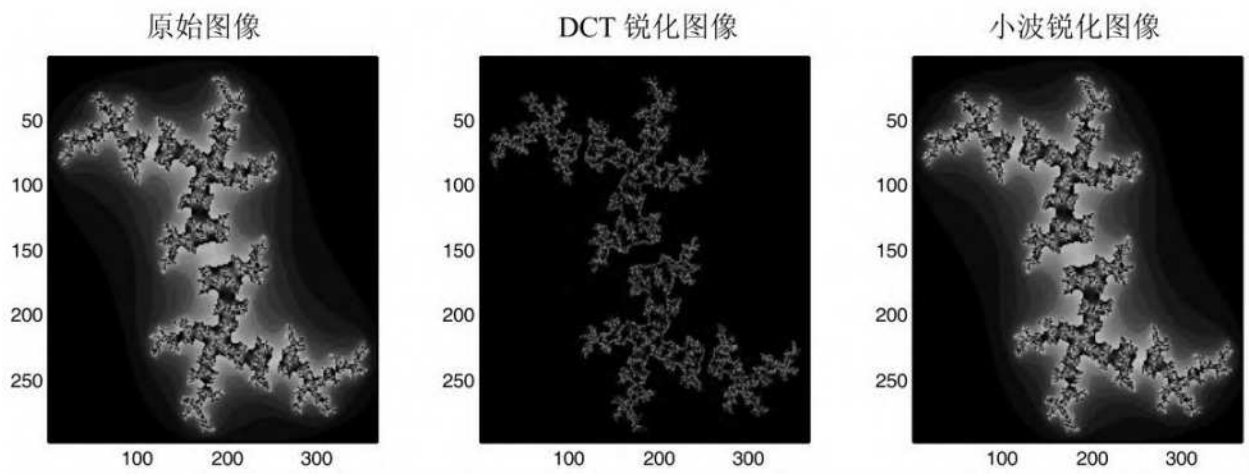


图7-31 图像锐化

7.5.3 小波图像去噪处理

二维信号用二维小波变换的去噪步骤有以下3步。

（1）二维信号的小波分解。

（2）对高频系数进行阈值量化。

（3）二维小波的重构。

以上3个步骤，重点是如何选取阈值并进行阈值的量化。

【例7-32】对图像进行小波图像去噪处理。

```
load clown
init=3718025452;              %产生噪声
rand('seed',init);
Xnoise=X+18*(rand(size(X)));
colormap(map);                %显示原始图像和含噪声的图像
subplot(1,3,1);
image(wcodemat(X,192));
title('原始图像')
axis square
subplot(1,3,2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
image(wcodemat(X,192));
title('含噪声的图像');
axis square
[c,s]=wavedec2(X,2,'sym5');          %用   sym5小波对图像信号进行2层的小波分解
[thr,sorh,keepapp]=ddencmp('den','wv',Xnoise);   %计算去噪的默认阈值和熵标准
[Xdenoise,cxc,lxc,perf0,perfl2]=wdencmp('gbl',c,s,'sym5',2,thr,sorh,keep
subplot(1,3,3);                %显示去噪后的图像
image(Xdenoise);
title('去噪后的图像');
axis square
```

运行结果如图7-32所示。

【例7-33】对图像进行小波图像去噪处理，其中图像所含的噪声主要是白噪声。

```
load sinsin;
subplot(221);
```

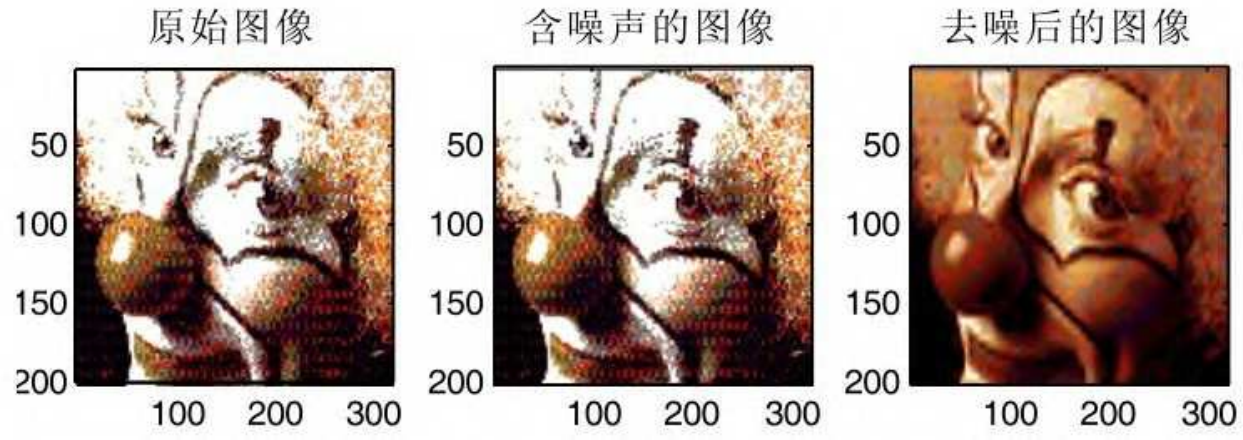


图7-32 小波图像去噪处理效果1

```
image(X);
colormap(map);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('原始图像');
axis square
init=2055615866;randn('seed',init)       %产生含噪图像
x=X+38*randn(size(X));
subplot(222);
image(x);
colormap(map);
title('含白噪声图像');
axis square;
[c,s]=wavedec2(x,2,'sym4');       %用小波函数 sym4对x进行 2层小波分解
a1=wrcoef2('a',c,s,'sym4');        %提取小波分解中第1层的低频图像
subplot(223);image(a1);
title('第1次去噪');
axis square;
a2=wrcoef2('a',c,s,'sym4',2);      %提取小波分解中第2层的低频图像
subplot(224);
image(a2);
title('第2次去噪');
axis square;
```

运行结果如图7-33所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

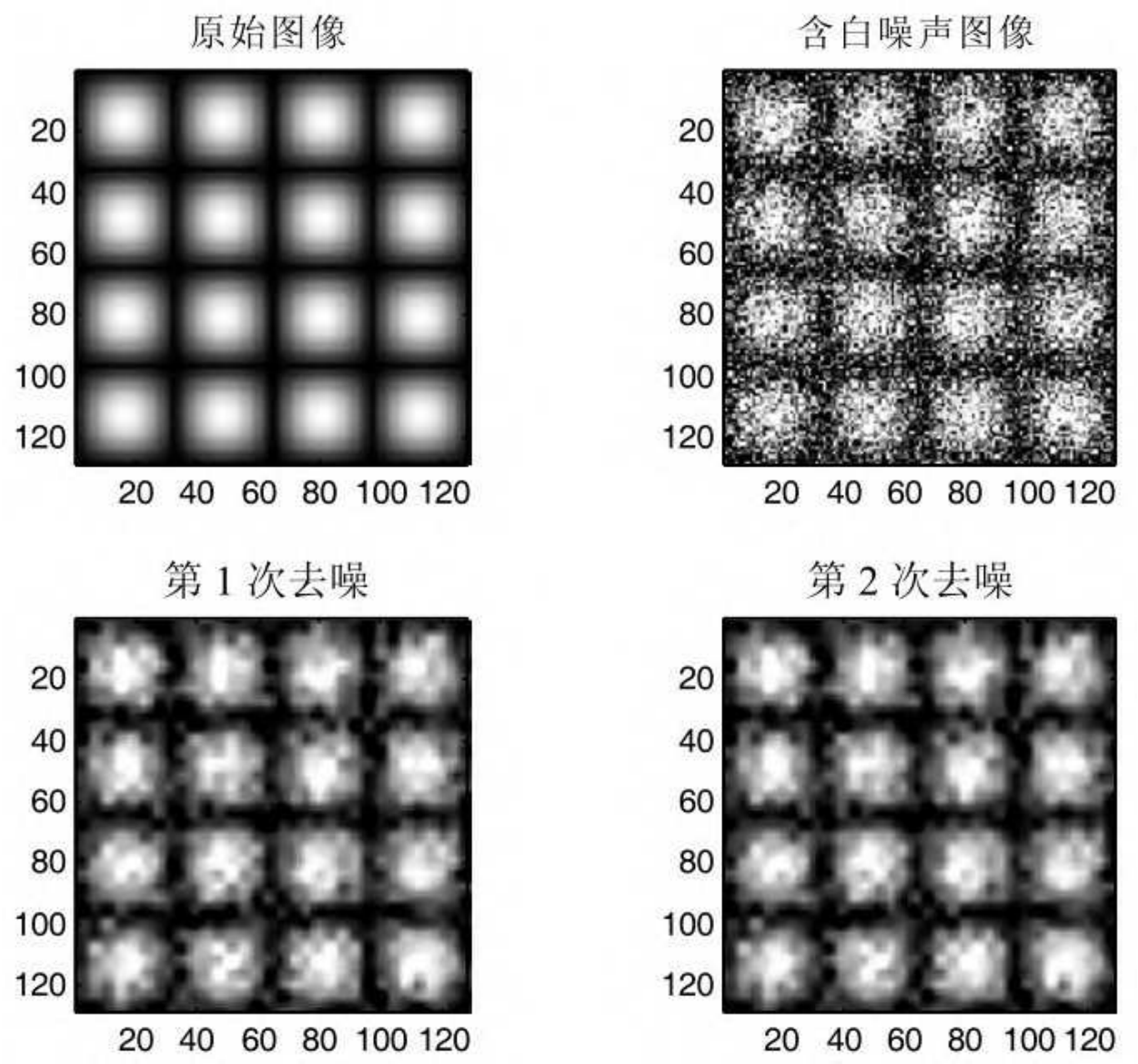


图7-33 小波图像去噪处理效果2

可以看出，第1次去噪已经滤去了大部分的高频噪声，但第1次去噪后的图像中仍然含有很多的高频噪声；第2次去噪是在第1次去噪的基础上再次滤去其中的高频噪声。从去噪的结果可以看出，它具有较好的去噪效果。

【例 7-34】利用小波分解系数阈值量化方法进行去噪处理，其中，原始图像中只含有较少的高频噪声。

load detfingr;

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(131);
image(X);
colormap(map);
title('原始图像');
axis square
init=2055615866;          %产生含噪声的图像
randn('seed',init)
x=X+10*randn(size(X));
subplot(132);
image(X);
colormap(map);
title('含噪声图像');
axis square
[c,s]=wavedec2(x,2,'coif3');      %用小波函数  coif3对x进行  2层小波分解
n=[1,2] ;              %设置尺度向量n
p=[10.12,23.28];          %设置阈值向量p
nc=wthcoef2('h',c,s,n,p,'s');
nc=wthcoef2('v',c,s,n,p,'s');
nc=wthcoef2('d',c,s,n,p,'s');
xx=waverec2(nc,s,'coif3');      %对新的小波分解结构[nc，s]进行重构
subplot(133);
image(X);
colormap(map);
title('去噪后的图像');
axis square
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运行结果如图7-34所示。

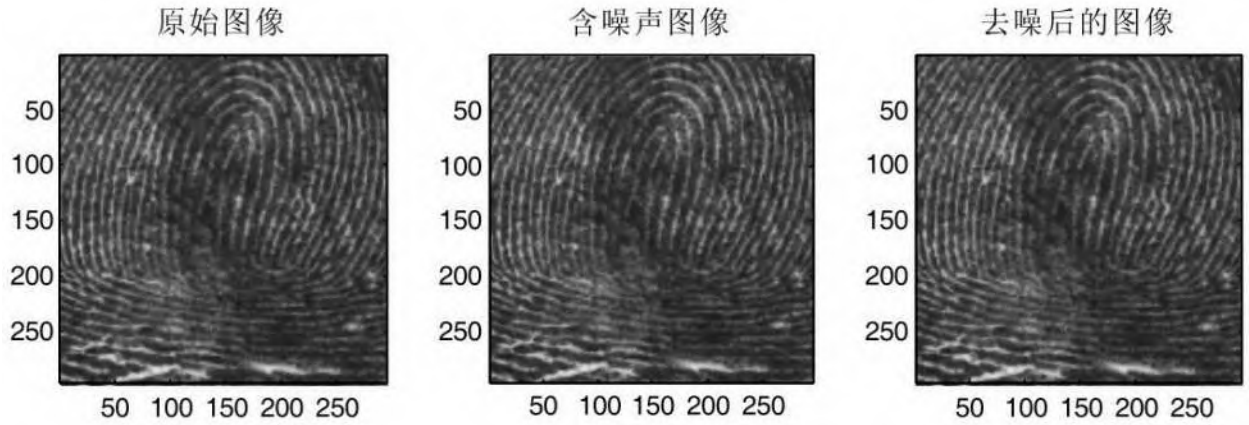


图7-34 小波图像去噪处理效果3

7.6 本章小结

本章首先介绍了图像的灰度变换增强，包括图像的直方图、直方图的均衡化、灰度的调整、直方图的规定化，然后介绍了线性滤波增强、空域滤波增强、频域滤波增强、彩色增强等内容，最后又介绍了小波在图像增强方面的应用等内容。读者在实际应用中，既可以采用单一的图像处理方法进行图像增强，也可以采用多种方法以达到预期的效果。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第8章 图像压缩编码技术

图像压缩编码技术通常利用两个基本原理。一是数字图像的相关性。在图像的同一行相邻像素之间，活动图像的相邻帧的对应像素之间往往存在很强的相关性，去除或减少这些相关性，也即去除或减少图像信息中的冗余度也就实现了对数字图像的压缩。帧内像素的相关称做空域相关性。相邻帧间对应像素之间的相关性称做时域相关性。二是人的视觉心理特征。人的视觉对于边缘急剧变化不敏感（视觉掩盖效应），对颜色分辨力弱，利用这些特征可以在相应部分适当降低编码精度而使人从视觉上并不感觉到图像质量的下降，从而达到对数字图像进行压缩的目的。

学习目标：

1.了解图像压缩编码技术的基本知识、评价标准。

2.掌握图像压缩编码技术的几种编码技术基本原理、实现步骤。

3.了解什么是JPEG标准。

4.熟悉小波变换的基本原理、实现步骤。

5.理解基于小波变换的图像水印技术是如何实现的。

8.1 图像压缩概述

图像数据之所以可以进行压缩，主要是因为一般原始图像数据是高度相关的，都含有大量的冗余信息。图像压缩编码的目的就是消除各种冗余，并在给定的畸变下用尽量少的比特数来表征和重建图像，使它符

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

合预定应用场合的要求。

图像压缩就是减少表示数字图像时需要的数据量，是指以较少的比特有损或无损地表示原来的像素矩阵的技术，也称图像压缩编码。

在当前传输媒介中，存在传输带宽的限制，故在一些限制条件下如何传输尽可能多的活动图像，如何能对图像数据进行最大限度的压缩，并且保证压缩后的重建图像能够被用户所接受等问题，成为研究图像压缩技术的问题之源。

8.1.1 图像压缩的可能

图像数据之间的冗余使得数据的压缩成为可能。信息论的创始人香农提出把数据看作是信息和冗余度的组合。所谓冗余，是由一幅图像的各像素之间存在着很大的相关性造成的，可利用一些编码的方法删去它们，从而达到减少冗余、压缩数据的目的。为了去掉数据中的冗余，常常要考虑信号源的统计特性，或建立信号源的统计模型。

图像的冗余包括以下几种。

（1）编码冗余。对图像编码时须建立数据与编码的对应关系。图像的每个灰度值对应一个码字。下面我们讲的哈夫曼算法和行程编码算法都是利用编码冗余做的。

（2）像素间冗余。它指的是像素灰度级间具有的相关性。它包括以下三种形式：

（3）空间冗余。是指在一副图像内，物体和背景的表面物理特性各自具有很强的相关性。

（4）时间冗余。序列图像间存在明显的相关性。

（5）结构冗余。有的图像构成非常规则，如纹理结构在人造图像中经常出现，如果能找到纹理基元，就可以通过仿射变换生成图像的其他部分。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（6）知识冗余。人类拥有的知识也可以用于图像编码系统的设计，如人脸具有固定结构，只是不同的人在局部的表达不同而已。

（7）心理视觉冗余。我们的视觉系统具有非线性、非均匀性特点，对图像上呈现的信息具有不同的分辨率。也就是说很多图像间的微小变化人眼察觉不到，这部分可以认为是心理视觉冗余的，删除此类信息不会明显降低图像的视觉质量。

8.1.2 图像信息量的度量

数字图像形成的关键步骤是在空间（X，Y）和光亮度F上都进行离散化，通常把这一过程叫做采样与量化。采样与量化处理是决定最终的数字图像与原始图像接近的两个关键因素，也关系到数据量的大与小。

1.采样

如果对图像进行等间距采样，即在X和Y方向上取N个点，并排成N×N的矩阵，矩阵中的每一个点为离散化的亮度值F（X，Y），它对应于数字图像中的一个元素，称为像素。采样点的多少直接影响到数字图像与原图像的失真度，而如何表示每一个采样点的亮度值也是导致最终数字图像质量好坏的关键因素。

2.量化

量化过程就是用有限的离散量代替无限的连续的模拟量的一对多的映射过程。图像的亮度F 是连续变化的数值，F（X，Y）的光亮度L 表示为：Lmin ≤L≤Lmax。[Lmin，Lmax]称为灰度级范围。把[Lmin，Lmax]分成K个等间距的区间，每个区间对应一个亮度值Fi，这样就有 K 个亮度值，称为灰度级 K。为了计算方便，灰度级 K 用 2 的整数幂表示，即$K=2^m$ ，m=1，2，…8。当m=6时，$K=2^6$ =64个灰度级。当F（X，Y）的光亮度落在第i个区域中时，就被合入到区域的中心，量化结果就是这个区域的灰度值Fi。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

采样点N与量化灰度级K的选择确定了数字图像的质量，也决定了数字图像所占有计算机存储空间的大小。

3.均匀采样与非均匀采样

上面提到的在（X，Y）方向上等间距的采样成为均匀采样，而非均匀则是在图像细节少的区域采用较稀疏的采样，在细节比较多的区域采用密集采样，这样获得的图像信息量没有减少，但是数据量却有效地降低了。需要指出的是，分配采样点的时候，应该在灰度变化的边界标上非均匀采样标志。

4.线性量化和非线性量化

将表示数字图像的灰度级范围分为等间隔的子区间叫做线性量化，而非线性量化是指将灰度级范围分为不等间隔的子区间。与均匀采样和非均匀采样的概念一致，对灰度级出现频率比较高的区间，量化区间变窄，而另一些灰度级出现频率较低的范围量化区间变宽。

5.图形的信息量的度量

图像的信息量主要取决于图像的分辩率和像素的位深度。图像的分辩率由（X，Y）方向的采样点数决定。如果（X，Y）方向等间隔采样N个点，则图像的分辩率为N×N，像素的位深度就是由量化级确定的。如果用256个灰度级表示单色调图像，则每一个像素的位深度为8位。

8.2 图像压缩编码评价标准

对图像进行压缩编码，不可避免的要引入失真。在图像信号的最终用户觉察不出或能够忍受这些失真的前提下，我们要做的就是进一步提高压缩比，以换取更高的编码效率。这就需要引入一些失真的测度来评估重建图像的质量。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8.2.1 客观标准

假设原始图像表示A=f(i,j)，其中i=l,2,…M；j=1,2,…N，经压缩解压后的图像为A'=f' (i,j)，i=1,2,…M；j=1,2,…N，可以用下列指标进行评价。

（1）均方误差MSN：

$$MSN = \frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left[f(i,j) - f'(i,j)\right]^2$$

（2）规范化均方误差NMSN：

$$NMSN = \frac{MSN}{\delta_f{}^2}$$

$$\delta_f{}^2 = MN\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\left[f(i,j)\right]^2$$

其中，

（3）对数信噪比SNR：

$$SNR = 10\lg\frac{\delta_f{}^2}{MSN} = -10\lg NMSN$$

（4）峰值信噪比PSNR：

$$PSNR = 10\lg\frac{255^2}{MSN}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8.2.2 主观标准

以人作为图像的观察者，对图像的优劣做出主观评价，叫做图像的主观质量。主观标准采用平均判分MOS（mean opinion score）或多维计分等方法进行测试，即组织一群足够多的实验人员（一般10人以上），通过观察来评定图像的质量，根据不同的质量打上分等级的评分制，最后用平均的办法得到图像的分数，这样的评分虽然很花时间，但比较符合实际。表8-1列出了5级的主观评价的评分尺度。

表8-1 图像质量主观评价尺度

图像质量	评　分	评价尺度
优秀	5 分	丝毫看不出图像质量变坏
良好	4 分	能看出质量变坏，但不妨碍观看
中等	3 分	清楚看出图像质量变坏，稍妨碍观看
较差	2 分	对观看较有影响
非常差	1 分	非常严重的质量变坏，基本不能观看

主观评价和客观评价之间有一定联系，但不能完全等同，由于客观评价比较方便，很有说服力，故在一般的图像压缩研究中被采用。主观评价很直观，符合人眼的视效果，比较实际，但是打分尺度很难把握，不可避免人为因素。

8.2.3 压缩率

也叫压缩比，是评价图像压缩效果的另外一个重要指标。压缩率Cr指的是原始图像每像素的比特数同压缩后平均每像素的比特数的比值，也常用每像素比特值（bpp）来表示压缩效果。压缩率定义为：

Cr=n1/n2

【例8-1】计算图像的压缩比。

```
f=imread('coins.png');
imwrite(f,'coins.png');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
k=imfinfo('coins.png');
ib=k.Width*k.Height*k.BitDepth/8;
cb=k.FileSize;
cr=ib/cb
```

运行结果如下：

```
cr =
1.9495
```

说明图像的压缩率为1.9495。

8.2.4 冗余度

如果编码效率η≠100%，就说明还有冗余度，冗余度r定义为：

$$r = 1 - \eta$$

r越小，说明可压缩的余地越小。

总之，一个编码系统要研究的问题是设法减小编码平均长度 R，使编码效率尽量趋于1，而冗余度尽量趋于0。

8.3 DCT 变换编码

DCT编码属于正交变换编码方式，用于去除图像数据的空间冗余。变换编码就是将图像光强矩阵（时域信号）变换到系数空间（频域信号）上进行处理的方法。

在空间上具有强相关的信号，反映在频域上是在某些特定的区域内能量常常被集中在一起，或者是系数矩阵的分布具有某些规律。我们可以利用这些规律在频域上减少量化比特数，达到压缩的目的。

图像经 DCT 变换以后，DCT 系数之间的相关性就会变小。而且大

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

部分能量集中在少数的系数上，因此，DCT变换在图像压缩中非常有用，是有损图像压缩国际标准JPEG的核心。

从原理上讲可以对整幅图像进行 DCT 变换，但由于图像各部位上细节的丰富程度不同，这种整体处理的方式效果不好。

为此，发送者首先将输入图像分解为8×8或16×16块，然后再对每个图像块进行二维DCT变换，接着再对DCT系数进行量化、编码和传输；接收者通过对量化的DCT系数进行解码，并对每个图像块进行的二维DCT反变换。最后将操作完成后所有的块拼接起来构成一幅单一的图像。

对于一般的图像而言，大多数DCT系数值都接近于0，所以去掉这些系数不会对重建图像的质量产生较大影响。因此，利用DCT进行图像压缩确实可以节约大量的存储空间。

【例8-2】对saturn.png'f文件计算二维DCT变换

```
RGB = imread('saturn.png');
subplot(221),
imshow(RGB);
title('原始图像');
I= rgb2gray(RGB);          %真彩色图像转换成灰度图像
subplot(222),
imshow(I);
   title('灰度图像');
J = dct2(I);
   %计算二维DCT变换
subplot(223),imshow(log(abs(J)),[])   %图像大部分能量集中在上左角处
colormap(jet(64)), colorbar
J(abs(J)< 10)=0;          %矩阵中小于10的值置换为0，用 idct2重构图
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

像

```
K= idct2(J)/255;          %归一化
subplot(224),
imshow(K);
title('重构图像');
```

运行结果如图8-1所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

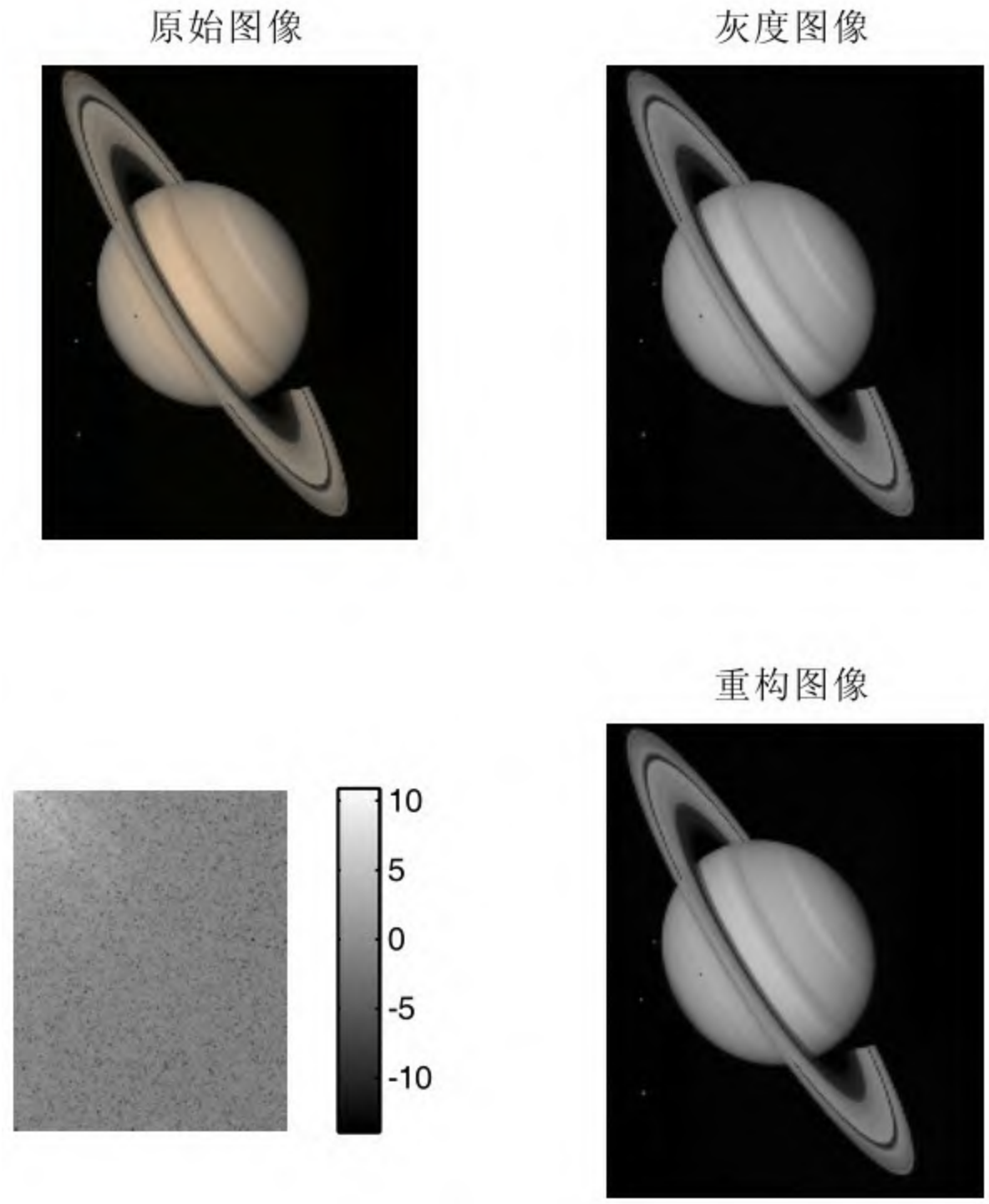


图8-1 DCT 与图像压缩

【例8-3】利用DCT变换对图像进行压缩。

```
A=imread('pears.png');
I=rgb2gray(A);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
I=im2double(I);              %转换图像矩阵为双精度型。
T=dctmtx(8);                 %产生二维DCT变换矩阵
a1 = [ 16 11 10 16 24 40 51 61
   12 12 14 19 26 58 60 55
   14 13 16 24 40 57 69 56
   14 17 22 29 51 87 80 62
   18 22 37 56 68 109 103 77
   24 35 55 64 81 104 113 92
   49 64 78 87 103 121 120 101
   72 92 95 98 112 100 103 99];
for i=1:8:200
   for j=1:8:200
      P=I(i:i+7,j:j+7);
      K=T*P*T';
      I2(i:i+7,j:j+7)=K;
      K=K./a1;            %量化
      K(abs(K)<0.03)=0;
      I3(i:i+7,j:j+7)=K;
   end
end
subplot(2,2,2);
imshow(I2);
title('DCT变换后的频域图像');       %显示DCT变换后的频域图像
for i=1:8:200
   for j=1:8:200
      P=I3(i:i+7,j:j+7).*a1;    %反量化
      K=T'*P*T;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
        I4(i:i+7,j:j+7)=K;
    end
end
subplot(2,2,4);
imshow(I4);
title('复原图像');
imwrite(I4,'复原图像6.jpg');
B=blkproc(I,[8,8],'P1*x*P2',T,T');  %二值掩模，压缩DCT系数，只留左上角的10个
mask=[1 1 1 1 0 0 0 0
   1 1 1 0 0 0 0 0
   1 1 0 0 0 0 0 0
   1 0 0 0 0 0 0 0
   0 0 0 0 0 0 0 0
   0 0 0 0 0 0 0 0
   0 0 0 0 0 0 0 0
   0 0 0 0 0 0 0 0 ]
B2=blkproc(B,[8 8],'P1.*x',mask);  %只保留DCT变换的10个系数
I2=blkproc(B2,[8 8],'P1*x*P2',T',T) ; %重构图像
subplot(2,2,1);
imshow(I);
title('原始图像');
subplot(2,2,3);
imshow(I2);
title('压缩图像');
figure
mesh(dct2(I));
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

colorbar('horiz')

运行结果如图8-2、图8-3所示。

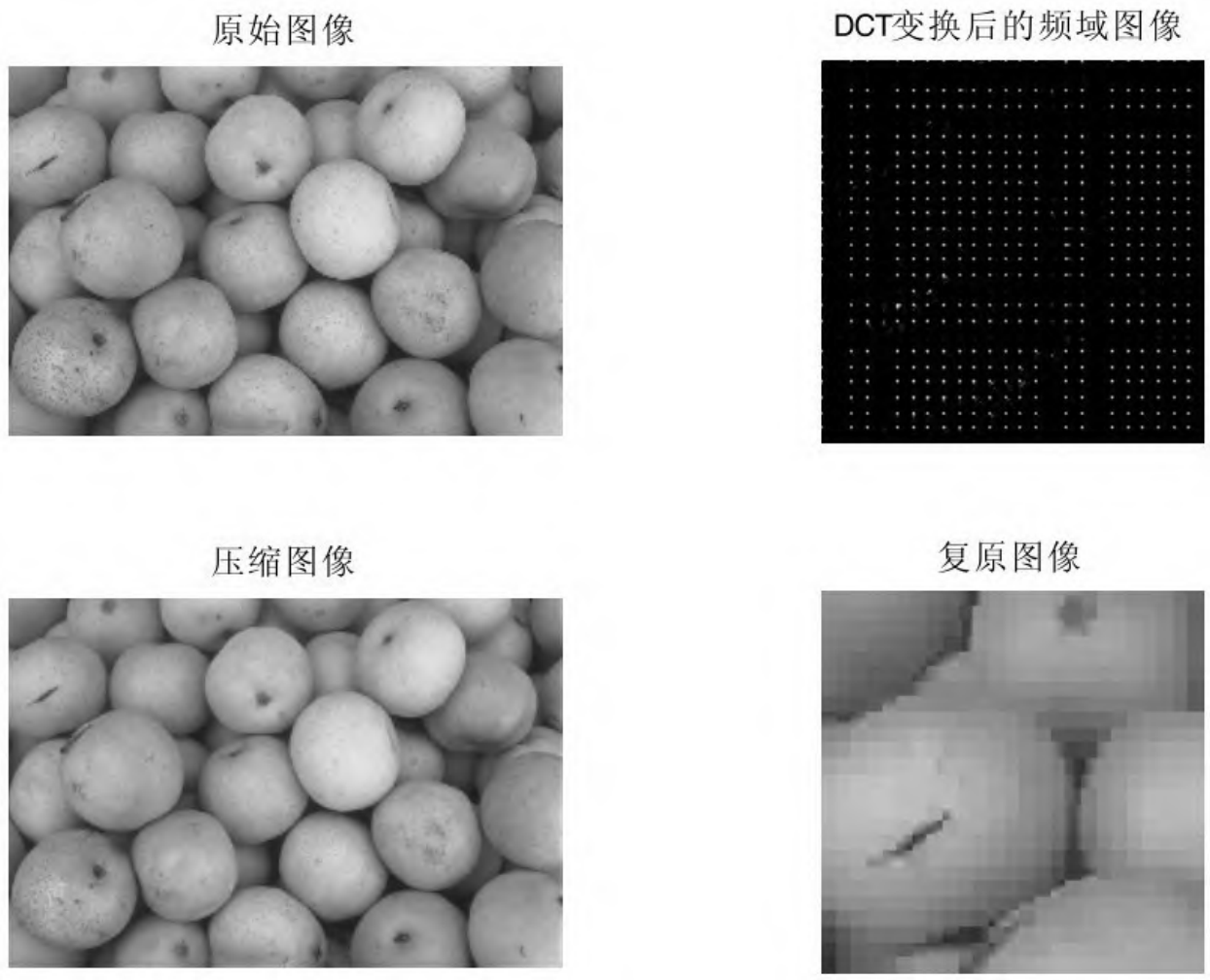


图8-2 图像的DCT

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

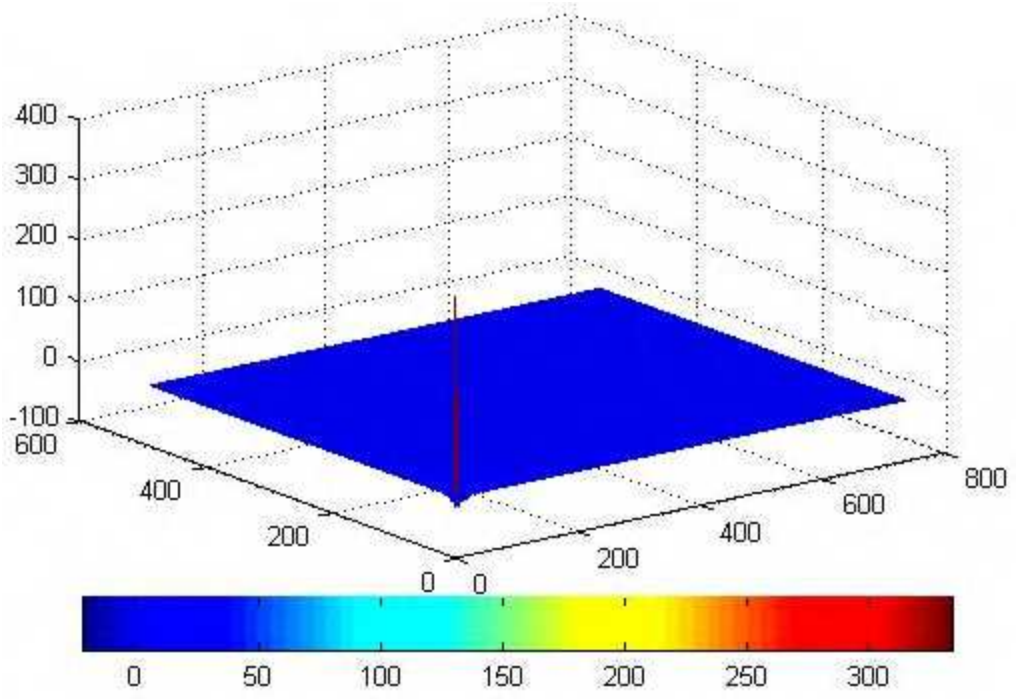


图8-3 变换谱的立体网状效果图

8.4 图像的无损编码和有损编码

图像编码是指按照一定的格式存储图像数据的过程，而编码技术则是研究如何在满足一定的图像保真条件下，压缩表示原始图像的编码方法。

目前有很多流行的图像格式标准，如BMP、PCX、TIFF、GIF、JPEG等等，采用不同的编码方法，一般可以将其分为无损编码和有损编码两类。

8.4.1 无损编码

对图像数据进行无损压缩，解压后重新构造的图像与原始图像之间完全相同就叫做无损编码。

行程编码就是无损编码的一个实例，其编码原理是在给定的数据中

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

寻找连续重复的数值，然后用两个数值（重复数值的个数，重复数值本身）取代这些连续的数值，以达到数据压缩的目的。运用此方法处理拥有大面积色调一致的图像时，可达到很好的数据压缩效果。常见的无损压缩编码有：

（1）哈夫曼编码；

（2）算术编码；

（3）行程编码；

（4）Lempel zev 编码。

8.4.2 有损编码

对图像进行有损压缩，致使解码后重新构造的图像与原图像之间存在着一定的误差叫做有损编码。有损压缩利用了图像信息本身包含的许多冗余。

针对人类的视觉对颜色不敏感的生理特性，对丢失一些颜色信息所引起的细微误差不易被发现的特点来删除视觉冗余。又由于图像信息之间存在着很大的相关性，存储图像数据时，并不是以像素为基本单位，而是存储图像中的一些数据块，以删除空间冗余。

由于有损压缩一般情况下可获得较好的压缩比，因此在对图像的质量要求不苛刻的情况下是一种理想的编码选择，常见的有损编码有：

（1）预测编码，如DPCM，运动补偿编码；

（2）频率域方法，如正方变换编码，子带编码；

（3）空间域方法，如统计分块编码；

（4）模型方法编码，如分形编码，模型基编码；

（5）基于重要性编码，如滤波，子采样，比特分配。

下面将最常用的有损编码和无损编码进行介绍。

1.哈夫曼（Huffman）编码技术

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

哈夫曼编码是一种利用信息符号概率分布特性的变字长的编码方法。对于出现概率大的信息符号编以短字长的码，对于出现概率小的信息符号编以长字长的码。

哈夫曼编码是一种变长编码，也是一种无失真编码。举个例子：假设一个文件中出现了8种符号S0,S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7，那么每种符号要编码，至少需要3比特。

假设编码000,001,010,011,100,101,110,111（称为码字）。

那么符号序列S0S1S7S0S1S6S2S2S3S4S5S0S0S1

编码后变成000001111000001110010010011100101000000001，共用了42比特。

我们发现 S0，S1，S2 这三个符号出现的频率比较大，其他符号出现的频率比较小，如果我们采用一种编码方案使得 S0，S1，S2 的码字短，其他符号的码字长，这样就能够减少占用的比特数。

例如，我们采用这样的编码方案：S0到S7的码字分01,11,101,0000,0001,0010,0011,100，那么上述符号序列变成01111000111001110

11010000000100100111，共用了39比特，尽管有些码字如S3，S4，S5，S6变长了（由3位变成4位），但使用频繁的几个码字如S0，S1变短了，所以实现了压缩。

具体的Huffman编码算法如下。

（1）首先统计出每个符号出现的频率，

例如S0到S7的出现频率分别为：0.25，0.19，0.08，0.06，0.21，0.02，0.03，0.16；

（2）从左到右把上述频率按从大到小的顺序排列；

（3）将最小的两个数相加的值表上“*”号，其余的数据不变，然后将得到的数据排序；

（4）重复（3），直到只有两个数据；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（5）从最后一列概率编码，从而得到最终编码。

产生哈夫曼编码需要对原始数据扫描两遍。第一遍扫描要精确地统计出原始数据中每个符号出现的频率，第二遍是按照上述过程进行Huffman编码。这样，每种符号都被哈夫曼编码代替，最后按照符号的排序，将相应的哈夫曼编码写出来就完成了。若要还原原图像，对其进行解码就可以了。

在MATLAB中，huffumandict函数用于生成Huffman编码字典。该函数的调用方法如下。

dict=huffmandict(s,p)：表示对图像进行Huffman编码，s为灰度级，p为各灰度级出现的概率 huffmanenco 函数。

enco=huffmanenco(I,dict)：I为图像数据转成的列向量，dict为Huffman编码字典。

deco=huffmandeco(enco,dict)：enco为压缩编码，dict为Huffman编码字典。

【例8-4】对给定的图像trees.tif进行哈夫曼编码。

```
h=imread('trees.tif');          %读取图像
[m,n]=size(h);
subplot(1,2,1);
imshow(h);
title('原始图像');
h=h(:);              %下面进行哈夫曼编码
s=0:255;
for i=0:255
   p(i+1)=length(find(h==i))/(m*n);
end
dict=huffmandict(s,p);
enco=huffmanenco(h,dict);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
deco=huffmandeco(enco,dict);
deco=col2im(deco,[m,n],[m,n],'distinct');
subplot(1,2,2);
imshow(uint8(deco));
title('Huffman处理后的图像');
```

运行结果如图8-4所示。

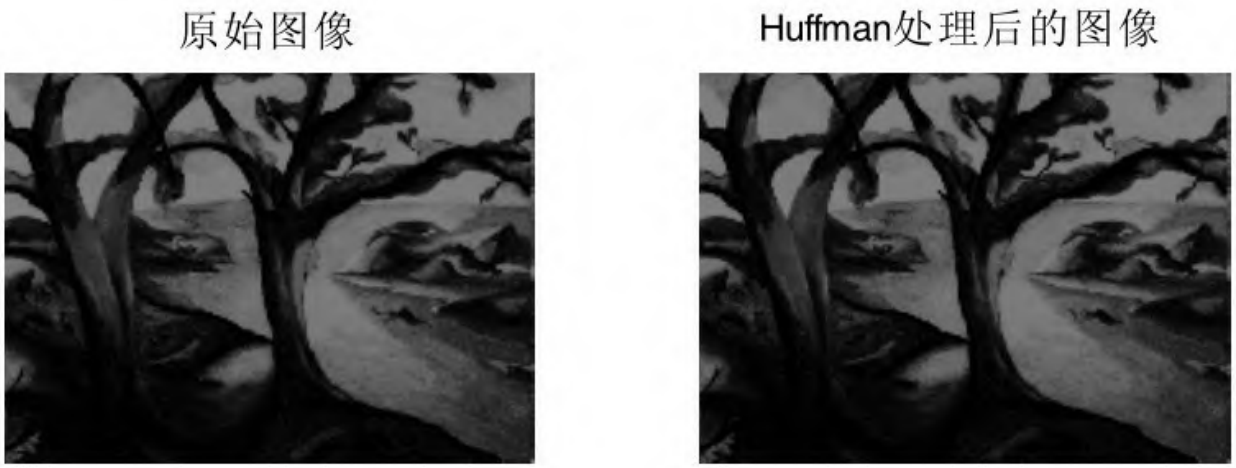


图8-4 Huffman编码处理的图像

【例8-5】对读入的图像进行Huffman编码。

```
I=imread('onion.png');
imshow(I);
title('哈弗曼编码的图像');
pix(256)=struct('huidu',0.0,...        %灰度值
    'number',0.0,...            %对应像素的个数
    'bianma','');           %对应灰度的编码
[m n l]=size(I);
fid=fopen('huffman.txt','w');%huffman.txt是灰度级及相应的编码表
fid1=fopen('huff_compara.txt','w');    %huff_compara.txt是编码表
huf_bac=cell(1,l);
for t=1:l
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
%初始化结构数组
   for i=1:256
      pix(i).number=1;
      pix(i).huidu=i-1;       %灰度级是0—255，因此是 i-1
      pix(i).bianma='';
   end
   for i=1:m              %统计每种灰度像素的个数记录在pix数组中
      for j=1:n
         k=I(i,j,t)+1;          %当前的灰度级
         pix(k).number=1+pix(k).number;
      end
   end
      for i=1:255          %按灰度像素个数从大到小排序
         for j=i+1:256
            if pix(i).number<pix(j).number
temp=pix(j);
pix(j)=pix(i);
pix(i)=temp;
            end
         end
   end
   for i=256:-1:1
      if pix(i).number ～=0
         break;
      end
   end
   num=i;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
count(t)=i;%记录每层灰度级
    clear huffman    %定义用于求解的矩阵
    huffman(num,num)=struct('huidu',0.0,...
        'number',0.0,...
        'bianma','');
    huffman(num,:)=pix(1:num);
    for i=num-1:-1:1    %矩阵赋值
        p=1;
        sum=huffman(i+1,i+1).number+huffman(i+1,i).number;
        for j=1:i
            if huffman(i+1,p).number>sum
                huffman(i,j)=huffman(i+1,p);
                p=p+1;
            else
                huffman(i,j).huidu=-1;
                huffman(i,j).number=sum;
                sum=0;
            huffman(i,j+1:i)=huffman(i+1,j:i-1);
            break;
            end
        end
    end
    for i=1:num-1           %开始给每个灰度值编码
        obj=0;
        for j=1:i
            if huffman(i,j).huidu==-1
                obj=j;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
            break;
        else
            huffman(i+1,j).bianma=huffman(i,j).bianma;
        end
    end
    if huffman(i+1,i+1).number>huffman(i+1,i).number
        huffman(i+1,i+1).bianma=[huffman(i,obj).bianma '0'];
        huffman(i+1,i).bianma=[huffman(i,obj).bianma '1'];
    else
        huffman(i+1,i+1).bianma=[huffman(i,obj).bianma '1'];
        huffman(i+1,i).bianma=[huffman(i,obj).bianma '0'];
    end
    for j=obj+1:i
        huffman(i+1,j-1).bianma=huffman(i,j).bianma;
    end
  end
  for k=1:count(t)
  huf_bac(t,k)={huffman(num,k)};       %保存
  end
  end
for t=1:l                  %写出灰度编码表
  for b=1:count(t)
  fprintf(fid,'%d',huf_bac{t,b}.huidu);
  fwrite(fid,' ');
  fprintf(fid,'%s',huf_bac{t,b}.bianma);
  fwrite(fid,' ');
  end
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
        fwrite(fid,'%');
end
for t=1:l
    for i=1:m
        for j=1:n
            for b=1:count(t)
                if I(i,j,t)==huf_bac{t,b}.huidu
                    M(i,j,t)=huf_bac{t,b}.huidu; %将灰度级存入解码的矩阵
                        fprintf(fid1,'%s',huf_bac{t,b}.bianma);
                        fwrite(fid1,' ');       %用空格将每个灰度编码隔开
                        break;
                    end
            end
        end
            fwrite(fid1,',');           %用空格将每行隔开
    end
    fwrite(fid1,'%');   %用%将每层灰度级代码隔开
end
fclose(fid);
fclose(fid1);
M=uint8(M);
save('M') %存储解码矩阵
```

运行结果如图8-5、图8-6和图8-7所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

哈弗曼编码的图像



图8-5 进行哈弗曼编码的图像

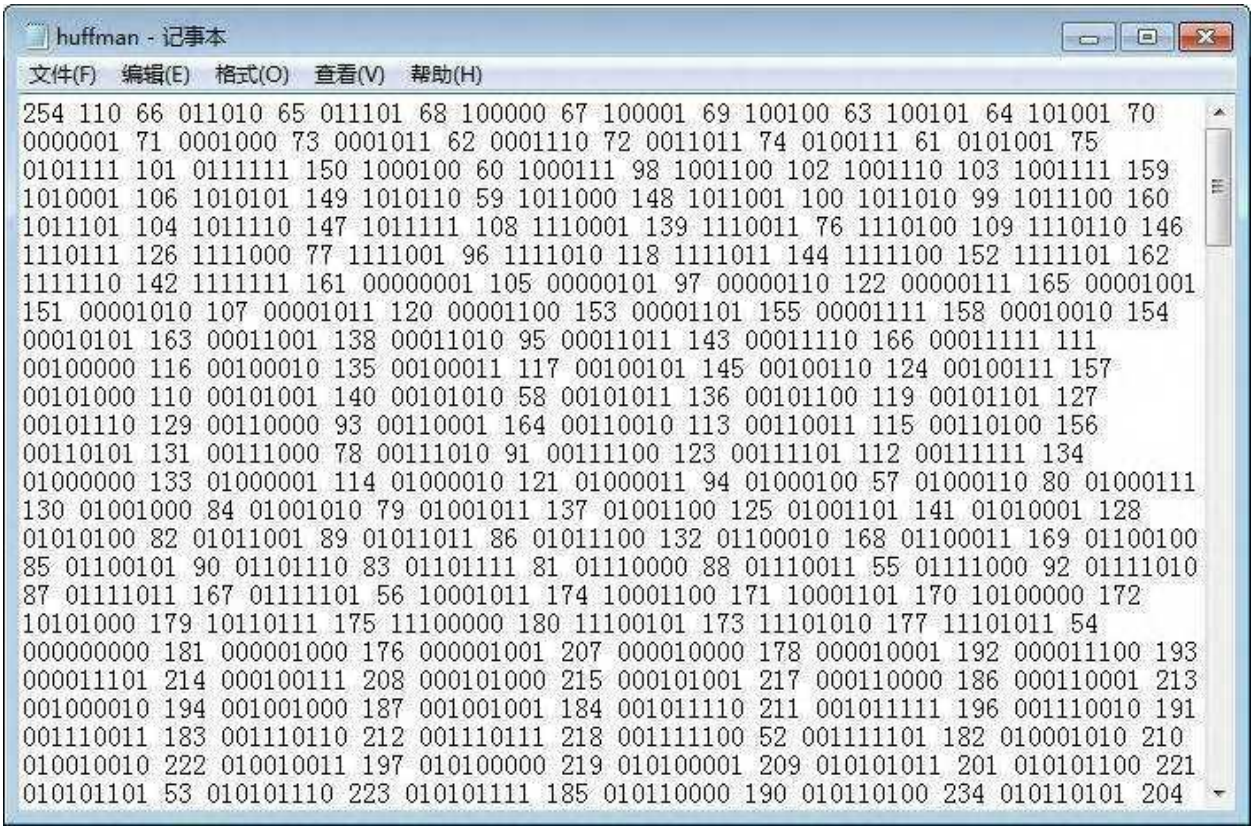


图8-6 哈夫曼灰度编码表

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图8-7 哈夫曼代码表

通过上述程序，我们把上述图片（onion.png）进行了哈夫曼编码，并把编码写入了txt文档中（其中huffman.txt是哈夫曼灰度及相应的编码表，huff_compara.txt是原图像的哈夫曼代码），这两个txt文档只是便于我们更直观的看压缩编码，而在实际生活中，这些二元的哈夫曼编码是要进行存储传输的，需要做一些处理，不在我们的讨论范围内，因此做到这里就可以了。

2.香农—范诺编码

香农—范诺编码也是一种常见的可变字长编码，与哈夫曼编码相似，当信源符号出现的概率正好为2的负幂次方时，采用香农—范诺编码同样能够达到100%的编码效率。香农—范诺编码的理论基础是符号的码字长度N_i完全由该符号出现的概率来决定，即

$$-\log_D P_i \leqslant N_i \leqslant -\log_D P_i + 1$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

式中，D为编码所用的数制。

香农-范诺编码的步骤如下： ■

（1）将信源符号按其出现概率从大到小排序； ■

（2）计算出各概率对应的码字长度N_i；

（3）计算累加概率A_i，即

$$A_1 = 0$$

$$A_i = A_{i-1} + P_{i-1} \qquad i = 2,\ldots,N-1$$

（4）把各个累加概率A_i 由十进制转化为二进制，取该二进制数的前N_i 位作为对应信源符号的码字。

二分法香农-范诺编码方法其步骤如下：

（1）将信源符号按照其出现概率从大到小排序； ■

（2）从这个概率集合中的某个位置将其分为两个子集合，并尽量使两个子集合的概率和近似相等，给前面一个子集合赋值为0，后面一个子集合赋值为1； ■

（3）重复步骤2，直到各个子集合中只有一个元素为止； ■

（4）将每个元素所属的子集合的值依次串起来，即可得到各个元素的香农—范诺编码。

【例8-6】展示香农—范诺编码。

```
clear;
X=[0.45,0.35,0.15,0.19,0.17,0.14];
X=fliplr(sort(X));   %降序排列
[m,n]=size(X);
for i=1:n
   Y(i,1)=X(i);      %生成Y的第1列
end
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
a=sum(Y(:,1))/2;       %生成Y第2列的元素
for k=1:n-1
   if abs(sum(Y(1:k,1))-a)<=abs(sum(Y(1:k+1,1))-a)
      break;
   end
end
for i=1:n          %生成Y第2列的元素
   if i<=k
      Y(i,2)=0;
   else
      Y(i,2)=1;
   end
end
END=Y(:,2)';       %生成第一次编码的结果
END=sym(END);
j=3;          %生成第3列及以后几列的各元素
while (j～=0)
   p=1;
   while(p<=n)
      x=Y(p,j-1);
      for q=p:n
         if x==-1
            break;
         else
            if Y(q,j-1)==x
               y=1;
               continue;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
            else
                y=0;
                break;
            end
        end
    end
if y==1
    q=q+1;
end
if q==p|q-p==1
    Y(p,j)=-1;
else
    if q-p==2
        Y(p,j)=0;
        END(p)=[char(END(p)),'0'];
        Y(q-1,j)=1;
        END(q-1)=[char(END(q-1)),'1'];
    else
        a=sum(Y(p:q-1,1))/2;
        for k=p:q-2
            if abs(sum(Y(p:k,1))-a)<=abs(sum(Y(p:k+1,1))-a);
                break;
            end
        end
            for i=p:q-1
                if i<=k
                    Y(i,j)=0;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
                END(i)=[char(END(i)),'0'];
            else
                Y(i,j)=1;
                END(i)=[char(END(i)),'1'];
            end
        end
    end
        p=q;
end
C=Y(:,j);
D=find(C==-1);
[e,f]=size(D);
if e==n
    j=0;
else
    j=j+1;
end
end
Y
X
END
for i=1:n
    [u,v]=size(char(END(i)));
    L(i)=v;
end
avlen=sum(L.*X)
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运行结果如下所示：

Y =

0.4500 0 0 -1.0000 -1.0000

0.3500 0 1.0000 -1.0000 -1.0000

0.1900 1.0000 0 0 -1.0000

0.1700 1.0000 0 1.0000 -1.0000

0.1500 1.0000 1.0000 0 -1.0000

0.1400 1.0000 1.0000 1.0000 -1.0000

X =

0.4500 0.3500 0.1900 0.1700 0.1500 0.1400

END =

[0, 1, 100, 101, 110, 111]

avlen =

2.7500

3.行程编码

行程编码又称“运行长度编码”或“游程编码”，是一种统计编码。其基本思想为：将一行中颜色值相同的相邻象素用一个计数值和该颜色值来代替。例如，aaabccccccddeee可以表示为3a1b6c2d3e，即有3个a、1个b、6个c、2个d、3个e。

如果一幅图象是由很多块颜色相同的大面积区域组成，那么采用行程编码的压缩效率是惊人的。然而，该算法也导致了一个致命弱点，如果图象中每两个相邻点的颜色都不同，用这种算法不但不能压缩，反而数据量增加一倍。因此对有大面积色块的图像用行程编码效果比较好。

行程编码的压缩方法对于自然图片来说是不太可行的，因为自然图片像素点错综复杂，同色像素连续性差，如果硬要用行程编码方法来编码就适得其反，图像体积不但没减少，反而加倍。

鉴于计算机桌面图，图像的色块大，同色像素点连续较多，所以行

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

程编码对于计算机桌面图像来说是一种较好的编码方法。行程编码算法有算法简单、无损压缩、运行速度快、消耗资源少等优点。

【例8-7】对给定的图像进行行程编码。

```
I=imread('onion.png');
imshow(I);
title('行程编码的图像');
[m n l]=size(I);
fid=fopen('yc.txt','w');        %yc.txt是行程编码的灰度级及其相应的编码表
sum=0; %行程编码算法
for k=1:l
   for i=1:m
      num=0;
         J=[];
         value=I(i,1,k);
      for j=2:n
         if I(i,j,k)==value
            num=num+1;    %统计相邻像素灰度级相等的个数
            if j==n
               J=[J,num,value];
            end
         else   J=[J,num,value];    %J的形式是先是灰度的个数及该灰度的值
            value=I(i,j,k);
         num=1;
         end
      end
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
        col(i,k)=size(J,2);        %记录Y中每行行程行程编码数
        sum=sum+col(i,k);
        Y(i,1:col(i,k),k)=J;       %将  I中每一行的行程编码  J存入Y的相
应行中
    end
end
[m1,n1,l1]=size(Y);
disp('原图像大小:')
whos('I');
disp('压缩图像大小:')
whos('Y');
disp('图像的压缩率:');
disp(m*n*l/sum);
%将编码写入yc.txt中
for k=1:l1
    for i=1:m1
        for j=1:col(i,k)
    fprintf(fid,'%d',Y(i,j,k));
        fwrite(fid,' ');
            end
    end
    fwrite(fid,' ');
end
save('Y')
save('col')
fclose(fid);
```

运行结果如图8-8、图8-9所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Name Size Bytes Class Attributes

I 135x198x3 80190 uint8

压缩图像大小:

Name Size Bytes Class Attributes

Y 135x384x3 155520 uint8

图像的压缩率:

0.5915



图8-8 进行行程编码的图像

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图8-9 行程编码代码表

4.算术编码

算术编码的方法是将被编码的信源消息表示成0～1之间的一个间隔，即小数区间，消息越长，编码表示它的间隔就越小，由于以小数表示间隔，因而表示的间隔越小，所需的二进制位数就越多，码字就越长。反之，间隔越大，所需的二进制位数就越小，码字就越短。

信源中连续符号根据某一模式所生成概率的大小来缩小间隔，可能出现的符号要比不太可能出现的符号缩小范围小，只增加了较少的比特。算术编码的特点如下：

（1）算术编码是信息保持型编码，它不像霍夫曼编码，无需为一个符号设定一个码字。算术编码可分为固定方式编码和自适应方式编码两种；

（2）算术编码的自适应模式，无需先定义概率模型，合适于无法进行概率统计的信源，在这点上优越于霍夫曼编码；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（3）在信源符号概率接近时，算术编码比霍夫曼编码效率高；

（4）实现算术编码的硬件比霍夫曼编码复杂；

（5）算术编码在JPEG的扩展系统中被推荐代替霍夫曼编码。

【例8-8】编码实例：设图像信源编码可用a,b,c,d这4个符号来表示，出现的概率分别为0.4,0.2,0.2,0.2。若输入的数据为“dacba”，算术编码的基本步骤如下。

（1）信源各字符在区间[0,1]内的子区间间隔分别如下：

a=[0.0,0.4)；

b=[0.4,0.6)；

c=[0.6,0.8)；

d=[0.8,1.0]。

（2）按照下面的公式产生新的子区间：

$$\begin{cases} Start_a = Start_b + Lc \times L \\ End_a = Start_b + Rc \times L \end{cases}$$

其中，$Start_a$ 、End_a 分别表示区间的起始上、下限；$Start_b$ 为前一个子区间的起始位置；Lc、Rc分别表示当前符号区间的左端、右端；L为前一子区间的长度。

（3）编码：

字符d，初始子区间[0.8,1.0);

字符a，新子区间[0.8,0.88);

字符c，新子区间[0.848,0.864);

字符b，新子区间[0.8544,0.8576);

字符a，新子区间[0.8544,0.85568);

字符集{dacba} 被描述在实数[0.8544,0.85568);

用二进制形式表示为[0.110110011011,0.110110100001]。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

编码为11011011。

【例8-9】算数编码过程演示。

```
str=input('请输入字符串');
l=0;r=1;d=1;
p=[0.2 0.3 0.1 0.15 0.250.35];  %初始间隔
n=length(str);          %字符的概率分布，sum(p)=1
disp('_ a e r s t')
disp(num2str(p))
for i=1:n
   switch str(i)
      case '_'
         m=1;
      case 'a'
         m=2;
      case 'e'
         m=3;
      case 'r'
         m=4;
      case 's'
         m=5;
   case 't'
      m=6;
      otherwise
         error('请不要输入其他字符！');
      end
      pl=0;pr=0;       %判断字符
         for j=1:m-1
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
            pl=pl+p(j);
        end
        for j=1:m
            pr=pr+p(j);
        end
            l=l+d*pl;       %概率统计
            r=l+d*(pr-pl);
            strl=strcat('输入第',int2str(i),'符号的间隔左右边界：');
            disp(strl);
            format long
            disp(l);disp(r);
            d=r-l;
end
    l=l+d*pl;
    r=l+d*(pr-pl);
    str1=strcat('输入第',int2str(i),'符号的间隔左右边界：');
    disp(strl);
    format long
    disp(l);disp(r);
    d=r-1;
end
```

运行程序，命令窗口将出现“请输入字符串'state_tree'”。

输入字符串后运行结果如下：

```
_ a e r s t
0.2 0.3 0.1 0.15 0.25 0.35
输入第1符号的间隔左右边界：
0.750000000000000
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1
输入第2符号的间隔左右边界：
1
1.087500000000000
输入第3符号的间隔左右边界：
1.017500000000000
1.043750000000000
输入第4符号的间隔左右边界：
1.043750000000000
1.052937500000000
输入第5符号的间隔左右边界：
1.048343750000000
1.049262500000000
输入第6符号的间隔左右边界：
1.048343750000000
1.048527500000000
输入第7符号的间隔左右边界：
1.048527500000000
1.048591812500000
输入第8符号的间隔左右边界：
1.048566087500000
1.048575734375000
输入第9符号的间隔左右边界：
1.048570910937500
1.048571875625000
输入第10符号的间隔左右边界：
1.048571393281250

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1.048571489750000

输入第10符号的间隔左右边界：

1.048571441515625

1.048571451162500

5.预测编码

预测编码方法是一种较为实用，被广泛采用的一种压缩编码方法。从相邻像素之间有强的相关性特点来考虑是预测编码方法原理。除了处于边界状态，当前像素的灰度或颜色信号，数值上与其相邻像素总是比较接近。

预测编码（predictive coding）是统计冗余数据压缩理论的三个重要分支之一，它的理论基础是现代统计学和控制论。由于数字技术的飞速发展，数字信号处理技术不时渗透到这些领域，在这些理论与技术的基础上形成了一个专门用作压缩冗余数据的预测编码技术。预测编码主要是减少了数据在时间和空间上的相关性，因而对于时间序列数据有着广泛的应用价值。

预测编码是根据某一模型利用以往的样本值对于新样本值进行预测，然后将样本的实际值与其预测值相减得到一个误差值，对于这一误差值进行编码。如果模型足够好且样本序列在时间上相关性较强，那么误差信号的幅度将远远小于原始信号，从而可以用较少的电平类对其差值量化得到较大的数据压缩结果。

如果能精确预测数据源输出端作为时间函数使用的样本值的话，那就不存在关于数据源的不确定性，因而也就不存在要传输的信息。换句话说，如果我们能得到一个数学模型完全代表数据源，那么在接收端就能依据这一数学模型精确地产生出这些数据。然而没有一个实际的系统能找到其完整的数据模型，我们能找到的最好的预测器是以某种最小化的误差对下一个采样进行预测的预测器。

当前像素的灰度或颜色信号的数值，可用前面已出现的像素的值，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

进行预测（估计），得到一个预测值（估计值），将实际值与预测值求差，对这个差值信号进行编码、传送，这种编码方法称为预测编码方法。

预测编码方法分线性预测和非线性预测编码方法。线性预测编码方法，也称差值脉冲编码调制法，简称DPCM。因此在预测法编码中，编码和传输的并不是像素取样值本身，而是这个取样值的预测值（也称估计值）与其实际值之间的差值。

DPCM系统原理框图如图8-10所示。

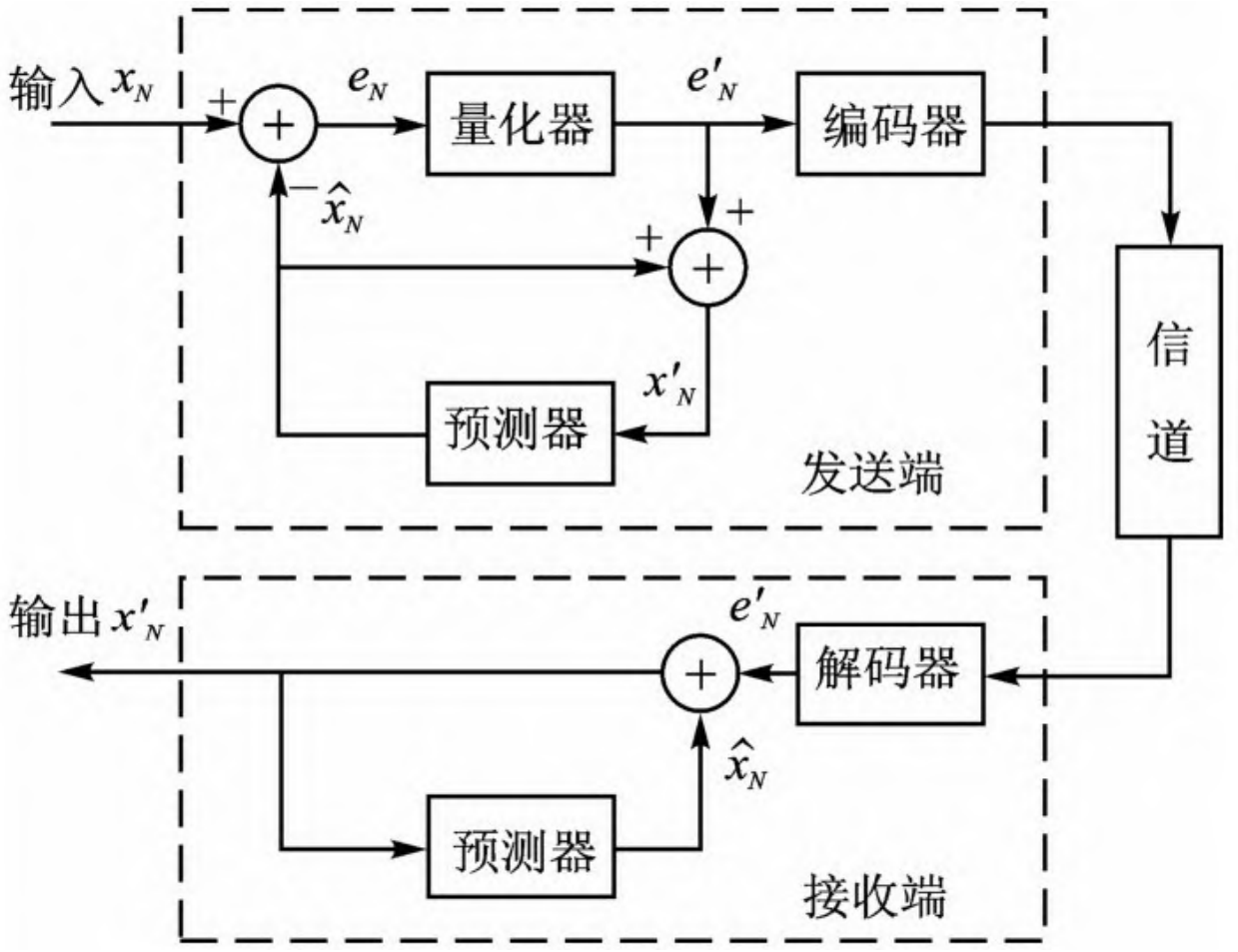


图8-10 DPCM系统原理框图

其中，x_N：表示为t_N时刻输入信号的亮度取样值；

$\hat{x}_N$：表示根据时刻以前已知的像素亮度取样值x_1，x_2，…，x_{N-1}对x_N所作的预测值；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$e_N = x_N - \hat{x}_N$：表示差值信号，亦称误差信号；

e'_N：表示量化器输出信号；

$q_N = e_N - e'_N$：表示量化器的量化误差；

$x'_N = \hat{x}_N + e'_N$：表示接收端输出。

$x_N - x'_N = x_N - (\hat{x}_N + e'_N) = (x_N - \hat{x}_N) - e'_N = e_N - e'_N = q_N$：表示在接收端复原的像素值与发送端的原输入像素值之间的误差为。

由此可见，在DPCM系统中的误差与接收端无关，其来源是发送端的量化器。

当量化器被去掉时，则有

$$e_N = e'_N$$

这样就可以完全不失真地恢复输入信号x_N，实现信息保持型编码。

若t_N 时刻之前的已知样值与预测值之间呈现某种函数形式的关系，该函数一般可以分为线性和非线性，所以预测编码器也就有线性预测器和非线性预测编码器。

若估计值$\hat{x}_N$ 与x_1，x_2，…，x_{N-1} 样值之间呈现如下的关系：

$$\hat{x}_N = \sum_{i=1}^{N-1} a_i x_i$$

其中，a_i（i＝1，2，…，N-1）为常量，则称之为线性预测，a_1，a_2，…，a_{N-1} 表示为预测系数。

若t_N 时刻的信号样本值x_N 与t_N 时刻之前的已知样本值x_1，x_2，…，x_{N-1} 不是线性组合关系，而是非线性关系，则称为非线性预测。

图像数据压缩中有如下几种常用线性预测方案。

（1）前值预测：即$\hat{x}_N = ax_{N-1}$。

（2）一维预测：即用x_N 的同一扫描行中的前面已知的几个采样值

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$\hat{x}_N = \sum_{i=1}^{N-1} a_i x_i$$

x_N 预测，其预测公式为 。

（3）二维预测：即不但用x_N 的同一扫描行以前的几个采样值（x_1 ，x_5 ），还要用x_N 的以前几行中的采样值（x_2 ,x_3 ,x_4 ）一起来预测。

（4）三维预测：即取用已知像素不但是前几行的而且还包括前几帧的来预测x_N 。通常相邻帧间细节的变化是很少的，存在极强的相关性，利用预测编码去除帧间的相关性，从而获得更大的压缩比。

【例8-10】利用DPCM对图形编码和解码。

```
clc
clear
close all;
I03=imread('peppers.png');
I02=rgb2gray(I03);  %把RGB图像转化为灰度图像
I=double(I02);
fid1=fopen('mydata1.dat','w');
fid2=fopen('mydata2.dat','w');
fid3=fopen('mydata3.dat','w');
fid4=fopen('mydata4.dat','w');
[m,n]=size(I);
J1=ones(m,n);      %对预测信号将边缘锁定
J1(1:m,1)=I(1:m,1);
J1(1,1:n)=I(1,1:n);
J1(1:m,n)=I(1:m,n);
J1(m,1:n)=I(m,1:n);
J2=ones(m,n);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
J2(1:m,1)=I(1:m,1);
J2(1,1:n)=I(1,1:n);
J2(1:m,n)=I(1:m,n);
J2(m,1:n)=I(m,1:n);
J3=ones(m,n);
J3(1:m,1)=I(1:m,1);
J3(1,1:n)=I(1,1:n);
J3(1:m,n)=I(1:m,n);
J3(m,1:n)=I(m,1:n);
J4=ones(m,n);
J4(1:m,1)=I(1:m,1);
J4(1,1:n)=I(1,1:n);
J4(1:m,n)=I(1:m,n);
J4(m,1:n)=I(m,1:n);
for k=2:m-1          %一阶DPCM编码
   for l=2:n-1
      J1(k,l)=I(k,l)-I(k,l-1);
   end
end
J1=round(J1);
cont1=fwrite(fid1,J1,'int8');cc1=fclose(fid1);
for k=2:m-1          %二阶DPCM编码
   for l=2:n-1
      J2(k,l)=I(k,l)-(I(k,l-1)/2+I(k-1,l)/2);
   end
end
J2=round(J2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
cont2=fwrite(fid2,J2,'int8');cc2=fclose(fid2);
for k=2:m-1          %三阶DPCM编码
   for l=2:n-1
      J3(k,l)=I(k,l)-(I(k,l-1)*(4/7)+I(k-1,l)*(2/7)+I(k-1,l-1)*(1/7));
   end
end
J3=round(J3);
cont3=fwrite(fid3,J3,'int8');cc3=fclose(fid3);
for k=2:m-1          %四阶DPCM编码
   for l=2:n-1
      J4(k,l)=I(k,l)-(I(k,l-1)/2+I(k-1,l)/4+I(k-1,l-1)/8+I(k-1,l+1)/8);
   end
end
J4=round(J4);
cont4=fwrite(fid4,J4,'int8');
cc4=fclose(fid4);
figure(1)
subplot(2,3,1);
imshow(I03);
axis off          %隐藏坐标轴和边框
box off
title('原始图像');
subplot(2,3,2);
imshow(I02);
axis off
box off
title('灰度图像');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(2,3,3);
imshow(J1);
axis off
box off
title('一阶编码');
subplot(2,3,4);
imshow(J2);
axis off
box off
title('二阶编码');
subplot(2,3,5);
imshow(J3);
axis off
box off
title('三阶编码');
subplot(2,3,6);
imshow(J4);
axis off
box off
title('四阶编码');
```

运行结果如图8-11所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

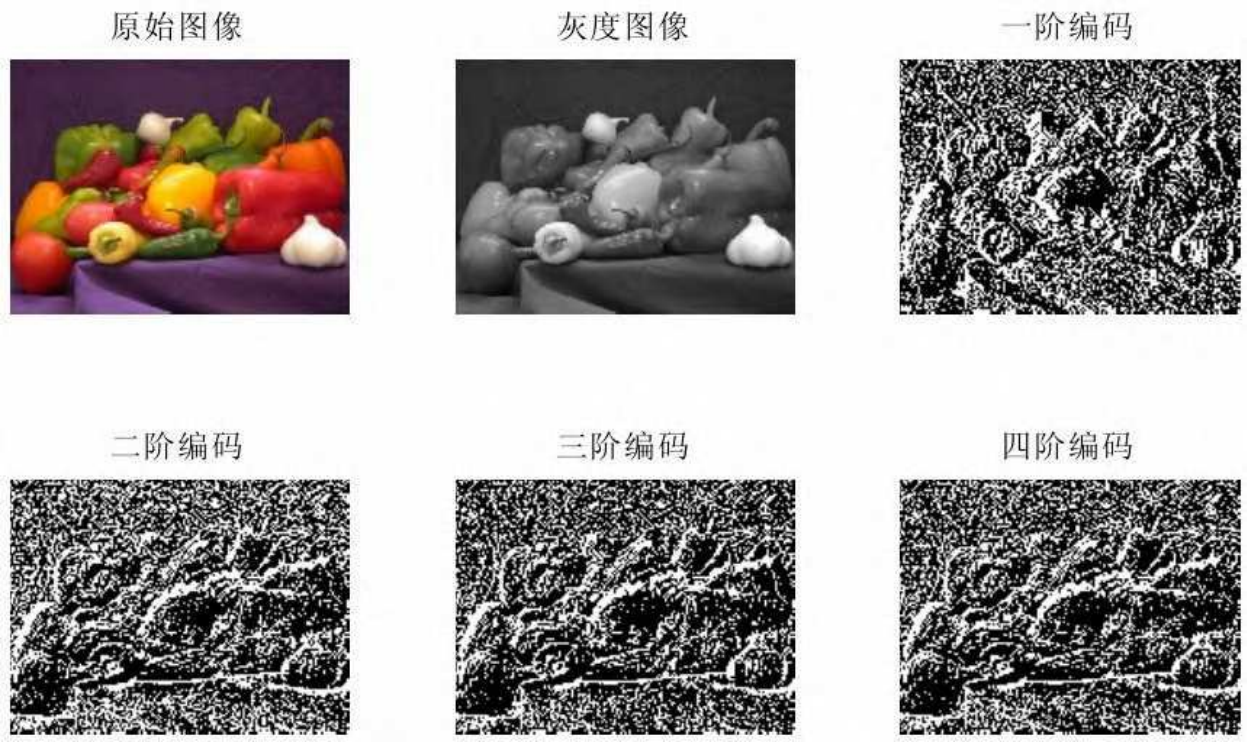


图8-11 DPCM编码

```
%以下是对上面的结果进行DPCM解码
fid1=fopen('mydata1.dat','r');
fid2=fopen('mydata2.dat','r');
fid3=fopen('mydata3.dat','r');
fid4=fopen('mydata4.dat','r');
I11=fread(fid1,cont1,'int8');
I12=fread(fid2,cont2,'int8');
I13=fread(fid3,cont3,'int8');
I14=fread(fid4,cont4,'int8');
tt=1;
for l=1:n
   for k=1:m
      I1(k,l)=I11(tt);
      tt=tt+1;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    end
end
tt=1;
for l=1:n
    for k=1:m
        I2(k,l)=I12(tt);
        tt=tt+1;
    end
end
tt=1;
for l=1:n
    for k=1:m
        I3(k,l)=I13(tt);
        tt=tt+1;
    end
end
tt=1;
for l=1:n
    for k=1:m
        I4(k,l)=I14(tt);
        tt=tt+1;
    end
end
I1=double(I1);
I2=double(I2);
I3=double(I3);
I4=double(I4);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
J1=ones(m,n);
J1(1:m,1)=I1(1:m,1);
J1(1,1:n)=I1(1,1:n);
J1(1:m,n)=I1(1:m,n);
J1(m,1:n)=I1(m,1:n);
J2=ones(m,n);
J2(1:m,1)=I2(1:m,1);
J2(1,1:n)=I2(1,1:n);
J2(1:m,n)=I2(1:m,n);
J2(m,1:n)=I2(m,1:n);
J3=ones(m,n);
J3(1:m,1)=I3(1:m,1);
J3(1,1:n)=I3(1,1:n);
J3(1:m,n)=I3(1:m,n);
J3(m,1:n)=I3(m,1:n);
J4=ones(m,n);
J4(1:m,1)=I4(1:m,1);
J4(1,1:n)=I4(1,1:n);
J4(1:m,n)=I4(1:m,n);
J4(m,1:n)=I4(m,1:n);
for k=2:m-1              %一阶解码
   for l=2:n-1
      J1(k,l)=I1(k,l)+J1(k,l-1);
   end
end
cc1=fclose(fid1);
J1=uint8(J1);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
for k=2:m-1              %二阶解码
   for l=2:n-1
      J2(k,l)=I2(k,l)+(J2(k,l-1)/2+J2(k-1,l)/2);
   end
end
cc2=fclose(fid2);
J2=uint8(J2);
for k=2:m-1              %三阶解码
   for l=2:n-1
      J3(k,l)=I3(k,l)+(J3(k,l-1)*(4/7)+J3(k-1,l)*(2/7)+J3(k-1,l-1)*(1/7));
   end
end
cc3=fclose(fid3);
J3=uint8(J3);
for k=2:m-1          %四阶解码
   for l=2:n-1
      J4(k,l)=I4(k,l)+(J4(k,l-1)/2+J4(k-1,l)/4+J4(k-1,l-1)/8+J4(k-
1,l+1)/8);
   end
end
cc4=fclose(fid4);
J4=uint8(J4);
figure(2)          %分区画图
subplot(2,3,1);
imshow(I03);
axis off
box off
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('原始图像');
subplot(2,3,2);
imshow(I02);
axis off
box off
title('灰度图像');
subplot(2,3,3);
imshow(J1);
axis off
box off
title('一阶解码');
subplot(2,3,4);
imshow(J2);
axis off
box off
title('二阶解码');
subplot(2,3,5);
imshow(J3);
axis off
box off
title('三阶解码');
subplot(2,3,6);
imshow(J4);
axis off
box off
title('四阶解码');
```

运行结果如图8-12所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

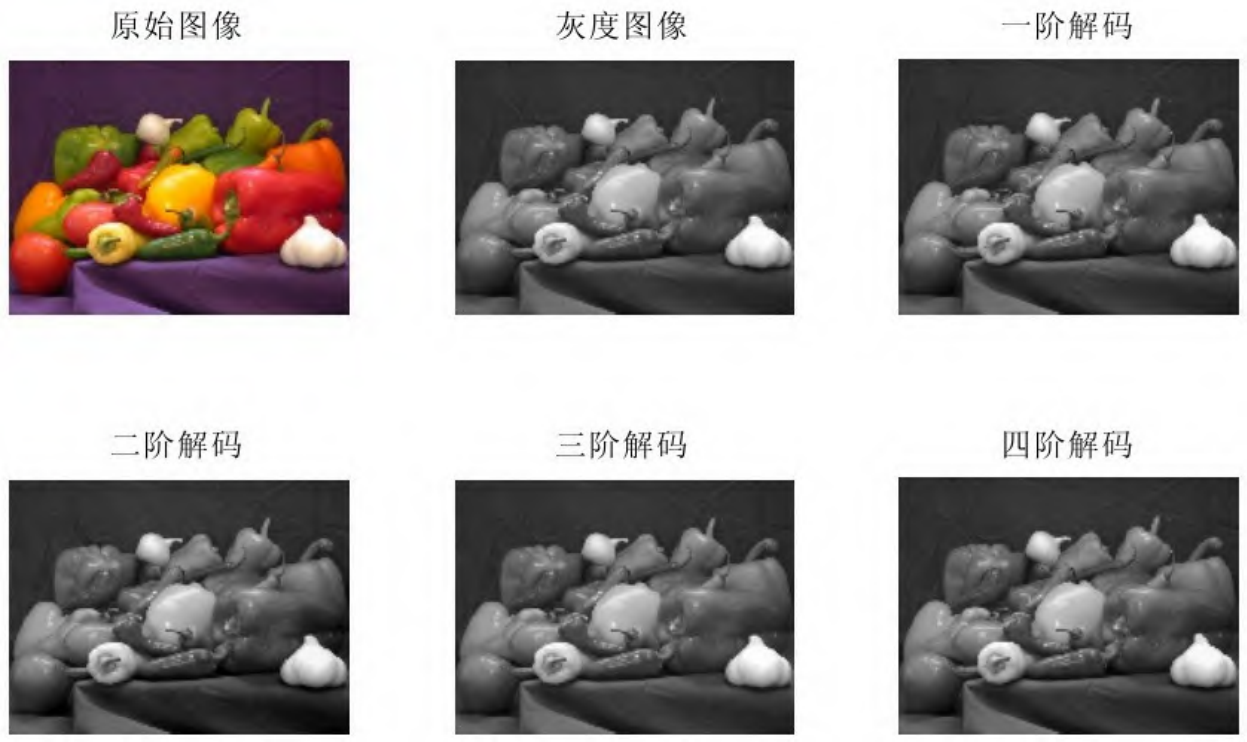


图8-12 DPCM解码

8.5 JPEG 标准

一个由国际电报电话咨询委员会（CCIT）和国际标准化协会（ISO）联合组成的图像专家小组“联合”叫做联合图像专家小组（JPEG）。其任务是开发研制出连续色调、多级灰度、静止图像的数字图像压缩编码标准，使之满足以下的要求。

（1）在一个较宽的图像质量等级范围内，达到或接近当前压缩比与图像保真度技术水平，使人的视觉难以区分编码图像与原始图像之间的差别，即达到“良好”到“优秀”的评估。

（2）不受限于景物内容（可以适用于任何种类的连续色调的图像，同时长宽比都不受限制）、图像的复杂度和统计特性等。

（3）其软件可在各种CPU上完成，算法也可用硬件实现，可控制

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

计算的复杂性。此外，JPEG标准就是为连续色调图像的压缩提供的公共标准，连续色调图像并不局限于单色调图像，该标准可适用于各种多媒体存储和通信应用所使用的灰度图像、摄影图像及静止视频压缩文件。

JPEG 标准提供了三种压缩算法：基本系统（Baseline System）、扩展系统（Extended System）和无失真压缩（Lossless），它包括图像编码、解码过程以及含压缩图像数据的编码表示，所有的 JPEG 编码器和解码器必须支持基本系统，另外两种压缩算法适用于特定的应用。

JPEG支持两种图像建立模式（顺序型和渐进型）以满足用户对应用的不同需求。JPEG压缩算法分为两大类：无失真压缩和有失真压缩。使用无失真压缩算法将源图像数据转变为压缩数据，该压缩数据经对应的解压缩算法处理后可获得与源图像完全一致的重建图像。有失真压缩算法基于离散余弦变换，所生成的压缩图像数据经解压缩生成的重建图像与源图像在视觉上保持一致。一般来说，压缩比越大，视觉上的一致性越差。综合以上两点，JPEG总共有四种工作模式：

（1）顺序型编码工作模式：图像子块经DCT变换后形成8×8的DCT系数阵列，图像的所有8×8像素的图像子块从左到右、从上到下依次输入。每一个系数阵列被量化后立即进行熵编码并作为压缩图像数据的一部分输出，从而尽可能地降低了对系数存储的要求。

（2）渐进式DCT方式：基于DCT对图像分层次进行处理，有两种实现方法：一种是频谱选择法，即按Z形扫描的序号将DCT量化序数分成几个频段，每个频段对应一次扫描，每块均先传送低频扫描数据，得到原图概貌，再依次传送高频扫描数据，使图像逐渐清晰；另一种是逐次逼近法，即每次扫描全部DCT量化序数，但每次的表示精度逐渐提高，图像将从模糊到清晰地被传输。

（3）无失真编码：可以保证被编码的图像恢复到与源图像数据完全一致。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（4）分层方式：将源图像以不同的分辨率表示在空间域，处理时可以基于DCT或预测编码，可以是渐进式，也可以是顺序式。每个分辨率对应一次扫描。

8.6 小波图像压缩编码

小波变换将图像的像素解相关的变换系数进行编码，比对源像素本身编码的效率更高。如果变换的基函数将大多数重要的可视信息压缩到少量的系数中，则剩下的系数可以被粗略的量化或截取为 0，而图像几乎没有失真。它的压缩率高，压缩速度快，压缩后能保持信号与图像的特征不变，且在传递中抗干扰。

小波分析具有显著的优越性，由于小波分析固有的时频特性，我们可以在时频两个方向对系数进行处理，这样就可以对我们感兴趣的部分提供不同的压缩精度。

【例8-11】利用小波变化的时频局部化特性对图形进行压缩。

```
load trees
[ca1,ch1,cv1,cd1]=dwt2(X,'sym4');      %使用  sym4小波对信号进行一层小波分解
codca1=wcodemat(ca1,192);
codch1=wcodemat(ch1,192);
codcv1=wcodemat(cv1,192);
codcd1=wcodemat(cd1,192);
codx=[codca1,codch1,codcv1,codcd1]      %将四个系数图像组合为一个图像
rca1=ca1;                %复制原图像的小波系数
rch1=ch1;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
rcv1=cv1;
rcd1=cd1;
rch1(33:97,33:97)=zeros(65,65);      %将三个细节系数的中部置零
rcv1(33:97,33:97)=zeros(65,65);
rcd1(33:97,33:97)=zeros(65,65);
codrca1=wcodemat(rca1,192);
codrch1=wcodemat(rch1,192);
codrcv1=wcodemat(rcv1,192);
codrcd1=wcodemat(rcd1,192);
codrx=[codrca1,codrch1,codrcv1,codrcd1]   %将处理后的系数图像组合为一个图像
rx=idwt2(rca1,rch1,rcv1,rcd1,'sym4');      %重建处理后的系数
subplot(221);
image(wcodemat(X,192)),
colormap(map);
title('原始图像');
subplot(222);
image(codx),
colormap(map);
title('一层分解后各层系数图像');
subplot(223);
image(wcodemat(rx,192)),
colormap(map);
title('压缩图像');
subplot(224);
image(codrx),
colormap(map);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('处理后各层系数图像');
per=norm(rx)/norm(X)              %求压缩信号的能量成分
per =1.0000
err=norm(rx-X)                    %求压缩信号与原信号的标准差
```

运行结果如图8-13所示。

```
err =
179.2258
```

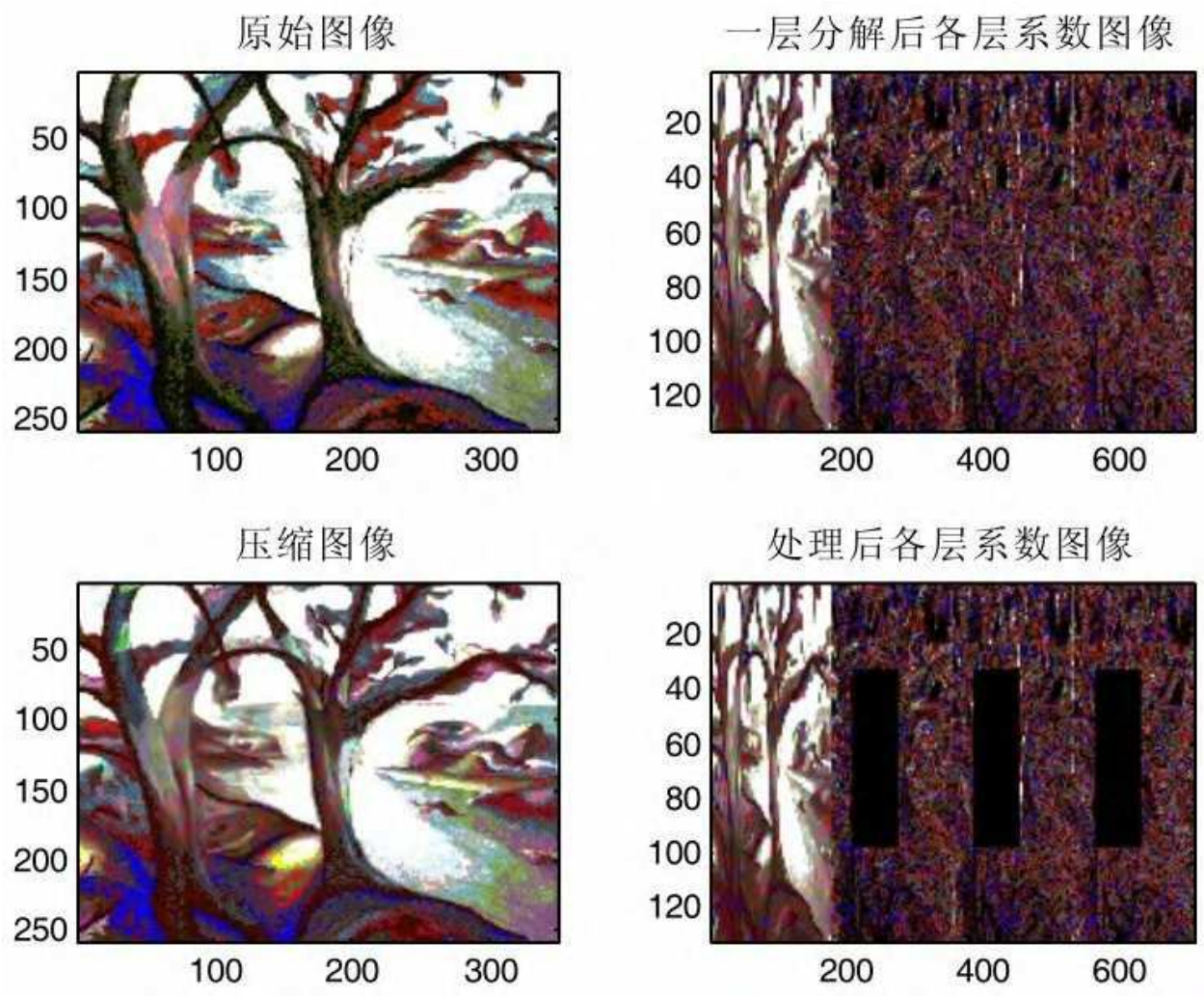


图8-13 图像的小波局部压缩处理

【例8-12】对给定的图像进行小波图像压缩。

```
clear;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
load trees;          %读取图像
subplot(3,3,1);
image(X);
colormap(map);
title('原始图像');
disp('原始图像X的大小：');
whos('X');
[c,s]=wavedec2(X,2,'bior3.7');   %对图像用bior3.7小波进行二层小波分解
cal=appcoef2(c,s,'bior3.7',1);
ch1=detcoef2('h',c,s,1);      %提取小波分解结构中第一层的低频和高频系数
cv1=detcoef2('v',c,s,1);
cd1=detcoef2('d',c,s,1);
a1=wrcoef2('a',c,s,'bior3.7',1);
h1=wrcoef2('h',c,s,'bior3.7',1);
v1=wrcoef2('v',c,s,'bior3.7',1);
d1=wrcoef2('d',c,s,'bior3.7',1);
c1=[a1,h1;v1,d1];
ca1=appcoef2(c,s,'bior3.7',1);
ca1=wcodemat(cal,440,'mat',0);
ca1=0.8*cal;
subplot(3,3,2);
image(ca1);
colormap(map);
axis square;
title('第一次压缩图像0.8倍');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
disp('第一次压缩图像的大小');
whos('ca1');
ca2=appcoef2(c,s,'bior3.7',2);
ca2=wcodemat(ca2,440,'mat',0);
ca2=0.6*ca2;
subplot(3,3,3);
image(ca2);
colormap(map);
axis square;
title('第二次压缩图像0.6倍');
disp('第二次压缩图像的大小');
whos('ca2');
ca3=appcoef2(c,s,'bior3.7',2);
ca3=wcodemat(ca3,440,'mat',0);
ca3=0.4*ca3;
subplot(3,3,4);
image(ca3);
colormap(map);
axis square;
title('第三次压缩图像0.4倍');
disp('第三次压缩图像的大小');
whos('ca3');ca3=appcoef2(c,s,'bior3.7',2);
ca3=wcodemat(ca3,440,'mat',0);
ca4=appcoef2(c,s,'bior3.7',2);
ca4=wcodemat(ca4,440,'mat',0);
ca4=0.2*ca4;
subplot(3,3,5);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
image(ca4);
colormap(map);
axis square;
title('第四次压缩图像0.2倍');
disp('第四次压缩图像的大小');
whos('ca4');ca4=appcoef2(c,s,'bior3.7',2);
ca4=wcodemat(ca4,440,'mat',0);
ca5=appcoef2(c,s,'bior3.7',2);
ca5=wcodemat(ca5,440,'mat',0);
ca5=0.09*ca5;
subplot(3,3,6);
image(ca5);
colormap(map);
axis square;
title('第五次压缩图像0.09倍');
disp('第五次压缩图像的大小');
whos('ca5');
ca5=appcoef2(c,s,'bior3.7',2);
ca5=wcodemat(ca5,440,'mat',0);
ca6=appcoef2(c,s,'bior3.7',2);
ca6=wcodemat(ca6,440,'mat',0);
ca6=0.04*ca6;
subplot(3,3,7);
image(ca6);
colormap(map);
axis square;
title('第六次压缩图像0.04倍');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
disp('第六次压缩图像的大小');
whos('ca6');ca6=appcoef2(c,s,'bior3.7',2);
ca6=wcodemat(ca6,440,'mat',0);
ca7=appcoef2(c,s,'bior3.7',2);
ca7=wcodemat(ca7,440,'mat',0);
ca7=0.02*ca7;
subplot(3,3,8);
image(ca7);
colormap(map);
axis square;
title('第七次压缩图像0.02倍');
disp('第七次压缩图像的大小');
whos('ca7');
ca2=appcoef2(c,s,'bior3.7',2);
ca7=wcodemat(ca2,440,'mat',0);
ca8=appcoef2(c,s,'bior3.7',2);
ca8=wcodemat(ca8,440,'mat',0);
ca8=0.01*ca8;
subplot(3,3,9);
image(ca8);
colormap(map);
axis square;
title('第八次压缩图像0.01倍');
disp('第八次压缩图像的大小');
whos('ca8');
ca8=appcoef2(c,s,'bior3.7',2);
ca8=wcodemat(ca8,440,'mat',0);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运行结果如图8-14所示。

原始图像X的大小：

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
X	258x350	722400	double	

第一次压缩图像的大小

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
ca1	136x182	198016	double	

第二次压缩图像的大小

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
ca2	75x98	58800	double	

第三次压缩图像的大小

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
ca3	75x98	58800	double	

第四次压缩图像的大小

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
ca4	75x98	58800	double	

第五次压缩图像的大小

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
ca5	75x98	58800	double	

第六次压缩图像的大小

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
ca6	75x98	58800	double	

第七次压缩图像的大小

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
ca7	75x98	58800	double	

第八次压缩图像的大小

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
ca8	75x98	58800	double	

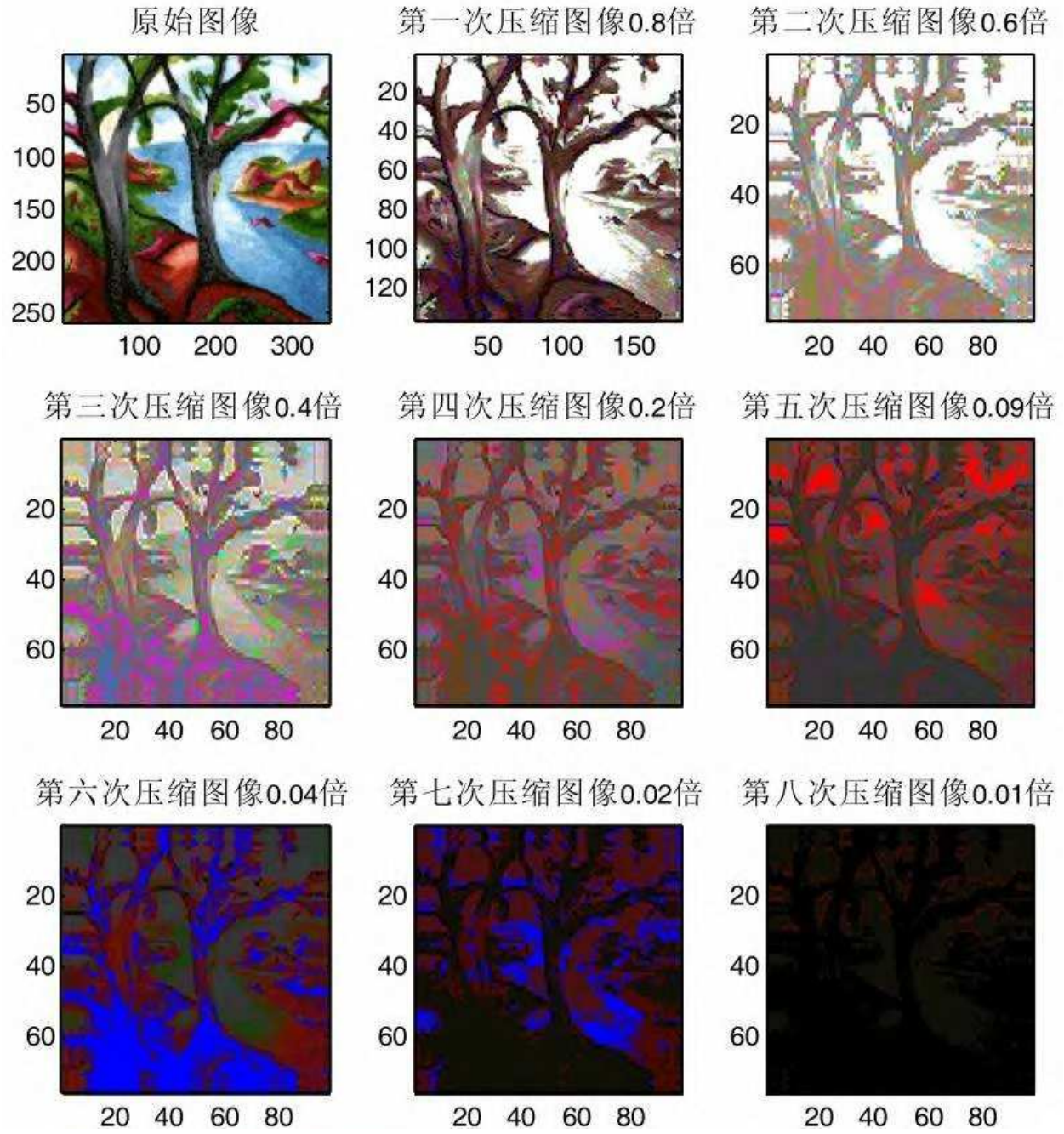


图8-14 图像的小波压缩处理

8.7 基于小波变换的图像水印技术

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

数字水印技术是目前信息安全技术领域的一个新方向，可以有效的补充传统加密技术，在数字媒体的版权保护领域得到了广泛的应用，是在开放的网络环境下，保护版权和认证来源及完整性的新型技术。

针对小波变换的数字水印技术，提出了一种基于小波域的图像水印算法。该算法选择了检测结果直观、有特殊意义的图像作为原始水印，并在嵌入之前进行图像置乱预处理，以提高安全性和隐蔽性，兼顾了水印的不可见性，利用多分辨率分析思想进行水印的嵌入与提取。

【例8-13】一个简单的实例。

```
clear;
load tire;
I=X;
type= 'db1';                %小波函数
[CA1,CH1,CV1,CD1]=  dwt2(I,type);  %  2维离散Daubechies小波变换
C1 = [CH1 CV1 CD1];
[length1,width1]= size(CA1);          %系数矩阵大小
[M1, N1] = size(C1);
T1=50;                %定义阈值T1
alpha = 0.2;
for counter2= 1:1:N1              %在图像中加入水印
   for counter1 = 1: 1: M1
      if( C1(counter1, counter2) > T1 )
         marked1(counter1,counter2) = randn(1,1);
      NEWC1(counter1, counter2) = double( C1(counter1, counter2) ) +alpha * abs( double( C1(counter1, counter2) ) ) * marked1(counter1,counter2) ;
      else
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
            marked1(counter1, counter2) = 0;
            NEWC1(counter1, counter2) = double( C1(counter1, counter2) );
        end;
    end;
end;
NEWCH1=NEWC1(1:length1,1:width1);       %重构图像
NEWCV1 = NEWC1(1:length1, width1+1:2*width1);
NEWCD1 = NEWC1(1:length1, 2*width1+1:3*width1);
R1 = double( idwt2(CA1, NEWCH1, NEWCV1, NEWCD1, type) );
watermark1= double(R1) -double(I);          %分离水印
figure(1);
subplot(2,2,1);
image(I);
axis('square');
title('原始图像');
subplot(2,2,2);
imshow(R1/250);
axis('square');
title('Daubechies小波变换后图像');
subplot(2,2,3);
imshow(watermark1*10^16);
axis('square');
title('水印图像');
newmarked1= reshape(marked1,M1*N1, 1);       %水印检测
T2=60;                      %检测阈值
for counter2 = 1: 1: N1
    for counter1 = 1: 1: M1
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
        if( NEWC1(counter1, counter2) >T2 )
            NEWC1X(counter1, counter2) = NEWC1(counter1, counter2);
        else
            NEWC1X(counter1, counter2) = 0;
        end;
    end;


end;
NEWC1X = reshape(NEWC1X, M1*N1, 1);
correlation1 = zeros(1000,1);
for corrcounter = 1: 1: 1000
    if( corrcounter == 500)
        correlation1(corrcounter,1) = NEWC1X'*newmarked1 / (M1*N1);
    else
        rnmark = randn(M1*N1,1);
        correlation1(corrcounter,1) = NEWC1X'*rnmark / (M1*N1);
    end;
end;
% 计算阈值
originalthreshold = 0;
for counter2 = 1: 1: N1
        for counter1 = 1: 1: M1
            if( NEWC1(counter1, counter2) > T2 )
                originalthreshold = originalthreshold + abs(
        NEWC1(counter1, counter2) );
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
            end;
        end;
    end;
originalthreshold = originalthreshold * alpha / (2*M1*N1);
corrcounter = 1000;
originalthresholdvector = ones(corrcounter,1) * originalthreshold;
subplot(2,2,4);
plot(correlation1, '-');
hold on;
plot(originalthresholdvector, '--');
title('原始的加水印图像');
xlabel('水印');
ylabel('检测响应');
```

运行结果如图8-15所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

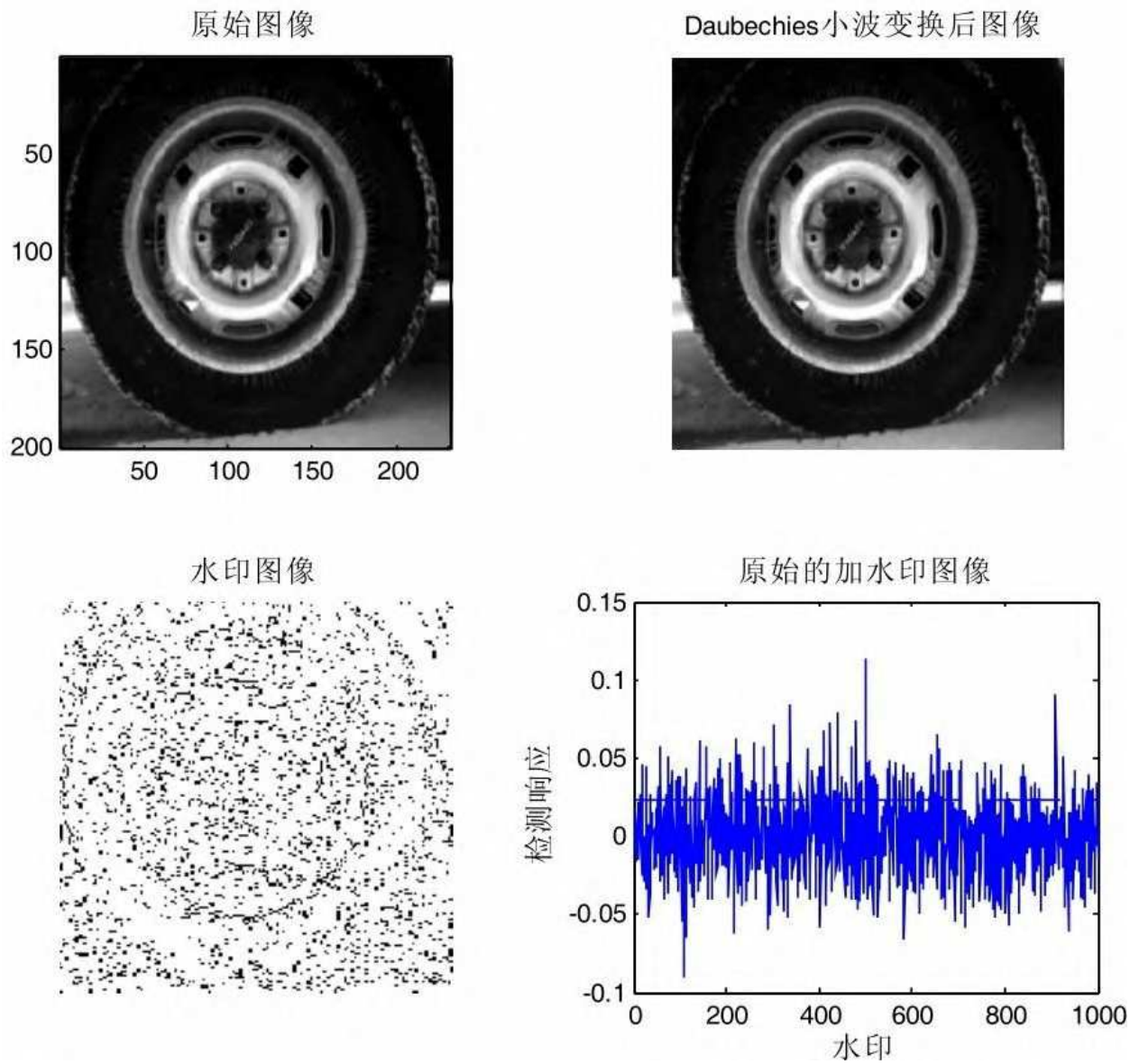


图8-15 基于小波变换的图像水印技术

8.8 本章小结

本章首先介绍了图像压缩的可能、图像信息量的度量、评价标准，然后介绍了几种经典的编码技术包括DCT变换编码、哈夫曼（Huffman）编码技术、香农—范诺编码、行程编码、算数编码、预测

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

编码、JPEG标准等内容，最后介绍了小波图像压缩编码。读者应通过仔细阅读来更好地理解和掌握这些内容。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第9章 图像的复原

图像在获取、传输和存储过程中由于会受多种原因的影响，会造成图像的质量下降，这种现象称为图像“退化”。影响图像质量的因素主要有下面一些：图像捕获过程中镜头发生了移动，或者暴光时间过长；场景位于焦距以外、使用了广角镜、大气干扰或短时间的暴光导致捕获到的光子减少；供焦显微镜中出现散光变形。因此，我们可以采取一些技术手段来尽量减少甚至消除图像质量的下降，还原图像的本来面目，这就是图像的复原。

学习目标：

1.了解图像复原的相关知识。

2.了解估计退化函数的基本原理。

3.掌握维纳逆滤波、（Wiener）滤波基本原理、实现步骤。

4.学会约束最小二乘滤波算法、Lucy-Richardson算法和盲去卷积算法。

9.1 图像复原的概述

在实际的日常生活中，人们要接触很多图像，画面。而在景物成像这个过程里可能会出现模糊、失真或混入噪声，最终导致图像质量下降，这种现象称为图像“退化”。因此我们可以采取一些技术手段来尽量减少甚至消除图像质量的下降，还原图像的本来面目，这就是图像复原。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

引起图像模糊有多种多样的原因，举例来说，有运动引起的，高斯噪声引起的，斑点噪声引起的，椒盐噪声引起的等。图像复原的目标是对退化的图像进行处理，使它趋向于复原成没有退化的理想图像。成像过程的每一个环节（透镜，感光片，数字化等等）都会引起退化。在进行图像复原时，既可以用连续数学，也可以用离散数学进行处理。其次，处理既可在空间域进行，也可在频域进行。

典型的图像复原方法往往是在假设系统的点扩散函数（PSF）为已知，并且常需假设噪声分布也是已知的情况下进行推导求解的，采用各种反卷积处理方法，如逆滤波等，对图像进行复原。然而随着研究的进一步深入，在对实际图像进行处理的过程时，许多先验知识（包括图像及成像系统的先验知识）往往并不具备，于是就需要在系统点扩散函数未知的情况下，从退化图像自身抽取退化信息，仅仅根据退化图像数据来还原真实图像，这就是盲去图像复原（Blind Image Restoration）所要解决的问题。

由于缺乏足够的信息来唯一确定图像的估计值，盲目图像复原方法需要利用有关图像信号、点扩散函数和高斯噪声的已知信息和先验知识，结合一些附加信息，对噪声模糊图像的盲去复原以及振铃的消除问题的解形成约束条件，而盲去图像复原就是在满足这些约束条件的前提下，求取真实图像在某种准则下的最佳估计值。

9.1.1 图像退化模型

要进行图像恢复，必须弄清楚退化现象有关的某些知识用相反的过程去掉它，这就要了解、分析图像退化的机理，建立起退化图像的数学模型。

一些退化因素只影响一幅图像中某些个别点的灰度，而另外一些退化因素则可以使一幅图像中的一个空间区域变得模糊起来。前者称为点

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

退化，后者称为空间退化。

在一个图像系统中存在着许多退化源，其机理比较复杂，因此要提供一个完善的数学模型是比较复杂和困难的。但是在通常遇到的很多实例中，将退化原因作为线性系统退化的一个因素来对待，从而建立系统退化模型来近似描述图像函数的退化。

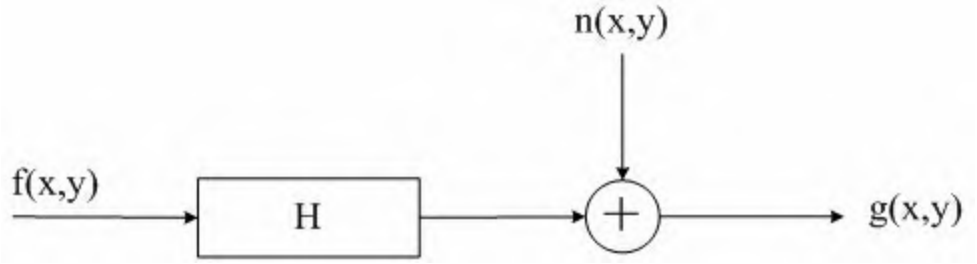


图9-1 图像退化模型

如图9-1所示，原图像f(x,y)是由于通过一个系统H及加入外来加性噪声n(x, y)而退化为一幅图像g(x, y)的。

对于线性系统，上图模型可以表示为：

$$g(x,y)=H[f(x,y)]+n(x,y)$$

不妨令n(x, y)=0，

$$g(x,y)=H[f(x,y)]$$

设k，k_1，k_2 为常数，$g_1(x, y)=H\{f_1(x, y)\}$，$g_2(x, y)=H\{f_2(x, y)\}$，则退化统H具有如下性质。

（1）齐次性

$$H\left[kf(x,y)\right]=kH\left[f(x,y)\right]=kg(x,y)$$

即系统对常数与任意图像乘积的响应等于常数与该图像的响应的乘积。

（2）叠加性

$$H\left[f_1(x,y)+f_2(x,y)\right]=H\left[f_1(x,y)\right]+H\left[f_2(x,y)\right]=g_1(x,y)+g_2(x,y)$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

即系统对两幅图像之和的响应等于它对两个输入图像的响应之和。

（3）线性

同时具有齐次性与叠加性的系统就称为线性系统。线性系统有：

$$H\left[k_1 f_1(x,y)+k_2 f_2(x,y)\right]=k_1 H\left[f_1(x,y)\right]+k_2 H\left[f_2(x,y)\right]=k_1 g_1(x,y)+k_2 g_2(x,y)$$

不满足齐次性或叠加性的系统就是非线性系统。显然，线性系统为求解多个激励情况下的响应带来很大方便。

（4）位置（空间）不变性

$$g(x-a,y-b)=H\left[f(x-a,y-b)\right]$$

式中的a和 b 分别是空间位置的位移量，这说明了图像上任何一点通过该系统的响应只取决于在该点的灰度值，而与该点的坐标位置无关。由上述基本定义可知，如果系统具有式gx(−a,y−b)=H[f(x−a,y−b)]的关系，那么系统就是线性空间不变的系统。

在图像恢复处理中，尽管非线性和空间变化的系统模型具有普遍性和准确性。但是，它却给处理工作带来巨大的困难，通常没有解或者很难用计算机来处理。因此在图像恢复处理中，往往用线性和空间不变性的系统模型加以近似。

这种近似的优点是可直接利用线性系统中的许多理论与方法来解决图像恢复问题。所以图像恢复处理中主要采用线性的、空间不变的恢复技术。

在MATLAB中，fspecial函数用于产生一个退化系统点扩展函数，该函数的调用方法如下：

h=fspecial('type',parameters)

表示产生一个退化系统点扩展函数。

【例9-1】利用fspecial函数对图像进行退化处理。

```
I= imread('cameraman.tif');          %读取图像
figure;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(1,2,1);
imshow(I);
title('原图像');
LEN = 31;
THETA = 11;
PSF= fspecial('motion',LEN,THETA);        %对图像进行退化处理
Blurred = imfilter(I,PSF,'circular','conv');
subplot(1,2,2);
imshow(Blurred);
title('退化图像');
```

运行结果如图9-2所示。



图9-2 图像的退化

【例9-2】利用多种方法对图形进行模糊处理。

```
I=imread('office_6.jpg');    %读入图像
subplot(221);
imshow(I);
title('原始图像');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
H=fspecial('motion',30,45);    %运动模糊PSF
MotionBlur=imfilter(I,H);    %卷积
subplot(222);
imshow(MotionBlur);
title('运动模糊图像');
H=fspecial('disk',10);        %圆盘状模糊PSF
bulrred=imfilter(I,H);
subplot(223);
imshow(bulrred);
title('圆盘状模糊图像');
H=fspecial('unsharp');        %钝化模糊PSF
Sharpened=imfilter(I,H);
subplot(224);
imshow(Sharpened);
title('钝化模糊图像');
```

运行结果如图9-3所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图9-3 多种方法对图形进行模糊处理

9.1.2 噪声的特征

图像噪声是图像在摄取或传输时所受的随机信号干扰，是图像中各种妨碍人们对其信息接受的因素。

很多时候将图像噪声看成是多维随机过程，因而描述噪声的方法完全可以借用随机过程的描述，即用其概率分布函数和概率密度分布函数。

在许多情况下，这些函数很难测定和描述，甚至不能得到，所以常用统计特征来描述噪声，如均值、方差和相关函数等。

均方值，描述噪声的总功率：$E\{n^2(x,y)\}$

方差，描述噪声的交流功率：$E\{(n(x,y)-E\{n(x,y)\})^2\}$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

均值的平方，表示噪声的直流功率：$[E\{(n(x,y)\}]^2$

9.1.3 图像质量的客观评价

各类数字成像技术正在飞速发展，数字图像的清晰度日益成为衡量数字成像系统优劣的重要指标，我们在进行模糊图像复原的同时，如何判定我们复原得到的图像是否比原图像有所改进、清晰度有所提高，这些问题都涉及到如何客观有效地评价数字图像的清晰度。

所以，在进行图像复原工作的时候，可以把图像质量评价标准作为一个课题来进行研究，针对特定类型的图像，研究特定的图像质量评价标准。

通过客观的图像质量评定标准来判断复原后的图像质量是否改善，以及改善的程度，但是，经常出现这样的情况，就是图像清晰度在主观视觉上有了比较明显的改善，但是其清晰度函数的评价值却不一定提高，或者提高得很少。

所以不能将清晰度评价函数值作为图像复原的质量的唯一评价标准，在参考复原图像清晰度评价函数值改变的同时，还需要我们人眼的客观判断，二者的结合才是对复原图像效果的客观而相对准确判断。

9.2 估计退化函数

图像复原的目的是使用以某种方式估计的退化函数复原一幅图像，由于真正的退化函数很少能完全知晓，因此必须在进行图像复原前对退化函数进行估计。主要方法一般有 3种：图像观察估计法、试验估计法和模型估计法。

9.2.1 图像观测估计法

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

如果一幅退化图像没有退化函数H的信息，那么可以通过收集图像自身的信息来估计该函数。用g_s (x, y)定义观察的子图像。

$$H_s(u,v)=\frac{G_s(u,v)}{\hat{F}_s(u,v)}$$

其中，$\hat{f}_s$ (x,y)为构建的子图像。

假设位置不变，从这一函数特性，可以推出完全函数H (u, v)。

9.2.2 试验估计法

使用与获取退化图像的设备相似的装置，可以得到准确的退化估计。通过各种系统设置可以得到与退化图像类似的图像，退化这些图像使其尽可能接近希望复原的图像。

利用相同的系统设置，由成像一个脉冲得到退化的冲激响应。线性的空间不变系统完全由它的冲激响应来描述。一个冲激可由明亮的亮点来模拟，并使它尽可能亮以减少噪声的干扰。冲激的傅里叶变换是一个常量：

$$H(u,v)=\frac{G(u,v)}{A}$$

9.2.3 模型估计法

用退化模型可以解决图像复原问题，在某些情况下，模型要把引起退化的环境因素考虑在内。运用先验知识：大气湍流、光学系统散焦、照相机与景物相对运动。

根据导致模糊的物理过程（先验知识）来确定h(u, v)或H (u, v)。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（1）长期曝光下大气湍流造成的转移函数

H uv

(,)

=

e

–

(

ku

2

+

v

2

)

5/6

其中，k是常数，它与湍流的性质有关。

通过对退化图像的退化函数精确取反，其所用的退化函数是：

H uv

(,)

=

e

––

[(

kuM

/2)

2

(

vN

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

+−

2 5/6

/2))

（2）光学散焦

H uv

(,)

=

1

(π

Jd

)/

ρ

π

d

ρ

2

=+

ρ

(

u

v

2

1/2

)

其中，d是散焦点扩展函数的直径，J_1 (i)是第一类贝塞尔函数。

（3）照相机与景物相对运动

假设快门的开启和关闭的时间间隔极短，那么光学成像过程不会受

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

到图像运动的干扰。如果设T为曝光时间（快门时间），$x_0(t)$，$y_0(t)$是位移的x分量和y分量，结果为：

(,)

gxy

=

∫

T

[

fx

–

xt y

( ),

–

( )]d

yt t

0

0

0

其中，g(x, y)为模糊的图像。

fx

[

–

0

( ),

xt y

–

0

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

( )]

yt

的傅里叶变换为：

Guv

(,)

=

∞

∬

∞

(,)e

gxy

j2 (

ux uy

− π +

)

d d

xy

−∞ −∞

=

∞

∞

[

∫ ∫ ∫

T

]

j2 (

ux vy

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

− π +

)

−∞ −∞

⎢

[

fx

−

( ),

xt y

−

( )]d

yt t

e

d d

xy

⎣

0

0

0

⎢

⎦

改变积分顺序，前式可表示为：

Guv

(,)

=

T

⎡

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

∞
∫∫∫
∞
|
[
fx
–
0
( ),
xt y
–
yt t
]
j2 (
ux vy
− π +
)
0
|
−∞ −∞
0
( )]d
|
e
d d
xy
]

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

外层括号内的积分项是置换函数

[

fx

–

xt y

0

( ),

–

0

( )]

yt

的傅里叶变换为：

Guv

(,)

=

∫

T

F uv

(,)e

−π

j2 [

0

()

ux t

+

0

( )]

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

vy t

t

d

=

F uv

(,)

∫

T

e

−π

j2 [

ux t

0

()

+

vy t

0

( )]

t

d

0

0

令：

(,)

H uv

=∫

T

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

e

j2 [

−π

0

()

ux t

+

( )]

vy t

0

d

t

0

则前式为

Guv =HuvFuv

(,)

(,) (,)

假设当前图像只在x方向以给定的速度x_0 (t)=at/T做均匀直线运动。当t=T时，图像由总距离a取代。

令y_0 (t)=0，

H uv

(,)

=

∫

T

e

−π

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

j2
ux t
T
0
()
t
d
=
∫
e
j2
−π
/
uat T
t
d
=
T
sin(
ua
π
)e
−π
j
ua
0
0

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

ua

π

若允许y方向按y_0 (t)=bt/T运动。则退化函数为：

H uv

(,)

=

T

sin[

ua vb

(

π+

)]e

ua vb

− π +

j(

)

ua vb

(

π+

)

9.3 逆滤波复原

如果退化图像为g(x,y)，原始图像为 f (x,y)，在不考虑噪声的情况下，其退化模型可用下式表示：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$g(x,y)=\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}f(\alpha,\beta)\delta(x-\alpha,y-\beta)\mathrm{d}\alpha\mathrm{d}\beta$$

由傅里叶变换的卷积定理可知有下式成立：

$$G(u,v)=H(u,v)F(u,v)$$

式中，G(u,v)、H(u,v)、F(u,v)分别是退化图像g(x,y)、点扩散函数h(x,y)、原始图像 f (x, y)的傅里叶变换。所以

$$f(x,y)=F^{-1}\left[F(u,v)\right]=F^{-1}\left[\frac{G(u,v)}{H(u,v)}\right]$$

由此可见，如果已知退化图像的傅里叶变换和系统冲激响应函数（“滤被”传递函数），则可以求得原图像的傅里叶变换，经傅里叶反变换就可以求得原始图像 f (x, y) ，其中G(u,v)除以H (u,v)起到了反向滤波的作用。这就是逆滤波复原的基本原理。

在有噪声的情况下，逆滤波原理可写成如下形式：

$$F(u,v)=\frac{G(u,v)}{H(u,v)}-\frac{N(u,v)}{H(u,v)}$$

式中，N (u,v)是噪声n(x, y)的傅里叶变换。

【例9-3】对图像进行逆滤波复原。

```
clc
I=imread('rice.png');          %读取图像
subplot(2,2,1);
imshow(I);
title('原图像');
[m,n]=size(I);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
F=fftshift(fft2(I));
k=0.0025;
H=[];
for u=1:m
   for v=1:n
      q=((u-m/2)^2+(v-n/2)^2)^(5/6);
      H(u,v)=exp((-k)*q);
   end
end
G=F.*H;
I0=abs(ifft2(fftshift(G)));
subplot(2,2,2);
imshow(uint8(I0));
title('退化的图像');
I1=imnoise(uint8(I0),'gaussian',0,0.01)   %退化并且添加高斯噪声的图像
subplot(2,2,3);
imshow(uint8(I1));
title('退化并且添加高斯噪声的图像');
F0=fftshift(fft2(I1));
F1=F0./H;
I2=ifft2(fftshift(F1));          %逆滤波复原图
subplot(2,2,4);
imshow(uint8(I2));
title('逆滤波复原图');
```

运行结果如图9-4所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

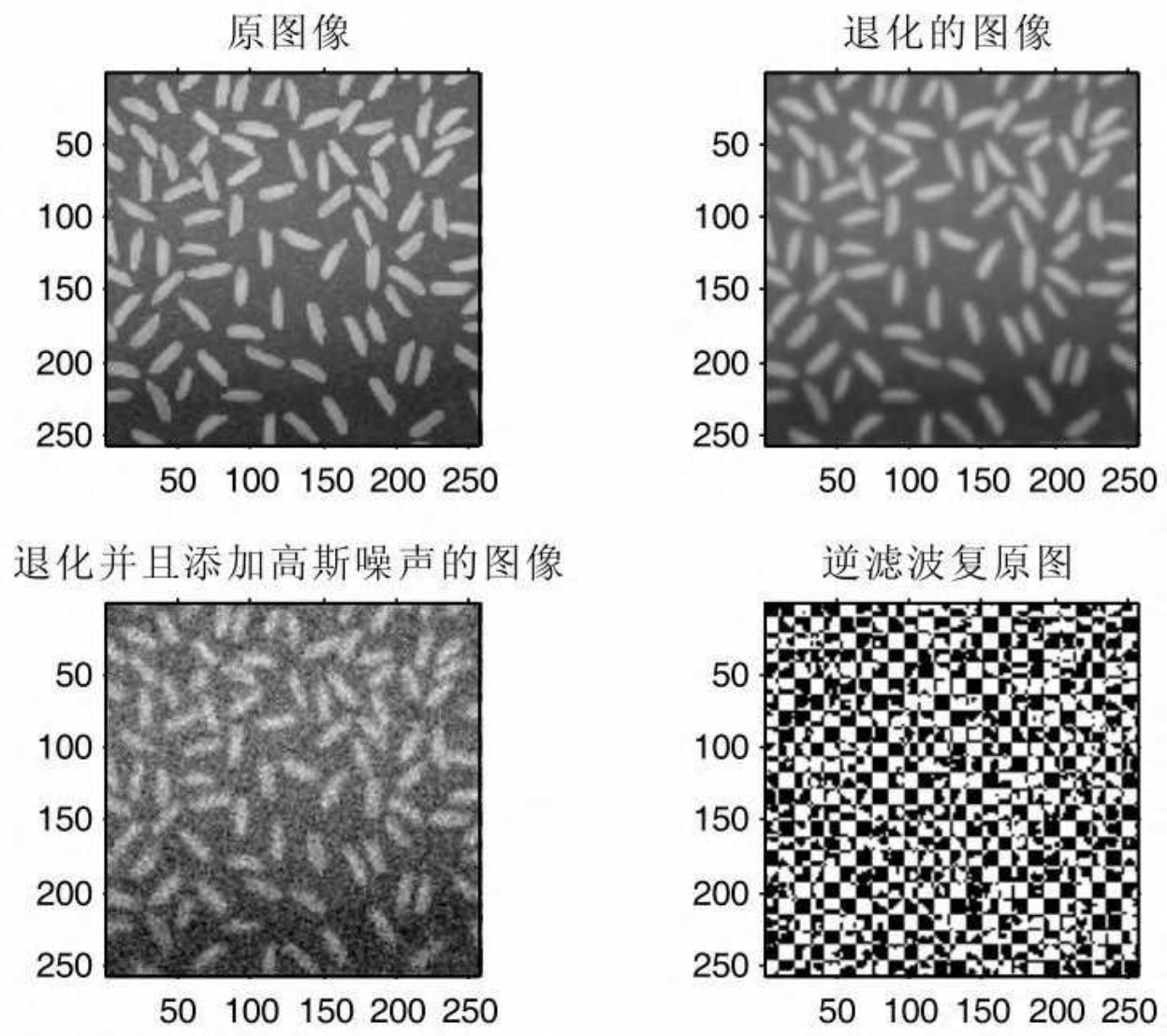


图9-4 逆滤波复原

9.4 维纳滤波复原

维纳滤波就是最小二乘滤波，它是使原始图像 f (x, y)与其恢复图像 f^(x, y)之间的均方误差最小的复原方法。对图像进行维纳滤波主要是为了消除图像中存在的噪声，对于线性空间不变系统，获得的信号为

$$g(x,y)=\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} f(\alpha,\beta)h(x-\alpha,y-\beta)\mathrm{d}\alpha\mathrm{d}\beta+n(x,y)$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

为了去掉g(x,y)中的噪声，设计一个滤波器m(x,y)，其滤波器输出为f^(x,y)，即

$$\hat{f}(x,y)=\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}g(\alpha,\beta)m(x-\alpha,y-\beta)\mathrm{d}\alpha\mathrm{d}\beta$$

使得均方误差式

$$e^2=\min\left\{E\left\{\left[f(x,y)-\hat{f}(x,y)\right]^2\right\}\right\}$$

成立，其中 $\hat{f}$ (x,y)称为给定g(x,y)时f(x,y)的最小二乘估计值。

设S_f (u,v)为 f (x, y)的相关函数R_f (x, y)的傅里叶变换，S_n (u,v)分别为n(x, y)的相关函数R_n (x, y)的傅里叶变换，H (u,v)为冲激响应函数h(x, y)的傅里叶变换，有时也把S_f (u,v)和S_n (u,v)分别称为 f (x, y)和n(x, y)的功率谱密度，则滤波器m(x, y)的频域表达式为

$$M(u,v)=\frac{1}{H(u,v)}\frac{|H(u,v)|^2}{|H(u,v)|^2+\dfrac{S_n(u,v)}{S_f(u,v)}}$$

于是，维纳滤波复原的原理可表示为

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$\hat{F}(u,v)=\left[\frac{1}{H(u,v)}\frac{|H(u,v)|^2}{|H(u,v)|^2+\frac{S_n(u,v)}{S_f(u,v)}}\right]G(u,v)$$

对于维纳滤波，由上式可知，当H(u,v)=0时，由于存在

$\frac{S_n(u,v)}{S_f(u,v)}$ 项，所以H(u,v)不会出现被0除的情形，同时分子中含有H (u,v)项，在H (u,v)=0处，H (u,v)≡0。

当 $\frac{S_n(u,v)}{S_f(u,v)}\geqslant H(u,v)$ 时，H (u,v)=0 ，表明维纳滤波避免了逆滤波中出现的对噪声过多的放大作用；当S_n (u,v)和S_f (u,v)未知时，经常用K来代替 $\frac{S_n(u,v)}{S_f(u,v)}$ ，于是

$$\hat{F}(u,v)=\left[\frac{1}{H(u,v)}\frac{|H(u,v)|^2}{|H(u,v)|^2+K}\right]G(u,v)$$

其中，K称为噪声对信号的功率谱度比，近似为一个适当的常数。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

这是实际中应用的公式。

在MATLAB中，deconvwnr函数用于进行维纳滤波图像复原。

J=deconvwnr(g,PSF)：g代表退化图像，J代表复原图像，信噪比为零。

J=deconvwnr(g,PSF,NSPR)：表示噪信功率比已知，或是个常量或是个数组；函数接受其中的任何一个。这是用于实现参数维纳滤波器的语法，NSPR可以是一个交互的标量输入。

J=deconvwnr(g,PSF,NACORR,FFACORR)：噪声和未退化图像的自相关函数 NACORR和FAVORR是已知的。

若复原图像呈现出由算法中使用的离散傅里叶变换所引入的振铃，在调用 deconvwnr之前，先调用：

J=edgetaper(I,PSF)：表示该函数利用点扩散函数PSF模糊了输入图像I的边缘，可以减少振铃。

【例9-4】利用deconvwnr函数进行维纳滤波图像复原。

```
f=imread('cell.tif');          %读取图像
LEN=30;
THETA=45;
PSF=fspecial('motion',LEN,THETA); %图像的退化处理
MF=imfilter(f,PSF,'circular','conv');
wnr=deconvwnr(MF,PSF);       %用deconvwnr函数进行维纳滤波图像复原
subplot(1,3,1);
imshow(f);
title('原始图像');
subplot(1,3,2);
imshow(MF);
title('模糊后的图像');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(1,3,3);
imshow(wnr);
title('恢复后的图像');
```

运行结果如图9-5所示。



图9-5 维纳滤波图像复原

【例9-5】逆滤波与维纳滤波复原效果比较。

```
clc
I=imread('tire.tif');
[m,n]=size(I);
F=fftshift(fft2(I));
k=0.0025;
H=[];
for u=1:m
for    v=1:n
q=((u-m/2)^2+(v-n/2)^2)^(5/6);
H(u,v)=exp((-k)*q);
end
end
G=F.*H;
I0=abs(ifft2(fftshift(G)));
figure
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(2,2,1);
imshow(uint8(I0));
title('退化的图像');
I1=imnoise(uint8(I0),'gaussian',0,0.01)    %退化并且添加高斯噪声
subplot(2,2,2);
imshow(uint8(I1));
title('退化并且添加高斯噪声的图像');
F0=fftshift(fft2(I1));
F1=F0./H;
I2=ifft2(fftshift(F1));            %逆滤波复原
subplot(2,2,3);
imshow(uint8(I2));
title('全逆滤波复原图');
K=0.1;
H=[];
H0=[];
H1=[];
for u=1:m
   for v=1:n
      q=((u-m/2)^2+(v-n/2)^2)^(5/6);
      H(u,v)=exp((-k)*q);
      H0(u,v)=(abs(H(u,v)))^2;
      H1(u,v)=H0(u,v)/(H(u,v)*(H0(u,v)+K));
   end
end
F2=H1.*F0;
I3=ifft2(fftshift(F2));
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(2,2,4);
imshow(uint8(abs(I3)));
title('维纳滤波复原图');
```

运行结果如图9-6所示。

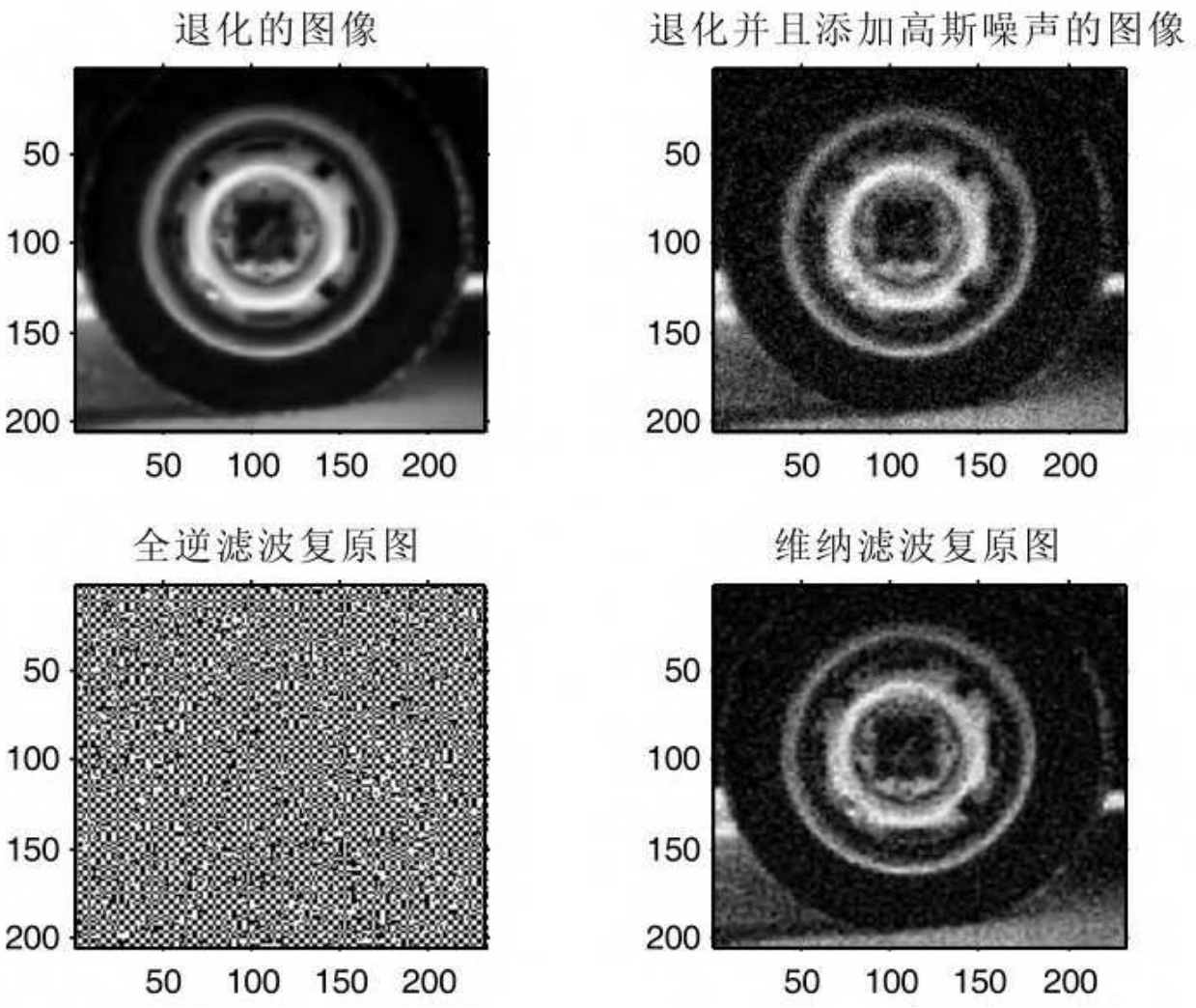


图9-6 逆滤波与维纳滤波复原效果比较

9.5 约束的最小二乘方滤波复原

还有一种容易实现的线性复原的方法称为约束最小二乘方滤波，约束复原除要求了解关于退化系统的传递函数之外，还需要知道某些噪声

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的统计特性或噪声与图像的某些相关情况。

在最小二乘约束复原中，要设法寻找一个最优估计$\hat{f}$，使得形式为$\left\|Q\hat{f}\right\|^2$的函数最小化。

在此准则下，可把图像的复原问题看作对$\hat{f}$求式

$$J(\hat{f})=\left\|Q\hat{f}\right\|^2+\lambda(\left\|g-H\hat{f}\right\|^2-\left\|n\right\|^2)$$

目标泛函的最小值。

其中：Q为$\hat{f}$的线性算子，表示对$\hat{f}$作某些线性操作的矩阵，通常选择拉普拉斯算子，且Quv(,)=P(u,v)=4π^2 (u^2 v^2 +；λ为拉格朗日乘子（Langrangemultiple）。)

为了使J($\hat{f}$)最小，对上式求导，并令为0就可以得到最小二乘解$\hat{f}$：

$$\hat{f}=(H^TH+rQ^TQ)^{-1}HT_g(\gamma=1/\lambda)$$

对应的频域表示为：

$$\hat{F}(u,v)=\frac{H^*(u,v)}{\left|H(u,v)\right|^2+\gamma\left|Q(u,v)\right|^2}\cdot G(u,v)$$

上式构成了所谓约束最小二乘复原滤波算法，显然该算法无须获知

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

原图像的统计值，便可以有效的实施最优估计，这点与维纳滤波明显不同。

在MATLAB中，deconvreg函数用于图像的约束最小二乘滤波恢复，该函数的调用方法如下：

deconvreg(I，PSF)

deconvreg(I，PSF，NP)

deconvreg(I，PSF，NP，LRANGE)

deconvreg(I，PSF，NP，LRANGE，REGOP)

其中，I表示输入像，PSF表示点扩散函数，NP、LRANGE（输入）和REGO是可选参数，分别表示图像的噪声强度、拉氏算子的搜索范围和约束算子，同时，该函数也可以在指定的范围内搜索最优的拉氏算子。

【例9-6】利用deconvreg函数对图像进行约束最小二乘滤波恢复。

```
I=imread ('tire.tif');
PSF=fspecial('gaussian',10,4);
Blurred=imfilter(I,PSF,'conv');
V=.03;
BN=imnoise(Blurred,'gaussian',0,V);
NP=V*prod(size(I));
[reg LAGRA]=deconvreg(BN,PSF,NP);
Edged=edgetaper(BN,PSF);
reg2=deconvreg(Edged,PSF,NP/1.2);   %振铃抑制
reg3=deconvreg(Edged,PSF,[],LAGRA);   %拉格朗日算子
figure
subplot(2,3,1);
imshow (I);
title('原始图像');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(2,3,2);
imshow (BN);
title('加入高斯噪声的图像');
subplot(2,3,3);
imshow (reg);
title('恢复后的图像');
subplot(2,3,4);
imshow(reg2);
title('振铃抑制图像');
subplot(2,3,6);
imshow(reg3);
title('拉格朗日算子恢复图像');
```

运行结果如图9-7所示。

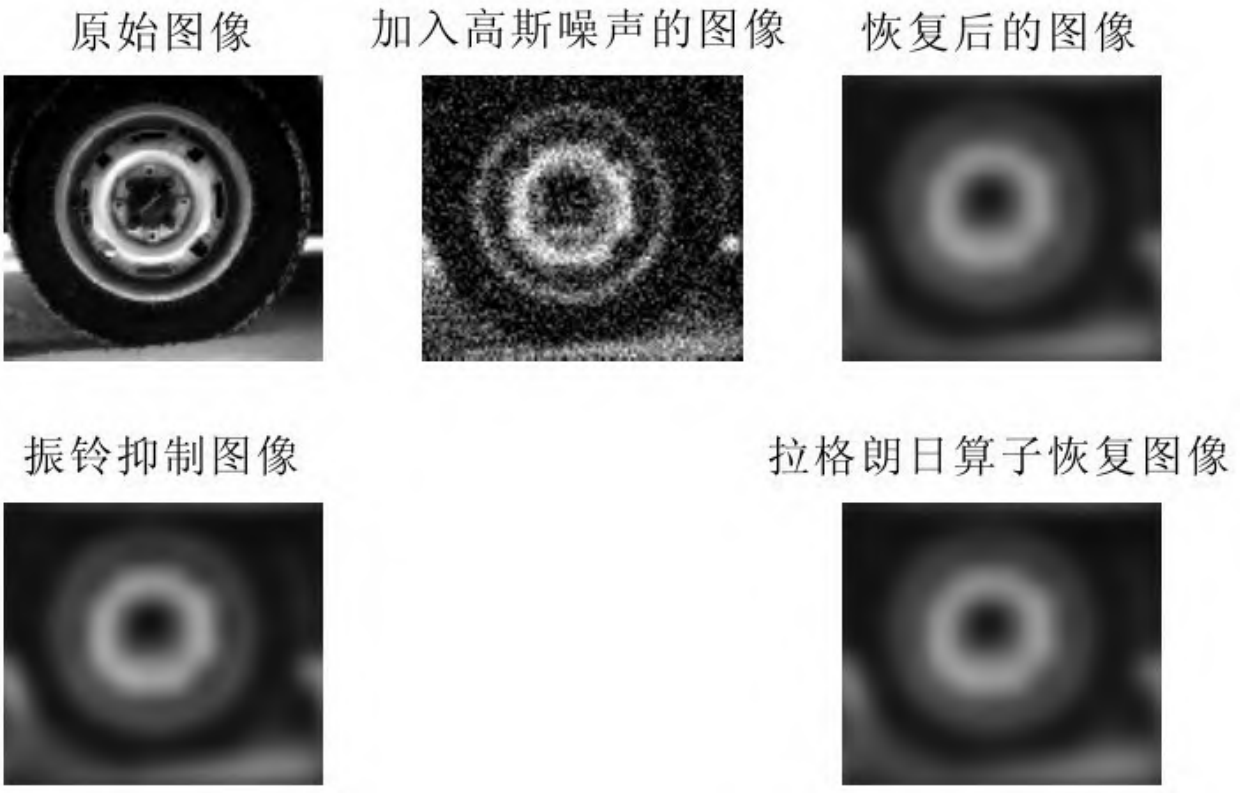


图9-7 约束最小二乘恢复对比图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9.6 Lucy-Richardson 滤波复原

Lucy-Richardson(LR)算法假设图像服从 Poission 分布，采用最大似然法进行估计，是一种基于贝叶斯分析的迭代算法。其最优估计以最大似然准则作为标准，即要使概率密度函数p(g/ f^)最大，推导出的迭代式为：

$$f^{(k+1)} = f^{(k)}\left[\left(\frac{g}{f^{(k)} \otimes h}\right) \oplus h\right]$$

其中，⊗和⊕分别为卷积运算和相关运算，k为迭代次数，可以令 f^0 =g进行迭代。可以证明，当噪声可以忽略，k不断增大时 f^{k+1} 会依概率收敛于 f，从而恢复出原始图像。

当噪声不可忽略时，可得到：

$$f^{(k+1)} = f^{(k)}\left[\left(\frac{f \otimes h + \eta}{f^{(k)} \otimes h}\right) \oplus h\right]$$

从上式可看出，若噪声η不可忽略，则以上过程的收敛性将难以保证，即 LR 存在放大噪声的缺陷。因此，处理噪声项是LR算法应用于低信噪比图像复原的关键。

在MATLAB中，deconvlucy函数用于对图像进行Lucy-Richardson滤波复原，该函数的调用方法如下：

fr=deconvlucy(g,PSF)

fr=deconvlucy(g,PSF,NUMIT)

fr=deconvlucy(g,PSF,NUMIT,DAMPAR)

fr=deconvlucy(g,PSF,NUMIT,DAMPAR,WEIGHT)

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

其中，fr代表复原的图像，g代表退化的图像，PSF是点扩散函数，NUMIT为迭代次数（默认为10次）。DAMPAR是一个标量，它指定了结果图像与原图像g之间的偏离阈值，当像素偏离原值的范围在DAMPAR之内时，就不用再迭代。这既抑制了这些像素上的噪声，又保存了必要的图像细节，默认值为0（无衰减）。

WEIGHT是一个与g同样大小的数组，它为每一个像素分配一个权重来反映其重量，当用一个指定的PSF来模拟模糊时，WEIGHT可以从计算像素中剔除那些来自图像边界的像素点，因此，PSF造成的模糊是不同的。

若复原图像呈现出由算法中所用的离散傅里叶变换所引入的振铃，则在调用函数deconvlucy之前，要利用函数edgetaper。

【例9-7】利用deconvlucy函数对图像进行Lucy-Richardson滤波恢复。

```
I=imread ('eight.tif');          %读取图像
PSF=fspecial('gaussian',5,5) ;
Blurred=imfilter(I,PSF,'symmetric','conv');
V=.003;
BN=imnoise(Blurred,'gaussian',0,V);
luc=deconvlucy(BN,PSF,5);       %进行Lucy-Richardson滤波恢复复原
figure
subplot(2,2,1);
imshow(I);
title('原始图像');
subplot(2,2,2);
imshow (Blurred);
title('模糊后的图像');
subplot(2,2,3);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imshow (BN);
title('加噪后的图像');
subplot(2,2,4);
imshow (luc);
title('恢复后的图像');
```

运行结果如图9-8所示。

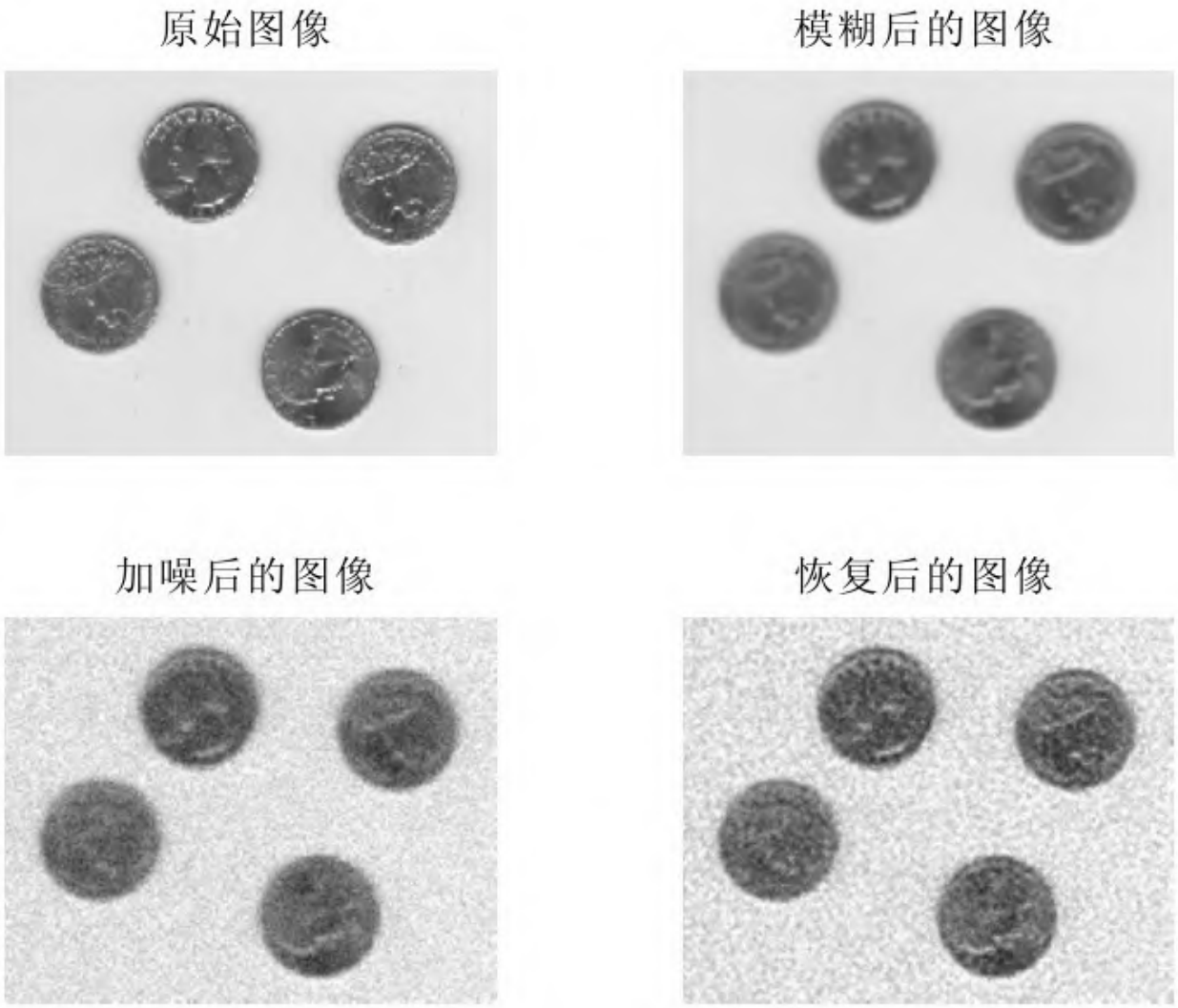


图9-8 Lucy-Richardson 恢复对比图

9.7 盲去卷积滤波复原

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

通常图像恢复方法均在成像系统的点扩展函数PSF已知下进行，实际上它通常是未知的。在PSF未知的情况下，盲去卷积是实现图像恢复的有效方法。因此，把那些不以PSF知识为基础的图像复原方法统称为盲去卷积算法。

在过去的20年里，一种盲去卷积的方法已经受到了人们的极大重视，它是以最大似然估计 (MLE) 为基础，即一种用被随机噪声所干扰的量进行估计的最优化策略。

简要的说，关于MLE方法的一种解释就是将图像数据看成随机量，它们与另外一族可能的随机量之间有着某种似然性。

似然函数用 $$p_i = \frac{n_i}{N} = \frac{n_i}{n_0 + n_1 + \cdots n_{i-1}}$$ 、f(x,y)和h(x,y)来加以表达，然后，问题就变成了寻求最大似然函数。

在盲去卷积中，最优化问题规定的约束条件并假定收敛时通过迭代来求解，得到的最大 f (x, y)和h(x, y)就是还原的图像和PSF。

在 MATLAB 中，deconvblind 函数用于对图像进行执行盲去卷积滤波复原，该函数的调用方法如下：

[fr,PSFe]=deconvblind(g,INITPSF)

其中，g代表退化函数，INITPSF是点扩散函数的出事估计，PSFe是这个函数最终计算到的估计值，fr是利用估计的PSF复原的图像。用来复原图像的算法是L-R迭代复原算法。PSF估计受其初始推测尺寸的巨大影响，而很少受其值的影响。

若复原图像呈现出由算法中使用的离散傅里叶变换所引入的振铃，则我们在调用函数deconvblind值前，通常要先使用edgetaper函数。

【例9-8】利用deconvblind对图像进行盲去卷积滤波复原。

```
I=imread('rice.png');              %读入图像
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
PSF=fspecial('motion',10,30);
Blurred=imfilter(I,PSF,'circ','conv') ;
INITPSF=ones(size(PSF));
[JP]=deconvblind    (Blurred,INITPSF,20);    %对图像进行盲去卷积滤波复原
figure
subplot(1,3,1);
imshow (I);
title('原始图像');
subplot(1,3,2);
imshow (Blurred);
title('模糊后的图像')
subplot(1,3,3);
imshow (J);
title('恢复后的图像');
```

运行结果如图9-9所示：

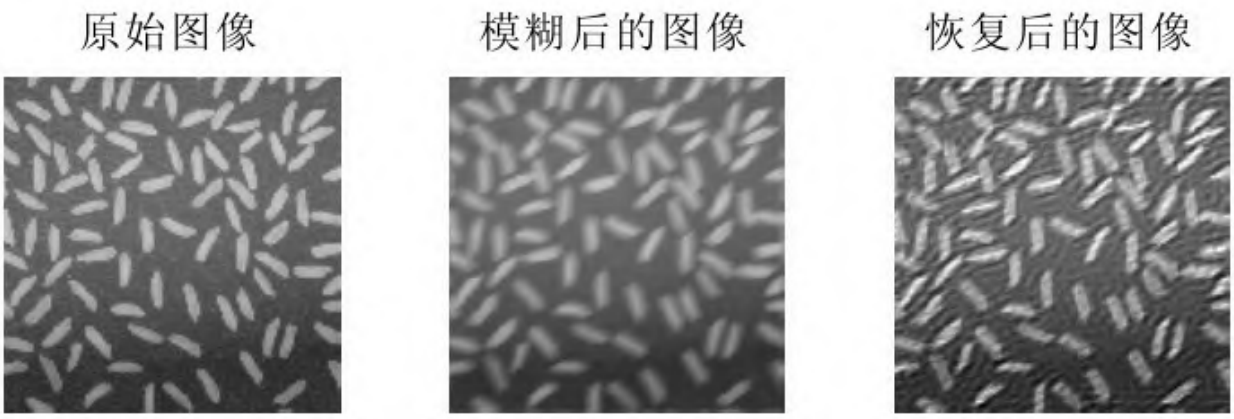


图9-9 盲去卷积滤波复原

【例9-9】对图像用4种经典的算法进行复原。

```
I=imread('greens.jpg');                %读取图像
Len=30;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
Theta=45;
PSF=fspecial('motion',Len,Theta);        %图像的退化
BlurredA=imfilter(I,PSF,'circular','conv');
Wnrl=deconvwnr(BlurredA,PSF);
BlurredD=imfilter(I,PSF,'circ','conv');
INITPSF=ones(size(PSF));
[KDePSF]=deconvblind(BlurredD,INITPSF,30); %盲去卷积修复图像
BlurredB=imfilter(I,PSF,'conv');
V=0.02;
Blurred_I_Noisy=imnoise(BlurredB,'gaussian',0,V);
NP=V*prod(size(I));
J=deconvreg(Blurred_I_Noisy,PSF,NP);
BlurredC=imfilter(I,PSF,'symmetric','conv');
V=0.002;
BlurredNoisy=imnoise(BlurredC,'gaussian',0,V);
Luc=deconvlucy(BlurredNoisy,PSF,5);
subplot(2,3,1);
imshow(I);
title('原图像');
subplot(2,3,2);
imshow(PSF);
title('运动模糊后图像');
subplot(2,3,3);
imshow(Wnrl);
title('维纳滤波修复图像');
subplot(2,3,4);
imshow(J);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('最小二乘方修复图像');
subplot(2,3,5);
imshow(Luc);
title('Lucy-Richardson修复图像');
subplot(2,3,6);
imshow(K);
title('盲去卷积修复图像');
```

运行结果如图9-10所示。

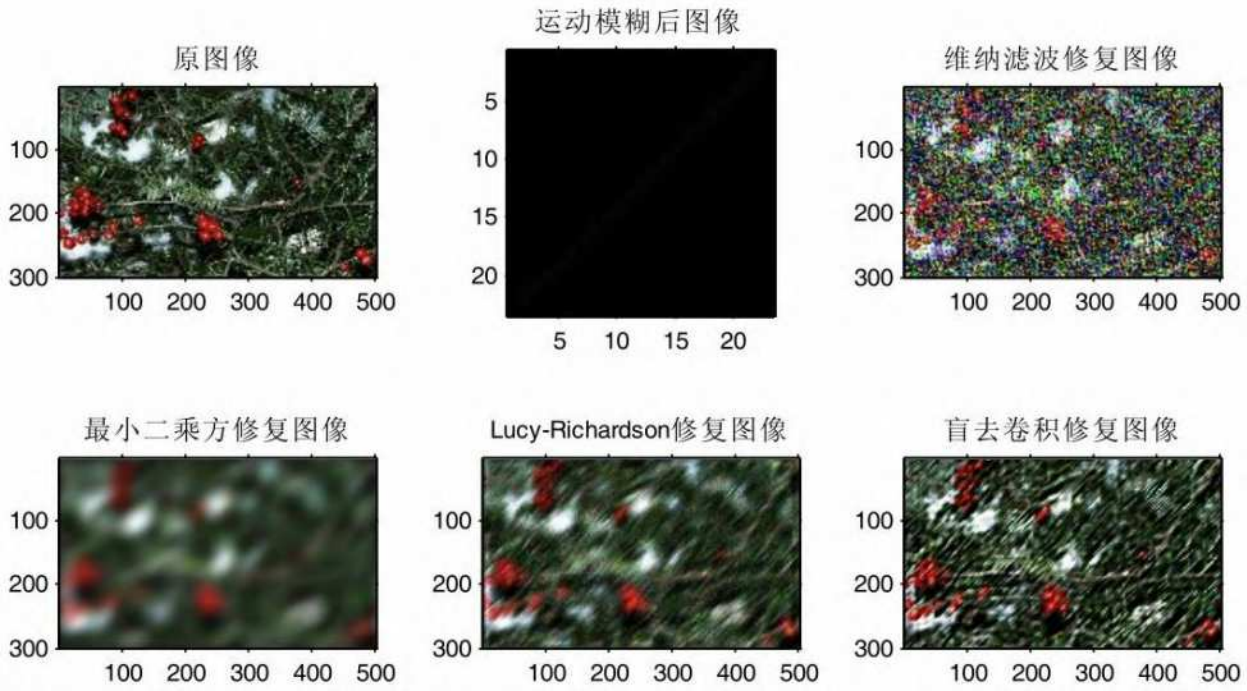


图9-10 图像的复原

9.8 本章小结

本章首先介绍了图像复原模型、噪声的特征、图像质量的度量、估计退化函数等内容，然后具体介绍了维纳（Wiener）滤波、约束最小二乘滤波算法、Lucy-Richardson算法和盲去卷积算法。这些方法分别适用

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

不同的情况，读者应根据图像退化的原因选用不同的复原方法，从而得到更加逼真的图像。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第10章 图像分割技术

图像分割是把图像分割成若干个特定的、具有独特性质的区域并提取出感兴趣的目标的技术和过程。在对图像的研究和应用中，人们往往仅对图像的某些部分感兴趣（目标或背景），他们一般对应图像中特定的、具有独特性质的区域。为了分析和识别目标，需要将他们分割并提取出来。由于图像分割技术在当今图像工程的发展过程中起着十分重要的作用，得到了广泛应用，促使人们致力于寻找新的理论和方法来提高图像分割的质量，以满足各方面的需求。

学习目标：

1.了解图像分割技术的相关知识。

2.掌握几种经典边缘检测算子的基本原理、实现步骤。

3.理解阈值分割、区域分割等的基本原理、实现步骤。

4.理解分水岭分割法的基本原理、实现方法。

10.1 图像分割技术的基本概念

图像分割技术在当今图像工程的发展过程中的作用十分重要，应用广泛，人们致力于寻找新的理论和方法来提高图像分割的质量，以满足各方面的需求。

由于遗传算法、统计学理论、神经网络、分形理论以及小波理论等理论在图像分割中广泛应用，图像分割技术呈现出新的发展趋势。

（1）多种特征融合的分割方法。除利用图像的原始灰度特征外，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

我们还可以利用图像的梯度特征、几何特征（形态、坐标、距离、方向、曲率等）、变换特征（傅里叶谱、小波特征、分形特征等）及统计学特征（纹理、不变矩、灰度均值等）等高层次特征，对于每个待分割的像素，将所提取的特征值组成一个多维特征矢量，再进行多维特征分析。通过多种特征的融合，图像像素能被全面描述，从而获得更好的分割结果。

（2）多种分割方法结合的分割方法。由于目标成像的不确定性以及目标的多样性，单一的分割方法很难对含复杂目标的图像取得理想的分割结果。此时，除需要利用多种特征融合外，还需将多种分割方法结合，使这些方法充分发挥各自的优势，并避免各自的缺点。采用哪种方式结合以获得良好的分割效果是这种方法研究的重点。

有关图像分割的解释和表述很多，借助于集合概念对图像分割可以给出如下比较正式的定义。

令集合R代表整幅图像的区域，对R的分割可看成将R_n 个满足以下5个条件的非空子集（子区域）R_1 , R_2 ,…R_n ：

（1）$\bigcup_{i=1}^{N} R_i$ =R；

（2）对所有的i和j，有i≠j，$R_i \cap R_j = \Phi$；

（3）对i=1,2,…,N，有P（R_i ）=True；

（4）对i≠j，P（$R_i \cup R_j$ ）=False；

（5）i=1,2, …,N，R_i 是连通的区域。

其中P（R_i ）是对所有在集合中元素的逻辑谓词，Φ代表空集。

下面先对上述各个条件分别给予简略解释。

条件（1）指出对一幅图像所得的全部子区域的综合（并集）应能包括图像中所有像素（就是原图像），或者说分割应将图像的每个像素

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

都分进某个区域中。

条件（2）指出在分割结果中各个子区域是互不重叠的，或者说在分割结果中一个像素不能同时属于两个区域。

条件（3）指出在分割结果中每个子区域都有独特的特性，或者说属于同一个区域中的像素应该具有某些相同特性。

条件（4）指出在分割结果中，不同的子区域具有不同的特性，没有公共元素，或者说属于不同区域的像素应该具有一些不同的特性。

条件（5）要求分割结果中同一个子区域内的像素应当是连通的，即同一个子区域的两个像素在该子区域内互相连通，或者说分割得到的区域是一个连通组元。

另外，上述这些条件不仅定义了分割，也对进行分割操作有指导作用。对图像的分割总是根据一些分割准则进行的。条件（1）与条件（2）说明正确的分割准则应可适用于所有区域和所有像素，而条件（3）和条件（4）说明合理的分割准则应能帮助确定各区域像素有代表性的特性，条件（5）说明完整的分割准则应直接或间接地对区域内像素的连通性有一定的要求或限定。

最后需要指出，实际应用中图像分割不仅要把一幅图像分成满足上面5个条件的各具特性的区域而且需要把其中感兴趣的目标区域提取出来，只有这样才算真正完成了图像分割的任务。

图像分割算法的研究一直受到人们的高度重视，到目前为止，提出的分割算法已经多达上千种，由于现有的分割算法非常多，所以将它们进行分类的方法也提出了不少。本章从实际应用的角度考虑，详细介绍了图像分割的几种算法：边缘检测、阈值分割、区域生长等。

10.2 边缘检测

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

边缘（Edge）是指图像局部亮度变化最显著的部分。边缘主要存在于目标、目标与背景、区域与区域（包括不同色彩）之间，是图像分割、纹理特征提取和形状特征提取等图像分析的重要基础。图像分析和理解的第一步常常是边缘检测（Edge Detection）。由于边缘检测十分重要，因此成为机器视觉研究领域最活跃的课题之一。本节主要讨论边缘检测和定位的基本概念，并通过几种常用的边缘检测器来说明边缘检测的基本问题。

图像中的边缘通常与图像亮度或图像亮度的一阶导数的不连续性有关。图像亮度的不连续可分为以下两种：

（1）阶跃不连续，即图像亮度在不连续处的两边的像素灰度值有着显著的差异；

（2）线条不连续，即图像亮度从一个值变化到另一个值，保持一个较小的行程后又返回到原来的值。

在实际中，阶跃和线条边缘图像是很少见的，由于大多数传感元件具有低频特性，使得阶跃边缘变成斜坡型边缘，线条边缘变成屋顶形边缘，其中的亮度变化不是瞬间的，而是跨越一定的距离。

对一个边缘来说，有可能同时具有阶跃和线条特性。例如，在一个表面上，由一个平面变化到法线方向不同的另一个平面就会产生阶跃边缘。如果这一表面具有镜面反射特性且两平面形成的棱角比较圆滑，则当棱角圆滑表面的法线经过镜面反射角时，由于镜面反射分量，在棱角圆滑表面上会产生明亮光条，这样的边缘看起来像在阶跃边缘上叠加了一个线条边缘。

由于边缘可能与场景中物体的重要特性对应，所以它是很重要的图像特征。比如，一个物体的轮廓通常产生阶跃边缘，因为物体的图像亮度不同于背景的图像亮度。

在讨论边缘算子之前，首先给出下列术语的定义。

• 边缘点：图像中亮度显著变化的点。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

• 边缘段：边缘点坐标[i,j]及其方向θ的综合，边缘的方向是可以是梯度角。

• 边缘检测器：从图像中抽取边缘（边缘点或边缘段）集合的算法。

• 轮廓：边缘列表，或是一条边缘列表的曲线模型。

• 边缘连接：从无序边缘表形成有序边缘表的过程。习惯上边缘的表示采用顺时针方向来排序。

• 边缘跟踪：一个用来确定轮廓图像（指滤波后的图像）的搜索过程。

边缘点的坐标可以是边缘位置像素点的行、列整数标号，也可以在子像素分辨率水平上表示。边缘坐标可以在原始图像坐标系上表示，但大多数情况下是在边缘检测滤波器输出图像的坐标系上表示，因为滤波过程可能导致图像坐标平移或者缩放。边缘段可以用像素点尺寸大小的小线段定义，或用具有方向属性的一个点定义。在实际应用中，边缘点和边缘段都称为边缘。

由于边缘检测器生成的边缘集分成两个：真边缘和假边缘集。真边缘集对应场景中的边缘，假边缘集不是场景中的边缘。还有一个边缘集，即场景中的漏边缘集。假边缘集称之为假阳性（False Positive），而漏掉的边缘集则称之为假阴性（False Negative）。

边缘连接和边缘跟踪之间的区别在于：边缘连接是把边缘检测器产生的无序边缘集作为输出，输入一个有序边缘集；边缘跟踪则是将一幅图像作为输入，输出一个有序边缘集。另外，边缘检测使用局部信息来决定边缘，而边缘跟踪使用整个图像信息来决定一个像素点是不是边缘。

10.2.1 边缘检测算法

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

函数的导数反映图像灰度变化的显著程度，一阶导数的局部极大值和二阶导数的过零点都是图像灰度变化极大的地方。因此可以将导数值作为相应点的边界强度，通过设置门限的方法，提取边界点集。

基于边缘的分割方法是将图像中所要求分割的目标的边缘提取出来，从而将目标分割出来，主要依赖于图像中不同区域间的不连续性。这类技术的优点是边缘定位准确，运算速度快；缺点是对噪声敏感，而且边缘检测方法只使用了局部信息，难以保证分割区内部的颜色一致，且不能产生连续的闭轮廓。因此基于边缘的分割技术通常需要进行后续处理或与其他分割算法结合起来，才能完成分割任务。

边缘分割算法一般有如下四个步骤。

（1）滤波：边缘分割算法主要是基于图像强度的一阶和二阶导数，但导数的计算对噪声很敏感，因此必须使用滤波器来改善与噪声有关的边缘检测器的性能。

（2）增强：增强边缘的基础是确定图像各邻域强度的变化值，增强算法可以将邻域强度值有显著变化的点突显出来。

（3）检测：在图像中有许多点的梯度幅度值比较大，而这些点在特定的应用领域并不都是边缘，所以应当用某种方法来确定哪些点是边缘点。

（4）定位：如果某一应用场合要求确定边缘位置，则边缘的位置可在亚像素分辨率上来估计，边缘的方位也可被估计出来。在边缘检测算法中，前三个步骤用的十分普遍。这是因为在大多数场合下，仅仅需要边缘检测器指出边缘出现在图像某一像素点的附近，而没有必要指出边缘的精确位置或方向。

10.2.2 梯度算子

梯度对应于一阶导数，相应的梯度算子对应于一阶导数算子。对于

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

一个连续函数f (x, y)，在(x, y)处的梯度定义如下式所示：

$$\nabla f = \left[\frac{\partial f}{\partial x}\frac{\partial f}{\partial y}\right]^T = \left[G_x G_y\right]^T$$

其幅值可以由下边三个式子来近似表示：

$$|G(x,y)| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

$$|G(x,y)| = |G_x| + |G_y|$$

$$|G(x,y)| \approx \max(|G_x|, |G_y|)$$

其幅角可以表示为：

$$\varphi(x,y) = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

式中的偏导数需要对每一个像素位置进行计算，在实际应用中常常采用小型模板利用卷积运算来近似，G_x 和G_y 各自使用一个模板。

常用的梯度算子主要有Roberts算子、Prewitt算子和Sobel算子。通过算子检测、二值处理后找到边界点。应用梯度算子进行边缘检测，Sobel算子的检测效果最好。

10.2.3 Roberts 算子

Roberts边缘算子是一种斜向偏差分的梯度计算方法，梯度的大小代表边缘的强度，梯度的方向与边缘走向垂直。

Roberts　操作实际上是求旋转±45°两个方向上微分值的和。Roberts边缘算子定位精度高，在水平和垂直方向效果较好，但对噪声敏感。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

两个卷积核分别为：

$$G_x=\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & -1\end{bmatrix};\qquad G_y=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -1 & 0\end{bmatrix}$$

采用范数1衡量梯度的幅度：

$$|G(x,y)|=|G_x|+|G_y|$$

【例10-1】利用Roberts算子检测边缘对图像进行处理。

```
I=imread('coins.png');
BW1=edge(I,'Roberts',0.04);
%Roberts算子检测边缘
subplot(1,2,1),
imshow(I);
title('原图像')
subplot(1,2,2),
imshow(BW1);
title('Roberts算子检测边缘')
```

运行结果如图10-1所示。

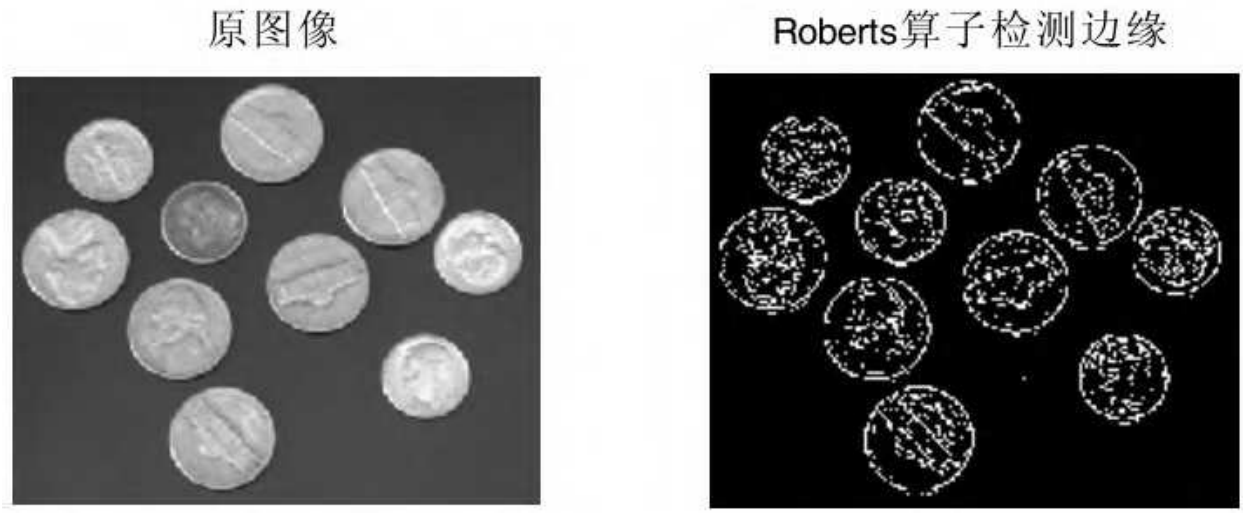


图10-1 利用Roberts算子检测图像边缘

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10.2.4 Sobel 算子

Sobel算子是一组方向算子，从不同的方向检测边缘。Sobel算子不是简单的求平均再差分，而是加强了中心像素上下左右四个方向像素的权重，运算结果是一副边缘图像。Sobel算子通常对灰度渐变和噪声较多的图像处理得较好。

两个卷积核分别为：

$$G_x=\begin{bmatrix}-1 & 0 & 1\\ -2 & 0 & 2\\ -1 & 0 & 1\end{bmatrix};\qquad G_y=\begin{bmatrix}1 & 2 & 1\\ 0 & 0 & 0\\ -1 & -2 & -1\end{bmatrix}$$

采用范数衡量梯度的幅度：

$$|G(x,y)|\approx \max(|G_x|,|G_y|)$$

【例10-2】利用Sobel算子检测边缘对图像进行处理。

```
I=imread('circles.png');
BW1=edge(I,'Sobel',0.04); %Sobel算子检测边缘
subplot(1,2,1),
imshow(I);
title('原图像')
subplot(1,2,2),
imshow(BW1);
title('Sobel算子检测边缘')
```

运行结果如图10-2所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

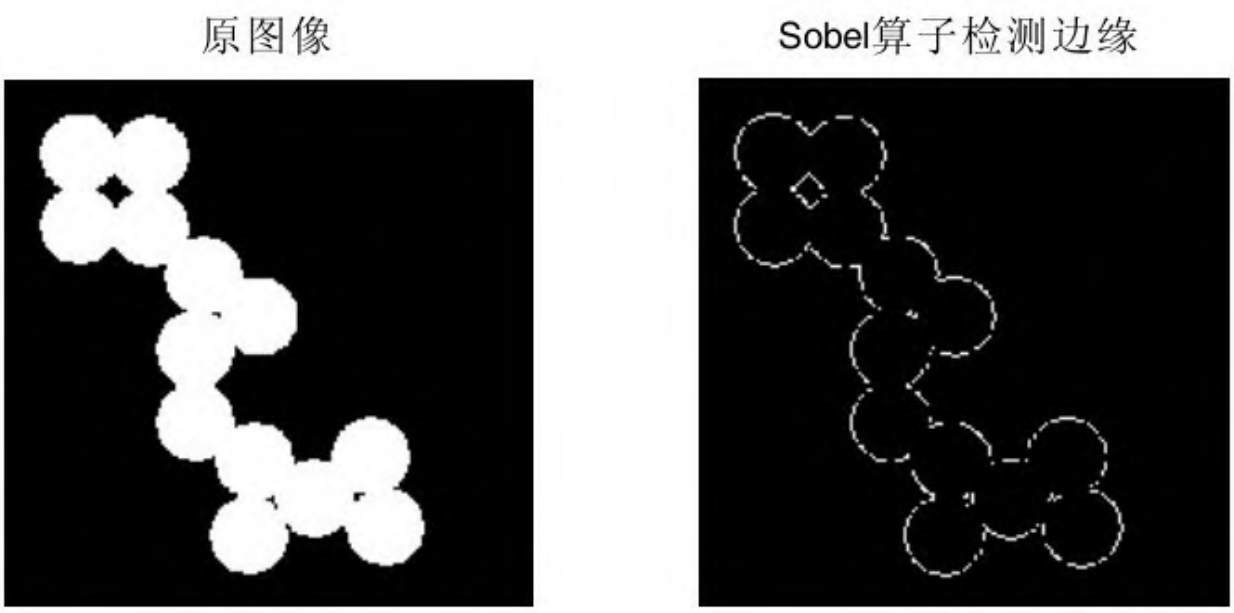


图10-2 利用Sobel算子检测图像边缘

10.2.5 Prewitt 算子

Prewitt边缘算子是一种边缘样板算子，利用像素点上下、左右邻点灰度差，在边缘处达到极值检测边缘，对噪声具有平滑作用。

由于边缘点像素的灰度值与其领域点像素的灰度值有显著不同，在实际应用中通常采用微分算子和模板匹配方法检测图像的边缘。

Prewitt算子不仅能检测边缘点，而且能抑制噪声的影响，因此对灰度和噪声较多的图像处理得较好。

两个卷积核分别为：

$$G_x=\begin{bmatrix}-1 & 0 & 1\\ -1 & 0 & 1\\ -1 & 0 & 1\end{bmatrix};\qquad G_y=\begin{bmatrix}1 & 1 & 1\\ 0 & 0 & 0\\ -1 & -1 & -1\end{bmatrix}$$

采用范数衡量梯度的幅度：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$|G(x,y)| \approx \max(|G_x|, |G_y|)$$

【例10-3】利用Prewitt算子检测边缘对图像进行处理。

```
I=imread('eight.tif');
BW1=edge(I,'prewitt',0.04);    % 0.04为梯度阈值
subplot(1,2,1)
imshow(I);
title('原图像')
subplot(1,2,2),
imshow(BW1);
title('Prewitt算子检测边缘')
```

运行结果如图10-3所示。

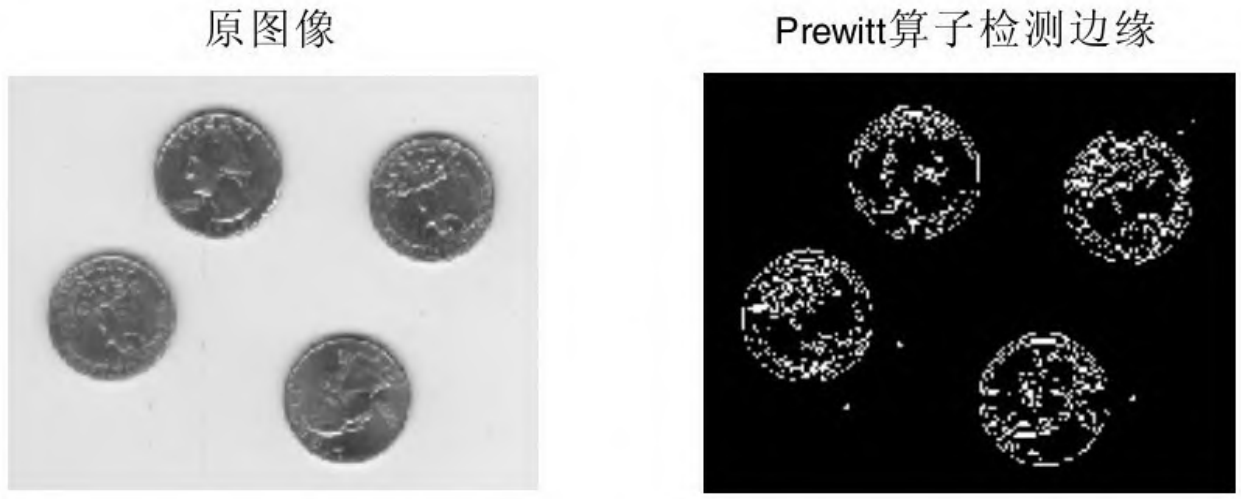


图10-3 利用Prewitt算子检测图像边缘

10.2.6 拉普拉斯（Laplacian）算子

如果所求的一阶导数高于某一阈值，则可确定该点为边缘点，这样做会导致检测的边缘点太多。一种更好的方法就是求梯度局部最大值对应的点，并认定它们是边缘点，若用阈值来进行边缘检测，则在a和b之间的所有点都被记为边缘点。但通过去除一阶导数中的非局部最大值，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

可以检测出更精确的边缘。

一阶导数的局部最大值对应着二阶导数的零交叉点（Zero crossing）。这样，通过找图像强度的二阶导数的零交叉点就能找到精确边缘点。拉普拉斯（Laplacian）算子是常用的二阶导数算子。

平滑过的阶跃边缘二阶导数是一个在边缘点处过零的函数。拉普拉斯算子是二阶导数的二维等效式，函数 f (x, y)的拉普拉斯算子公式为：

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

使用差分方程对x和y方向上的二阶偏导数近似如下：

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{\partial G_x}{\partial x} = \frac{\partial\left(f(i,j+1) - f(i,j)\right)}{\partial x} = \frac{\partial f(i,j+1)}{\partial x} - \frac{\partial f(i,j)}{\partial x}$$

$$= f(i,j+2) - 2f(i,j+1) + f(i,j)$$

上式近似是以点(i, j+1)为中心的，以点(i, j)为中心的近似为：

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(i,j+1) - 2f(i,j) + f(i,j-1)$$

类似地有：

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(i+1,j) - 2f(i,j) + f(i-1,j)$$

将以上两式合并为一个算子，用近似的拉普拉斯算子模板表示：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$\nabla^2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

若拉普拉斯输出出现过零点时就表明有边缘存在，但是要去除无意义的零点（灰度值为0的区域）。

10.2.7 LOG（Laplacian-Gauss）算子

高斯滤波和拉普拉斯边缘检测结合在一起，形成LOG算法，也称之为拉普拉斯高斯算法。LOG算子是对Laplacian算子的一种改进，它需要考虑5×5邻域的处理，从而获得更好的检测效果。

Laplacian 算子对噪声非常敏感，因此 LOG 算子引入了平滑滤波，有效的去除了服从正态分布的噪声，从而使边缘检测的效果更好

LOG算子的输出h(x, y)是通过卷积运算得到的：

$$h(x,y) = \nabla^2[g(x,y) \times f(x,y)]$$

根据卷积求导法有：

$$h(x,y) = [\nabla^2 g(x,y)] \times f(x,y)$$

其中：

$$\nabla^2 g(x,y) = \left(\frac{x^2 + y^2 - 2\sigma^2}{\sigma^4} \right) \mathrm{e}^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

在MATLAB中，LOG算子也可以用edge函数来检测边缘，该函数的调用方法如下：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

BW=edge(I,’log’)

BW=edge(I,’log’,thresh,sigma)

其中，thresh是边缘检测的阈值，sigma是高斯滤波器的标准偏差，默认为2。

【例10-4】利用不同标准偏差的LOG算子检测图像的边缘。

```
I=imread('tire.tif');
BW1=edge(I,'log',0.003,2);          %sigma=2
subplot(1,3,1);
imshow(I);
title('原图像')
subplot(1,3,2);
imshow(BW1);
title(' sigma =2的LOG算子检测的边缘')
BW1=edge(I,'log',0.003,3);          % sigma=3
subplot(1,3,3);
imshow(BW1);
title(' sigma =3的LOG算子检测的边缘')
```

运行结果如图10-4所示。

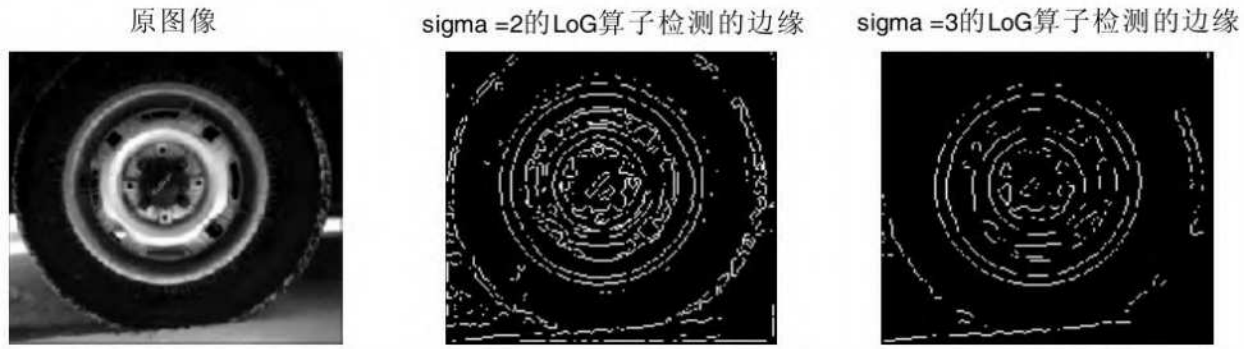


图10-4 利用LOG算子检测图像的边缘

10.2.8 坎尼（Canny）算子

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

检测阶跃边缘的基本思想是在图像中找出具有局部最大梯度幅值的像素点。检测阶跃边缘的大部分工作集中在寻找能够用于实际图像的梯度数字逼近。

由于实际的图像经过了摄像机光学系统和电路系统（带宽限制）固有的低通滤波器的平滑，因此，图像中的阶跃边缘不是十分陡立。

图像也受到摄像机噪声和场景中不希望的细节的干扰。图像梯度逼近必须满足以下两个要求：

（1）逼近必须能够抑制噪声效应；

（2）必须尽量精确地确定边缘的位置。

抑制噪声和边缘精确定位是无法同时得到满足的，也就是说，边缘检测算法通过图像平滑算子去除了噪声，但却增加了边缘定位的不确定性；反过来，若提高边缘检测算子对边缘的敏感性，同时也提高了对噪声的敏感性。

有一种先行算子可以在抗噪声干扰和精确定位之间选择一个最佳折中方案，它就是高斯函数的一阶导数，对应于图像的高斯函数平滑和梯度计算。

在高斯噪声中，一个典型的边缘代表一个阶跃的强度变化。根据这个模型，好的边缘检测算子应该有3个指标：

（1）低失误概率，即真正的边缘点尽可能少的丢失又要尽可能避免将非边缘点检测为边缘；

（2）高位置精度，检测的边缘应尽可能接近真实的边缘；

（3）对每一个边缘点有惟一的响应，得到单像素宽度的边缘。

坎尼算子提出了边缘算子的如下3个准则。

1.信噪比准则

信噪比越大，提取的边缘质量越高。信噪比SNR定义为：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$SNR=\frac{\left|\int_{-w}^{+w}G(-x)h(x)\mathrm{d}x\right|}{\sigma\sqrt{\int_{-w}^{+w}h^{2}(x)\mathrm{d}x}}$$

其中G（x）代表边缘函数，h(x)代表宽度为W的滤波器的脉冲响应。

2.定位精确度准则

边缘定位精度L如下定义：

$$L=\frac{\left|\int_{-w}^{+w}G'(-x)h'(x)\mathrm{d}x\right|}{\sigma\sqrt{\int_{-w}^{+w}h'^{2}(x)\mathrm{d}x}}$$

其中，G'(X)和H '(X)分别是G(X)和H (X)的导数。L越大表明定位精度越高。

3.单边缘响应准则

为了保证单边缘只有一个响应，检测算子的脉冲响应导数的零交叉点平均距离D(f')

应满足：

$$D(f')=\pi\left\{\frac{\int_{-\infty}^{+\infty}h'^{2}(x)\mathrm{d}x}{\int_{-\infty}^{+\infty}h''(x)\mathrm{d}x}\right\}^{\frac{1}{2}}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

其中，h"(x)是h(x)的二阶导数。

以上述指标和准则为基础，利用泛函数求导的方法可导出坎尼边缘检测器是信噪比与定位之乘积的最优逼近算子，表达式近似于高斯函数的一阶导数。将坎尼3个准则相结合可以获得最优的检测算子。坎尼边缘检测的算法步骤如下：

（1）用高斯滤波器平滑图像；

（2）用一阶偏导的有限差分来计算梯度的幅值和方向；

（3）对梯度幅值进行非极大值抑制；

（4）用双阈值算法检测和连接边缘。

在MATLAB中，坎尼（Canny）算子可以用edge函数来检测边缘，该函数的调用方法如下：

BW1=edge(I,’canny’,thresh,sigma)

【例10-5】利用坎尼（Canny）算子检测图像的边缘。

```
I=imread('coins.png');
BW1=edge(I,'canny',0.2);   %Canny算子边缘检测
subplot(1,2,1);
imshow(I);
title('原图像')
subplot(1,2,2);
,imshow(BW1);
title('Canny算子边缘检测')
```

运行结果如图10-5所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

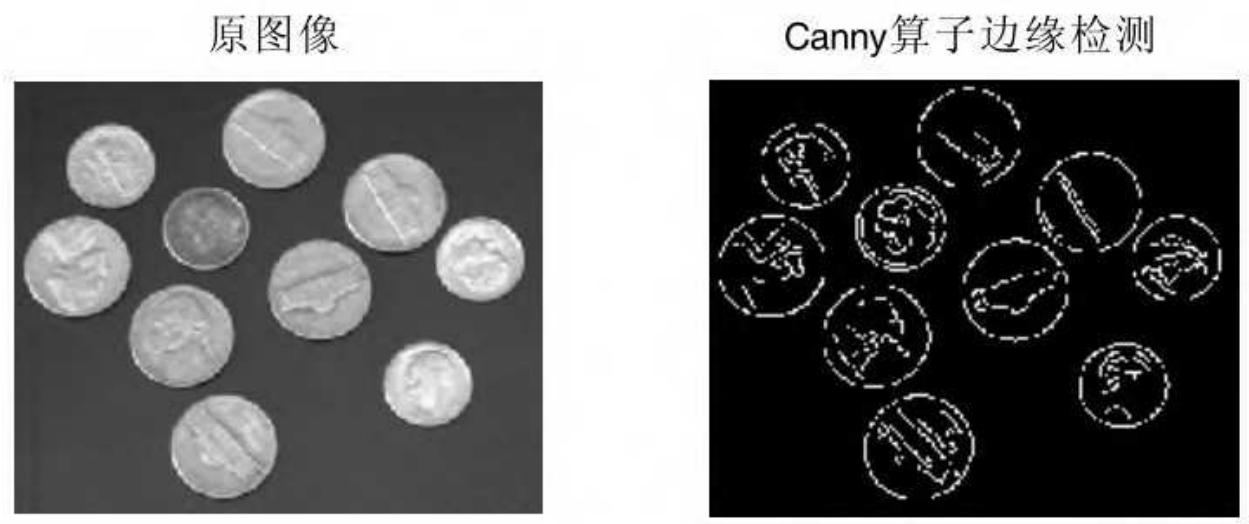


图10-5 利用坎尼算子检测图像的边缘

【例 10-6】采用上述几种最常用的经典图像边缘提取算子对标准的cell 图像进行边缘特征提取，其结果如图10-6所示。

```
I=imread('cell.tif');
BW1=edge(I,'Roberts',0.04);      %Roberts算子
BW2=edge(I,'Sobel',0.04);       %Sobel算子
BW3=edge(I,'Prewitt',0.04);      %Prewitt算子
BW4=edge(I,'LOG',0.004);       %LOG算子
BW5=edge(I,'Canny',0.04);       %Canny算子
subplot(2,3,1),
imshow(I)
title('原图像')
subplot(2,3,2),
imshow(BW1)
title('Roberts ')
subplot(2,3,3),
imshow(BW2)
title(' Sobel ')
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(2,3,4),
imshow(BW3)
title(' Prewitt ')
subplot(2,3,5),
imshow(BW4)
title(' LOG ')
subplot(2,3,6),
imshow(BW5)
title('Canny ')
```

运行结果如图10-6所示。

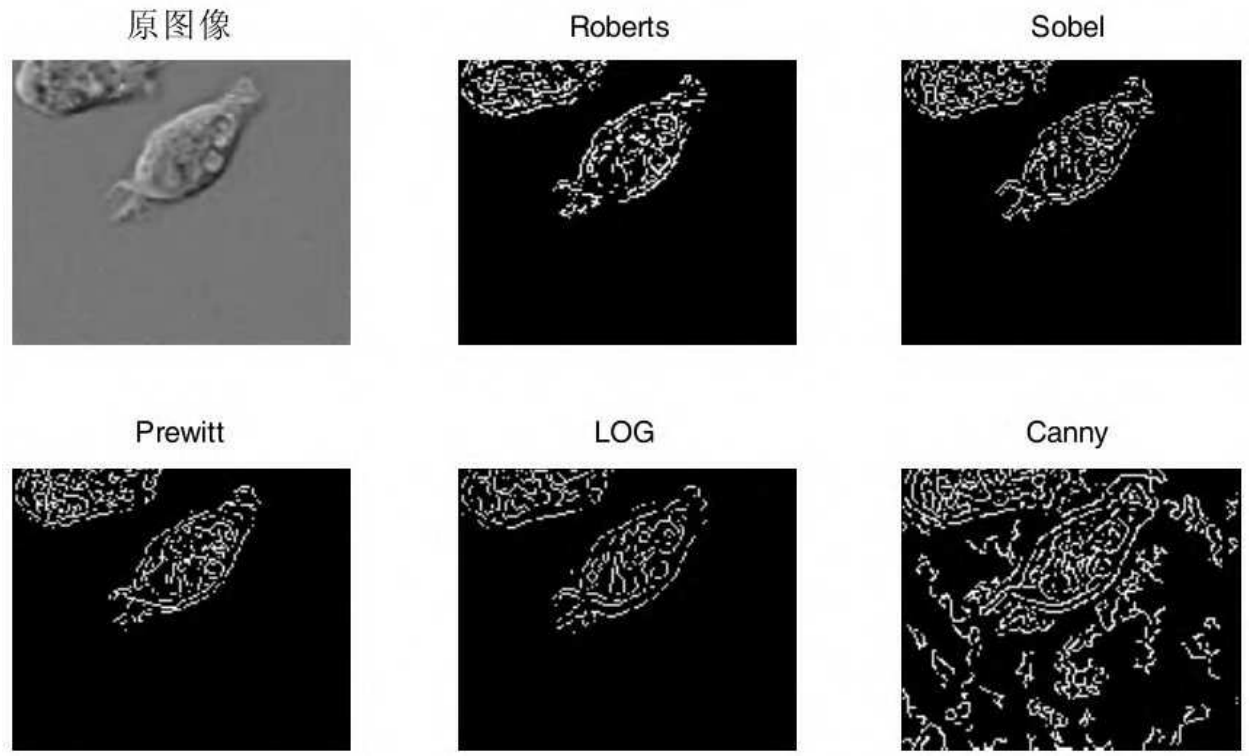


图10-6 经典边缘提取算子提取图像边缘的对比

从图10-6可以看出，Roberts算子提取边缘的结果边缘较粗，边缘定位不很准确，Sobel算子和Prewitt　算子对边缘的定位就准确了一些，而采用拉普拉斯高斯算子进行边缘提取的结果要明显优于前三种算子，特别是边缘比较完整，位置比较准确。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

相比而言，Canny 算子提取的边缘最为完整，而且边缘的连续性很好，效果优于以上其他算子，这主要是因为它进行了“非极大值抑制”和形态学连接操作的结果。

上面几种基于微分的经典边缘提取算子共同的优点是计算简单、速度较快，缺点是对噪声的干扰都比较敏感。

在实际应用中，由于图像噪声的影响，总要将经典的算法进行改善，结合其他一些算法对一幅含噪声的图像进行处理，然后再采用经典的边缘提取算子提取图像边缘。

10.2.9 利用霍夫（Hough）变换检测图像边缘的算法

Hough变换本来是应用于直线检测中的，充分体现了Hough变换具有明了的几何解析性、一定的抗干扰能力以及易于实现并行处理等优点。

人们在对图像进行几何特征检测时，感兴趣的往往有直线、圆、椭圆等等。因此，对Hough变换进行改进，也可以应用于图像边缘检测。

通过Hough变换在二值图像中检测直线需要3个步骤：

（1）利用hough()函数执行霍夫变换，得到霍夫矩阵；

（2）利用houghpeaks()函数在霍夫矩阵中寻找峰值点；

（3）利用houghlines()函数在之前2步结果的基础上得到原二值图像中的直线信息。

1.霍夫变换

在MATLAB中，hough函数用于执行霍夫变换，该函数的调用方法如下：

[H,theta,rho]=hough(BW,param1,vall,param2,val2)

其中BW是边缘检测后的二值图像。param1、value1以及param2、value2为可选参数对。H是变换得到的Hough矩阵。theta和rho为分别对

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

应于Hough矩阵每一列和每一行的θ和ρ值组成的向量。

2.寻找峰值

在 MATLAB 中，houghpeaks 函数用于在霍夫矩阵中寻找峰值点。该函数的调用方法如下：

peaks=houghpeaks(H,numpeaks,param1,val1,param2,val2)

其中，H是由hough()函数得到的Hough矩阵；numpeaks是要寻找的峰值数目，默认为1；peaks是一个Q×2的矩阵，每行的两个元素分别为某一峰值点在Hough矩阵中的行、列索引；Q为找到的峰值点的数目。

3.提取直线段

在MATLAB中，houghlines函数在之前2步结果的基础上得到原二值图像中的直线信息。该函数的调用方法如下：

lines=houghlines(BW,theta,rho,peaks,param1,val1,param2,val2)

其中，BW是边缘检测后的二值图像；theta和rho是Hough矩阵每一列和每一行的θ和ρ值组成的向量，由hough函数返回；peaks是一个包含峰值点信息的Q×2的矩阵，由houghpeaks函数返回；lines是一个结构体数组，数组长度是找到的直线条数。

【例10-7】利用霍夫变换来对图像进行处理。

```
I= imread('pears.png');        %读取图像
rotI=rgb2gray(I);
subplot(2,2,1);
imshow(rotI);
title('灰度图像');
axis([50,250,50,200]);
grid on;
axis on;
BW=edge(rotI,'prewitt');       %prewitt算子边缘检测
subplot(2,2,2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imshow(BW);
title('prewitt算子边缘检测后图像');
axis([50,250,50,200]);
grid on;
axis on;
[H,T,R]=hough(BW);        %霍夫变换
subplot(2,2,3);
imshow(H,[],'XData',T,'YData',R,'InitialMagnification','fit');
title('霍夫变换图');
xlabel('\theta'),ylabel('\rho');
axis on , axis normal, hold on;
P=houghpeaks(H,5,'threshold',ceil(0.3*max(H(:))));
x=T(P(:,2));y=R(P(:,1));
plot(x,y,'s','color','white');
lines=houghlines(BW,T,R,P,'FillGap',5,'MinLength',7);
subplot(2,2,4);,imshow(rotI);
title('霍夫变换图像检测');
axis([50,250,50,200]);
grid on;
axis on;
hold on;
max_len=0;
for k=1:length(lines)
xy=[lines(k).point1;lines(k).point2];
plot(xy(:,1),xy(:,2),'LineWidth',2,'Color','green');
plot(xy(1,1),xy(1,2),'x','LineWidth',2,'Color','yellow');
plot(xy(2,1),xy(2,2),'x','LineWidth',2,'Color','red');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
len=norm(lines(k).point1-lines(k).point2);
if(len>max_len)
max_len=len;
xy_long=xy;
end
end
plot(xy_long(:,1),xy_long(:,2),'LineWidth',2,'Color','cyan');
```

运行结果如图10-7所示。

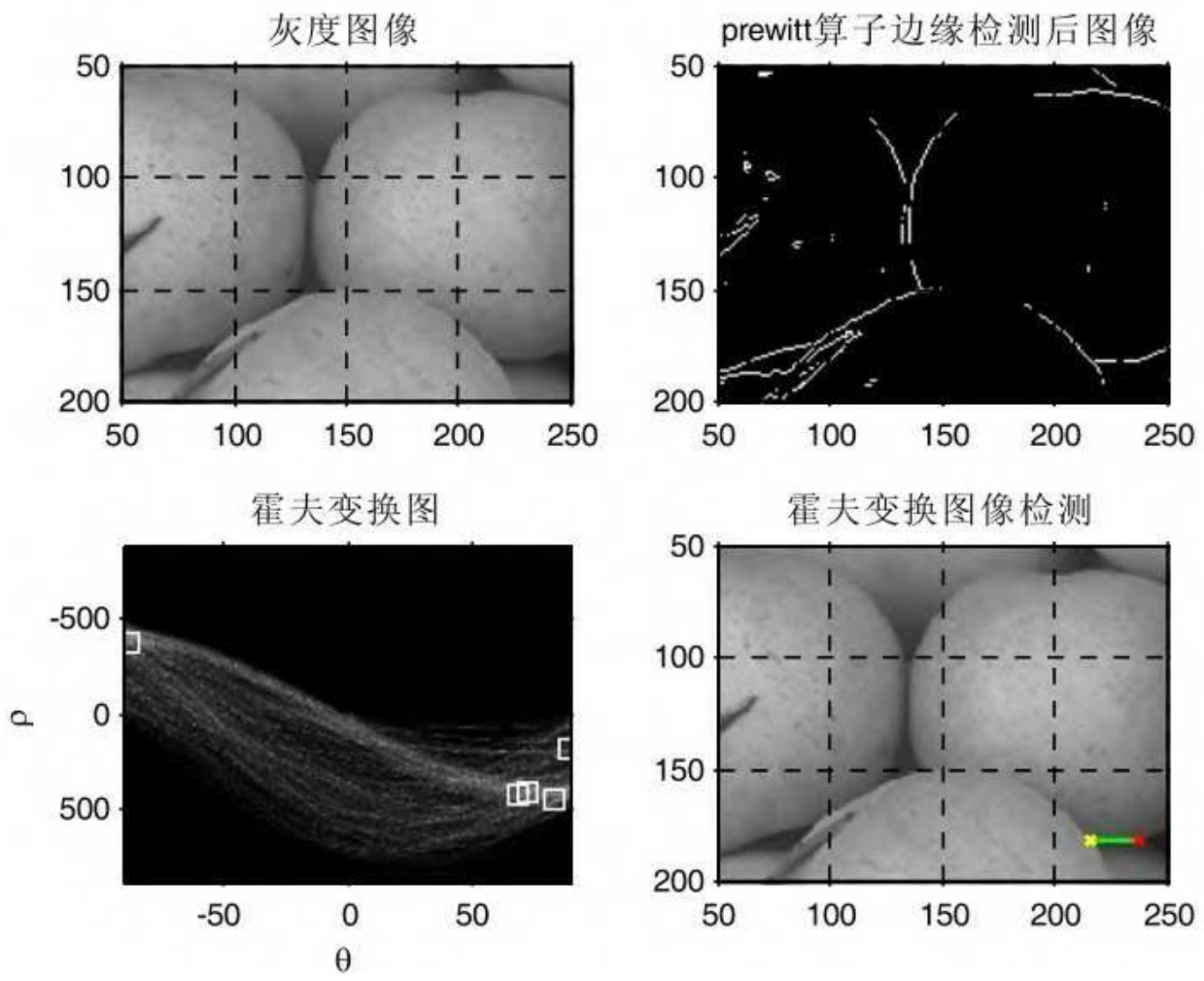


图10-7 霍夫变换检测图像边缘

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10.3 阈值分割

阈值化图像分割是一种最基本的图像分割方法，其基本原理就是选取一个或多个处于灰度图像范围之中的灰度阈值，然后将图像中各个像素的灰度值与阈值比较，并根据比较的结果将图像中的对应像素分成两类或多类，从而把图像划分成互不重叠的区域集合，达成图像分割的目的。

采用阈值化图像分割时通常需要对图像做一定的模型假设。利用图像模型尽可能了解图像有几个不同的区域组成。基于图像分割模型经常采用这样一种假设：目标或背景内相邻像素间的灰度值是相似的，但不同目标或背景的像素在灰度上存有差异。

阈值分割分为全局阈值分割和局部阈值分割两种。若根据分割算法常用的分割方法有图双峰法、最大类间方差法、迭代法等。

10.3.1 直方图双峰法

该阈值法的依据是图像的直方图，通过对直方图进行各种分析来实现对图像的分割。图像的直方图可以看作是像素灰度值概率分布密度函数的一个近似，假设一幅图像仅包含目标和背景，那么它的直方图所代表的像素灰度值概率密度分布函数实际上就是对应目标和背景的两个单峰分布密度函数的和。图像二值化过程就是在直方图上寻找两个峰、一个谷来对一个图像进行分割，也可以通过两级函数来近似直方图。

若灰度图像的直方图，当灰度级为k时的像素数为n_k ，则一幅图像的总像素数N如下：

$$N = \sum_{i=0}^{L-1} n_i = n_0 + n_1 + \cdots + n_{L-1}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

灰度级i出现的概率如下：

$$p_i = \frac{n_i}{N} = \frac{n_i}{n_0 + n_1 + \cdots n_{L-1}}$$

当图像的灰度直方图为双峰分布的时候，图像的内容大致为两部分，分别为灰度分布的两个山峰的附近。因此直方图左侧山峰为亮度较低的部分，这部分恰好对应于画面中较暗的背景部分；直方图右侧山峰为亮度较高的部分，对应于画面中需要分割的目标。选择的阈值为两峰之间的谷底点时，即可将目标分割出来。

当被分割图像的灰度直方图中呈现出明显、清晰的两个波峰时，使用双峰法可以达到较好的分割精度。但是，阈值分割算法的交互性比较差。尽管可以通过人工参与交互设定阈值，但设定阈值后分割效果如何，也需要通过人工观察图像分割结果来判断。此外，该方法的抗噪性较差，当被分割对象存在较强噪声时，分割效果会受到很大的影响。

【例10-8】利用双峰法对图像进行分割。

```
I=imread('moon.tif');        %读取图像
newI=im2bw(I,80/255);    %双峰法
subplot(121),
imshow(I) ;
title('原图像')
subplot(122),
imshow(newI) ;
title('双峰法 ')
```

运行结果如图10-8所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

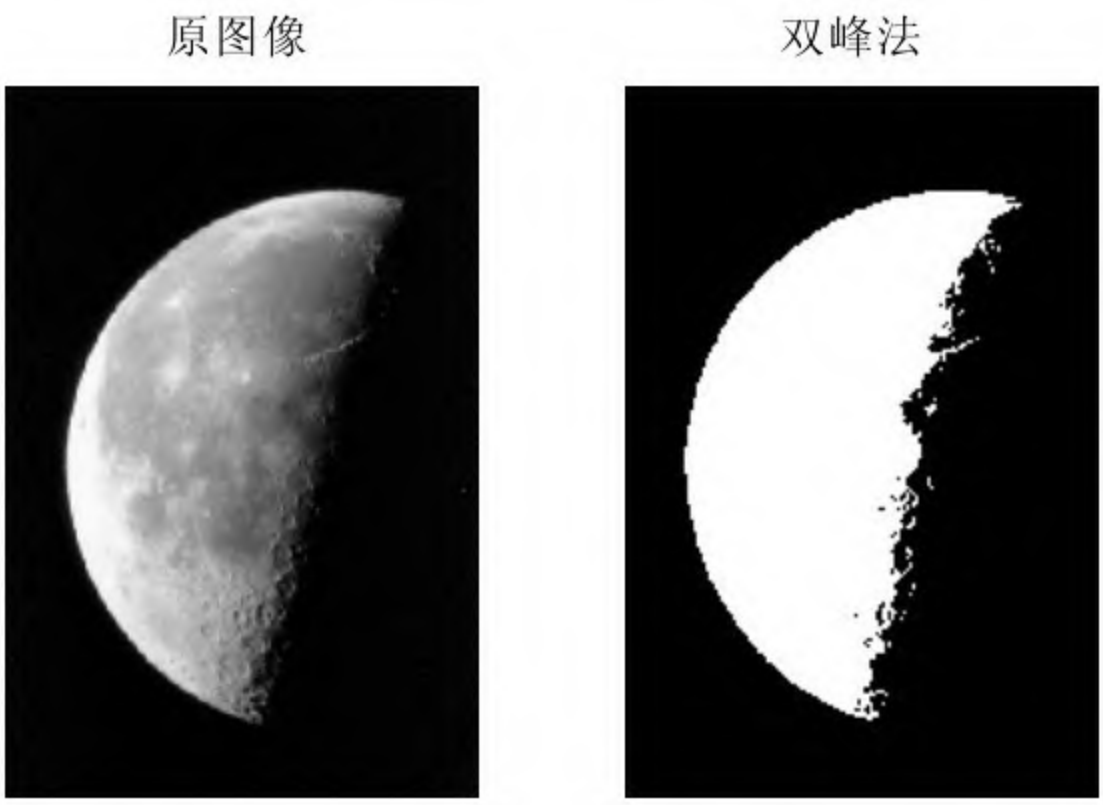


图10-8 利用双峰法对图像进行分割

10.3.2 最大类间方差法

从统计意义上讲，方差是表征数据分布不均衡的统计量，可通过阈值对这类问题进行分割。最大类间方差法以图像的灰度直方图为依据，以目标和背景的类间方差最大为阈值选取准则，综合考虑了像素邻域以及图像整体灰度分布等特征关系，以经过灰度分类的像素类群之间产生最大方差时候的灰度数值作为图像的整体分割阈值。

显然，适当的阈值使得两类数据间的方差越大越好，表明该阈值的确将两类不同的问题区分开了，同时希望属于同一类问题的数据之间的方差越小越好，表明同一类问题具有一定的相似性。

图像灰度直方图的形状是多变的，有双峰但是无明显低谷或者是双峰与低谷都不明显，而且两个区域的面积比也难以确定的情况常常出

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

现，采用最大方差自动取阈值往往能得到较为满意的结果。

图像灰度级的集合设为S=（1,2,3,…,i, …L），灰度级为i 的像素数设为n_i，则图像的全部像素数为：

$$N = n_1 + n_2 + \ldots + n_L = \sum_{i \in S} n_i$$

将其标准化后，像素数为：

$$P=n_i /N$$

其中，i∈S，$p_i \geq 0$，$\sum_{i \in S} p_i$ =1。

设有某一图像灰度直方图，t为分离两区域的阈值。由直方图统计可被t分离后的区域1、区域2占整图像的面积比以及整幅图像、区域1、区域2的平均灰度如下所示。

区域1的面积比：$\theta_1 = \sum_{j=0}^{t} \frac{n_j}{n}$。

区域2的面积比：$\theta_2 = \sum_{j=t+1}^{G-1} \frac{n_j}{n}$。

整幅图像平均灰度：$u = \sum_{j=0}^{G-1} (f_j \times \frac{n_j}{n})$。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

区域1的平均灰度：$$u_1 = \frac{1}{\theta}\sum_{j=0}^{t}(f_j \times \frac{n_j}{n})$$。

区域2的平均灰度：$$u_2 = \frac{1}{\theta}\sum_{j=t+1}^{G-1} f_j \times \frac{n_j}{n})$$。

式中，G为图像的灰度级数。

整图像平均灰度与区域1、区域2平均灰度值之间的关系为：

$$u = u_1\theta_1 + u_2\theta_2$$

同一区域常常具有灰度相似特性，而不同区域之间则表现为明显的灰度差异，当被阈值t分离的两个区域之间灰度差较大时，两个区域的平均灰度u_1 ,u_2 与整图像平均灰度u之差也较大，区域间的方差就是描述这种差异的有效参数，其表达式为：

$$\sigma^2{}_B = \theta_1(u_1 - u)^2 + \theta_2(u_2(t) - u)^2$$

式中，$\sigma^2{}_B$ 表示了图像被阈值t分割后的两个阈值之间的方差。显然不同的t值，就会得到不同的区域方差，也就是说，区域方差、区域1均值、区域2均值、区域面积比都是阈值t的函数，因此上式可写为：

$$\sigma^2{}_B = \theta_1(t)(u_1 - u)^2 + \theta_2(t)(u_2(t) - u)^2$$

经数学推导，区域间的方差可表示为：

$$\sigma^2{}_B = \theta_1(t) \times \theta_2(t)(u_1(t) - u_2(t))^2$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

被分割的两区域间的方差达最大时，被认为是两区域的最佳分离状态，由此确定阈值T=max[σ^2　B(t)]，以最大方差决定阈值不需要人为设定其他参数，是一种自动选择阈值的方法，它不仅适用于两区域的单阈值选择，也可以扩展到多区域的多阈值选择中去。

【例10-9】利用最大类间方差法分割图像。

```
I=imread('circuit.tif');        %读取图像
subplot(121),
imshow(I);
title('原始图像')
level=graythresh(I);
BW=im2bw(I,level);        %最大类间方差法分割图像
subplot(122),
imshow(BW)
title('最大类间方差法分割图像')
disp(strcat('graythresh 计算灰度阈值：',num2str(uint8(level*255))))
```

运行结果如图10-9所示。

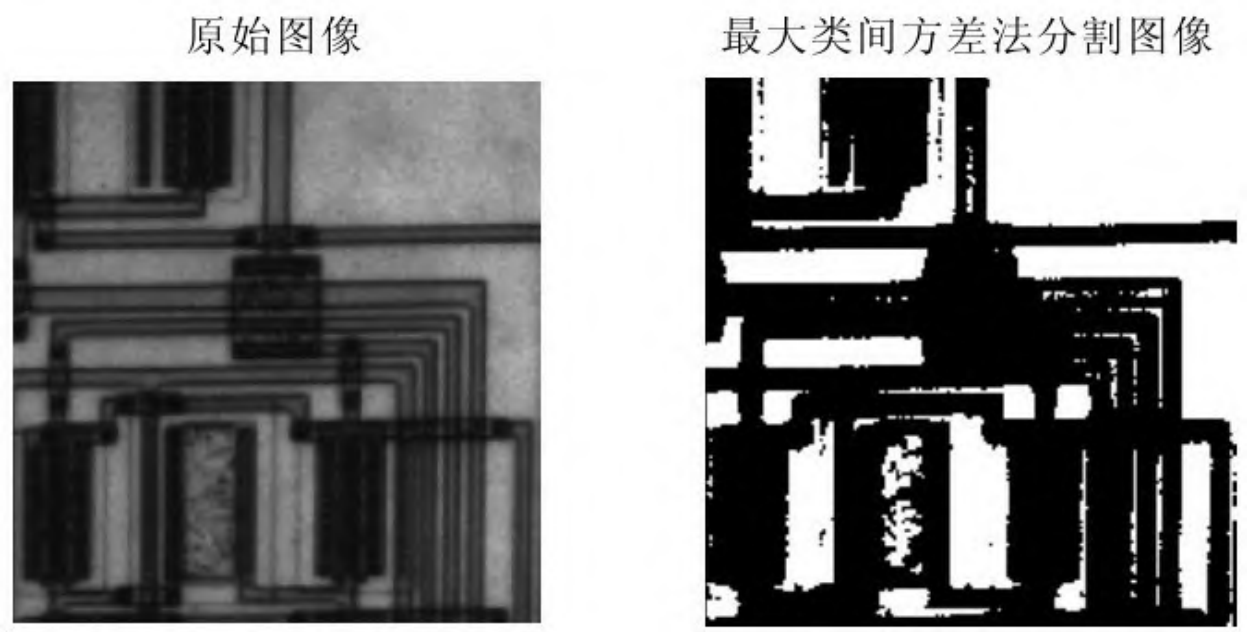


图10-9 利用最大类间方差法分割图像

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10.3.3 迭代法

迭代法选取阈值的方法为：初始阈值选取为图像的平均灰度T_0 ，然后用T_0 ∞将图像的像素点分作两部分，计算两部分各自的平均灰度，小于T_0 的部分为T_A ，大于T_0 的部分为T_B ，求T_A 和T_B 的平均值T_1 ，将T_1 作为新的全局阈值代替T_0 ，重复以上过程，如此迭代，直至T_k 收敛。

具体实现时，首先根据初始开关函数将输入图逐个图像分为前景和背景，在第一遍对图像扫描结束后，平均两个积分器的值以确定一个阈值。用这个阈值控制开关再次将输入图分为前景和背景，并用做新的开关函数。如此反复迭带直到开关函数不在发生变化，此时得到的前景和背景即为最终分割结果。

对某些特定图像，微小数据的变化却会引起分割效果的巨大改变，两者的数据只是稍有变化，但分割效果却反差极大。对于直方图双峰明显，谷底较深的图像，迭代方法可以较快地获得满意结果，但是对于直方图双峰不明显，或图像目标和背景比例差异悬殊，迭代法所选取的阈值不如其他方法。

【例10-10】对图像进行迭代阈值二值化。

```
f=imread('kids.tif');   %读取图像
subplot(121);
imshow(f);
title('原始图像');
f=double(f);       %下面进行迭代阈值二值化
T=(min(f(:))+max(f(:)))/2;
done=false;
i=0;
while ～done
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    r1=find(f<=T);
    r2=find(f>T);
    Tnew=(mean(f(r1))+mean(f(r2)))/2;
    done=abs(Tnew-T)<1;
    T=Tnew;
    i=i+1;
end
f(r1)=0;
f(r2)=1;
subplot(122);
imshow(f);
title('迭代阈值二值化图像');
```

运行结果如图10-10所示。

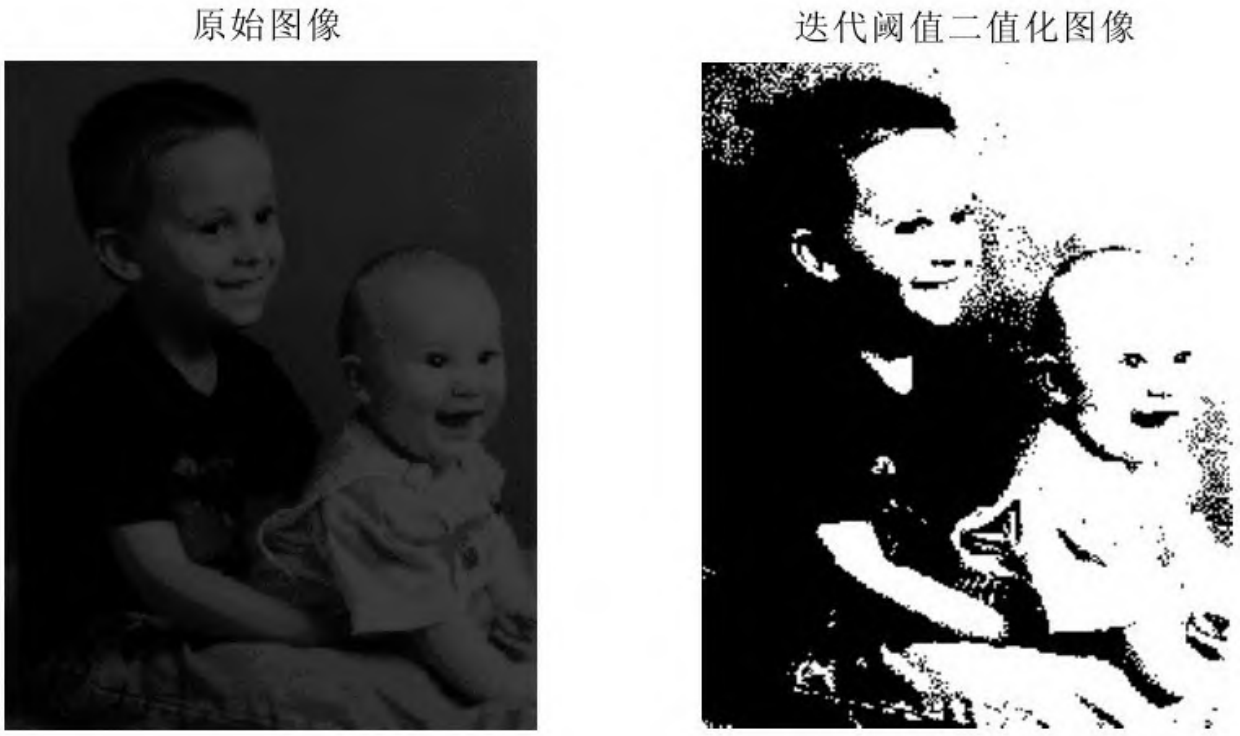


图10-10 迭代阈值二值化图像

【例10-11】利用迭代法对图像进行分割。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
I=imread('pout.tif');    %读取图像
ZMax=max(max(I));
ZMin=min(min(I));
TK=(ZMax+ZMin)/2;
bCal=1;
iSize=size(I);
while(bCal)
iForeground=0;
iBackground=0;
ForegroundSum=0;
BackgroundSum=0;
for i=1:iSize(1)
for j=1:iSize(2)
tmp=I(i,j);
if(tmp>=TK)
iForeground=iForeground+1;
ForegroundSum=ForegroundSum+double(tmp);
else
iBackground=iBackground+1;
BackgroundSum=BackgroundSum+double(tmp);
end
end
end
ZO=ForegroundSum/iForeground;
ZB=BackgroundSum/iBackground;
TKTmp=uint8((ZO+ZB)/2);
if(TKTmp==TK)
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
bCal=0;
else
TK=TKTmp;
end
end
disp(strcat('迭代后的阈值',num2str(TK)));
newI=im2bw(I,double(TK)/255);
subplot(121),
imshow(I);
title('原始图像')
subplot(122),
imshow(newI);
title('迭代处理后的图像 ')
```

运行结果如图10-11所示。

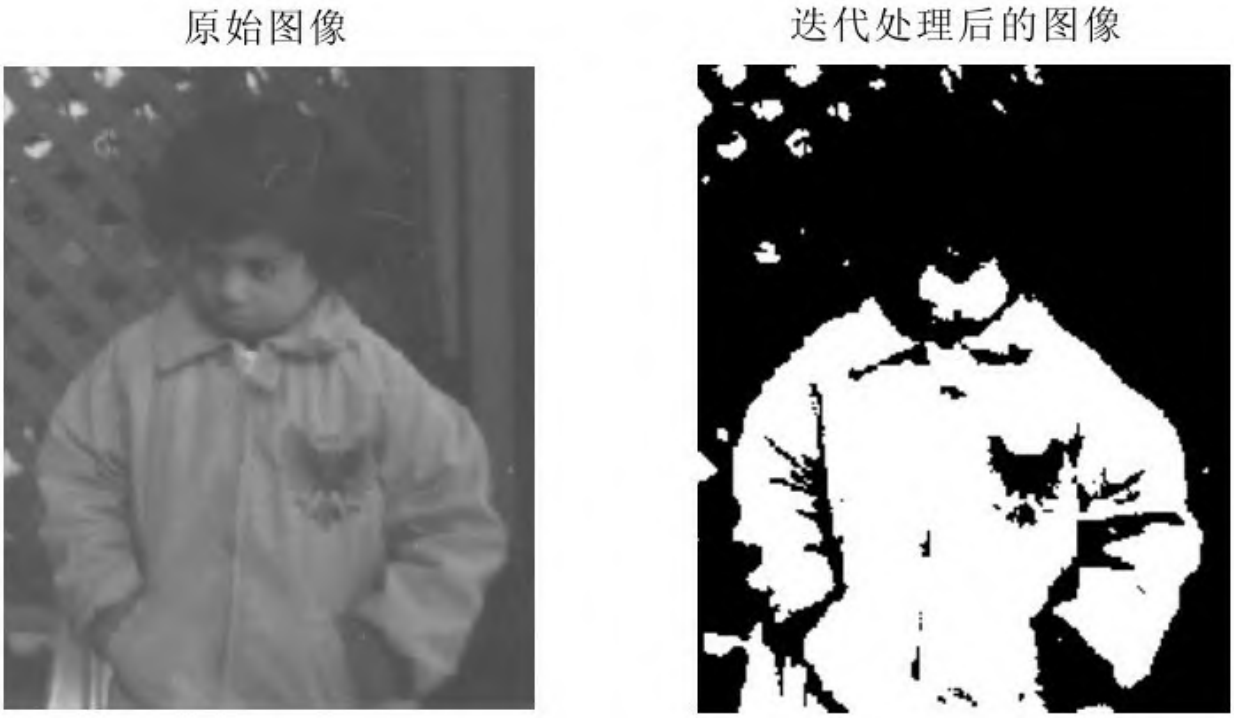


图10-11 利用迭代法分割图像

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10.4 区域分割

由于阈值分割没有或者很少考虑控件关系，致使多阈值选择受到一定的限制。此时可采用基于区域的分割方法来弥补这点不足。该方法利用的是图像空间性质，认为分割出来的属于同一区域的像素应具有相似的性质，其概念是相当直观的。传统的区域分割法有区域生长法和区域分裂合并法。下面将进行介绍。

10.4.1 区域生长法

区域生长的基本思想是将具有相似性质的像素集合起来构成区域。具体先对每个需要分割的区域找一个种子像素作为生长的起点，然后将种子像素周围邻域中与种子像素有相同或相似性质的像素（根据某些事先确定的生长或相似准则来判定）合并到种子像素所在的区域中。将这些新像素当作新的种子像素继续进行上面的过程，直到再没有满足条件的像素可被包括进来。这样一个区域就长成了。

在实际应用区域生长方法时需要解决3个问题：

（1）如何选择一组能正确代表所需区域的种子像素；

（2）如何确定在生长过程中能将相邻像素包括进来的准则；

（3）如何确定生长终止的条件和规则。

第一个问题通常可以根据具体图像的特点来选取种子像素。例如，在红外图像检测技术中，通常目标的辐射都比较大，所以可以选择图像中最亮的像素作为种子像素。如果没有图像的先验知识，那么可以借助生长准则对像素进行相应的计算。如果计算结果可以看出聚类的情况，那么可以选择聚类中心作为种子像素。

第二个问题的解决不但依赖于具体问题的特征，还与图像的数据类型有关。如果图像是RGB彩色图像，那么如果使用单色准则就会影响分

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

割结果。另外，还需要考虑像素间的连通性是否有时会出现无意义的分割结果。

一般生长过程在进行到再没有满足生长准则需要的像素时停止。但常用的基于灰度、纹理、彩色的准则大都基于图像中的局部性质，并没有充分考虑生长的“历史“。为增加区域生长的能力常需要考虑一些与尺寸、形状等图像和目标的全局性质有关的准则。在这种情况下需对分割结果建立一定的模型或辅以一定的先验知识。

区域生长的一个关键是选择合适的生长或相似准则，大部分区域生长准则使用图像的局部性质。生长准则可根据不同原则制定，而使用不同的生长准则会影响生长的过程。下面介绍3种基本的生长准则和方法。

1.灰度差准则

区域生长方法将图像以像素为基本单位来进行操作，基于区域灰度差的方法主要有如下步骤：

（1）对图像进行逐行扫描，找出尚没有归属的像素；

（2）以该像素为中心检查它的邻域像素，即将邻域中的像素逐个与它相比较，如果灰度差小于预先确定的阈值，将它们合并；

（3）以新合并的像素为中心，返回到步骤（2），检查新像素的邻域，直到区域不能进一步扩张；

（4）返回到步骤（1），继续扫描直到不能发现没有归属的像素，则结束整个生长过程。

采用上述方法得到的结果对区域生长起点的选择有较大依赖性。为克服这个问题可采用下面的改进方法：

（1）设灰度差的阈值为零，用上述方法进行区域扩张，使灰度相同像素合并；

（2）求出所以邻接区域之间的平均灰度差，并合并具有最小灰度差的邻接区域；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（3）设定终止准则，通过反复进行上述步骤（2）中的操作将区域依次合并直到终止准则满足为止。

另外，当图像中存在缓慢变化的区域时，上述方法有可能会将不同区域逐步合并而产生错误。为克服这个问题，可不用新像素的灰度值去与邻域像素的灰度值比较，而用新像素所在区域的平均灰度值去与各邻域像素的灰度值进行比较。

对一个含N个像素的区域R，其均值为：

$$m=\frac{1}{N}\sum_{R}f(x,y)$$

对像素是否合并的比较测试表示为：

$$\max_{R}\left|f(x,y)-m\right|<T$$

其中，T为给定的阈值。

区域生长的过程中，要求图像的同一区域的灰度值变化尽可能小，而不同的区域之间，灰度差尽可能大。下面就两种情况进行讨论。

（1）设区域为均匀的，各像素灰度值为均值m与一个零均值高斯

$$\left|f(x,y)-m\right|$$

噪声的叠加。当用式max $_{R}$ <T测试某个像素时，条件不成立的概率为：

$$P(T)=\frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma}\int_{T}^{\infty}\exp\left(-\frac{z^{2}}{2\sigma^{2}}\right)\mathrm{d}z$$

这就是误差概率函数，当T取3倍的方差时，误判概率为1%～

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

99.7%。这表明，当考虑灰度均值时，区域内的灰度变化应尽量小。

（2）设区域为非均匀，且由两部分不同目标的图像像素构成。这两部分像素在R中所占比例分别为q_1 和q_2 ，灰度值分别为m_1 和m_2 ，则区域均值为q_1 m_1 $+q_2$ m_2 。对灰度值为m的像素，它与区域均值的差为：

$$S_m = m_1 - \left(q_1 m_1 + q_2 m_2\right)$$

$$\max_{R} \left| f\left(x, y\right) - m \right| < T$$

根据式 ，可知正确的判决概率为：

$$P\left(T\right) = \frac{1}{2}\left[P\left(\left|T - S_m\right|\right) + P\left(\left|T + S_m\right|\right)\right]$$

这表明，当考虑灰度均值时，不同部分像素间的灰度差距离应尽量大。

2.灰度分布统计准则

这里考虑以灰度分布相似性作为生长准则来决定区域的合并，具体步骤为：

（1）把图像分成互不重叠的小区域；

（2）比较邻接区域的累积灰度直方图根据灰度分布的相似性进行区域合并；

（3）设定终止准则，通过反复进行步骤（2）中的操作将各个区域依次合并直到终止准则满足。

这里对灰度分布的相似性常用两种方法检测（设h_1 (z) ，h_2 (z)分别为两邻接区域的累积灰度直方图）：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Kolmogorov—Smirnov检测：$\max_z \left|h_1(z)-h_2(z)\right|$；

Smoothed—Difference检测：$\sum_z \left|h_1(z)-h_2(z)\right|$。

如果检测结果小于给定的阈值，即将两区域合并。

采用灰度分布相似判别准则合并法形成区域的处理过程与灰度差别准则的合并法相类似。灰度分布相似合并法生成区域的效果与微区域的大小和阈值的选取关系密切，一般说来，微区域太大，会造成因过度合并而漏分区域；反之，则因合并不足而割断区域。而且，图像的复杂程度、原图像生成状况的不同，对上述参数的选择会有很大影响。通常，微区域大小q和阈值T由特定条件下的区域生成效果确定。

3.区域形状准则

在决定对区域的合并时也可以利用对目标形状的检测结果，常用的方法有两种：

（1）把图像分割成灰度固定的区域，设两邻接区域的周长分别为P_1 和P_2 ，把两区域共同边界线两侧灰度差小于给定值的那部分长度设为L，如果（T_1 为预定阈值）

$$\frac{L}{\min(P_1,P_2)} > T_1$$

则合并两区域；

（2）把图像分割成灰度固定的区域，设两邻接区域的共同边界长度 B，把两区域共同边界线两侧灰度差小于给定值的那部分长度设为L，如果（T_2 为预定阈值）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$\frac{L}{B} > T_2$$

则合并两区域。

上述两种方法的区别是：第一种方法是合并两邻接区域的共同边界中对比度较低部分占整个区域边界份额较大的区域，而第二种方法则是合并两邻接区域的共同边界中对比度较低部分比较多的区域。

【例10-12】对图像进行区域生长法图像分割。

```
A0=imread('greens.jpg');
seed=[100,220];       %选择起始位置
thresh=16;            %相似性选择阈值
A=rgb2gray(A0);
A=imadjust(A,[min(min(double(A)))/255,max(max(double(A)))/255],
[]);
A=double(A);
B=A;
[r,c]=size(B);          %图像尺寸   r为行数，c为列数
n=r*c;                %计算图像所包含点的个数
pixel_seed=A(seed(1),seed(2));   %原图起始点灰度值
q=[seed(1) seed(2)];       %q用来装载起始位置
top=1;                %循环判断 flag
M=zeros(r,c);          %建立一个与原图形同等大小的矩阵
M(seed(1),seed(2))=1;
count=1;%计数器
while top～=0          %循环结束条件
r1=q(1,1);
c1=q(1,2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
p=A(r1,c1);
dge=0;
for i=-1:1
for j=-1:1
if r1+i<=r && r1+i>0 && c1+j<=c && c1+j>0
if abs(A(r1+i,c1+j)-p)<=thresh && M(r1+i,c1+j)～=1
top=top+1;
q(top,:)=[r1+i c1+j];
M(r1+i,c1+j)=1;
count=count+1;
B(r1+i,c1+j)=1;       %满足判定条件将B中相对应的点赋为1
end
if M(r1+i,c1+j)==0;
dge=1;              %将dge赋为1
end
else
dge=1;              %点在图像外将dge赋为1
end
end
end
if dge～=1
B(r1,c1)=A(seed(1),seed(2));       %将原图像起始位置灰度值赋予B
end
if count>=n
top=1;
end
q=q(2:top,:);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
top=top-1;
end
subplot(1,2,1),
imshow(A,[]);
title('原图像')
subplot(1,2,2),
imshow(B,[]);
title('生长法分割图像 ')
```

运行结果如图10-12所示。

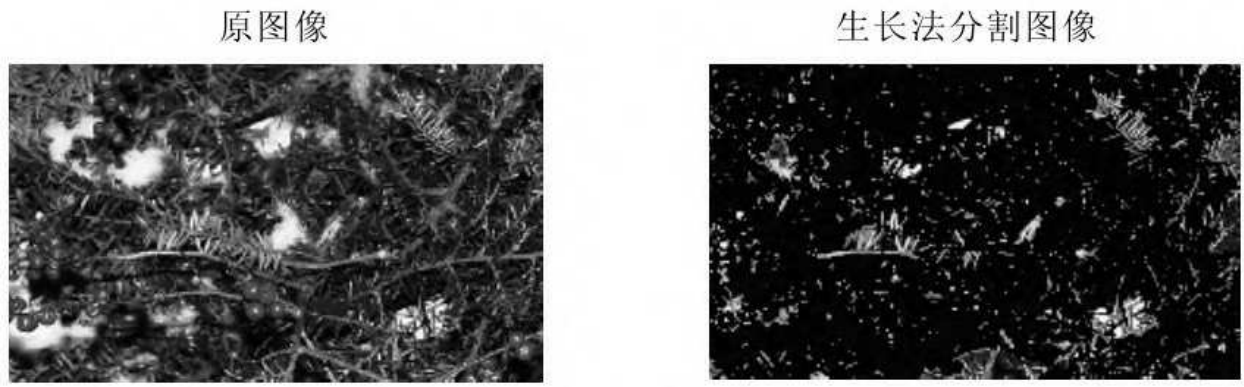


图10-12 区域生长法图像分割

10.4.2 区域分裂合并

区域合并就是将相似的区域进行组合。其步骤如下所示：

（1）查看是否与临近区域相似；

（2）合并相似的区域；

（3）重复步骤1直至没有区域可以合并为止。

合并运算中最重要的问题是如何确定两个区域的相似性。一般有两种方法：

（1）比较灰度均值，如果事先设定的灰度值无法分辨灰度均值，那么就可以认为它们相似并将它们合并为同一区域；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）先假设灰度值服从概率分布，根据相似区域是否具有相同的概率分布函数考虑是否将它们进行合并。

如果区域之中有些特性是不恒定的，那么我们就应当对该区域进行分裂。不过在我们进行区域分裂前，我们必须先明确两个问题：一是什么情况下区域的特性是所谓的不确定；二是对于这些特性不恒定的区域如何进行分割。这些问题在特定的应用中有不同的解答。

在某些应用场合中，我们可以使用灰度值接近恒值程度的度量。在另外一些应用中，可以使用拟合函数来逼近灰度值，拟合函数和实际灰度值的差值可以作为区域相似度的度量。

基于区域分裂的图像分割一般是从最大的区域开始的。在通常情况下，我们经常将整个图像作为起始分裂的图像。下面是一种图像分裂的算法：

（1）形成初始区域；

（2）计算区域灰度值方差；

（3）如果方差大于某一阈值，则沿着某一合适的边界分裂区域。

如果仅仅使用分裂，则最后有可能出现相邻的两个区域有相同的特征但是没有合成一体的情况。因此分裂和合并应当同时进行。分裂与合并组合算法对分割复杂的场景图像十分有用。

我们假定一幅图像分为若干区域，按照有关区域的逻辑词P的性质，各个区域上所有的像素将是一致的。区域分裂与合并的算法如下：

（1）将整幅图像设置为初始区域；

（2）选一个区域R，若P（R）错误，则将该区域分为四个子区域；

（3）考虑图像中任意两个或更多的邻接子区域R_1，R_2，.....R_n；

（4）如果P（$R_1 \cup R_2 \cup .....\cup R_n$）正确，则将这n个区域合并成为一个区域；

（5）重复上述步骤，知道不能再进行区域分裂和合并。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在MATLAB中，由qtdecomp函数来实现图像的四叉树分解。该函数调用方法如下：

s=qtdecomp(I,Threshold,[MinDim MaxDim])

其中，I 是输入图像。Threshold 是一个可选参数，如果某个子区域中的最大的像素灰度值减去最小的像素灰度值于Threshold设定的阈值，那么继续进行分解，否则停止并返回。[MinDim　MaxDim]也是可选参数，用来指定最终分解得到的子区域大小。返回值 S 是一个稀疏矩阵，其非零元素的位置回应于块的左上角，每一个非零元素值代表块的大小。

【例10-13】对下列矩阵进行四叉树分解。

```
>>J=[1   1   1   1   2   3   6   6
   1   1   2   1   4   5   6   8
   1   1   1   1   10   15   7   7
   1   1   1   1   20   25   7   7
   20   22   20   22   1   2   3   4
   20   22   22   20   5   6   7   8
   20   22   20   20   9   10   11   12
   22   22   20   20   13   14   15   16];
>>S=qtdecomp(J,5);
>>full(S)
ans =
   4   0   0   0   2   0   2   0
   0   0   0   0   0   0   0   0
   0   0   0   0   1   1   2   0
   0   0   0   0   1   1   0   0
   4   0   0   0   2   0   2   0
   0   0   0   0   0   0   0   0
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

0 0 0 0 2 0 2 0

0 0 0 0 0 0 0 0

【例10-14】对图像进行四叉树分解。

```
Image1=imread('rice.png');  %读取图像
S=qtdecomp(Image1,0.25);  %其中0.25为每个方块所需要达到的最小差值
Image2=full(S);
subplot(1,2,1);
imshow(Image1);      %显示前后两张图片
title('原图像')
subplot(1,2,2);
imshow(Image2);
title('处理后的图像')
```

运行结果如图10-13所示。

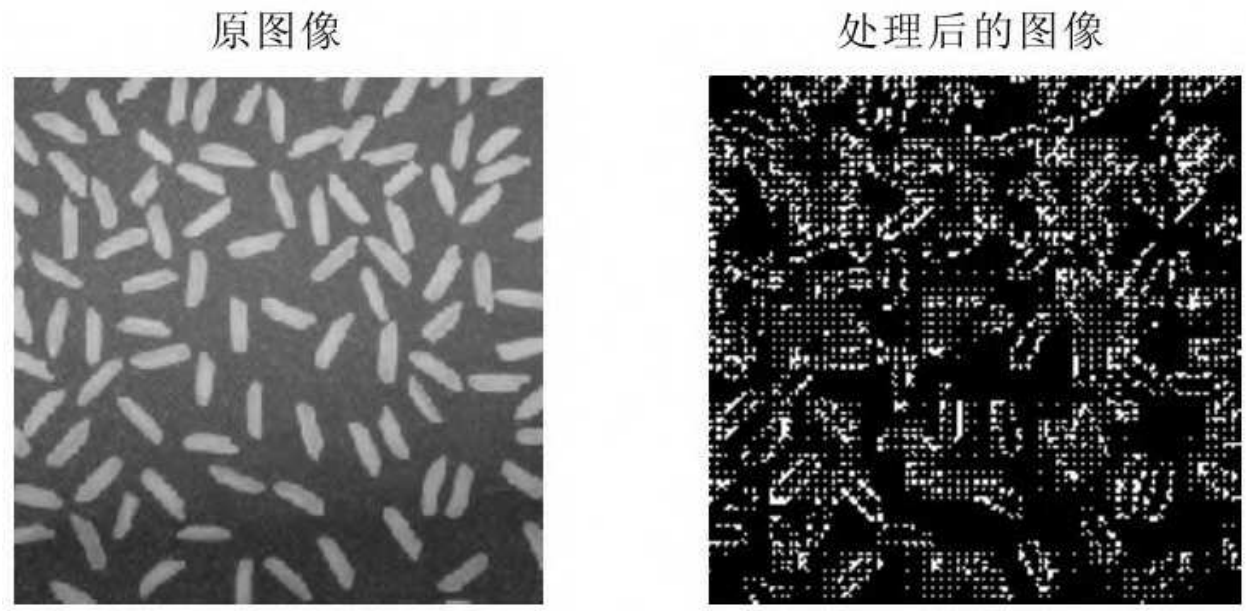


图10-13 四叉树法图像分割

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10.5 分水岭分割法

分水岭算法是一种基于形态学的算法，是对图像的梯度分割。而图像分割的目的是将图像分割成不同的特体，即提取物体的边缘。由于物体边缘的灰度变换比较强烈，而梯度图像正好描述了图像的灰度变换情况。因此，可先将原始图像通过梯度算子边缘检测得到梯度图像，再通过梯度图像的分水岭变换来进行图像分割。因此，采用分水岭算法，利用形态学处理函数，不仅能达到有效分割图像的目的，而且也能消除过分割现象。

分水岭是指分隔相邻两个流域的山岭或高地，河水从这里流向两个相反的方向。分水岭分割算法的思想源于测地学中的地膜形态模型。其原理描述如下：首先将一幅图像视为跌宕起伏的地貌模型，图像中每个像素的灰度值对应为海拔，将均匀灰度值的局部极小区域视为盆地，并在其最低处穿孔，使水慢慢地均匀浸入各个孔，当水将填满盆地时，在某两个或多个盆地之间修建大坝。

在自然界中，分水岭较多的是山岭、高原，但也可以是微缓起伏的平原或湖泊，甚至有的河流成为两个流域的分水岭，分水线是分水岭的脊线。它是相邻流域的界线，一般为分水岭最高点的连线。不断上升，各个盆地完全被水淹没，只剩没被淹没的各个大坝，并且各个盆地也完全被大坝所包围，从而可以得到各个分水岭和各个目标物体，最终达到分割的目的。目前较多使用的算法有2种：自下而上的模拟泛洪的算法；自上而下的模拟降水的算法。

分水岭算法作为一种基于区域的图像分割方法，建立在数学形态学的理论基础之上。20世纪70年代末，Becucher和Lantuejoul提出应用分水岭算法进行图像分割，实现了分水岭算法的模拟侵入过程并成功应用于灰度图像。其后，分水岭算法便作为一种经典的图像分割方法被广泛关注。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

【例10-15】利用三种不同的方法对图像进行分水岭算法分割。

```
filename=('coins.png');       %读入图像
f=imread(filename);
Info=imfinfo(filename);
if Info.BitDepth>8
   f=rgb2gray(f);
end
figure,mesh(double(f));       %显示图像，类似集水盆地
```

运行结果如图10-14所示。

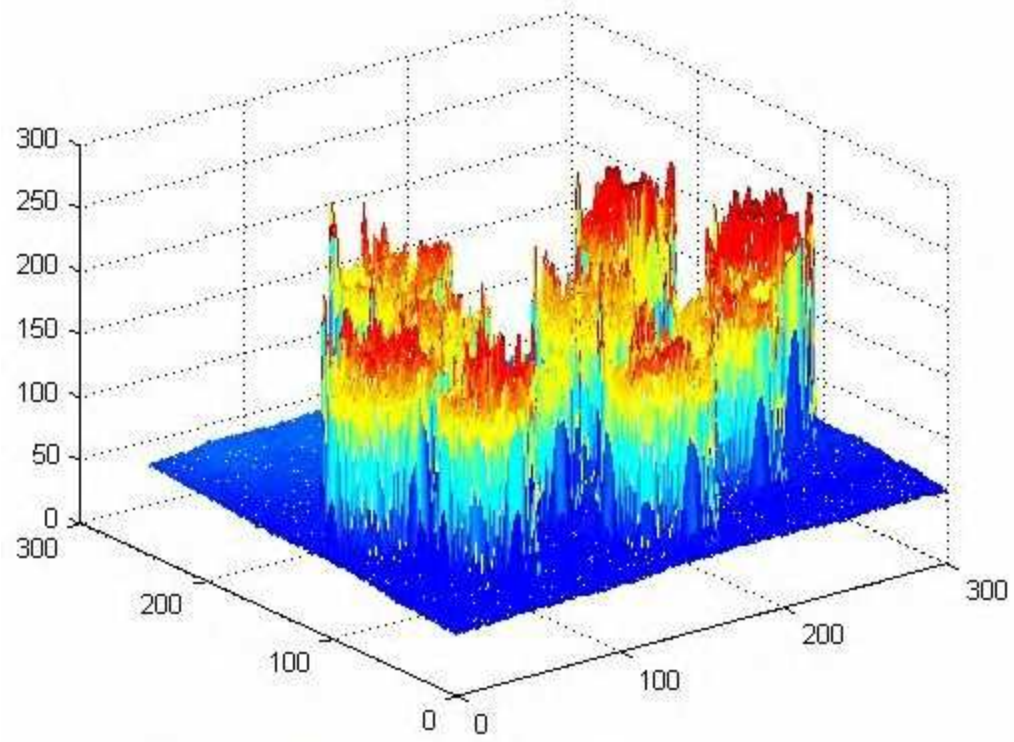


图10-14 集水盆地

方法1：一般分水岭分割

```
b=im2bw(f,graythresh(f));     %二值化,注意应保证集水盆地的值较低（为0），否则就要对b取反
d=bwdist(b);       %求零值到最近非零值的距离，即集水盆地到分水岭的距离
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
l=watershed(-d);        %MATLAB自带分水岭算法，l中的零值即为风水岭
w=l==0;                 %取出边缘
g=b&～w;                %用w作为mask从二值图像中取值
figure
subplot(2,3,1),
imshow(f);
subplot(2,3,2),
imshow(b);
subplot(2,3,3),
imshow(d);
subplot(2,3,4),
imshow(l);
subplot(2,3,5),
imshow(w);
subplot(2,3,6),
imshow(g);
```

运行结果如图10-15所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

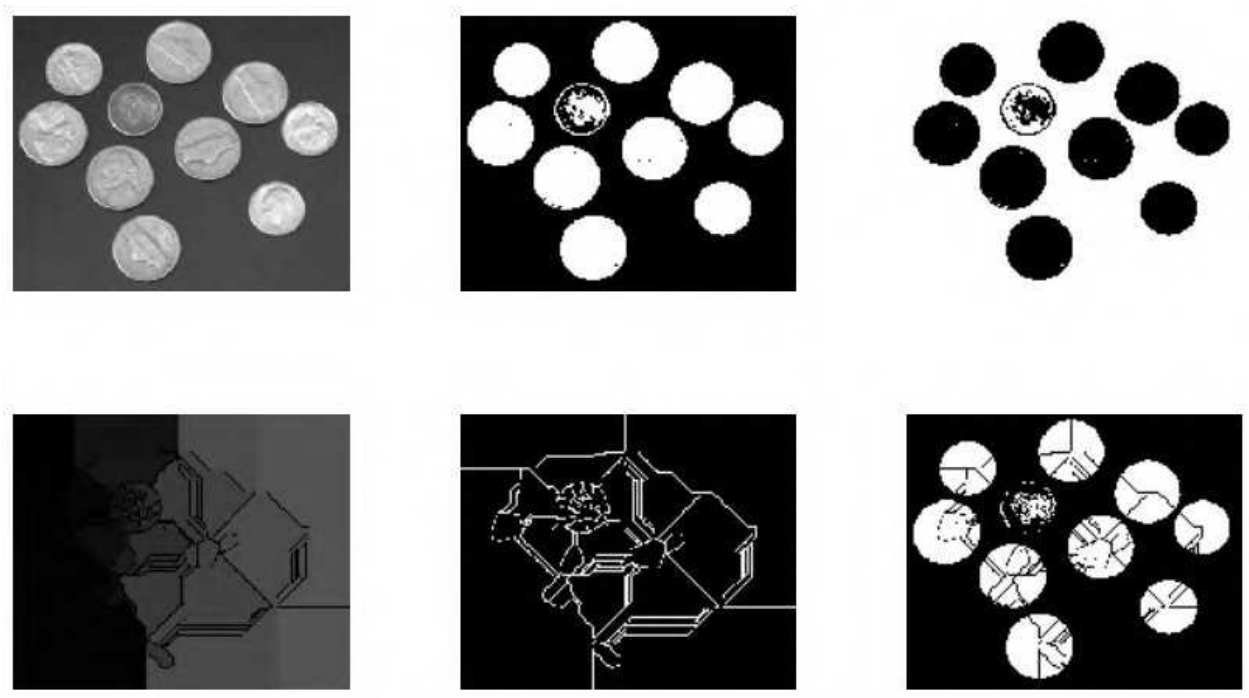


图10-15 一般分水岭算法图像分割

方法2：使用梯度的两次分水岭分割

```
h=fspecial('sobel');                %获得纵方向的 sobel算子
fd=double(f);
g=sqrt(imfilter(fd,h,'replicate').^2+imfilter(fd,h','replicate').^2);
l=watershed(g);                     %分水岭运算
wr=l==0;
g2=imclose(imopen(g,ones(3,3)),ones(3,3));      %进行开闭运算对图像进行平滑
l2=watershed(g2);                   %再次进行分水岭运算
wr2=l2==0;
f2=f;
f2(wr2)=255;
figure
subplot(2,3,1),
imshow(f);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(2,3,2),
imshow(g);
subplot(2,3,3),
imshow(l);
subplot(2,3,4),
imshow(g2);
subplot(2,3,5),
imshow(l2);
subplot(2,3,6),
imshow(f2);
```

运行结果如图10-16所示。

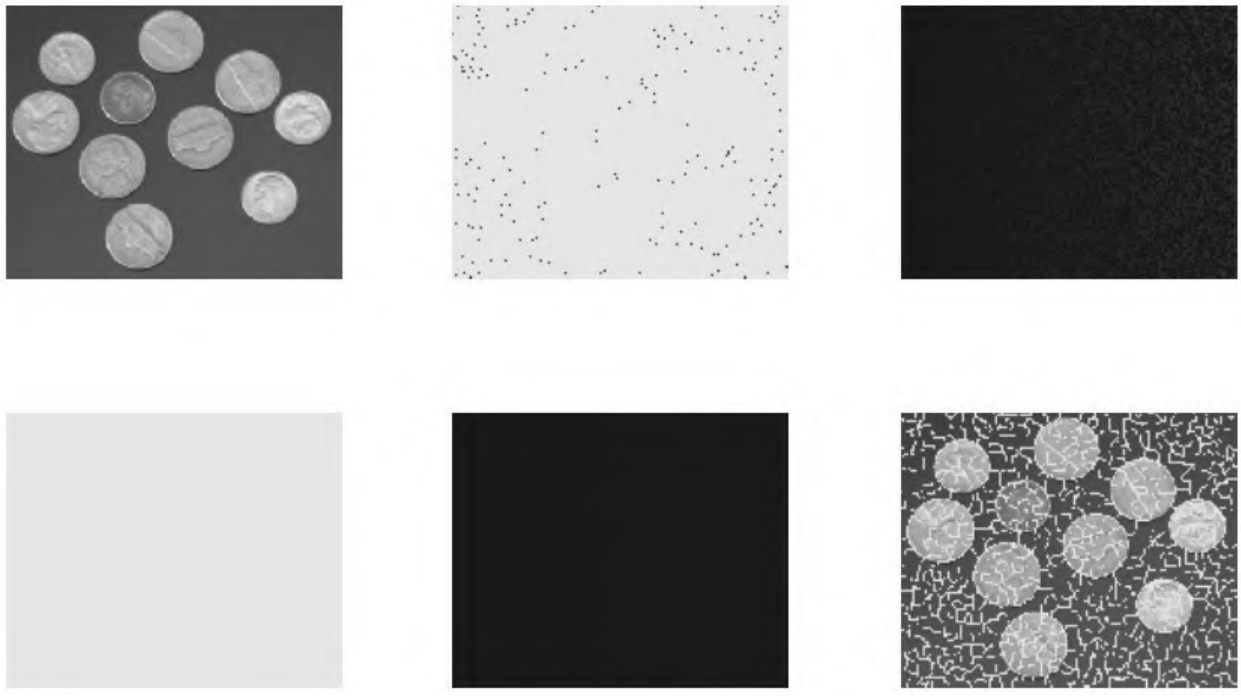


图10-16 使用梯度的两次分水岭算法图像分割

方法3：使用梯度加掩模的三次分水岭算法

```
h=fspecial('sobel');          %获得纵方向的 sobel算子
fd=double(f);
g=sqrt(imfilter(fd,h,'replicate').^2+imfilter(fd,h','replicate').^2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
l=watershed(g);          %分水岭运算
wr=l==0;
rm=imregionalmin(g);      %计算图像的区域最小值定位
im=imextendedmin(f,2);      %上面仅是产生最小值点
fim=f;
fim(im)=175;          %将 im在原图上标识出，用以观察
lim=watershed(bwdist(im));      %再次分水岭计算
em=lim==0;
g2=imimposemin(g,im|em);      %在梯度图上标出 im和 em
l2=watershed(g2);          %第三次分水岭计算
f2=f;
f2(l2==0)=255;          %从原图对分水岭进行观察
figure
subplot(3,3,1),
imshow(f);
subplot(3,3,2),
imshow(g);
subplot(3,3,3),
imshow(l);
subplot(3,3,4),
imshow(im);
subplot(3,3,5),
imshow(fim);
subplot(3,3,6),
imshow(lim);
subplot(3,3,7),
imshow(g2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(3,3,8),
imshow(l2)
subplot(3,3,9),
imshow(f2);
```

运行结果如图10-17所示。

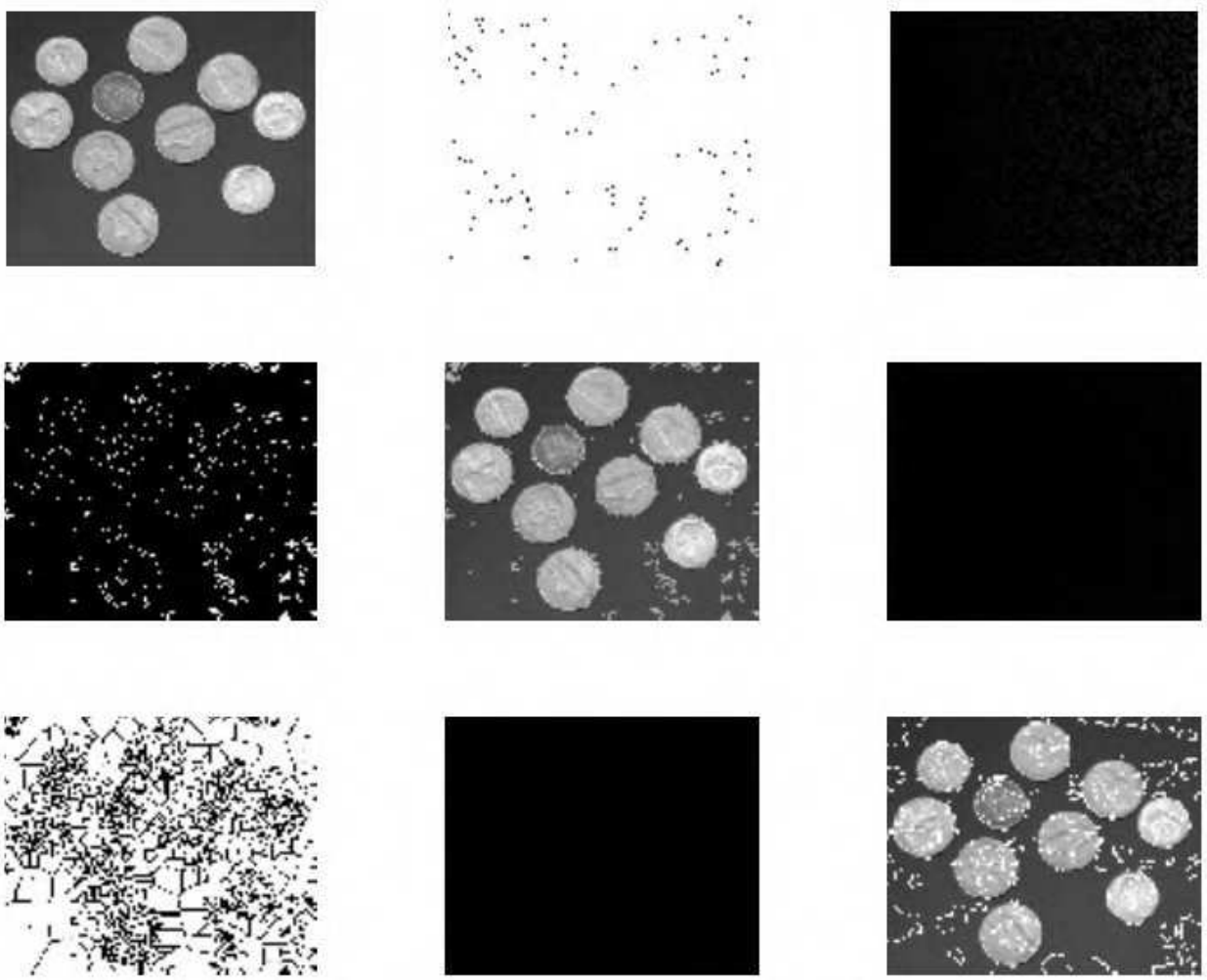


图10-17 使用梯度加掩模的三次分水岭算法图像分割

10.6 本章小结

图像分割是由图像处理转到图像分析的关键。一方面，它是目标图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

像表达的基础，对特征测量有重要的影响。另一方面，图像分割和分割的目标表达、特征提取和参数测量等将原始图像转化为数学表达形式，使得利用计算机进行图像分析和理解成为可能。

本章主要介绍图像分割的基本概念和分割所用的主要方法，这些是图像处理中必须掌握的方法。读者对这些方法的深入理解和熟练应用，会大大提高使用MATALB进行图像处理的效率。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第11章 数学形态学的应用

数学形态学是一门建立在集论基础上的学科，是几何形态学分析和描述的有力工具。数学形态学的历史可回溯到19世纪。1964年法国的Matheron和Serra在积分几何的研究成果上，将数学形态学引入图像处理领域，并研制了基于数学形态学的图像处理系统。1982年出版的专著《Image Analysis and Mathematical Morphology》是数学形态学发展的重要里程碑，表明数学形态学在理论上趋于完备及应用上不断深入。数学形态学蓬勃发展，由于其并行快速，易于硬件实现，已引起了人们的广泛关注。目前，数学形态学已在计算机视觉、信号处理与图像分析、模式识别、计算方法与数据处理等方面得到了极为广泛的应用。

数学形态学可以用来解决抑制噪声、特征提取、边缘检测、图像分割、形状识别、纹理分析、图像恢复与重建、图像压缩等图像处理问题。本章将主要对数学形态学的基本理论及其在图像处理中的应用进行综述。

学习目标：

1.了解数学形态学中的基本概念以及相关知识。

2.掌握数学形态学的基本运算的基本原理、实现步骤。

3.掌握基于数学形态学的应用基本原理、实现方法。

4.学会对象的特性度量，掌握连通区域的标识等相关知识。

5.学会熟练地使用查找表操作。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

11.1 基本符号和定义

在数字图像处理的数学形态学运算中，把一幅图像称为一个集合。对于二值图像而言，习惯上认为取值为1的点对应于景物中心，用阴影表示，而取值为0的点构成背景，用白色表示，这类图像的集合是直接表示的。考虑所有值为1的点的集合为A，则A与图像是一一对应的。对于一幅图像A，如果点a在A的区域以内，那么就说a是A的元素，记为a∈A，否则，记作a∈A。

对于两幅图像A和B，如果对B中的每一个点b（b∈B）都有b∈A，那么称B包含于A，记作B⊆A。如果同时还有A中存在至少一个点a，a∈A且a∉B ，那么称B真包含于A，记作B⊂A。根据定义可知，如果B⊂A，那么必有B⊆A。如图11-1所示。

两个图像集合A和B的公共点组成的集合称为两个集合的交集，记为A∩B，即A∩B={a｜a∈A且a∈B}。

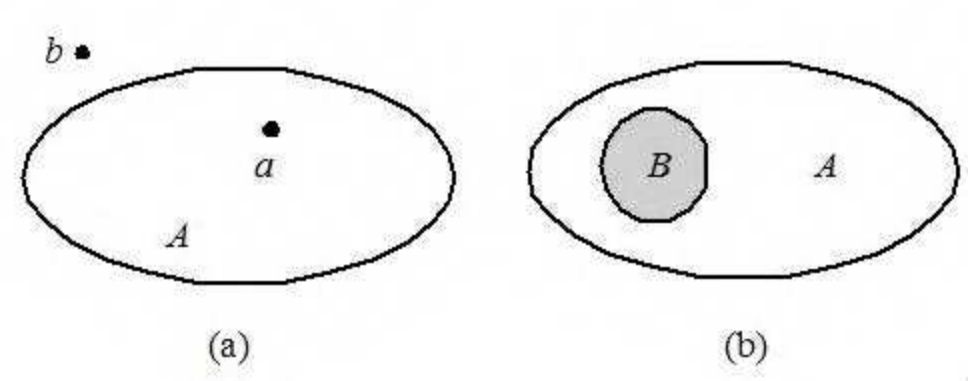


图11-1 元素和集合

两个集合A和B的所有元素组成的集合称为两个集合的并集，记为A∪B，即A∪B={a｜a∈A或a∈B}。

对一幅图像 A，在图像 A 区域以外的所有点构成的集合称为 A 的补集，记为 A^C，即 A^C={a｜a ∈ A}。

交集、并集和补集如图11-2所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

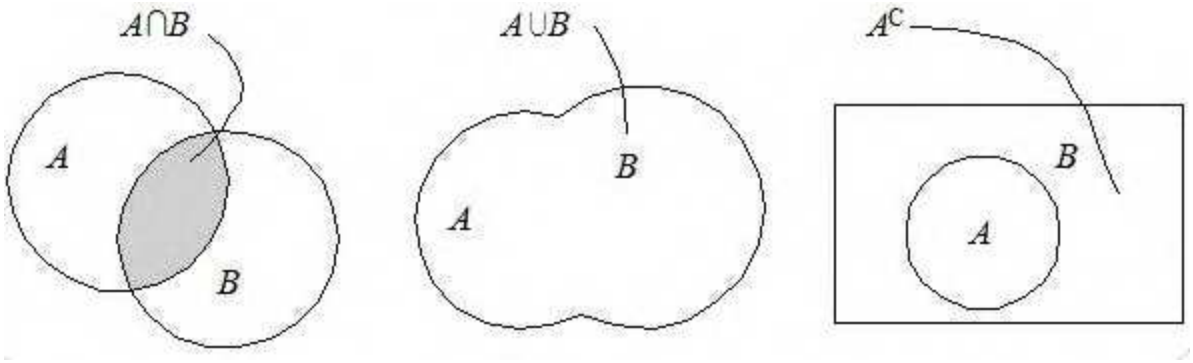


图11-2 交集并集和补集

设A 是一幅数字图像，b 是一个点，那么定义A 被b 平移后的结果为A＋b＝{a＋b| a∈A}，即取出A中的每个点a的坐标值，将其与点b的坐标值相加，得到一个新的点的坐标值a+b，所有这些新点所构成的图像就是A被b平移的结果，记为A+b。图像的平移如图11-3所示。

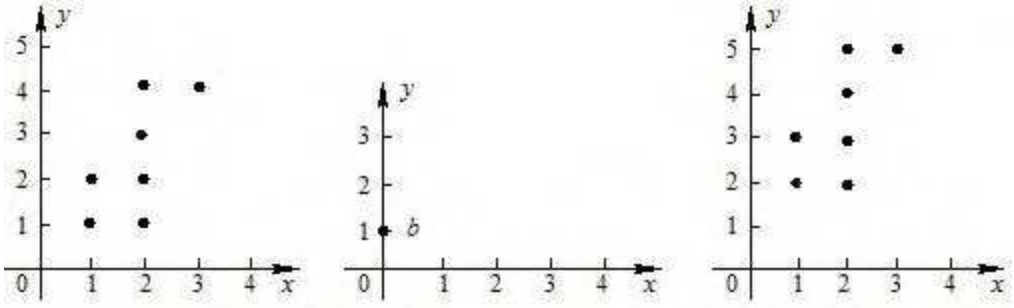


图11-3 平移

设有一幅图像B ，将B中所有元素的坐标取反，即令(x, y)变成(−x, −y) ，所有这些点构成的新的集合称为B的对称集，记作B^{v} 。如图11-4所示。

为了确定目标图像的结构，必须逐个考察图像各部分之间的关系，并且进行检验，最后得到一个各部分之间关系的集合。

在考察目标图像各部分之间的关系时，需要设计一种收集信息的“探针”，称为“结构元素”。“结构元素”一般用大写英文字母表示，例如用S表示。在图像中不断移动结构元素，就可以考察图像之间各部分的关系。一般，结构元素的尺寸要明显小于目标图像的尺寸。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

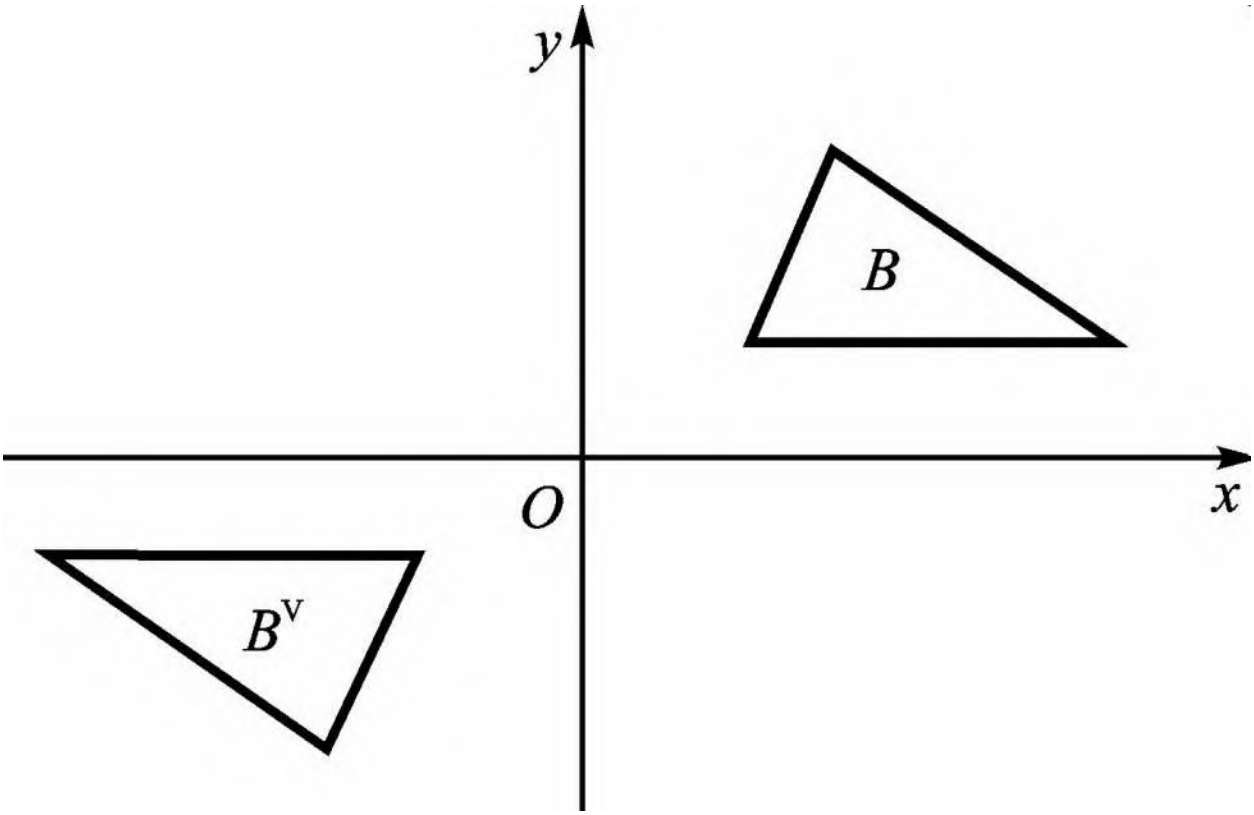


图11-4 对称集

设有两幅图像A和B，如果A∩B≠Φ，那么称B击中A，记为B↑A，其中Φ是空集合的符号；否则，如果A∩B=Φ，那么称B击不中A。

11.2 数学形态学的基本运算

形态学中两种基本的操作是膨胀和腐蚀，膨胀是指在图像中为其边界添加像素点，而腐蚀是其逆过程。对应的添加和移除像素点数依赖于处理图像结构元素矩阵的大小和形式。

11.2.1 结构元素

结构元素用于测试输出图像，通常要比待处理的图像小的多，是膨胀和腐蚀操作的最基本组成部分。二维平面结构元素由一个数值为0或1

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的矩阵组成。

结构元素的原点指定了图像中需要处理的像素范围，结构元素中数值为1的点决定结构元素的邻域像素在进行膨胀或腐蚀操作时是否需要参与计算。

三维或非平面的结构元素使用0，1定义结构元素在x和y平面上的范围，第三维z定义高度。

1.结构元素原点获取

任意大小和维数的结构元素B原点坐标的获取：

origin=floor((size(nhood)+1)/2)

其中nhood 是指结构元素定义的邻域（strel 对象的属性nhood）。

2.创建结构元素

strel函数来创建任意大小和形状的结构元素，支持如线形line、钻石形diamond、圆盘形disk、球形ball等许多种常用的形状。

【例11-1】利用函数strel来创建正方形、直线、椭圆、圆盘图形元素。

```
se1=strel('square',9)
se2=strel('line',4,55)
se3= strel('ball',5,7)
se4= strel('disk',10)
```

运行结果如下：

```
se1 =
Flat STREL object containing 81 neighbors.
Decomposition: 2 STREL objects containing a total of 18 neighbors
Neighborhood:
   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   1   1   1   1   1   1   1   1   1
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   1   1   1   1   1                11   1   1
```

se2 =

Flat STREL object containing 3 neighbors.

Neighborhood:

```
   00 1
   01 0
   10 0
```

se3 =

Nonflat STREL object containing 109 neighbors.

Decomposition: 8 STREL objects containing a total of 24 neighbors

Neighborhood:

```
   0   0   1   1   1   1   1   1   1   0   0
   0   1   1   1   1   1   1   1   1   1   0
   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   0   1   1   1   1   1   1   1   1   1   0
   0   0   1   1   1   1   1   1   1   0   0
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Height:

Columns 1 through 6

-Inf	-Inf	0	0.8748	1.7496	2.6243
-Inf	0.8748	1.7496	2.6243	3.4991	3.4991
0	1.7496	2.6243	3.4991	4.3739	4.3739
0.8748	2.6243	3.4991	4.3739	5.2487	5.2487
1.7496	3.4991	4.3739	5.2487	6.1235	6.1235
2.6243	3.4991	4.3739	5.2487	6.1235	6.9982
1.7496	3.4991	4.3739	5.2487	6.1235	6.1235
0.8748	2.6243	3.4991	4.3739	5.2487	5.2487
0	1.7496	2.6243	3.4991	4.3739	4.3739
-Inf	0.8748	1.7496	2.6243	3.4991	3.4991
-Inf	-Inf	0	0.8748	1.7496	2.6243

Columns 7 through 11

1.7496	0.8748	0	-Inf	-Inf
3.4991	2.6243	1.7496	0.8748	-Inf
4.3739	3.4991	2.6243	1.7496	0
5.2487	4.3739	3.4991	2.6243	0.8748
6.1235	5.2487	4.3739	3.4991	1.7496
6.1235	5.2487	4.3739	3.4991	2.6243
6.1235	5.2487	4.3739	3.4991	1.7496
5.2487	4.3739	3.4991	2.6243	0.8748
4.3739	3.4991	2.6243	1.7496	0
3.4991	2.6243	1.7496	0.8748	-Inf
1.7496	0.8748	0	-Inf	-Inf

se4 =

Flat STREL object containing 321 neighbors.

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Decomposition: 6 STREL objects containing a total of 34 neighbors

Neighborhood:

Columns 1 through 11

0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1

Columns 12 through 19

1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 0
1 1 1 1 1 1 0 0
1 1 1 1 1 0 0 0
1 1 1 1 0 0 0 0

3.结构元素的分解

为了提高执行效率，stel 函数可能会将结构元素拆为较小的块，这种技术称为结构元素的分解。

例如要对一个11×11的正方形结构元素进行膨胀操作，可以首先对1×11的结构元素进行膨胀操作，然后再对11×1的结构元素进行膨胀，通过这样的分解，可以使执行速度得到提高（约5.5倍）。

对圆盘形和球形结构元素进行分解，其结构是近似的，而对于其他形状的分解，得到的分解结果是精确的。

在MATLAB中，可以调用getsequence函数来查看分解所得的结构元素序列。

【例11-2】创建菱形结构元素对象，并对其进行分解。

```
se=strel('diamond',4)
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
se =
Flat STREL object containing 41 neighbors.
Decomposition: 3 STREL objects containing a total of 13 neighbors
Neighborhood:
   0   0   0   0   1   0   0   0   0
   0   0   0   1   1   1   0   0   0
   0   0   1   1   1   1   1   0   0
   0   1   1   1   1   1   1   1   0
   1   1   1   1   1   1   1   1   1
   0   1   1   1   1   1   1   1   0
   0   0   1   1   1   1   1   0   0
   0   0   0   1   1   1   0   0   0
   0   0   0   0   1   0   0   0   0
seq=getsequence(se)
seq =
3x1 array of STREL objects
eq(1)
ans =
Flat STREL object containing 5 neighbors.
Neighborhood:
   0   1   0
   1   1   1
   0   1   0
seq(2)
ans =
Flat STREL object containing 4 neighbors.
Neighborhood:
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

0 1 0

1 0 1

0 1 0

seq(3)

ans =

Flat STREL object containing 4 neighbors.

Neighborhood:

0 0 1 0 0

0 0 0 0 0

1 0 0 0 1

0 0 0 0 0

0 0 1 0 0

从运行结果来看，这个菱形被分解成了3个比较小的结构元素。

11.2.2 膨胀处理

膨胀的运算符为⊕，A用B来膨胀写作A⊕B，定义为：

$$A \oplus b = \left\{ x \,|\, [(\hat{B})_x \cap A \neq \varphi \right\}$$

先对B做关于原点的映射，在将其映射平移x，这里A与B映射的交集不为空集。也就是B的映射的位移与A至少有1个非零元素相交时B的原点位置的集合。

在MATLAB中，imdilate函数用于实现膨胀处理，该函数的调用方法为：

J=imdilate (I, SE)

J= imdilate (I, NHOOD)

J= imdilate (I, SE,PACKOPT)

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

J= imdilate (…,PADOPT)

其中，SE表示结构元素；NHOOD表示一个只包含0和1作为元素值的矩阵，用于表示自定义形状的结构元素；PACKOPT和PADOPT是两个优化因子，分别可以取值ispacked、notpacked、same、full，用来指定输入图象是否为压缩的二值图象和输出图象的大小。

此外，MATLAB中还提供了预定义的形态函数bwmorph。

【例11-3】对图像进行偏移处理。

```
se=strel(eye(4));
i=imread('cell.tif');          %读取图像
se=translate(strel(1),[40 40]);
j=imdilate(i,se);              %对图像进行偏移处理
subplot(1,2,1);imshow(i);
title('原始图像') ;
subplot(1,2,2);imshow(j);
title('偏移处理后的图像') ;
```

运行结果如图11-5所示。

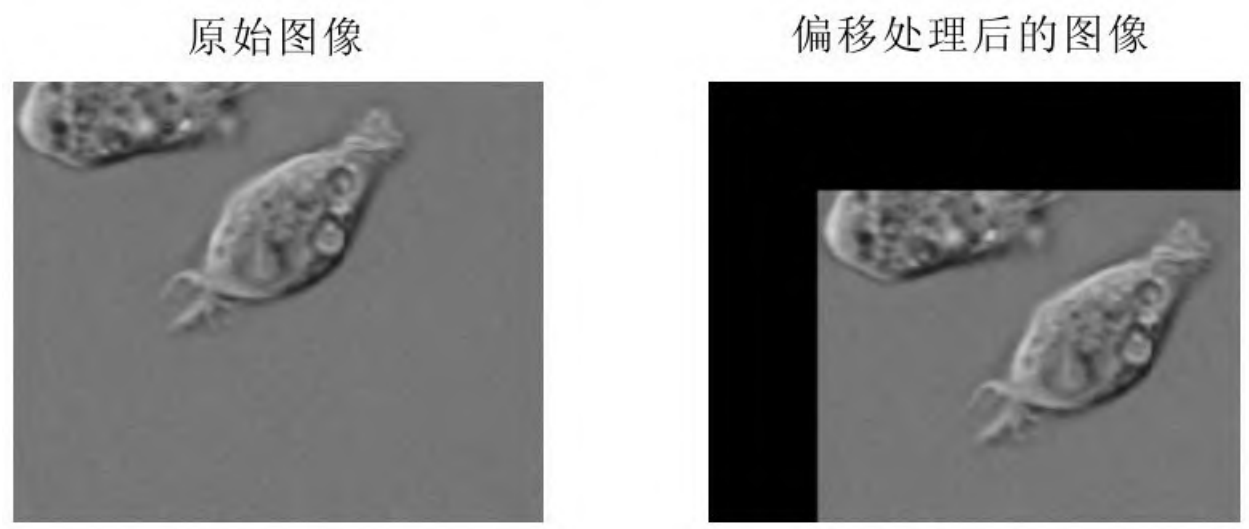


图11-5 图像的偏移处理

【例11-4】利用预定义的形态函数bwmorph对二值图像进行膨胀处

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

理。

```
I=imread('cameraman.tif');          %读取图像
subplot(1,3,1);
subimage(I);
title('原始图像');
J=im2bw(I);
BW1=bwmorph(J,'imdilate');          %对二值图像进行膨胀处理
subplot(1,3,2);
subimage(J);
title('二值处理的图像');
subplot(1,3,3);
subimage(BW1);
title('使用bwmorph函数膨胀')
```

运行结果如图11-6所示。

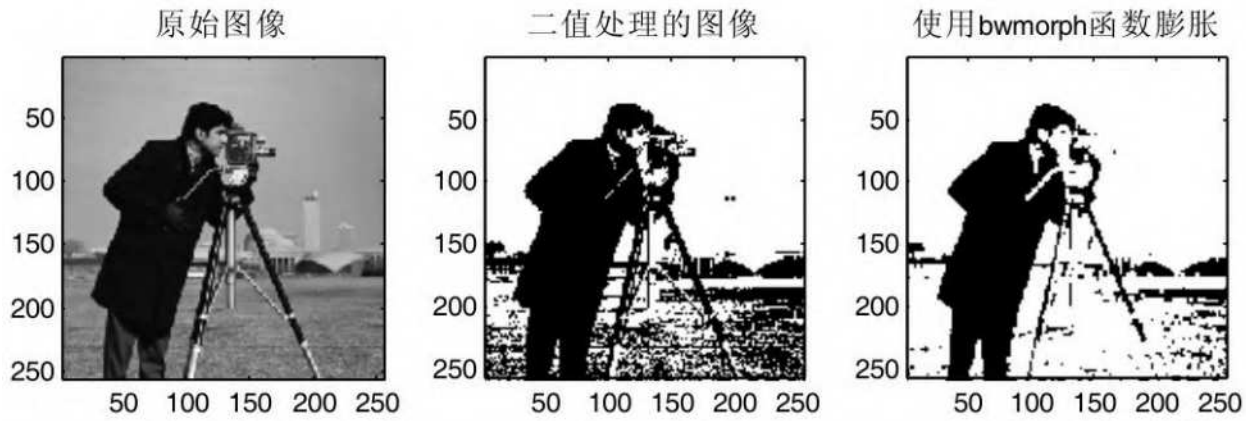


图11-6 二值图像的膨胀

【例11-5】对灰度图像进行膨胀处理。

```
i=imread('tire.tif');       %读取图像
se=strel('ball',5,5);
i2=imdilate(i,se);          %进行膨胀处理
subplot(1,2,1);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imshow(i);
title('原始图像') ;
subplot(1,2,2);
imshow(i2);
title('膨胀处理后的图像')
```

运行结果如图11-7所示。

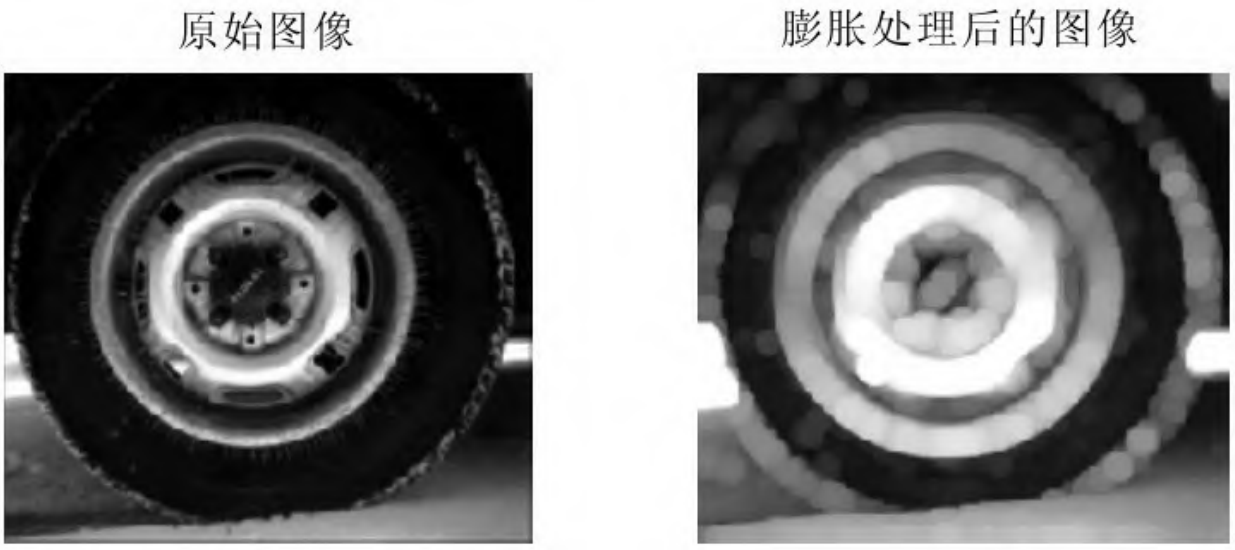


图11-7 图像的膨胀处理

【例11-6】对创建的strel对象进行膨胀处理。

```
al=strel('line',3,0)
a2=strel('line',3,90)
composition=imdilate(1,[al a2],'full')
```

运行结果如下：

```
al =
   Flat STREL object containing 3 neighbors.
Neighborhood:
   1    1    1
a2 =
   Flat STREL object containing 3 neighbors.
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Neighborhood:

1

1

1

composition =

1 1 1

1 1 1

1 1 1

11.2.3 腐蚀处理

腐蚀的运算符为Θ，A用B来腐蚀，写作AΘB，定义为：

$$A\Theta b=\left\{x\,|\,(B)_x\subseteq A\right\}$$

上式表明，A用B腐蚀的结果是所有满足将B平移后，B仍旧全部包含在A中的x的集合，也就是B经过平移后全部包含在A中的原点组成的集合。

在MATLAB中，imerode函数用于实现腐蚀处理，该函数的调用方法为：

J= imerode (I, SE)

J= imerode (I, NHOOD)

J= imerode (I, SE,PACKOPT)

J= imerode (…,PADOPT)

imerode函数与imdilate函数的参数含义相似，不再赘述。

【例11-7】对二值图像进行腐蚀处理。

```
i=imread('circles.png');        %读取图像
se=strel('line',11,90);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
bw=imerode(i,se);          %进行腐蚀处理
subplot(1,2,1);
imshow(i);
title('原始图像') ;
subplot(1,2,2);
imshow(bw);
title('二值图像腐蚀处理后') ;
```

运行结果如图11-8所示。

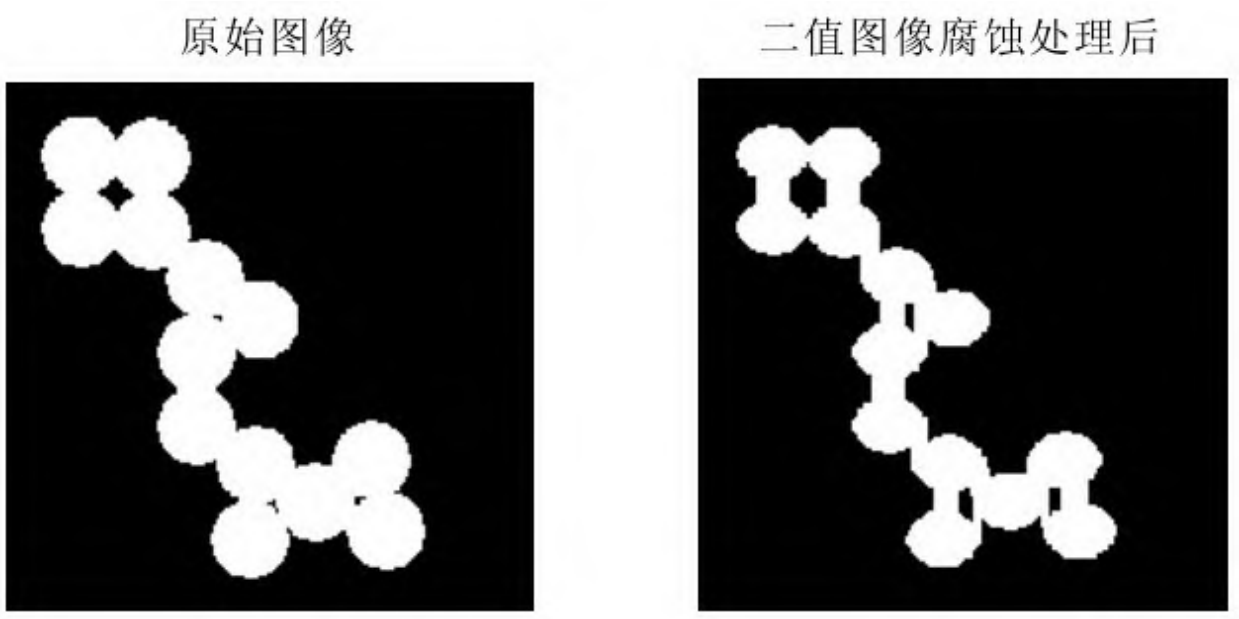


图11-8 二值图像腐蚀处理

【例11-8】对灰度图像进行腐蚀。

```
i=imread('eight.tif');   %读取图像
se=strel('ball',5,5);
i2=imerode(i,se);       %对灰度图像进行腐蚀
subplot(1,2,1);
imshow(i);
title('原始图像') ;
subplot(1,2,2);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imshow(i2);
title('灰度图像腐蚀处理') ;
```

运行结果如图11-9所示。

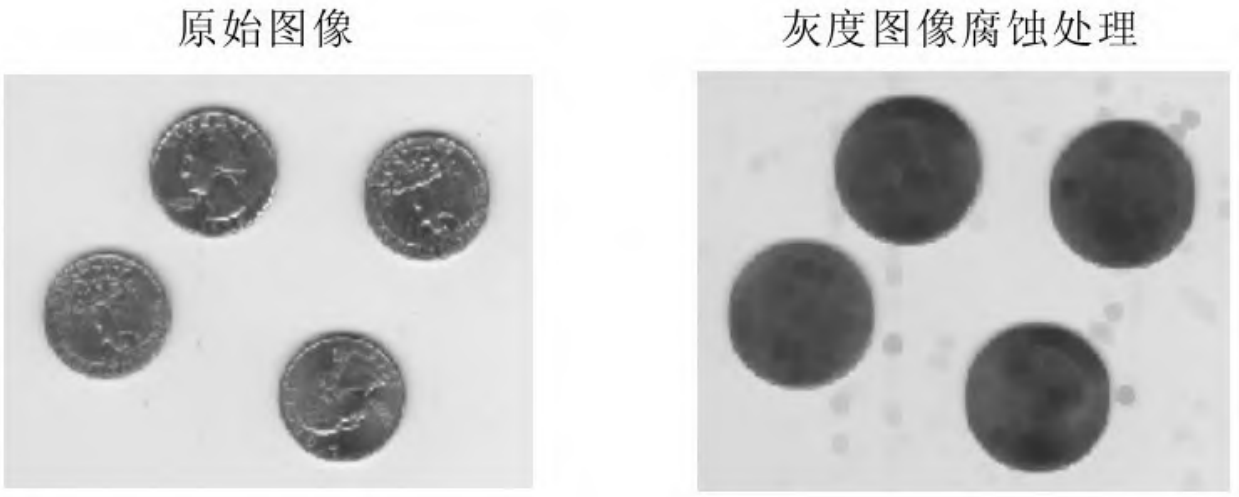


图11-9 灰度图像腐蚀处理

11.2.4 膨胀和腐蚀的组合

膨胀和腐蚀是两种基本的形态运算，它们可以组合成复杂的形态运算，比如开启和闭合运算等。使用同一个结构元素对图像先进行腐蚀运算然后再进行膨胀的运算称为开启。先进行膨胀运算然后再进行腐蚀的运算称为闭合。

1.图像的开运算

先腐蚀后膨胀的运算称为开运算。开启的运算符为“$\circ$”，A用B来开启记为 $A \circ B$ 。定义如下：

$$A \circ B = (A \Theta B) \oplus B$$

它可以用来消除小对象物、在纤细点处分离物体、平滑较大物体的边界的同时并不明显改变其体积。

在MATLAB中，imopen函数用于实现图像的开运算，该函数的调

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

用方法为：

IM2=imopen(IM,SE)

表示用结构元素SE来执行图像IM的开运算。

IM2=imopen(IM,NHOOD)

表示用结构元素NHOOD执行图像IM的开运算。

【例11-9】对图像进行开运算。

```
i=imread('testpat1.png');       %读取图像
subplot(1,2,1);
imshow(i);
title('原始图像') ;
se=strel('disk',7);
i0=imopen(i,se);
subplot(1,2,2);
imshow(i0);                %开运算
title('开运算') ;
```

运行结果如图11-10所示。

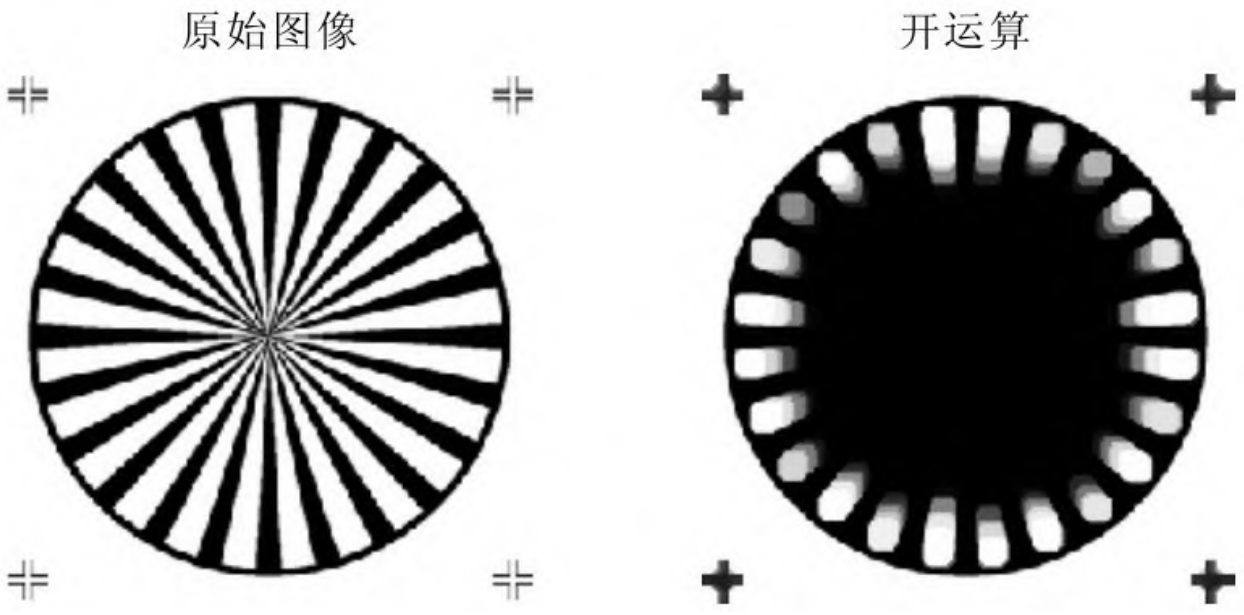


图11-10 图像的开运算

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2.图像的闭运算

A被B闭运算就是A被B膨胀后的结果再被B腐蚀。设A是原始图像B是结构元素图像，则集合A被结构元素B作闭运算，记为A•B，其定义为：

$$A \bullet B = (A \oplus B) \Theta B$$

它具有填充图像物体内部细小孔洞、连接邻近的物体、在不明显改变物体的面积和形状的情况下平滑其边界的作用。

在MATLAB中，imclose函数用于实现图像的闭运算，该函数的调用方法为：

IM2=imclose(IM,SE)

IM2=imclose(IM,NHOOD)

imclose函数与imopen函数用法相类似。

【例11-10】对图像进行闭运算。

```
i=imread('circles.png');        %读取图像
subplot(1,2,1);
imshow(i);
title('原始图像') ;
se=strel('disk',10);
bw=imclose(i,se);        %闭运算
subplot(1,2,2);
imshow(bw);
title('闭运算') ;
```

运行结果如图11-11所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

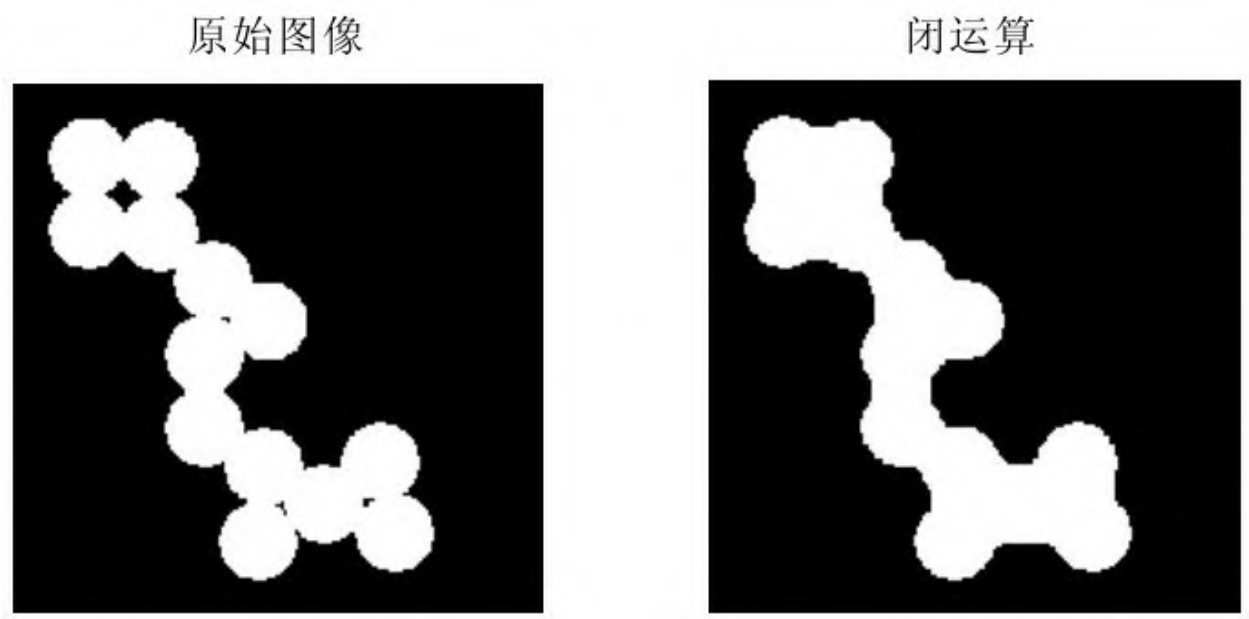


图11-11 图像的开运算

【例11-11】将开启和闭合结合起来构成形态学噪声滤除器对图像进行除噪。

```
I1=imread('football.jpg');        %读取图像
I2=im2bw(I1);
I2=double(I2);
I3=imnoise(I2,'salt& pepper');    %加入椒盐噪声
I4=bwmorph(I3,'open');        %开启操图像
I5=bwmorph(I4,'close');       %关闭操的图
subplot(2,2,1);
subimage(I2);
title('二值处理的图像');
subplot(2,2,2);
subimage(I3);
title('加入椒盐噪声的图像')
subplot(2,2,3);
subimage(I4);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('开启操图像');
subplot(2,2,4);
subimage(I5);
title('关闭操的图像')
```

运行结果如图11-12所示。

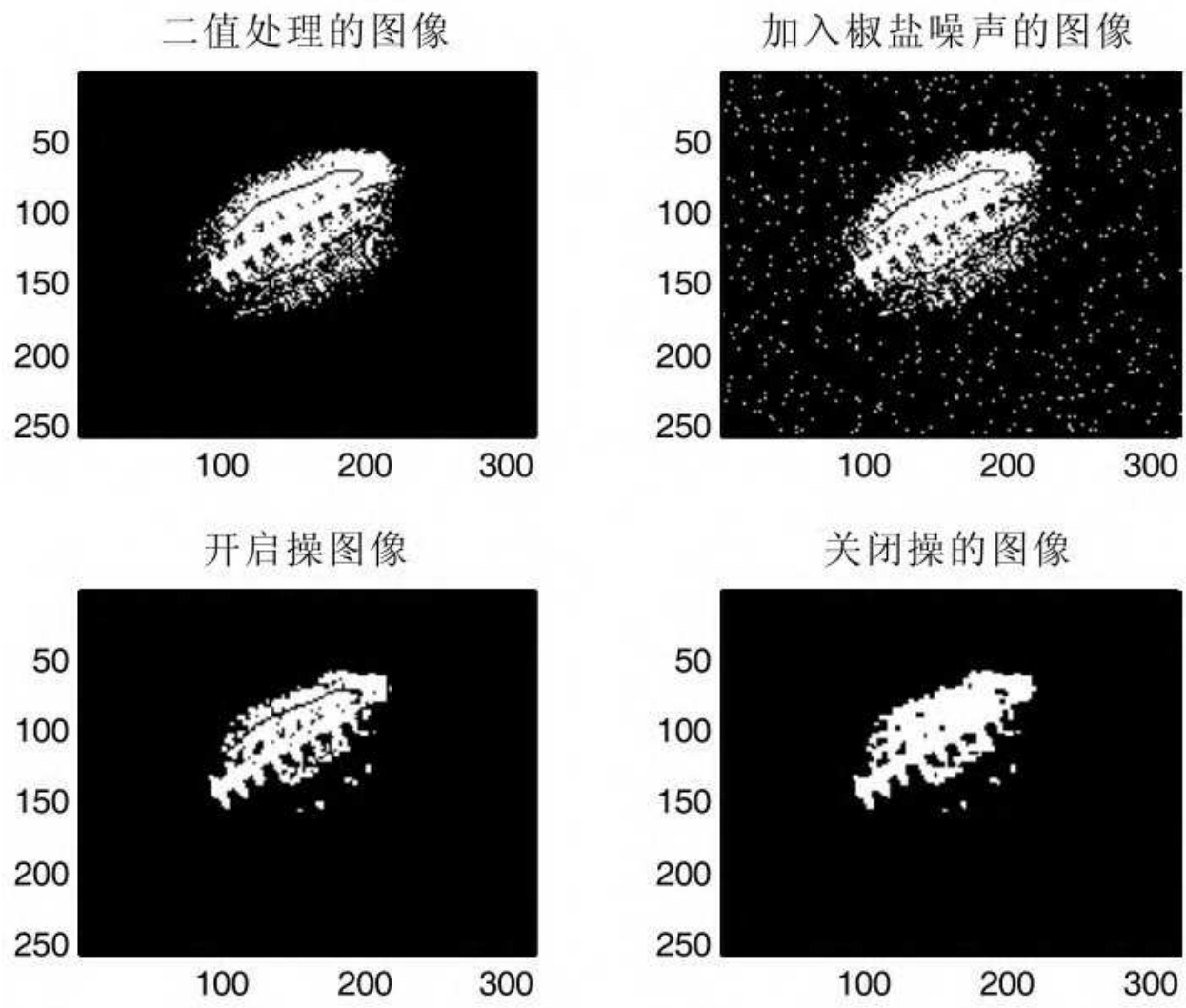


图11-12 噪声滤除处理

【例11-12】对图像分别进行膨胀和腐蚀处理、开闭运算。

```
I=imread('tape.png');
level= graythresh(I);       %得到合适的阈值
bw= im2bw(I,level);         %二值化
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
SE= strel('square',3);        %设置膨胀结构元素
BW1= imdilate(bw,SE);    %膨胀
SE1= strel('arbitrary',eye(5));    %设置腐蚀结构元素
BW2= imerode(bw,SE1);    %腐蚀
BW3= bwmorph(bw, 'open');    %开运算
BW4= bwmorph(bw, 'close');    %闭运算
subplot(2,3,1);
imshow(I);
title('原始图像') ;
subplot(2,3,2);
imshow(bw);
title('二值处理的图像');
subplot(2,3,3);
imshow(BW1);
title('膨胀处理的图像');
subplot(2,3,4);
imshow(BW2);
title('腐蚀处理的图像');
subplot(2,3,5);
imshow(BW3);
title('开运算');
subplot(2,3,6);
imshow(BW4);
title('闭运算');
```

运行结果如图11-13所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

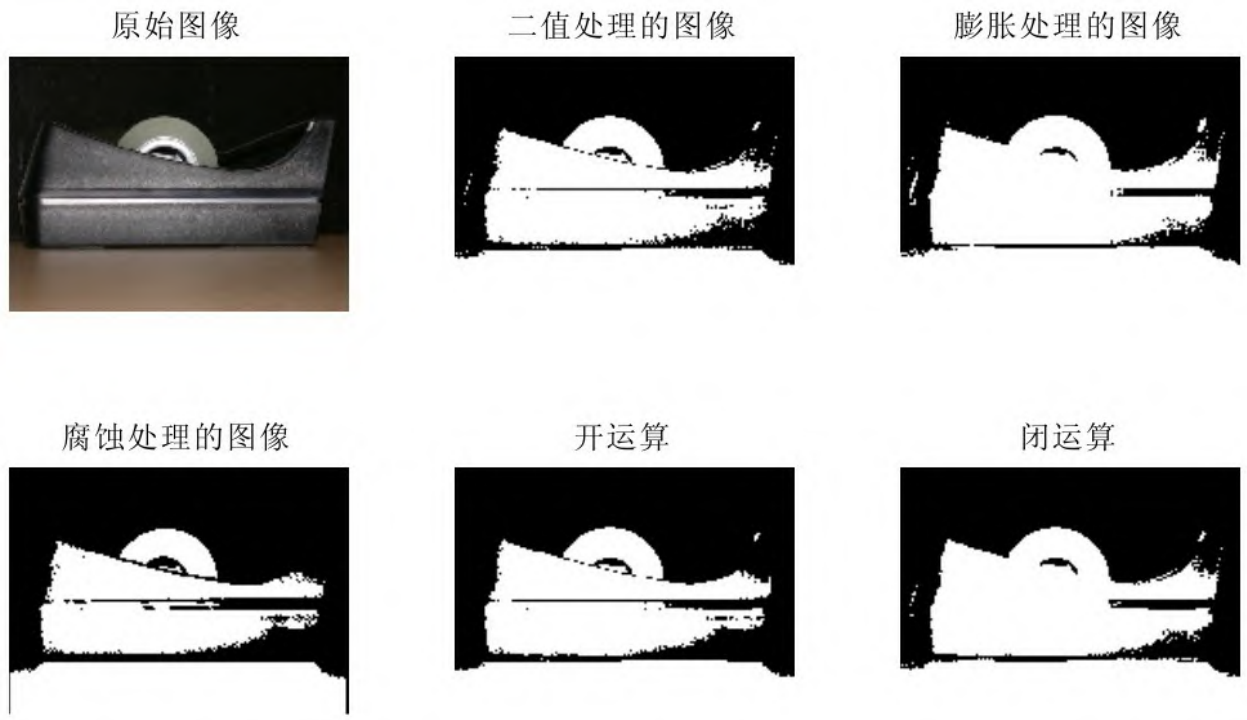


图11-13 膨胀腐蚀与开闭运算的效果图

11.2.5 击中或击不中处理

形态学上击中与击不中变换是形状检测的基本工具。在MATLAB中，bwhitmiss函数进行图像的击中与击不中操作，该函数的调用方法为：

BW2= bwhitmiss(BW1，SE1，SE2)

表示执行结构元素SE1和SE2的击中击不中操作。击中与击不中操作保证匹配SE1形状而不匹配SE2形状邻域的像素点。

BW2= bwhitmiss(BW1，INTERVAL)

表示执行定义为一定间隔数组的击中与击不中操作。

【例11-13】对给定数组进行击中或击不中处理。

```
B=[0 0 0 0 0 0;
   0 0 1 1 0 0;
   0 1 1 1 1 0;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    0 1 1 1 1 0;
    0 0 1 1 0 0;
    0 0 1 0 0 0];
interval=[0 -1 -1;1 1 -1;0 1 0];
B2=bwhitmiss(B,interval)
```

运行结果如下：

```
B2 =
    0    0    0    0    0    0
    0    0    0    1    0    0
    0    0    0    0    1    0
    0    0    0    0    0    0
    0    0    0    0    0    0
    0    0    0    0    0    0
```

【例11-14】用函数bwhitmiss对图像进行击中或击不中处理。

```
[X,map]= imread('football.jpg');
i=im2bw(X,map,0.5);
subplot(1,2,1);
imshow(i);
title('原始图像') ;
interval=[0 -1 -1;1 1 -1;0 1 0];
i2=bwhitmiss(i,interval);    %击中或击不中
subplot(1,2,2);
imshow(i2);
title('击中或击不中') ;
```

运行结果如图11-14所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

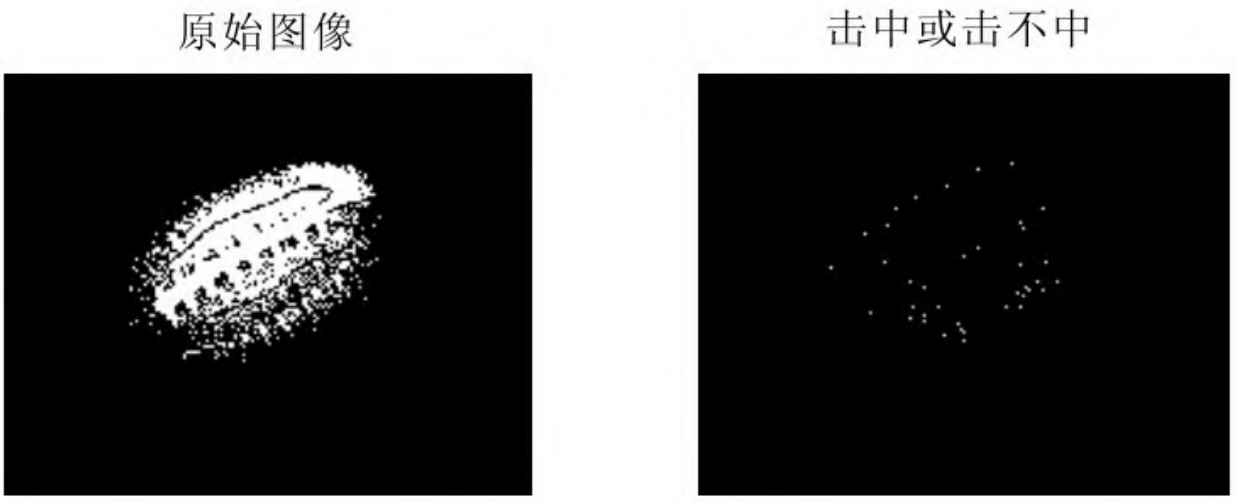


图11-14 图像的击中或击不中处理

11.3 基于膨胀和腐蚀的数学形态学应用

数学形态学在图像处理中得到了广泛的应用，包括骨架化、边界提取、区域填充等，下面将进行具体的介绍。

11.3.1 骨架化

在某些应用中，针对一幅图像，希望将图像中的所有对象简化为线条，但不修改图像的基本结构，保留图像的基本轮廓，这个过程就是所谓的骨架化。

在MATLAB中，bwmorph函数用于实现骨架化操作。该函数的调用方法为：

BW2 = bwmorph(BW,operation)

表示对二值图像应用形态学操作。

BW2 = bwmorph(BW,operation,n)

表示应用形态学操作n次，n可以是Inf，这种情况下该操作被重复执

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

行直到图像不再发生变化为止。参数operation表示可以执行的操作，如下表11-1所示。

表11-1 Operation参数取值

Operation	说　明
'bothat'	执行形态学上的“底帽”变换操作，返回的图像是原图减去形态学闭操作处理后的图像
'bridge'	表示连接断开的像素。即将 0 值像素置 1 如果他有两个非零的不相连(8 邻域)的像素，例如： 1 0 0　　1 1 0 1 0 1　经过连接后变为　1 1 1 0 0 1　　0 1 1

续表

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Operation	说　明
'clean'	移除孤立的像素。某个模型的中心像素如下： 0 0 0 0 1 0 0 0 0
'close'	执行形态学闭运算
'diag'	用于对角线填充来消除背景中的 8 连通区域。例如： 0 1 0　　1 1 0 1 0 0　变成　1 1 0 0 0 0　　0 0 0
'dilate'	用于执行结构 ones(3)执行膨胀运算
'erode'	用于执行结构 ones(3)执行腐蚀运算
'fill'	执行填充孤立的内部像素（被 1 包围的 0），某个模型的中心像素如下： 1 1 1 1 0 1 1 1 1
'hbreak'	将 H 连通的像素移除，例如： 1 1 1　　1 1 1 0 1 0　变成　0 0 0 1 1 1　　1 1 1
'majority'	若该在 3×3 邻域中的某像素至少有 5 个像素为 1；否则将该像素置 0
'open'	执行开运算
'remove'	将内部像素移除。如果该像素的 4 连通邻域都为 1，仅留下边缘像素。
'shrink'	当 n = Inf 时，将没有孔洞的目标缩成一个点，有孔洞的目标缩成一个连通环。
'skel'	当 n = Inf 时，将目标边界像素移除，保留下来的像素组合成图像的骨架。
'spur'	将尖刺像素移除。例如： 0 0 0 0　　0 0 0 0 0 0 0 0　　0 0 0 0 0 0 1 0　变成　0 0 0 0 0 1 0 0　　0 1 0 0 1 1 0 0　1 1 0 0
'thicken'	当 n = Inf 时，增加目标外部增加像素加厚目标
'thin'	当 n = Inf 时，减薄目标成线。
'tophat'	执行形态学“顶帽”变换运算，

【例11-15】对图像进行骨架化。

```
bw=imread('bag.png');
subplot(2,2,1);
imshow(bw);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('原始图像') ;
bw2=bwmorph(bw,'remove');    %移除内部像素
subplot(2,2,2);
imshow(bw2);
title('移除内部像素') ;
bw3=bwmorph(bw,'skel',Inf);    %骨架提取
subplot(2,2,3);
imshow(bw3);
title('骨架提取') ;
bw4=bwmorph(bw3,'spur',Inf);    %消刺
subplot(2,2,4);
imshow(bw4);
title('消刺') ;
```

运行结果如图11-15所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

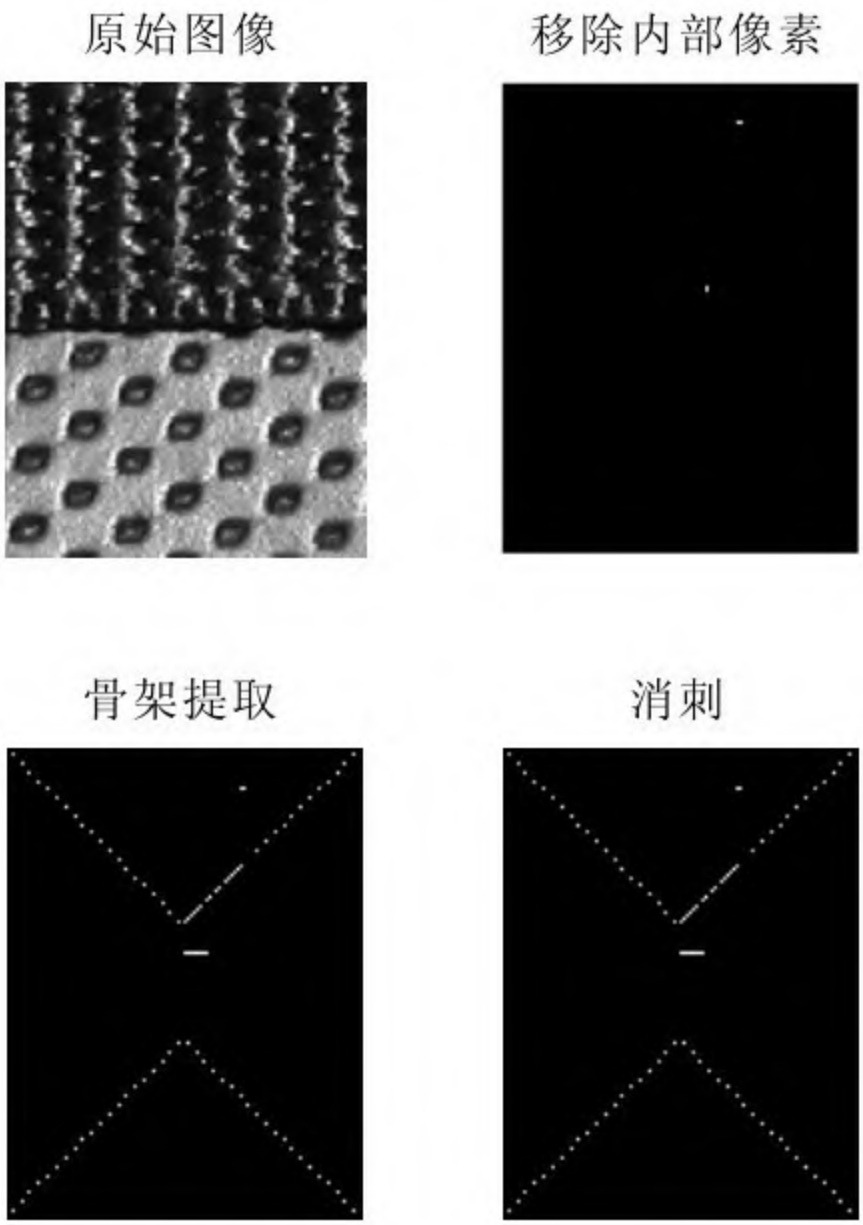


图11-15 图像的骨架化

【例11-16】对一幅带有噪声的骨骼图像进行骨架提取。

```
I=imread('eight.tif');
A=imnoise(I,'salt & pepper', 0.02);
subplot(2,2,1);
imshow(A);
title('添加椒盐噪声图像')
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
h=fspecial('gaussian',10,5);       %产生高斯滤波器
A1=imfilter(A,h);          %对图像进行滤波
subplot(2,2,2);
imshow(A1)
title('滤波处理')
level=graythresh(A1);       %获取适当的二值化阈值
BW=im2bw(A1,level);       %图像二值化
subplot(2,2,3);
imshow(BW)
title('二值化')
BW1=bwmorph(A,'skel',Inf);    %骨架提取
subplot(2,2,4);
imshow(BW1)
title('骨架提取')
```

运行结果如图11-16所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

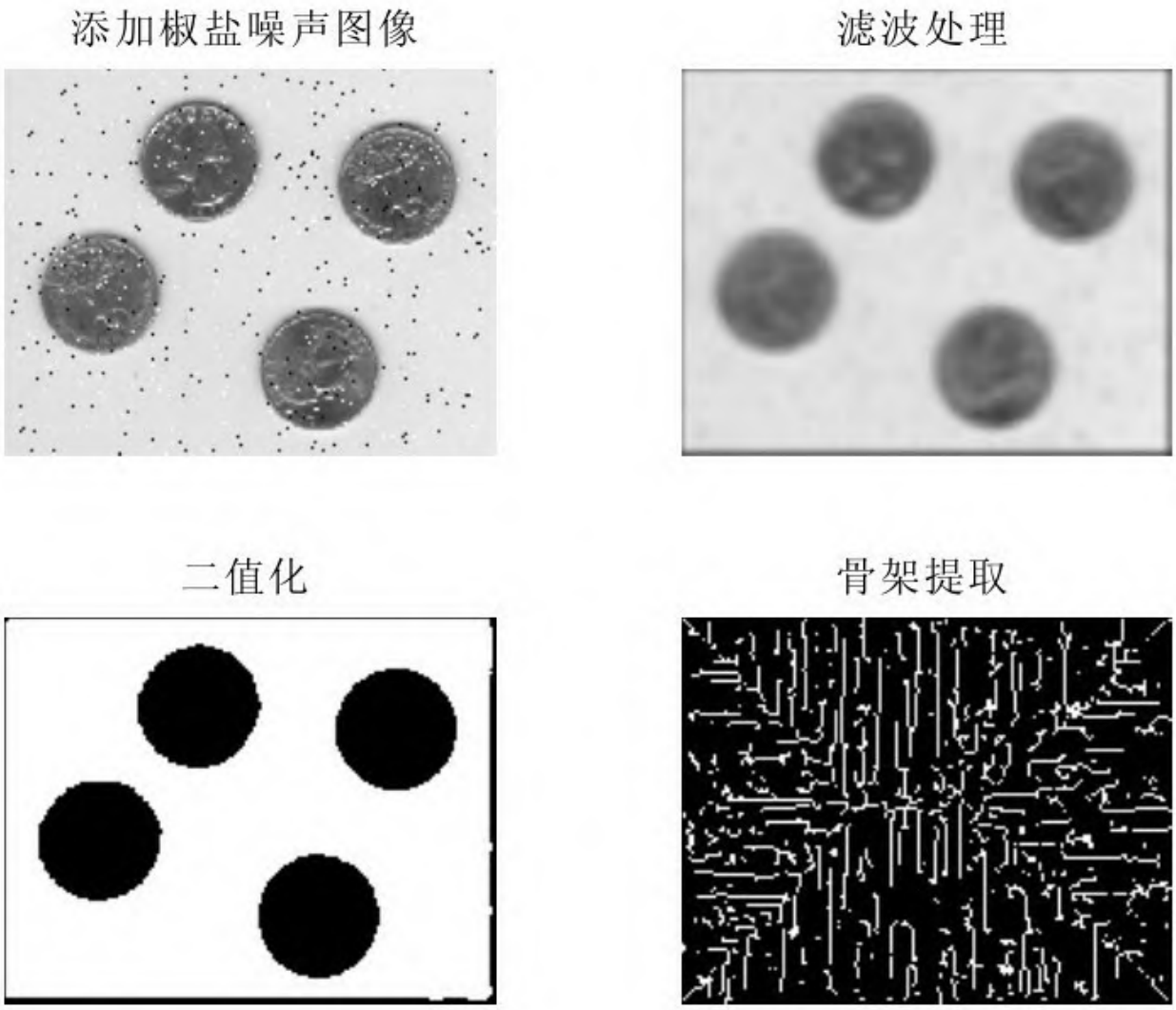


图11-16 对一幅带有噪声的骨骼图像进行骨架提取

11.3.2 边界提取

形态运算可以用来提取图象物体的边界。如果用β(A)代表图象物体A的边界的话，下面的形态运算可以得到A的边界，

$$\beta(A) = A - (A \Theta B)$$

即原图象与原图象物体被结构元素B腐蚀后的结果的差值。

在MATLAB中，bwperim函数用于判断一幅图象中的哪些象素为边界象素。该函数的调用方法为：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

BW2=bwperim(BW1)

BW2=bwperim(BW1,CONN)

其中，BW1表示输入的图像；CONN表示连接属性。

【例11-17】对图像进行边界提取。

```
bw1=imread('bag.png');
bw2=bwperim(bw1,8);          %进行边界提取
subplot(1,2,1);
imshow(bw1);
title('原始图像') ;
subplot(1,2,2);
imshow(bw2);
title('边界提取') ;
```

运行结果如图11-17所示。

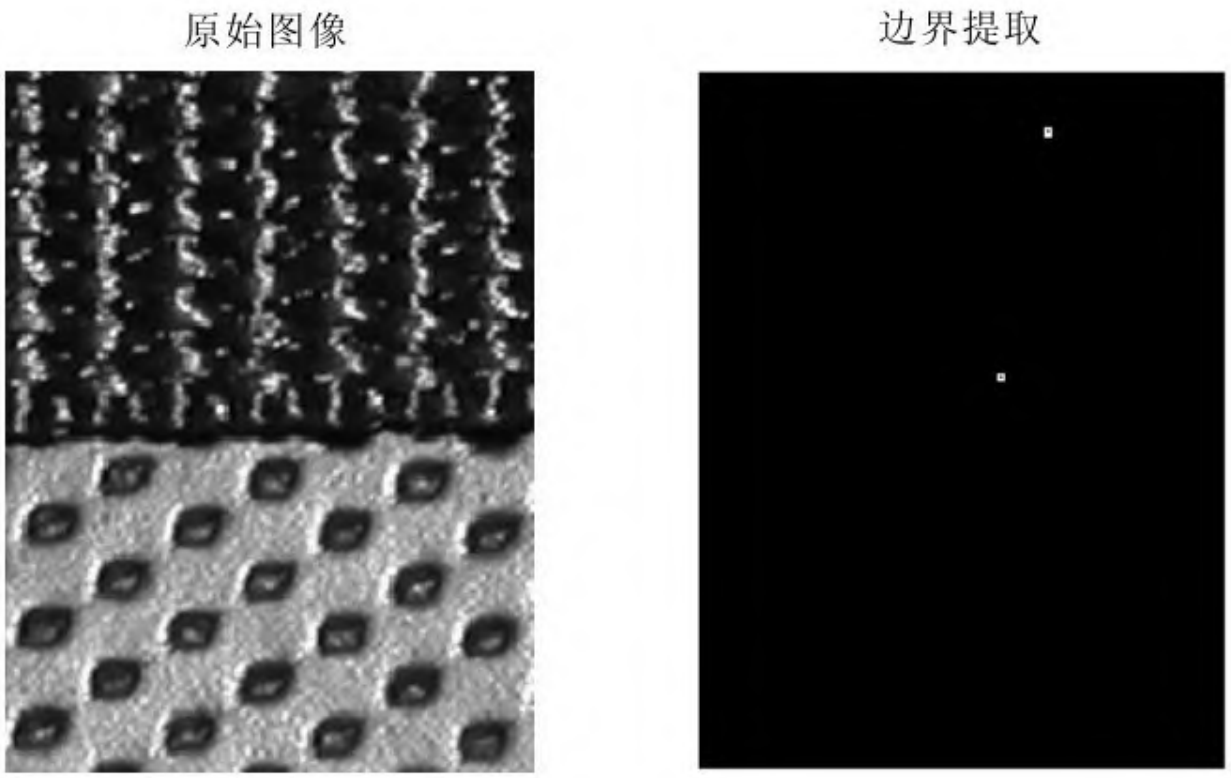


图11-17 边界提取

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

11.3.3 图像区域填充

在MATLAB中，imfill函数用于实现图像区域的填充。该函数的调用方法为：

BW2 = imfill(BW)

表示对二值图像进行区域填充。

[BW2,locations] = imfill(BW)

表示将返回用户的取样点索引值。但这里索引值不是选取样点的坐标。

BW2 = imfill(BW,locations)

locations表示一个多维数组时，数组每一行指定一个区域。

BW2 = imfill(BW,'holes')

表示填充二值图像中的空洞区域。

I2 = imfill(I)

表示将填充灰度图像中所有的空洞区域。

BW2 = imfill(BW,locations,conn)

conn表示联通类型。

【例11-18】对二值图像进行填充。

```
I=imread('coins.png');        %读入二值图像
subplot(1,3,1);
imshow(I);
title('原始图像') ;
BW1=im2bw(I);
subplot(1,3,2);
imshow(BW1);
title('二值图像') ;
BW2=imfill(BW1,'holes');        %执行填洞运算
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(1,3,3);
imshow(BW2);
title('填充图像') ;
```

运行结果如图11-18所示。

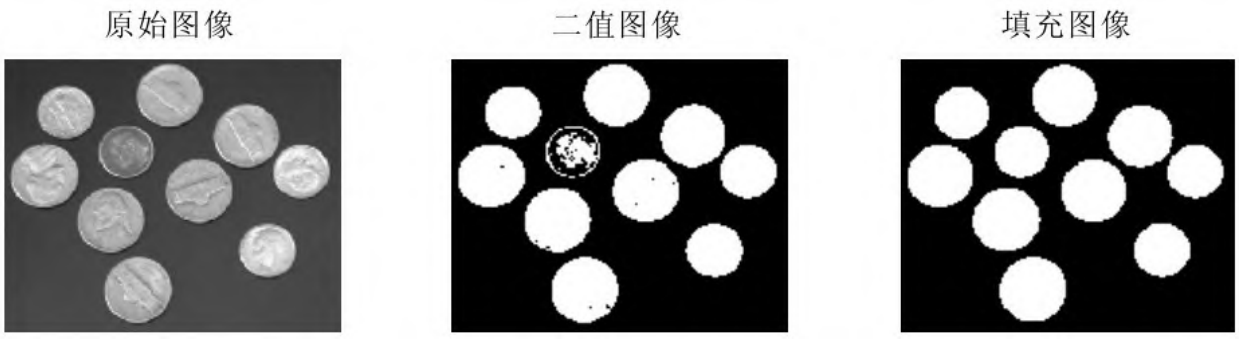


图11-18 二值图像的填充

【例11-19】对索引图像进行填充。

```
[x,map]=imread('trees.tif');
i=ind2gray(x,map);
subplot(1,2,1);
imshow(i);
title('原始图像') ;
i2=imfill(i,'holes');          %对索引图像进行填充
subplot(1,2,2);
imshow(i2);
title('图像填充') ;
```

运行结果如图11-19所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

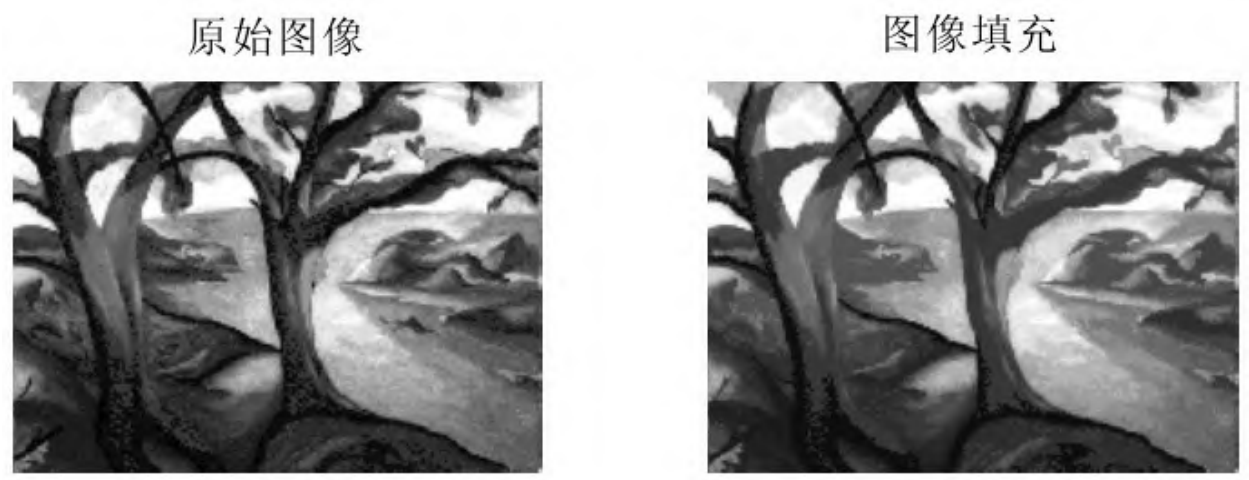


图11-19 图像的填充

11.3.4 移除小对象

在MATLAB中，bwareaopen函数用于从对象中移除小对象，该函数的调用方法如下：

BW2 = bwareaopen(BW,P)

表示从二值图像中移除所有小于P的连通对象。

BW2 = bwareaopen(BW,P,CONN)

表示从二值图像中移除所有小于P的连通对象。CONN对应邻域方法，默认为8。

【例11-20】从图像中移除小对象。

```
bw=imread('testpat1.png');
bw2=bwareaopen(bw,50);   %从图像中移除小对象
subplot(1,2,1);
imshow(bw);
title('原始图像') ;
subplot(1,2,2);
imshow(bw2);
title('移除小对象') ;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运行结果如图11-20所示。

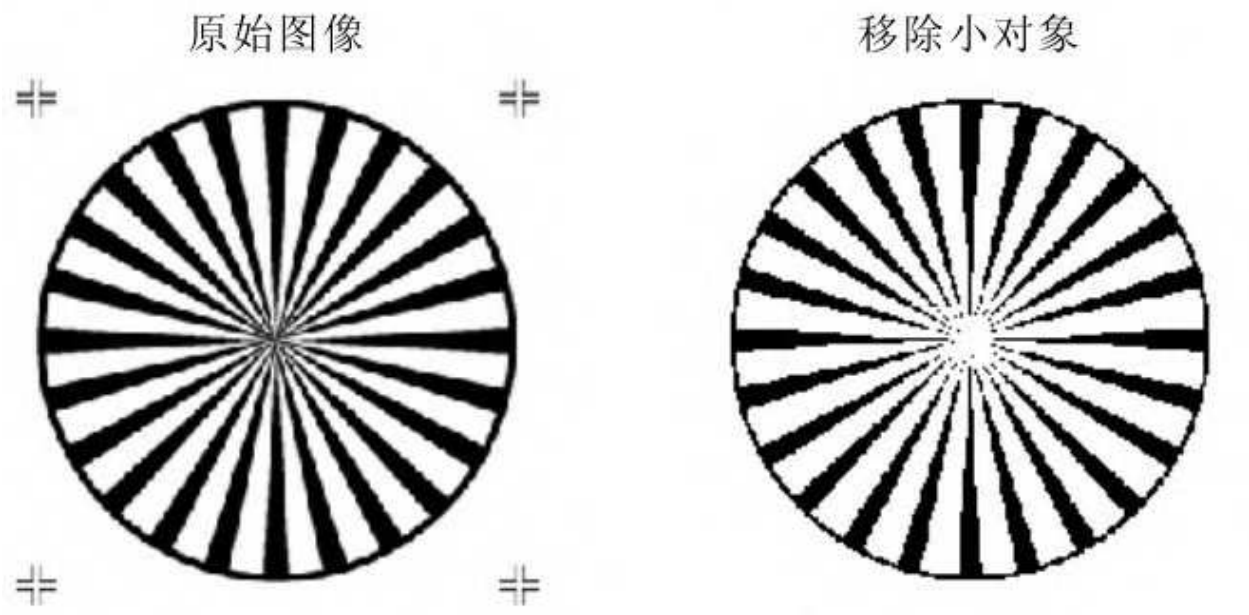


图11-20 从图像中移除小对象

11.3.5 距离变换

在MATLAB中，bwdist函数用于实现二值图像的距离变换。该函数的调用方法如下：

D=bwdist(BW)

[D,L]=bwdist(BW)

[D,L]=bwdist(BW,METHOD)

其中，BW表示输入的二值图像；D表示二值图像中每个值为0的像素点到非0像素点的距离；L表示与BW和D同大小的标签矩阵；METHOD表示距离的类型，包括euclidean（欧几里得距离）、cityblock（城市距离）、chessboard（棋盘距离）、quasi-euclidean（类欧几里得距离）等。

【例11-21】对创建的数据计算欧几里得距离变换。

bw=zeros(4,4);

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
bw(2,2)=1;bw(4,4)=1;
[d,l]=bwdist(bw)
```

运行结果如下：

```
d =
   1.4142    1.0000    1.4142    2.2361
   1.0000         0    1.0000    2.0000
   1.4142    1.0000    1.4142    1.0000
   2.2361    2.0000    1.0000         0
l =
    6     6     6     6
    6     6     6     6
    6     6     6    16
    6     6    16    16
```

【例11-22】在二维图像中计算欧几里得距离变换。

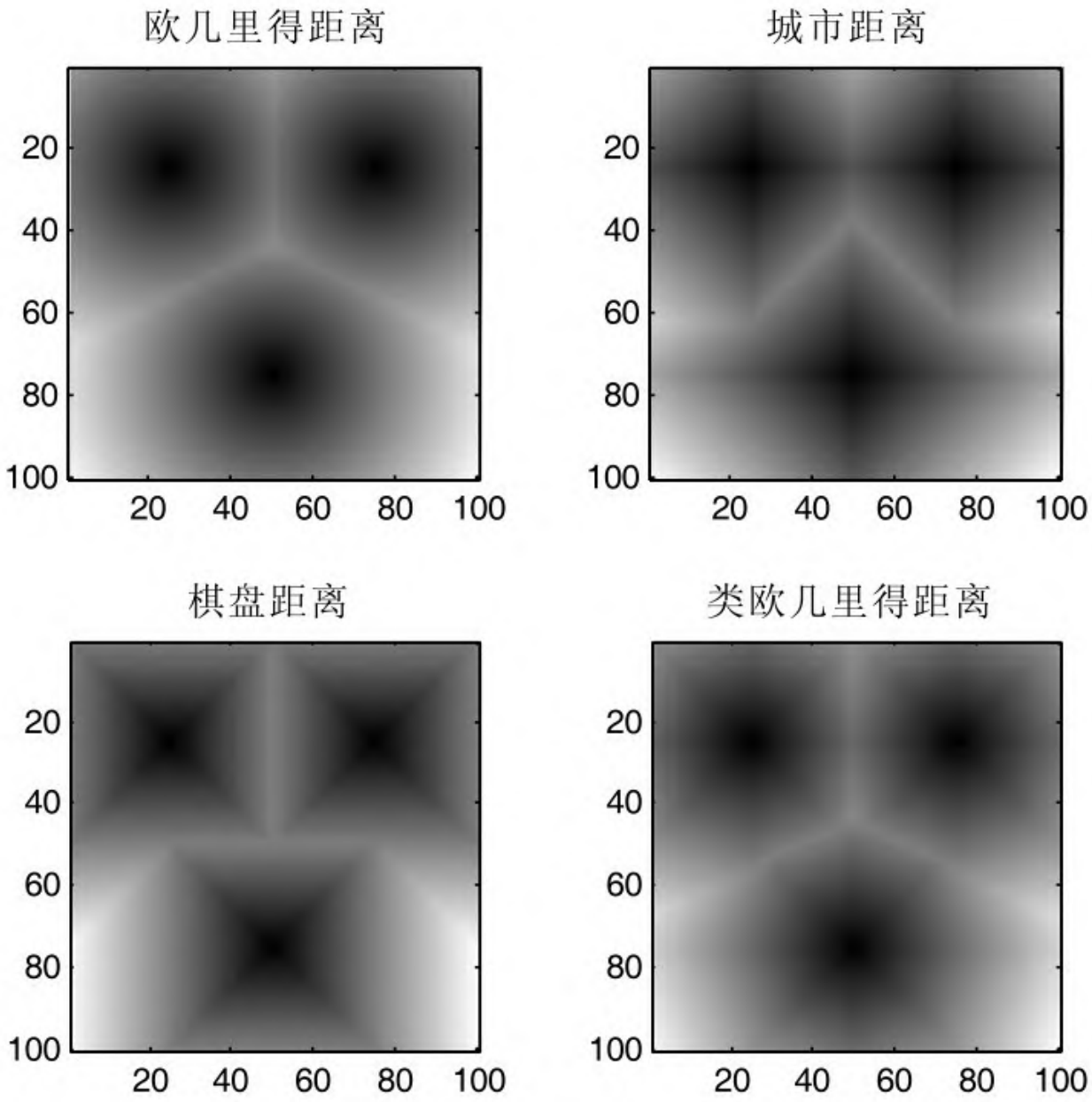
```
bw=zeros(100,100);          %创建二维图像
bw(25,25)=1;bw(25,75)=1;
bw(75,50)=1;
d1=bwdist(bw,'euclidean');       %计算欧几里得距离
d2=bwdist(bw,'cityblock');
d3=bwdist(bw,'chessboard');
d4=bwdist(bw,'quasi-euclidean');
subplot(2,2,1);
subimage(mat2gray(d1));
title('欧几里得距离 ')
subplot(2,2,2);
subimage(mat2gray(d2));
title('城市距离 ')
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(2,2,3);
subimage(mat2gray(d3));
title('棋盘距离 ')
subplot(2,2,4);
subimage(mat2gray(d4));
title('类欧几里得距离 ')
```

运行结果如图11-21所示。



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图11-21 二维欧几里得变换

【例11-23】在三维图像中计算欧几里得距离变换。

```
bw=zeros(40,40,40);bw(20, 20,20)=1;      %创建三维图像
d1=bwdist(bw,'euclidean');          %在三维图像中算算欧几里得距离变换
d2=bwdist(bw,'cityblock');
d3=bwdist(bw,'chessboard');
d4=bwdist(bw,'quasi-euclidean');
subplot(2,2,1);
isosurface(d1,15);
title('欧几里得距离 ')
axis equal;
view(3);
camlight,lighting gouraud;
subplot(2,2,2);
isosurface(d2,15);
title('城市距离 ')
axis equal;
view(3);
camlight,lighting gouraud;
subplot(2,2,3);
isosurface(d3,15);
title('棋盘距离 ')
axis equal;view(3);
camlight,lighting gouraud;
subplot(2,2,4);
isosurface(d4,15);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('类欧几里得距离 ')
axis equal;
view(3);
camlight,lighting gouraud;
```

运行结果如图11-22所示。

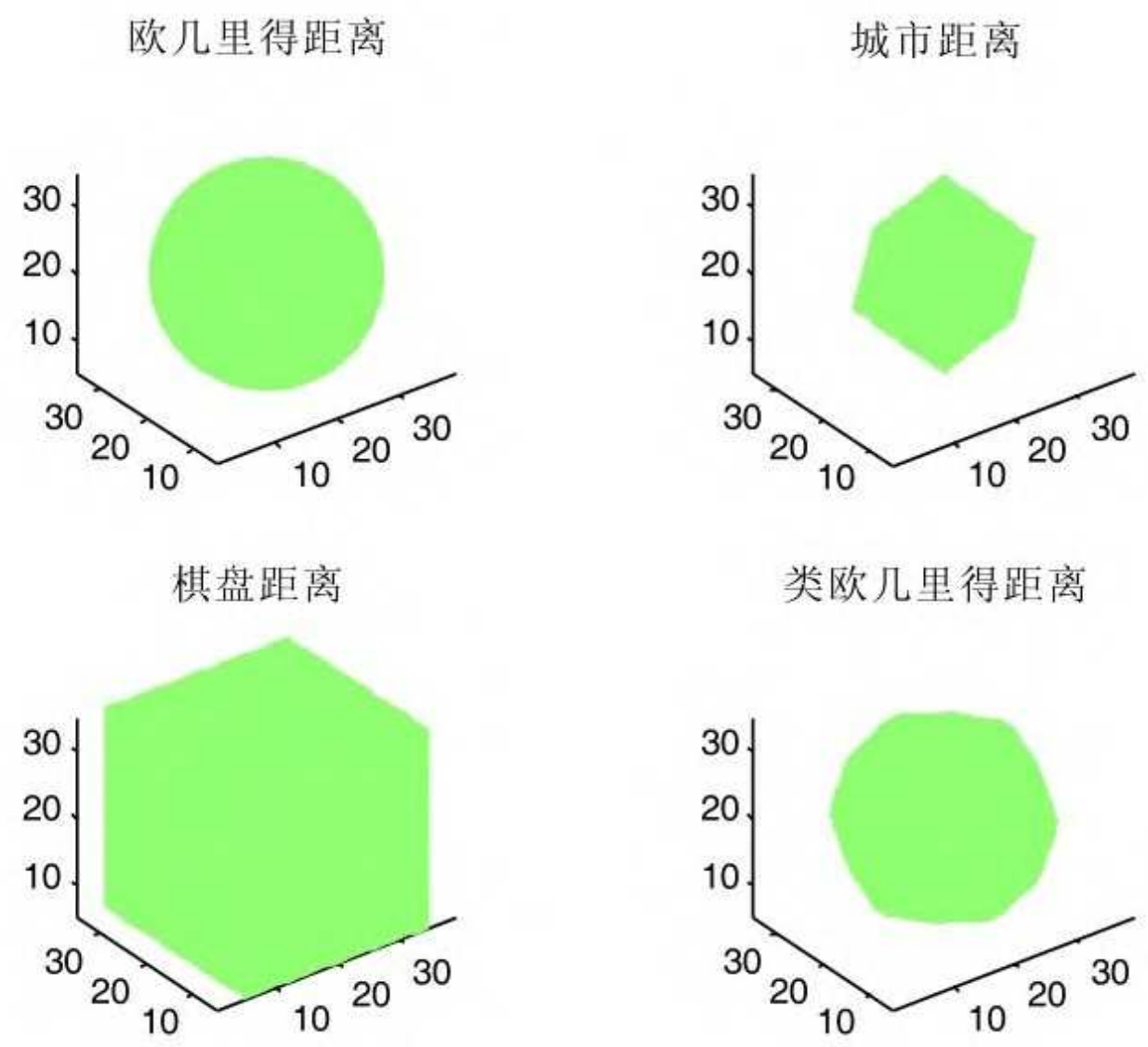


图11-22 三维欧几里得变换

11.4 基于膨胀和腐蚀的数学形态学重建

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图像重建是指两幅图像和一个结构元素的形态学变换，一幅图像为标记图像，是变换的开始点；另一幅图像是掩膜图像，用于约束变换过程。

数学形态学重建可以理解为对标记图像进行重复膨胀，直到标记图像的轮廓适合掩膜图像为止。重建中，标记图像的极值点被展开，就是所谓的膨胀。形态学的重建主要有以下几个特点：

（1）以两幅图像为基础进行重建，其中一幅为标记图像，另一幅为掩膜图像，而不是以一个图像和一个结构元素为基础；

（2）重建基于联通性，而不是结构元素；

（3）直到图像不再变化的时候重建停止。

11.4.1 极大值和极小值

在MATLAB中，imregionalmax函数和imregionalmin函数用于确定所有的极大值和极小值；imextendedmax函数和imextendedmin函数用于确定阈值设定的最大值和最小值。灰度图像作为输入图像，二值图像最为输出图像。当输出图像时，局部极值设定为 1，其他值设定为0。

【例11-24】分别利用imregionalmax函数和imextendedmax函数对图像B进行处理。其中B包含两个主要的局部极大值（14和19）以及相对较小的极大值（12）。

```
B= [10   10   10   10   10   10   10   10   10   10;
    10   14   14   14   10   10   12   10   12   10;
    10   14   14   14   10   10   10   12   10   10;
    10   14   14   14   10   10   12   10   10   10;
    10   10   10   10   10   10   10   10   10   10;
    10   12   10   10   10   19   19   19   10   10;
    10   10   10   12   10   19   19   19   10   10;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
   10   10   12   10   10   19   19   19   10   10;
   10   12   10   12   10   10   10   10   10   10;
   10   10   10   10   10   10   10   12   10   10;]
A1=imregionalmax(B)      %确定局部的极大值的点的位置
A2=imextendedmax  (B,2)      %若把阈值为2加入，则返回矩阵只有两个极大值区域
```

运行结果如下：

```
A1 =
   0   0   0   0   0   0   0   0   0   0
   0   1   1   1   0   0   1   0   1   0
   0   1   1   1   0   0   0   1   0   0
   0   1   1   1   0   0   1   0   0   0
   0   0   0   0   0   0   0   0   0   0
   0   1   0   0   0   1   1   1   0   0
   0   0   0   1   0   1   1   1   0   0
   0   0   1   0   0   1   1   1   0   0
   0   1   0   1   0   0   0   0   0   0
   0   0   0   0   0   0   0   1   0   0
A2 =
   0   0   0   0   0   0   0   0   0   0
   0   1   1   1   0   0   0   0   0   0
   0   1   1   1   0   0   0   0   0   0
   0   1   1   1   0   0   0   0   0   0
   0   0   0   0   0   0   0   0   0   0
   0   0   0   0   0   1   1   1   0   0
   0   0   0   0   0   1   1   1   0   0
   0   0   0   0   0   1   1   1   0   0
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

【例11-25】确定图像的所有极小值和局部极小值

```
i=imread('eight.tif');
A1=imregionalmin(i);        %确定所有极小值
A2=imextendedmin (i,50);        %确定局部极小值
subplot(1,3,1);
imshow(i);
title('原始图像') ;
subplot(1,3,2);
imshow(A1);
title('所有极小值')
subplot(1,3,3);
imshow(A2);
title('局部极小值') ;
```

运行结果如图11-23所示。

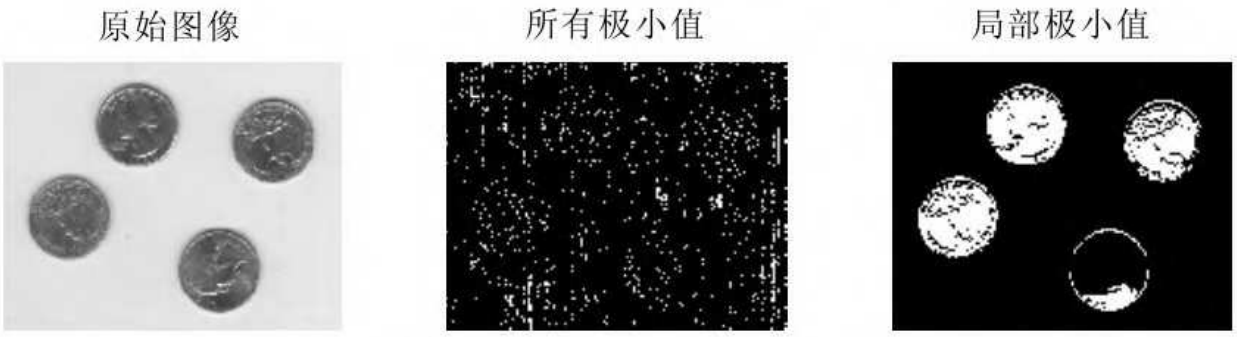


图11-23 确定所有极小值和局部极小值

【例11-26】图像的极大值与极小值变换。

```
i=imread('tire.tif');          %读取图像
subplot(1,3,1);
imshow(i);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('原始图像') ;
m1=false(size(i));
m1(65:70,65:70)=true;
j=i;
j(m1)=255;
subplot(1,3,2);
imshow(j);
title('标记图像上的叠加') ;
k=imimposemin(i,m1);        %抑制极小值
subplot(1,3,3);
imshow(k);
title('抑制极小值') ;
```

运行结果如图11-24所示。



图11-24 极大值与极小值变换

11.4.2 极值的抑制

在MATLAB中，imhmax函数和imhmin函数用于去除那些不明显的局部极值，保留那些明显的极值。

【例11-27】利用imhmax函数对图像B进行处理。其中B包含两个主要的局部极大值（14和19）以及相对较小的极大值（12）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
B= [10   10   10   10   10   10   10   10   10   10;
   10   14   14   14   10   10   12   10   12   10;
   10   14   14   14   10   10   10   12   10   10;
   10   14   14   14   10   10   12   10   10   10;
   10   10   10   10   10   10   10   10   10   10;
   10   12   10   10   10   19   19   19   10   10;
   10   10   10   12   10   19   19   19   10   10;
   10   10   12   10   10   19   19   19   10   10;
   10   12   10   12   10   10   10   10   10   10;
   10   10   10   10   10   10   10   12   10   10;]
A1=imhmax  (B,2)   % imhmax函数仅仅对极大值产生影响，且会保留下两个重要的极大值
```

运行结果如下：

```
A1 =
   10   10   10   10   10   10   10   10   10   10
   10   12   12   12   10   10   10   10   10   10
   10   12   12   12   10   10   10   10   10   10
   10   12   12   12   10   10   10   10   10   10
   10   10   10   10   10   10   10   10   10   10
   10   10   10   10   10   17   17   17   10   10
   10   10   10   10   10   17   17   17   10   10
   10   10   10   10   10   17   17   17   10   10
   10   10   10   10   10   10   10   10   10   10
   10   10   10   10   10   10   10   10   10   10
```

【例11-28】利用imhmin函数对图像进行处理。

```
i=imread('eight.tif');   %读取图像
A=imhmin (i,50);   %利用 imhmin函数对图像进行处理
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(1,2,1);
imshow(i);
title('原始图像') ;
subplot(1,2,2);
imshow(A);
title('抑制极小值') ;
```

运行结果如图11-25所示。

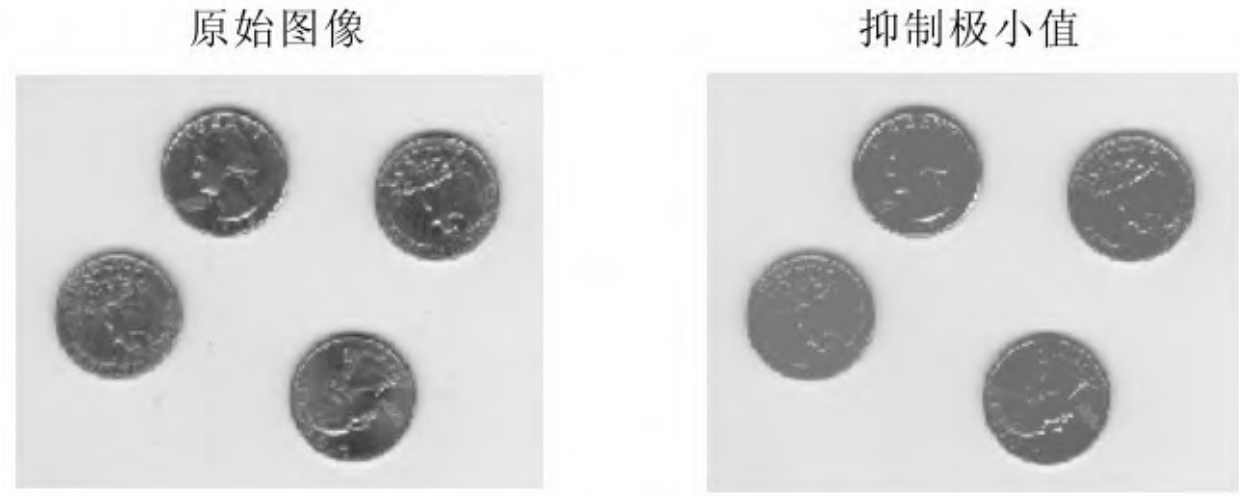


图11-25 抑制极小值

11.4.3 极小值的突显

在MATLAB中，imimposemin用于突显图像中指定区域的极小值。

【例11-29】突出极小值。

```
i=uint8(10*ones(10,10)); %创建一副包括两个明显的局部极小值和一些不太明显的极小值的图像。
i(6:8,6:8)=3;
i(2:4,2:4)=8;
i(3,3)=4;
i(2,9)=9;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
i(3,8)=9;
i(9,2)=9;
i(8,3)=9;
i
```

i1=imextendedmin (i,1) %得到一个二值图像，确定两个最小的极小值的位置。

i2=imimposemin(i,i1) %将标记图像设定为新的极小值。

运行结果如下：

```
i =
   10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
   10 8 8 8 10 10 10 10 9 10
   10 8 4 8 10 10 10 9 10 10
   10 8 8 8 10 10 10 10 10 10
   10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
   10 10 10 10 10 3 3 3 10 10
   10 10 10 10 10 3 3 3 10 10
   10 10 9 10 10 3 3 3 10 10
   10 9 10 10 10 10 10 10 10 10
   10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
i1 =
   0   0   0   0   0   0   0   0   0   0
   0   0   0   0   0   0   0   0   0   0
   0   0   1   0   0   0   0   0   0   0
   0   0   0   0   0   0   0   0   0   0
   0   0   0   0   0   0   0   0   0   0
   0   0   0   0   0   1   1   1   0   0
   0   0   0   0   0   1   1   1   0   0
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    0    0    0    0    0    1    1    1    0    0
    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
i2 =
   11   11   11   11   11   11   11   11   11   11
   11    9    9    9   11   11   11   11   11   11
   11    9    0    9   11   11   11   11   11   11
   11    9    9    9   11   11   11   11   11   11
   11   11   11   11   11   11   11   11   11   11
   11   11   11   11   11    0    0    0   11   11
   11   11   11   11   11    0    0    0   11   11
   11   11   11   11   11    0    0    0   11   11
   11   11   11   11   11   11   11   11   11   11
   11   11   11   11   11   11   11   11   11   11
```

11.5 对象的特性度量

在对图像进行进一步处理之前，往往需要先对图像的目标区域进行标记，获取目标区域的相关属性。MATLAB图像处理工具箱提供了相关的函数，下面将对这些函数进行介绍。

11.5.1 连通区域的标识

在MATLAB中，bwlabel函数和bwlabeln函数用于对二值图像进行标识操作。不同的是bwlabel函数仅支持二维的输入，bwlabeln函数可以支持任意维数的输入。bwlabel函数的调用方法如下：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

L=bwlabel(BW,N)

[L,NUM]= bwlabel(BW,N)

其中，BW表示输入的二值图像；N表示像素的连通性，默认值为8；NUM是参数值，表示在图像BW中找到的连通区域数目。

设二值图像BW如下：

```
BW= [ 1   1   1   0   0   0   0   0;
   1   1   1   0   1   1   1   0;
   1   1   1   0   1   1   1   0;
   1   1   1   0   1   1   1   0;
   1   1   1   0   0   0   0   1;
   1   1   1   0   0   0   0   1;
   1   1   1   0   0   0   1   1;
   0   0   0   0   0   0   0   0;]
L=bwlabel(BW,4)   %调用bwlabel函数，指定连通性为4的像素
L1=bwlabel(BW)   %指定连通性为默认值8的像素
```

运行结果如下：

```
L =
   1   1   1   0   0   0   0   0
   1   1   1   0   2   2   2   0
   1   1   1   0   2   2   2   0
   1   1   1   0   2   2   2   0
   1   1   1   0   0   0   0   3
   1   1   1   0   0   0   0   3
   1   1   1   0   0   0   3   3
   0   0   0   0   0   0   0   0
L1 =
   1   1   1   0   0   0   0   0
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1 1 1 0 2 2 2 0
1 1 1 0 2 2 2 0
1 1 1 0 2 2 2 0
1 1 1 0 0 0 0 2
1 1 1 0 0 0 0 2
1 1 1 0 0 0 2 2
0 0 0 0 0 0 0 0

从L可以看出，bwlabel函数在图像BW中标识出了三个区域，即1、2、3的像素区域；若指定连通性为默认值8的像素，则对象1和对象2合并为一个对象，只得到了两个对象。

bwlabel函数的输出矩阵不是二值图像而是double类型，可以用索引色图label2rgb函数显示该输出矩阵。当显示时，通过将各元素加 1，各个像素值处于索引色图的有效范围内。这样，根据每个物体显示的颜色不同，就很容易区分出各个物体。该函数的调用方法如下：

RGB=label2rgb(L)

RGB=label2rgb(L,MAP)

RGB=label2rgb(L,MAP,ZEROCOLOR)

其中，L为标识矩阵；MAP为颜色矩阵；ZEROCOLOR用于指定标识为0的对象颜色。

【例11-30】求给定图像的区域属性。

```
clear
bw=imread('text.png');
l=bwlabel(bw);
stats=regionprops(l,'all');
stats(23)
```

运行结果如下：

```
ans =
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Area: 48

Centroid: [121.3958 15.8750]

BoundingBox: [118.5000 8.5000 6 14]

SubarrayIdx:{1x2 cell}

MajorAxisLength: 15.5413

MinorAxisLength: 5.1684

Eccentricity: 0.9431

Orientation:-87.3848

ConvexHull: [22x2 double]

ConvexImage: [14x6 logical]

ConvexArea: 67

Image: [14x6 logical]

FilledImage: [14x6 logical]

FilledArea: 48

EulerNumber: 1

Extrema: [8x2 double]

EquivDiameter: 7.8176

Solidity: 0.7164

Extent: 0.5714

PixelIdxList: [48x1 double]

PixelList: [48x2 double]

Perimeter: 35.3137

【例11-31】为显示标识矩阵。

```
i=imread('trees.tif');       %读取图像
subplot(1,2,1);
imshow(i);
title('原始图像') ;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
B=im2bw(i,graythresh(i));
C=bwconncomp(B)
L=labelmatrix(C);       %显示标识矩阵
subplot(1,2,2);
imshow(L);
title('默认彩色显示') ;
```

运行结果如图11-26所示。

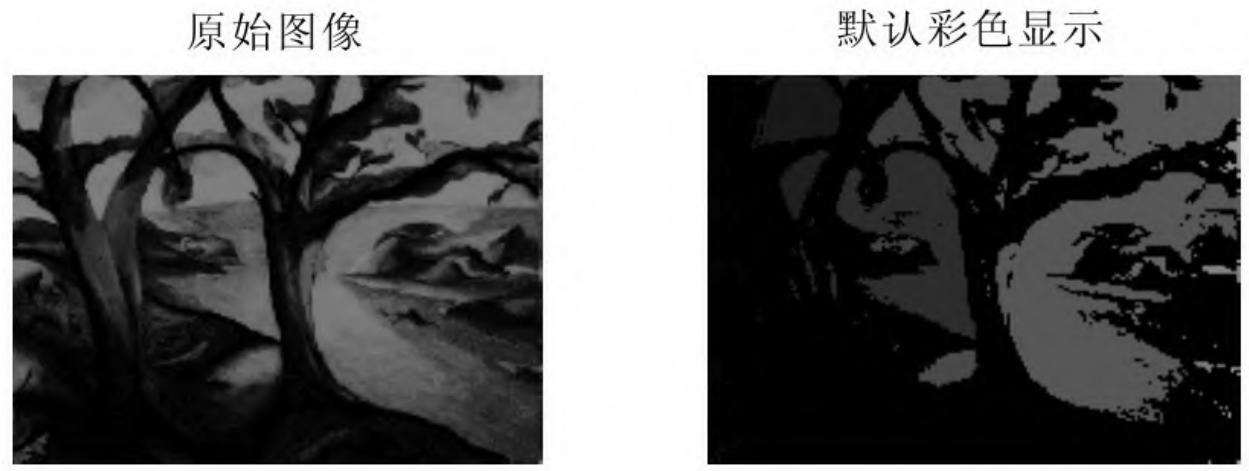


图11-26 标记矩阵的色彩显示

11.5.2 二值图像的对象选择

在MATLAB中，bwselect函数来选择二值图像的对象，该函数的调用方法如下：

```
BW2=bwselect(BW,n)
BW2=bwselect(BW,c,r,n)
```

其中，BW 为输入的二值图像；BW2 为选择了指定的二值图像；(c,r)为指定的选择对象的像素点位置；n为指定对象的连通类型，（默认值为8）。

【例11-32】利用bwselect函数选择字符对象。

```
bw=imread('text.png');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
c=[43 185 212]
r=[38 68 181]
BW2=bwselect(bw,c,r,4)        %利用bwselect函数选择字符对象
subplot(1,2,1);
imshow(bw);
title('原始图像') ;
subplot(1,2,2);
imshow(BW2);
title('对象选择')
```

运行结果如图11-27所示。

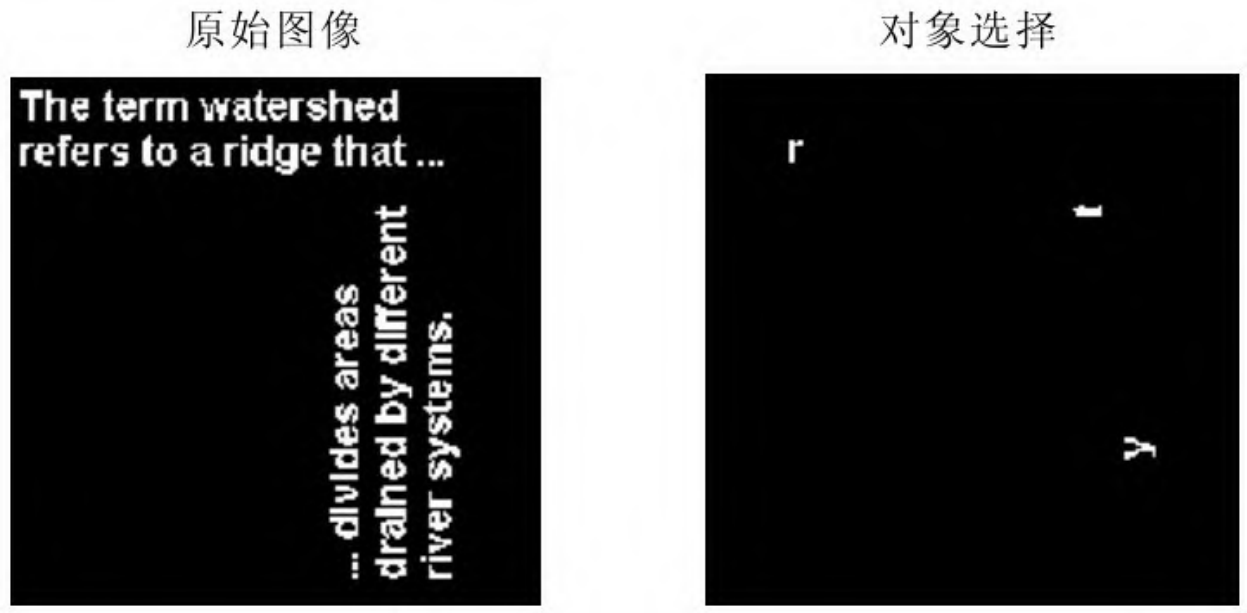


图11-27 选择字符对象

11.5.3 图像面积的计算

在MATLAB中，bwarea函数用于计算二值图像前景（值为1的像素点组成的区域）的面积。bwarea函数的计算是根据不同的像素进行不同的加权。该函数的调用方法如下：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Total=bwarea(BW)

其中，BW是输入的二值图像；Total是返回的面积。

【例11-33】利用bwarea函数计算图像膨胀后的面积增长百分比。

```
>>bw=imread('text.png');
se=ones(5);
bwarea(bw) ;
bw1=imdilate(bw,se);
bwarea(bw1) ;
increase=(bwarea(bw1)-bwarea(bw))/bwarea(bw) %计算图像膨胀后的面积增长百分比
increase =
   1.5463
```

11.6 查找表操作

在MATLAB中，想要提高一些二值图像操作的计算速度，可以采用查找表。查找表作为一个列向量，它保存一个像素领域点的所有可能组合，使得大量的运算转换为查表问题。

11.6.1 查找表的创建

在MATLAB中，makelut函数用于创建2×2和3×3的邻域查找表。该函数的调用方法如下：

lut=makelut(f,n)

表示返回函数f的查找表，n为邻域尺寸（2或3）。

2×2邻域对应的查找表是一个16个元素的向量，3×3的邻域总共有

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

512种排列方式。由于数值越大排列的可能性就越多，超出系统计算的范围，因而查找表不接受更大的数值。

【例11-34】利用makelut函数创建查找表。

```
>>l= inline('sum(x(:)) >= 2');
lut = makelut(l,2)
```

运行结果如下：

```
lut =
    0
    0
    0
    1
    0
    1
    1
    1
    0
    1
    1
    1
    1
    1
    1
```

11.6.2 查找表的使用

在MATLAB中，applylut函数用于对查找表进行操作。该函数的调

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

用方法如下：

A=applylut(bw,l)

其中，l表示有makelut函数返回的查找表；A是使用查找表后返回的图像。

【例11-35】利用applylut函数对图像进行腐蚀处理。

```
l=makelut('sum(x(:))==4',2);
bw=imread('circbw.tif');        %读取图像
bw2=applylut(bw,l);             %进行腐蚀处理
subplot(1,2,1);
imshow(bw);
title('原始图像') ;
subplot(1,2,2);
imshow(bw2);
title('腐蚀处理后的图像') ;
```

运行结果如图11-28所示。

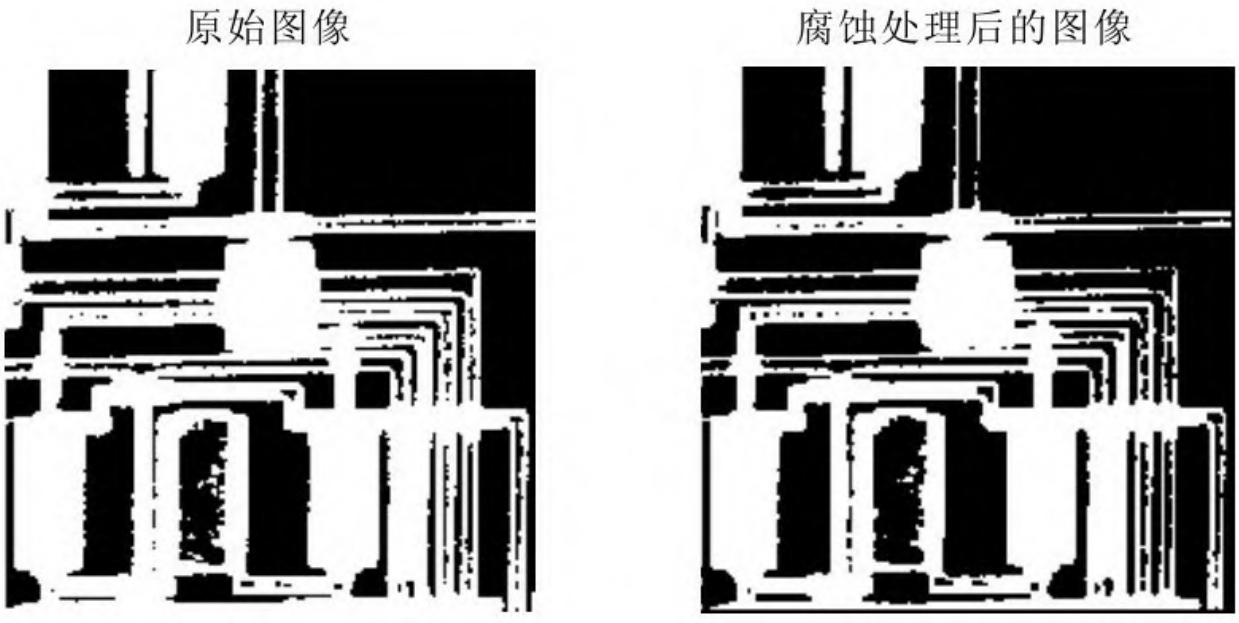


图11-28 用查找表对图像进行腐蚀处理

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

11.7 本章小结

本章首先从形态学的基本操作膨胀和腐蚀入手，对以这两种操作为基础的其他形态学操作进行了介绍。本章在图像处理中所用到的基础内容较多，读者对本章中的所有方法都要仔细研究，熟练掌握。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第12章 MATLAB 图像处理在实际中的应用

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就是数字图像处理。在早期，改善图像的质量，以人为对象，以改善人的视觉效果为图像处理的目的。图像处理中，输入的是质量低的图像，输出的是改善质量后的图像，常用的图像处理方法有图像增强、复原、编码和压缩等。如今，数字图像处理正与当今社会的各个方面紧紧相连，密不可分。本章仅从以下几方面列举一些典型的应用实例，实际应用要远远超出这些范围。

学习目标：

1.学会运用图像处理技术在医学处理方面的应用中所涉及的知识点。

2.掌握识别与统计的应用中基本原理、实现步骤。

3.掌握MATLAB图像处理在车牌识别系统上的应用的原理、方法。

4.图像处理的知识点要融会贯通。

12.1 图像处理技术在医学处理方面的应用

医学影像技术以高效、经济、无创等优点在医疗活动中得到广泛应用。随着人民的生活水平不断提高，人们越来越关注自身健康，提早、准确地发现疾病并予以及时地治疗，不但可以挽回病人的生命、减轻病

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

人痛苦，还可以减轻病人的经济负担。

数字图像处理是一种通过计算机采用一定的算法对图形图像进行处理的技术。在图像处理技术的带动下，现代医学诊断正产生着深刻的变革。各种新的医学成像方法的临床应用，使医学诊断和治疗技术取得了很大的进展，同时将各种成像技术得到的信息进行互补，也为临床诊断及生物医学研究提供了有力的科学依据。因此，医学图像处理技术一直受到国内外有关专家的高度重视。所谓医学图像处理与分析就是借助计算机这一工具，根据临床特定的需要利用数学的方法对医学图像进行各种加工和处理，以便为临床提供更多的诊断信息或数据。

医学图像已经成为现代医学不可或缺的一部分，它的质量直接关系到医生诊断和治疗的准确性。然而，有时获得的医学图像并不是很理想，不能很好地突出病灶部位的信息，这就容易造成医生的误诊或漏诊。因此，对医学图像进行适当的增强处理，使其更能清晰、准确地反映出病灶是非常必要的。医学图像经过图像处理以后，图像质量得到了改善，图像细节更加突出，减少了误诊和漏诊的概率。

12.1.1 图像旋转在医学处理方面的应用

图像的旋转处理是指对图像的水平垂直方向进行调整的过程。在图像处理中，有时需要将图像旋转以获得更好的观测角度，所以有必要在系统中添加图像旋转功能。

【例12-1】对图像进行旋转。

```
a=imread('head.png');
subplot(1,2,1);
imshow(a);
title('原始图像')
b=a(:,:,1);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(1,2,2);
imshow(flipud(b));   %图像的旋转
title('图像旋转180度')
```

测试结果如图12-1所示。

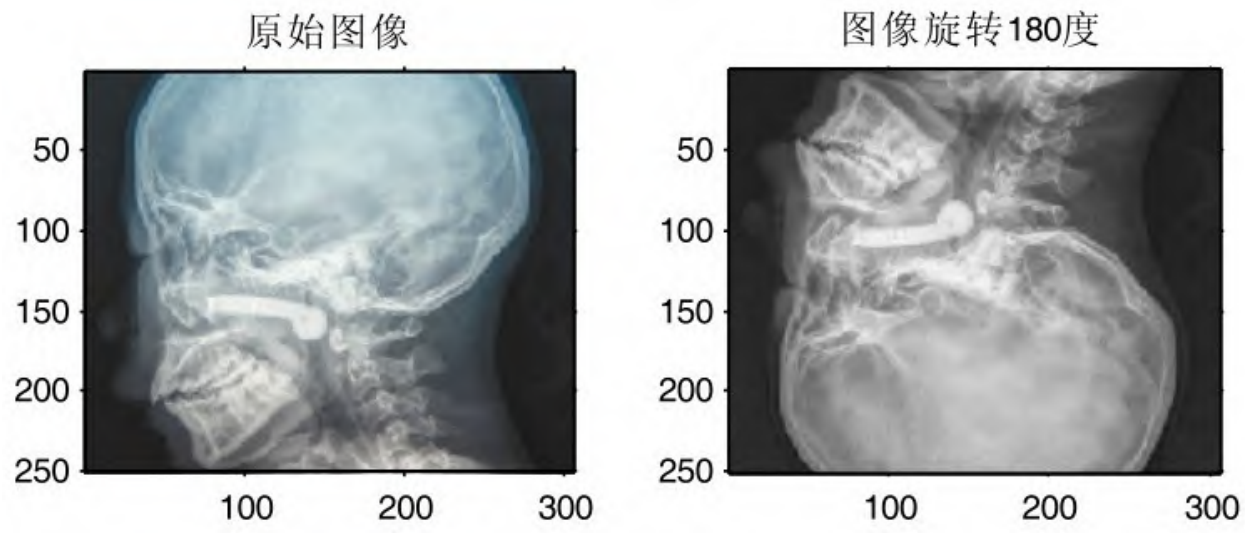


图12-1 图像旋转180度前后对比

12.1.2 图像剪切在医学处理方面的应用

对图像的剪切处理可以调用MATLAB的图像工具箱函数“imcrop”来进行剪切处理。

【例12-2】对图像进行剪切。

```
I=imread('head.png');
subplot(1,2,1);
imshow(I);
title('原始图像')
J=imcrop;          %图像的剪切
subplot(1,2,2);
imshow(J)
title('图像剪切')
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

测试结果如图12-2所示。

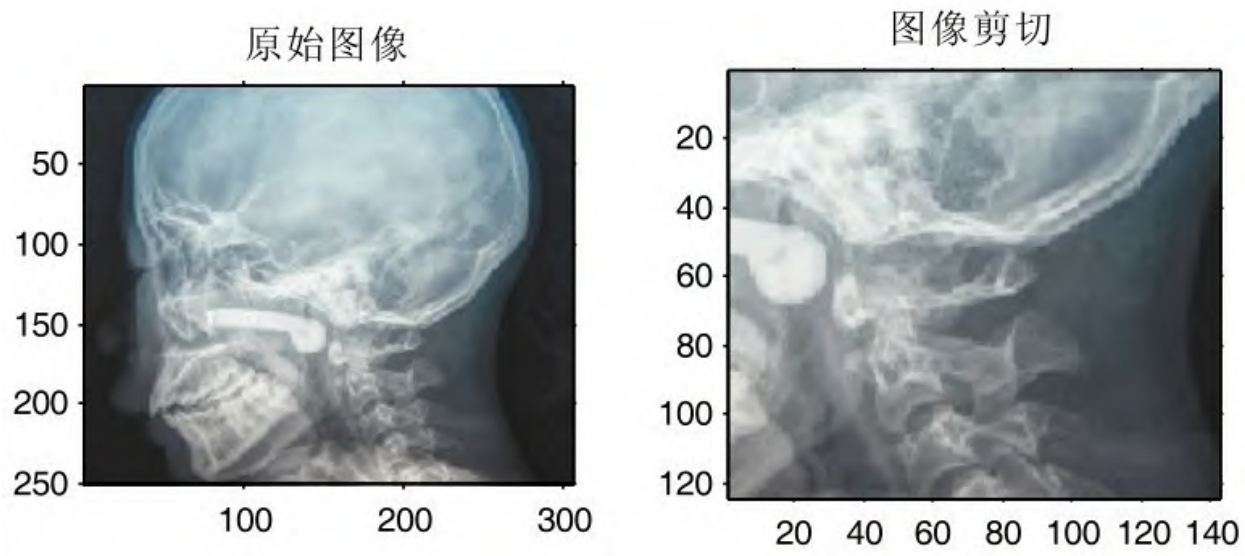


图12-2 图像剪切前后对比

12.1.3 图像负片效果在医学处理方面的应用

在医学图像中，为了较好显示病变区域的边缘脉络或者病变区域大小，常常对图像进行负片显示，从而达到更好的观测效果。图像负片效果可以帮助我们在大片黑色区域中容易观察白色或灰色细节。

【例12-3】对图像进行求反。

```
I=imread('hand.png');
switch class(I)       %图像的求反过程
case'uint8'
m=2^8-1;
I1=m-I;
case'uint16'
m=2^16-1;
I1=m-I;
case'double'
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
m=max(I(:));
I1=m-I;
end
figure;
subplot(1,2,1);
imshow(I);
title('原始图像')
subplot(1,2,2);
imshow(I1);
title('图像负片效果');
```

测试结果如图12-3所示。

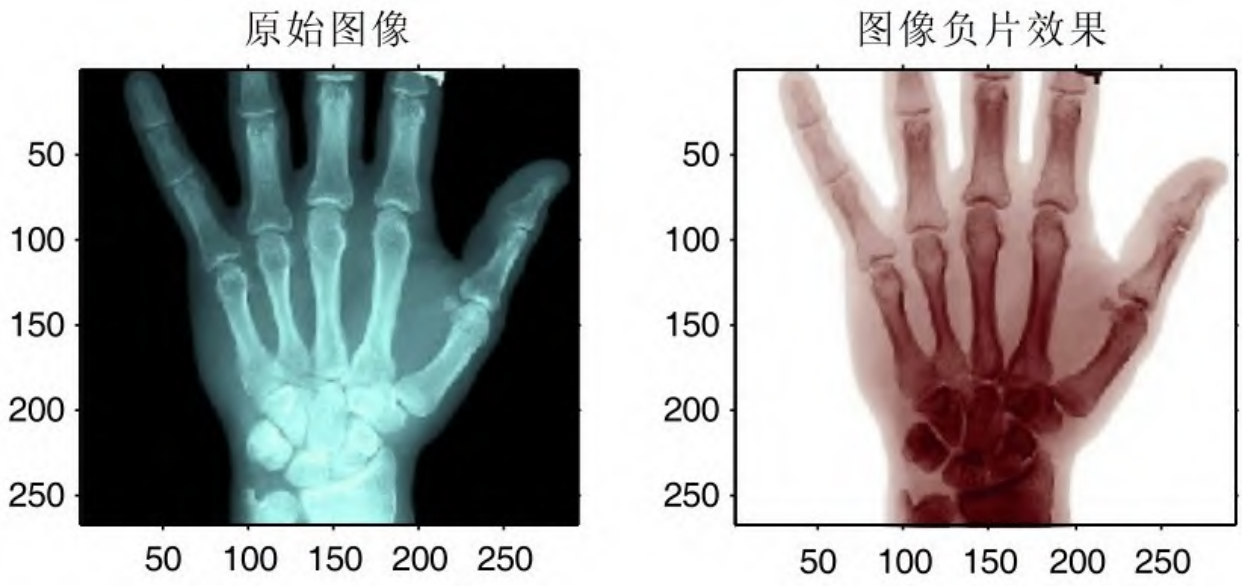


图12-3 图像负片效果对比

12.1.4 灰度变换在医学处理方面的应用

一般成像系统只具有一定的亮度响应范围，常出现对比度不足的弊病，使得人眼观看图像时视觉效果很差；另外，在某些情况下，需要将图像的灰度级整个范围或者其中的某一段扩展或压缩到记录器件输入灰

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

度动态范围之内。

灰度变换是图像增强的另一种重要手段，它可使图像动态范围加大，使图像对比度扩展，图像更加清晰，特征更加明显。

【例12-4】调整图像的灰度。

```
x=imread('hand.png');  %读入一幅图片
y=255-x;          %转化为反色图像
subplot(1,2,1);
imshow(x);
title('原始图像')
subplot(1,2,2);
imshow(y);
title('显示反色图像');
```

测试结果如图12-4所示。

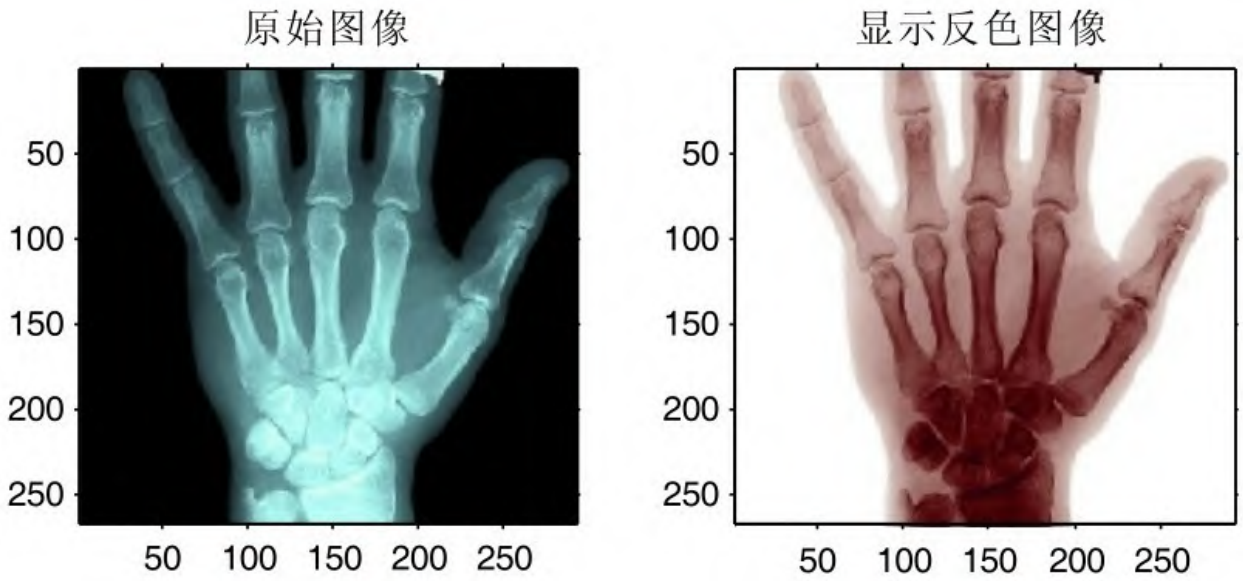


图12-4 图像灰度变换前后对比

12.1.5 直方图均衡化在医学处理方面的应用

直方图均衡化是一种常用的灰度增强算法，是将原图像的直方图经

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

过变换函数修整为均匀直方图，然后按均衡后的直方图修整原图像。

在MTALAB中，可以根据原图像的直方图统计值算出均衡后各像素的灰度值。

【例12-5】对图像的直方图进行均衡化。

```
I = imread('hand.png');
I=rgb2gray(I);
J= histeq(I);       %图像的均衡化
subplot(221);
imshow(I);
title('原始图像')
subplot(222);
imshow(J);
title('均衡化图像')
subplot(223);
imhist(I,64)
title('原始图像直方图')
subplot(224);
imhist(J,64)
title('均衡化直方图')
```

测试结果如图12-5所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

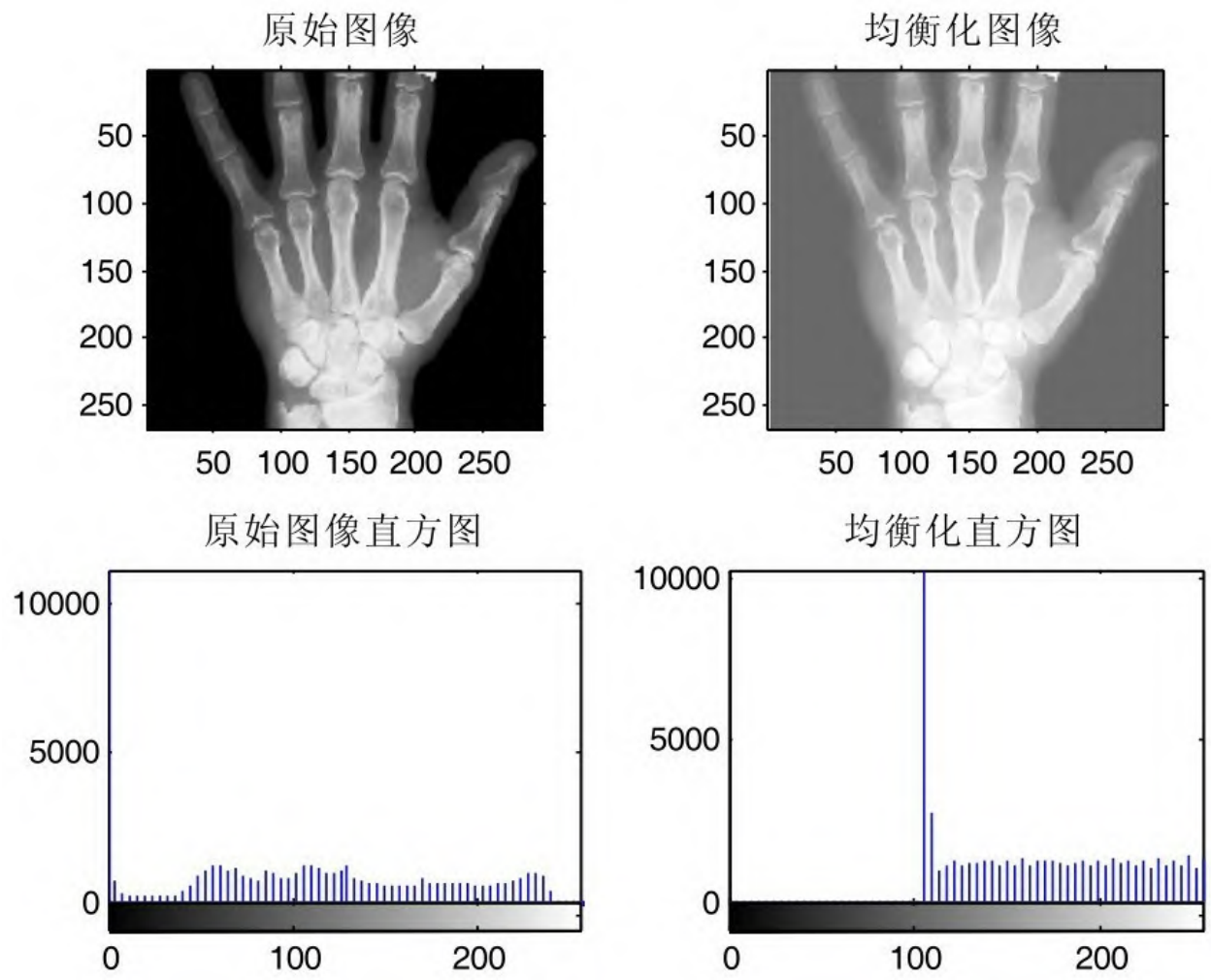


图12-5 图像直方图均衡化前后对比

12.1.6 锐化效果在医学处理方面的应用

锐化技术可以在空间域中进行，常用的方法是对图像进行微分处理，也可以在频域中运用高通滤波技术处理。能够进行锐化处理的图像必须要求有较高的信噪比，否则，图像锐化后，信噪比更低。因为锐化将使噪声受到比信号还强的增强，故必须小心处理。一般是先去除或减轻干扰噪声后，才能进行锐化处理。

图像在传输和变换过程中会受到各种干扰而退化，比较典型的就是图像模糊，图像锐化的目的就是使边缘和轮廓线模糊的图像变得清晰，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

并使其细节清晰。

【例12-6】对图像进行锐化处理。

```
J=imread('hand.png')
figure,
subplot(121);
imshow(J);
title('原始图像');
J=double(J);
lapMatrix=[1 11;1 -8 1;1 11];        %拉普拉斯模板
J_tmp=imfilter(J,lapMatrix,'replicate');    %滤波
I=imsubtract(J,J_tmp);              %图像相减
subplot(122);
imshow(I),
title('锐化图像');
```

测试结果如图12-6所示。

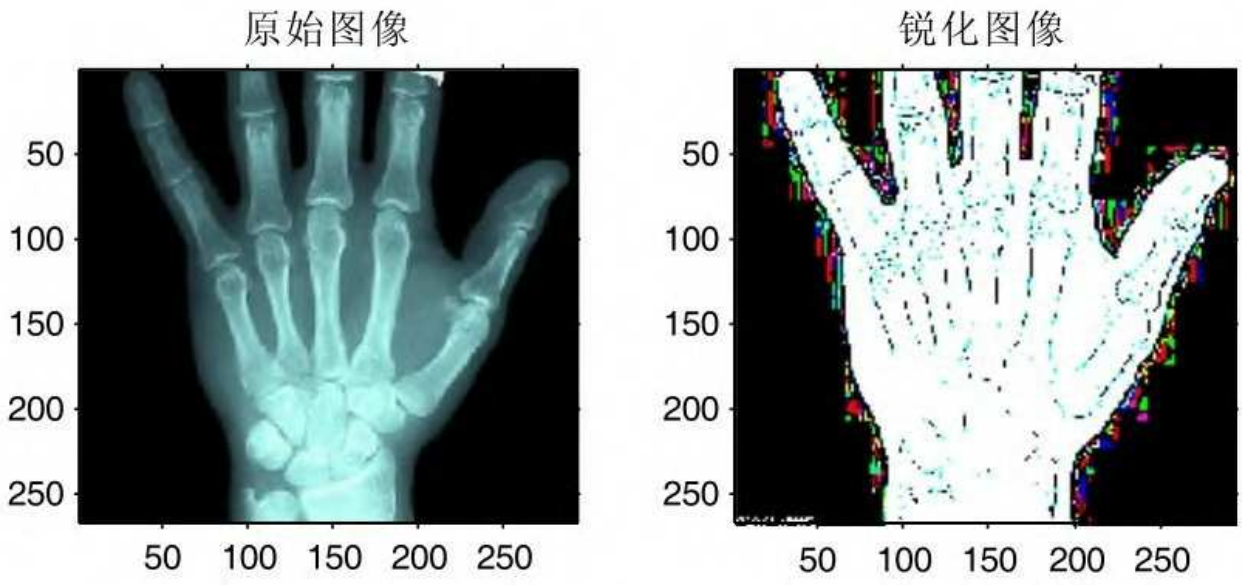


图12-6 图像锐化前后对比

12.1.7 边缘检测效果在医学处理方面的应用

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图像边缘对图像识别和计算机分析十分有用，边缘能勾画出目标物体，使观察者一目了然；边缘蕴含了丰富的内在信息（如方向、阶跃性质、形状等），是图像识别中重要的图像特征之一。从本质上说，图像边缘是图像局部特性不变的连续性（灰度突变、颜色突变、纹理结构突变等）的反映，它标志着一个区域的终结和另一个区域的开始。

为了计算方便起见，通常选择一阶和二阶导数来检测边界，利用求导方法可以很方便地检测到灰度值的不连续效果。边缘的检测可以借助空域微分算子利用总卷积来实现。常用的微分算子有梯度算子和拉普拉斯算子等，这些算子不但可以检测图像的二维边缘，还可检测图像序列的三维边缘。

【例12-7】利用多种算子显示图像边缘检测的效果。

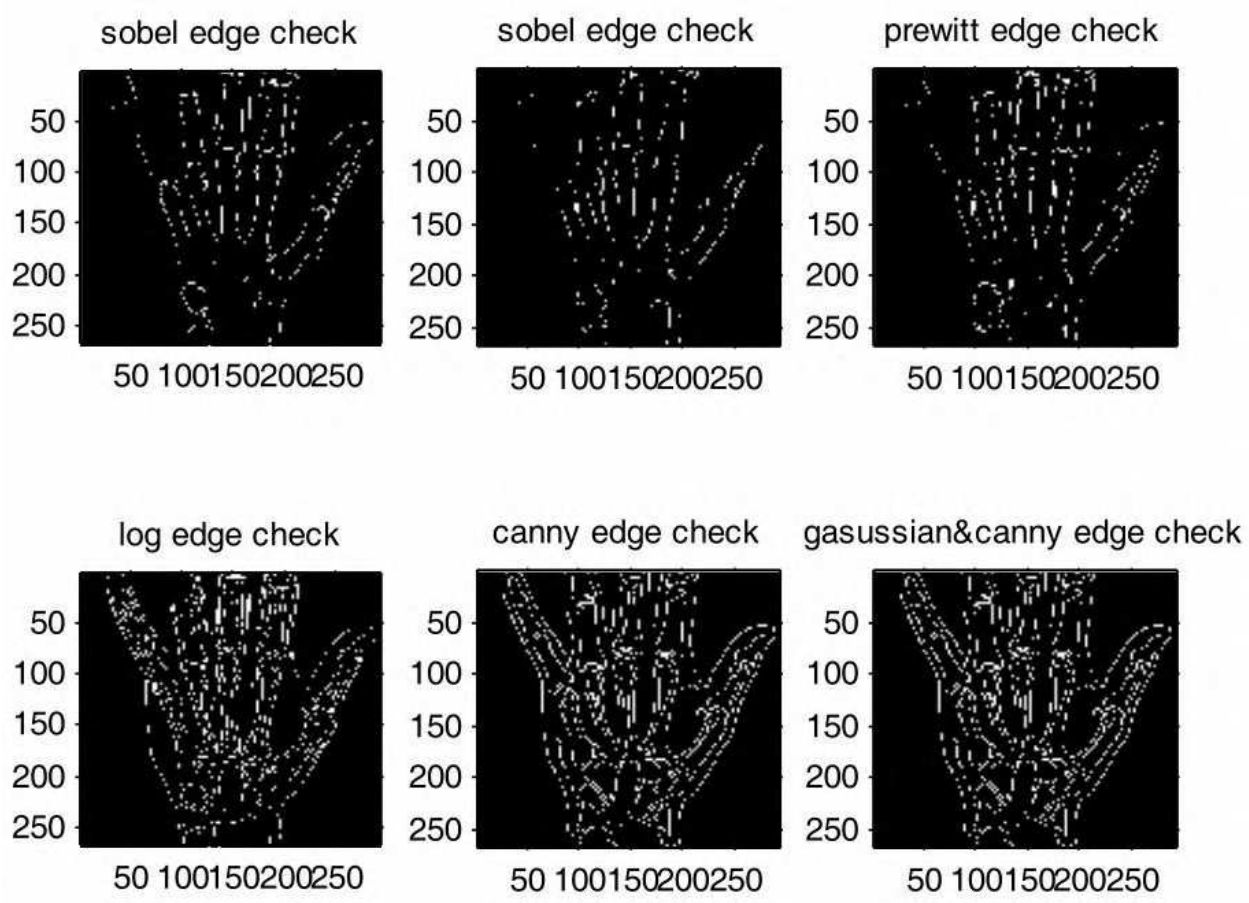
```
M=imread('hand.png');       %提取图像
I=rgb2gray(M);
BW1=edge(I,'sobel');        %用Sobel算子进行边缘检测
BW2=edge(I,'roberts');      %用Roberts算子进行边缘检测
BW3=edge(I,'prewitt');      %用prewitt算子进行边缘检测
BW4=edge(I,'log');        %用 log算子进行边缘检测
BW5=edge(I,'canny');        %用 canny算子进行边缘检测
h=fspecial('gaussian',5);   %高斯低通滤波器
BW6=edge(I,'canny');        %滤波之后的 canny检测
subplot(2,3,1),
imshow(BW1);
title('sobel edge check');
subplot(2,3,2),
imshow(BW2);
title('sobel edge check');
subplot(2,3,3),
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imshow(BW3);
title('prewitt edge check');
subplot(2,3,4),
imshow(BW4);
title('log edge check');
subplot(2,3,5),
imshow(BW5);
title('canny edge check');
subplot(2,3,6),
imshow(BW6);
title('gasussian&canny edge check');
```

运行结果如图12-7所示。



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图12-7 图像边缘检测前后对比

12.2 MATLAB 识别与统计的应用

待处理图像（图像有明显的噪音，部分染色体有断开和粘连）的情况如图12-8所示。

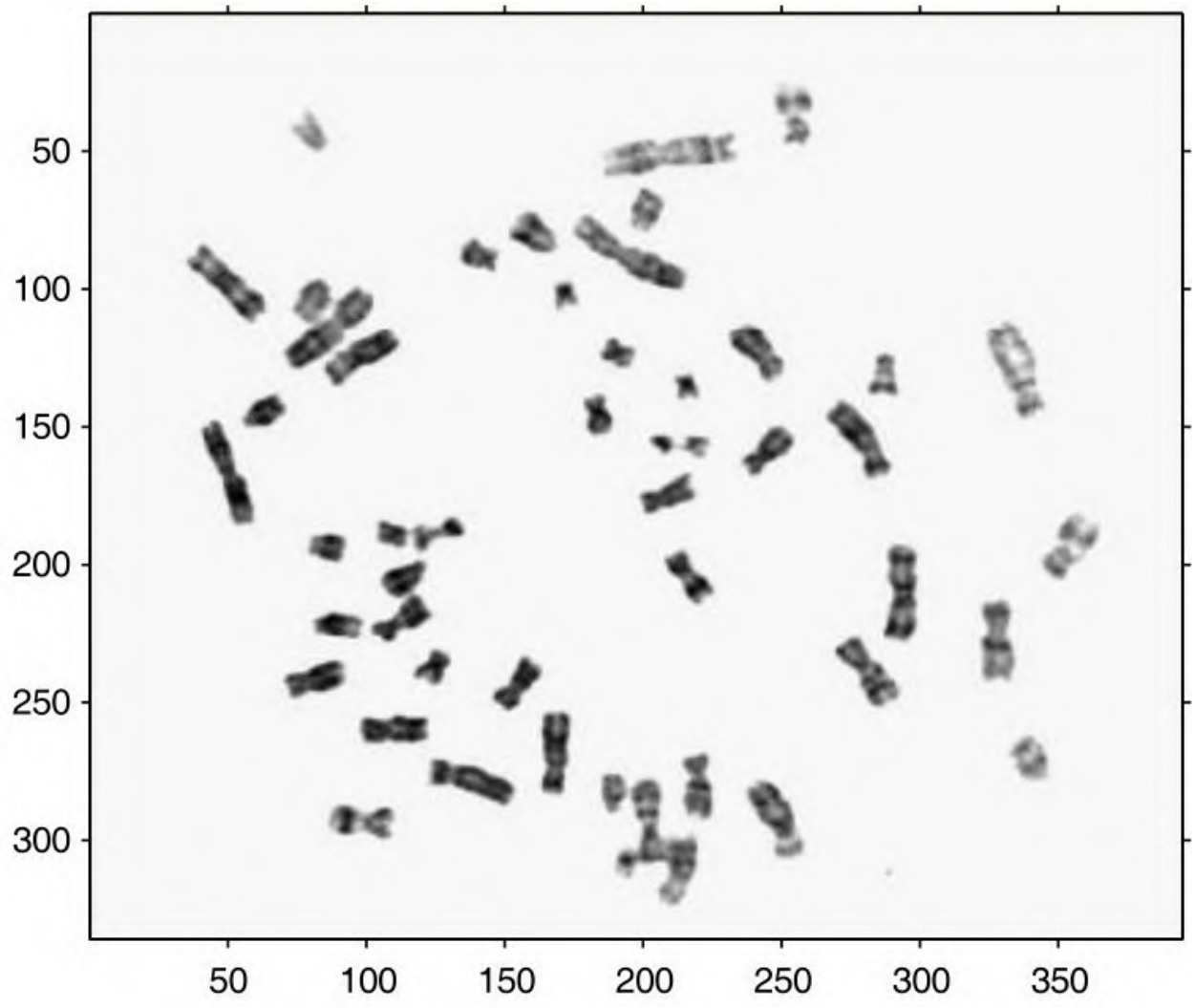


图12-8 有明显的噪音染色体图像

要识别其中的染色体并统计其数目，基本方法如下。

（1）读取待处理的图像，将其转化为灰度图像，然后反白处理。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
I = imread('chrimage.bmp');
I2 = rgb2gray(I);
s = size(I2);
I4 = 255*ones(s(1), s(2), 'uint8');
I5 = imsubtract(I4,I2);
```

（2）对图像进行中值滤波去除噪音。采用5×5的卷积因子能取得较好的效果。

```
I3 = medfilt2(I5,[5 5]);
```

（3）将图像转化为二值图像。采用门限值为 0.3 附近时没有染色体断开和粘连，便于后期统计。

```
I3 = imadjust(I3);
bw = im2bw(I3, 0.3);
```

在此步骤，如果使用graythresh函数自动寻找门限，得到的图像染色体断开的比较多，此时可以将白色区域膨胀，使断开的的染色体连接。

```
level = graythresh(I3);
bw = im2bw(I3,level);
se = strel('disk',5);
bw = imclose(bw,se);
```

两种方法相比，前者对染色体面积的计算比较准确，后者对不同图像的适应性较强。下面的步骤将基于前一种方法。

（4）去除图像中面积过小的，可以肯定不是染色体的杂点。这些杂点一部分是滤噪没有滤去的染色体附近的小毛糙，一部分是图像边缘亮度差异产生的。

```
bw = bwareaopen(bw, 10);
```

（5）标记连通的区域，以便统计染色体数量与面积。

```
[labeled,numObjects] = bwlabel(bw,4);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（6）用颜色标记每一个染色体，以便直观显示。此时染色体的断开与粘连问题已基本被解决。最终效果如图12-9所示。

```
RGB_label=label2rgb(labeled,@spring,'c','shuffle');
```

（7）统计被标记的染色体区域的面积分布，显示染色体总数。

```
chrdata = regionprops(labeled,'basic')
allchrs = [chrdata.Area];
num = size(allchrs)
nbins = 20;
figure,hist(allchrs,nbins);
title(num(2))
```

至此，染色体识别与统计完成。此方法采用MATLAB已有的函数，简单且快捷。

整个程序代码如下：

```
I = imread('chrimage.bmp');
subplot(2,2,1),
imshow(I);
I2 = rgb2gray(I);
s = size(I2);
I4 = 255*ones(s(1), s(2), 'uint8');
I5 = imsubtract(I4,I2);
I3 = medfilt2(I5,[5 5]);
I3 = imadjust(I3);
bw = im2bw(I3, 0.3);
bw= bwareaopen(bw, 10);          %去除图像中面积过小的
subplot(2,2,2),
imshow(bw);
[labeled,numObjects]= bwlabel(bw,4);      %标记连通的区域
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

RGB_label=label2rgb(labeled,@spring,'c','shuffle');%用颜色标记每一个染色体

```
subplot(2,2,3),
imshow(RGB_label);
chrdata = regionprops(labeled,'basic')
allchrs = [chrdata.Area];
num = size(allchrs)
nbins = 20;
subplot(2,2,4),
hist(allchrs,nbins);
title(num(2))
```

测试结果如图12-9所示。

```
chrdata =
46x1 struct array with fields:
    Area
    Centroid
    BoundingBox
num =
    1    46
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

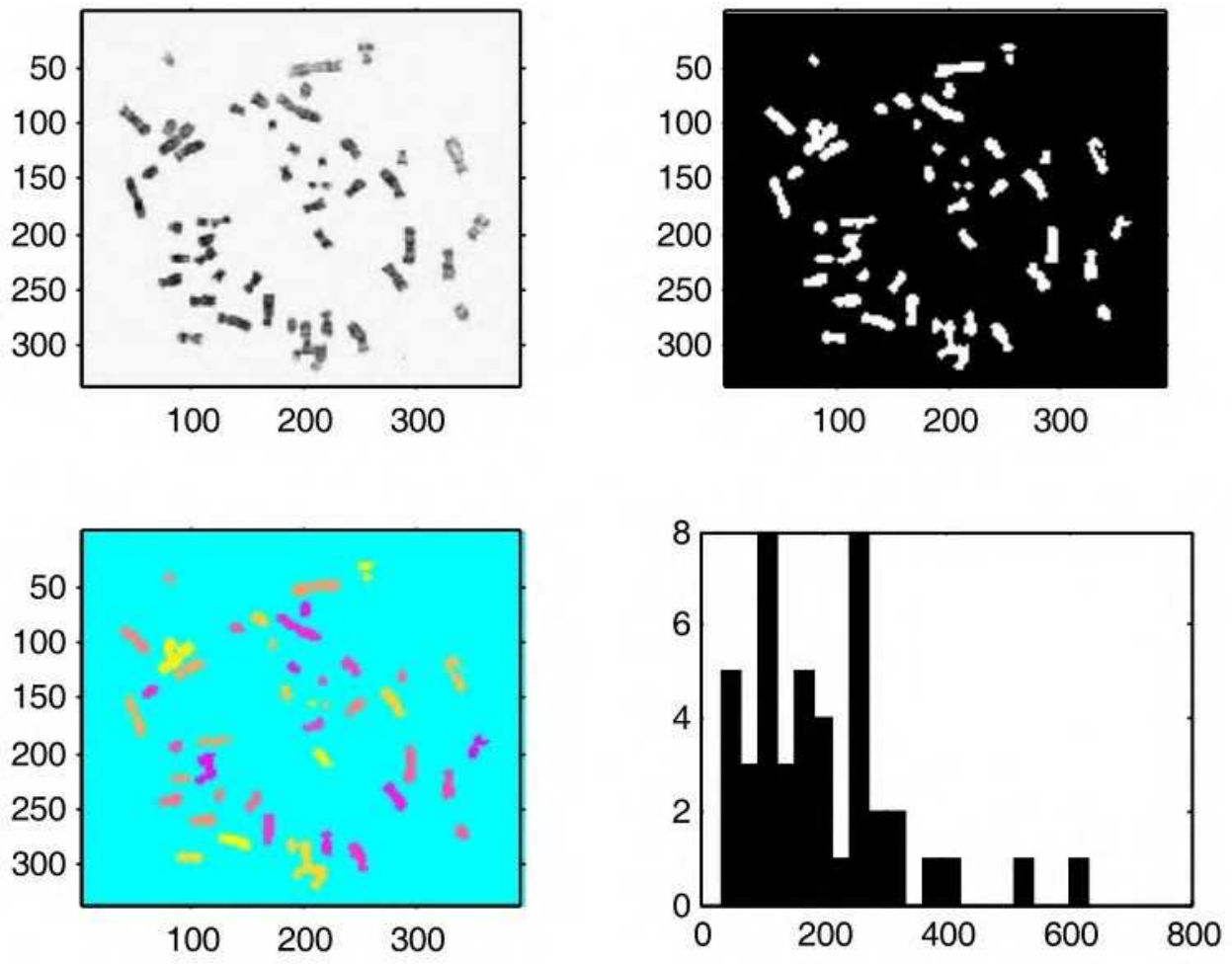


图12-9 染色体识别与统计图

12.3 MATLAB 图像处理在车牌识别系统上的应用

随着公路逐渐普及，人工管理方式已经不能满足实际的需要，微电子、通信和计算机技术在交通领域的应用极大地提高了交通管理效率，汽车牌照的自动识别技术已经得到了广泛应用。

12.3.1 车牌识别研究内容

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

车牌系统是计算机视觉和模式识别技术在智能交通领域的重要应用课题之一。车牌识别系统是一特定目标位对象的专用计算机系统，该系统能从一幅图像中自动提取车牌图像、自动分割字符，进而对分割字符的图像进行图像识别。系统一般由硬件和软件构成。硬件设备一般由车体感应设备、辅助光源、摄像机、图像采集卡和计算机组成。软件部分是系统的核心，主要实现车牌字符的识别功能。

车牌识别学科主要有模式识别、人工智能、图像处理、计算机视觉和信号处理等。这些领域的许多技术都可以应用到车牌识别系统中，车牌识别技术的研究也必然推动这些相关学科的发展。车牌识别的关键技术有车牌定位、字符切割和字符识别等。

车牌定位是要完成从图像中确定车牌位置并提取车牌区域图像，目前常用的方法有基于直线检测的方法、机遇与域值化的方法、基于灰度边缘检测方法、基于彩色图像的车牌分割方法、神经网络法和基于矢量量化的牌照定位方法等。

字符切割时完成车牌区域图像的切分处理从而得到所需要的单个字符图象。目前常用的方法有基于投影的方法和基于连通字符的提取等方法。

字符识别是利用字符识别的原理识别提取出的字符图像，目前常用的方法有基于模板匹配的方法、基于特征的方法和神经网络法等。

12.3.2 车牌识别系统设计原理概述

一个完整的车牌号识别系统要完成从图像采集到字符识别输出，过程相当复杂，基本可以分成硬件部分和软件部分。硬件部分包括系统触发、图像采集，软件部分包括图像预处理、车牌位置提取、字符分割、字符识别四大部分。

车牌号图像识别要进行牌照号码、颜色识别　　。为了进行牌照识

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

别，需要以下几个基本的步骤：

（1）牌照定位，定位图片中的牌照位置；

（2）牌照字符分割，把牌照中的字符分割出来；

（3）牌照字符识别，把分割好的字符进行识别，最终组成牌照号码。

牌照识别过程中，牌照颜色的识别依据算法不同，可能在上述不同步骤实现，通常与牌照识别互相配合、互相验证。

1.牌照定位

自然环境下，由于汽车图像背景复杂、光照不均匀等原因，如何在自然背景中准确地确定牌照区域是整个识别过程的关键。

一般采用的方案是首先对采集到的视频图像进行大范围相关搜索，找到符合汽车牌照特征的若干区域作为候选区，然后对这些侯选区域做进一步分析、评判，最后选定一个最佳的区域作为牌照区域，并将其从图象中分割出来。通过以上步骤，牌照一般能够被定位。

2.牌照字符分割

在完成牌照区域的定位后，还需要将牌照区域分割成单个字符，然后进行字符识别，最后输出结果。

字符分割一般采用垂直投影法。由于字符在垂直方向上的投影必然在字符间或字符内的间隙处取得局部最小值的附近，并且这个位置应满足牌照的字符书写格式、字符、尺寸限制和一些其他条件。所以利用垂直投影法对复杂环境下的汽车图像的字符分割有较好的效果。

3.牌照字符识别

字符识别方法目前主要的算法有两种，即基于模板匹配算法和基于人工神经网络算法。基于模板匹配算法首先将分割后的字符二值化，并将其尺寸大小缩放为字符数据库中模板的大小，然后与所有的模板进行匹配，最后选最佳匹配作为结果。基于人工神经网络的算法有两种：一种是先对待识别字符进行特征提取，然后用所获得的特征来训练神经网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

络分配器；另一种是直接把待处理图像输入网络，由网络自动实现特征提取直至识别出结果。

实际应用中，牌照识别系统的识别率与牌照质量和拍摄质量密切相关。牌照质量会受到各种因素的影响，如生锈、污损、油漆剥落、字体褪色、牌照被遮挡、牌照倾斜、高亮反光、多牌照、假牌照等等；实际拍摄过程也会受到环境亮度、拍摄亮度、车辆速度等因素的影响。这些影响因素不同程度上降低了牌照的识别率，这也正是牌照识别系统的困难和挑战所在。为了提高识别率，除了不断的完善识别算法，还应该想办法克服各种光照条件，使采集到的图像最利于识别。

12.3.3 图像读取及车牌区域提取

图像读取及车牌区域提取的主要步骤有：图像灰度图转化、图像边缘检测、灰度图腐蚀、图像的平滑处理以及车牌区域的边界值计算。

目前比较常用的图像格式有*.BMP、*.JPG、*.GIF、*.PCX、*.TIFF等，本章采集到的图片是*.JPG 的格式。*.JPG是由一个软件开发联合会组织制定的有损压缩格式，能够将图像压缩在很小的储存空间，而且广泛支持 Internet 标准，是目前使用最广的图片保存和传输格式，大多数摄像设备都以*.JPG格式保存。

相对应的程序段如下：

```
[fn,pn,fi]=uigetfile('BMW.jpg','选择图片'); %读入图片
I=imread([pn fn]);
figure,
imshow(I);
title('原始图像');              % 显示原始图像
```

显示原始如图12-10所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图12-10 图像读取及车牌区域提取

1.图像灰度图转化

车牌颜色及其RGB值如下：蓝底（0,0,255）白字（255,255,255）、黄底（255,255,0）黑字（0,0,0）、黑底（0,0,0）白字（255,255,255）、红底（255,0,0）黑字（0,0,0）。由于车牌的底色不同，所以从RGB图像直接进行车牌区域提取存在很大困难，但不管哪种底色的车牌，其底色与上面的字符颜色的对比度大，将RGB图像转化成灰度图像时，车牌底色跟字符的灰度值会相差很大。

例如蓝色（255,0,0）与白色（255,255,255）在R 通道中并无区分，而在G、R 通道或是灰度图象中数值相差很大。同理，对白底黑字的牌照可用R 通道，绿底白字的牌照可以用G 通道就可以明显呈现出牌照区域的位置，便于后续处理。

相对应的程序段如下：

```
Im1=rgb2gray(I);
figure(2),
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(1,2,1),
imshow(Im1);
title('灰度图');
figure(2),
subplot(1,2,2),
imhist(Im1);
title('灰度图的直方图');      %显示图像的直方图
```

图像灰度图转化效果如图12-11所示。

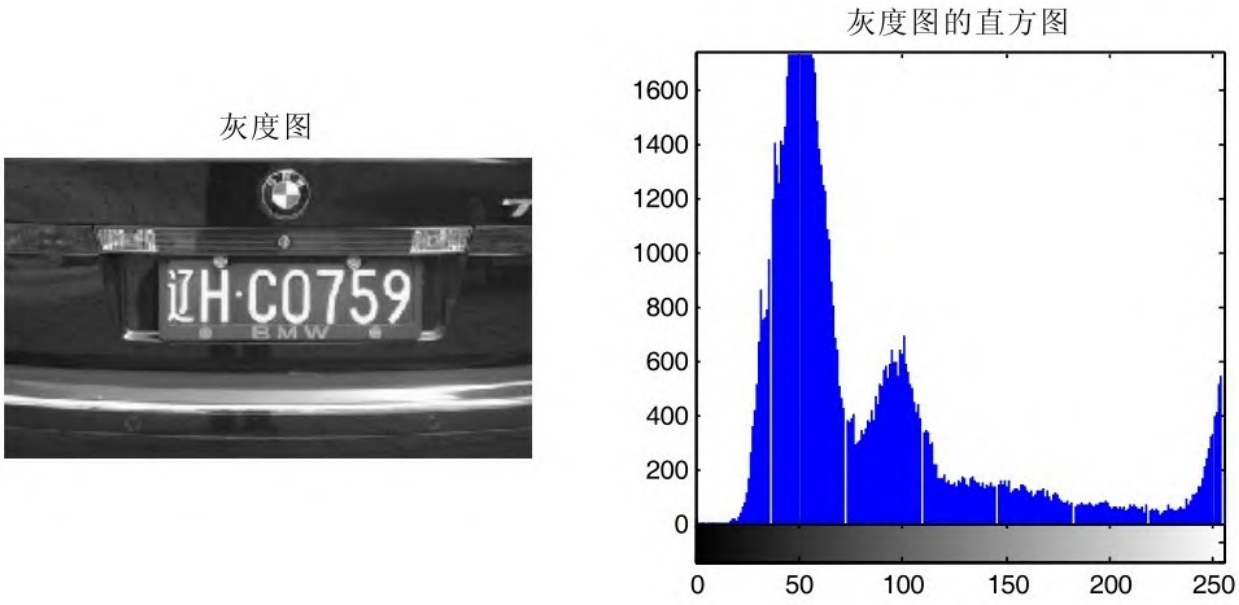


图12-11 图像灰度图转化

通过图形的对比分析，原始图中车牌区域的灰度明显不同于其他区域，蓝底部分最为明显。经过程序运行出来的灰度图可以比较容易的识别出车牌的区域，达到了预期的灰度效果。

2.增强灰度图

对于光照条件不理想的图像，可先进行一次图像增强处理，使得图像灰度动态范围扩展和对比度增强，再进行定位和分割，这样可以提高分割的正确率。

相对应的程序段如下：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
Tiao=imadjust(Im1,[0.19,0.78],[0,1]);        %调整图片
figure(3),
subplot(1,2,1),
imshow(Tiao);
title('增强灰度图');
figure(3),
subplot(1,2,2),
imhist(Tiao);
title('增强灰度图的直方图');
```

灰度增强效果图如图12-12所示。

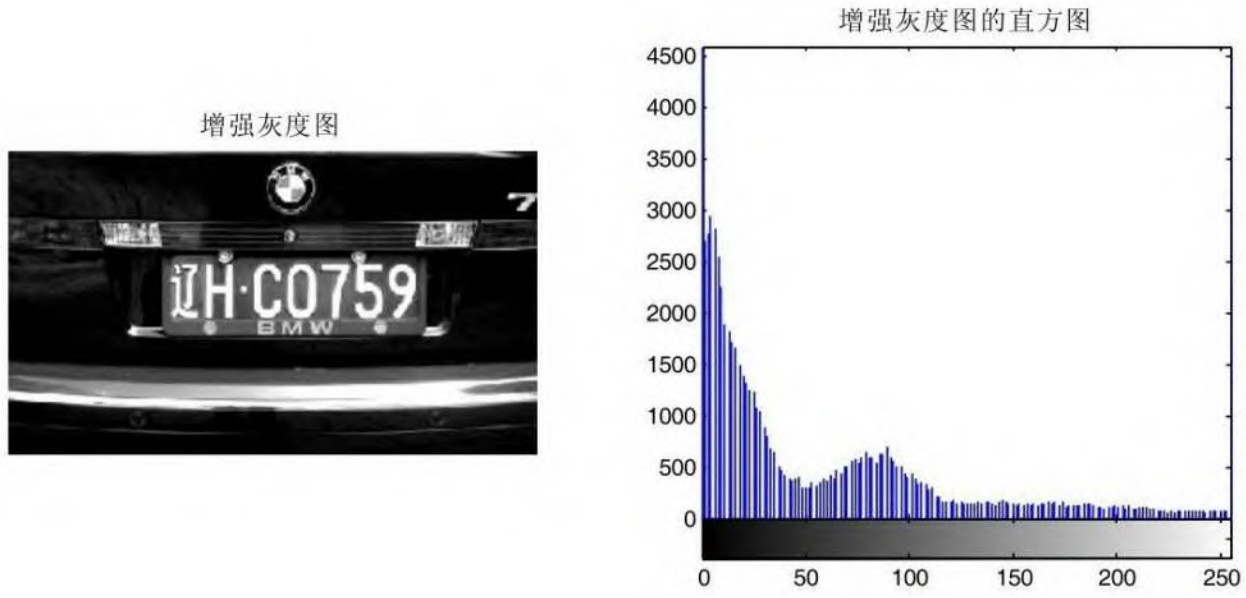


图12-12 增强灰度图

3.图像的边缘检测

在MATLAB中利用函数edge()实现边缘检测，本例中的用法如下所示：

```
Im2=edge(Im1,'sobel',0.15,'both');
```

在edge()函数中有sobel算子，Prewitt算子，Roberts算子，Log算子以及Canny算子，几种算法相比之下，sobel 算子是一组方向算子，从不

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

同的方向检测边缘。Sobel　算子不是简单的求平均再差分，而是加强了中心像素上下左右四个方向像素的权重。运算结果是一副边缘图像。Sobel算子通常对灰度渐变和噪声较多的图像处理得较好。因此，本例中使用了sobel算子。

相对应的程序段如下：

```
Im2=edge(Im1,'sobel',0.15,'both');　%使用 sobel算子进行边缘检测
figure(4),
imshow(Im2);
title('sobel算子实现边缘检测')
```

边缘检测效果图如图12-13所示。



图12-13 sobel算子实现边缘检测

从边缘效果图可以看出，经过处理以后车牌的轮廓已经非常明显了，车牌区域及汽车标志的边缘呈现白色条纹，基本上达到了边缘检测的效果。但是，在车牌附近的其他区域也由于各种干扰的影响，也存在

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

一些白色区域。所以要对图像做进一步的处理，用灰度图腐蚀来消除多余的边界点。

4.灰度图腐蚀

所谓腐蚀即一种消除边界点，使边界向内部收缩的过程。利用它可以消除小而且无意义的物体。腐蚀的规则是输出图像的最小值是输入图像邻域中的最小值，在一个二值图像中，只要有一个像素值为0，则相应的输出像素值为0。假设B对X腐蚀所产生的二值图像E是满足以下条件的点（x,y)的集合：如果B的原点平移到点（x,y），那么B将完全包含于X中。

本例子使用imerode()函数：

Im3=imerode(Im2,se)；

其中，结构元素se又被形象地称为刷子，用于测试输入图像，一般比待处理图像小很多。结构元素的大小形状任意，一般是二维的。二维结构元素为数值0和1组成的矩阵，结构元素中数值为1的点决定结构元素的领域像素在进行腐蚀操作时是否需要参加运算。

结构元素太大，会造成腐蚀过度，造成信息丢失，太小起不到预期的效果，这里使用3×1的矩阵的线性结构元素，即se=[1;1;1]。

相对应的程序段如下：

```
se=[1;1;1];
Im3=imerode(Im2,se);        %图像腐蚀
figure(5),
imshow(Im3);
title('腐蚀效果图');
se=strel('rectangle',[25,25]);   %创建由指定形状的结构元素
```

腐蚀后如图12-14所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

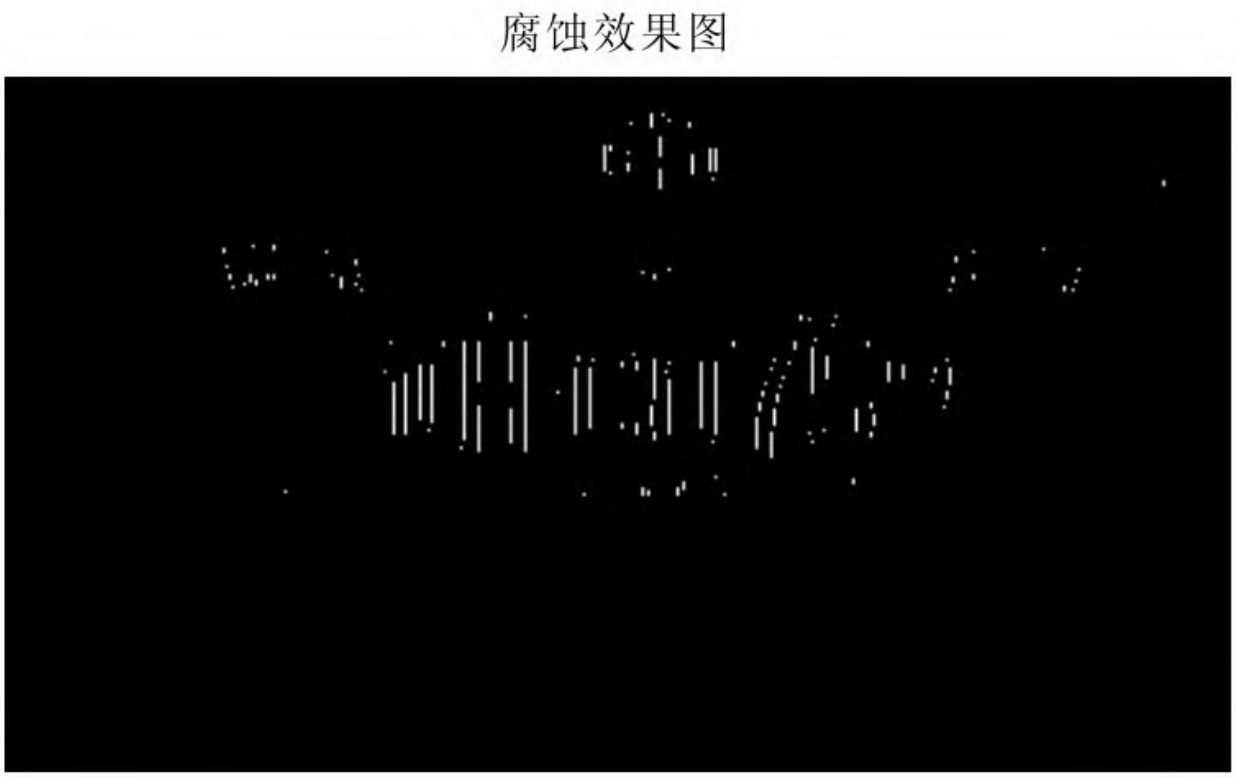


图12-14 灰度图腐蚀

从腐蚀的结果分析，腐蚀的目的是消除小而无意义的物体，对比边缘效果检测图与腐蚀效果图可以看出，在边缘检测图中还有的小的无意义的图像已经被完全消除了，留下来的仅仅是车牌区域以及车的标志。已经得到了车牌图像的轮廓线了，只要再经过适当的处理即可把车牌提取出来。

5.图像平滑处理

得到车牌区域的图像轮廓线后，由于图像的数字化误差和噪声直接影响了角点的提取，因此在角点提取之前必须对图像进行平滑处理，MATLAB　有一个图像平滑处理函数imclose()，它与开运算相反，融合窄的缺口和细长的弯口，去掉小洞，填补轮廓上的缝隙。

Im4=imclose(Im3,se)

结构单元中的 Se 是一个小于对象闭合图形，只要两个封闭域的距离小于　Se，就将这两个连接成一个连通域。由于车牌图像经过腐蚀以

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

后只剩下车牌区域以及车的标志。

相对应的程序段如下：

```
Im4=imclose(Im3,se);        %对图像实现闭运算，闭运算能平滑图像的轮廓
figure(6),
imshow(Im4);
title('平滑图像的轮廓');
```

在程序中运行图像平滑后效果如图12-15所示。

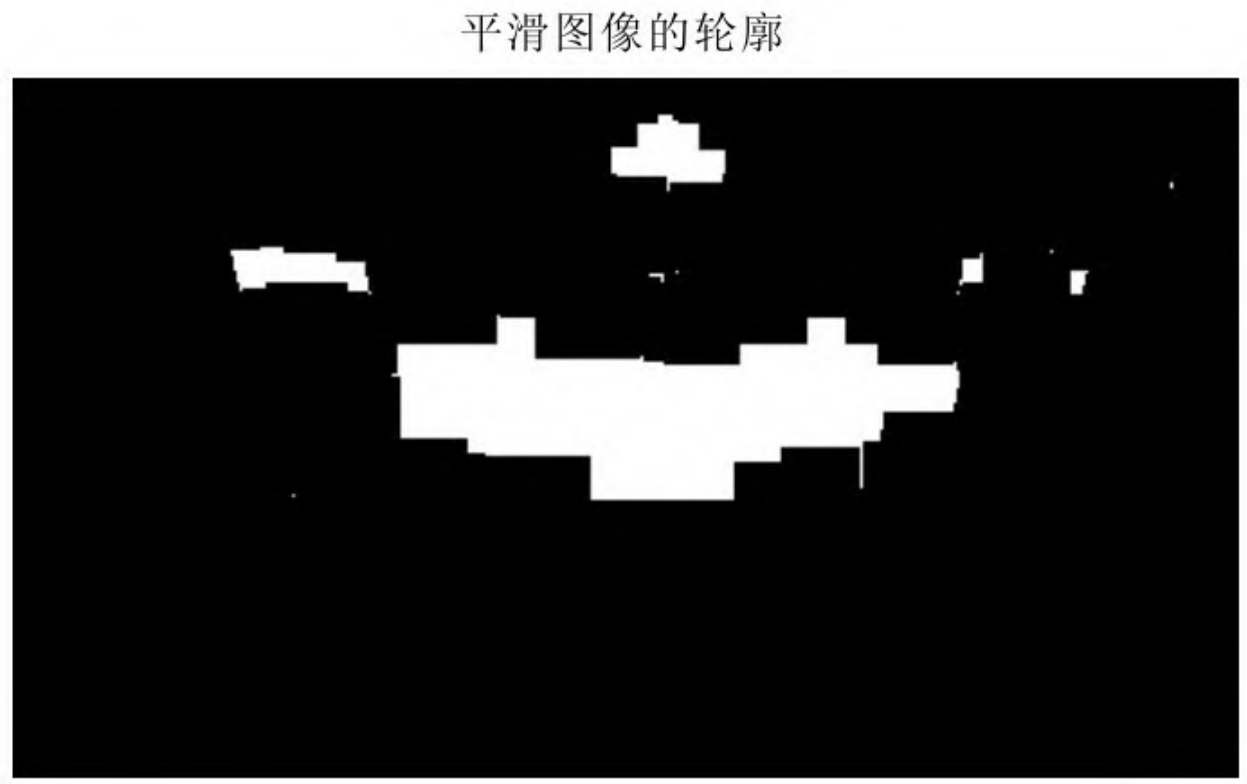


图12-15 图像平滑处理

6.移除小对象

图像平滑处理了，可能会有多个闭合区域，对于不是车牌区域的必须予以删除，MATLAB提供了一个函数bwareaopen()，用于删除二值图像中面积小于一个定值的对象，默认情况下使用8邻域。调用方法如下：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Im5=bwareaopen(Im4,2000)

这样，Im5中面积小于2000的对象都被删除了。

相对应的程序段如下：

```
Im5=bwareaopen(Im4,2000);   %删除小面积图形
figure(7),
imshow(Im5);
title('移除小对象');
```

小对象被删除后的图像如图12-16所示。

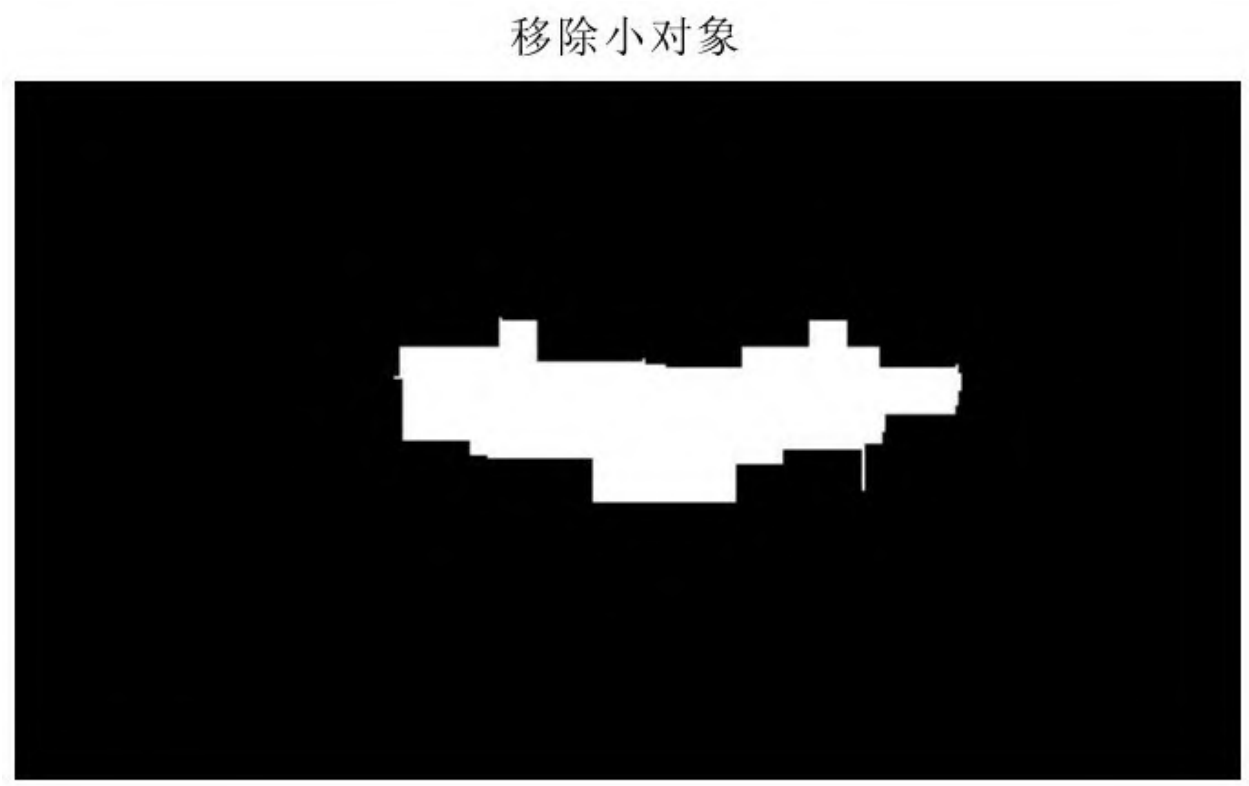


图12-16 移除小对象

移除小对象后的效果图已经非常明显了，图像中最后只存在车牌区域，其他的图像已经完全滤除掉了，包括小物体，车的标志等影响已经没有了。

12.3.4 牌照区域的分割

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

对车牌的分割可以有很多种方法，本例子是利用车牌的彩色信息的彩色分割方法。根据车牌底色等有关的先验知识，采用彩色像素点统计的方法分割出合理的车牌区域，确定车牌底色蓝色RGB对应的各自灰度范围，然后行方向统计在此颜色范围内的像素点数量，设定合理的阈值，确定车牌在行方向的合理区域。然后，在分割出的行区域内，统计列方向蓝色像素点的数量，最终确定完整的车牌区域。

相对应的程序段如下：

```
[y,x,z]=size(Im5);
Im6=double(Im5);
Blue_y=zeros(y,1);                %创建元素为零的数组或矩阵y*1
   for i=1:y
      for j=1:x
         if(Im6(i,j,1)==1)
            Blue_y(i,1)= Blue_y(i,1)+1; %根据Im5的y 值确定
         end
   end
end
[tempMaxY]=max(Blue_y);           %垂直方向车牌区域确定
PY1=MaxY;
while ((Blue_y(PY1,1)>=5)&&(PY1>1))
   PY1=PY1-1;
end
PY2=MaxY;
while ((Blue_y(PY2,1)>=5)&&(PY2<y))
   PY2=PY2+1;
end
IY=I(PY1:PY2,:,:);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
Blue_x=zeros(1,x);
for j=1:x
   for i=PY1:PY2
      if(Im6(i,j,1)==1)
         Blue_x(1,j)=Blue_x(1,j)+1;    %根据 Im5的 x值确定
      end
   end
end
PX1=1;
while ((Blue_x(1,PX1)<3)&&(PX1<x))
   PX1=PX1+1;
end
PX2=x;
while ((Blue_x(1,PX2)<3)&&(PX2>PX1))
   PX2=PX2-1;
end
PX1=PX1-1;                %对车牌区域的校正
PX2=PX2+1;
   dw=I(PY1:PY2-6,PX1:PX2 ,:);
figure(8),
subplot(1,2,1),
imshow(IY),
title('垂直方向合理区域');
figure(8),
subplot(1,2,2),
imshow(dw),
title('定位剪切后的彩色车牌图像')
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

牌照区域的分割如图12-17所示。



图12-17 牌照区域的分割

对比原始图像可以看出，车牌的四个边界值基本上被确定下来了，这样就可以从原始图像中直接确定车牌的区域了。因此，车牌就成功地被提取出来了。

12.3.5 车牌进一步处理

经过上述方法分割出来的车牌图像中存在目标物体、背景还有噪声，要想从图像中直接提取出目标物体，最常用的方法就是设定一个阈值T，用T将图像的数据分成两部分：大于T的像素群和小于T的像素群，即对图像二值化。

均值滤波是典型的线性滤波算法，它是指在图像上给目标像素一个模板，该模板包括了其周围的临近像素，再用模板中的全体像素的平均值来代替原来像素值。

相对应的程序段如下：

```
imwrite(dw,'dw.jpg');       %把图像写入图形文件中
a=imread('dw.jpg');
b=rgb2gray(a);
imwrite(b,'车牌灰度图像.jpg');
figure(9);
subplot(3,2,1),
imshow(b),
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('1.车牌灰度图像')
g_max=double(max(max(b)));
g_min=double(min(min(b)));
T=round(g_max-(g_max-g_min)/3); %T为设定的二值化的阈值
[m,n]=size(b);
d=(double(b)>=T);          %d为二值图像
imwrite(d,'车牌二值图像.jpg');
figure(9);
subplot(3,2,2),
imshow(d),
title('2.车牌二值图像')
figure(9),
subplot(3,2,3),
imshow(d),
title('3.均值滤波前')
h=fspecial('average',3);
d=im2bw(round(filter2(h,d)));
imwrite(d,'均值滤波后.jpg');
figure(9),
subplot(3,2,4),
imshow(d),
title('4.均值滤波后')
se=eye(2);
[m,n]=size(d);          % d为二值图像
if bwarea(d)/m/n>=0.365
   d=imerode(d,se);
elseif bwarea(d)/m/n<=0.235
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    d=imdilate(d,se);
end
imwrite(d,'膨胀或腐蚀处理后.jpg');
figure(9),
subplot(3,2,5),
imshow(d),
title('5.膨胀或腐蚀处理后')
```

裁剪出来的车牌的进一步处理如图12-18所示。



图12-18 裁剪出来的车牌的进一步处理过程图

12.3.6 字符分割与归一化

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在汽车牌照自动识别过程中，字符分割有承前启后的作用。它在前期牌照定位的基础上进行字符的分割，然后再利用分割的结果进行字符识别。字符识别的算法很多，因为车牌字符间间隔较大，不会出现字符粘连情况，所以此处采用的方法为寻找连续有文字的块，若长度大于某阈值，则认为该块有两个字符组成，需要分割。

字符分割与归一化的流程为：

1.[m，n]=size（d），逐排检查有没有白色像素点，设置1<=j<n-1，若图像两边s（j）=0，则切割，去除图像两边多余的部分；

2.切割去图像上下多余的部分；

3.根据图像的大小，设置一阈值，检测图像的 X 轴，若宽度等于这一阈值则切割，分离出七个字符；

4.归一化切割出来的字符图像的大小为40×20，与模板中字符图像的大小相匹配。

一般分割出来的字符要进行进一步的处理，以满足下一步字符识别的需要。但是对于车牌的识别，并不需要太多的处理就已经可以达到正确识别的目的。在此只进行了归一化处理，然后进行后期处理。

```
d=QieGe(d);          %寻找连续有文字的块
[m,n]=size(d);
k1=1;k2=1;s=sum(d);j=1;
while j～=n
   while s(j)==0
      j=j+1;
   end
   k1=j;
   while s(j)～=0 && j<=n-1
      j=j+1;
   end
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
    k2=j-1;
    if k2-k1>=round(n/6.5)
        [val,num]=min(sum(d(:,[k1+5:k2-5])));
        d(:,k1+num+5)=0;
    end
end
d=QieGe(d);
y1=10;y2=0.25;flag=0;word1=[];
while flag==0
    [m,n]=size(d);
    left=1;wide=0;
    while sum(d(:,wide+1))～=0
        wide=wide+1;
    end
    if wide<y1
        d(:,[1:wide])=0;
        d=QieGe(d);
    else
        temp=QieGe(imcrop(d,[1 1 wide m]));
        [m,n]=size(temp);
        all=sum(sum(temp));
        two_thirds=sum(sum(temp([round(m/3):2*round(m/3)],:)));
        if two_thirds/all>y2
            flag=1;word1=temp;
        end
        d(:,[1:wide])=0;d=QieGe(d);
    end
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
end
[word2,d]=FenGe(d);      %分割出第二个字符
[word3,d]=FenGe(d);      %分割出第三个字符
[word4,d]=FenGe(d);      %分割出第四个字符
[word5,d]=FenGe(d);      %分割出第五个字符
[word6,d]=FenGe(d);      %分割出第六个字符
[word7,d]=FenGe(d);      %分割出第七个字符
word1=imresize(word1,[40  20]);  %模板字符大小统一为 40*20，为字符辨认做准备
word2=imresize(word2,[40 20]);
word3=imresize(word3,[40 20]);
word4=imresize(word4,[40 20]);
word5=imresize(word5,[40 20]);
word6=imresize(word6,[40 20]);
word7=imresize(word7,[40 20]);
figure
subplot(2,7,1),
imshow(word1),
title('1');
subplot(2,7,2),
imshow(word2),
title('2');
subplot(2,7,3),
imshow(word3),
title('3');
subplot(2,7,4),
imshow(word4),
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('4');
subplot(2,7,5),
imshow(word5),
title('5');
subplot(2,7,6),
imshow(word6),
title('6');
subplot(2,7,7),
imshow(word7),
title('7');
imwrite(word1,'1.jpg');
imwrite(word2,'2.jpg');
imwrite(word3,'3.jpg');
imwrite(word4,'4.jpg');
imwrite(word5,'5.jpg');
imwrite(word6,'6.jpg');
imwrite(word7,'7.jpg');
```

字符分割效果如图12-19所示。

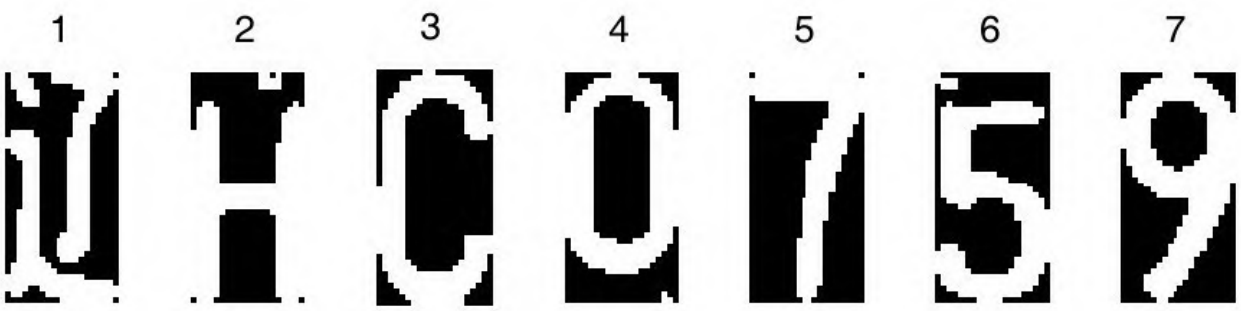


图12-19 字符分割

12.3.7 字符的识别

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

字符的识别目前用于车牌字符识别（OCR）中的算法主要有基于模板匹配的OCR算法以及基于人工神经网络的OCR算法。基于模板匹配的OCR的基本过程是：首先对待识别字符进行二值化并将其尺寸大小缩放为字符数据库中模板的大小，然后与所有的模板进行匹配，最后选最佳匹配作为结果。

模板匹配的主要特点是实现简单，当字符较规整时对字符图像的缺损、污迹干扰适应力强且识别率相当高。综合模板匹配的这些优点，我们将其用为车牌字符识别的主要方法。

模板匹配是图像识别方法中最具代表性的基本方法之一，它是将从待识别的图像或图像区域f(i,j)中提取的若干特征量与模板T(i,j)相应的特征量逐个进行比较，计算它们之间规格化的互相关量，其中互相关量最大的一个就表示期间相似程度最高，可将图象归于相应的类，也可以计算图像与模板特征量之间的距离，用最小距离法判定所属类。然而，通常情况下用于匹配的图像各自的成像条件存在差异，产生较大的噪声干扰，或图像经预处理和规格化处理后，使得图像的灰度或像素点的位置发生改变。

在实际设计模板的时候，根据各区域形状固有的特点，突出各类似区域之间的差别，并将容易由处理过程引起的噪声和位移等因素都考虑进去，按照一些基于图象不变特性所设计的特征量来构建模板，就可以避免上述问题。

字符识别流程如下：

（1）建立自动识别的代码表；

（2）读取分割出来的字符；

（3）第一个字符与模板中的汉字模板进行匹配；

（4）第二个字符与模板中的字母模板进行匹配；

（5）后5个字符与模板中的字母与数字模板进行匹配；

（6）待识别字符与模板字符相减，值越小相似度越大，找到最小

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的一个即为匹配的最好的；

（7）识别完成，输出此模板对应值。

此处采用相减的方法来求得字符与模板中哪一个字符最相似，然后找到相似度最大的输出。汽车牌照的字符一般有七个，大部分车牌第一位是汉字，通常代表车辆所属省份，紧接其后的为字母与数字。车牌字符识别与一般文字识别在于它的字符数有限，汉字共约50多个，大写英文字母26个，数字10个。

```
liccode=char(['0':'9'  'A':'Z'  '京辽鲁陕苏浙']);   %建立自动识别字符代码表
    l=1;
    for I=1:7
      ii=int2str(I);              %将整数转换为字符串
    t=imread([ii,'.jpg']);
      SegBw2=imresize(t,[4020],'nearest');   %改变图像的大小
        if l==1                %第一位汉字识别
          kmin=37;
          kmax=40;
      elseif  l>=2&&l<=3          %第二、三位A～Z字母识别，根据车牌情况做修改
          kmin=11;
          kmax=36;
      elseif l>=4& l<=7          %第三、四位 0～9 A～Z字母和数字识别
          kmin=1;
          kmax=10;
      end
      for k2=kmin:kmax
          fname=strcat('字符模板\',liccode(k2),'.jpg');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
        SamBw2 = imread(fname);
        Dm=0;
        for k1=1:40
            for l1=1:20
                if SegBw2(k1,l1)==SamBw2(k1,l1)
                    Dm=Dm+1;%判断分割字符与模板字符的相似度
                end
            end
        end
        Error(k2)=Dm;
    end
    Error1=Error(kmin:kmax);
    MinError=max(Error1);
    findc=find(Error1==MinError);    %返回矩阵中非0项的坐标
    Resault(l*2-1)=liccode(findc(1)+kmin-1);
    Resault(l*2)=' ';
    l=l+1;
end
t=toc
Resault
msgbox(Resault,'识别结果')
%导出文本
fid=fopen('Data.xls','a+');
fprintf(fid,'%s\r\n',Resault,datestr(now));
fclose(fid);                    %将识别结果保存在Data.xls中
```

识别结果窗口图12-20如所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图12-20 识别结果窗口

命令窗口中的结果如下：

Resault =

辽 H C 0 7 5 9

12.3.8 程序源代码

```
function []=main(jpg)
close all
clc
tic                          %测定算法执行的时间
[fn,pn,fi]=uigetfile('BMW.jpg','选择图片');       %读入图片
I=imread([pn fn]);
figure,imshow(I);title('原始图像');          %显示原始图像
Im1=rgb2gray(I);
figure(2),subplot(1,2,1),
imshow(Im1);
title('灰度图');
figure(2),
subplot(1,2,2),
imhist(Im1);
title('灰度图的直方图');              %显示图像的直方图
Tiao=imadjust(Im1,[0.19,0.78],[0,1]);          %调整图片
figure(3),
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(1,2,1),
imshow(Tiao);title('增强灰度图');
figure(3),
subplot(1,2,2),
imhist(Tiao);
title('增强灰度图的直方图');
Im2=edge(Im1,'sobel',0.15,'both');          %使用 sobel算子进行边缘检测
figure(4),
imshow(Im2);
title('sobel算子实现边缘检测')
se=[1;1;1];
Im3=imerode(Im2,se);              %图像腐蚀
figure(5),
imshow(Im3);
title('腐蚀效果图');
se=strel('rectangle',[25,25]);              %       创建由指定形状的结构元素，矩形
Im4=imclose(Im3,se);              %对图像实现闭运算 figure(6),
imshow(Im4);
title('平滑图像的轮廓');
Im5=bwareaopen(Im4,2000);              %删除小面积图形
figure(7),
imshow(Im5);
title('移除小对象');
[y,x,z]=size(Im5);
Im6=double(Im5);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
Blue_y=zeros(y,1);                %创建元素为零的数组或矩阵y*1
for i=1:y
   for j=1:x
      if(Im6(i,j,1)==1)
         Blue_y(i,1)=Blue_y(i,1)+1;    %根据 Im5的 y值确定
      end
   end
end
[tempMaxY]=max(Blue_y);              %垂直方向车牌区域确定
PY1=MaxY;
while ((Blue_y(PY1,1)>=5)&&(PY1>1))
   PY1=PY1-1;
end
PY2=MaxY;
while ((Blue_y(PY2,1)>=5)&&(PY2<y))
   PY2=PY2+1;
end
IY=I(PY1:PY2,:,:);
Blue_x=zeros(1,x);
for j=1:x
   for i=PY1:PY2
      if(Im6(i,j,1)==1)
         Blue_x(1,j)=Blue_x(1,j)+1;    %根据 Im5的 x值确定
      end
   end
end
PX1=1;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
while ((Blue_x(1,PX1)<3)&&(PX1<x))
   PX1=PX1+1;
end
PX2=x;
while ((Blue_x(1,PX2)<3)&&(PX2>PX1)) PX2=PX2-1;
end
PX1=PX1-1;                %对车牌区域的校正
PX2=PX2+1;
   dw=I(PY1:PY2-6,PX1:PX2 ,:);
figure(8),
subplot(1,2,1),
imshow(IY),
title('垂直方向合理区域');
figure(8),
subplot(1,2,2),
imshow(dw),
title('定位剪切后的彩色车牌图像')
imwrite(dw,'dw.jpg');              %把图像写入图形文件中
a=imread('dw.jpg');
b=rgb2gray(a);
imwrite(b,'车牌灰度图像.jpg');
figure(9);
subplot(3,2,1),
imshow(b),
title('1.车牌灰度图像')
g_max=double(max(max(b)));
g_min=double(min(min(b)));
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
T=round(g_max-(g_max-g_min)/3);          %T为设定的二值化的阈值
[m,n]=size(b);
d=(double(b)>=T); % d为二值图像
imwrite(d,'车牌二值图像.jpg');
figure(9);
subplot(3,2,2),
imshow(d),
title('2.车牌二值图像')
figure(9),
subplot(3,2,3),
imshow(d),
title('3.均值滤波前')
h=fspecial('average',3);
d=im2bw(round(filter2(h,d)));
imwrite(d,'均值滤波后.jpg');
figure(9),
subplot(3,2,4),
imshow(d),
title('4.均值滤波后')
se=eye(2);
[m,n]=size(d);% d为二值图像
if bwarea(d)/m/n>=0.365
   d=imerode(d,se);
elseif bwarea(d)/m/n<=0.235
   d=imdilate(d,se);
end
imwrite(d,'膨胀或腐蚀处理后.jpg');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
figure(9),
subplot(3,2,5),
imshow(d),
title('5.膨胀或腐蚀处理后')
d=QieGe(d);                    %寻找连续有文字的块
[m,n]=size(d);
k1=1;k2=1;s=sum(d);j=1;
while j～=n
   while s(j)==0
      j=j+1;
   end
   k1=j;
   while s(j)～=0 && j<=n-1
      j=j+1;
   end
   k2=j-1;
   if k2-k1>=round(n/6.5)
      [val,num]=min(sum(d(:,[k1+5:k2-5])));
      d(:,k1+num+5)=0;
   end
end
d=QieGe(d);
y1=10;y2=0.25;flag=0;word1=[];
while flag==0
   [m,n]=size(d);
   left=1;wide=0;
   while sum(d(:,wide+1))～=0
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
            wide=wide+1;
        end
        if wide<y1
            d(:,[1:wide])=0;
            d=QieGe(d);
        else
            temp=QieGe(imcrop(d,[1 1 wide m]));
            [m,n]=size(temp);
            all=sum(sum(temp));
            two_thirds=sum(sum(temp([round(m/3):2*round(m/3)],:)));
            if two_thirds/all>y2
                flag=1;word1=temp;
            end
            d(:,[1:wide])=0;d=QieGe(d);
        end
    end
    [word2,d]=FenGe(d); %分割出第二个字符
    [word3,d]=FenGe(d); %分割出第三个字符
    [word4,d]=FenGe(d); %分割出第四个字符
    [word5,d]=FenGe(d); %分割出第五个字符
    [word6,d]=FenGe(d); %分割出第六个字符
    [word7,d]=FenGe(d); %分割出第七个字符
    word1=imresize(word1,[40   20]);      %模板字符大小统一为40*20为字符辨认做准备
    word2=imresize(word2,[40 20]);
    word3=imresize(word3,[40 20]);
    word4=imresize(word4,[40 20]);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
word5=imresize(word5,[40 20]);
word6=imresize(word6,[40 20]);
word7=imresize(word7,[40 20]);
figure(10)
subplot(2,7,1),
imshow(word1),
title('1');
subplot(2,7,2),
imshow(word2),
title('2');
subplot(2,7,3),
imshow(word3),
title('3');
subplot(2,7,4),
imshow(word4),
title('4');
subplot(2,7,5),
imshow(word5),
title('5');
subplot(2,7,6),
imshow(word6),
title('6');
subplot(2,7,7),
imshow(word7),
title('7');
imwrite(word1,'1.jpg');
imwrite(word2,'2.jpg');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imwrite(word3,'3.jpg');
imwrite(word4,'4.jpg');
imwrite(word5,'5.jpg');
imwrite(word6,'6.jpg');
imwrite(word7,'7.jpg');
liccode=char(['0':'9' 'A':'Z' '京辽鲁陕苏浙']); %建立自动识别字符代码表，顺序应与文件夹中的相同
l=1;
for I=1:7
   ii=int2str(I);          %将整数转换为字符串
t=imread([ii,'.jpg']);
   SegBw2=imresize(t,[40 20],'nearest');%改变图像的大小
      if l==1              %第一位汉字识别
         kmin=37;
         kmax=40;
   elseif l>=2&&l<=3   %第二、三位 A～Z字母识别，可根据车牌情况做修改
         kmin=11;
         kmax=36;
   elseif l>=4& l<=7   %第三、四位 0～9 A～Z字母和数字识别，可根据车牌情况做修改
         kmin=1;
         kmax=10;
   end
   for k2=kmin:kmax
      fname=strcat('字符模板\',liccode(k2),'.jpg');
      SamBw2 = imread(fname);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
        Dm=0;
        for k1=1:40
            for l1=1:20
                if SegBw2(k1,l1)==SamBw2(k1,l1)
                    Dm=Dm+1; %判断分割字符与模板字符的相似度
                end
            end
        end
        Error(k2)=Dm;
    end
    Error1=Error(kmin:kmax);
    MinError=max(Error1);
    findc=find(Error1==MinError); %返回矩阵中非0项的坐标
    Resault(l*2-1)=liccode(findc(1)+kmin-1);
    Resault(l*2)=' ';
    l=l+1;
end
t=toc
Resault
msgbox(Resault,'识别结果')
fid=fopen('Data.xls','a+');
fprintf(fid,'%s\r\n',Resault,datestr(now));
fclose(fid);                %将识别结果保存在Data.xls中
function [word,result]=FenGe(d)        %定义分割字符用函数（1）
word=[];flag=0;y1=8;y2=0.5;
    while flag==0
        [m,n]=size(d);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
        wide=0;
        while sum(d(:,wide+1))～=0 && wide<=n-2
            wide=wide+1;
        end
        temp=QieGe(imcrop(d,[1 1 wide m]));
        [m1,n1]=size(temp);
        if wide<y1 && n1/m1>y2
            d(:,[1:wide])=0;
            if sum(sum(d))～=0
                d=QieGe(d);       %切割出最小范围
            else word=[];flag=1;
            end
        else
            word=QieGe(imcrop(d,[1 1 wide m]));
            d(:,[1:wide])=0;
            if sum(sum(d))～=0;
                d=QieGe(d);flag=1;
            else d=[];
            end
        end
    end
        result=d;
function e=QieGe(d)          %定义分割字符用函数（2）
[m,n]=size(d);
top=1;bottom=m;left=1;right=n; % init
while sum(d(top,:))==0 && top<=m
    top=top+1;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
end
while sum(d(bottom,:))==0 && bottom>=1
   bottom=bottom-1;
end
while sum(d(:,left))==0 && left<=n
   left=left+1;
end
while sum(d(:,right))==0 && right>=1
   right=right-1;
end
dd=right-left;
hh=bottom-top;
e=imcrop(d,[left top dd hh]);
```

12.4 本章小结

MATLAB图像处理以其信息量大、处理和传输方便、应用广泛等一系列优点已经成为人类获取信息的重要来源和利用信息的重要手段。本章分别以在医学方面、图像识别方面和车牌识别方面的应用为例，阐述图像处理的基本过程及方法，为读者和和研究人员提供一种分析和解决问题的方法。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第13章 MATLAB 图形用户界面

用户与计算机进行信息交流是通过用户界面实现的。计算机在屏幕上显示图形和文本，若有扬声器还可产生声音。用户通过输入设备（如键盘、鼠标、绘制板或麦克风）与计算机进行互动。用户界面设定了如何观看和如何感知计算机、操作系统或应用程序。用户通常是根据悦目的结构和用户界面功能的有效性来选择计算机或程序。

学习目标：

1.了解图形用户界面中的基本概念以及相关知识。

2.掌握图形用户界面中几个主要函数的基本原理、实现步骤。

3.学会熟练地进行图形用户界面设计。

13.1 图形用户界面简介

由窗口、菜单、图标、光标、按键、对话框和文本等各种图形对象组成的用户界面叫做图形用户界面（GUI）。它可以允许用户定制与MATLAB　　的交互方式，命令窗口不是唯一与MATLAB进行交互的方式。

用户通过鼠标或键盘选择、激活这些图形对象，可以使计算机产生某种动作或变化。MATLAB中设计图形用户界面的方法有两种：使用可视化的界面环境和通过编写程序。基本图形对象分为控件对象和用户

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

界面菜单对象（简称控件和菜单）。

13.1.1 命令方式

在MATLAB中，guide命令用于图形用户界面GUI设计工具的启动，其调用格式如下。

（1）guide：其功能是启动GUI设计工具，并建立名字为untitled.fig的图形用户界面。

（2）guide　filename：其功能是启动GUI设计工具，并打开已建立的图形用户界面filename。

13.1.2 菜单方式

打开MATLAB的主窗，选择“File”菜单中的“New”菜单项，然后选择其中的“GUI命令”，就会显示GUI的设计模板。如图13-1所示。

13.1.3 GUI 模板

MATLAB 为GUI 设计提供了4 种模板，分别是“Blank GUI”（空白模板，默认）、“GUI with Uicontrols”（带控件对象的GUI 模板）、“GUI with Axes and Menu”（带坐标轴与菜单的GUI 模板）、“Modal Question Dialog”（带模式问题对话框的GUI 模板）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

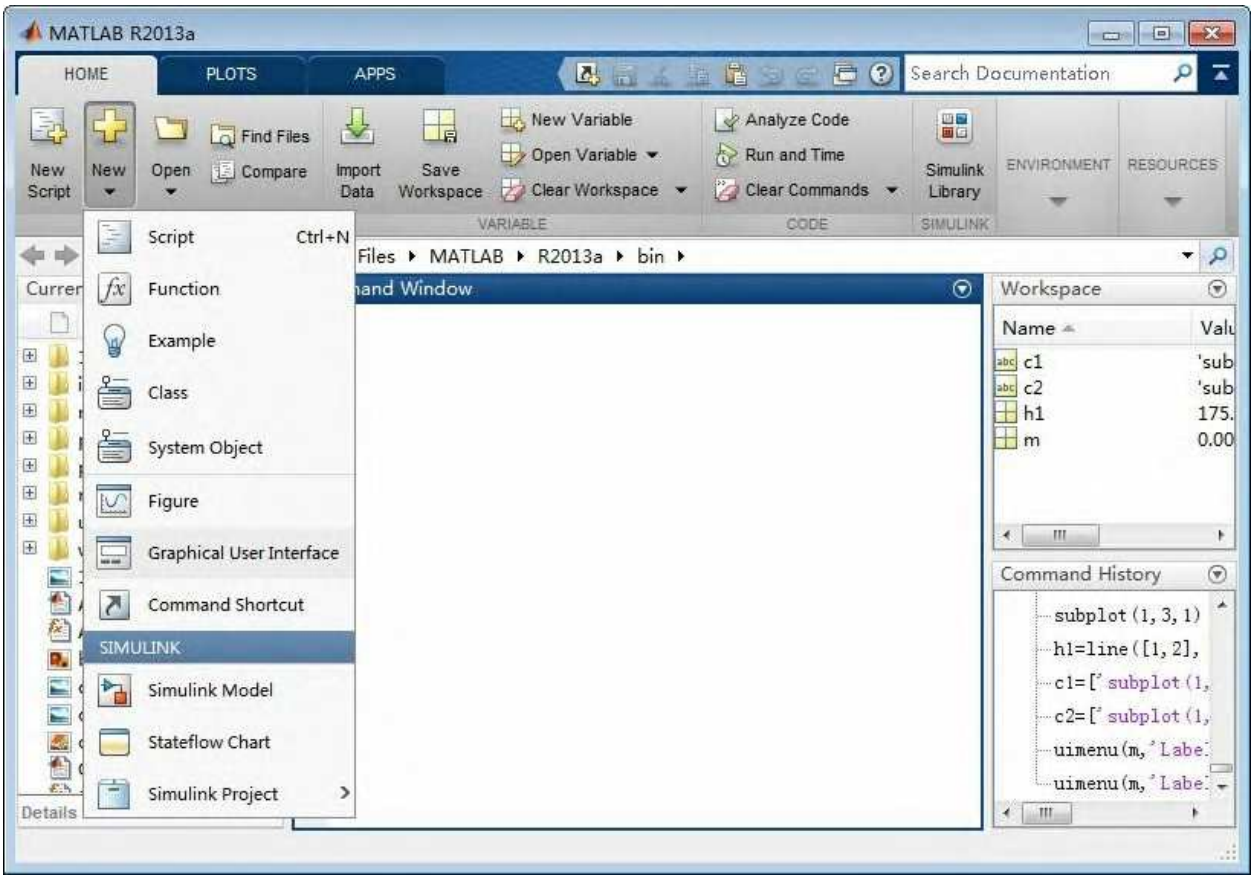


图13-1 GUI 的设计模板

当用户选择不同的模板时，在GUI设计模板界面的右边就会显示出与该模板相对应的GUI图形。GUI模板如图13-2所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

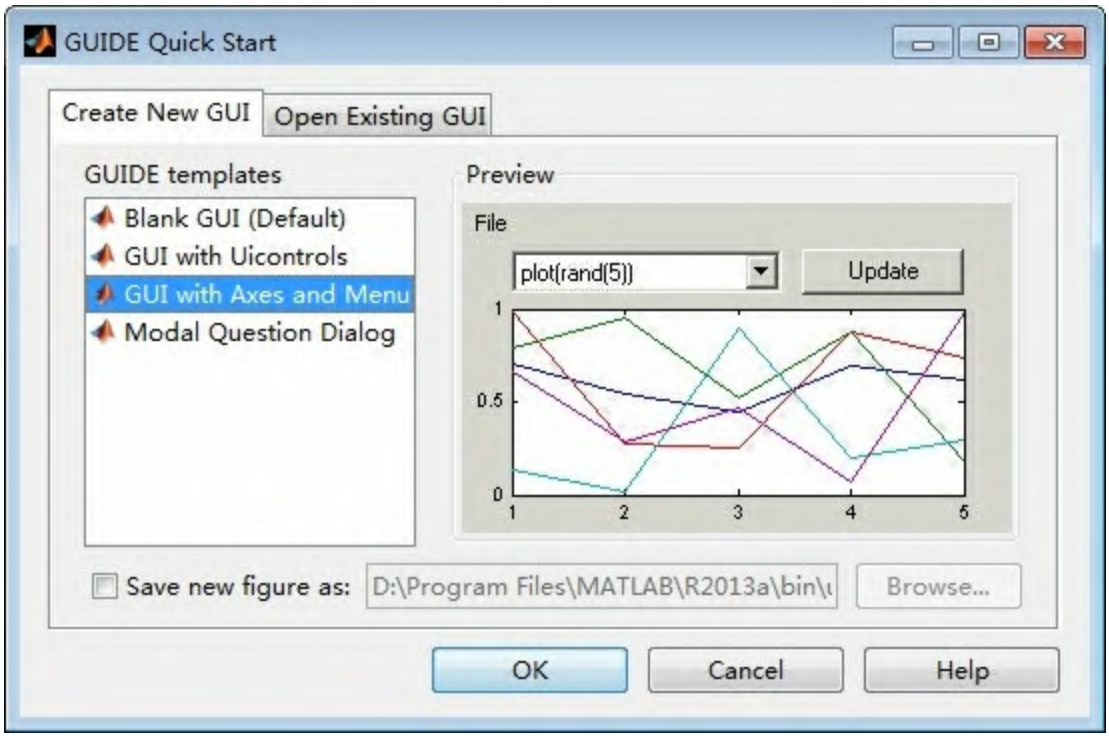


图13-2 GUI 模板

13.1.4 图形用户界面设计窗口

在GUI设计模板中选中一个模板，单击“OK”按钮，就会显示GUI设计窗口。选择不同的GUI设计模式时，相应的显示结果是不一样的。图形用户界面GUI设计窗口功能区由菜单栏、工具栏、控件工具栏以及图形对象设计等组成。

GUI设计窗口的菜单栏中的菜单项有“File”、“Edit”、“View”、“Layout”、“Tools”和“Help”，如图13-3所示，使用其中的命令可以完成图形用户界面的设计操作。

在菜单栏的下方为编辑工具，提供有常用的工具；窗口的左半部分为设计工具区，提供了设计GUI过程中所用的用户控件；空间模板区是网格形式的用户设计GUI的空白区域。

在GUI设计窗口创建图形对象后，可以通过双击该对象来显示该对象的属性编辑器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

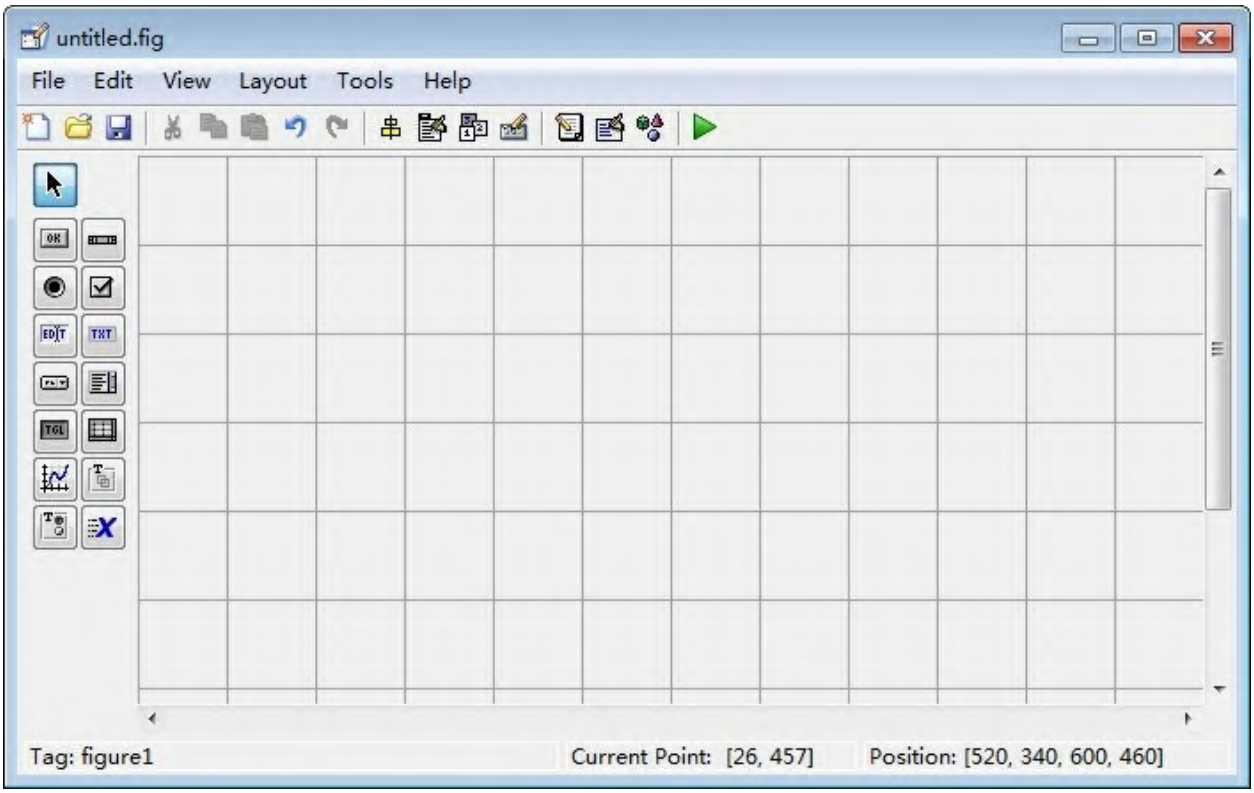


图13-3 空白GUI模板情形

13.2 图形用户界面开发环境

MATLAB 提供了一套可视化的创建图形窗口的工具，使用图形用户界面开发环境（GUIDE）可方便地创建GUI应用程序，它可以根据用户设计的GUI布局自动生成M文件的框架，用户使用这一框架可编制自己的应用程序。

MATLAB提供的一套可视化的创建图形用户接口（GUI）的工具如表13-1所示。

表13-1 可视化的创建图形用户接口（GUI）的工具

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

工具名称	用　　途
布局编辑器（Layout Edtor）	在图形窗口中创建及布置图形对象
几何排列工具（Alignment Tool）	调整各对象相互之间的几何关系和位置
属性查看器（Property Inspector）	查询并设置属性值
对象浏览器（Object Browser）	用于获得当前 MATLAB 图形用户界面程序中的全部对象信息、对象的类型，同时显示控件的名称和标识，在控件上双击鼠标可以打开该控件的属性编辑器
菜单编辑器（Menu Editor）	创建、设计、修改下拉式菜单和快捷菜单
Tab 顺序编辑器(Tab Order Editor)	用于设置当用户按下键盘上的 Tab 键时对象被选中的先后顺序

13.2.1 布局编辑器

用于从控件选择板上选择控件对象并放置到布局区去，布局区被激活后就成为图形窗口。打开空白的布局编辑器可以通过在命令窗口输入GUIDE命令或单击工具栏中的guide图标来实现，在命令窗口输入“GUIDE　filename”可打开一个已存在的名为“filename”的图形用户界面。

（1）将控件对象放置到布局区：用鼠标选择并放置控件到布局区内，移动控件到适当的位置，改变控件的大小，选中多个对象的方法。布局示例如图13-4所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

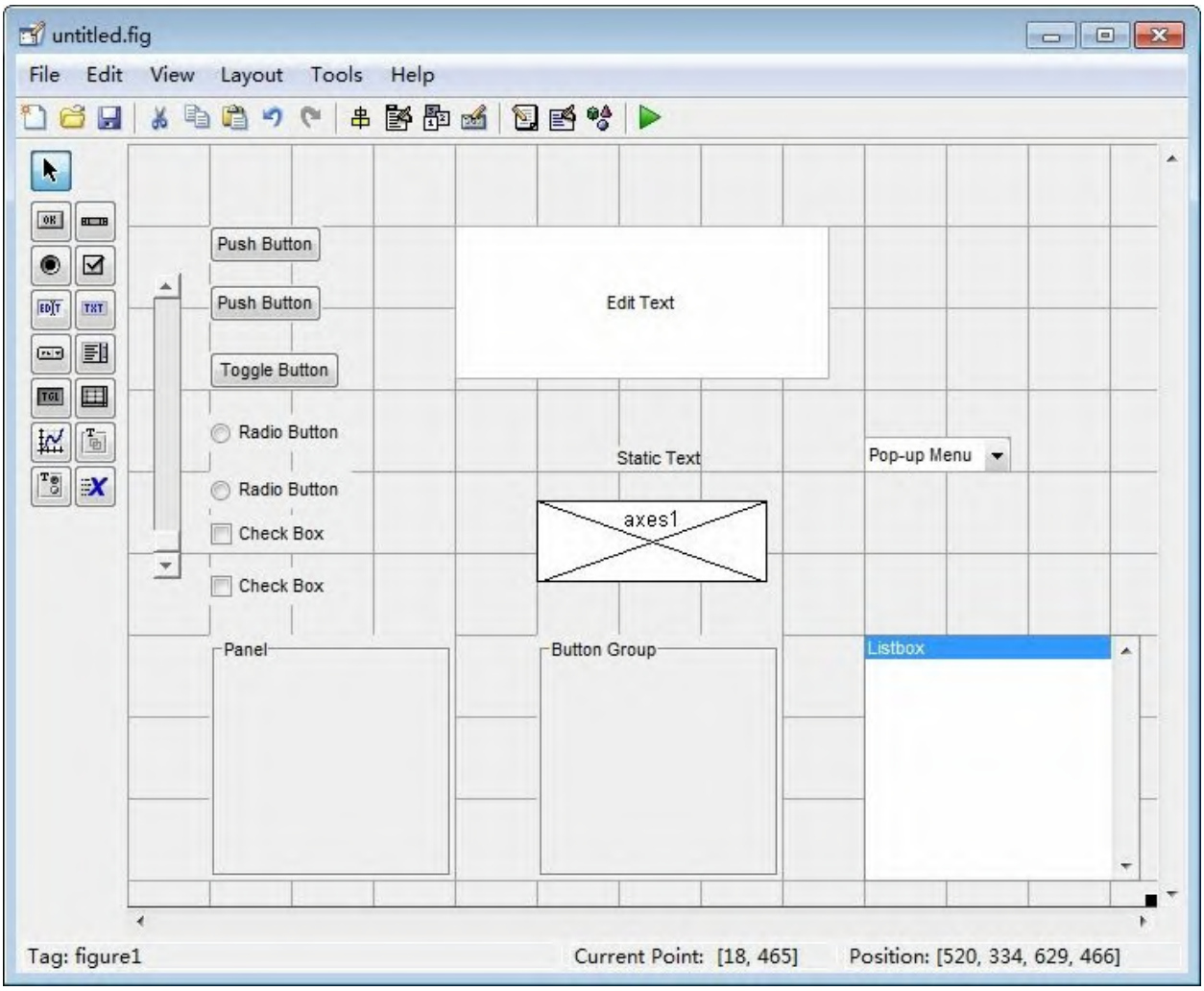


图13-4 布局示例

（2）激活图形窗口：如所建立的布局还没有进行存储，选择“File”菜单下的“Save As”选项（或工具栏中的对应项），按输入的文件的名字，在激活图形窗口的同时将存储一对同名的M文件和带有.fig扩展名的FIG文件。

（3）运行GUI程序：打开该GUI的M文件untitled.m，该文件中已经自动生成了许多代码，在命令窗口直接键入文件名或在程序中直接单击“Run”键，运行 GUI 程序，如图13-5所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

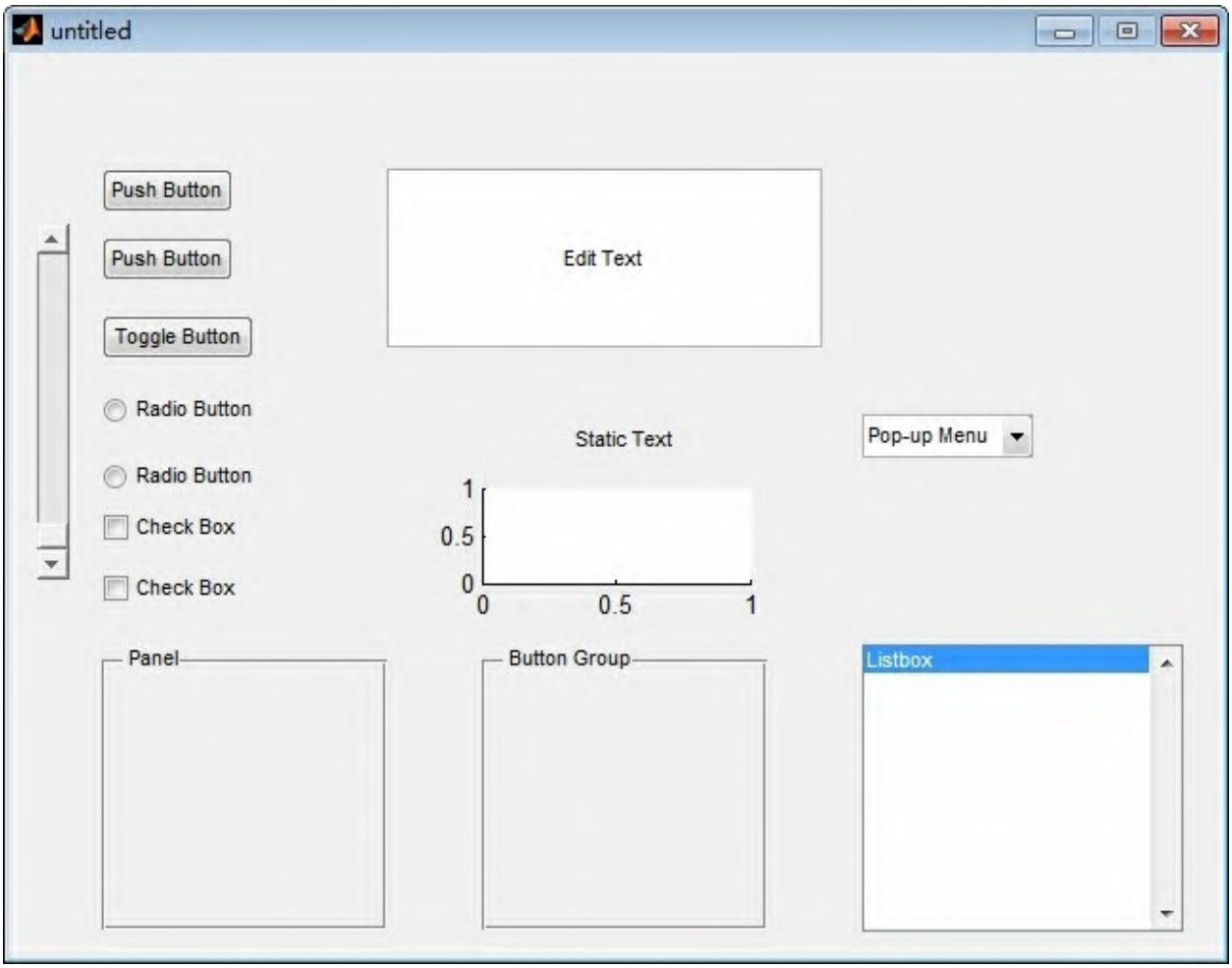


图13-5 运行GUI程序

（4）布局编辑器参数设置：选择“File”菜单下的“Preferences”选项，打开参数设置窗口，单击树状目录中的GUIDE，即可设置布局编辑器的参数，如图13-6所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

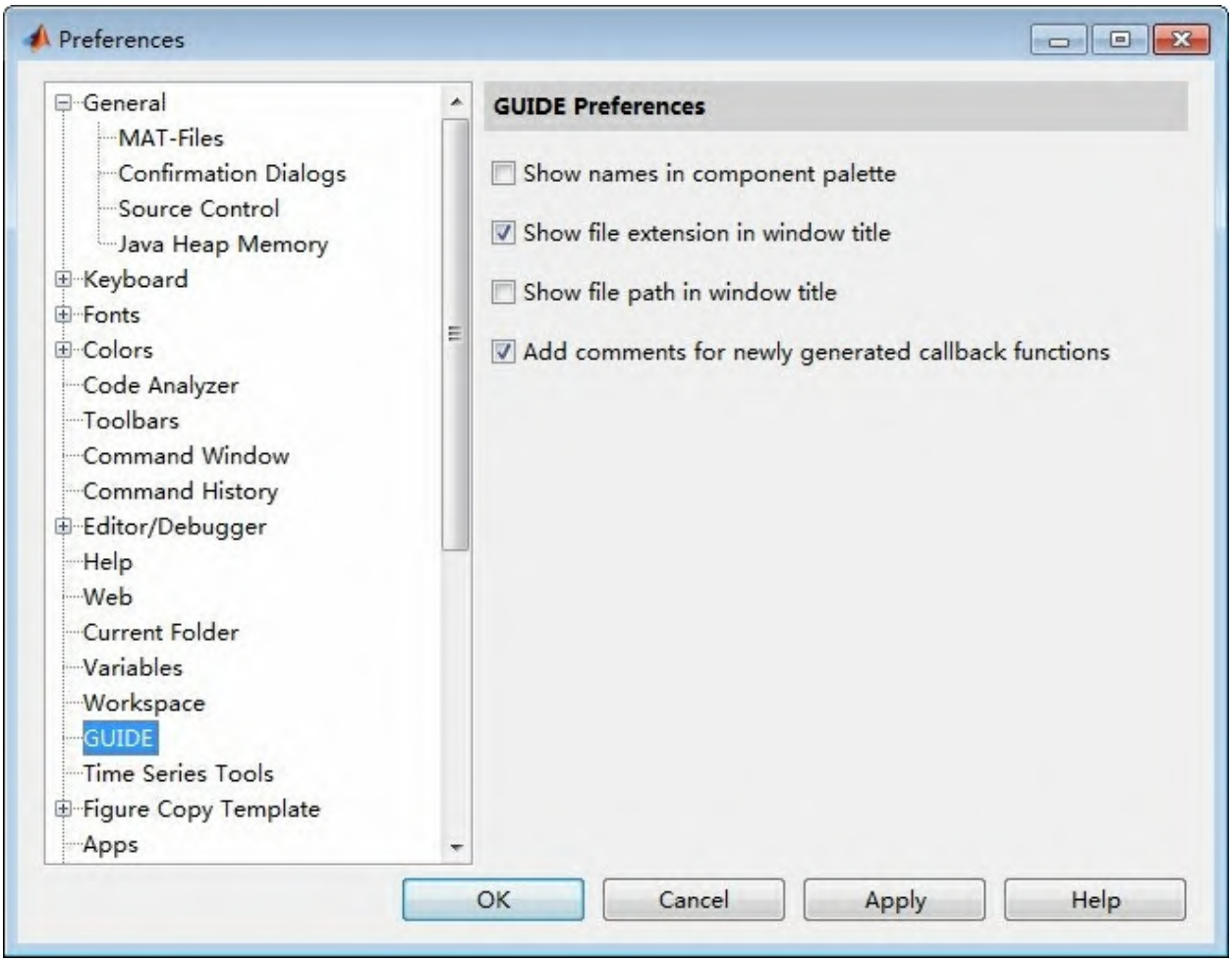


图13-6 参数设置窗口

（5）布局编辑器的弹出菜单：在任一控件上单击鼠标右键，会弹出一个菜单，通过该菜单可以完成布局编辑器的大部分操作，如图13-7所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

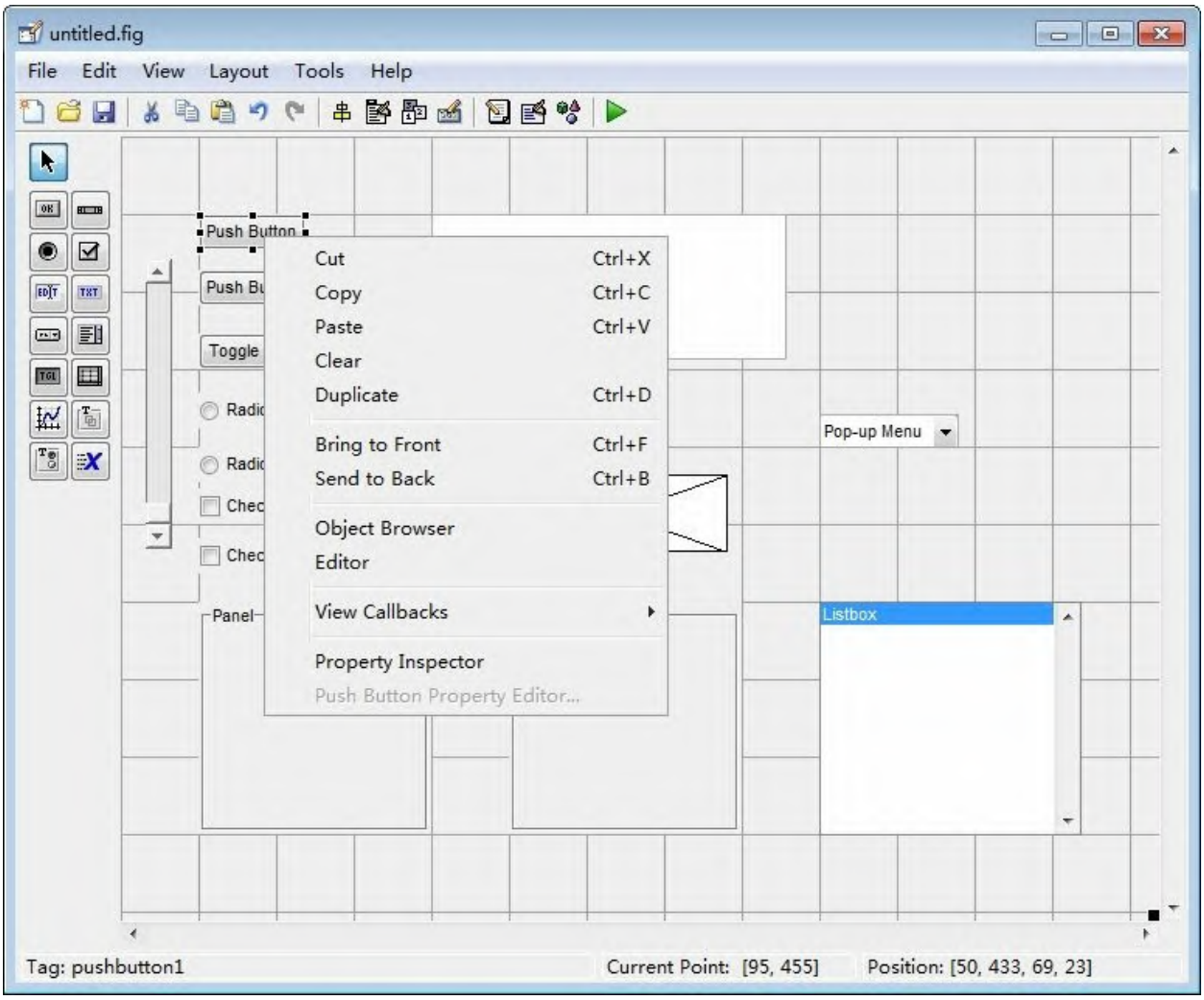


图13-7 布局编辑器的弹出菜单

13.2.2 位置调整工具

利用位置调整工具，可以对GUI对象设计区内的多个对象的位置进行调整，如图13-8所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

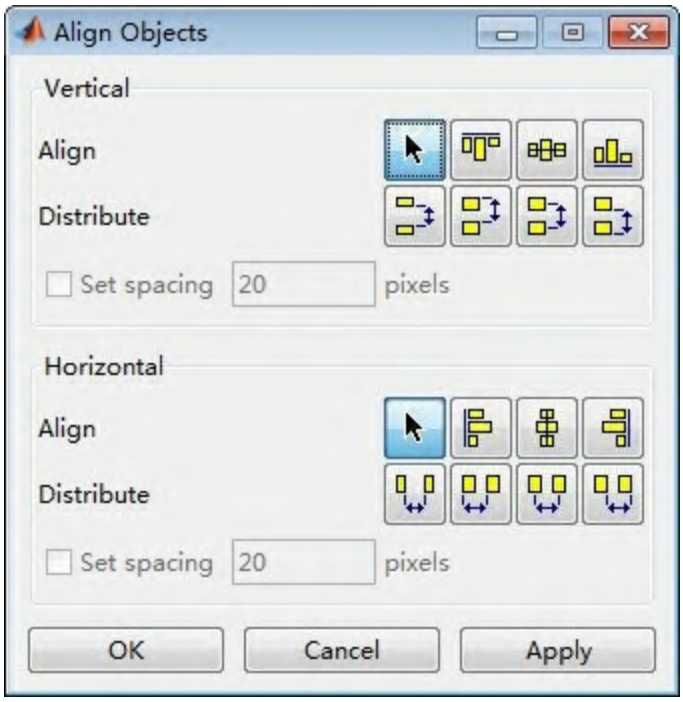


图13-8 位置调整工具

位置调整工具有两种打开方式：从GUI设计窗口的工具栏上选择“Align Objects”命令按钮；选择“Tools”菜单下的“Align Objects...”选项。

在对象位置调整器中，第1栏是垂直方向的位置调整，第2 栏是水平方向的位置调整。当选中多个对象时，可以通过对象位置调整器调整对象间的对齐方式和距离。

13.2.3 用属性查看器设置控件属性

对象属性查看器，可以用于查看每个对象的属性值，也可以用于修改、设置对象的属性值，如图13-9所示。

对象属性查看器的打开方式有以下4种。

（1）工具栏上直接选择“Property Inspector”命令按钮。

（2）选择“View”菜单下的“Property Inspector”菜单项。

（3）在命令窗口中输入“inspect”。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（4）在控件对象上单击鼠标右键，选择弹出菜单上的“Property Inspector”选项。

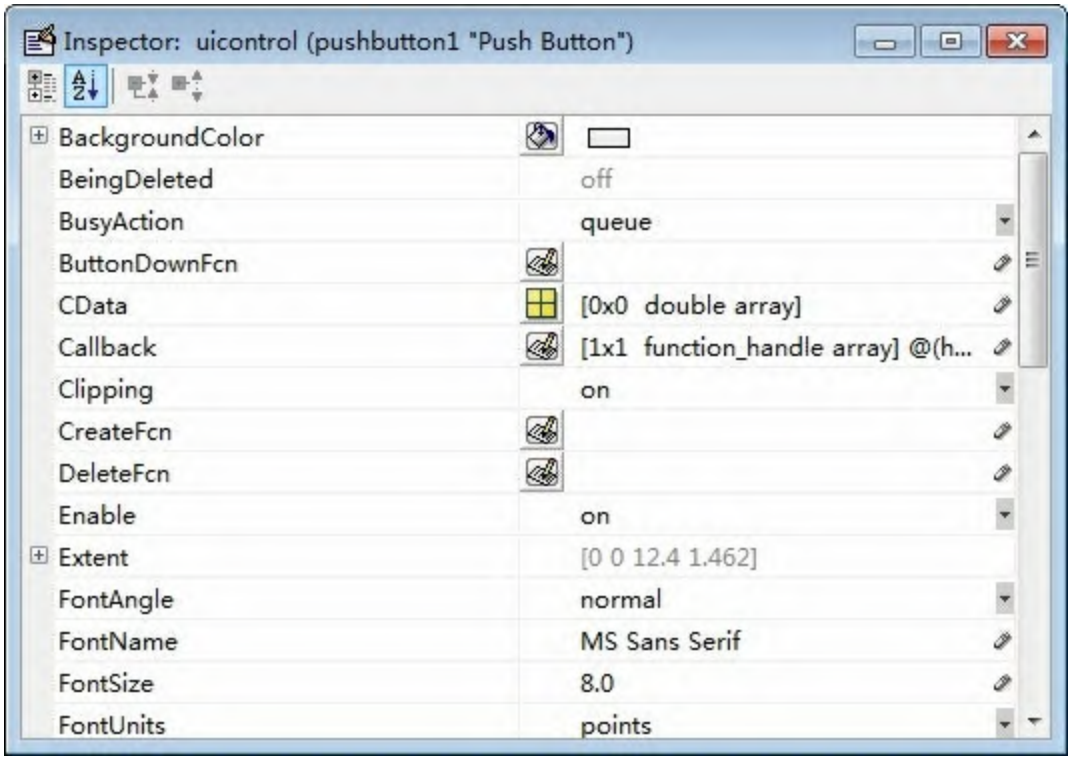


图13-9 属性查看器

使用属性查看器，用户可以进行布置控件、定义文本框的属性、定义坐标轴的属性、定义按钮的属性、定义复选框等操作。如图13-10所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

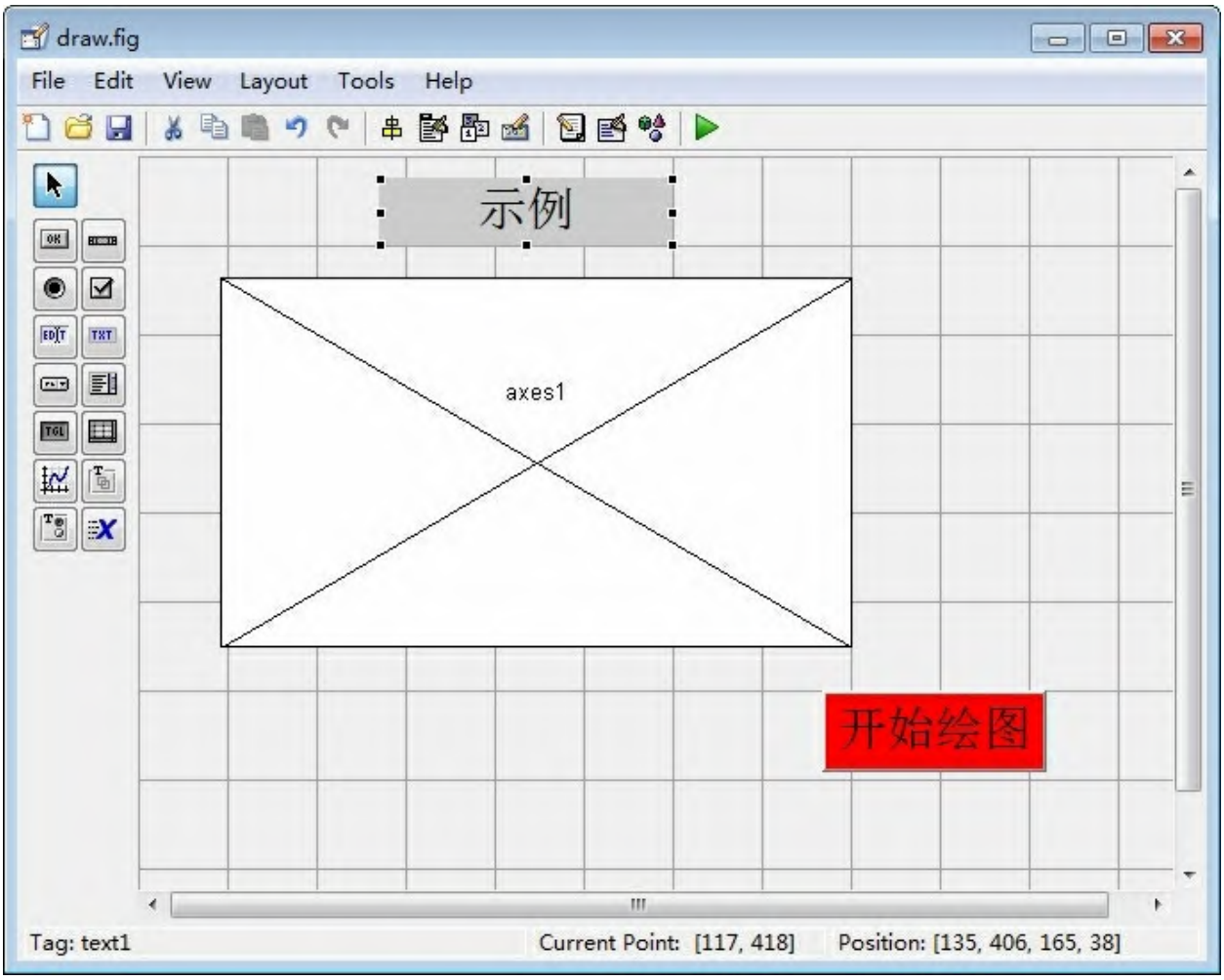


图13-10 使用属性查看器

13.2.4 菜单编辑器

菜单编辑器可以用于创建、设置、修改下拉式菜单和快捷菜单。选择“Tools”菜单下的“Menu Editor”，即可打开菜单编辑器。

菜单也可以通过编程实现，方法为从GUI　设计窗口的工具栏上选择“Menu Editor”命令按钮，打开菜单编辑程序。菜单编辑器包括菜单的设计和编辑，菜单编辑器有8个快捷键，可以利用它们任意添加或删除菜单，可以设置菜单项的属性，包括名称（Label）、标识（Tag）、选择是否显示分隔线（Separator above this item）、是否在菜单前加上选中标记（Item is checked）、调回函数（Callback）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

打开的菜单编辑器如图13-11所示。

菜单编辑器左上角的第1个按钮用于创建一级菜单项。如图13-12示。

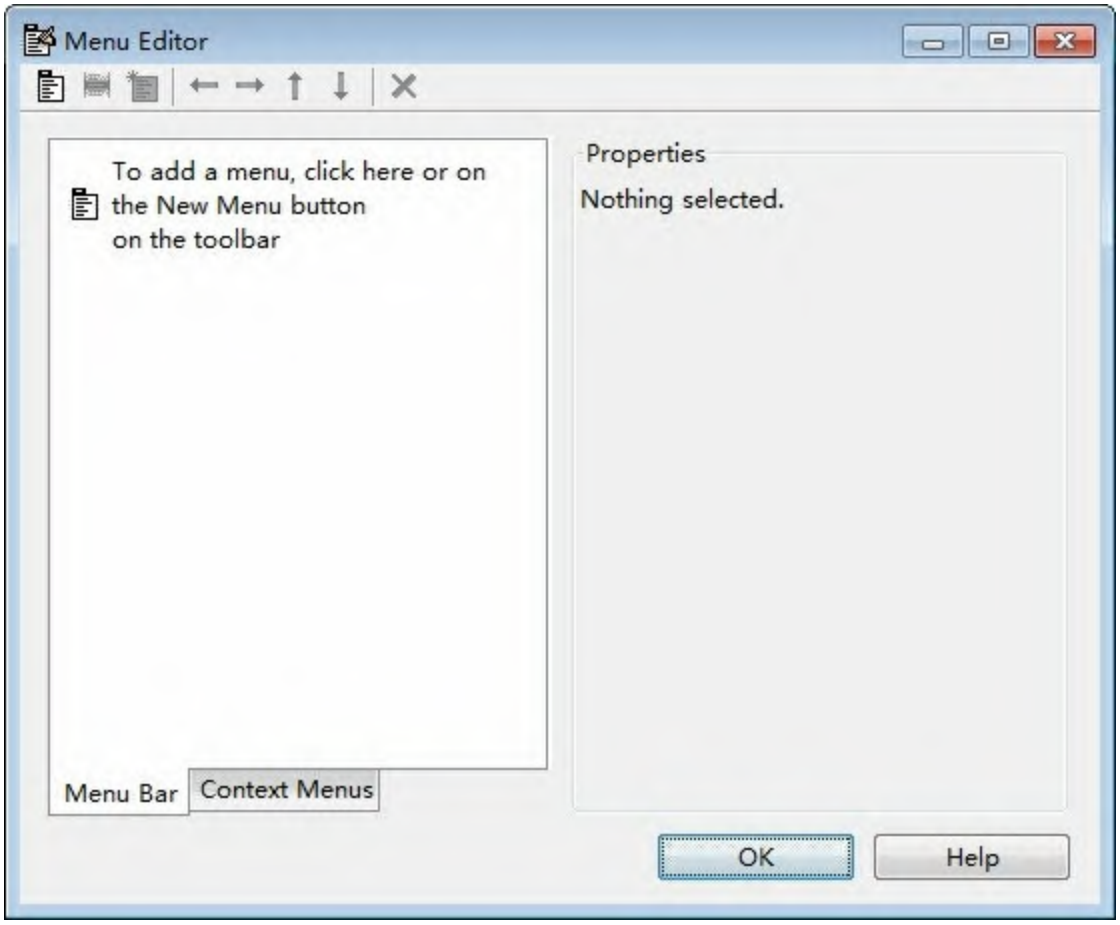


图13-11 菜单编辑器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

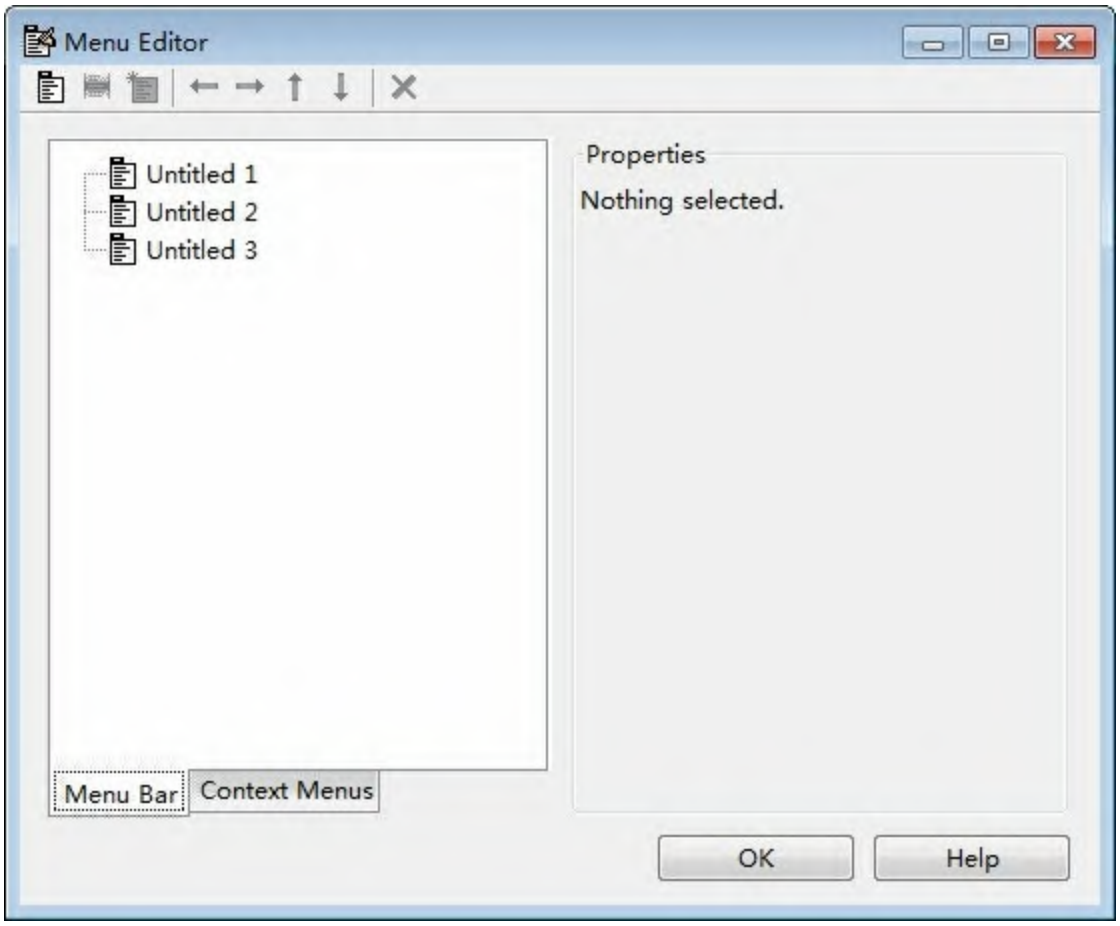


图13-12 创建一级菜单

第2个按钮用于创建一级菜单的子菜单。如图13-13所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

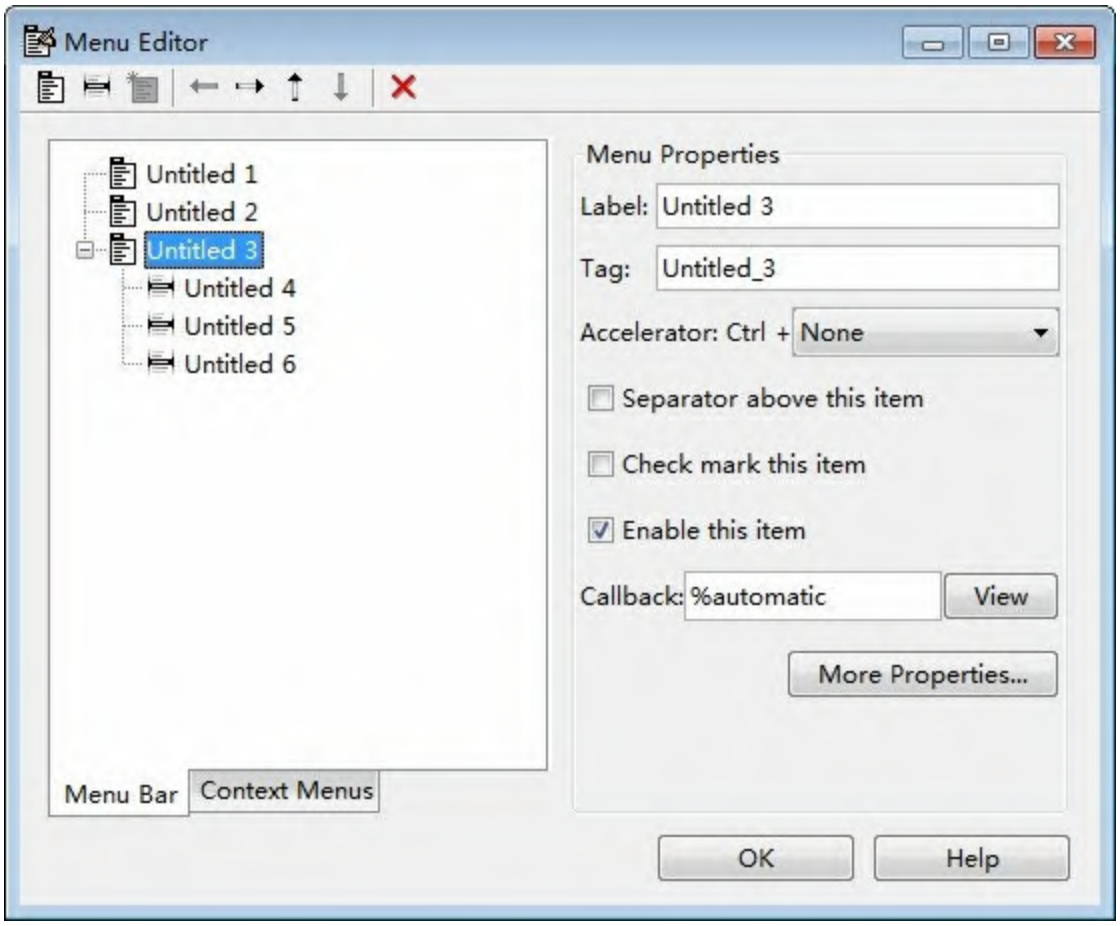


图13-13 创建一级子菜单

菜单编辑器的左下角有两个按钮，第1个按钮用于创建下拉式菜单；第2个按钮用于创建Context Menu 菜单。选择后，菜单编辑器左上角的第3个按钮就会变成可用状态，单击它就可以创建Context Menu 主菜单。

在选中已经创建的 Context Menu 主菜单后，可以单击第2 个按钮创建选中的 Context Menu 主菜单的子菜单。与下拉式菜单一样，选中创建的某个Context Menu 菜单，菜单编辑器的右边就会显示该菜单的有关属性，可以在这里设置、修改菜单的属性。

菜单编辑器左上角的第4个与第5个按钮用于对选中的菜单进行左右移动，第6个与第7 个按钮用于对选中的菜单进行上下移动，最右边的按钮用于删除选中的菜单。如图13-14所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

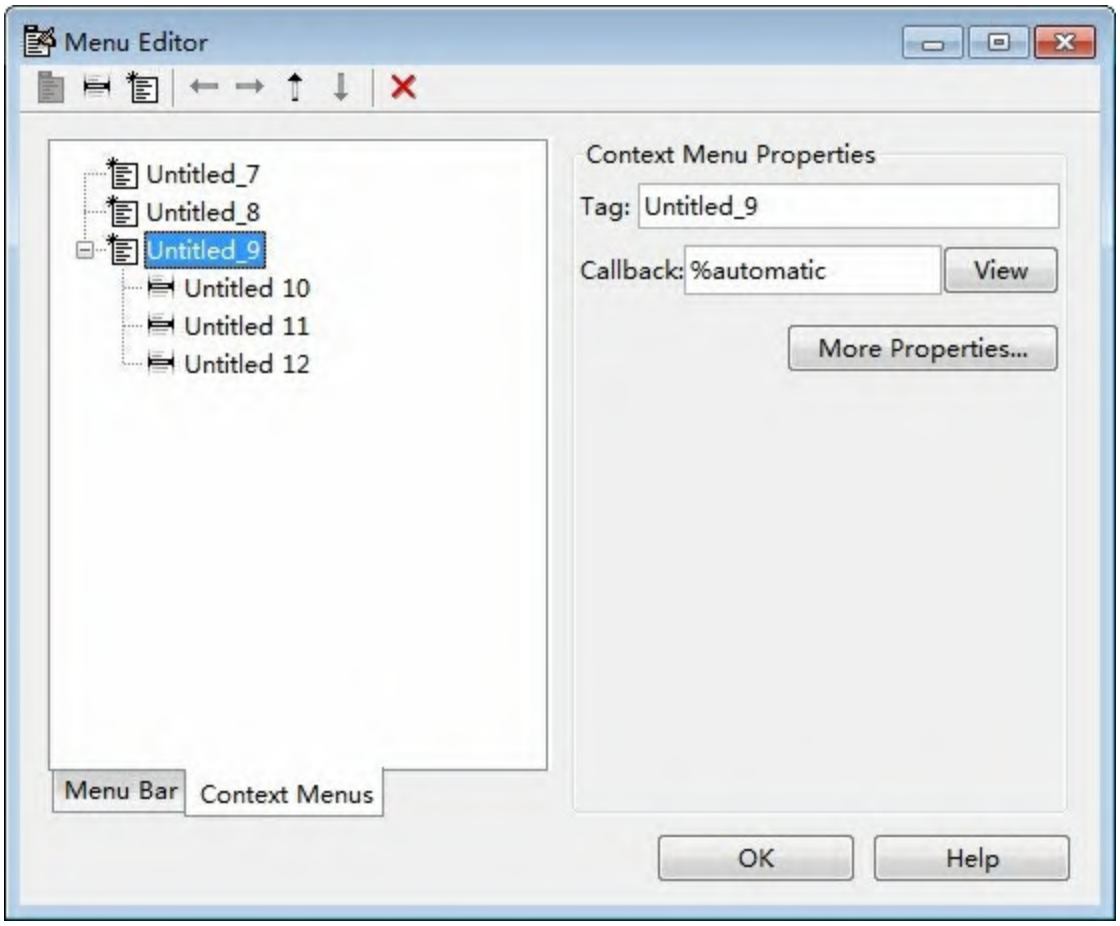


图13-14 创建下拉式菜单

13.2.5 对象浏览器

对象浏览器用于查看当前设计阶段的各个句柄图形对象。可以在对象浏览器中选中一个或多个控件来打开该控件的属性编辑器，如图13-15所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

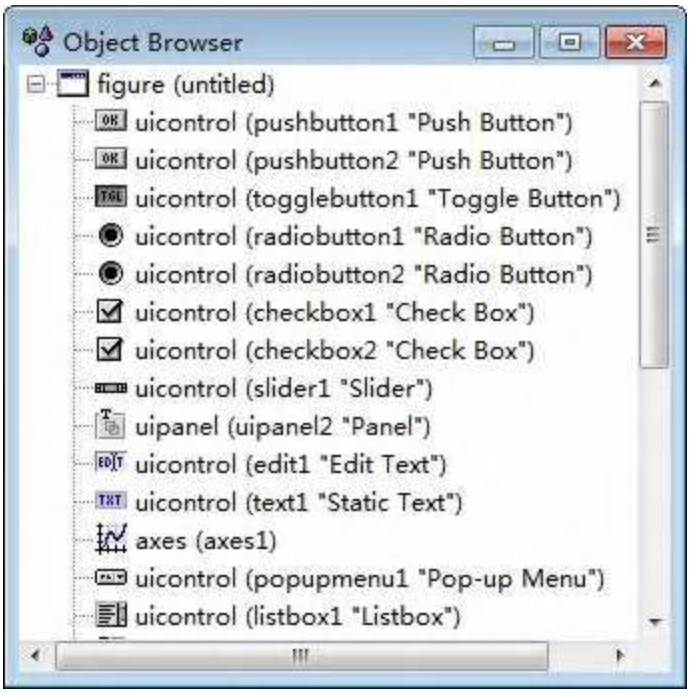


图13-15 对象浏览器

对象浏览器的打开方式如下。

（1）从GUI设计窗口的工具栏上选择“Object Browser”命令按钮。

（2）选择“View”菜单下的“Object Browser”子菜单。

（3）在设计区域单击鼠标右键，选择弹出菜单的“Object Browser”。

13.2.6 Tab 顺序编辑器

Tab顺序编辑器用于设置用户按键盘上的Tab键时对象被选中的先后顺序，如图13-16所示。Tab顺序编辑器的打开方式如下。

（1）选择“Tools”菜单下的“Tab Order Editor...”菜单项。

（2）从GUI设计窗口的工具栏上选择“Tab Order Editor...”命令按钮。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

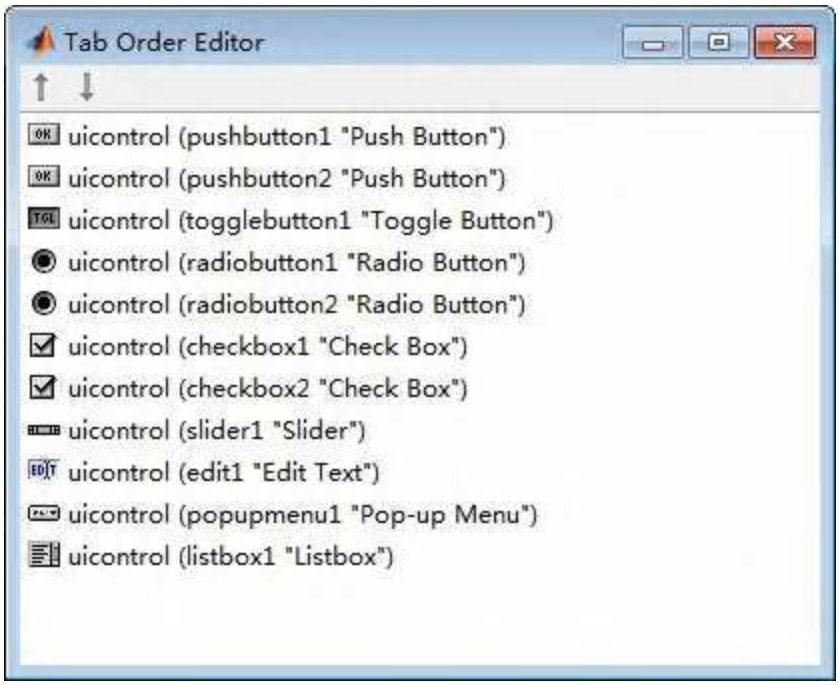


图13-16 Tab顺序编辑器

13.3 控件对象及属性

13.3.1 控件对象的描述

事件响应的图形界面对象叫做控件对象，即当某一事件发生时，应用程序会做出响应并执行某些预定的功能子程序（Callback）。

MATLAB中的控件大致可分为两种：一种为动作控件，鼠标单击这些控件时会产生相应的响应；一种为静态控件，是一种不产生响应的控件，如文本框等。

每种控件都有一些可以设置的参数，用于表现控件的外形、功能及效果，即属性。属性由属性名和属性值两部分组成，它们必须是成对出现的。表13-2列出了MATLAB中常用的控件。

表13-2 MATLAB中常用的控件

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

名　　称	功　　能
按钮（Push Buttons）	执行某种预定的功能或操作
开关按钮（Toggle Button）	产生一个动作并指示一个二进制状态（开或关），当鼠单击它时按钮将下陷，并执行 callback（回调函数）中指定的内容，再次单击，按钮复原，并再次执行 callback 中的内容
单选框（Radio Button）	单个的单选框用来在两种状态之间切换，多个单选框组成一个单选框组时，用户只能在一组状态中选择单一的状态，或称为单选项
复选框（Check Boxes）	单个的复选框用来在两种状态之间切换，多个复选框组成一个复选框组时，可使用户在一组状态中作组合式的选择，或称为多选项
文本编辑器（Editable Texts）	用来使用键盘输入字符串的值，可以对编辑框中的内容进行编辑、删除和替换等操作

续表

名　　称	功　　能
静态文本框（Static Texts）	仅用于显示单行的说明文字
滚动条（Slider）	可输入指定范围的数量值
边框（Frames）	在图形窗口圈出一块区域
列表框（List Boxes）	在其中定义一系列可供选择的字符串
弹出式菜单（Popup Menus）	让用户从一列菜单项中选择一项作为参数输入
坐标轴（Axes）	用于显示图形和图象

13.3.2 控件对象的属性

用户在创建控件对象过程中，可以对其设定属性值，未指定时将使用系统缺省值。控件对象属性分为两大类。第一类是所有控件对象都具有的公共属性。第二类是控件对象作为图形对象所具有的属性。

表13-3、表13-4、表13-5、表13-6和表13-7分别介绍了控件对象的公共属性、控件对象的基本控制属性、控件对象的修饰控制属性、控件对象的辅助属性以及Callback管理属性。

表13-3 控件对象的公共属性

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

名　称	说　明
Children	取值为空矩阵，因为控件对象没有自己的子对象
Parent	取值为某个图形窗口对象的句柄，该句柄表明了控件对象所在的图形窗口
Tag	取值为字符串，定义了控件的标识值，在任何程序中都可以通过这个标识值控制该控件对象
Type	取值为 uicontrol，表明图形对象的类型
UserDate	取值为空矩阵，用于保存与该控件对象相关的重要数据和信息
Visible	取值为 on 或 off

表13-4 控件对象的基本控制属性

名　称	说　明
BackgroundColor	取值为颜色的预定义字符或 RGB 数值；缺省值为浅灰色
Callback	取值为字符串，可以是某个 M 文件名或一小段 MATLAB 语句，当用户激活某个控件对象时，应用程序就运行该属性定义的子程序
Enable	取值为 on（缺省值）,inactive 或 off
Extend	取值为 4 元素矢量[0, 0, width, height]，记录控件对象标题字符的位置和尺寸
ForegroundColor	取值为颜色的预定义字符或 RGB 数值，该属性定义控件对象标题字符的颜色；缺省值为黑色
Max，Min	取值都为数值，缺省值分别为 1 和 0
String	取值为字符串矩阵或块数组，定义控件对象标题或选项内容

续表

名　称	说　明
Style	取值可以是 pushbutton(缺省值), radiobutton, checkbox, edit, text, slider, frame, popupmenu 或 listbox
Units	取值可以是 pixels (缺省值), normalized（相对单位）, inches, centimeters（厘米）或 points（磅）
Value	取值可以是矢量，也可以是数值，其含义及解释依赖于控件对象的类型

表13-5 控件对象的修饰控制属性

名　称	说　明
FontAngle	取值为 normal（正体，缺省值）, italic（斜体）, oblique（方头）
FontName	取值为控件标题等字体的字库名
FontSize	取值为数值
FontUnits	取值为 points（缺省值）, normalized, inches, centimeters 或 pixels
FontWeight	取值为 normal（缺省值）, light，demi 和 bold，定义字符的粗细
HorizontalAligment	取值为 left，center （缺省值） 或 right，定义控件对象标题等的对齐方式

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表13-6 控件对象的辅助属性

名　　称	说　　明
ListboxTop	取值为数量值，用于 listbox 控件对象
SliderStep	取值为两元素矢量[minstep,maxstep]，用于 slider 控件对象
Selected	取值为 on 或 off（缺省值）
SlectionHoghlight	取值为 on 或 off（缺省值）

表13-7 Callback管理属性

名　　称	说　　明
BusyAction	取值为 cancel 或 queue（缺省值）
ButtDownFun	取值为字符串，一般为某个 M 文件名或一小段 MATLAB 程序
Creatfun	取值为字符串，一般为某个 M 文件名或一小段 MATLAB 程序
DeletFun	取值为字符串，一般为某个 M 文件名或一小段 MATLAB 程序
HandleVisibility	取值为 on（缺省值）, callback 或 off
Interruptible	取值为 on 或 off（缺省值）

13.3.3 控件对象的建立

在对话框上有各种各样的控件用于实现有关控制。在MATLAB中，uicontrol函数是用于建立控件对象的，其调用格式为：

对象句柄=uicontrol(图形窗口句柄，属性名1,属性值1,属性名2,属性值2,…)

【例 13-1】建立数制转换对话框。在左边输入一个十进制整数和 2～16 之间的数，单击“转换”按钮能在右边得到十进制数所对应的二～十六进制字符串，单击“退出”按钮退出对话框。

程序调用了trdec.m函数文件，该函数的作用是将任意十进制整数转换为二～十六进制字符串。trdec.m函数文件如下：

```
function dec=trdec(n,b)
   ch1='0123456789ABCDEF';   %十六进制的16个符号
   k=1;
   while n～=0          %不断除某进制基数取余直到商为0
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
        p(k)=rem(n,b);
        n=fix(n/b);
        k=k+1;
    end
    k=k-1;
    strdec='';
    while k>=1          %形成某进制数的字符串
        kb=p(k);
        strdec=strcat(strdec,ch1(kb+1:kb+1));
        k=k-1;
    end
    dec=strdec;
```

主程序如下：

```
hf=figure('Color',[1,1,0],'Position',[100,200,400,200],...
'Name','数制转换','NumberTitle','off','MenuBar','none');
uicontrol(hf,'Style','Text', 'Units','normalized',...
'Position',[0.05,0.8,0.45,0.1],'Horizontal','center',...
'String','输入框','Back',[0,1,1]);
uicontrol(hf,'Style','Text','Position',[0.5,0.8,0.45,0.1],...
'Units','normalized','Horizontal','center',...
'String','输出框','Back',[0,1,1]);
uicontrol(hf,'Style','Frame','Position',[0.04,0.33,0.45,0.45],...
'Units','normalized','Back',[1,1,0]);
uicontrol(hf,'Style','Text','Position',[0.05,0.6,0.25,0.1],...
'Units','normalized','Horizontal','center',...
'String','十进制数','Back',[1,1,0]);
uicontrol(hf,'Style','Text','Position',[0.05,0.4,0.25,0.1],...
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
'Units','normalized','Horizontal','center',...
'String','2～16进制','Back',[1,1,0]);
he1=uicontrol(hf,'Style','Edit','Position',[0.25,0.6,0.2,0.1],...
'Units','normalized','Back',[0,1,0]);
he2=uicontrol(hf,'Style','Edit','Position',[0.25,0.4,0.2,0.1],...
'Units','normalized','Back',[0,1,0]);
uicontrol(hf,'Style','Frame','Position',[0.52,0.33,0.45,0.45],...
'Units','normalized','Back',[1,1,0]);
ht=uicontrol(hf,'Style','Text','Position',[0.6,0.5,0.3,0.1],...
'Units','normalized','Horizontal','center','Back',[0,1,0]);
COMM=
['n=str2num(get(he1,"String"));','b=str2num(get(he2,"String"));',...
'dec=trdec(n,b);','set(ht,"string",dec);'];
uicontrol(hf,'Style','Push','Position',[0.18,0.1,0.2,0.12],...
'String','转换','Units','normalized','Call',COMM);
uicontrol(hf,'Style','Push','Position',[0.65,0.1,0.2,0.12],...
'String','退出','Units','normalized','Call','close(hf)');
```

建立结果如图13-17所示。

若在输入框十进制数里填写“1234567”，在2～16进制里填写“11”，那么在输出框里将显示相应的结果。如图13-18所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图13-17 数制转换对话框



图13-18 数制转换对话框

【例13-2】建立图形演示对话框。在编辑框输入绘图命令，单击“绘图”按钮能在左边坐标轴得到所对应的图形，弹出框提供色图控制，列表框提供坐标网格线和坐标边框控制。

程序调用了COMM.m函数文件，该函数文件如下：

```
function COMM(hedit,hpopup,hlist)
   com=get(hedit,'String');
   n1=get(hpopup,'Value');
   n2=get(hlist,'Value');
   if～isempty(com)       %编辑框输入非空时
      eval(com');       %执行从编辑框输入的命令
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
        chpop={'A','B','C','D'};
        chlist={'grid on','grid off','box on','box off'};
        colormap(eval(chpop{n1}));
        eval(chlist{n2});
    end
```

主程序如下：

```
clf;
set(gcf,'Unit','normalized','Position',[0.2,0.3,0.65,0.35]);
set(gcf,'Menubar','none','Name','绘图演示','NumberTitle','off');
axes('Position',[0.05,0.15,0.55,0.7]);
uicontrol(gcf,'Style','text', 'Unit','normalized',...
'Posi',[0.63,0.85,0.2,0.1],'String','请输入绘图语句','Horizontal','center');
hedit=uicontrol(gcf,'Style','edit','Unit','normalized','Posi',
[0.63,0.15,0.2,0.68],...
'Max',2);              %Max取2，使Max-Min>1，从而允许多行输入
hpopup=uicontrol(gcf,'Style','popup','Unit','normalized',...
'Posi',[0.85,0.8,0.15,0.15],'String','A|B|C|D');
hlist=uicontrol(gcf,'Style','list','Unit','normalized',...
'Posi',[0.85,0.55,0.15,0.25],'String','Grid on|Grid off|Box on|Box off');
hpush1=uicontrol(gcf,'Style','push','Unit','normalized',...
'Posi',[0.85,0.35,0.15,0.15],'String','绘图');
uicontrol(gcf,'Style','push','Unit','normalized',...
'Posi',[0.85,0.15,0.15,0.15],'String','关闭','Call','close all');
set(hpush1,'Call','COMM(hedit,hpopup,hlist)');
set(hlist,'Call','COMM(hedit,hpopup,hlist)');
set(hpopup,'Call','COMM(hedit,hpopup,hlist)');
```

建立结果如图13-19所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

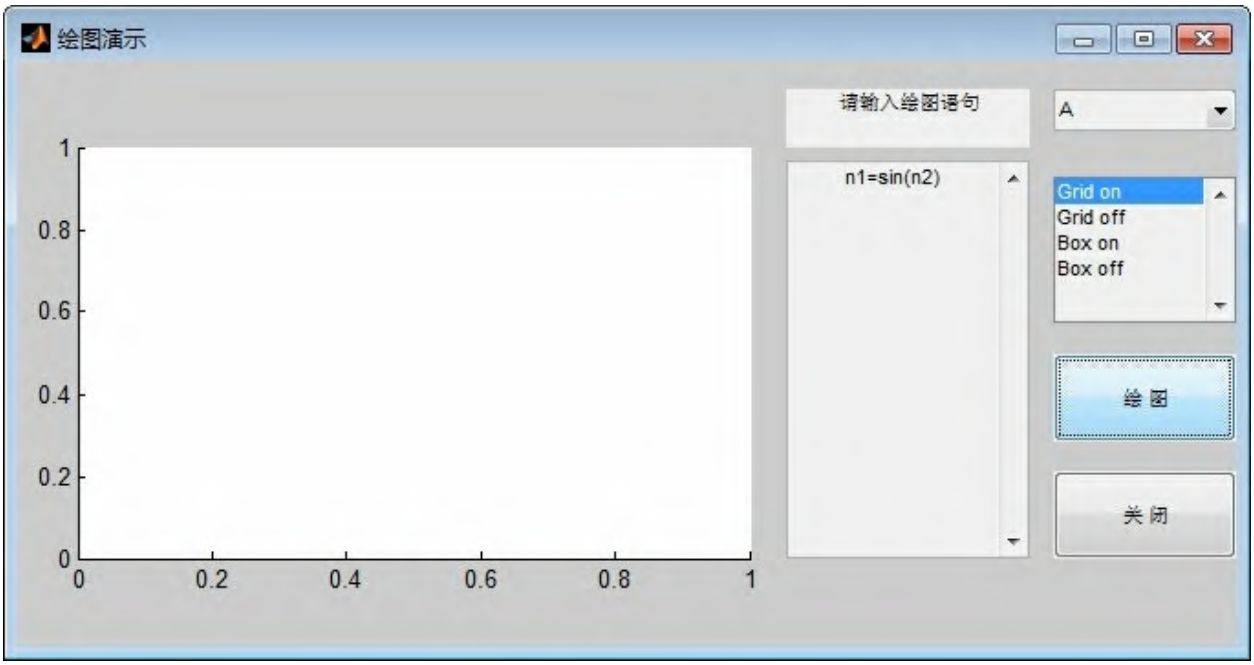


图13-19 “绘图演示”对话框

13.4 菜单设计

菜单是动态呈现的选择列表，它对应于相关方法（常称为命令）或GUI状态。菜单可以包含其他菜单或者菜单项，也可以包含菜单（即分层的菜单），表示可以执行的命令或所选择的GUI状态。菜单可以与应用程序的菜单栏相关，也可以漂浮在应用程序窗口之上，形成弹出式菜单。

13.4.1 建立用户菜单

在MATLAB中，uimenu函数用于建立自定义的用户菜单，该函数的调用格式为：

Hm=uimenu(Hp,属性名1,属性值1,属性名2,属性值2,…)

其功能为创建句柄值为Hm的自定义的用户菜单。Hp为其父对象的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

句柄，属性名和属性值构成属性二元对，定义用户菜单的属性。

该函数可以用于建立一级菜单项和子菜单项。

（1）建立一级菜单项的函数调用格式为：

一级菜单项句柄=uimenu(图形窗口句柄,属性名1,属性值1,属性名2,属性值2,…)

（2）建立子菜单项的函数调用格式为：

子菜单项句柄=uimenu(一级菜单项句柄,属性名1,属性值1,属性名2,属性值2,…)

13.4.2 菜单对象常用属性

菜单对象除具有 Children（子对象），Parent（父对象），Tag（标签），Type（类型），UserData（用户数据），Enable（使能）和 Visible（可见性）等公共属性外，还有一些常用的特殊属性，如回调（callback）属性和菜单名(label)。

另外，用户菜单的外观有 4 个属性：Position（位置），Separator（分隔线），checked（检录符）和ForeGroundColor（前景颜色）。

【例13-3】建立“图形演示系统”菜单。菜单条中含有3个菜单项：“绘图”、“选项”和“退出”。“绘图”菜单项中有“Sine”和“Cosine”两个子菜单项，分别控制在本图形窗口画出正弦和余弦曲线。“选项”菜单项的内容为“Grid on”和“Grid off”，控制给坐标轴加网格线；“Box on”和“Box off”，控制给坐标轴加边框。这4 项只有在画有曲线时才是可选的。“Figure Color”控制图形窗口背景颜色。“退出”菜单项控制是否退出系统。

```
screen=get(0,'ScreenSize');
W=screen(3);H=screen(4);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
figure('Color',[1,1,1],'Position',[0.2*H,0.2*H,0.6*W,0.4*H],...
'Name','图形演示系统','NumberTitle','off','MenuBar','none');
%定义绘图菜单项
hplot=uimenu(gcf,'Label','&绘图');
uimenu(hplot,'Label','Sine','Call',['t=-pi:pi/30:pi;','plot(t,sin(t));',...
'set(hgon,"Enable","on");','set(hgoff,"Enable","on");',...
'set(hbon,"Enable","on");','set(hboff,"Enable","on");']);
uimenu(hplot,'Label','Cosine','Call',['t=-pi:pi/30:pi;','plot(t,cos(t));',...
'set(hgon,"Enable","on");','set(hgoff,"Enable","on");',...
'set(hbon,"Enable","on");','set(hboff,"Enable","on");']);
%定义选项菜单项
hoption=uimenu(gcf,'Label','&选项');
hgon=uimenu(hoption,'Label','&Grig on','Call','grid on','Enable','off');
hgoff=uimenu(hoption,'Label','&Grig off','Call','grid off','Enable','off');
hbon=uimenu(hoption,'Label','&Box on','separator','on','Call','box
on','Enable','off');
hboff=uimenu(hoption,'Label','&Box off','Call','box off','Enable','off');
hfigcor=uimenu(hoption,'Label','&Figure Color','Separator','on');
uimenu(hfigcor,'Label','&Red','Accelerator','r','Call','set(gcf,"Color","r");'
uimenu(hfigcor,'Label','&Blue','Accelerator','b','Call','set(gcf,"Color","b")
uimenu(hfigcor,'Label','&Yellow','Call','set(gcf,"Color","y");');
uimenu(hfigcor,'Label','&White','Call','set(gcf,"Color","w");');
%定义退出菜单项
uimenu(gcf,'Label','&退出','Call','close(gcf)');
```

运行结果如图13-20所示。

绘制出Sine曲线图，如图13-21所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

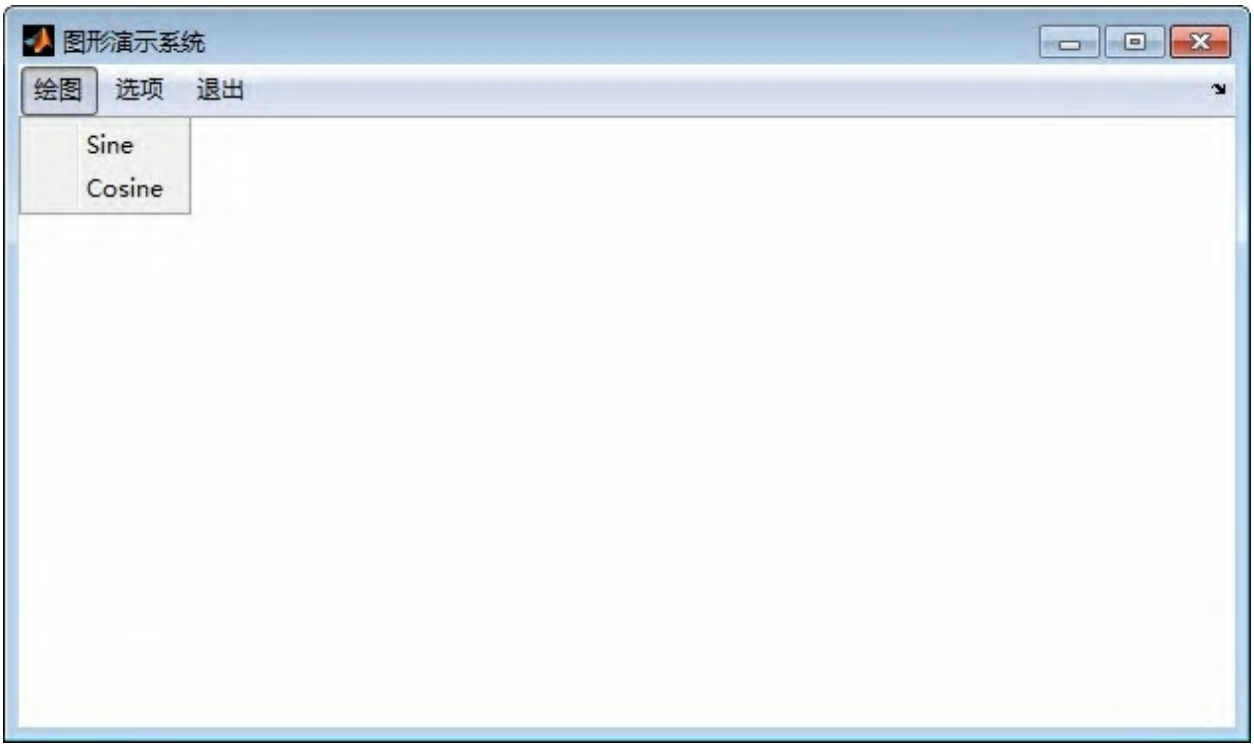


图13-20 图形演示系统

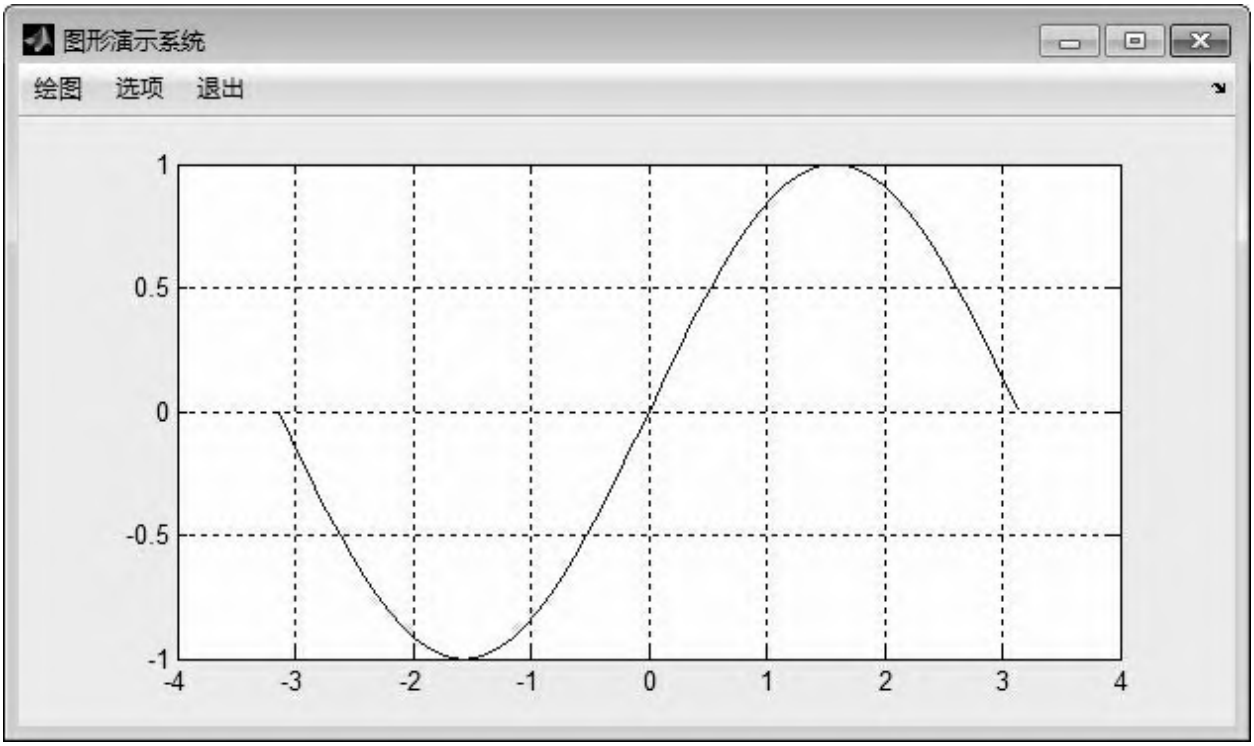


图13-21 “图形演示系统”效果

【例13-4】建立一个菜单系统。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
screen=get(0,'ScreenSize');
W=screen(3);H=screen(4);
hf=figure('Color',[1,1,1],'Position',[1,1,0.4*W,0.3*H],...
'Name','菜单示例','NumberTitle','off','MenuBar','none');
hfile=uimenu(hf,'label','&文件');
hhelp=uimenu(hf,'label','&帮助');
uimenu(hfile,'label','&新建','call','disp("New Item")');
uimenu(hfile,'label','&打开','call','disp("Open Item")');
hsave=uimenu(hfile,'label','&保存','Enable','off');
uimenu(hsave,'label','Text file','call','k1=0;k2=1;file01;');
uimenu(hsave,'label','Graphics file','call','k1=1;k2=0;file10;');
uimenu(hfile,'label','&保存到','call','disp("Save As Item")');
uimenu(hfile,'label','&退出','separator','on','call','close(hf)');
uimenu(hhelp,'label','关于','call',...
['disp("Help Item");','set(hsave,"Enable","on")']);
```

运行结果如图13-22所示。



（a）文件菜单项　　（b）帮助菜单项

图13-22 菜单系统文件菜单项

13.4.3 快捷菜单

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

用鼠标右键单击某对象时在屏幕上弹出的菜单叫做快捷菜单。这种菜单出现的位置是不固定的，而且总是和某个图形对象相联系的。在MATLAB 中，可以使用 uicontextmenu函数和图形对象的UIContextMenu属性来建立快捷菜单。

（1）利用uicontextmenu函数建立快捷菜单，格式如下。

hc=uicontextmenu：其功能建立快捷菜单，并将句柄值赋给变量hc。

（2）利用uimenu函数为快捷菜单建立菜单项，格式如下。

uimenu('快捷菜单名',属性名,属性值,...)：其功能是为创建的快捷菜单赋值，其中属性名和属性值构成属性二元对。

（3）利用set函数将该快捷菜单和某图形对象联系起来。

【例13-5】绘制曲线 y=3e-0.6xsin(2 pi x)，并建立一个与之相联系的快捷菜单，用以控制曲线的线型和曲线宽度。

```
x=0:pi/100:2*pi;
y=3*exp(-0.6*x).*sin(2*pi*x);
hl=plot(x,y);
hc=uicontextmenu;          %建立快捷菜单
hls=uimenu(hc,'Label','线型');      %建立菜单项
hlw=uimenu(hc,'Label','线宽');
uimenu(hls,'Label','虚线','Call','set(hl,"LineStyle",":");');
uimenu(hls,'Label','实线','Call','set(hl,"LineStyle","-");');
uimenu(hlw,'Label','加宽','Call','set(hl,"LineWidth",2);');
uimenu(hlw,'Label','变细','Call','set(hl,"LineWidth",0.5);');
set(hl,'UIContextMenu',hc);      %将该快捷菜单和曲线对象联系起来
```

运行结果如图13-23所示。

此图形演示系统有线性和线宽两种选项，如图13-24和图13-25所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

若选择的是虚线和加粗，则图像如图13-26所示。

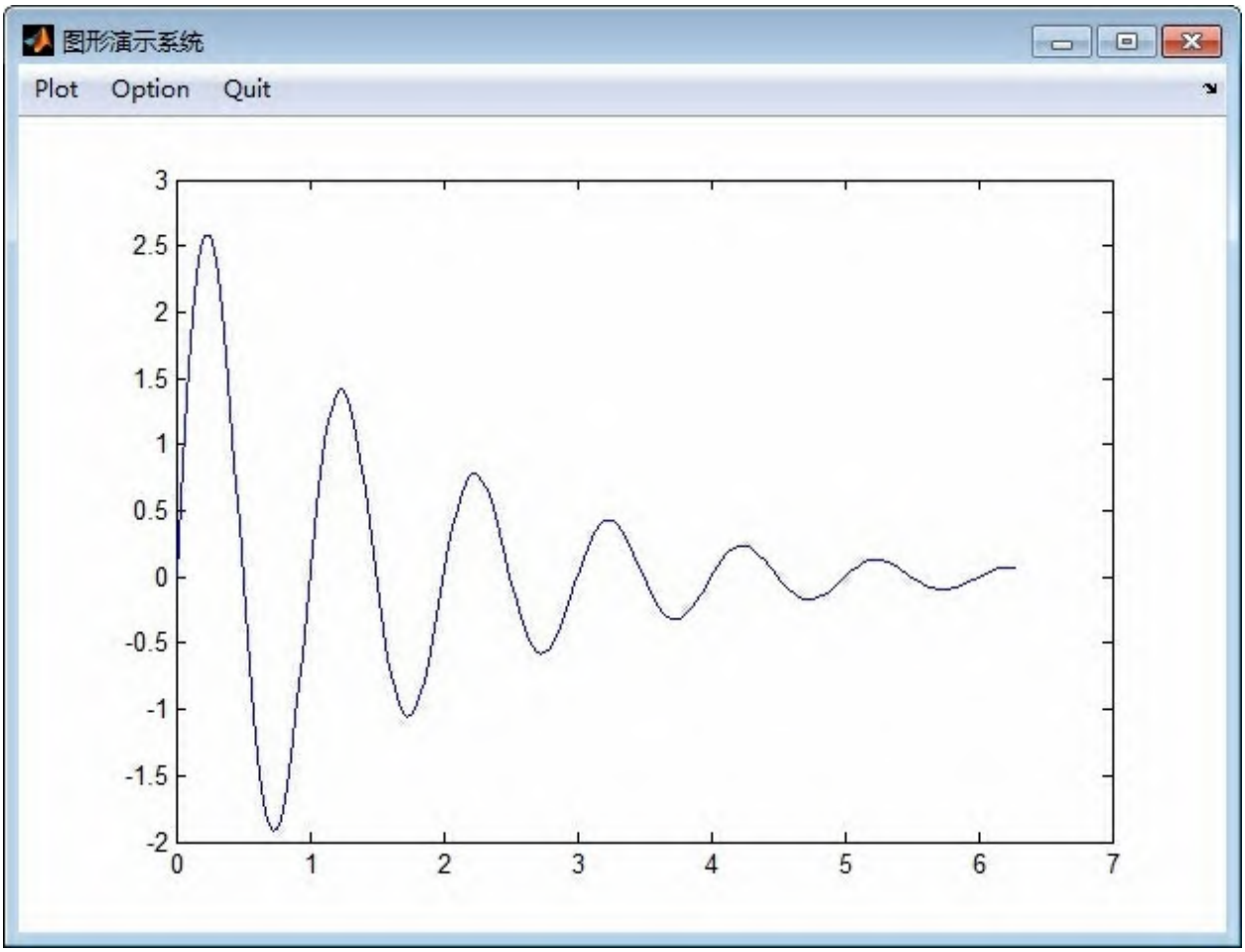


图13-23 图形演示系统

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

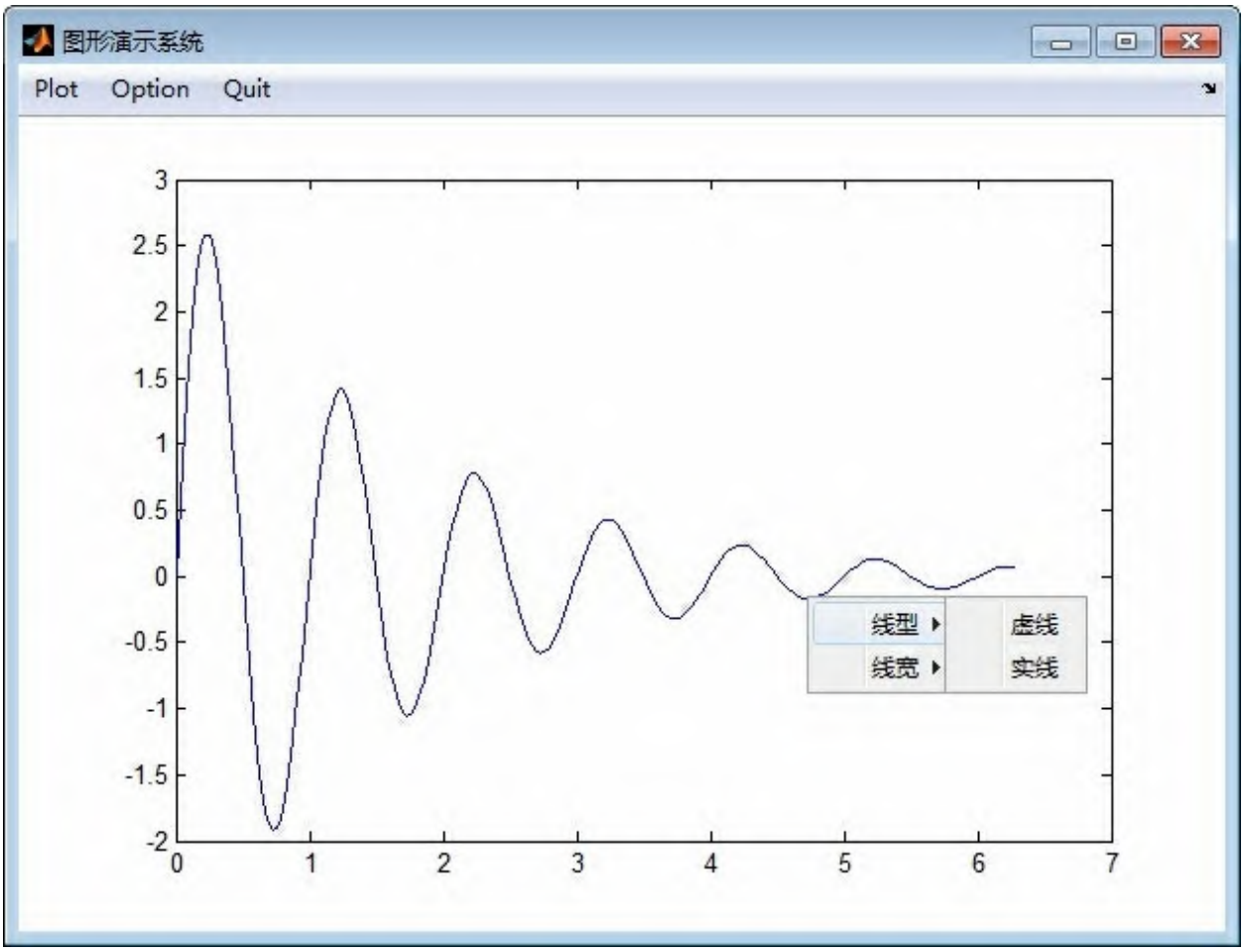


图13-24 线型的选择

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

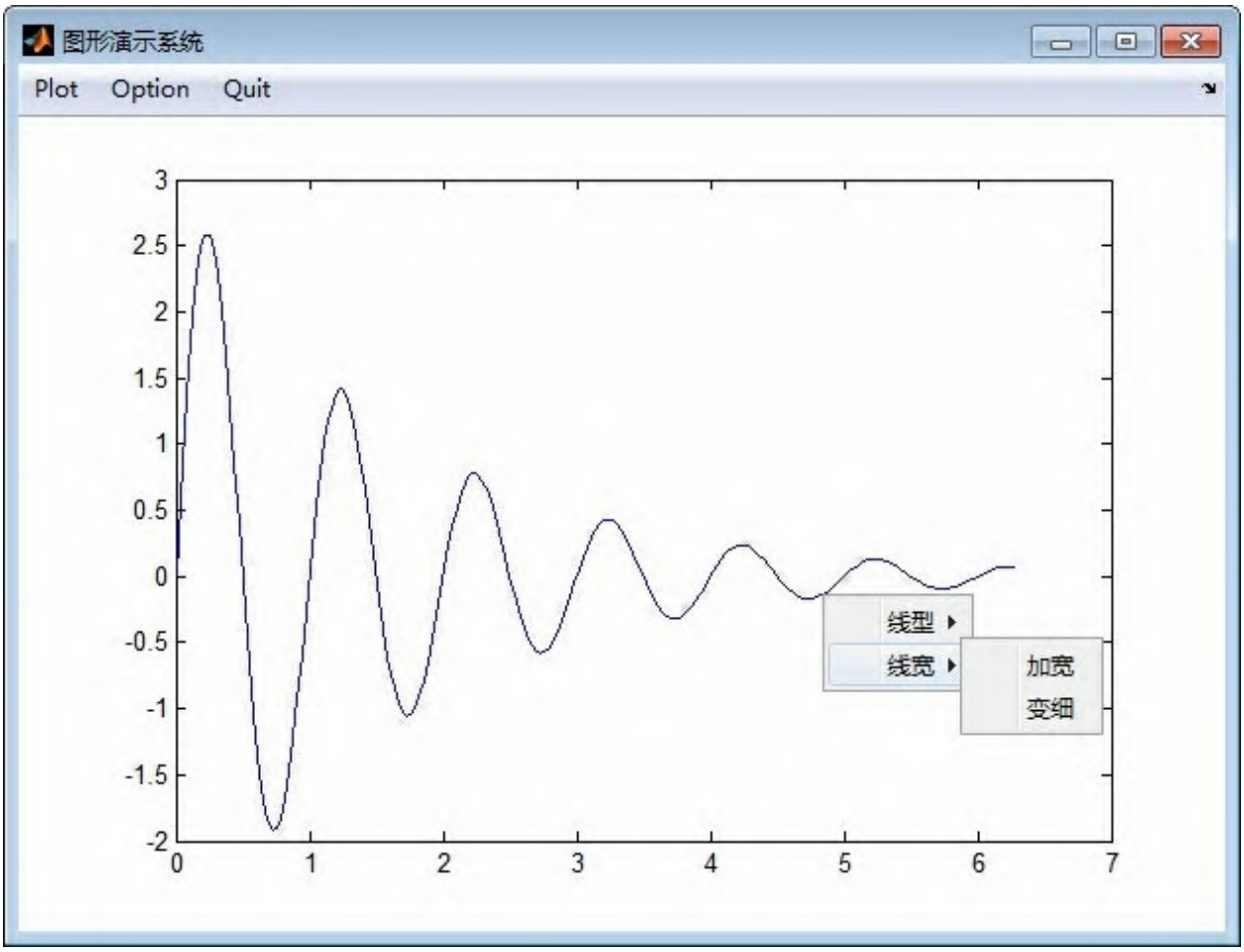


图13-25 线宽的选择

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

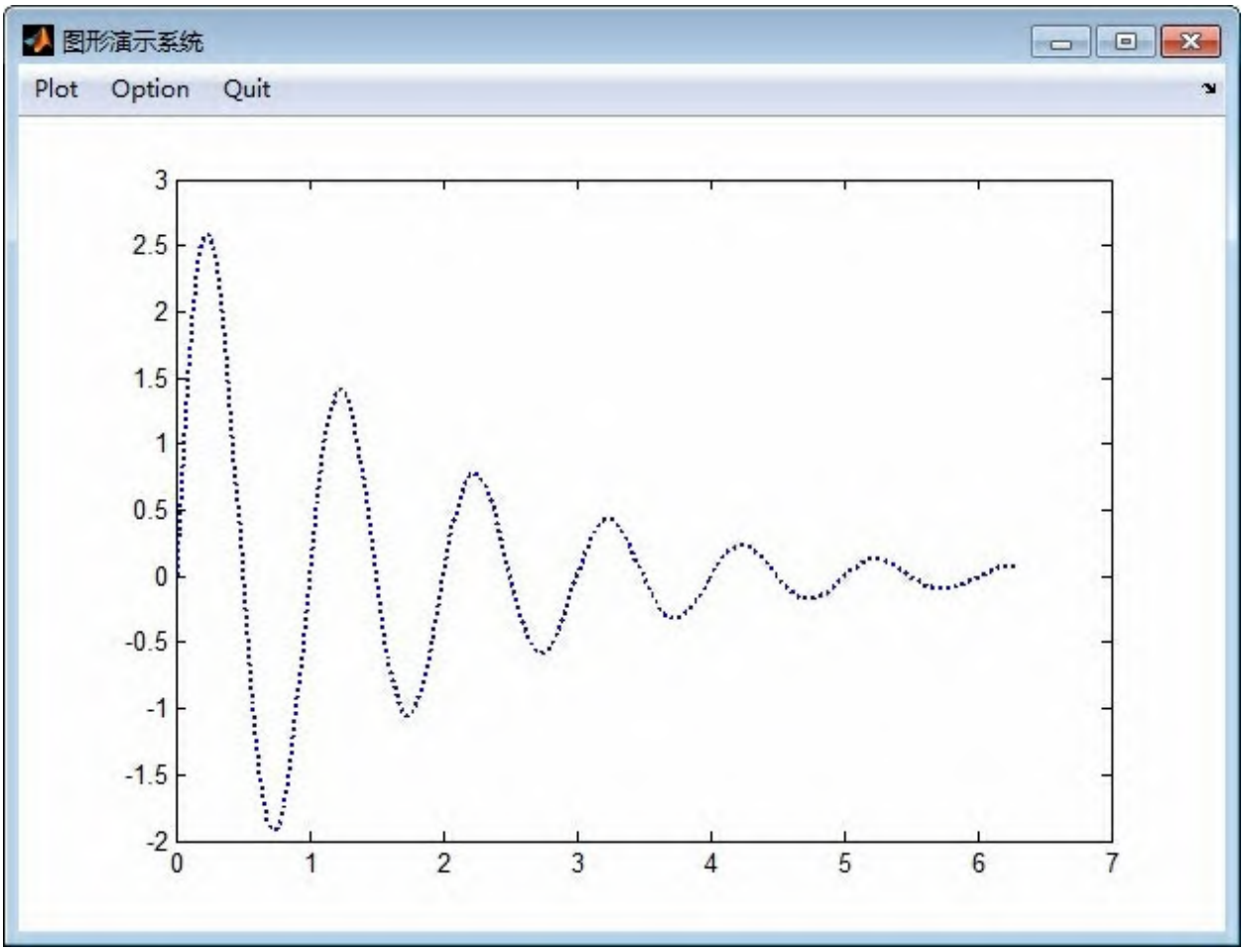


图13-26 虚线和加粗

13.5 对话框设计

在图形用户界面程序设计中，对话框是重要的信息显示和获取输入数据的用户界面对象。使用对话框，可以使应用程序的界面更加友好、使用更加方便。MATLAB 提供了两类对话框，一类为Windows的公共对话框，另一类为MATLAB风格的专用对话框。

13.5.1 Windows 公共对话框

公共对话框是利用Windows资源的对话框，包括文件打开、文件保

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

存、颜色设置、字体设置、打印设置、打印预览、打印等。

1.打开文件

在MATALB中，uigetfile函数用于打开文件，该函数的调用格式如下。

（1）uigetfile：表示弹出文件打开对话框，列出当前目录下的所有MATLAB文件。

（2）uigetfile('FilterSpec')：表示弹出文件打开对话框，列出当前目录下的所有由'FilterSpec'指定类型的文件。

（3）uigetfile('FilterSpec', 'DialogTitle')：表示同时设置文件打开对话框的标题为'DialogTitle'。

（4）uigetfile('FilterSpec', 'DialogTitle',x,y)：表示x,y参数用于确定文件打开对话框的位置。

（5）[fname,pname]=uigetfile(…)：表示返回打开文件的文件名和路径。

【例13-6】建立一个打开文件的窗口。

```
[f,p]=uigetfile('*.m;*.txt','请选择一个文件')
```

结果如图13-27所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

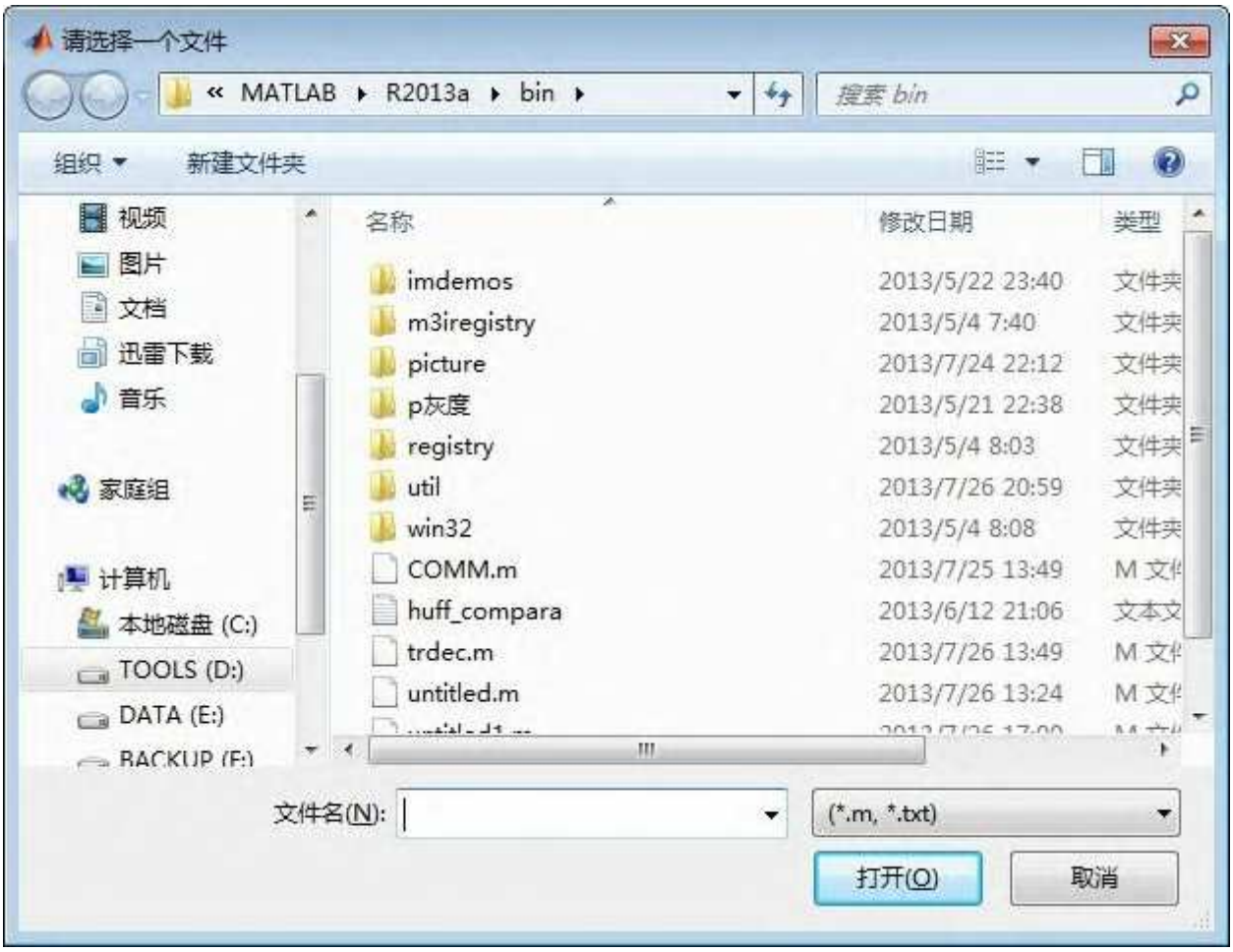


图13-27 打开文件的窗口

若选择trdec.m，则运行结果如下：

```
f =
    trdec.m
p =
    D:\Program Files\MATLAB\R2013a\bin\
```

2.文件保存

在MATALB中，uiputfile函数用于保存文件，该函数的调用格式如下。

（1）uiputfile：弹出文件保存对话框，列出当前目录下的所有MATLAB文件。

（2）uiputfile('InitFile')：弹出文件保存对话框，列出当前目录下的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

所有由'InitFile'指定类型的文件。

（3）uiputfile('InitFile', 'DialogTitle')：同时设置文件保存对话框的标题为'DialogTitle'。

（4）uiputfile('InitFile', 'DialogTitle',x,y)：x,y 参数用于确定文件保存对话框的位置。

（5）[fname,pname]=uiputfile(…)：返回保存文件的文件名和路径。

3.颜色设置

在MATALB中，uisetcolor函数用于图形对象颜色的交互式设置，该函数的调用格式如下。

c=uisetcolor('h_or_c,'DialogTitle')：输入参数 h_or_c 可以是一个图形对象的句柄，也可以是一个三色 RGB 矢量，'DialogTitle'为颜色设置对话框的标题。

例如，在命令窗口直接输入c=uisetcolor;

运行结果如图13-28所示。

4.字体设置

在MATALB中，uisetfont函数用于字体属性的交互式设置，该函数的调格式如下。

（1）uisetfont：表示打开字体设置对话框，返回所选择字体的属性。

（2）uisetfont(h)：h为图形对象句柄，使用字体设置对话框重新设置该对象的字体属性。

（3）uisetfont(S)：S 为字体属性结构变量，S 中包含的属性有FontName、FontUnits、FontSize、FontWeight、FontAngle，返回重新设置的属性值。

（4）uisetfont(h,'DialogTitle')：h为图形对象句柄，使用字体设置对话框重新设置该对象的字体属性，'DialogTitle'设置对话框的标题。

（5）uisetfont(S, 'DialogTitle')：S 为字体属性结构变量，S 中包含

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的属性有FontName、FontUnits、FontSize、FontWeight、FontAngle，返回重新设置的属性值，'DialogTitle'设置对话框的标题。

（6）S=uisetfont(…)：返回字体属性值，保存在结构变量S中。

【例13-7】设计一个字体设置对话框。

```
s=uisetfont
s =
    FontName: '楷体_GB2312'
    FontUnits: 'points'
    FontSize: 12
FontWeight: 'bold'
    FontAngle: 'normal'
```

运行结果如图13-29所示。



图13-28 颜色设置窗口

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

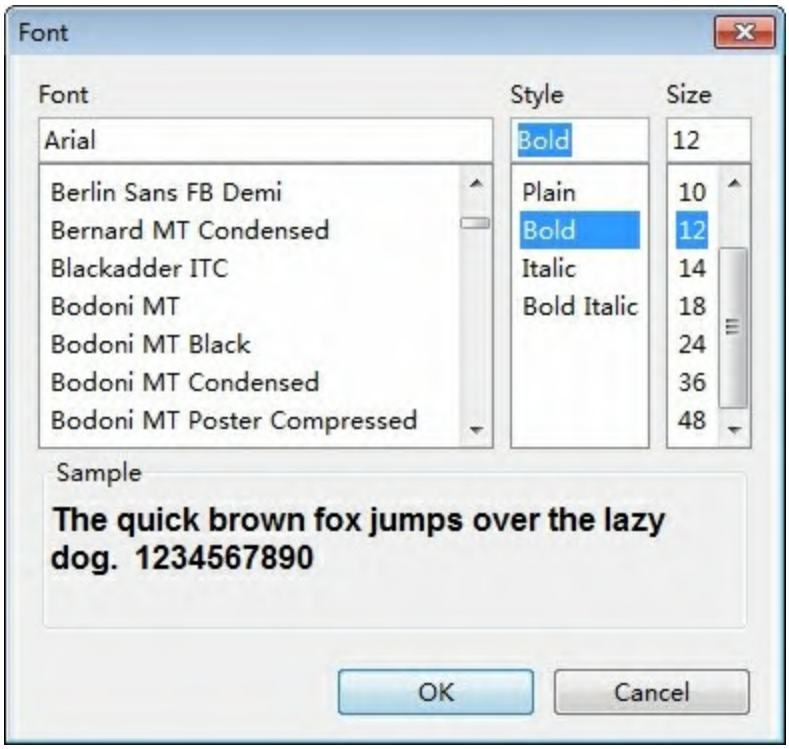


图13-29 字体设置对话框

5.打印设置

在MATALB中，函数pagesetupdlg用于打印页面的交互式设置，其调用格式如下。

dlg=pagesetupdlg(fig)：fig为图形窗口的句柄，省略时为当前图形窗口。

6.打印预览

在MATALB中，printpreview函数用于对打印页面进行预览，该函数的调用格式如下。

（1）printpreview：对当前图形窗口进行打印预览。

（2）printpreview(f)：对以f为句柄的图形窗口进行打印预览。

7.打印

在MATALB中，printdlg函数为Windows的标准对话框，该函数的调用格式如下。

（1）printdlg：对当前图形窗口打开Windows打印对话框。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）printdlg(fig)：对以fig为句柄的图形窗口打开Windows打印对话框。

（3）printdlg('-crossplatform',fig)：打开crossplatform 模式的MATLAB 打印对话框。

（4）printdlg(-'setup',fig)：在打印设置模式下，强制打开打印对话框。

13.5.2 MATLAB专用对话框

MATLAB除了使用公共对话框外，还提供了一些专用对话框，包括帮助、错误信息、信息提示、警告信息等。

1.错误信息窗口

在MATALB中，errordlg函数用于提示错误信息，该函数的调用格式如下。

（1）errordlg：表示打开默认的错误信息对话框。

（2）errordlg('errorstring')：表示打开显示'errorstring'信息的错误信息对话框。

（3）errordlg('errorstring', 'dlgname')：表示打开显示'errorstring'信息的错误信息对话框，对话框的标题由'dlgname'指定。

（4）erordlg('errorstring', 'dlgname', 'on')：表示打开显示'errorstring'信息的错误信息对话框，对话框的标题由'dlgname'指定。如果对话框已存在，'on'参数将对话框显示在最前端。

（5）h=errodlg(…)：表示返回对话框句柄。

【例13-8】下面的例子为在命令窗口输入：

errordlg('输入错误,请重试','错误信息')

运行结果如图13-30所示。

2.帮助提示信息窗口

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在MATALB中，helpdlg函数用于帮助提示信息，该函数的调用格式如下。

（1）helpdlg：打开默认的帮助对话框；

（2）helpdlg('helpstring')：打开显示'errorstring'信息的帮助对话框。

（3）helpdlg('helpstring'， 'dlgname')：打开显示'errorstring'信息的帮助对话框，对话框的标题由'dlgname'指定。

（4）h=helpdlg(…)：返回对话框句柄。

【例13-9】下面的例子为在命令窗口输入：

helpdlg('矩阵尺寸必须相同','帮助在线')

运行结果如图13-31所示。



图13-30 错误信息提示



图13-31 帮助信息窗口

3.输入信息窗口

在MATALB中，inputdlg函数用于输入信息，其调用格式如下。

（1）answer=inputdlg(prompt)：打开输入对话框，prompt为单元数组，用于定义输入数据窗口的个数和显示提示信息，answer为用于存储输入数据的单元数组。

（2）answer=inputdlg(prompt,title)：与上者相同，title确定对话框的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

标题。

（3）answer=inputdlg(prompt,title,lineNo)：参数lineNo可以是标量、列矢量或m×2阶矩阵。若为标量，表示每个输入窗口的行数均为lineNo；若为列矢量，则每个输入窗口的行数由列矢量lineNo的每个元素确定；若为矩阵，每个元素对应一个输入窗口，每行的第1列为输入窗口的行数，第2列为输入窗口的宽度。

（4）answer=inputdlg(prompt,title,lineNo,defAns)：参数defans为一个单元数组，存储每个输入数据的默认值，元素个数必须与prompt 所定义的输入窗口数相同，所有元素必须是字符串。

（5）answer=inputdlg(prompt,title,lineNo,defAns,Resize)：参数resize决定输入对话框的大小能否被调整，可选值为on或off。

【例13-10】创建两个输入窗口的输入对话框。

```
prompt={'Please Input Name',' Please Input Age'};
title='Input Name and Age';
lines=[2 1]';
def={'John ','15'};
answer=inputdlg(prompt,title,lines,def);
```

运行结果如图13-32所示。



图13-32 两个输入窗口对话框

4.列表选择对话框

在 MATALB 中，listdlg 函数用于在多个选项中选择需要的值，该

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

函数的调用格式如下。

[selection,ok]=listdlg('Liststring',S,…)：输出参数selection为一个矢量，存储所选择的列表项的索引号；输入参数为可选项'Liststring'（字符单元数组），'SelectionMode'（'single'或'multiple（缺省值）'），'ListSize' ([wight,height])，'Name' (对话框标题）等。

5.信息提示对话框

在MATALB中，msgbox函数用于显示提示信息，其调用格式如下。

（1）msgbox(message)：打开信息提示对话框，显示message信息。

（2）msgbox(message,title)：title确定对话框标题。

（3）msgbox(message,title, 'icon')：'icon'用于显示图标，可选图标包括none(无图标，缺省值)、error、help、warn或custom（用户定义）。

（4）msgbox(message,title, 'custom',icondata,iconcmap)：当使用用户定义图标时，iconData为定义图标的图像数据，iconCmap为图像的色彩图。

（5）msgbox(…, 'creatmode')：选择模式creatMode，选项为modal, non-modal 和replace。

（6）h=msgbox(…)：返回对话框句柄。

6.问题提示对话框

在MATALB中，questdlg函数用于回答问题的多种选择，该函数的调用格式如下。

（1）button=questdlg('qstring')：打开问题提示对话框，有3个按钮，分别为Yes，No和Cancel，'questdlg'确定提示信息。

（2）button=questdlg('qstring', 'title')：title 确定对话框标题。

（3）button=questdlg('qstring', 'title', 'default')：当按回车键时，返回'default'的值，'default' 必须是Yes，No 或Cancel 之一。

（4）button=questdlg('qstring', 'title', 'str1', 'str2', 'default')：打开问题

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

提示对话框，有两个按钮，分别由str1和str2确定，'qstdlg'确定提示信息，'title'确定对话框标题，'default'必须是str1或str2之一。

（5）button=questdlg('qstring', 'title', 'str1', 'str2', 'str3', 'default')：打开问题提示对话框，有3个按钮，分别由str1，str2和str3确定，'qstdlg'确定提示信息，'title'确定对话框标题，'default'必须是str1, str2 或str3。

7.进程条

在 MATALB 中，waitbar 函数用于以图形方式显示运算或处理的进程，其调用格式如下。

（1）h=waitbar(x, 'title')：显示以title 为标题的进程条，x 为进程条的比例长度，其值必须在0到1之间，h为返回的进程条对象的句柄。

（2）waitbar(x, 'title', 'creatcancelbtn', 'button_callback')：在进程条上使用CreatCancelBtn参数创建一个撤销按钮，在进程中按下撤销按钮将调用button_callback函数。

（3）waitbar(…,property_name,property_value,…)：选择其他由property_name定义的参数，参数值由property_value指定。

【例13-11】创建并使用进程条。

```
h=waitbar(0,'请稍后...');
for i=1:10000
   waitbar(i/10000,h)
end
   close(h)
```

运行结果如图13-33所示。



图13-33 进程条

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8.警告信息对话框

在MATALB中，warndlg函数用于提示警告信息，其调用格式为：

h=warndlg('warningstring', 'dlgname')

打开警告信息对话框，显示'warningstring'信息，'dlgname'确定对话框标题，h为返回的对话框句柄。

【例13-12】h=warndlg({'error:','code1111.'},'Warning')

运行结果如图13-34所示。

9.通用信息对话框

msgbox('显示信息', '标题', '图标')：图标包括Error、Help、Warn以及Custom，如果缺省则为None。

【例13-13】在命令窗口输入：data=1:64;data=(data'*data)/64;

msgbox('This is an example of msgbox!','custom ico','custom',data,hot(64))

运行结果如图13-35所示。



图13-34 警告信息对话框



图13-35 通用信息对话框

13.6 GUI 程序设计

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

GUI程序设计包括图形用户界面的设计和功能设计两个方面。

【例13-14】做一个简单的加法器。

（1）在界面上分别选择相应的控件，用鼠标拖动到右边的区域，并且排列成图13-36所示的样子。

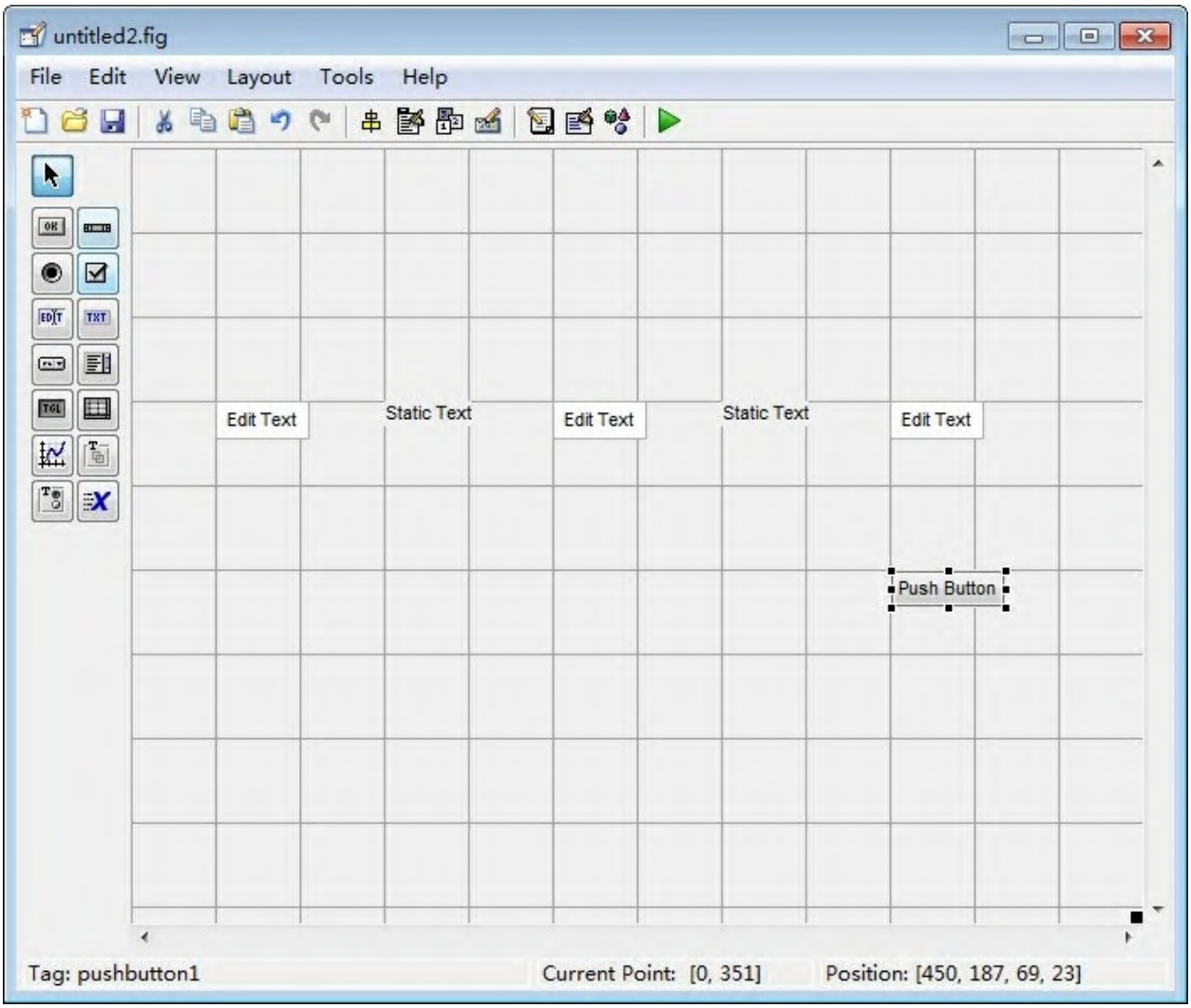


图13-36 初始界面

（2）使用对象的属性窗口设置控件的属性。设置控件属性第1 个Edit Text 按照如下设置，只需要修改String和Tag，需要说明的是，这里的Sting的值是文本框显示的字符串，也是我们在程序中需要读取的值，Tag 的值代表该文本框的名字，在程序中也需要用到，其他项不变。如图13-37所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第2 个Edit Text 按照图13-38 设置。

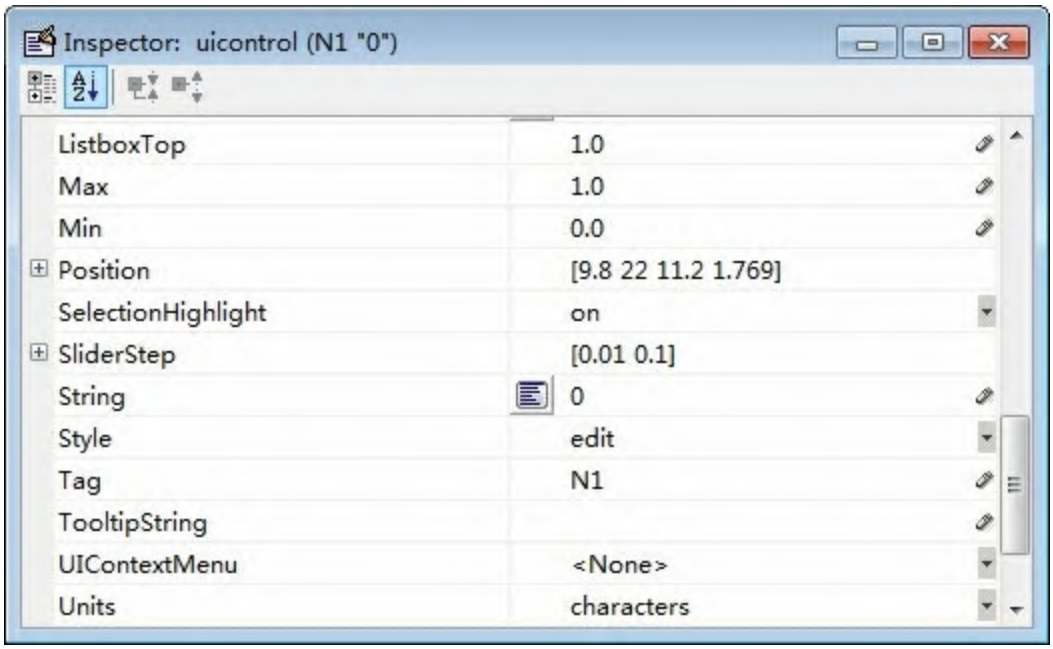


图13-37 设置属性第1个控件Edit Text的属性

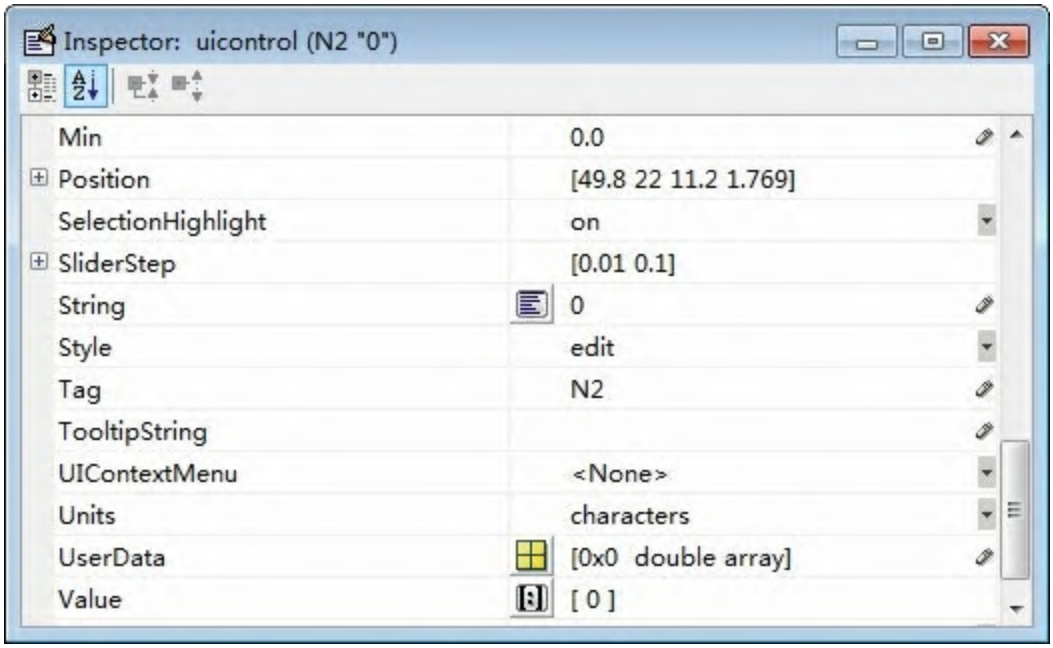


图13-38 设置属性第2个控件Edit Text的属性

第3 个Edit Text 按照图13-39 设置。

第1个StaticText按照图13-40设置，这里只需要设置String，其他的不变。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

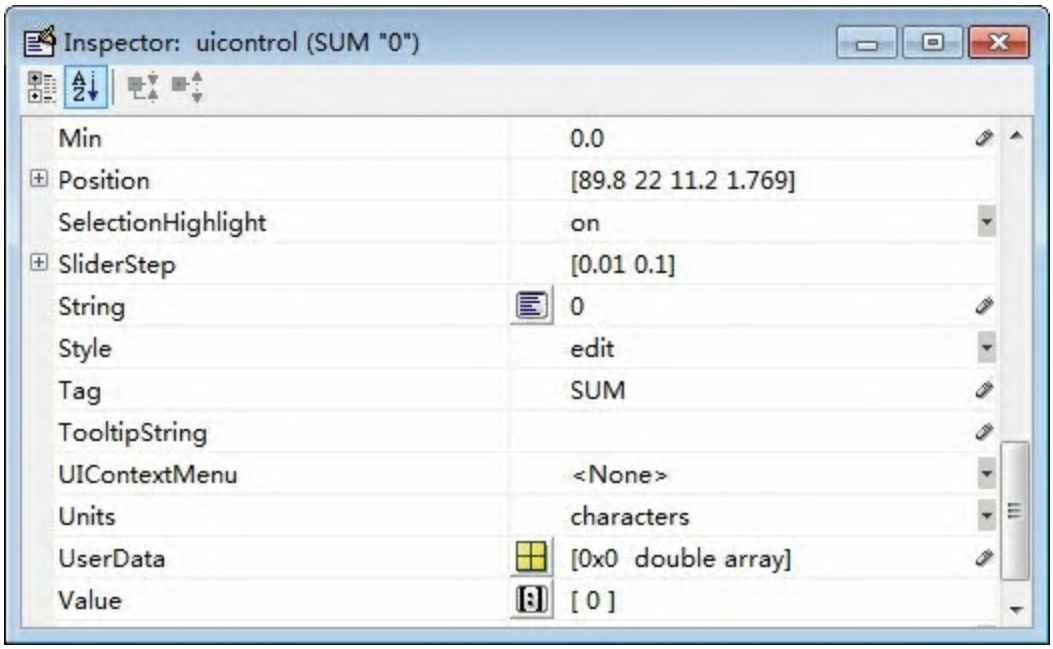


图13-39 设置属性第3个控件Edit Text的属性

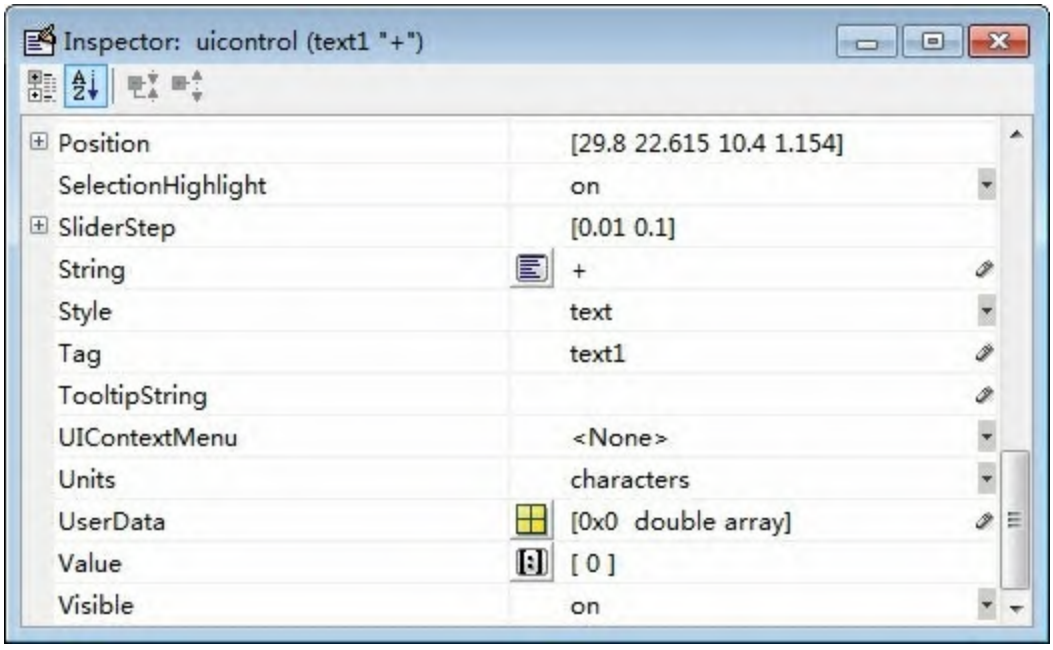


图13-40 设置第1个控件Static Text的属性

第2个StaticText按照如图13-41设置。

Push button按照图13-42设置。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

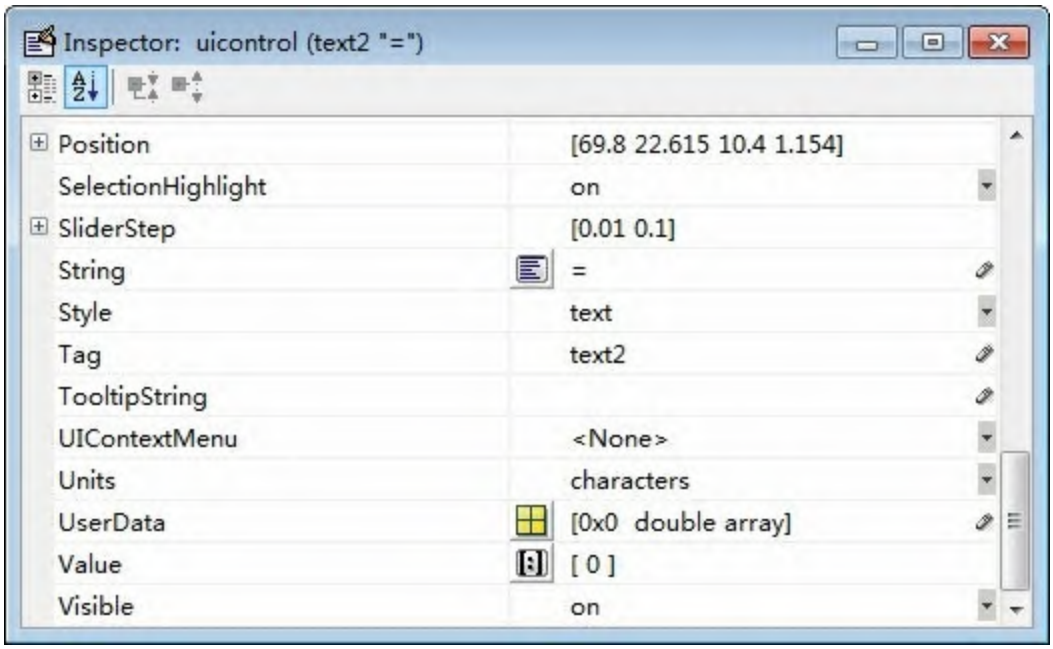


图13-41 设置第2个控件Static Text的属性

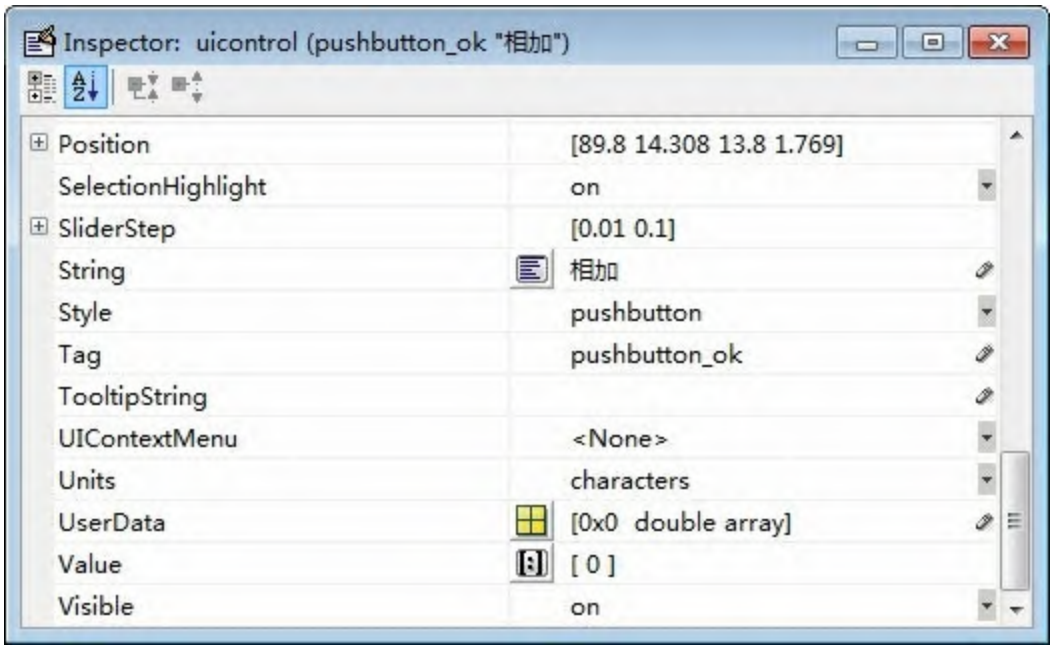


图13-42 设置Push button 控件的属性

设置完毕后的界面如图13-43所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

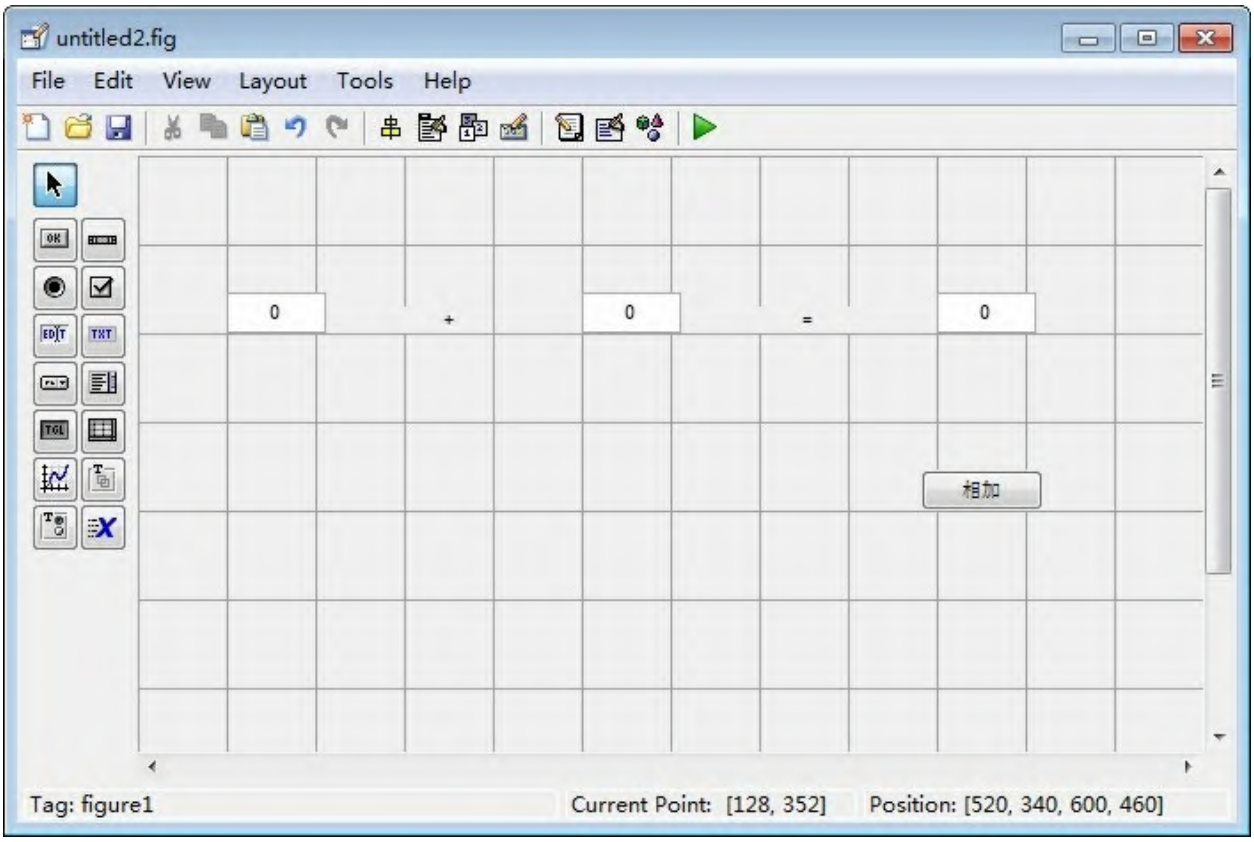


图13-43 设置完成后的界面

（3）还可以对该界面的控件进行修饰，修饰之后的界面如图13-44所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

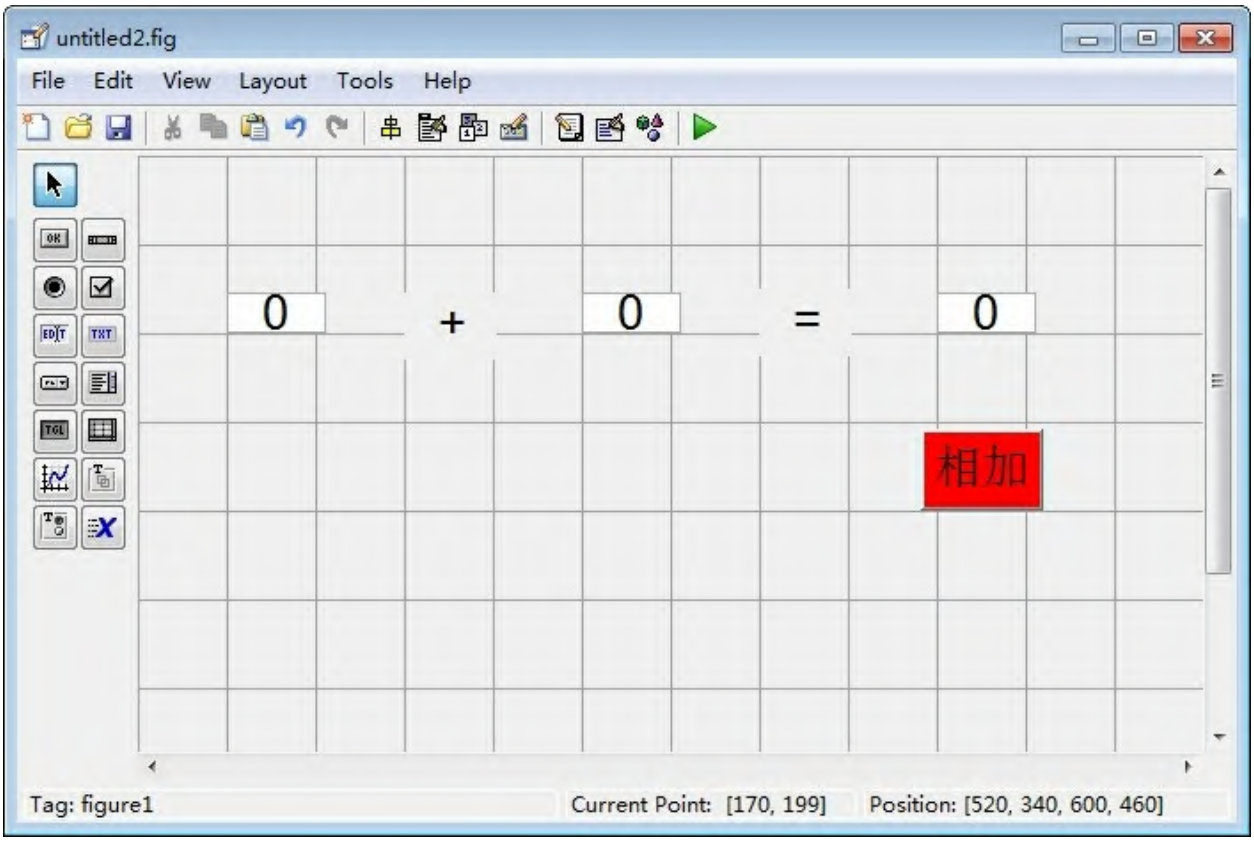


图13-44 修饰设置完成后的界面

（4）设置完毕后保存，系统会自动生成一个同名的.m和.fig文件，将自动生成主程序。现在切换到上图的界面，在“相加”按钮上单击右键，选择“View Callbacks”中的“Callback”选项。如图13-45所示。这时会自动切换到该按钮的回调函数下面，如图13-46所示。

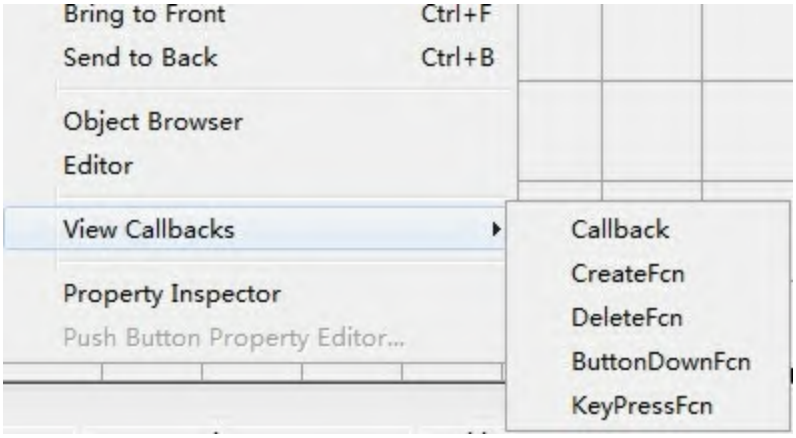


图13-45 “View Callbacks”中的“Callback”选项

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
% --- Executes on button press in pushbutton_ok.
function pushbutton_ok_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton_ok (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MAILAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

图13-46 按钮的回调函数

因为我们的程序是在单击“相加”按钮之后执行，包括读取N_1 和N_2的值，然后相加，最后把结果显示在第3个文本框中，所以这些程序代码要加在pushbutton_ok_Callback（）函数下边，代码如下：

N1=str2double(get(handles.N1,'string')); %读取N_1 的值，由于读的是String的值

N2=str2double(get(handles.N2,'string'));

N3=N1+N2;

set(handles.SUM,'string',N3); %在第3个文本框显示结果

加入以上代码后的回调函数如图13-47所示。

（5）保存后单击“Run”图标就可以运行了。如图13-48所示。

```
% --- Executes on button press in pushbutton_ok.
function pushbutton_ok_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton_ok (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MAILAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
N1=str2double(get(handles.N1,'string'));%读取N1的值，由于读的是String的值，
N2=str2double(get(handles.N2,'string'));
N3=N1+N2;
set(handles.SUM,'string',N3);%在第三个文本框显示结果
```

图13-47 加入功能代码后的回调函数

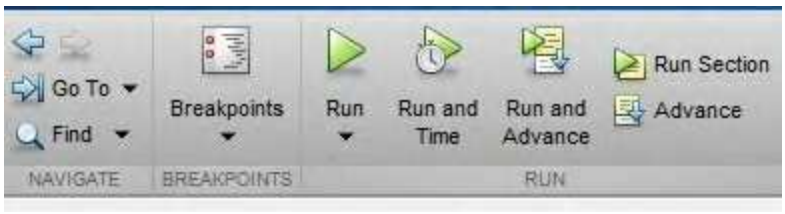


图13-48 “Run”图标的位置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运行的界面如图13-49所示。

在前两个文本框里分别填写“2”、“3”，左键单击“相加”，就会得出结果，相应的界面如图13-50所示。

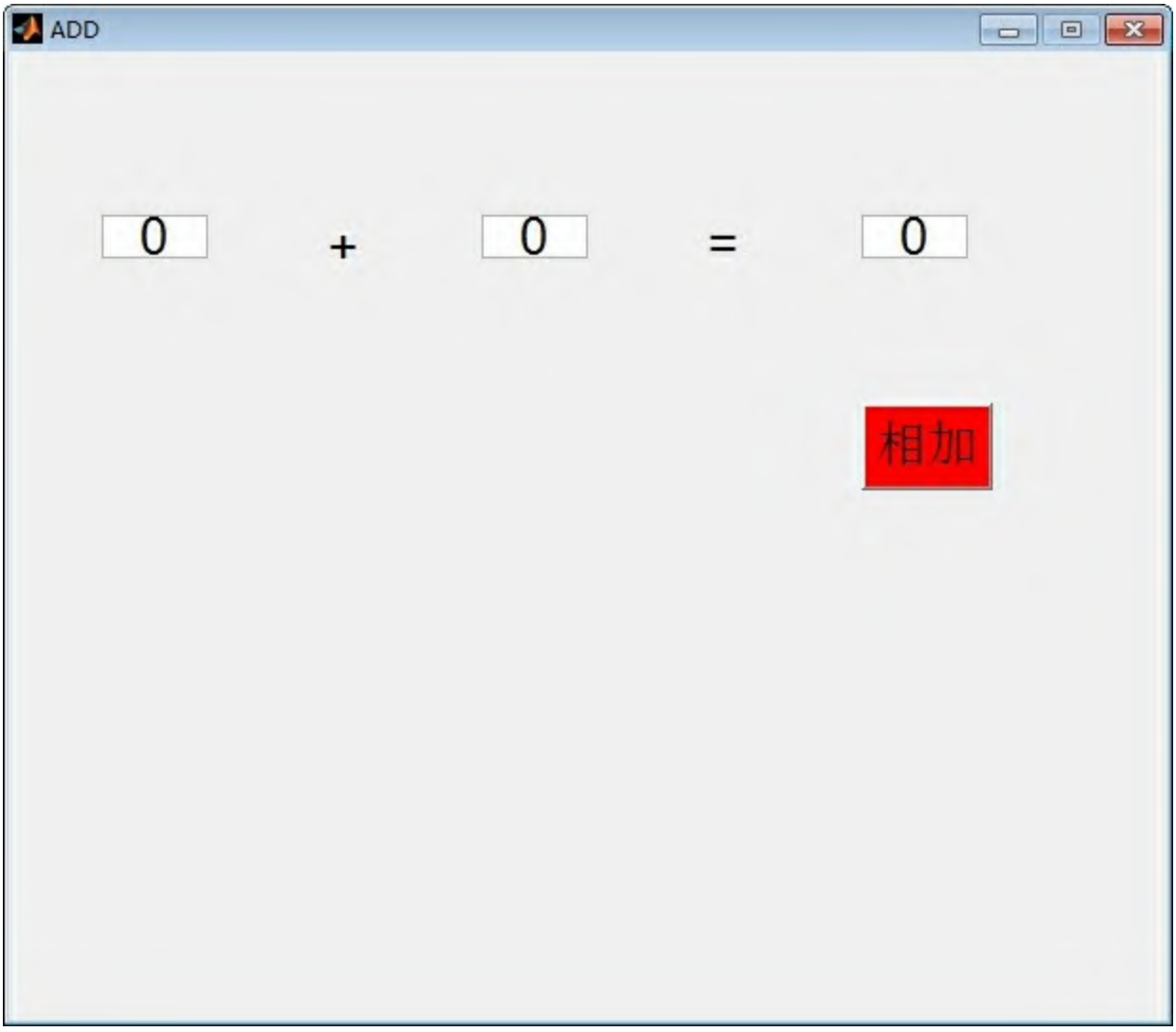


图13-49 运行的界面

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

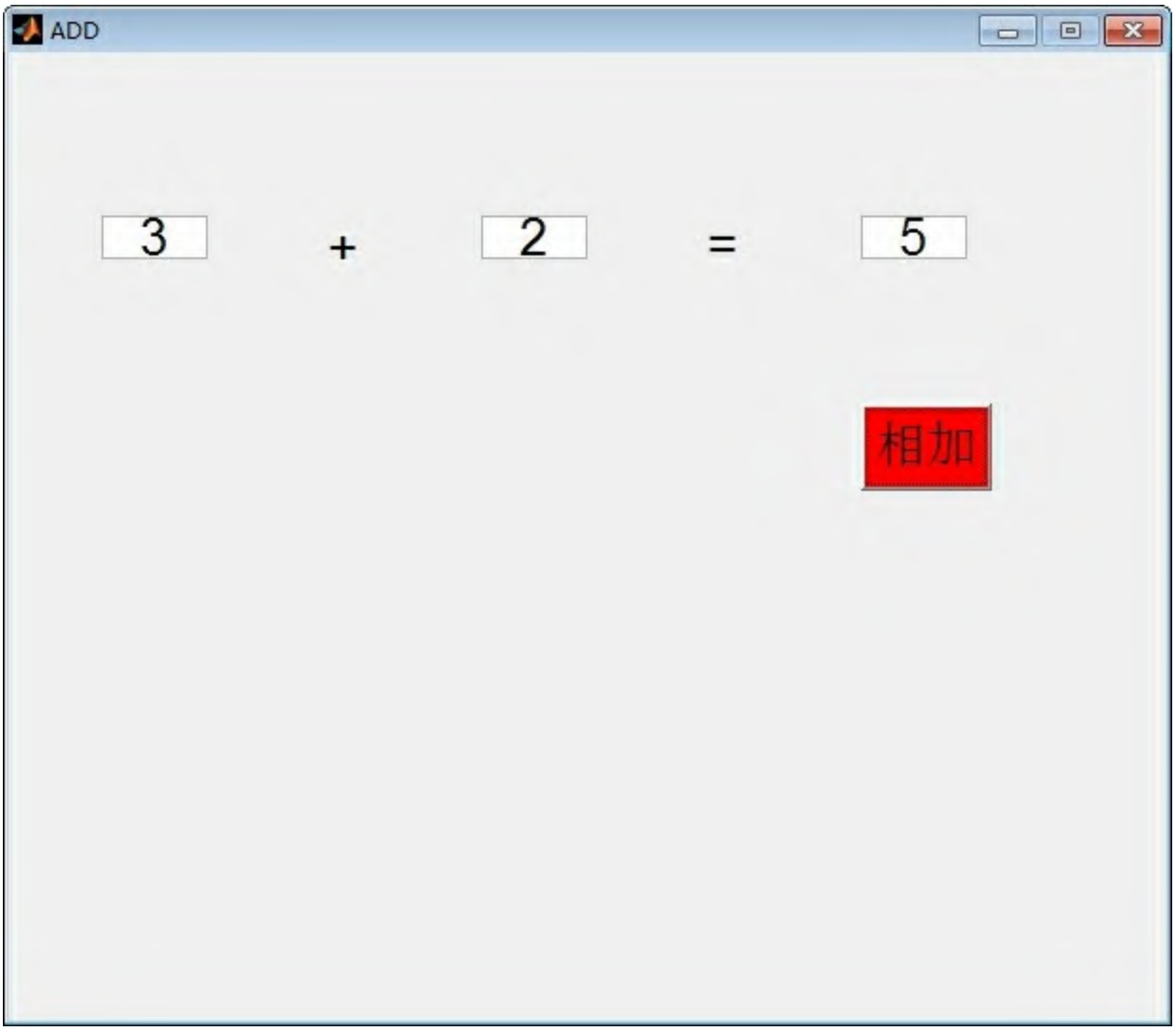


图13-50 相加结果界面

【例13-15】使用Push Button按钮与静态文本框设计GUI，在窗口中显示单击按钮次数。

（1）在界面上安装一个命令按钮和一个静态文本框。如图13-51所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

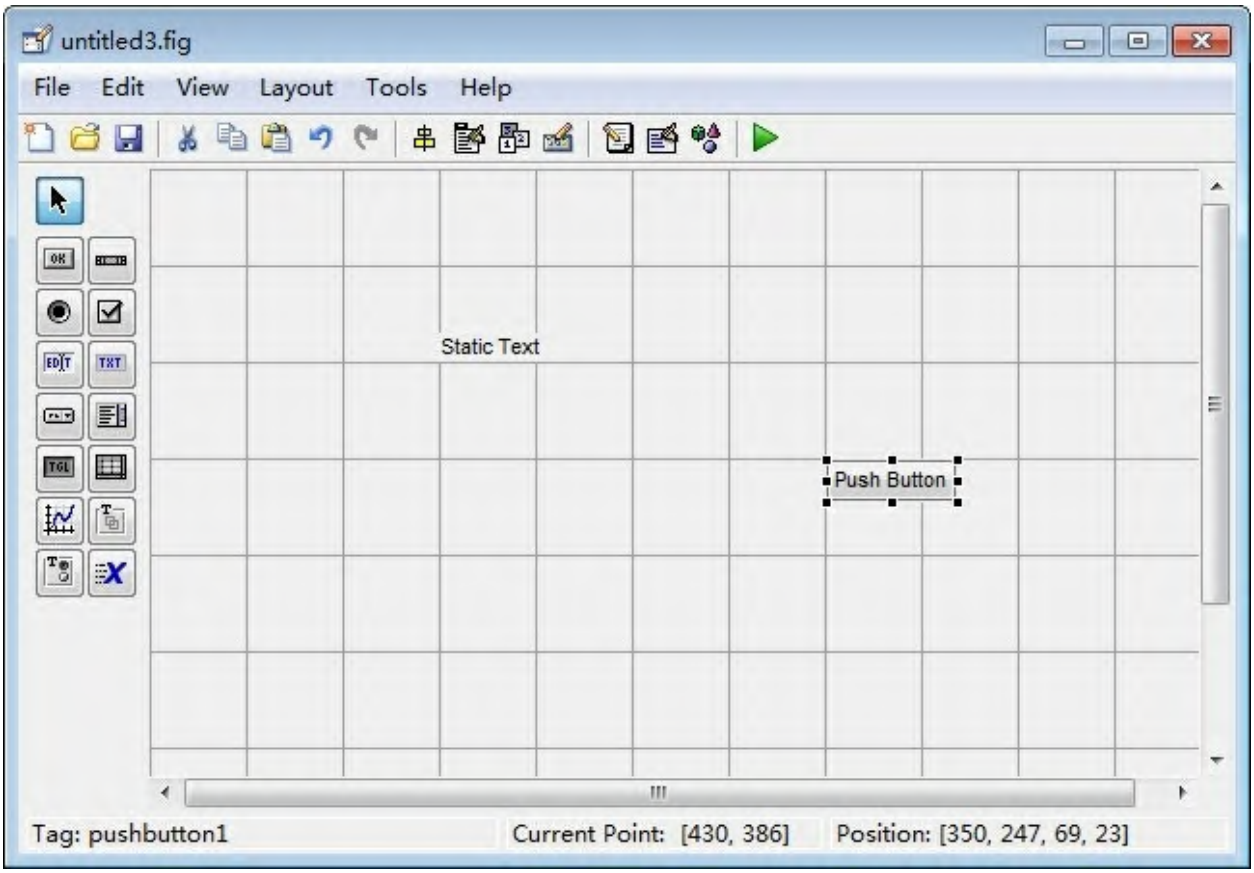


图13-51 安装一个命令按钮和一个静态文本框

（2）使用对象的属性窗口设置控件的属性。如图13-52所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

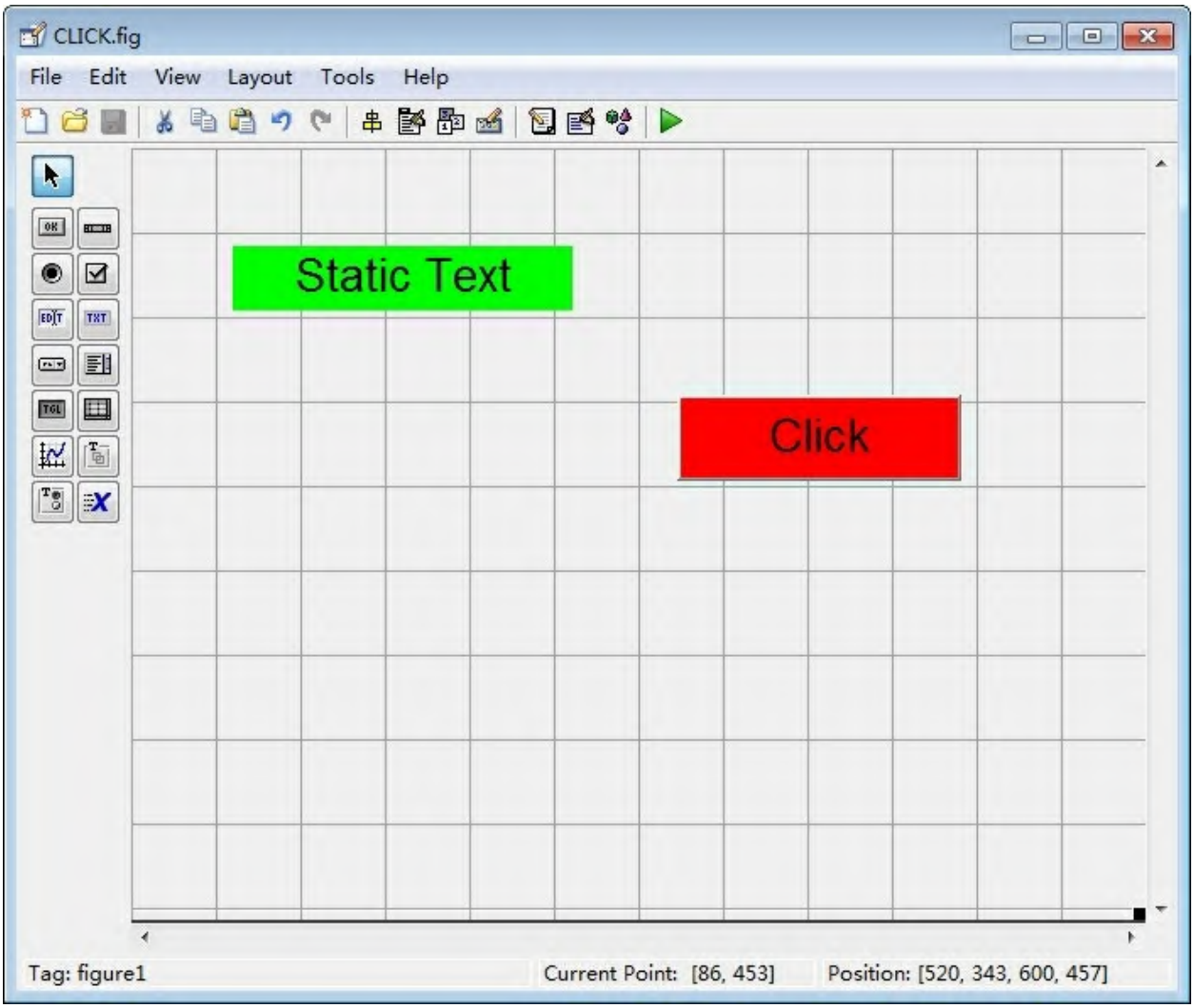


图13-52 设置属性完成后界面

打开该GUI的M文件CLICK.m，该文件中已经自动生成了许多代码。找到函数：

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)

在这个函数名称下面写入如下程序段：

```
persistent c
if isempty(c)
   c=0
end
c=c+1;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
str=sprintf('Total Clicks: %d',c);
set(handles.text1,'String',str);
```

保存程序后，单击“RUN”键，运行程序。如图13-53所示。

单击“Click”按钮，则在文本框中显示单击次数。如图13-54所示。

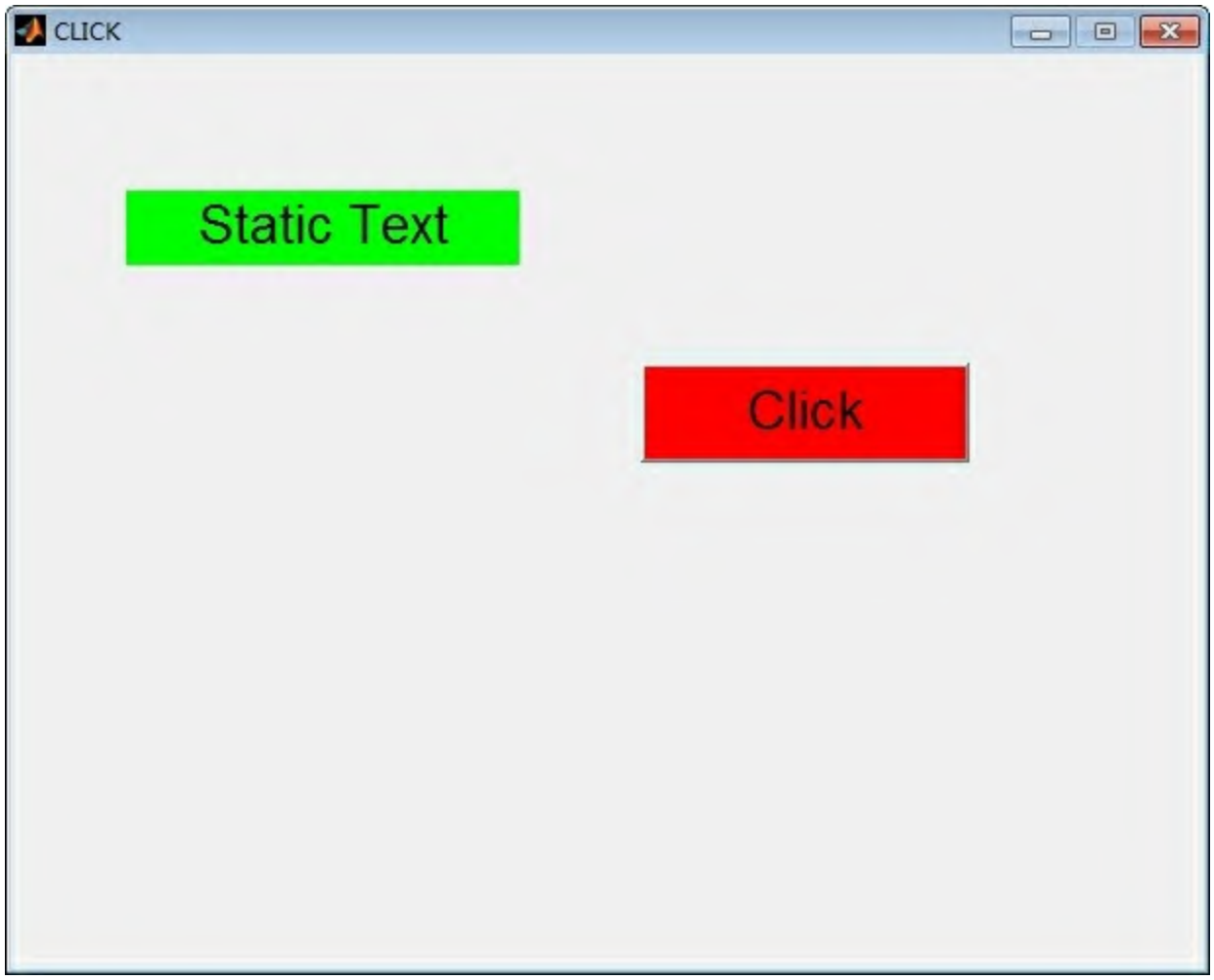


图13-53 运行界面

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

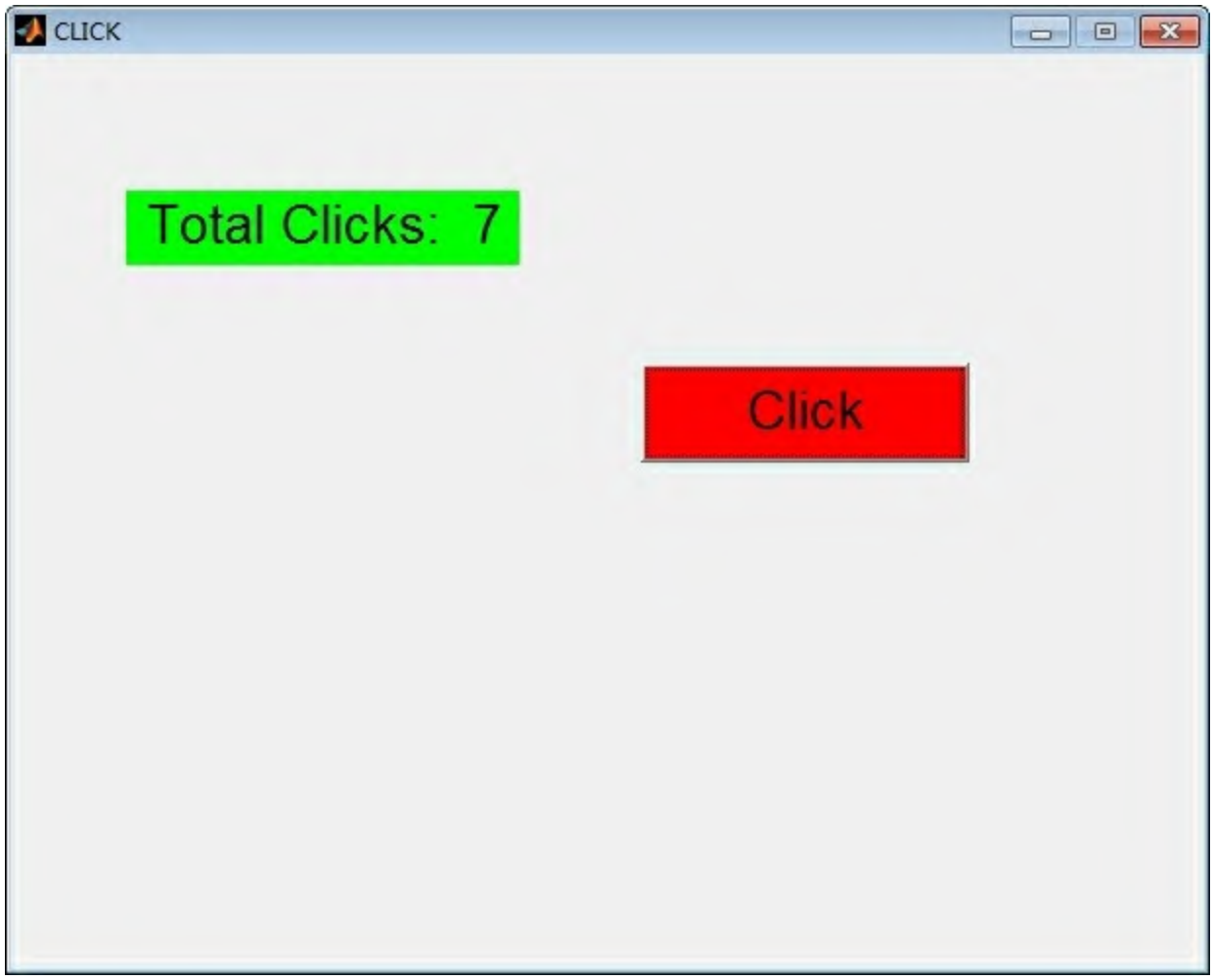


图13-54 显示单击次数的窗口

【例13-16】使用3个单选钮控制静态文本框的背景颜色。

在界面上安装一个静态文本框和3个单选按钮。如图13-55所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

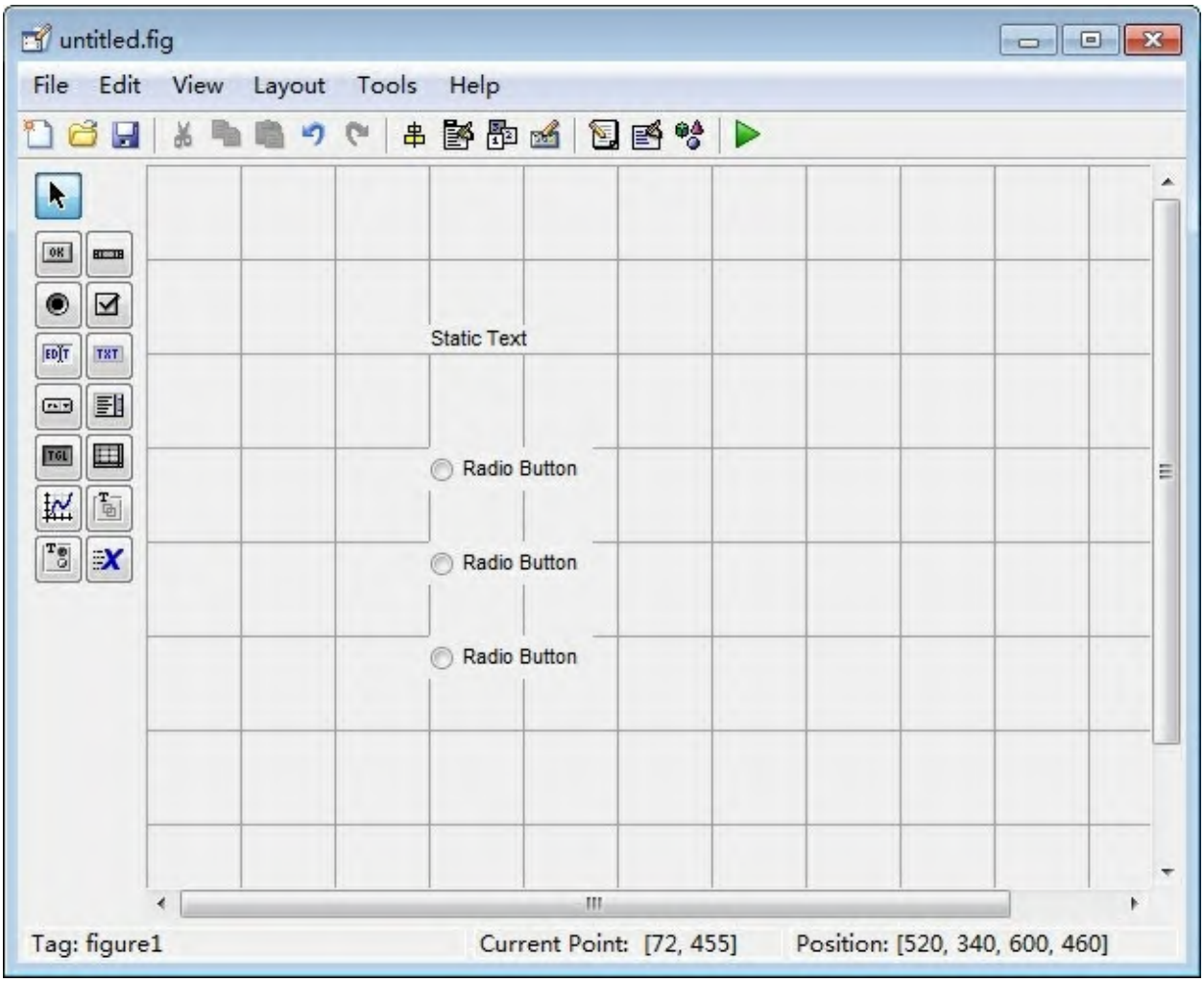


图13-55 初始控件的设置

使用对象的属性窗口设置控件的属性，并对其进行修饰。如图13-56所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

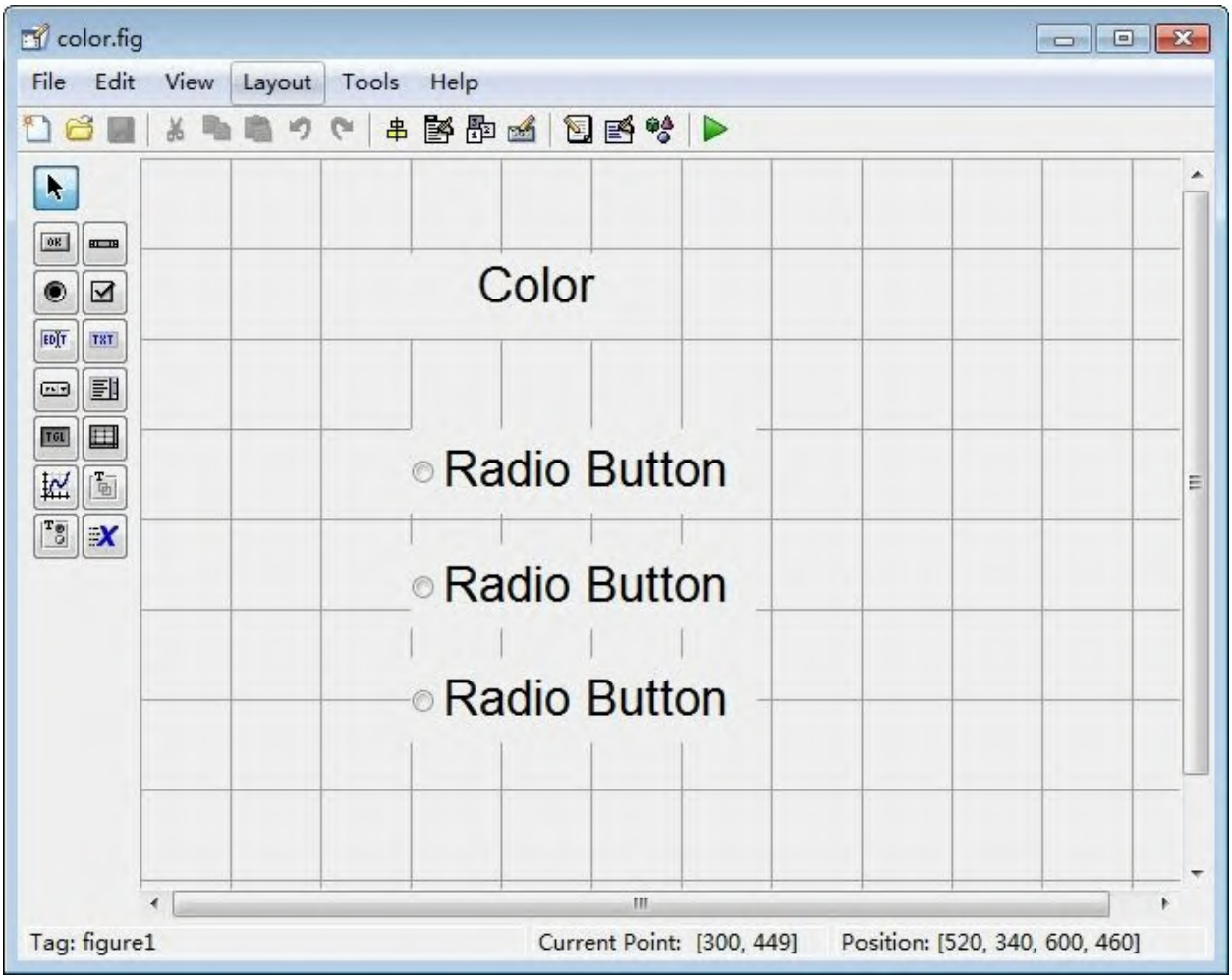


图13-56 控件属性的设置

此时系统已经自动生成了相应的程序。

下面进行如下操作：

在function radiobutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)下添加：

set(handles.text1,'BackGroundColor','r')

在function radiobutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)下添加：

set(handles.text1,'BackGroundColor','g')

在function radiobutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)下添加：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

set(handles.text1,'BackGroundColor','b')

保存程序后，单击“RUN”键，运行程序。如图13-57所示。

单击第1 个“Radio Button”，运行结果如图13-58所示。

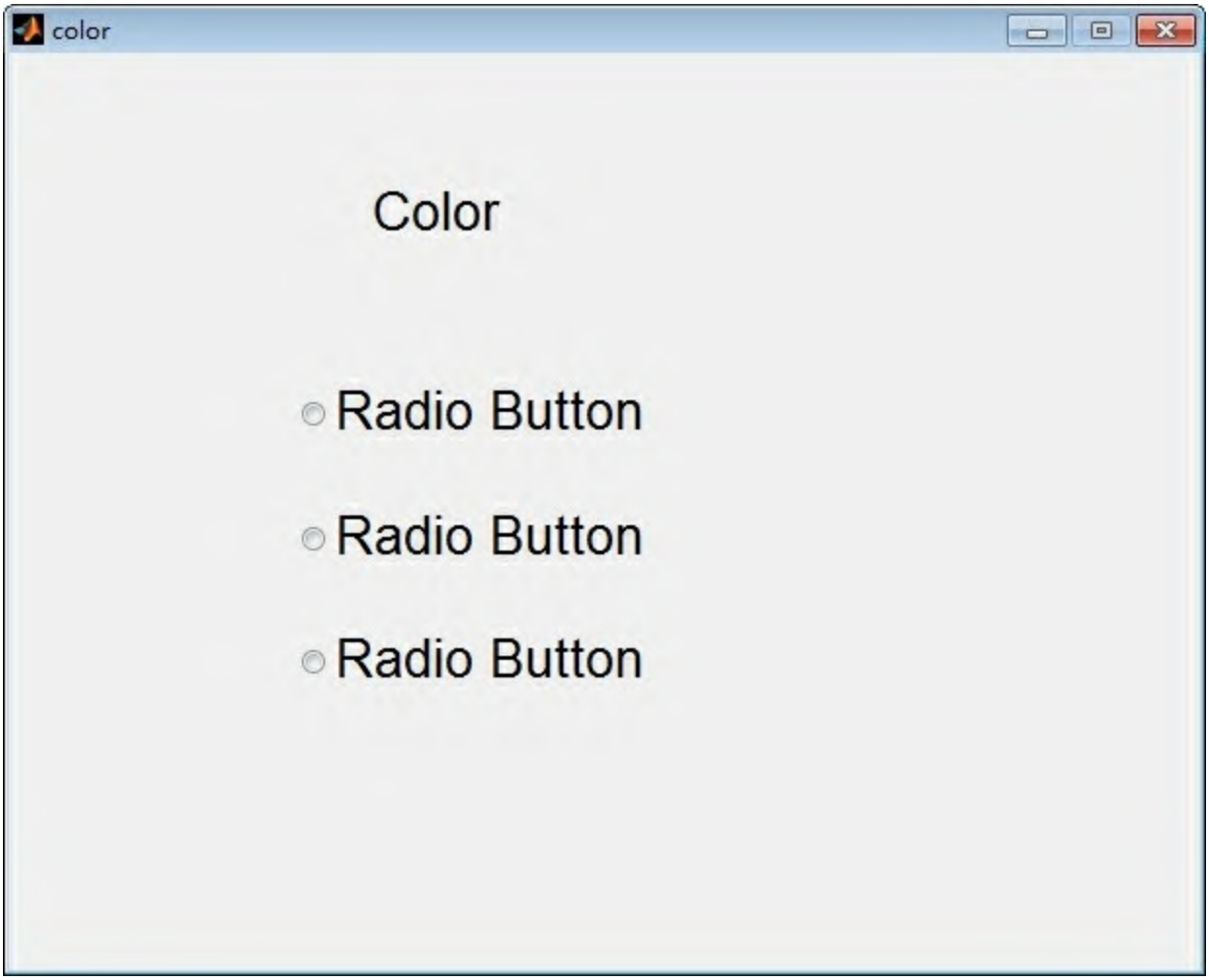


图13-57 运行界面

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

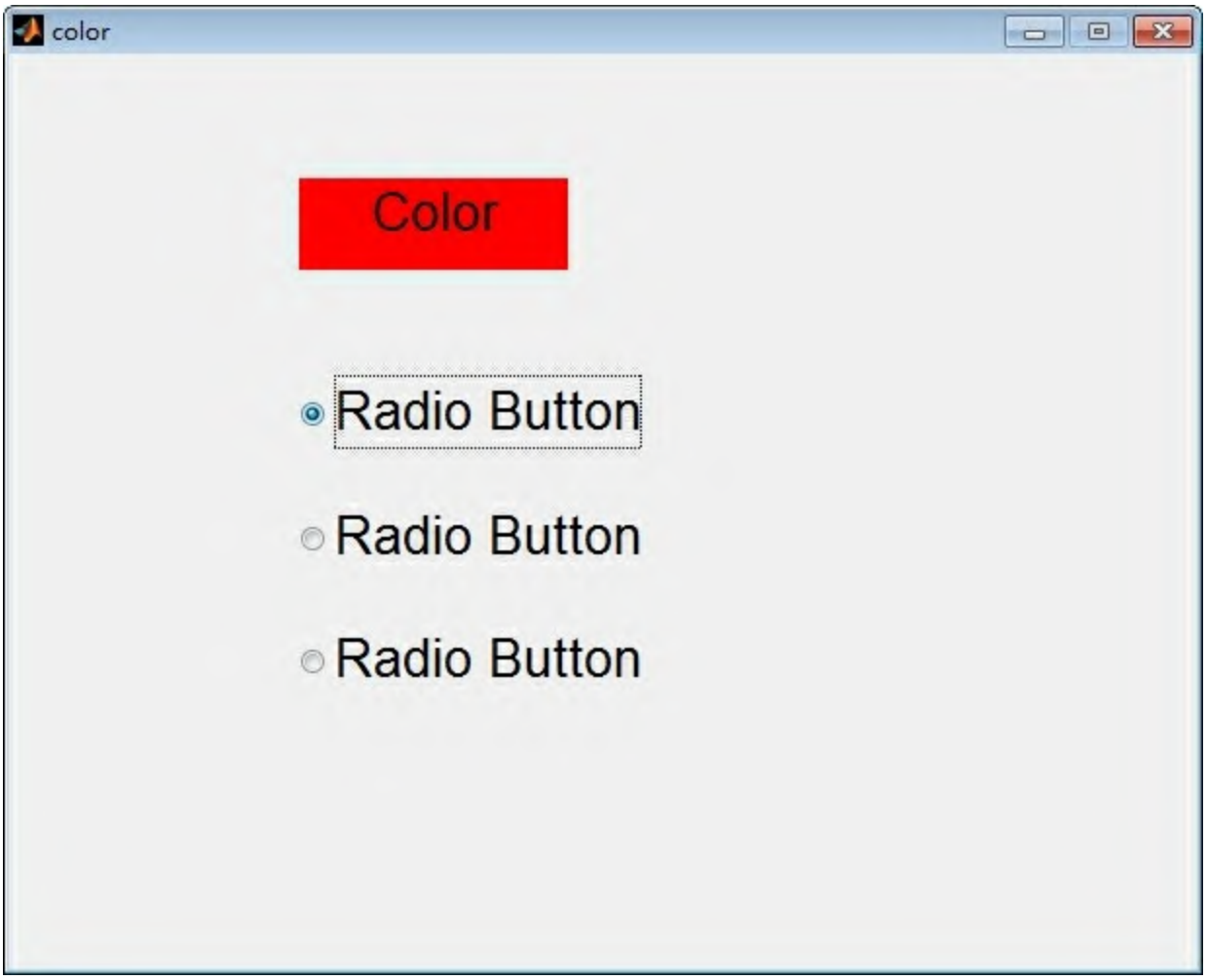


图13-58 控制静态文本框的背景颜色窗口

【例13-17】使用程序把基本控件安装在图形窗口上。

```
H1=uicontrol('style','edit','TooltipString','Edit Text')
H2=uicontrol('style','checkbox','Position',
[80,20,30,20],'TooltipString','Checkbox')
H3=uicontrol('style','listbox','Position',
[140,20,40,20],'TooltipString','Listbox')
H4=uicontrol('style','pushbutton','Position',
[200,20,30,20],'TooltipString','Pushbutton')
H5=uicontrol('style','radiobutton','Position',
[250,20,30,20],'TooltipString','Radiobutton')
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

H6=uicontrol('style','slider','Position',
[300,20,30,20],'TooltipString','Slider')

H7=uicontrol('style','text','Position',[360,20,30,20],'TooltipString','Static Text')

H8=uicontrol('style','toggle','Position',
[420,20,30,20],'TooltipString','Togglebutton')

如图13-59所示，运行结果如下：

```
H1 =
    3.0040
H2 =
    4.0045
H3 =
    5.0043
H4 =
    6.0043
H5 =
    7.0043
H6 =
    8.0043
H7 =
    9.0043
H8 =
    10.0043
```

在上面程序中，虽然实现了控件的安装，但还不能完成具体的功能。需要加入其他语句才能完成特定的功能。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

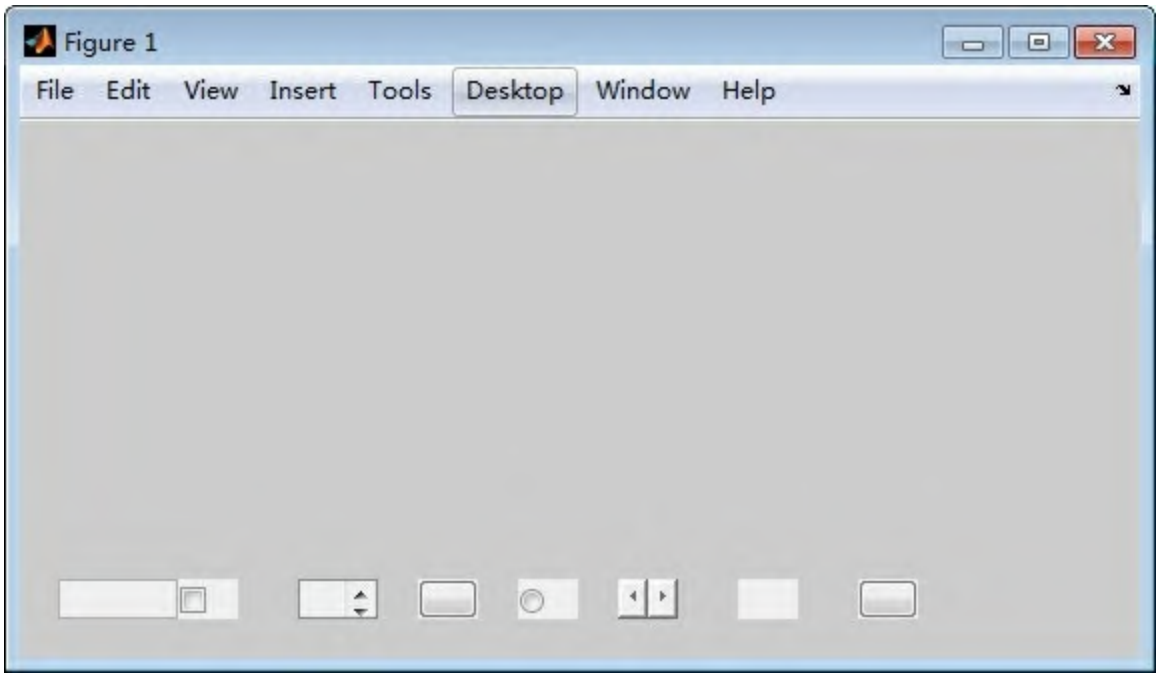


图13-59 基本控件安装在图形窗口上

【例13-18】设计一个简单的滚动条。

控件的初始设置如图13-60所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

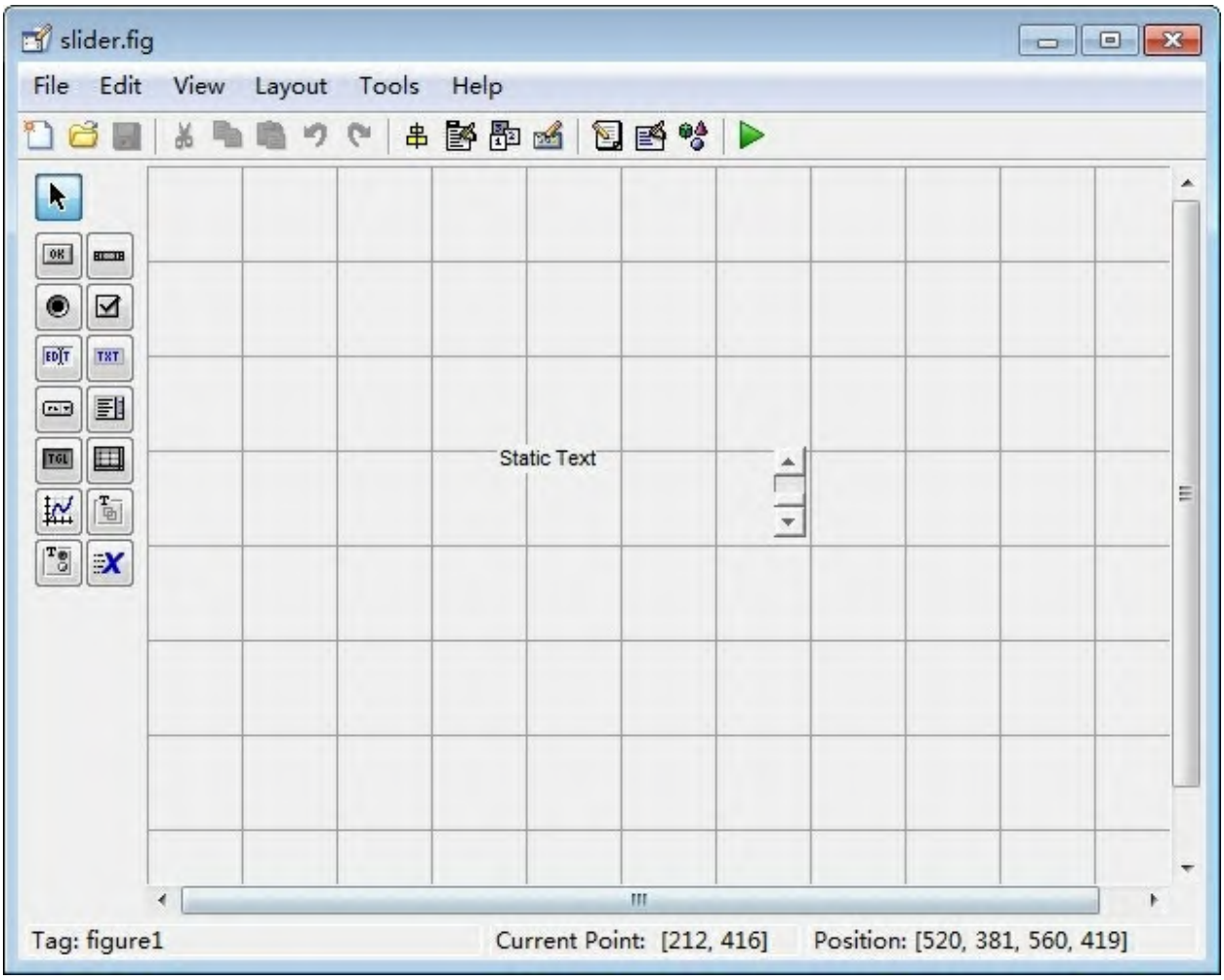


图13-60 初始控件的设置

使用对象的属性窗口设置控件的属性，并对其进行修饰。如图13-61所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

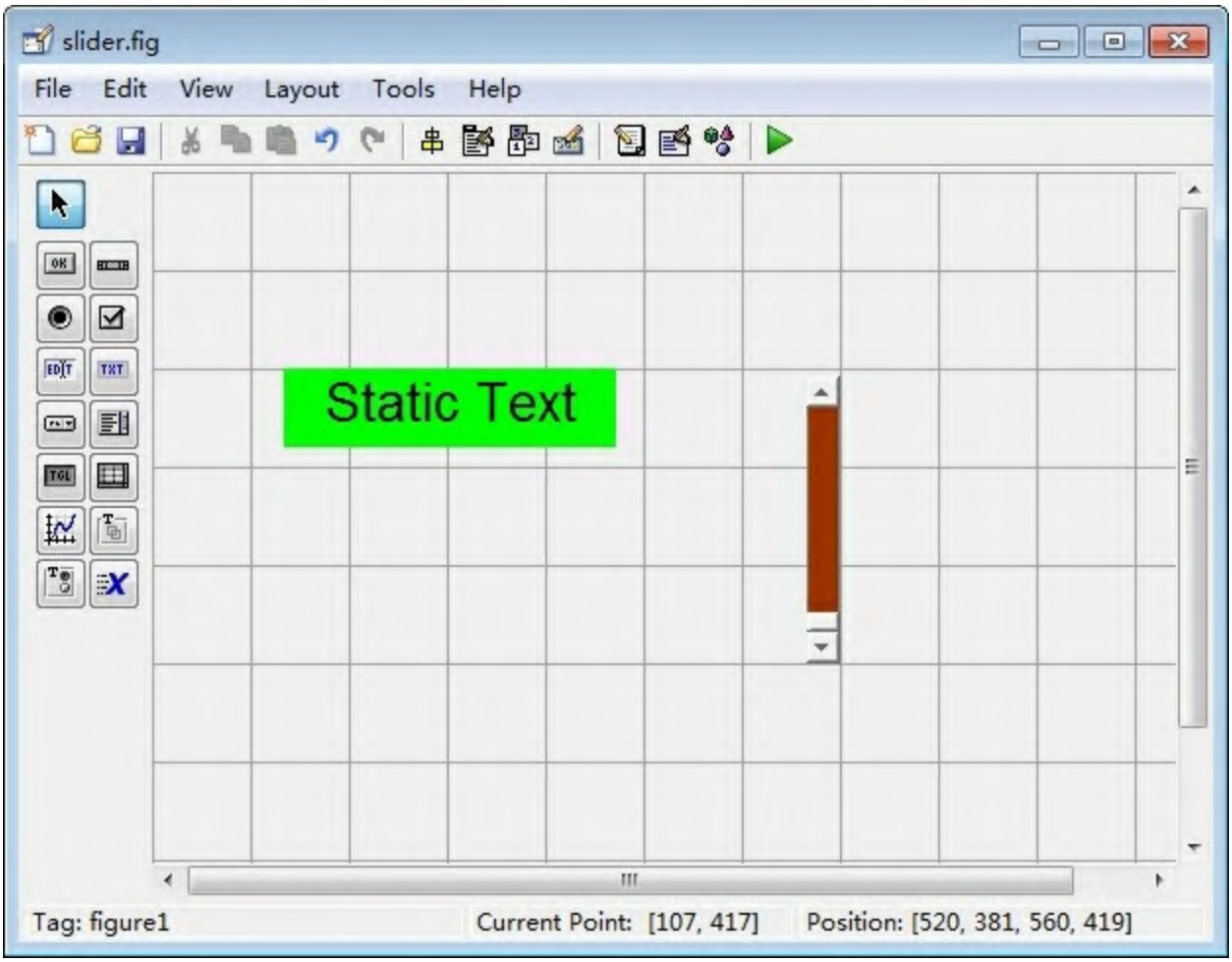


图13-61 设置控件的属性

此时系统已经自动生成了相应的程序，然后进行下面的操作。

找到function slider1_Callback(hObject, eventdata, handles)，在其下面添加如下的代码：

```
v=get(handles.slider1,'Value');
str=sprintf('%.2f',v);
set(handles.text1,'String',str);
```

保存程序后，单击“RUN”键，运行程序。如图13-62所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

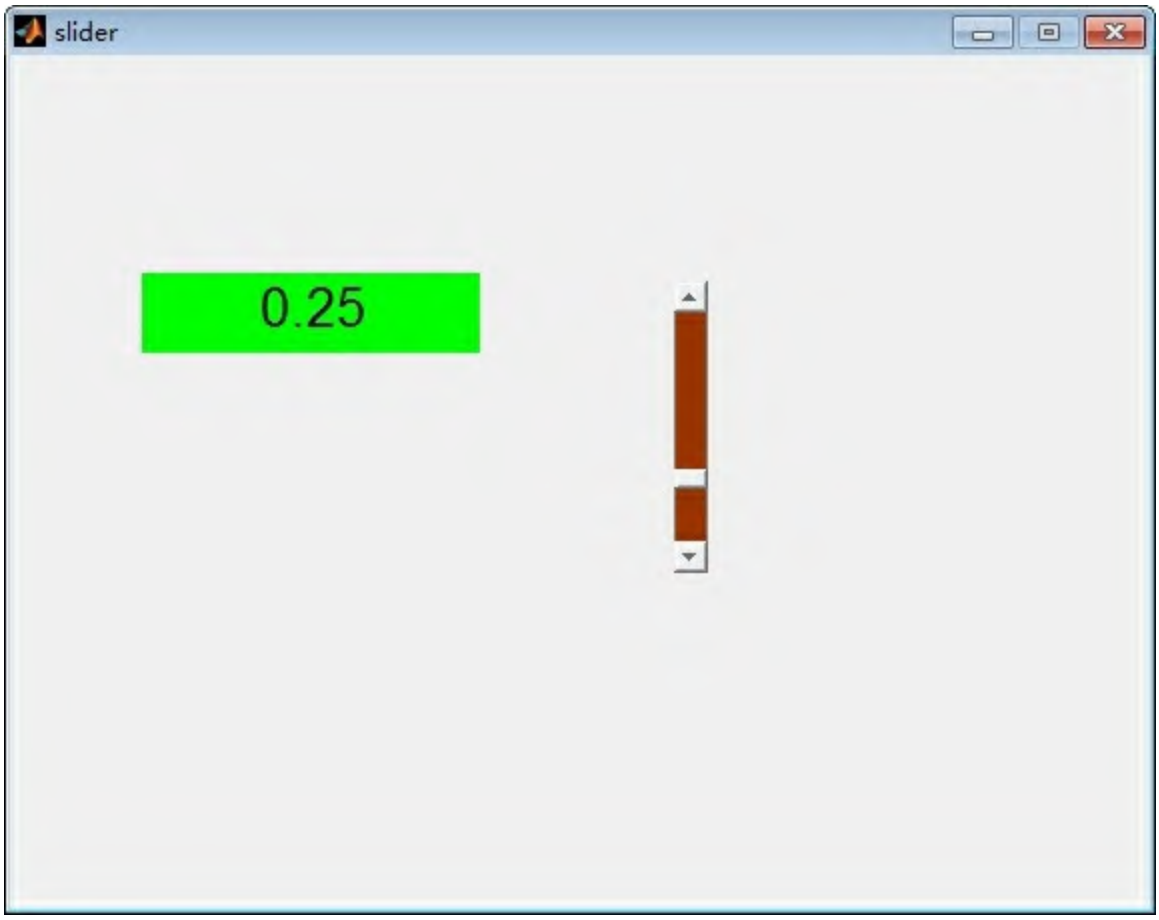


图13-62 滚动条窗口

【例13-19】下面的例子为用于绘图的GUI的设计。

在界面上布置控件：一个坐标系、一个文本框和一个按钮。如图13-63所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

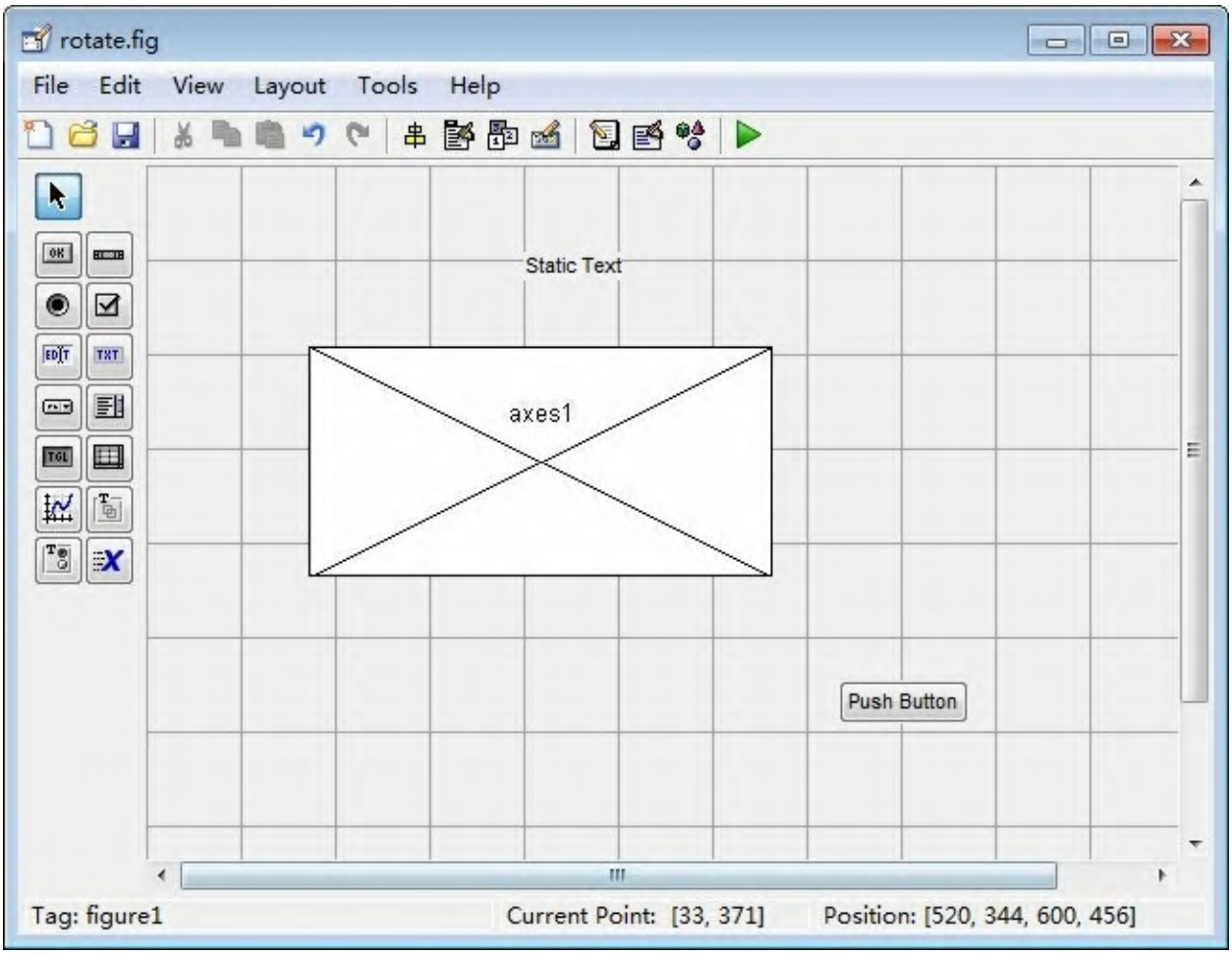


图13-63 布置控件

设置控件的属性。

定义文本框的属性：String—简单设计示例，FontSize—20。

定义坐标系：Visible—off；FontSize—20。

定义按钮属性：String—开始绘图，FontSize—20，Callback—surf(peaks(30))。如图13-64所示。

保存程序后，单击“RUN”键，运行程序。如图13-65所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

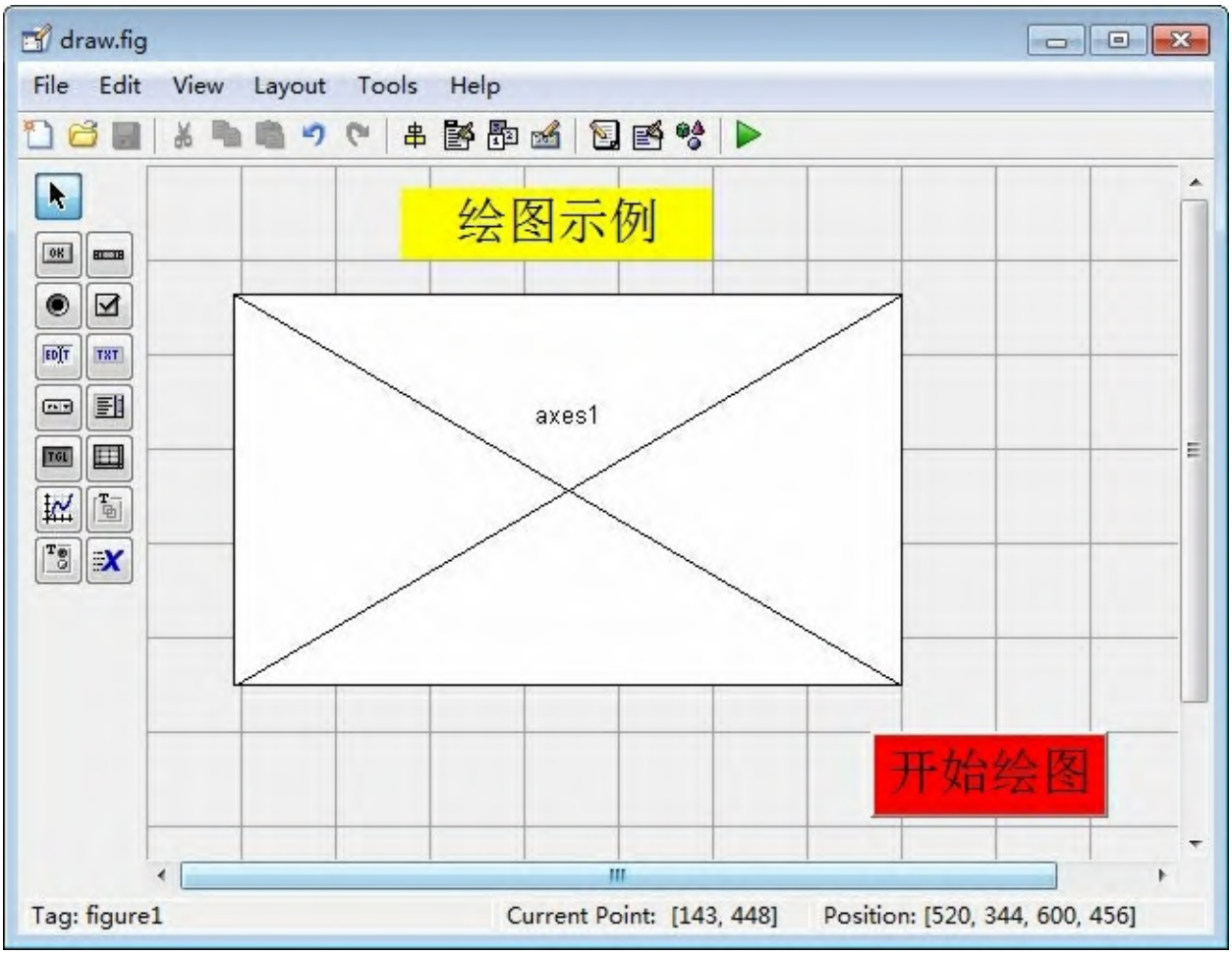


图13-64 设置控件的属性

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

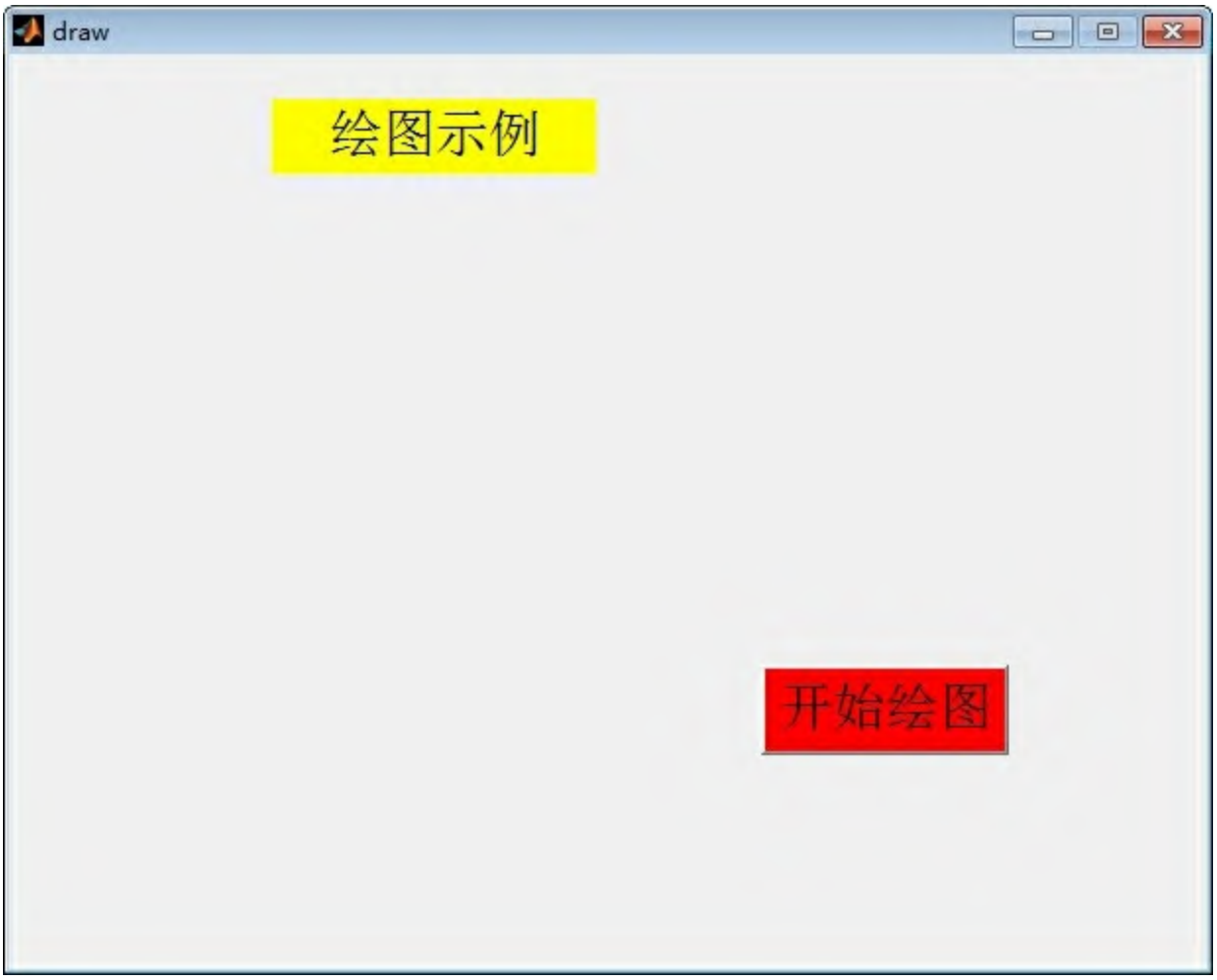


图13-65 运行所创建的图形用户界面程序

此时单击“开始绘图”按钮，运行的结果如图13-66所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

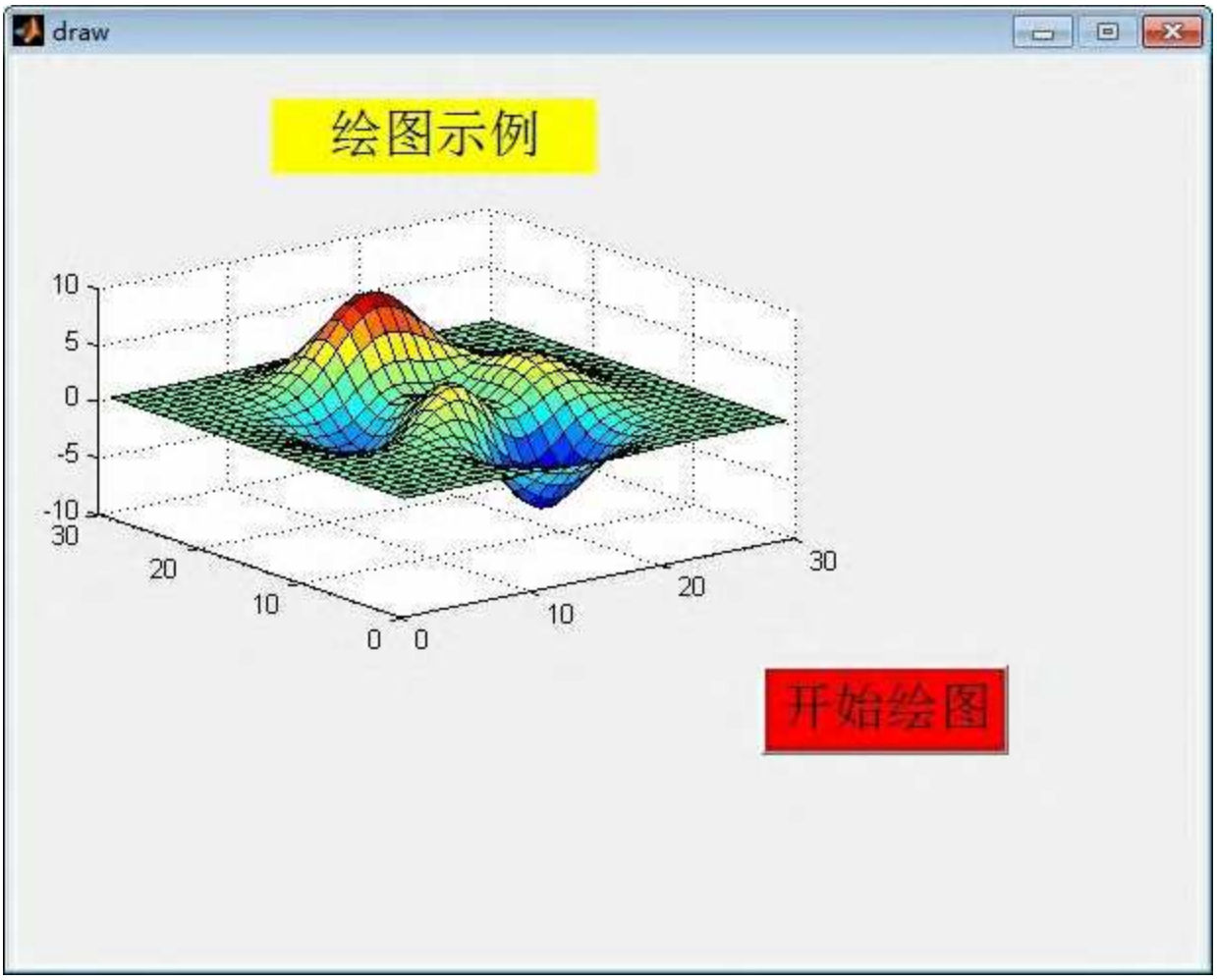


图13-66 绘图界面

【例13-20】利用GUI界面对图像的灰度进行调整。

在界面上布置相应的控件。如图13-67所示。

再准备一个原始图像，如“girl.bmp”，如图13-68所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

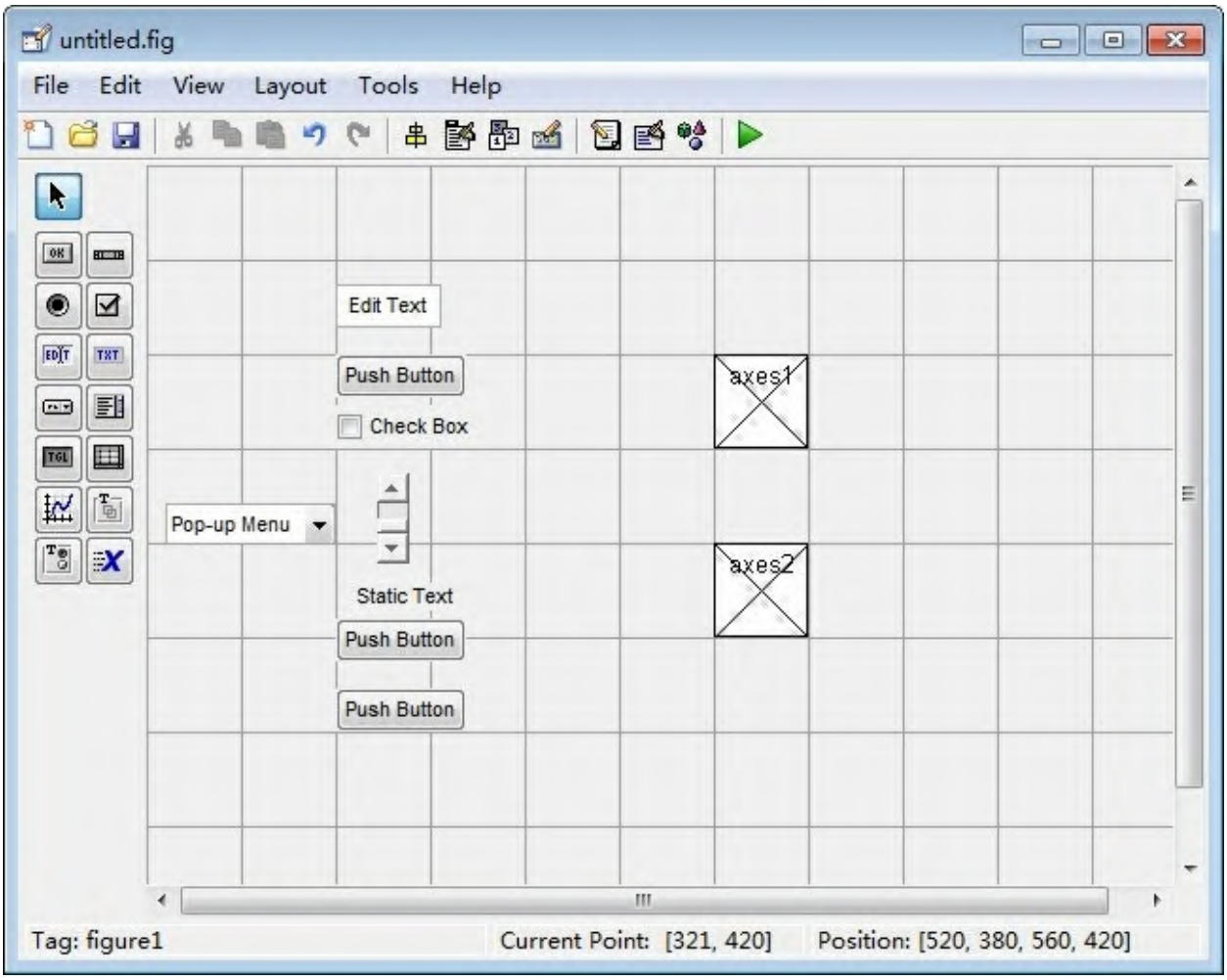


图13-67 在界面上布置相应的控件

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图13-68 原始图像

使用对象的属性窗口设置控件的属性。如图13-69所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

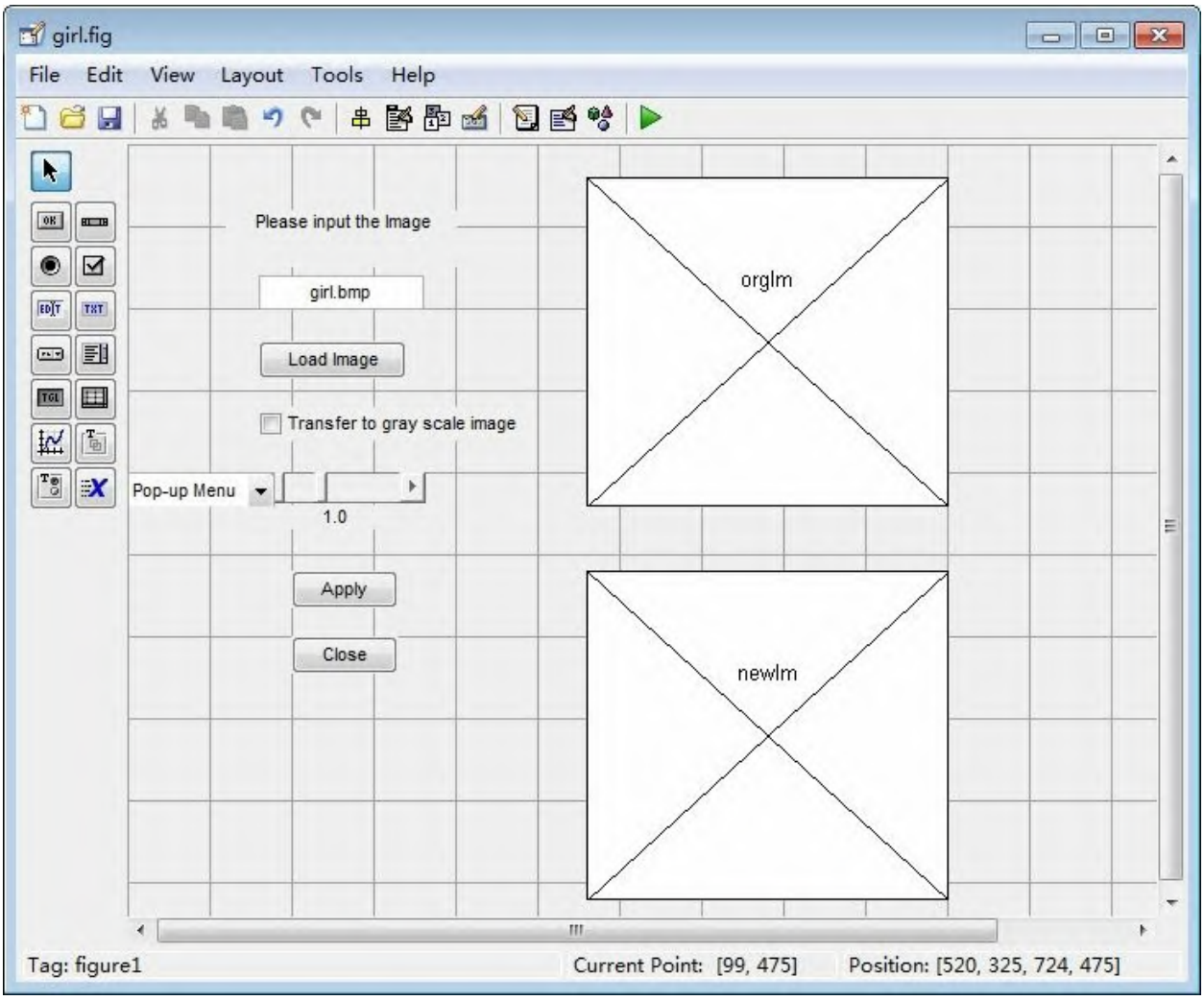


图13-69 控件属性的设置

保存后系统自动生成程序，然后单击“Run”运行程序，如图13-70所示。

单击“Load image”来下载图像“girl.bmp”，运行结果如图13-71 所示。

调节滚动条的位置，然后单击“Apply”，可以调整原始图像的亮度，如图13-72所示。

单击“Transfer to gray scale image”，然后再单击“Apply”，原始图像将转变为灰度图像。如图13-73所示。

通过调节滚动条的位置可以进行灰度的调整，调整的效果将在右下

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

方的图像里表现出来。如图13-74所示。

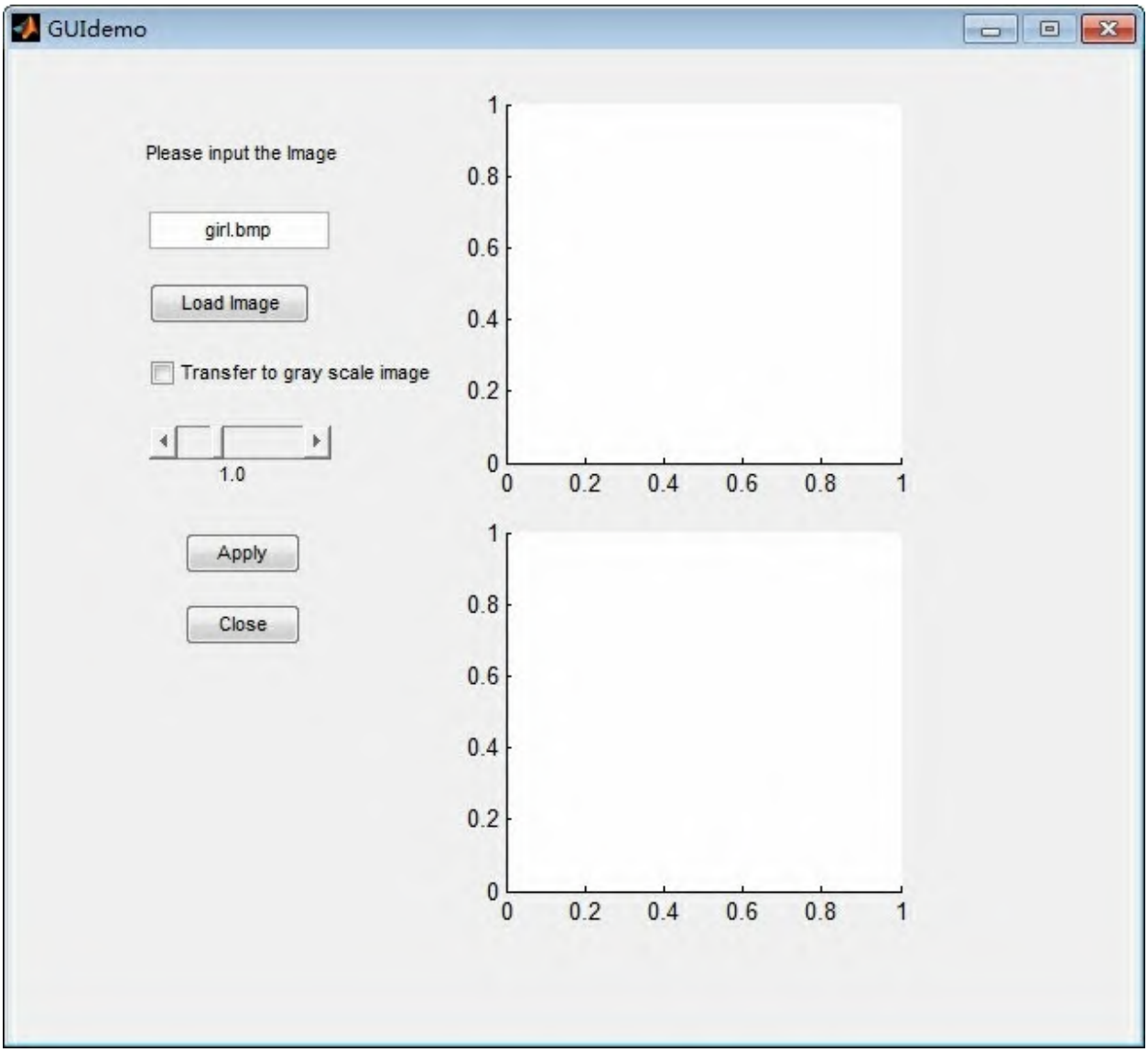


图13-70 运行程序界面

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

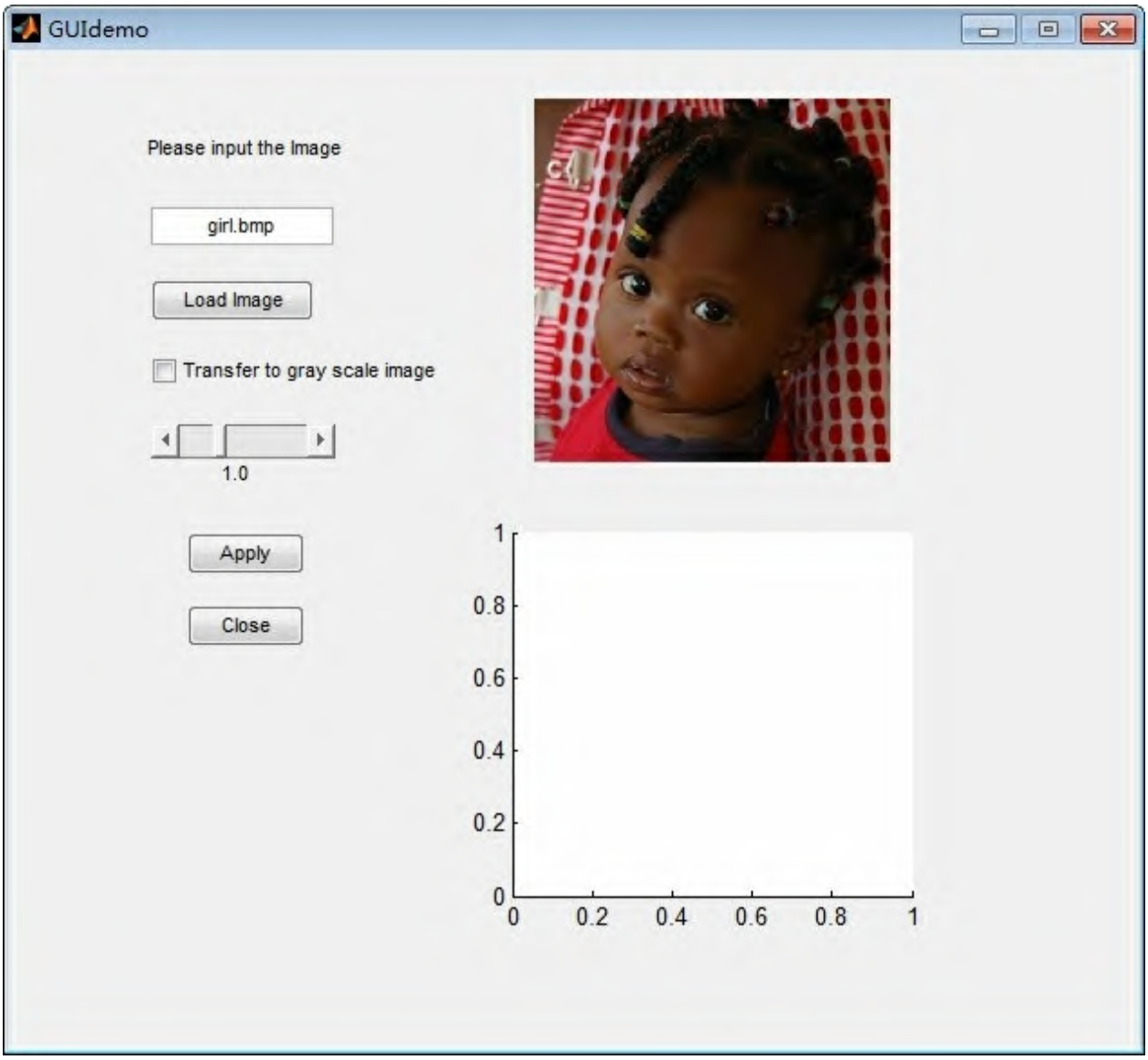


图13-71 单击“Load image”下载图像

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

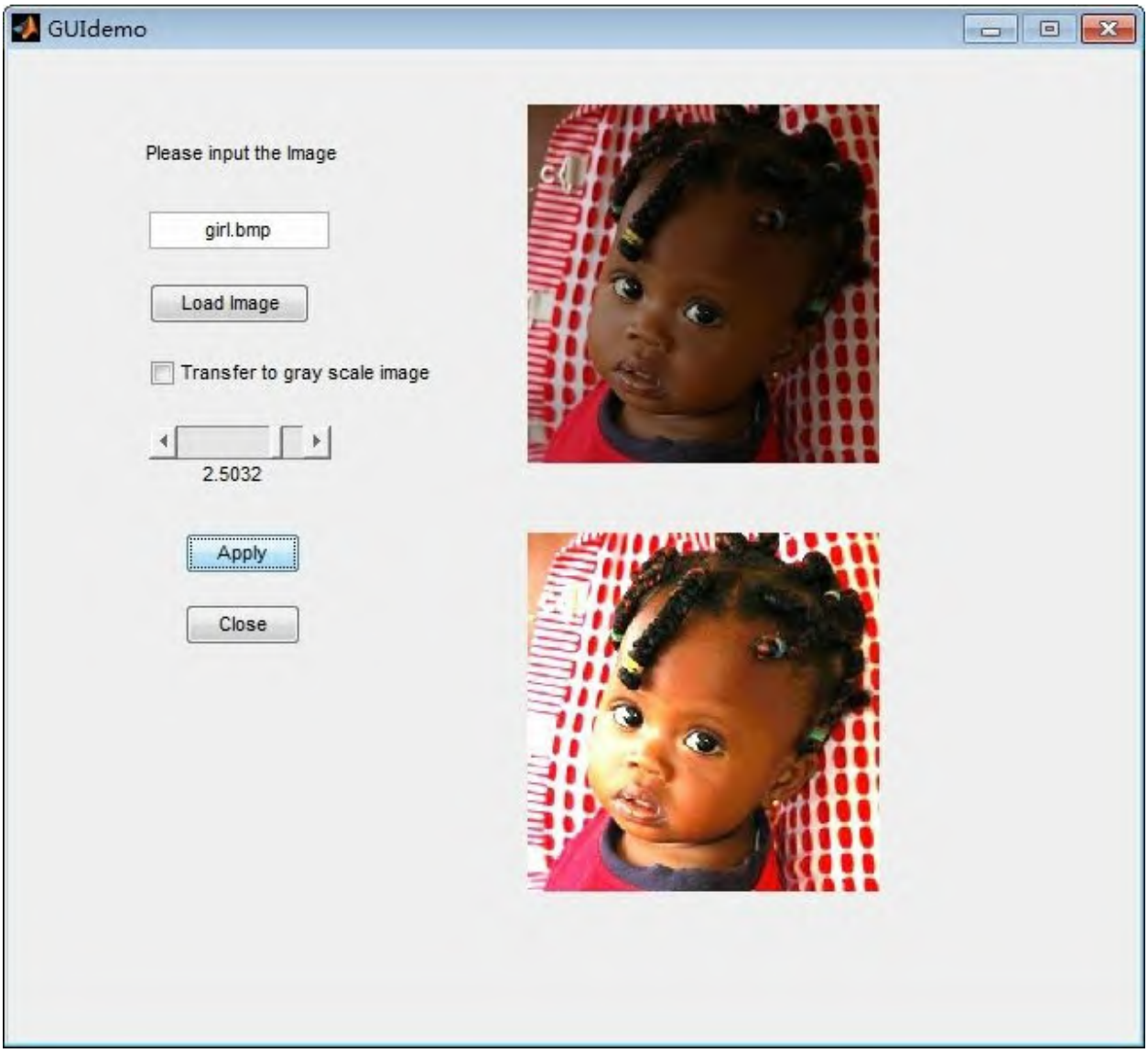


图13-72 亮度的调节

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

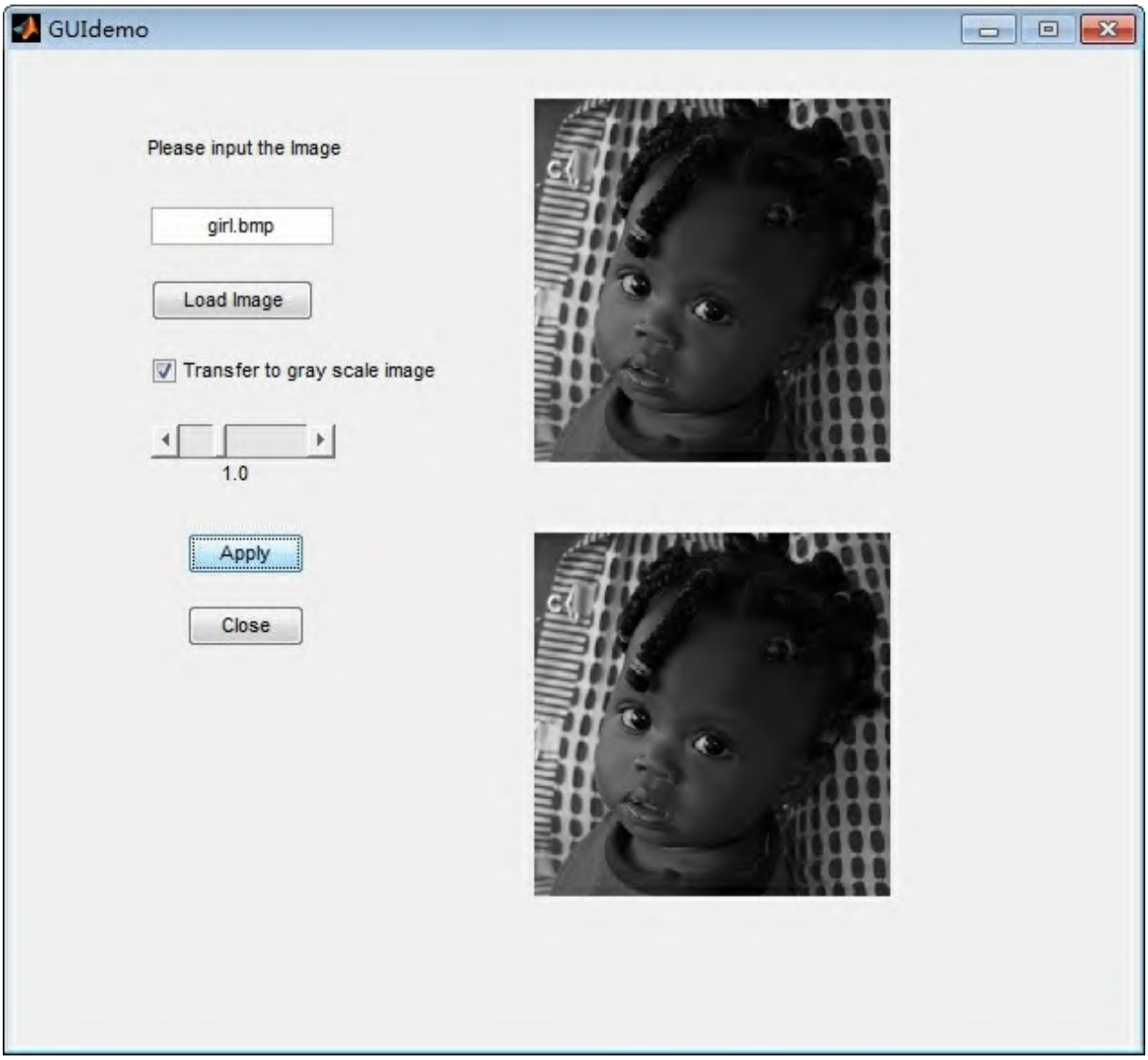


图13-73 转变成灰度图像

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图13-74 调整灰度效果界面图

【例13-21】利用一个命令按钮、一个可编辑文本框、一个静态文本框编写程序，使程序运行后，单击该命令按钮会随机绘制出一些折线，同时可编辑文本框背景色变为绿色、静态文本框背景色变为红色。

```
S1=uicontrol('style','pushbutton','Position',[280,0,50,20])
   set(S1,'String','PUSH','Callback','fun')
plot(rand(3,5))
S2=uicontrol('style','edit','TooltipString', 'Edit Text','Position',
[80,0,30,20])
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

S3=uicontrol('style','text','Position', [440,0,30,20],'TooltipString','Static Text')

set(S2,'BackGroundColor',[0 1 0])

set(S3,'BackGroundColor',[1 0 0])

如图13-75所示，运行结果如下所示：

S1 =

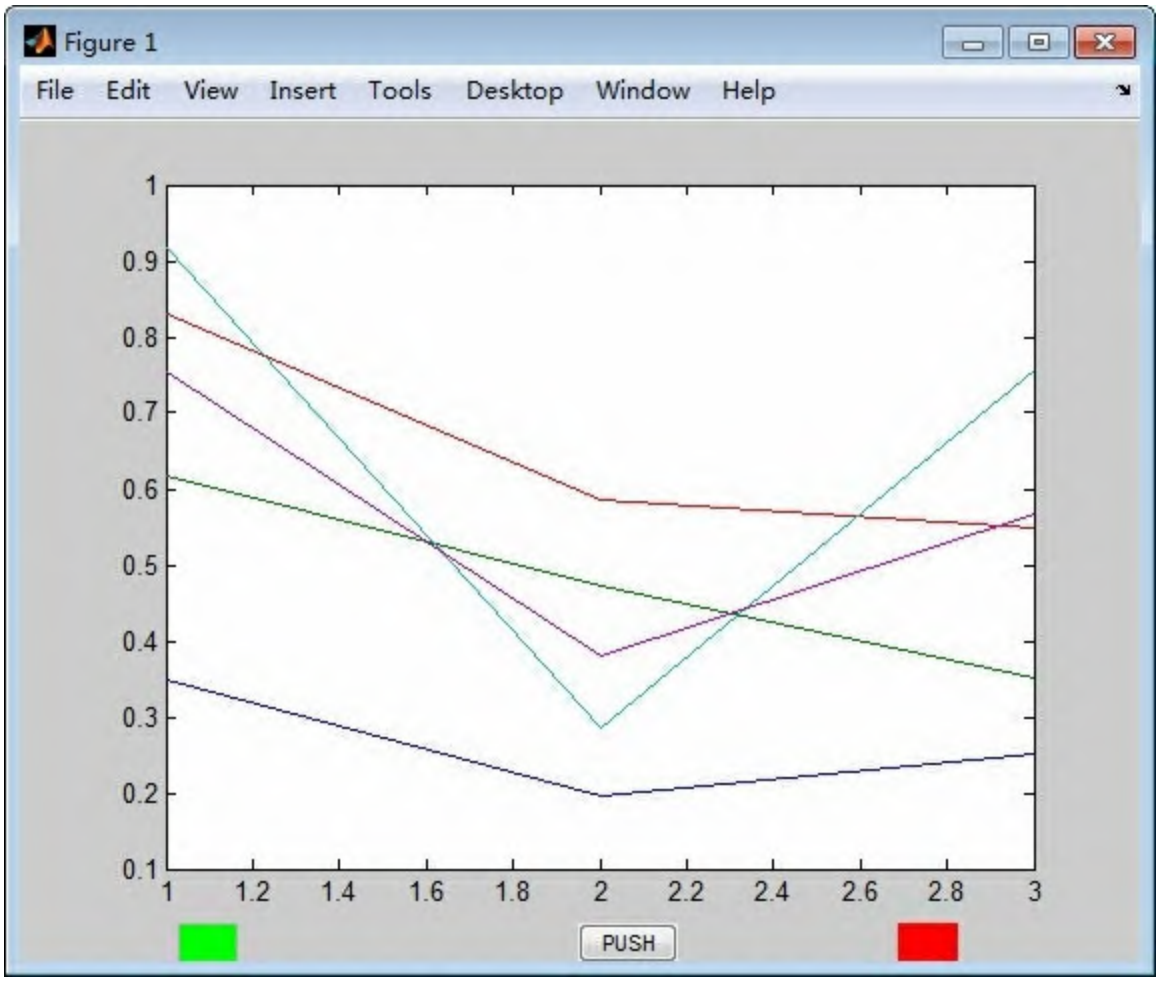
0.0057

S2 =

7.0059

S3 =

8.0059



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图13-75 界面效果图

【例13-22】制作依附于某对象的弹出式菜单。

```
m=uicontextmenu;
subplot(1,3,1)
h1=line([1,2],[2,2],'LineWidth',12,'UIContextMenu',m)
c1=['subplot(1,3,2);line([1 2],[1 3])'];
c2=['subplot(1,3,3);plot(magic(3))'];
uimenu(m,'Label','line','Callback',c1);
uimenu(m,'Label','plot','Callback',c2);
```

运行程序后在蓝色宽条上单击鼠标右键，出现菜单，菜单上有line与plot两个选项，如图13-76所示。

选择“line”，绘制出右图第2个图所示线段；选择“plot”，绘制出右图第3个图所示的3条magic线段。如图13-77所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

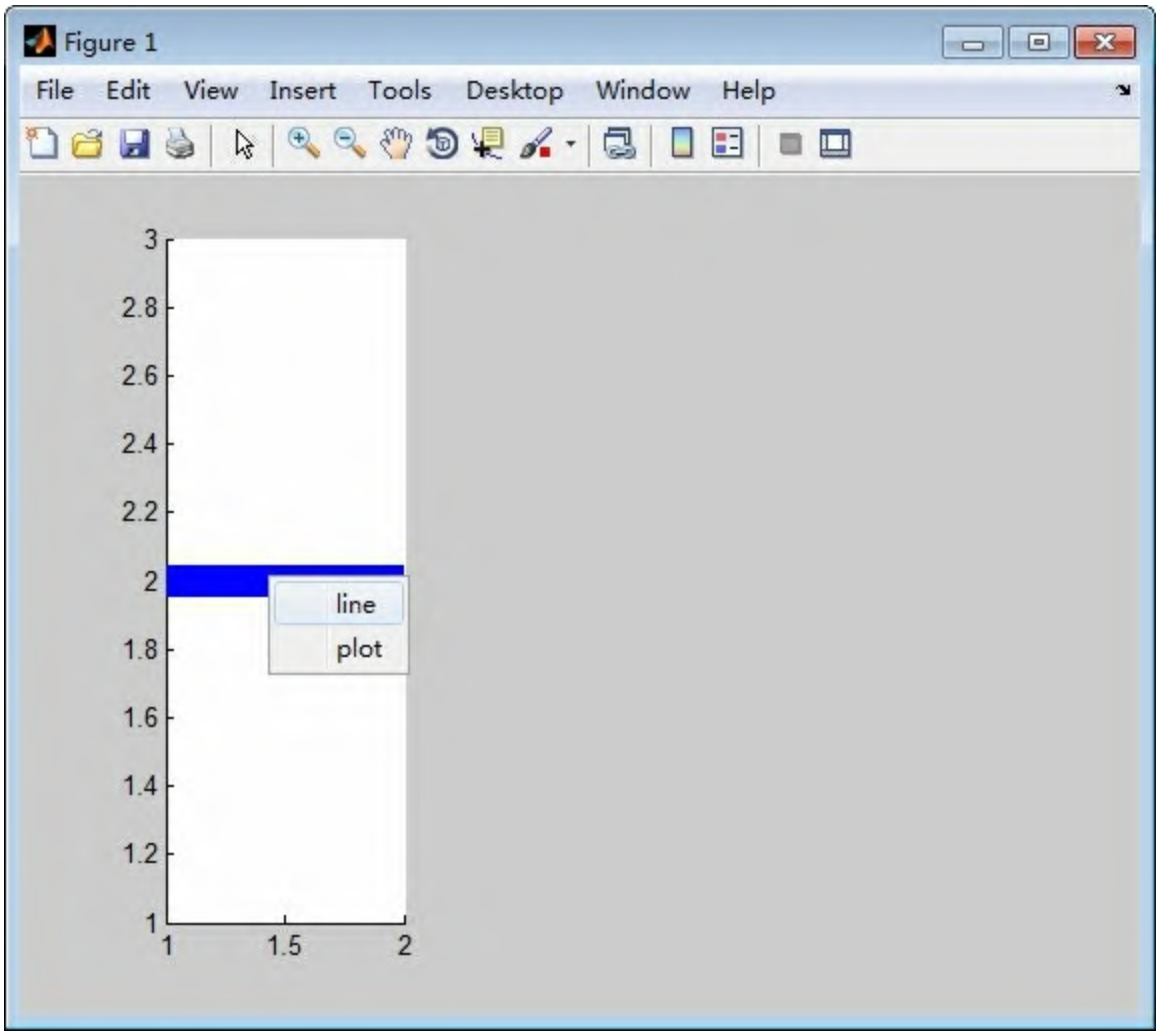


图13-76 弹出式菜单窗口

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

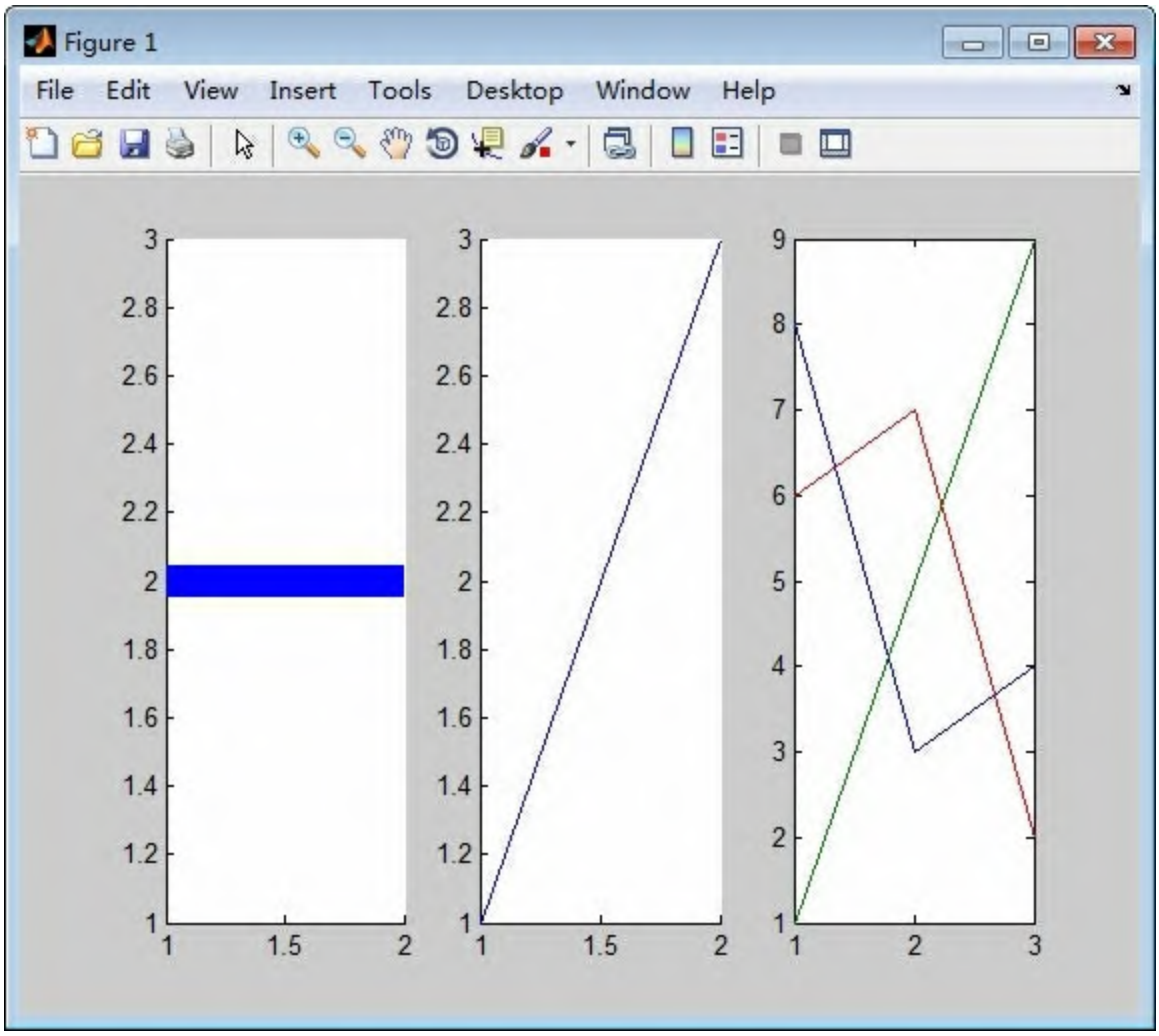


图13-77 弹出式菜单效果窗口

13.7 本章小结

图形用户界面（GUI）是指由窗口、菜单、图标、光标、按键、对话框和文本等各种图形对象组成的用户界面。它可以允许用户定制用户与MATLAB的交互方式。命令窗口不是唯一与MATLAB交互的方式。用户通过鼠标或键盘选择、激活这些图形对象，可以使计算机产生某种动作或变化。

本章详细说明了图形句柄uicontrol和uimenu对象的使用，把图形界

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

面加到MATLAB的函数和M文件；uicontrol对象能建立如按钮、滚动条、弹出菜单以及文件框等对象；uimenu对象能在窗口产生下拉菜单和子菜单。在介绍内容的过程中列举了相关的实例。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第14章 GUI在图像处理中的应用

图形用户界面（Graphical User Interface，简称GUI），又称图形用户接口，是指采用图形方式显示的计算机操作用户界面。与早期计算机使用的命令行界面相比，图形界面对于用户来说在视觉上更易于接受。

GUI的广泛应用是当今计算机发展的重大成就之一，它极大地方便了非专业用户的使用，人们从此不再需要死记硬背大量的命令，取而代之的是可以通过窗口、菜单、按键等方式来方便地进行操作。

本章通过案例详细地介绍用GUI如何实现MATLAB图像处理。

学习目标：

1.熟练地掌握GUI的设计步骤。

2.更深刻地理解图像处理的重点内容。

14.1 图形用户界面控件的设置

在开始设计之前需要准备一个原始图像dogs.tif，如图14-1所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-1 原始图像

在界面上选择相应的控件，并为每个控件设置属性，如图14-2所示。保存后系统自动生成主程序代码。

保存主程序，单击“Run”键运行程序，将出现如图14-3所示的界面。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

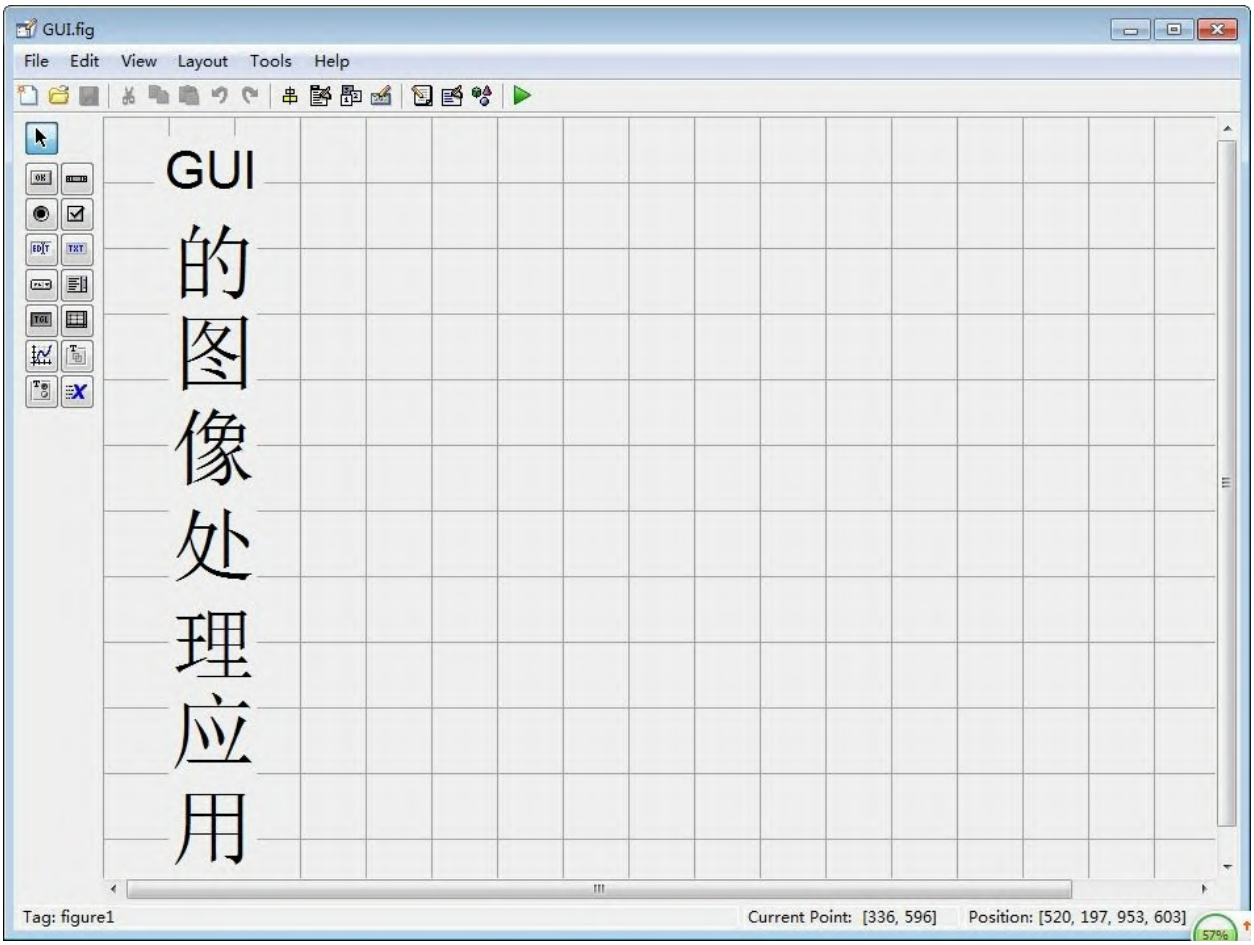


图14-2 控件的设置

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

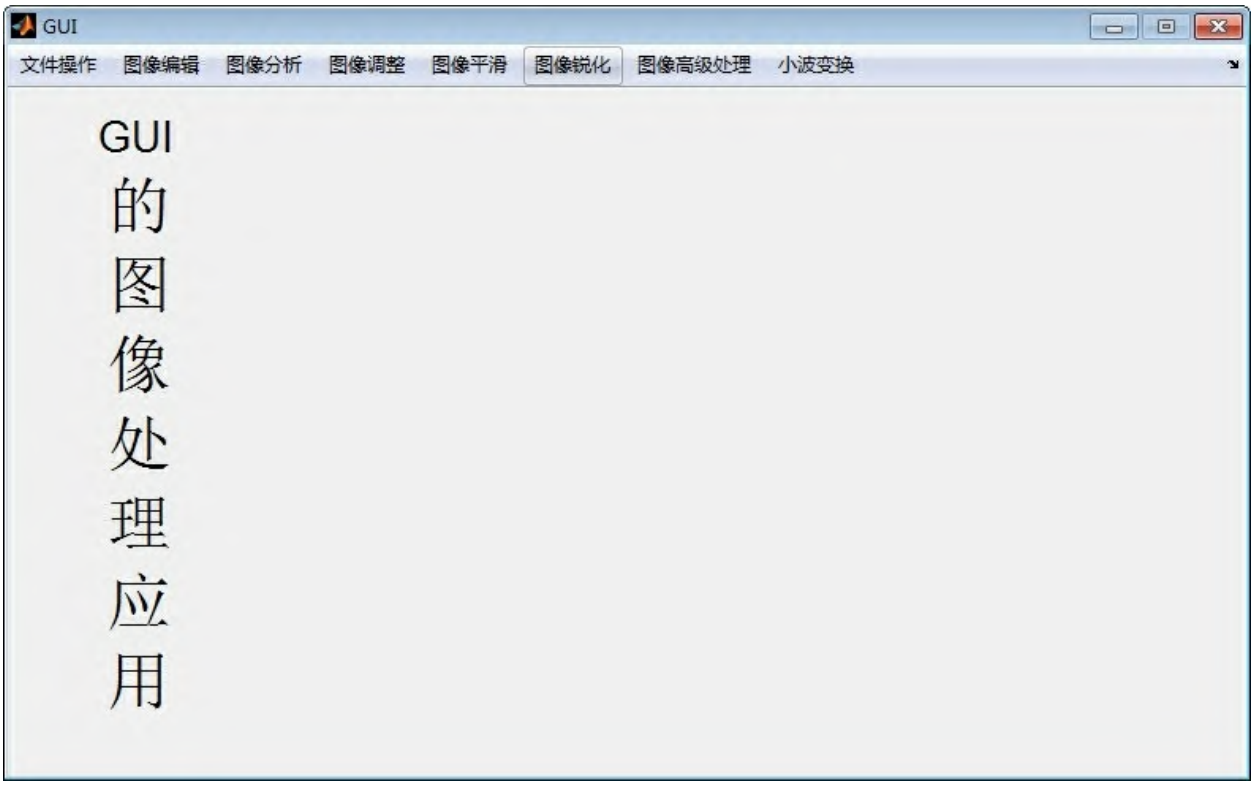


图14-3 运行界面

14.2 图像处理操作

从图14-3运行界面可以看出，界面上方区域是菜单栏，包括文件操作、图像编辑、图像分析、图像调整、图像平滑、图像锐化、图像高级处理和小波变换等菜单项。下面将通过操作这些菜单项来对原始图像dogs.tif进行图像处理。

14.2.1 “文件操作”菜单项

单击“文件操作”菜单项，将会弹出“读取显示”、“保存图像”和“退出”3个选项，如图14-4所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

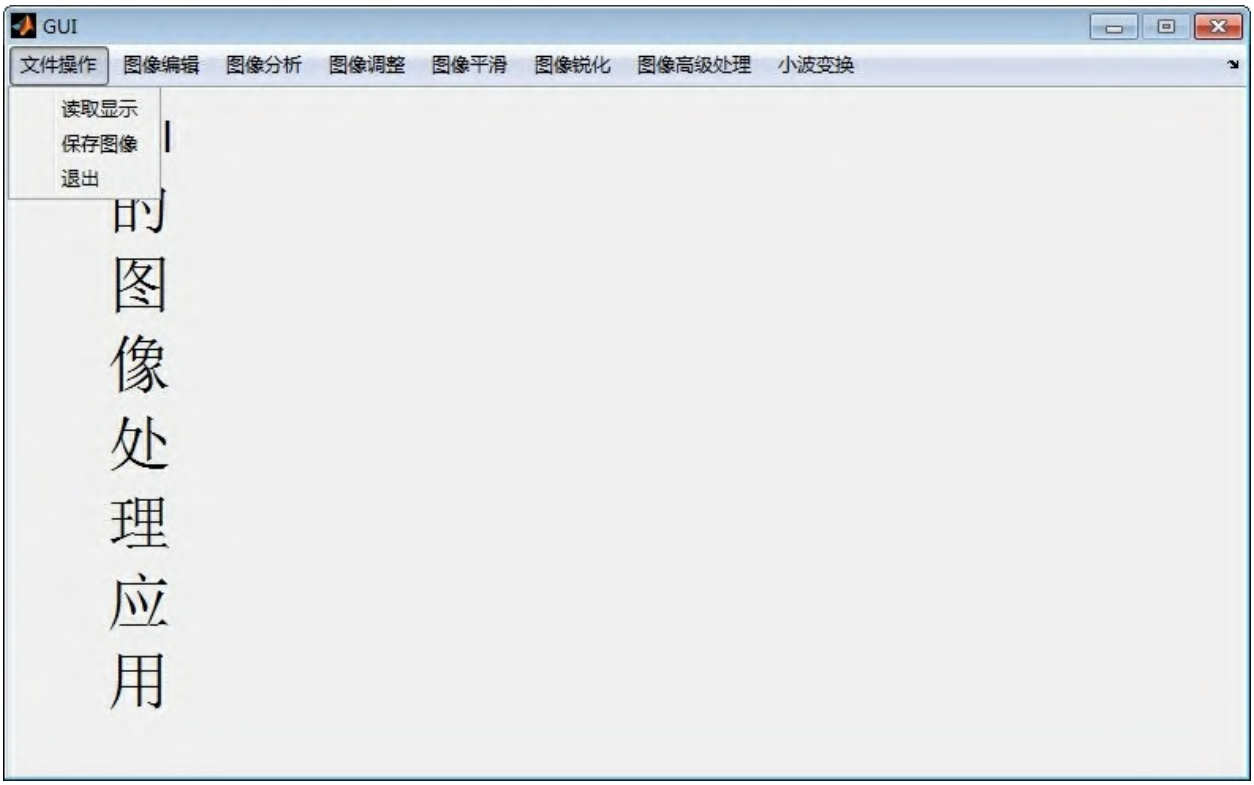


图14-4 文件操作菜单项

1.图像显示

单击“图像显示”选项时，界面将调用出本例所需要的原始图像dogs.tif。

对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('dogs.tif');
subplot(1,1,1),
imshow(I);
title('dogs——RGB图像')
```

运行结果如图14-5所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-5 “图像显示”选项效果

2.保存图像

“保存图像”对应的程序如下：

```
clear
I=imread('dogs.tif');
gray=rgb2gray(I);
imwrite(gray,'gray.bmp');
bw=im2bw(I,0.5);
imwrite(bw,'bw.bmp');
[ind,map]=gray2ind(gray,64);
save ind
msgbox('已保存为图像gray.bmp、索引图像ind.mat、二值图像bw.bmp！','提示信息');
```

当选择“保存图像”选项时，将弹出“保存图像”提示信息窗口，如图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

14-6所示。

单击“OK”键后，MATLAB 中的“Current Folder”中将生成灰度图像（gray.bmp）、索引图像（ind.mat）和二值图像（bw.bmp），如图14-7所示。



图14-6 保存图像“提示信息”窗口

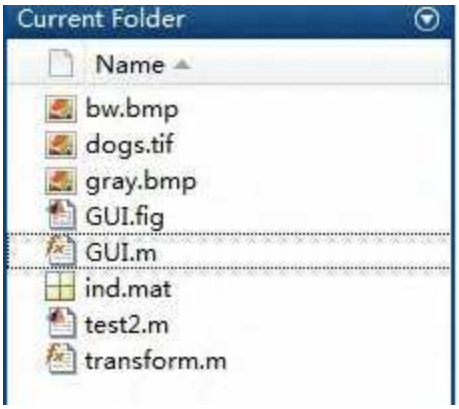


图14-7 保存图像菜单项

3.退出

若选择退出选项，则退出MATLAB系统。

14.2.2 “图像编辑”菜单项

选择“图像编辑”菜单项，界面将出现5个选项，分别为“图像缩放”、“图像旋转”、“图像裁剪”、“格式转换”和“纹理映射”，如图14-8所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-8 “图像编辑”菜单项

1.图像缩放

单击“图像缩放”，界面将呈现出对图像进行3种方式的缩放：邻域差值法、双线性差值法和双立方差值法。

对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('dogs.tif');
subplot(2,2,1),
imshow(I);
title('原始图像')
X1=imresize(I,0.1,'nearest');
subplot(2,2,2),
imshow(X1,[]);
title('最近邻插值法实现图像缩放')
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
X2=imresize(I,0.1,'bilinear');
subplot(2,2,3),
imshow(X2,[]);
title('双线性插值法实现图像缩放')
X3=imresize(I,0.1,'bicubic');
subplot(2,2,4),
imshow(X3,[]);
title('双立方插值法实现图像缩放')
```

运行结果如图14-9所示。



图14-9 图像缩放效果图

2.图像旋转

单击“图像旋转”选项，界面将呈现出对原始图像逆时针旋转35°的图像。

对应的功能程序如下：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
clear
I=imread('dogs.tif');
J=imrotate(I,35, 'bilinear');
subplot(1,2,1),
imshow(I);
title('原始图像')
subplot(1,2,2),
imshow(J);
title('逆时针旋转35°图像')
```

运行结果如图14-10所示。



图14-10 图像旋转

3.图像裁剪

当选择“图像裁剪”选项时，将弹出剪切的对话框。“图像裁剪”选项对应的功能程序如下：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
clear
I=imread('dogs.tif');
%subplot(1,1,1),imshow(I);title('请选择要裁剪的区域，并双击选定区域以显示');
msgbox('请选择要裁剪的区域，并双击选定区域以显示','提示信息');
waitforbuttonpress;
clf;
I2=imcrop(I);
close
subplot(1,2,1),
imshow(I);
title('原始dogs——RGB图像');
subplot(1,2,2),
imshow(I2);
title('裁剪后的dogs——RGB图像');
```

当选择图像裁剪选项时，将弹出剪切的对话框，如图14-11所示。



图14-11 裁剪操作提示窗口

按照对话框的方法去实施，单击“OK”键将会弹出一个图像裁剪提示窗口，如图14-12所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-12 图像裁剪提示窗口

对此窗口的图像进行裁剪操作，如图14-13所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

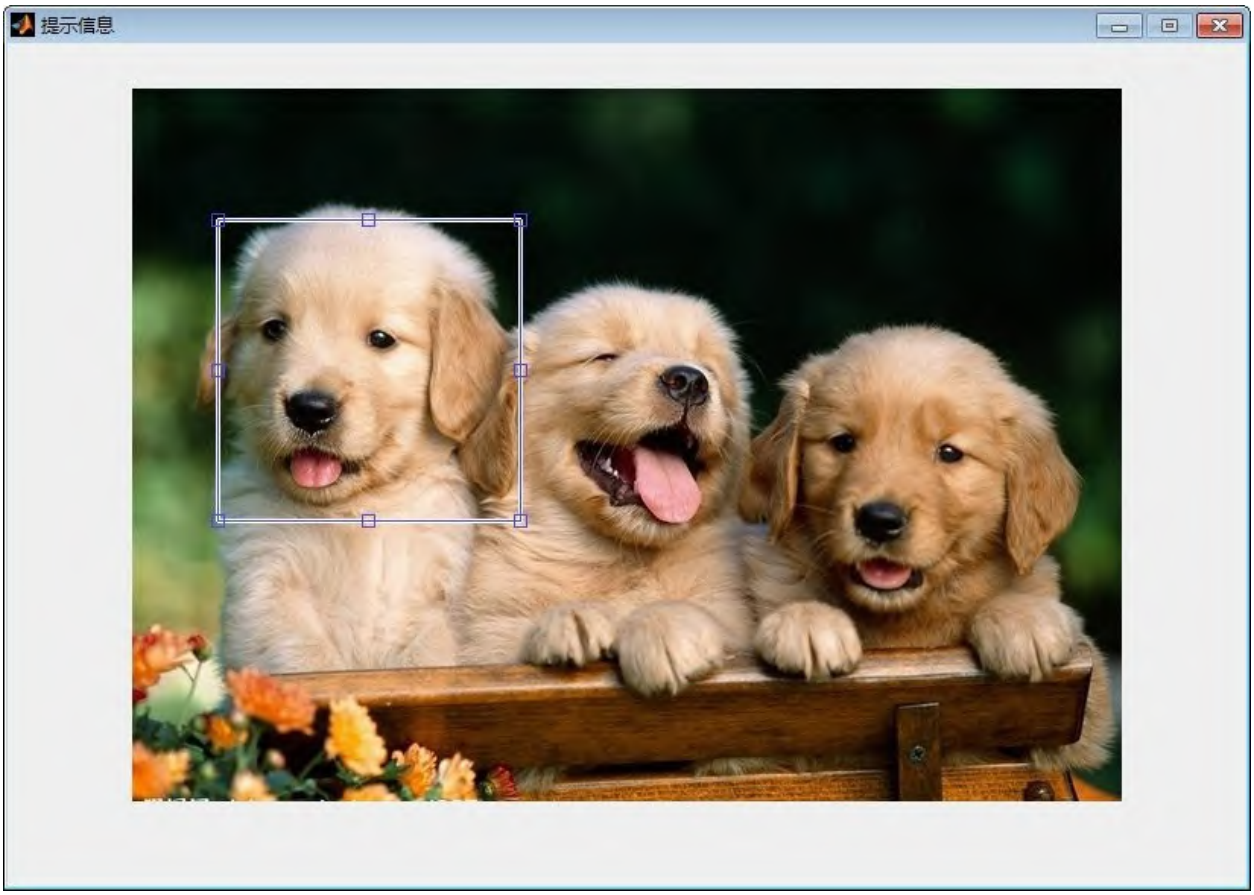


图14-13 裁剪操作

然后双击裁剪区间，选中的区域将被裁剪下来，显示在界面的右侧，如图14-14所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-14 图像裁剪效果图

4.纹理映射

当选择“纹理映射”时，将显示两幅图像：圆柱形纹理映射和球形纹理映射。对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('dogs.tif');
[x,y,z]=cylinder;
subplot(1,2,1),
warp(x,y,z,I);
title('圆柱形纹理映射');
[x,y,z]=sphere;
subplot(1,2,2),
warp(x,y,z,I);
title('球形纹理映射');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运行结果如图14-15所示。

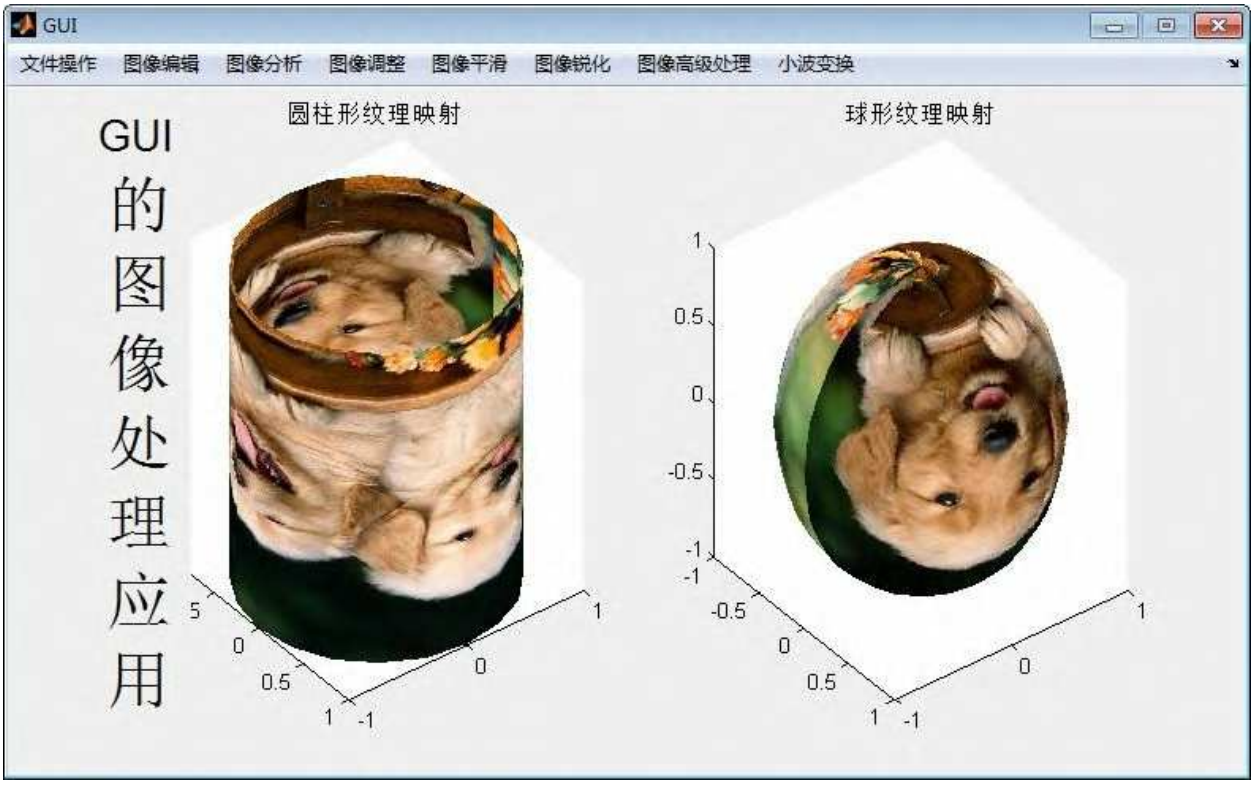


图14-15 纹理映射

14.2.3 “图像分析”菜单项

“图像分析”菜单项主要有4个选项，分别为“像素选择”、“强度描述图”、“图像轮廓图”和“绘制直方图”，如图14-16所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

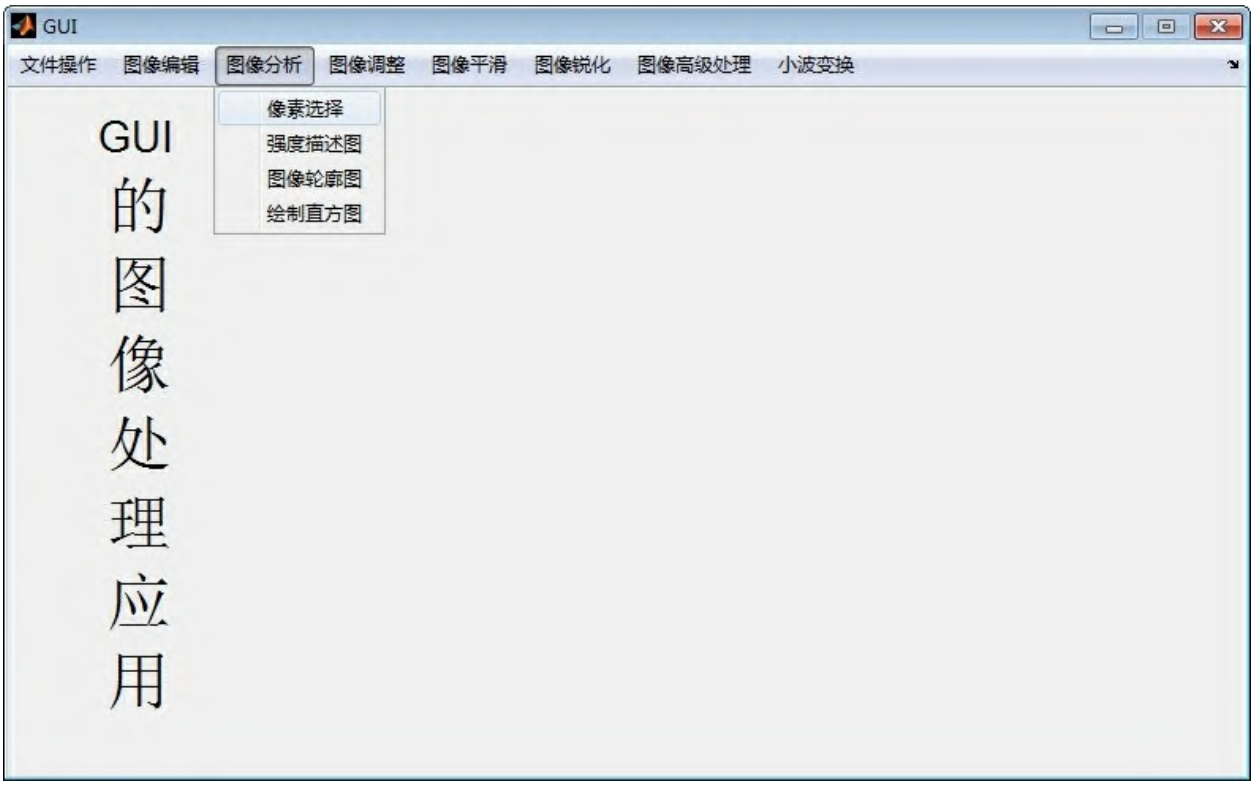


图14-16 “图像分析”菜单项

1.像素选择

选择“像素选择”选项，将出现一个选择像素点的提示界面。

对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('dogs.tif');
subplot(1,1,1),
imshow(I);
title('请用鼠标选择任意几个像素点后按回车以显示所选像素点的数据值！');
vals =impixel
```

运行结果如图14-17所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-17 提示选取像素点

依照上面的要求，选择任意的像素点，如图14-18所示。



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图14-18 像素点的选取

然后按回车键，所选像素点的数据值如下：

```
vals =
   100    122    127
   187    178    185
   177    134    100
   105     71     31
   210    182    155
   220    182    152
     5     14     11
     7     18     12
```

2.强度描述图

选择“强度描述图”选项时，将出现一个方法界面。

对应的功能程序如下：

```
clear
subplot(1,1,1),
imshow dogs.tif
title('请用鼠标选择一线段后按回车以显示轨迹强度图！')
improfile
```

运行结果如图14-19所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-19 选择强度轨迹提示界面

按照上面的要求用鼠标选择一线段，结果如图14-20所示。



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图14-20 强度轨迹的选取

选好后按回车键，将显示轨迹强度图。结果如图14-21所示。

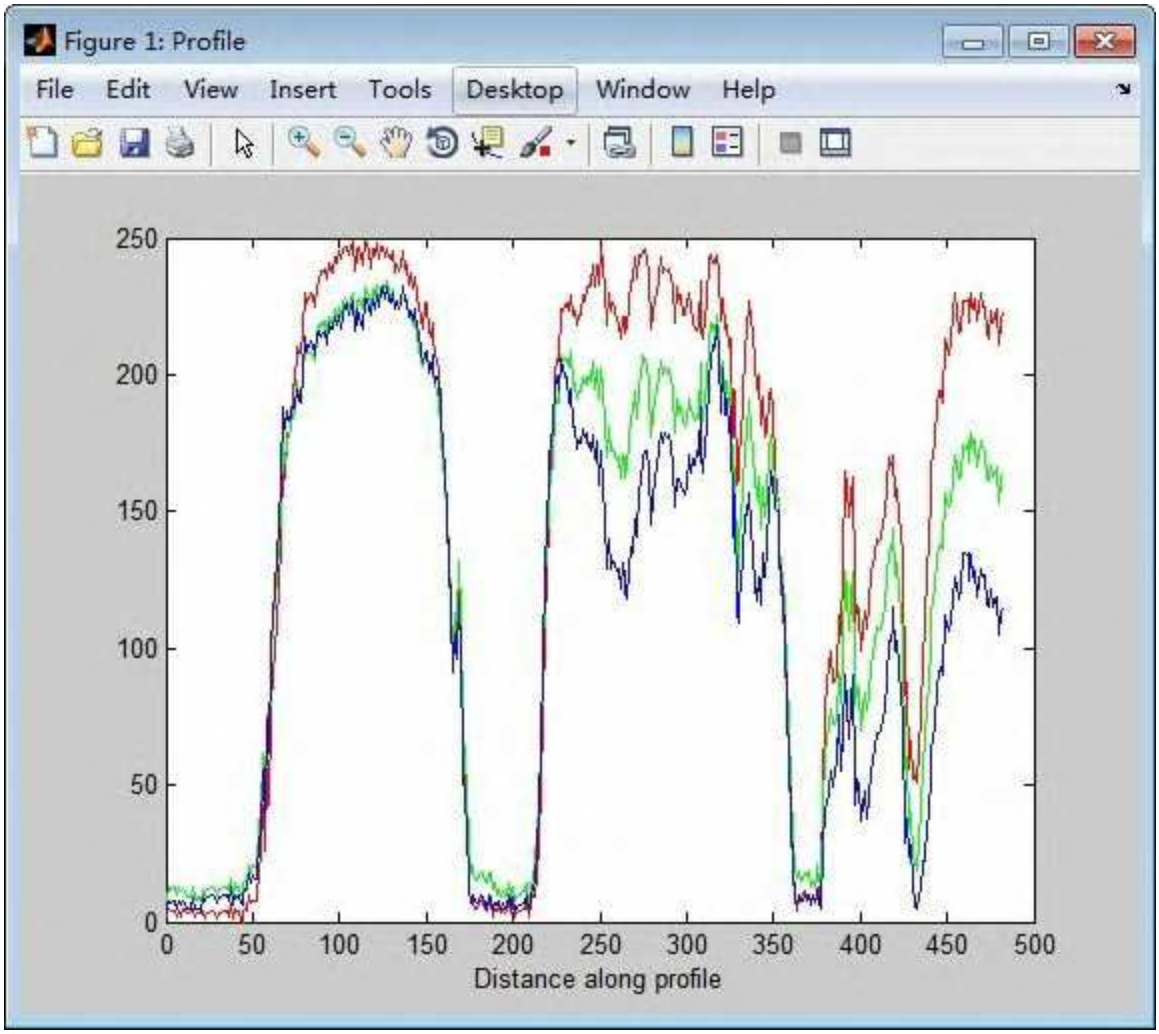


图14-21 轨迹图

3.图像轮廓图

当选择“图像轮廓图”选项时，将显示图像的轮廓图。

对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('gray.bmp');
subplot(1,1,1),imshow(I);title('原始灰度图像')
figure(1),
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
f1=figure(1);
set(f1,'NumberTitle','off','Name','图像轮廓图')
imcontour(I)
```

运行结果如图14-22所示。

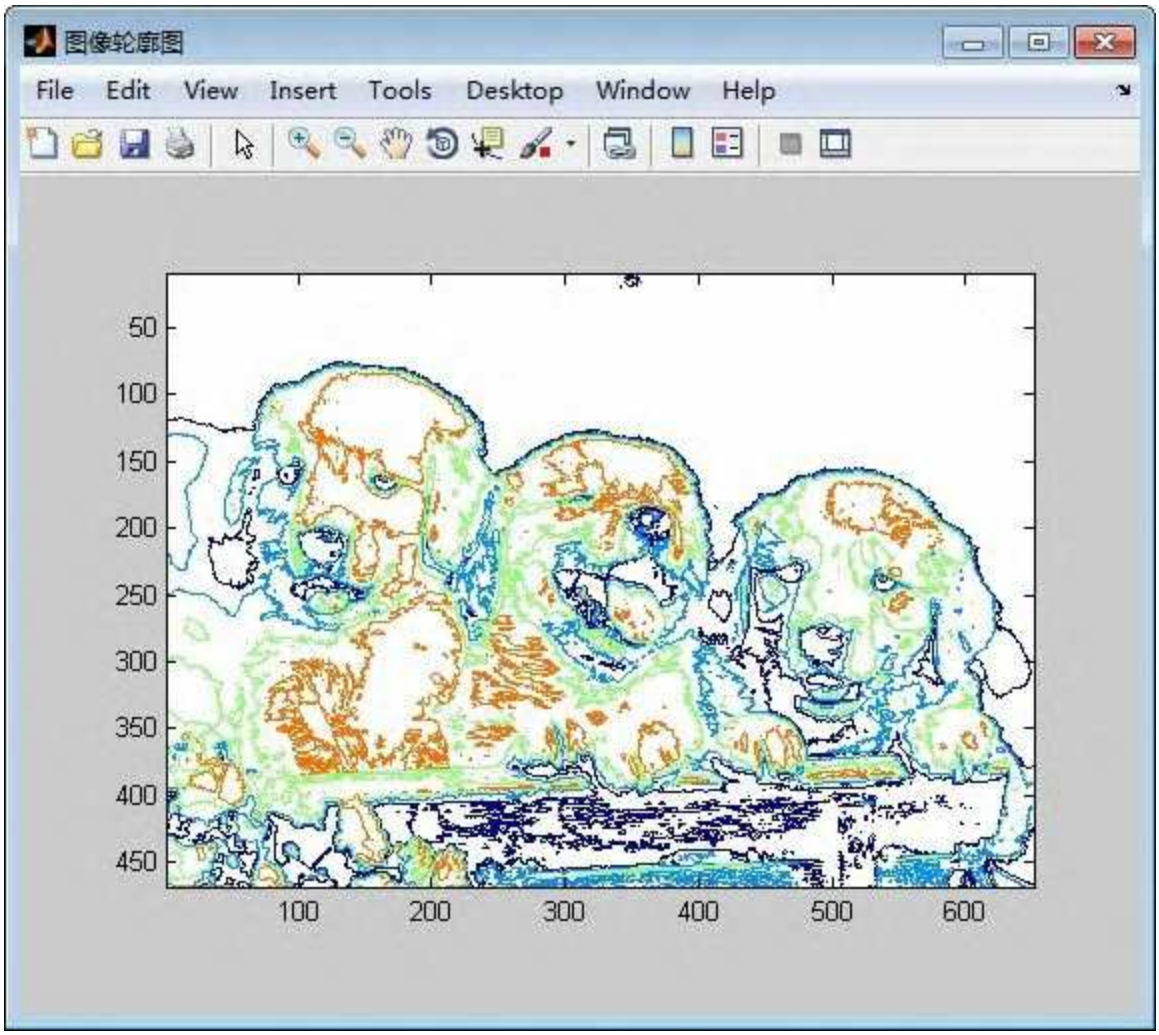


图14-22 图像轮廓图

4.绘制直方图

当选择“绘制直方图”选项时，界面将会显示出dogs.tif的灰度图像及其灰度图像直方图。对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('gray.bmp');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(2,1,1),
imshow(I);
title('灰度图像')
subplot(2,1,2),
imhist(I,64);
title('灰度图像的直方图')
```

运行结果如图14-23所示。

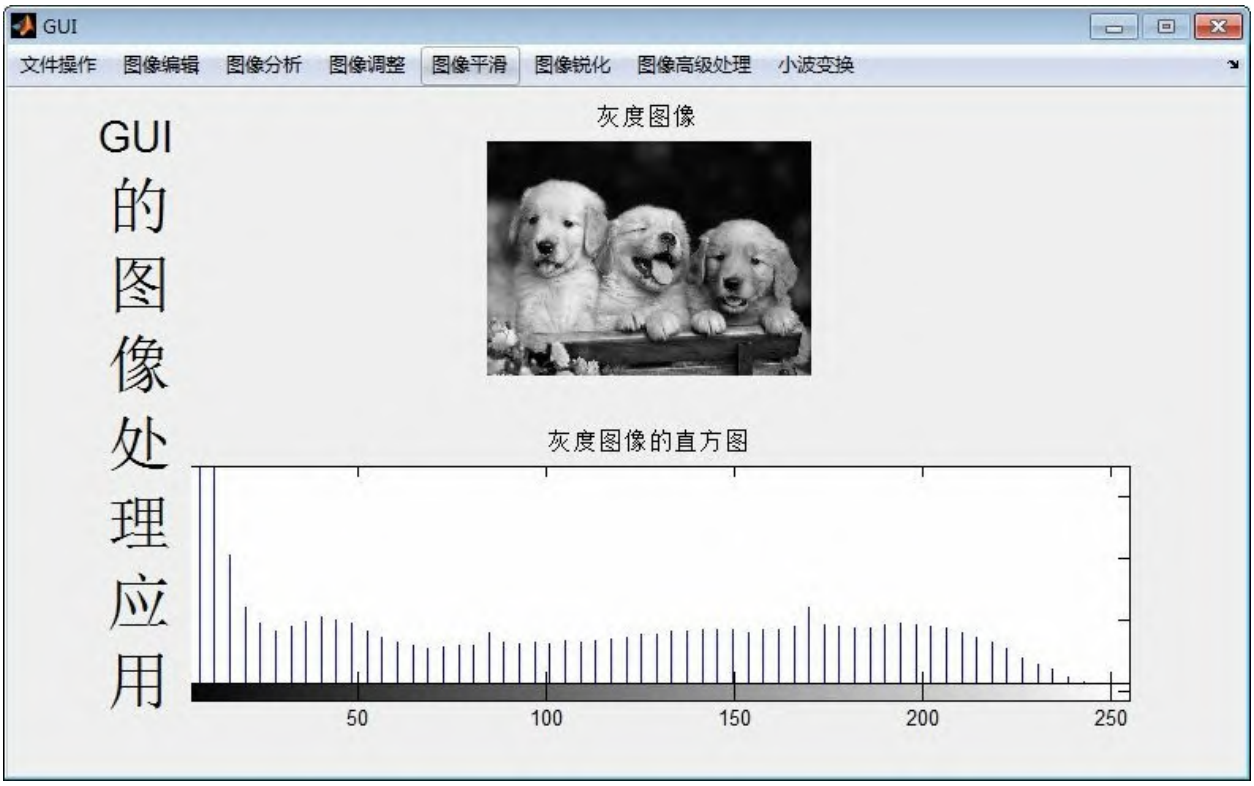


图14-23 灰度图像直方图

14.2.4 “图像调整”菜单项

“图像调整”菜单项包括5个选项：“直方图均衡化”、“直方图规定化”、“去背景”、“阈值化”和“灰度变换”，如图14-24所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-24 “图像调整”菜单项

1.直方图均衡化

选择“直方图均衡化”选项时，界面将会显示出4个图像，分别为原始灰度图像、直方图均衡化后的灰度图像、原始灰度图像直方图和直方图均衡化后的灰度图像直方图。

对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('dogs.tif');
gray=rgb2gray(I);
J=histeq(gray);
subplot(2,2,1),
imshow(gray);
title('原始灰度图像');
subplot(2,2,2),
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imshow(J);
title('直方图均衡化后的灰度图像');
subplot(2,2,3),
imhist(gray);
title('原始灰度图像直方图');
subplot(2,2,4),
imhist(J);
title('直方图均衡化后的灰度图像直方图');
```

运行结果如图14-25所示。

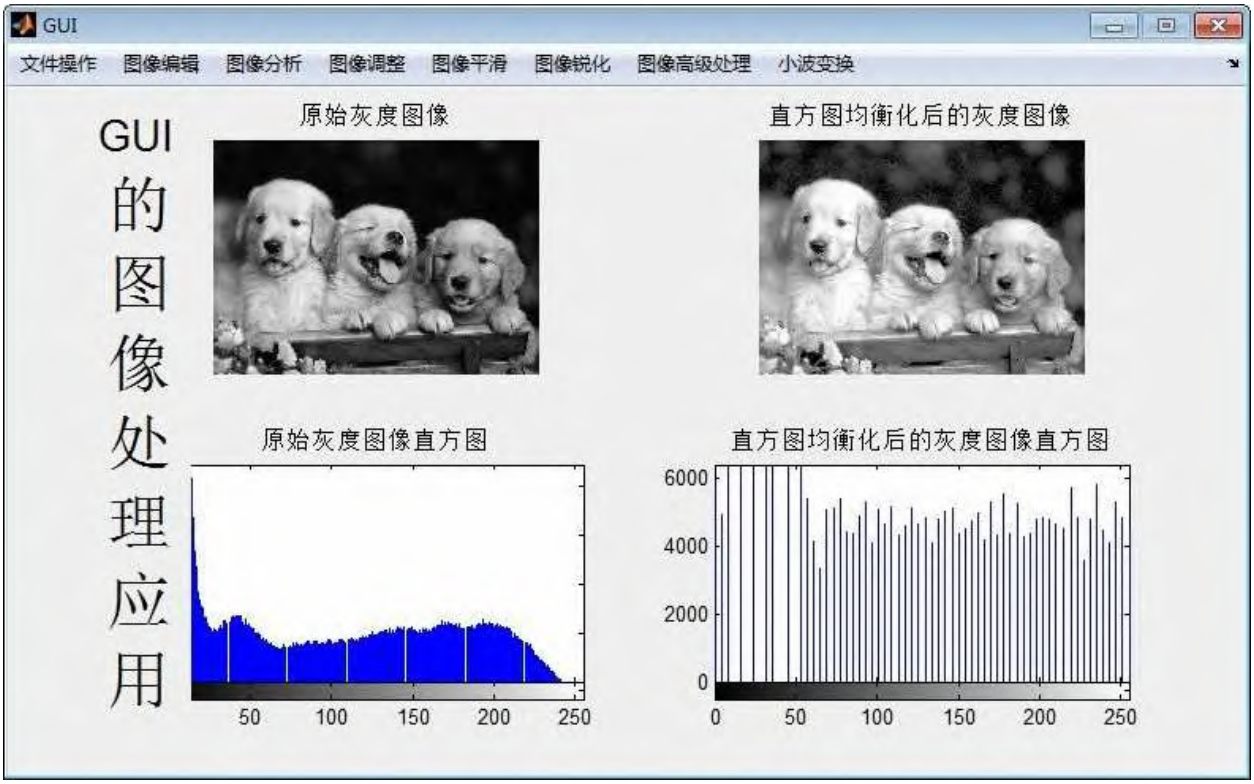


图14-25 直方图均衡化

2.直方图规定化

选择“直方图规定化”选项时，界面将会显示出4个图像，分别为原始灰度图像、直方图规定化后的灰度图像、原始灰度图像直方图和直方图规定化后的灰度图像直方图。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('dogs.tif');
gray=rgb2gray(I);
J=histeq(gray,32);
[counts,x]=imhist(J);
I=imread('dogs.tif');
Q=rgb2gray(I);
subplot(2,2,1),
imshow(Q);
title('原始灰度图像');
subplot(2,2,3),
imhist(Q);
title('原始灰度图像的直方图');
M=histeq(Q,counts);
subplot(2,2,2),
imshow(M);
title('直方图规定化后的灰度图像');
subplot(2,2,4),
imhist(M);
title('直方图规定化后的灰度图像直方图');
axis square
```

运行结果如图14-26所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

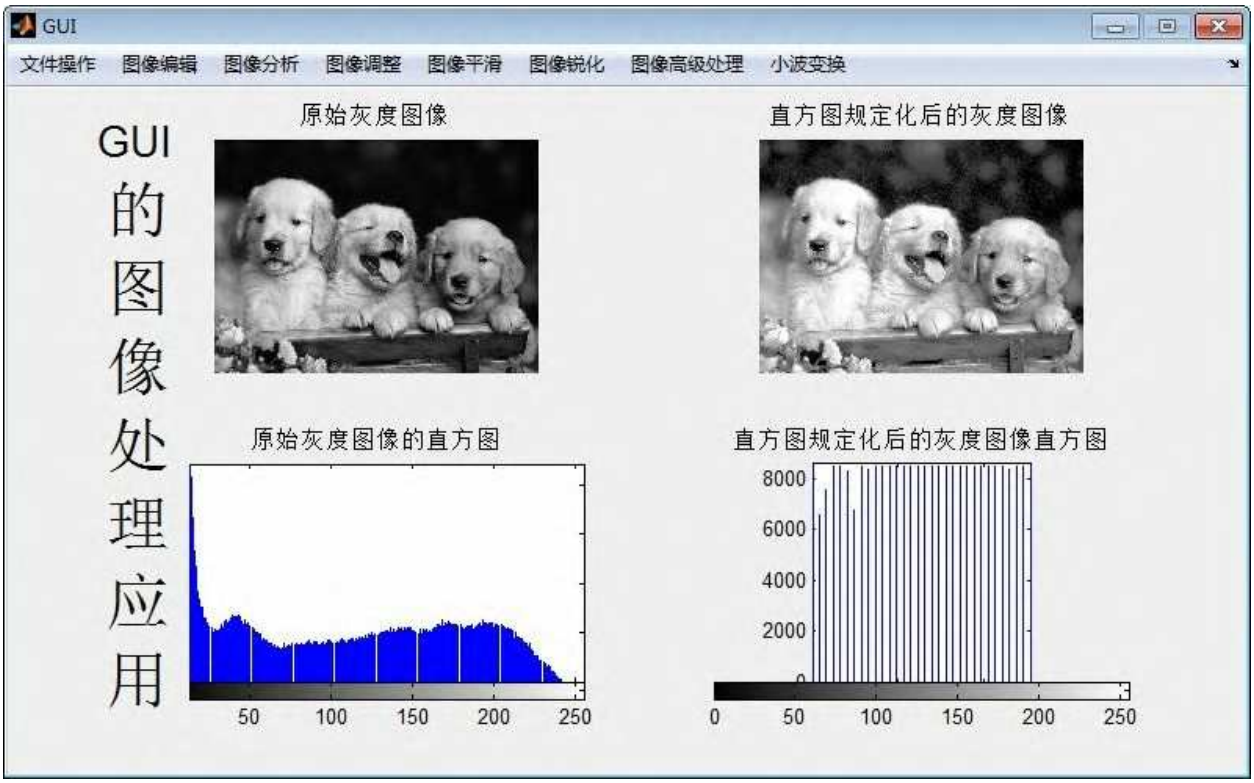


图14-26 直方图规定化

3.去背景

选择“去背景”选项时，界面将显示出原始灰度图像和去背景后的图像。

对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('dogs.tif')
gray=rgb2gray(I);
subplot(1,2,1),
imshow(gray)
title('原始灰度图像')
background=imopen(gray,strel('disk',15))
I2=imsubtract(gray,background);
subplot(1,2,2),
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imshow(I2)
title('减去背景后的图像')
```

运行结果如图14-27所示。



图14-27 去背景

4.阈值化

选择“阈值化”选项时，界面将显示出原始图像和阈值化后的图像。对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('dogs.tif');
level=graythresh(I);
bw=im2bw(I,level);
subplot(1,2,1),
imshow(I);
title('原始图像');
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(1,2,2),
imshow(bw);
title('阈值化后的图像')
```

运行结果如图14-28所示。



图14-28 阈值化

5.灰度变换

选择“灰度变换”选项时，界面将显示出4幅图像：原始灰度图像、调整对比度后的灰度图像、原始灰度图像直方图和调整对比度后的灰度图像直方图。

对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('dogs.tif');
gray=rgb2gray(I);
J=imadjust(gray,[0.3,0.7],[]);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(2,2,1),
imshow(gray);
title('原始灰度图像');
subplot(2,2,2),
imshow(J);
title('调整对比度后的灰度图像');
subplot(2,2,3),
imhist(gray);
title('原始灰度图像直方图');
subplot(2,2,4),
imhist(J);
title('调整对比度后的直方图');
```

运行结果如图14-29所示。

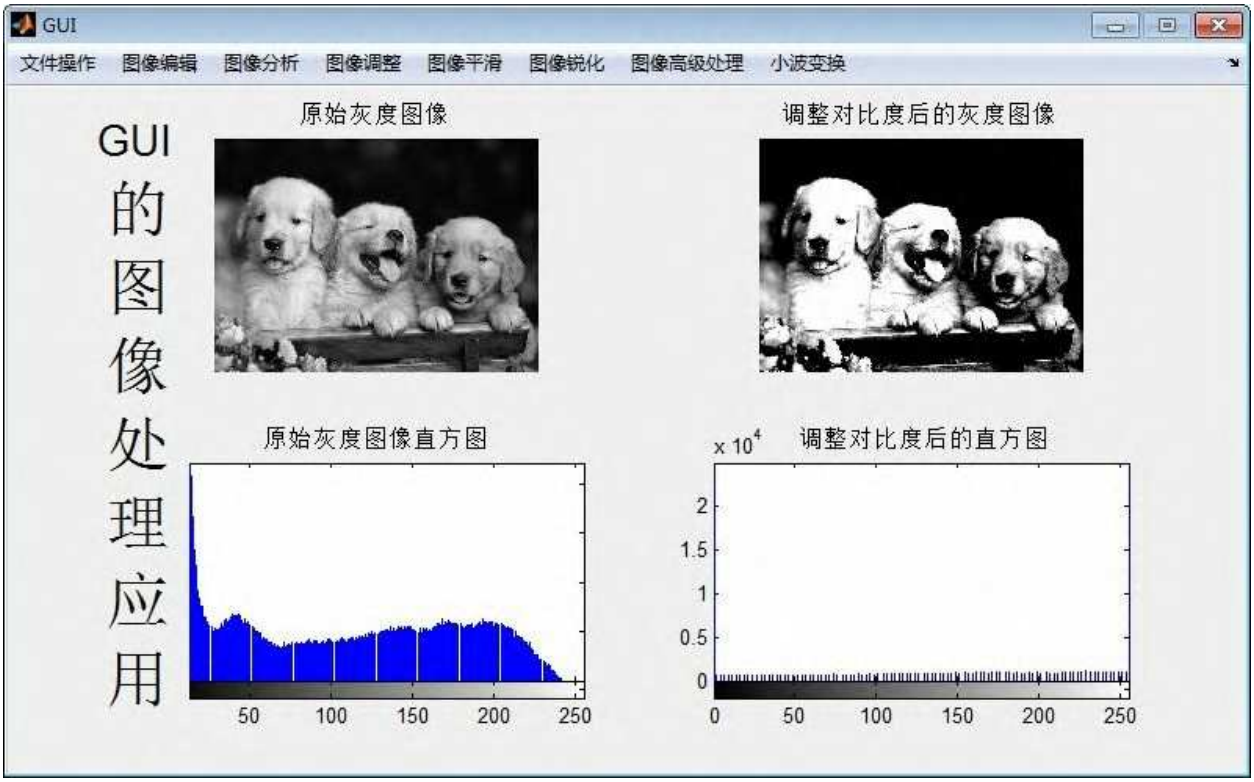


图14-29 灰度变化

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

14.2.5 “图像平滑”菜单项

“图像平滑”菜单项中包括4个选项：“加噪”、“中值滤波”、“低通滤波”和“图像复原”，如图14-30所示。

1.加噪

选择“加噪”选项时，界面将显示出4幅图像：加高斯噪声、加随机噪声、加椒盐噪声和加乘性噪声。

对应的功能程序如下：

```
I=imread('dogs.tif');
V=0.02;
noise1=imnoise(I,'gaussian',0,V);       %加高斯噪声
subplot(2,2,1),
imshow(noise1);
```

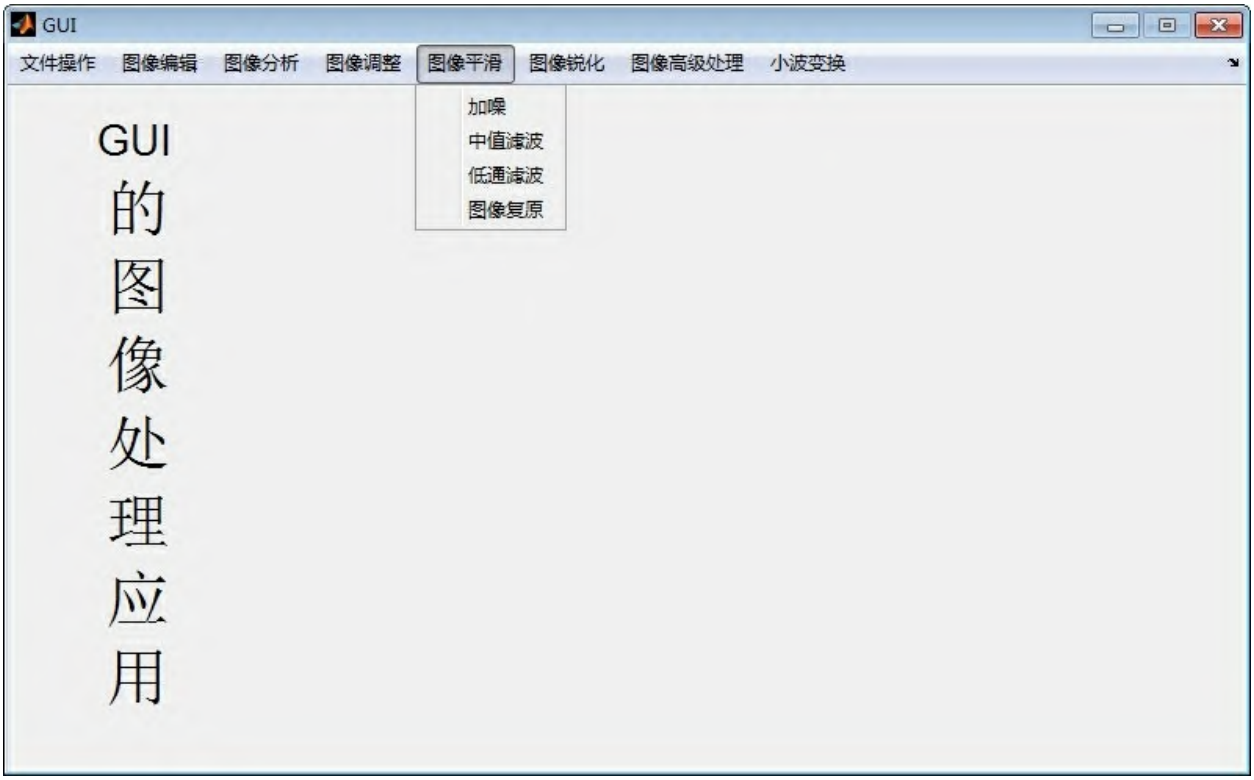


图14-30 图像平滑菜单项

```
title('加高斯噪声')
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
noise=0.1*randn(size(I));          %加随机噪声
noise2=imadd(I,im2uint8(noise));
subplot(2,2,2),
imshow(noise2);
title('加随机噪声')
noise3=imnoise(I,'salt & pepper', 0.02);
subplot(2,2,3),
imshow(noise3);
title('加椒盐噪声')
noise4=imnoise(I,'speckle',0.06);
subplot(2,2,4),
imshow(noise4);
title('加乘性噪声')
```

运行结果如图14-31所示。



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图14-31 加噪

2.中值滤波

选择“中值滤波”选项时，界面将显示出两幅图像：加椒盐噪声后的图像和中值滤波后的图像。

对应的功能程序如下：

```
I=imread('gray.bmp');
I1=imnoise(I,'salt & pepper',0.06);
I2=double(I1)/255;
J2=medfilt2(I2,[3 3]);
subplot(1,2,1),
imshow(I1);
title('加椒盐噪声后的图像')
subplot(1,2,2),
imshow(J2);
title('中值滤波后的图像')
```

运行结果如图14-32所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-32 中值滤波

3.低通滤波

选择“低通滤波”选项时，界面将显示出4幅图像：加入高斯噪声后的dogs灰度图像、经过巴特沃斯高通滤波器后的图像、经过指数低通滤波器后的图像和经过梯形低通滤波器后的图像。

对应的功能程序如下：

```
clc
clear
A=imread('gray.bmp')
I=double(A)/255;
%load woman2
%I=ind2gray(X,map)
noisy=imnoise(I,'gaussian',0.06);
[M N]=size(I);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
F=fft2(noisy);
fftshift(F);
Dcut=100;
D0=150;
D1=250;
for u=1:M
   for v=1:N
      D(u,v)=sqrt(u^2+v^2);
      BUTTERH(u,v)=1/(1+(sqrt(2)-1)*(D(u,v)/Dcut)^2);
      EXPOTH(u,v)=exp(log(1/sqrt(2))*(D(u,v)/Dcut)^2);
      if D(u,v)<D0
         TRAPEH(u,v)=1;
      else if D(u,v)<=D1
         TRAPEH(u,v)=(D(u,v)-D1)/(D0-D1);
         else TRAPEH(u,v)=0;
         end
      end
   end
end
BUTTERG=BUTTERH.*F;
BUTTERfiltered=ifft2(BUTTERG);
EXPOTG=EXPOTH.*F;
EXPOTfiltered=ifft2(EXPOTG);
TRAPEG=TRAPEH.*F;
TRAPEfiltered=ifft2(TRAPEG);
subplot(2,2,1),
imshow(noisy);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('加入高斯噪声后的dogs灰度图像');
subplot(2,2,2),
imshow(BUTTERfiltered);
title('经过巴特沃斯低通滤波器后的图像');
subplot(2,2,3),
imshow(EXPOTfiltered);
title('经过指数低通滤波器后的图像');
subplot(2,2,4),
imshow(TRAPEfiltered);
title('经过梯形低通滤波器后的图像');
```

运行结果如图14-33所示。

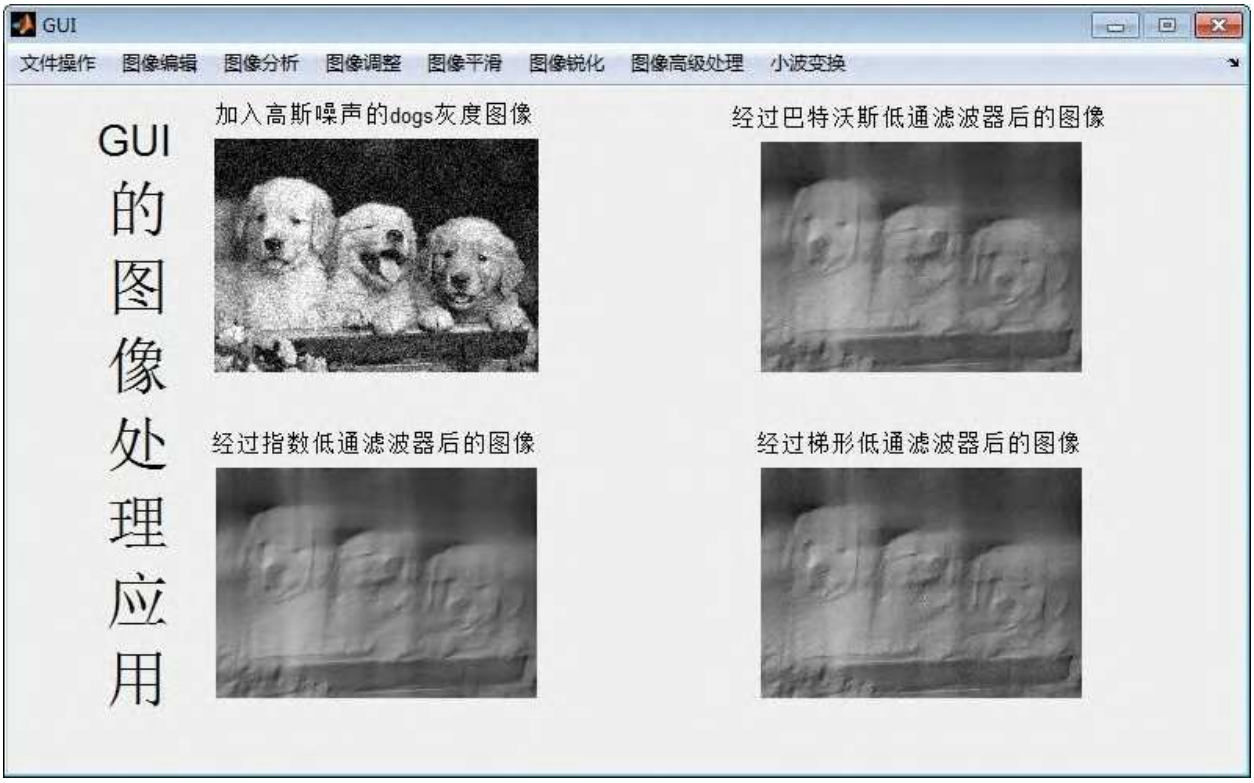


图14-33 低通滤波选

4.图像复原

选择“图像复原”选项时，界面将显示出两幅图像：加入随机噪声和

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

用 deconvwnr函数复原。

对应的功能程序如下：

```
I=imread('dogs.tif');
LEN=31;
THETA=11;
PSF=fspecial('motion',LEN,THETA);
Blurred=imfilter(I,PSF,'circular','conv');
%wnr1=deconvwnr(Blurred,PSF);
noise2=0.1*randn(size(I)); %加随机噪声
noise3=imadd(I,im2uint8(noise2));
subplot(1,2,1),
imshow(noise3);
title('加随机噪声');
wnr2=deconvwnr(Blurred,PSF);
subplot(1,2,2),
imshow(wnr2);
title('用deconvwnr函数复原');
```

运行结果如图14-34所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-34 图像复原

14.2.6 “图像锐化”菜单项

“图像锐化”菜单项中包括5个选项，它们分别为“梯度法”、“Sobel算子滤波”、“拉氏算子滤波”、“空域高通滤波”和“频域高通滤波”。如图14-35所示。

1.梯度法

选择“梯度法”选项时，界面将显示利用不同的梯度算子实现图像锐化的图像。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-35 “图像锐化”菜单项

对应的功能程序如下：

```
clear
[I,map]=imread('gray.bmp');
subplot(3,2,1),
imshow(I,map);
title('用梯度法实现图像锐化');
I=double(I);
[IX,IY]=gradient(I);
GM=sqrt(IX.*IX+IY.*IY);
OUT1=GM;
subplot(3,2,2),
imshow(OUT1,map);
OUT2=I;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
J=find(GM>=10);
OUT2(J)=GM(J);
subplot(3,2,3),
imshow(OUT2,map);
OUT3=I;
J=find(GM>=10);
OUT3(J)=255;
subplot(3,2,4),
imshow(OUT3,map);
OUT4=I;
J=find(GM<=10);
OUT4(J)=255;
subplot(3,2,5),
imshow(OUT4,map);
OUT5=I;
J=find(GM>=10);
OUT5(J)=255;
Q=find(GM<10);
OUT5(Q)=0;
subplot(3,2,6),
imshow(OUT5,map);
```

运行结果如图14-36所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-36 梯度法

2.Sobel算子滤波

选择“Sobel算子滤波”选项时，界面将显示两幅图像，它们分别为原始dogs灰度图像和Sobel算子对图像锐化结果。

对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('gray.bmp');
H=fspecial('sobel');
subplot(1,2,1),
imshow(I);
title('原始dogs灰度图像');
J=filter2(H,I);
subplot(1,2,2),
imshow(J);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

title('Sobel算子对图像锐化结果');

运行结果如图14-37所示。



图14-37 Sobel算子滤波

3.拉氏算子滤波

选择“拉氏算子滤波”选项时，界面将显示两幅图像，它们分别为原始dogs灰度图像和拉氏算子对模糊图像进行增强。

对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('gray.bmp');
I=double(I);
subplot(1,2,1),
imshow(I,[]);
title('原始dogs灰度图像');
h=[0 1 0,1 -4 1,0 1 0];
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
J=conv2(I,h,'same');
K=I-J;
subplot(1,2,2),
imshow(K,[]);
title('拉氏算子对模糊图像进行增强')
```

运行结果如图14-38所示。



图14-38 拉氏算子滤波

4.空域高通滤波

选择“空域高通滤波”选项时，界面将显示4幅图像，它们分别为原始灰度图像、H2算子滤波结果、H3算子滤波结果和H4算子滤波结果。

对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('gray.bmp');
J=im2double(I);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(2,2,1),
imshow(J,[]);
title('原始灰度图像');
h2=[-1 -1 -1,-1 9 -1,-1 -1 -1];
h3=[1 -2 1,-2 5 -2,1 -2 1];
h4=1/7.*[-1 -2 -1, -2 19 -2,-1 -2 -1];
A=conv2(J,h2,'same');
subplot(2,2,2),
imshow(A,[]);
title('H2算子滤波结果');
B=conv2(J,h3,'same');
subplot(2,2,3),
imshow(B,[]);
title('H3算子滤波结果');
C=conv2(J,h4,'same');
subplot(2,2,4),
imshow(C,[]);
title('H4算子滤波结果');
```

运行结果如图14-39所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-39 空域高通滤波

5.频域高通滤波

选择“频域高通滤波”选项时，界面将显示4幅图像，它们分别为加入高斯噪声的灰度图像、经过巴特沃斯高通滤波器后的图像、经过指数高通滤波器后的图像和经过梯形高通滤波器后的图像。

对应的功能程序如下：

```
[I,map]=imread('gray.bmp');
noisy=imnoise(I,'gaussian',0.01);
[M N]=size(I);
F=fft2(noisy);
fftshift(F);
Dcut=100;
D0=250;
D1=150;
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
for u=1:M
   for v=1:N
      D(u,v)=sqrt(u^2+v^2);
      BUTTERH(u,v)=1/(1+(sqrt(2)-1)*(Dcut/D(u,v))^2);
      EXPOTH(u,v)=exp(log(1/sqrt(2))*(Dcut/D(u,v))^2);
      if D(u,v)<D1
         THPFH(u,v)=0;
      else if D(u,v)<=D0
         THPFH(u,v)=(D(u,v)-D1)/(D0-D1);
         else THPFH(u,v)=1;
         end
      end
   end
end
   BUTTERG=BUTTERH.*F;
   BUTTERfiltered=ifft2(BUTTERG);
   EXPOTG=EXPOTH.*F;
   EXPOTfiltered=ifft2(EXPOTG);
   THPFG=THPFH.*F;
   THPFfiltered=ifft(THPFG);
subplot(2,2,1),
imshow(noisy);
title('加入高斯噪声的灰度图像');
subplot(2,2,2),
imshow(BUTTERfiltered);
title('经过巴特沃斯高通滤波器后的图像');
subplot(2,2,3),
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
imshow(EXPOTfiltered);
title('经过指数高通滤波器后的图像');
subplot(2,2,4),
imshow(THPFfiltered);
title('经过梯形高通滤波器后的图像');
```

运行结果如图14-40所示。



图14-40 频域高通滤波

14.2.7 “图像高级处理”菜单项

“图像高级处理”菜单项包括两个选项，它们分别是“边缘检测”和“图像分割”，如图14-41所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-41 “图像高级处理”菜单项

1.边缘检测

选择“边缘检测”选项时，界面将显示5幅图像，它们分别为原始dogs灰度图像、Sobel边缘检测、Canny边缘检测、prewitt边缘检测和log边缘检测。

对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('gray.bmp');
BW1=edge(I,'sobel');
BW2=edge(I,'canny');
BW3=edge(I,'prewitt');
BW4=edge(I,'log');
subplot(3,2,1),
imshow(I);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
title('原始dogs灰度图像');
subplot(3,2,3),
imshow(BW1);
title('Sobel边缘检测');
subplot(3,2,4),
imshow(BW2);
title('Canny边缘检测');
subplot(3,2,5),
imshow(BW2);
title('prewitt边缘检测');
subplot(3,2,6),
imshow(BW2);
title('log边缘检测');
```

运行结果如图14-42所示。



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图14-42 边缘检测

2.图像分割

选择“图像分割”选项时，界面将显示4幅图像，它们分别为原始灰度图像、阈值截取分割后图像、对小图像进行删除后图像和检测结果的图像。

对应的功能程序如下：

```
I=imread('gray.bmp');
subplot(2,2,1),
imshow(I);
title('原始灰度图像');
Ic=imcomplement(I);
BW=im2bw(Ic,graythresh(Ic));
subplot(2,2,2),
imshow(BW);
title('阈值截取分割后图像');
se=strel('disk',6);
BWc=imclose(BW,se);
BWco=imopen(BWc,se);
subplot(2,2,3),
imshow(BWco);
title('对小图像进行删除后图像');
mask=BW&BWco;
subplot(2,2,4),
imshow(mask);
title('检测结果的图像');
```

运行结果如图14-43所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-43 图像分割

14.2.8 “小波变换”菜单项

“小波变换”菜单项中包括4个选项，它们分别“1次小波分解”、“2次小波分解”、“第1层小波重构”和“第2层小波重构”，如图14-44所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



图14-44 “小波变换”菜单项

1.1次小波分解

选择“1次小波分解”选项时，界面将显示出对dogs索引图像的1次小波分解。

对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('dogs.tif');
[X,map]=rgb2ind(I,0.1);
nbcol=size(map,1);
colormap(pink(nbcol));
cod_X=wcodemat(X,nbcol);
[ca1,ch1,cv1,cd1]=dwt2(X,'db1');
cod_ca1=wcodemat(ca1,nbcol);
cod_ch1=wcodemat(ch1,nbcol);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
cod_cv1=wcodemat(cv1,nbcol);
cod_cd1=wcodemat(cd1,nbcol);
subplot(1,1,1),
image([cod_ca1,cod_ch1;cod_cv1,cod_cd1]);title('对dogs索引图像的1次小波分解')
```

运行结果如图14-45所示。

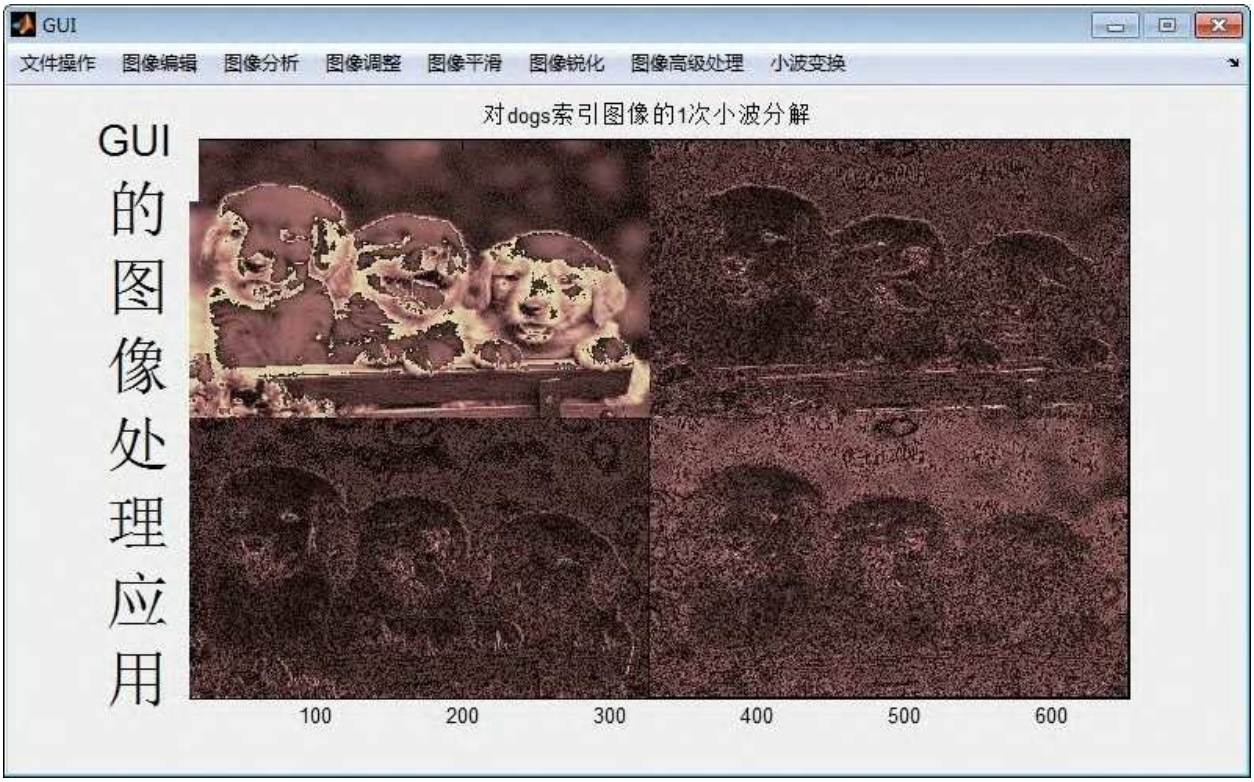


图14-45 1次小波分解

2.2次小波分解

选择“2次小波分解”选项时，界面将显示出对dogs索引图像的2次小波分解。对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('dogs.tif');
[X,map]=rgb2ind(I,0.1);
nbcol=size(map,1);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
colormap(pink(nbcol));
cod_X=wcodemat(X,nbcol);
[ca1,ch1,cv1,cd1]=dwt2(X,'db1');
[ca2,ch2,cv2,cd2]=dwt2(ca1,'db1');
cod_ca2=wcodemat(ca2,nbcol);
cod_ch2=wcodemat(ch2,nbcol);
cod_cv2=wcodemat(cv2,nbcol);
cod_cd2=wcodemat(cd2,nbcol);
subplot(1,1,1),
image([cod_ca2,cod_ch2;cod_cv2,cod_cd2])
title('对dogs索引图像的2次小波分解')
```

运行结果如图14-46所示。

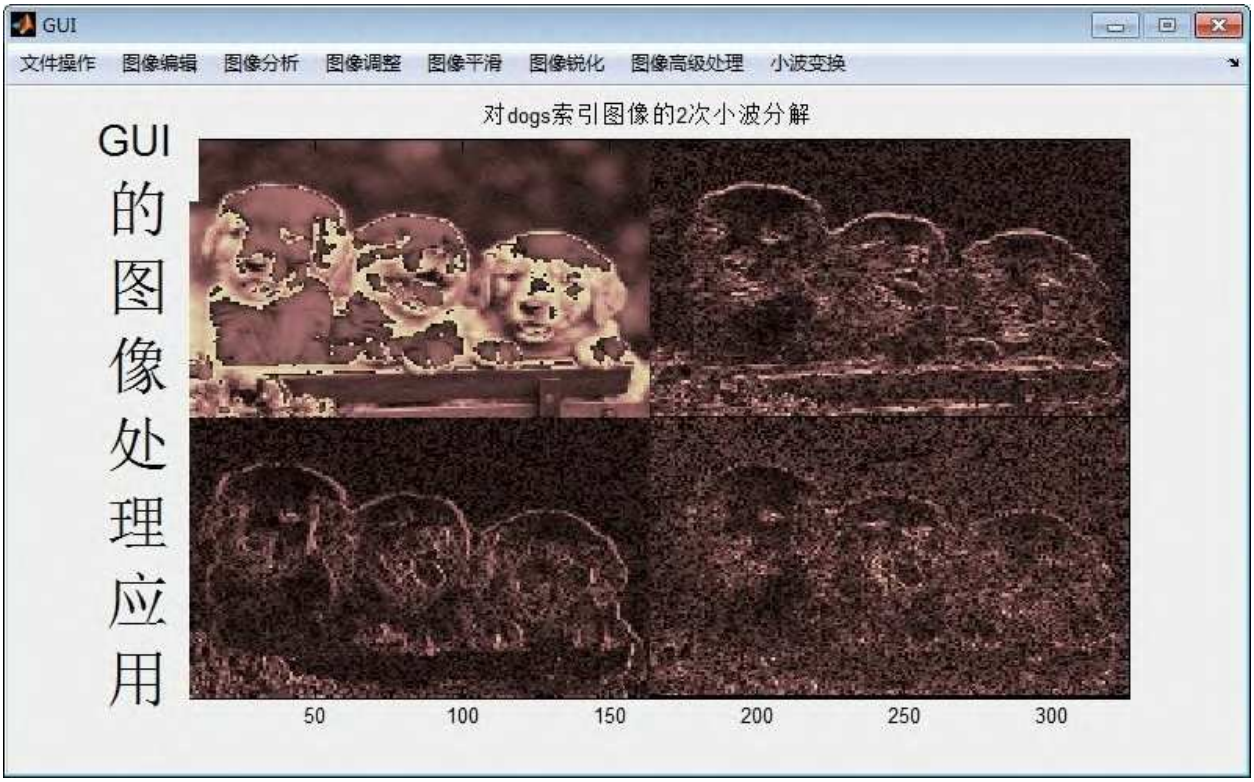


图14-46 2次小波分解

3.第1层小波重构

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

选择“第1层小波重构”选项时，界面将显示出对dogs索引图像的第1层重构。

对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('dogs.tif');
[X,map]=rgb2ind(I,0.1);
nbcol=size(map,1);
colormap(pink(nbcol));
cod_X=wcodemat(X,nbcol);
[ca1,ch1,cv1,cd1]=dwt2(X,'db1');
a0=idwt2(ca1,ch1,cv1,cd1,'db1',size(X));
a0=wcodemat(a0,nbcol);
subplot(1,1,1),
image(a0)
title('对dogs索引图像的第1层重构')
```

运行结果如图14-47所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

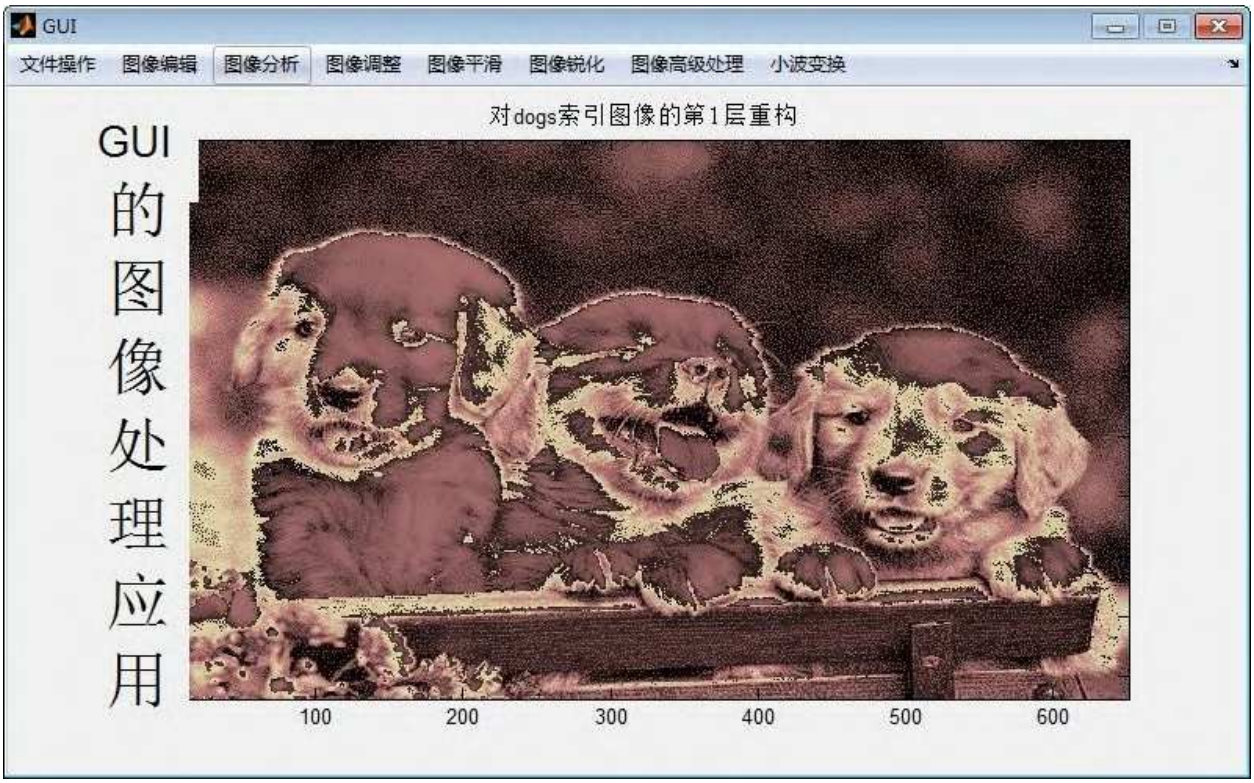


图14-47 第1 层小波重构

4.第2层小波重构

选择“第2层小波重构”选项时，界面将显示出对dogs索引图像的第2层重构。对应的功能程序如下：

```
clear
I=imread('dogs.tif');
[X,map]=rgb2ind(I,0.1);
nbcol=size(map,1);
colormap(pink(nbcol));
cod_X=wcodemat(X,nbcol);
[ca1,ch1,cv1,cd1]=dwt2(X,'db1');
[ca2,ch2,cv2,cd2]=dwt2(ca1,'db1');
a0=idwt2(ca2,ch2,cv2,cd2,'db1',size(X));
a0=wcodemat(a0,nbcol);
```

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

```
subplot(1,1,1),
image(a0)
title('对dogs索引图像的第2层重构')
```

运行结果如图14-48所示。

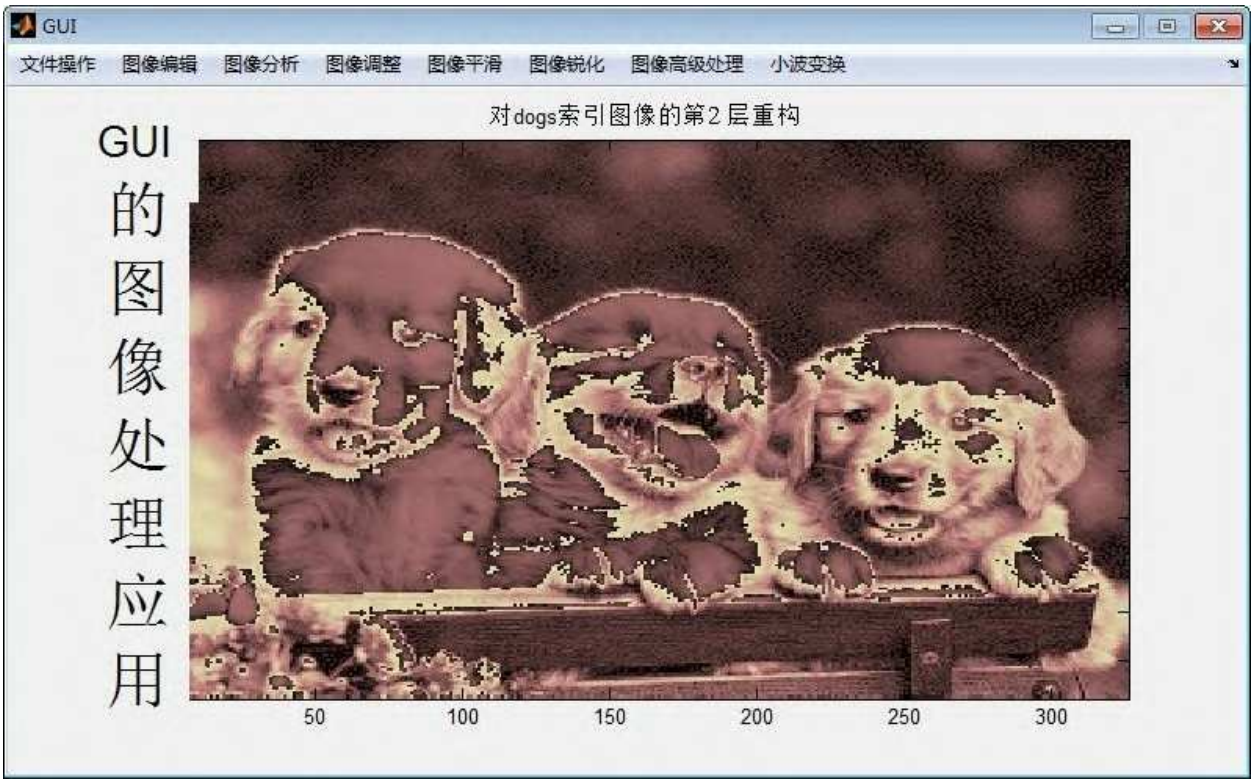


图14-48 第2层小波重构

14.3 本章小结

本章主要通过GUI来实现MATLAB图像处理中的图像分析、图像调整、图像平滑、图像锐化、图像高级处理、小波变换等功能。读者通过这个例子可以熟练地掌握图像处理的重要内容和GUI的应用。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附录 图像处理工具箱函数汇总

通用函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

函　　数	功能说明	调用方法
Colorbar	显示颜色条	colorbar colorbar('Vert') colorbar('horiz') colorbar(h_) h=colorbar(…) colorbar(…, 'peer',axes_handle)
Getimage	从坐标轴取得图形数据	A=getimage(h) [x,y,A]=getimage(h) […,A,flag]=getimage(h) […]=getimage
Imshow	显示图像	Imshow(I,n) Imshow(I,[low high]) Imshow(BW) Imshow(X,map) Imshow(RGB) Imshow(…,display_option) Imshow(x,y,A,…) Imshow filename H= Imshow(…)
Montage	在矩形框中同时显示多幅图像	montage（I） montage(BW) montage(X,map) montage(RGB) h=montage(…)
Immovie	创建多帧索引色图像的电影动画	mov=immovie(X,map) mov=immovie(RGB)
Subimage	在一幅图中显示多个图像	Subimage(X,map) Subimage(I) Subimage(BW) Subimage(RGB) Subimage(x,y,…) H=subimage(…)
Truesize	调整图像显示尺寸	Truesize(fig,[mrows mcols]) Truesize(fig)

续表

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

通用函数		
函　　数	功能说明	调用方法
Warp	将图像显示到纹理映射表面	Warp(X,map) Warp(I,n) Warp(z,...) Warp(x,y,z,…) H=warp(…)
Zoom	缩放图像	Zoom on Zoom off Zoom out Zoom reset zoom zoom xon zoom yon zoom(factor) zoom(fig,option)
几何操作函数		
函　　数	功能说明	调用方法
Imcrop	剪切图像	I2=imcrop(I) X2=imcrop(X,map) RGB2=imcrop(RGB) I2=imcrop(I,rect) RGB2=imcrop(RGB,rect) […]=imcrop(x,y,…) [A,rect]=imcrop(…) [x,y,A,rect]=imcrop(…)
Imresize	改变图像大小	B=imresize(A,m,method)
Imrotate	旋转图像	B=imrotate(A,angel,method) B=imrotate(A,angel,method, 'crop')

图像文件I/O函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

函　　数	功能说明	调用方法
Imfinfo	返回图形文件信息	Info=imfinfo(filename,fmt) Info=imfinfo(filename)
Imread	从图形文件中读取图像	A=imrea(filename,fmt) [X,map]=imrea(filename,fmt) […]=imread(filename) […]=imread(URL,…) […]=imread(…idx)　　(CUR,ICO,and TIFF only) […]=imread(…, 'frames',idx) (GIF only) […]=imread(…,ref)　(HDF only) […]=imread(…, 'backGrounColor',BG)(PNG only) [A,map,alpha]=imread(…)　(ICO,CUR and PNG only)
Imwrite	把图像写入图形文件中	Imwrite(A,filename,fnt) Imwrite(X,map,filename,fmt) Imwrite(…,filename) Imwrite(…,Param1,Val1,Param2,Val2,…)

续表

线性滤波函数		
函　　数	功能说明	调用方法
Conv2	进行二维卷积操作	C=conv2(A,B) C=conv2(hcol,hrow,A) C=conv2(…, 'shape')
Convmtx2	计算二维卷积矩阵	T=convmtx2(H,m,n) T=convmtx2(H,[m,n])
Convn	计算 *n* 维卷积	C=convn(A,B) C=convn(A,B, 'shape')
Filter2	进行二维线性过滤操作	Y=filter2(h,x) Y=filter2(h,X,shape)
Fspecial	创建预定义过滤器	H=fspecial(type) H=fspecial(type,parameters)

像素和统计处理函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

函　　数	功能说明	调用方法
Corr2	计算两个矩阵的二维相关系数	R=corr2(A,B)
Imcontour	创建图像数据的轮廓图	Imcontour(I,n) Imcontour(I,v) Imcontour(x,y,…) Imcontour(…,lineSpec) [C,h]=imcontour(…)
Imfeature	计算图像区域的特征尺寸	Stats=imfeature(L,measurements) Stats=imfeature(L,measurements,n)
Imhist	显示图像数据的柱状图	Imhist(I,n) Imhist(X,map) [count,X]=imhist(…)
Impixel	确定像素颜色值	P=impixel(I) P=impixel(X,map) P=impixel(RGB) P=impixel(I,c,r) P=impixel(X,map,C,r) P=impixel(RGB,c,r) [c,r,P]=impixel(…) P=impixel(x,y,I,xi,yi) P=impixel(x,y,X,map,xi,yi) P=impixel(x,y,RGB,xi,yi) [xi,yi,P]=impixel(x,y,…)
Improfile	沿线段计算剖面图的像素值	C=improfile C=improfile(n) C=improfile(I,xi,yi) C=improfile(I,xi,yi,n) [cx,, cy, c]=improfile(…) [cx,, cy, c,xi,yi] =improfile(…) […]=improfile(x,y,I,xi,yi,) […]=improfile(x,y,I,xi,yi,n) […]=improfile(…，method)

续表

像素和统计处理函数		
函　　数	功能说明	调用方法
Mean2	计算矩阵元素的平均值	B=mean2(A)
Pixval	显示图像像素信息	Pixval on
Std2	计算矩阵元素的标准偏移	B=std2(A)

图像增强函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

函　　数	功能说明	调用方法
Histeq	用柱状图均衡化增强对比	J=histeq(I,hgram) J=histeq(I,n) [J,T]=histeq(I,…) Newmap=histeq(X,map,hgram) Newmap=histeq(X,map) [newmap,T]=histeq(X,…)
Imadjust	调整图像灰度值或颜色映射表	J=imadjust(I,[low_in high_in],[low_out high_out],gamma) Newmap=imadjust(map,[low_in high_in],[low_out high_out],gamma) RGB2=imadjust(RGB1,…)
Imnoise	增强图像渲染效果	J=imnoise(I,type) J=imnoise(I,type,parameters)
Medfilt2	进行二维中值过滤	B=medfilt2(A,[m,n]) B=medfilt2(A) B=medfilt2(A, 'indexed',…)
Ordfilt2	进行二维统计顺序过滤	B=ordfilt2(A,order,domain) B=ordfilt2(A,order,domain,S) B=ordfilt2(…,padopt)
Wiener2	进行二维适应性去噪过滤处理	J=wiener2(I,[m,n],noise) [J,noise]=wiener2(I,[m,n])

图像分析函数

函　　数	功能说明	调用方法
Edge	识别强度图像中的边界	BW=edge(I, 'sobel') BW=edge(I, 'sobel',thresh) BW=edge(I, 'sobel',thresh,direction) [BW,thresh]=edge(I, 'sobel',…) BW=edge(I, 'prewitt') BW=edge(I, 'prewitt',thresh) BW=edge(I, 'prewitt',thresh,direction) [BW,thresh]=edge(I, 'prewitt',…) BW=edge(I, 'roberts') BW=edge(I, 'roberts',thresh) [BW,thresh]=edge(I, 'roberts',…) BW=edge(I, 'log') BW=edge(I, 'log',thresh) BW=edge(I, 'log',thresh,sigma)

续表

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图像增强函数		
函　　数	功能说明	调用方法
Edge	识别强度图像中的边界	[BW,thresh]=edge(I, 'log',…) BW=edge(I, 'zerocross',thresh,h) [BW,thresh]=edge(I, 'zerocross',…) BW=edge(I, 'canny') BW=edge(I, 'canny',thresh) BW=edge(I, 'canny',thresh,sigma) [BW,threshold]=edge(I, 'canny',…)
Qtgetblk	获取四叉树中的块值	[vals,r,c]=qtgetblk(I,S,dim) [vals,idx]=qtgetblk(I,S,dim)
Qtsetblk	设置四叉树中的块值	J=qtsetblk(I,S,dim,vals)

线性二维滤波设计函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

函　　数	功能说明	调用方法
Frespace	确定二维频率响应频率空间	[f1,f2]=freqspace(n) [f1,f2]=freqspace([m,n]) [x1,y1]freqspace(…, 'meshgrid') F=freqspace(N) F=freqspace(N, 'whole')
Freqz2	计算二维频率响应	[H,f1,f2]=freqz2(h,n1,n2) [H,f1,f2]=freqz2(h,[n2,n1]) [H,f1,f2]=freqz2(h,f1,f2) [H,f1,f2]=freqz2(h) […]=freqz2(h,…,[dx,dy]) […]=freqz2(h,…,dx) Freqz2(…)
Fsamp2	用频率采样法设计二维 FIR 过滤器	H=fsamp2(Hd) H=fsamp2(f1,f2,Hd,[m,n])
Ftrans2	通过频率转换设计二维 FIR 过滤器	H=ftrans2(b,t) H=ftrans2b)
Fwind1	用一维窗口法设计二维 FIR 过滤器	H=fwind1(Hd,win) H=fwind1(Hd,win1,win2) H=fwind1(f1,f2,Hd,…)
Fwind2	用二维窗口法设计二维 FIR 过滤器	H=fwind2(Hd,win) H=fwind2(f1,f2,Hd,win)

二进制图像操作函数

函　　数	功能说明	调用方法
Applylut	在二进制图像中利用 lookup 表进行边沿操作	A=applylut(BW,LUT)
Bwarea	计算二进制图像对象的面积	Total=bwarea(BW)
Bweuler	计算二进制图像的欧拉数	Eul=bweuler(BW,n)

续表

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

二进制图像操作函数		
函　　数	功能说明	调用方法
Bwfill	填充二进制图像的背景	Bw2=bwfill(BW1,c,r,n) BW2=bwfill(BW1,n) [BW2,idx]=bwfill(…) BW2=bwfill(x,y,BW1,xi,yi,n) [x,y,BW2,idx,xi,yi]=bwfill(…) BW2=bwfill(BW1, 'holes',n) [BW2,idx]=bwfill(BW1, 'holes',n)
Bwlabel	标注二进制图像中已连接的部分	L=bwlabel(BW,n) [L,num]=bwlabel(BW,n)
Bwmorph	提取二进制图像的轮廓	BW2=bwmorph(BW1,operation) BW2=bwmorph(BW1,operation,n)
Bwperim	计算二进制图像中对象的周长	BW2=bwperim(BW1) bW2=bwperim(BW1,CONN)
Bwselect	在二进制图像中选择对象	BW2=bwselect(BW1,c,r,n) BW2=bwselect(BW1,n) [BW2,idx]=bwselect(…) BW2=bwselect(x,y,BW1,xi,yi) [x,y,BW2,idx,xi,yi]=bwselect(…)
Dilate	放大二进制图像	BW2=dilate(BW1,SE) BW2=dilate(BW1,SE,lag) BW2=dilate(BW1,SE,…,n)
Erode	弱化二进制图像的边界	BW2=erode(BW1,SE) BW2=erode(BW1,SE,lag) BW2=erode(BW1,SE,…,n)
Makelut	创建一个用于 applylut()函数的 look 表	Lut=makelut(fun,n) Lut=makelut(fun,n,P1,P2,…)

图像变换函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

函　　数	功能说明	调用方法
Dct2	进行二维离散余弦变换	B=dct2(A) B=dct2(A,m,n) B=dct2(A,[m,n])
Dctmtx	计算离散余弦变换矩阵	D=dctmtx(n)
Fft2	进行二维快速傅里叶变换	Y=fft2(X) Y=fft2(X,m,n)
Fftn	进行 *n* 维快速傅里叶变换	Y=fftn(X) Y=fftn(X,size)
Fftshift	把快速傅里叶变换的 DC 组件移到光谱中心	Y=fftshift(X) Y=fftshift(X,dim)
Idct2	计算二维离散反余弦变换	B=idct2(A) B=idct2(A,m,n) B=idct2(A,[m,n])
Ifft2	计算二维快速傅里叶反变换	Y=ifft2(X) Y=ifft2(X,m,n)

续表

图像变换函数		
函　　数	功能说明	调用方法
Ifftn	计算 *n* 维快速傅里叶反变换	Y=ifftn(X) Y=ifftn(X,size)
Iradon	进行反 radon 变换	I=iradon(P,theta) I=iradon(P,theta,interp,filter,d,n) [I,h]=iradon(…)
Phantom	产生一个头部幻影图像	P=phantom(def,n) P=phantom(E,n) [P,E]=phantom(…)
Radon	计算 randon 变换	R=radon(I,theta) [R,xp]=radon(…)

颜色空间转换函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

函　　数	功能说明	调用方法
Hsv2rgb	转换 HSV 的值为 RGB 颜色空间	M=hsv2rgb(H)
Rgb2hsv	转化 RGB 的值为 HSV 颜色空间	Cmap=rgb2hsv(M)
Rgb2ntsc	转化 RGB 的值为 NTSC 颜色空间	Yiqmap=rgb2ntsc(rgbmap) YIQ=rgb2ntsc(RGB)
Rgb2ycbcr	转化RGB的值为YCBCR颜色空间	Ycbcrmap=rgb2ycbcr(rgbmap) YCBCR=rgb2ycbcr(RGB)
Ycbcr2rgb	转化YCBCR的值为RGB颜色空间	Rgbmap=ycbcr2rgb(ycbcrmap) RGB=ycbcr2rgb(YCBCR)
Ntsc2rgb	转化 NTSC 的值为 RGB 颜色空间	Rgbmap=ntsc2rgb(yiqmap) RGB=ntsc2rgb(YIQ)

边沿和块处理函数

函　　数	功能说明	调用方法
Bestblk	确定进行块操作的块大小	Siz=bestblk([m n],k) [mb,nb]=bestblk([m,n],k)
Blkproc	实现图像的显示块操作	B=blkproc(A,[m n],fun) B=blkproc(A,[m n],fun,P1,P2,…) B=blkproc(A,[m n],[mborder nborder],fun,…)
Col2im	将矩阵的列重新组织到块中	A=col2im(B,[m n],[mm nn],block_type) A=col2im(B,[m n],[mm nn])
Colfilt	利用列相关函数进行边沿操作	B=colfilt(b,[m n],block_type,fun) B=colfilt(b,[m n],block_type,fun,P1,P2,…) B=colfilt(b,[m n],[mborder nborder],…) B=colfilt(A, 'indexed',…)
Im2col	重调图像块为列	B=im2col(A,[m n],block_type) B=im2col(A,[m n]) B=im2col(A, 'indexed',…)
Nlfilter	进行边沿操作	B=nlfilter(A,[m n],fun) B=nlfilter(A,[m n],fun,P1,P2,…) B=nlfilter(A, 'indexed',…)

续表

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

区域处理函数		
函　　数	功能说明	调用方法
Roicolor	选择感兴趣的颜色区	BW=roicolor(A,low,high) BW=roicolor(A,v)
Roifill	在图像的任意区域中进行平滑插补	J=roifill(I,c,r) J=roifill(I) J=roifill(I,BW) [J,BW]=roifill(…) J=roifill(x,y,I,xi,yi) [x,y,J,BW,xi,yi]=roifill(…)
Roifilt2	过滤敏感区域	J=roifilt2(h,I,BW) J=roifilt2(I,BW,fun) J=roifilt2(I,BW,fun,P1,P2,…)
Roipoly	选择一个敏感的多边形区域	BW=roipoly(I,c,r) BW=roipoly(I) BW=roipoly(x,y,I,xi,yi) [BW,xi,yi]=roipoly(…) [x,y,BW,xi,yi]=roipoly(…)

图像类型和类型转换函数

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

函　　数	功能说明	调用方法
Dither	通过抖动增加外观颜色分辨率，转换图像	X=dither(RGB,map) BW=dither(I)
Gray2ind	转换灰度图像为索引色图像	[X,map]=gray2ind(I,n) [X,map]=gray2ind(BW,n)
Grayslice	从灰度图像创建索引图像	X=grayslice(I,n) Xgrayslice(I,v)
Im2bw	转换图像为二进制图像	BW=im2bw(I,level) BW=im2bw(I,map,level) BW=im2bw(RGB,level)
Im2double	转换图像矩阵为双精度型	I2=im2double(I1) RGB2=im2double(RGB1) I=im2double(BW) X2=im2double(X1, 'dindexed')
Double	转换数据为双精度型	Double(x)
Uint8	转换数据为 8 位无符号整型	I=uint8(x)
Im2uint8	转换图像矩阵为 8 位无符号整型	I2=im2uint8(I1) RGB2=im2uint8(RGB1) I=im2uint8(BW) X2=im2uint8(X1, 'indexed')
Im2uint16	转换图像矩阵为 16 位无符号整型	I2=im2uint16(I1) RGB2=im2uint16(RGB1) I=im2uint16(BW) X2=im2uint16(X1, 'indexed')

续表

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图像类型和类型转换函数		
函　　数	功能说明	调用方法
Uint16	转换数据为 16 位无符号整型	I=uint16(x)
Ind2gray	把索引色图像转换为灰度图像	I=ind2gray(X,map)
Ind2rgb	转化索引图像为 RGB 真彩图像	RGB=ind2rgb(X,map)
Isbw	判断是否为二进制图像	Flag=isbw(A)
Isgray	判断是否为灰度图像	Flag=isgray(A)
Isind	判断是否为索引色图像	Flag=isind(A)
Isrgb	判断是否为 RGB 真彩色图像	Flag=isrgb(A)
Mat2gray	转化矩阵为灰度图像	I=mat2gray(A,[amin,amax]) I=mat2gray(A)
Rgb2gray	转化 RGB 图像为灰度图像	I=rgb2gray(RGB) Newmap=rgb2gray(map)
Rgb2ind	转化 RGB 图像为索引色图像	[X,map]=rgb2ind(RGB,tol) [X,map]=rgb2ind(RGB,nl) X=rgb2ind(RGB,map) […]=rgb2ind(…,dither_option)

工具箱参数设置函数

函　　数	功能说明	调用方法
Iptgetpref	获取图像处理工具箱参数设置	Value=iptgetpref(prefname)
Iptsetpre	设置图像处理工具箱参数	Iptsetpref(prefname,value)
新增函数		
函　　数	功能说明	调用方法
Adapthisteq	限制对比度直方图均衡化	J=adapthisteq(I) J=adapthisteq(I,param1,val1,param2,val2,…)
Applycform	用于色彩空间变换	Out=applycform(I,C)
Brighten	增加或降低颜色映射表的亮度	Brighten(beta) Newmap=Brighten(beta) Newmap=brighten(map,beta) Brighten(fig,beta)

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

参考文献

[1] 徐明远.MATLAB 仿真在信号处理中的应用[M].西安：西安电子科技大学出版社，2007.

[2] 于万波.《基于MATLAB 的图像处理》[M].北京：清华大学出版社，2008.

[3] 夏德深.计算机图像处理及应用[M].南京：东南大学出版社，2004.

[4]章毓晋.图像处理与分析[M].北京：清华大学出版社，2004.

[5] 张志涌.精通MATLAB 6.5[M].北京：北京航空航天大学出版社，2002.

[6] 孙家广.计算机图形学[M].北京：清华大学出版社，1995.

[7] 闫敬文.数字图像处理MATLAB版[M].北京：国防工业出版社，2007.

[8] 陈杨.MATLAB 6.X图像编程与图像处理[M].西安：西安电子科技大学出版社，2002.

[9] 周新伦.数字图像处理[M].北京：国防工业出版社，1986.

[10] 李信真.计算方法[M].西安：西安西北工业大学出版社，2000.

[11] 陈桂明.应用MATLAB 语言处理信号与数字图像[M].

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

北京：科学出版社，2000.

[12] 冈萨雷斯.数字图像处理[M].北京：电子工业出版社，2003.

[13] 杨帆.数字图像处理与分析[M].北京：北京航空航天大学出版社，2007.

[14] 马平.数字图像处理和压缩[M].北京：电子工业出版社，2007.

[15] 闫敬文.数字图像处理[M].北京：国防工业出版社，2007.

[16] 王慧琴.数字图像处理[M].北京：北京邮电出版社，2006.

[17] 阮秋琦.数字图像处理学[M].北京：电子工业出版社，2001.

[18] 何东健.数字图像处理[M].西安：西安电子科技大学出版社，2003.

[19] 王家文.MATLAB 6.5 图形图像处理[M].北京：国防工业出版社，2004.

[20] 余成波.数字图像处理及MATLAB 实现[M].重庆：重庆大学出版社，2003.

www.789pdf.com 789书库网