

高等院校信息技术规划教材

基于MATLAB的图像处理

于万波 编著

INFORMATION TECHNOLOGY



清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

基于MATLAB的图像处理

于万波 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 MATLAB 为工具讲解数字图像处理的基本内容。读者可以通过本书了解图像处理的基本知识,获得图像处理的相关技术。

第 1 章介绍 MATLAB 的常用命令与简单的程序设计知识、图像的读取显示方法以及利用图像进行动画制作等。第 2 章使用 MATLAB 函数对图像进行裁剪、缩放、旋转、扭曲等几何操作,同时把邻域操作、图像增强、图像滤波等也归入这一章讲解。第 3 章讲解图像的加减乘除运算、图像的特征值与奇异值、图像的逻辑运算与形态学运算等内容。第 4 章重点研究离散余弦变换、傅里叶变换与小波变换。第 5 章包括图像灰度统计、图像轮廓提取、四叉树分解、纹理分析以及视频图像等。第 6 章以图像编码、图像理解、图像 GUI 程序设计为主题介绍一些复杂的图像程序设计。

本书既可作为计算机科学与技术专业、自动化专业、信息科学与技术专业、电子信息工程等专业本科生与研究生的图像处理课程的教材,也可以作为学习 MATLAB、数学实验、程序设计等课程的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

基于 MATLAB 的图像处理/于万波编著. —北京:清华大学出版社,2008.3

(高等院校信息技术规划教材)

ISBN 978-7-302-16906-2

I. 基… II. 于… III. 图像处理—计算机辅助计算—软件包, MATLAB—高等学校—教材 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 009084 号

责任编辑:袁勤勇 李玮琪

责任校对:徐俊伟

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175

投稿咨询:010-62772015

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮购热线:010-62786544

客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京市人民文学印刷厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:16.5

字 数:387 千字

版 次:2008 年 3 月第 1 版

印 次:2008 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:24.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:026746-01

编委会名单

主任：朱敏

副主任：王正洪 鲁宇红 焦金生

成员：（按拼音排序）

常晋义	邓凯	范新南	高佳琴	高玉寰	龚运新
顾建业	顾金海	林罡	刘训非	马正华	沈孟涛
唐全	王继水	王骏	王晴	王志立	吴访升
肖玉	杨长春	袁启昌	张旭翔	张燕	赵明生
郑成增	周凤石				

策划编辑：袁勤勇

序

preface

在科教兴国方针的指引下,我国高等教育进入了一个新的历史发展时期,招生规模和在校生数量都有了大幅度的增长。我们在进行着世界上规模最大的高等教育。与此同时,对于高等教育的研究和认识也在不断深化。高等学校要明确自己的办学方向和办学特色,这既是不断提高高等教育水平的必然要求,更是高校不断发展和壮大必须首先考虑的问题。

教育部领导明确提出,高等教育应多元化,高等院校应实施分类分层次教学,这是高等教育大众化的必然结果,也是市场对人才需求的客观规律所致。因此要有相当部分的高等院校致力于培养应用型人才。此类院校在计算机教学中如何实现自己的培养目标,如何选择适用的应用型教材,已成为十分重要和迫切的任务。应用型人才的培养不能简单照搬研究型人才的培养模式,要在丰富的实践基础上认真总结,摸索新形势下的教学规律,在此基础上设计相关课程、改进教学方法,同时编写与之相适应的应用型教材。这一工作是非常艰巨的,也是非常有意义的。

在清华大学出版社的大力支持和配合下,应用型教材编委会于2003年成立。编委会汇集了众多高等院校的实践经验,并经过集中讨论和专家评审,遴选了一批优秀教材,希望能够通过这套教材的出版和使用,促进应用型人才培养的实践发展,为建立新的人才培养模式作出贡献。

我们编写应用型教材的主要出发点是:

1. 适应新形势下教育部对高等教育的要求以及市场对应用型人才的需求。
2. 计算机科学技术和信息技术发展迅速,教材内容和教学方式应与之相适应,适时地进行更新和改进。
3. 教育技术的发展对教材建设提出了更高的要求,教材将呈现

出纸介质出版物、电子课件以及网络学习环境等相互配合的立体化形态。

4. 根据不同的专业要求,突出应用,使理论与实践更加紧密结合。

以此为目标,我们将努力编写一套全新的、有实用价值的应用型计算机教材。经过参编教师的努力,第一批教材已经面世。教材将滚动式地不断更新、修正、提高,逐渐树立起自己的品牌。希望使用本系列教材的广大师生能对我们的教材提出宝贵的意见,共同建设具有应用型特色的精品教材。

朱 敏

2006 年 5 月

前言

foreword

图像处理已经逐渐成为一门比较成熟的学科,国内很多高校在本科阶段就开设了图像处理课程。数字图像处理在整个图像处理领域占有重要的地位,本书讲述数字图像处理的基本内容。

图像处理中有很多数学公式,目前以数学为工具讲解图像处理的教材或专著很多,数学基础好的读者能够通过数学公式的描述及推导了解图像处理的相关内容。本书主要想通过程序来讲解图像处理的基本内容,这样,喜欢程序设计的读者就可以通过本书学习图像处理。已经了解一些图像处理知识的读者,可以通过本书进一步学习图像程序设计。

因为其他语言实现图像程序设计比较繁琐,也因为 MATLAB 具有很多优点,所以选择了 MATLAB 作为实现工具。本质上说,图像就是函数、矩阵或程序设计中的数组。而 MATLAB 具有强大而方便的数组操作功能,同时又提供了丰富的图像处理函数。

一般可以通过宏观介绍,包括发展状况、应用及意义等逐渐进入一个新的学科领域;也可以通过实例学习、归纳总结一步步进入这个学科领域,本书选择了后者。

第 1 章主要通过图像显示与图像动画制作告诉读者图像就是函数、矩阵或程序设计中的数组。考虑到学习新的知识需要一个循序渐进的过程,所以在第 2 章与第 3 章中讲解图像几何操作与图像代数运算,相对比较容易接受;把第 4 章图像变换作为重点内容,是因为想通过 MATLAB 这个工具更加直观地帮助读者分析各种变换,挖掘各种变换的原理。第 5 章图像分析也是本书的重点内容,包括图像灰度统计、图像轮廓提取、四叉树分解、纹理分析以及视频图像等,这些内容是图像研究领域的基本内容。第 6 章图像程序设计既是本书的提高,也是一个概括,同时在这一章中也介绍了图像编码、图像恢复、图像特征提取等较复杂的程序设计。

学习本书时,建议以一本经典的图像处理教材作为参考,从经

典的教材中了解数学表达及演算,或者经常查看系统的图像处理专著。把经典教材的完整性与本书的程序实现及解释结合起来学习,效果会更好。

于硕同学参加了本书部分章节的编写,黄昱等帮助编排与修改,在此一并表示感谢。

在编写过程中,由于作者水平有限,疏漏和错误在所难免,希望读者不吝指正。

作 者

2007 年 11 月

目录

Contents

第 1 章 图像	1
1.1 MATLAB 的命令使用与程序设计	1
1.1.1 命令窗口的使用	1
1.1.2 M-File 程序设计	3
1.1.3 Figure 窗口的图形操作功能	5
1.1.4 单元数组与结构体	6
1.1.5 自定义函数	8
1.1.6 MATLAB 的矩阵操作	9
1.1.7 多维数组与图像矩阵	15
1.2 图像的表达方法	18
1.2.1 图像的数字量	18
1.2.2 图像的读取与显示	19
1.2.3 图像的分类	23
1.3 基于图像的动画制作	26
1.3.1 序列图像	26
1.3.2 图像播放	29
1.3.3 基于图像的动画制作	31
习题 1	35
第 2 章 图像的几何操作	37
2.1 图像的裁剪、缩放与旋转	37
2.1.1 图像的裁剪	37
2.1.2 图像的缩放	39
2.1.3 图像的旋转	42
2.2 图像的几何变换	43
2.2.1 画图软件中的图像扭曲	43
2.2.2 图像二维空间变换	44



2.3	图像的邻域操作	48
2.3.1	邻域操作	48
2.3.2	MATLAB 邻域操作函数	52
2.4	图像区域选取	57
2.4.1	块选取函数	57
2.4.2	曲线围成的区域	59
2.5	图像增强	59
2.5.1	灰度调整	60
2.5.2	灰度调整函数	62
2.5.3	彩色图像增强	67
2.6	图像滤波	69
2.6.1	滤波函数 imfilter	69
2.6.2	滤波器的定义	72
习题 2		77
第 3 章	图像的代数运算与逻辑运算	78
3.1	图像的加减乘除运算	78
3.1.1	图像的加减运算	78
3.1.2	图像的乘除运算	81
3.2	图像矩阵的特征值与奇异值	84
3.2.1	图像矩阵的特征值	84
3.2.2	图像矩阵的奇异值	87
3.3	图像的逻辑运算	90
3.3.1	二值图像的逻辑运算	91
3.3.2	二值图像的膨胀与腐蚀	92
3.3.3	开运算与闭运算	98
习题 3		99
第 4 章	图像变换	101
4.1	图像 Radon 变换	101
4.1.1	函数 Radon	101
4.1.2	函数 Iradon	102
4.2	Hadamard 变换	104
4.3	离散余弦变换	105
4.3.1	离散余弦变换函数	105
4.3.2	离散余弦变换的数学表达	110
4.3.3	离散余弦变换矩阵与基函数	115

4.4 图像傅里叶变换	118
4.4.1 图像傅里叶变换函数	118
4.4.2 图像傅里叶变换的数学描述	122
4.5 图像小波变换	125
4.5.1 二维小波变换	125
4.5.2 MATLAB 图像小波变换函数	129
4.5.3 图像小波变换的应用	142
4.6 其他的图像变换	145
4.6.1 可分离变换	145
4.6.2 其他的数学变换	148
习题 4	150
第 5 章 图像分析	152
5.1 图像的灰度统计特性	152
5.1.1 图像的像素操作	152
5.1.2 图像的区域属性度量	154
5.1.3 图像的颜色直方图	161
5.1.4 图像的方差及相关系数	164
5.2 图像的轮廓提取与区域分割	169
5.2.1 图像的轮廓提取	169
5.2.2 图像的边缘轮廓提取方法分析	173
5.2.3 图像的区域分割	177
5.3 图像的四叉树分解	180
5.4 图像的纹理分析	182
5.4.1 图像的纹理滤波函数	182
5.4.2 图像的灰度级别共生矩阵函数	186
5.4.3 图像纹理的数学描述	189
5.5 图像的图形化	191
5.5.1 图像灰度信息的提取及三维化	191
5.5.2 利用图像绘制三维图形	192
5.6 视频图像	193
5.6.1 视频图像的内容关联性分析	193
5.6.2 视频图像的滤波	196
习题 5	199
第 6 章 图像应用程序设计	202
6.1 图像编码	202
6.1.1 Huffman 编码	202
6.1.2 离散余弦变换编码	206

6.1.3	小波变换编码	208
6.2	图像理解	212
6.2.1	区域生长图像分割	212
6.2.2	图像恢复	216
6.2.3	图像中的对象查找	218
6.2.4	图像特征提取	219
6.3	图像处理软件的开发	228
6.3.1	Photoshop 概述	229
6.3.2	图像处理函数的制作	231
6.3.3	软件界面设计实例	232
习题 6		236

附录 A	MATLAB 的图像处理函数	238
------	----------------	-----

附录 B	MATLAB 的 GUI 程序设计	241
------	-------------------	-----

参考文献		249
------	--	-----

第1章

chapter 1

图 像

1.1 MATLAB 的命令使用与程序设计

首先,在计算机上安装 MATLAB,安装时按照提示选择安装自己需要的工具箱。学习本书需要安装 images 工具箱。安装完 MATLAB 后就可以使用它进行工作了。

1.1.1 命令窗口的使用

许多简单的计算工作都可以在命令窗口中完成,具体工作如下所示。

1. 数的运算

在命令窗口中输入

```
25 * 4
```

按 Enter 键,则得到结果

```
ans =
```

```
100
```

输入 $(1+2) * 3^{0.5}$, 按 Enter 键,得到结果 $\text{ans}=5.1962$ 。

输入 13^4 ; $\text{sqrt}(\text{ans})$, 按 Enter 键,得到结果 $\text{ans}=169$ 。

输入 $2 * \text{pi}$, 按 Enter 键,得到结果 $\text{ans}=6.2832$ 。

输入 $(1+2 * i) * (1-i)$, 按 Enter 键,得到结果 $\text{ans}=3.0000+1.0000i$ 。

输入 $1/\text{inf}$, 按 Enter 键,得到结果 $\text{ans}=0$ 。

上面程序中的 pi 是圆周率, i 是复数单位, inf 是无穷大。在 MATLAB 中可以用这些字母代替有些无理数与复数单位。

2. 向量与矩阵计算

可以在命令窗口中完成矩阵的赋值,输入 $\text{a1}=[1\ 2\ 3\ 4; -1\ 0\ 5\ -2]; \text{a2}=[2\ 3; -2\ 2; 3\ 0; 1\ -1]$, 按 Enter 键,结果为

```
a1 =
```

```

1   2   3   4
-1  0   5  -2

a2=
2   3
-2  2
3   0
1  -1

```

输入命令 `a1 * a2`, 按 Enter 键, 则进行矩阵乘法运算, 得到结果

```

ans=
11   3
11  -1

```

数学上关于矩阵的计算基本上都可以在 MATLAB(命令窗口)中进行。例如: `norm` 计算矩阵范数; `rand` 计算矩阵的秩; `trace` 计算矩阵的迹; `det` 计算矩阵行列式的值等。

向量是矩阵的特例, 矩阵的所有运算函数都可以用在向量上。除了矩阵的通用函数外, 也提供了计算向量的特殊函数, 例如点乘、叉乘函数等。

在命令窗口中输入 `a=[1,2,3]; b=[3,4,5]; dot(a,b)`, 计算向量 `a` 与 `b` 的点乘, 输出 26。

如果不清除 `workspace` 中的变量, 在命令窗口中继续输入命令 `cross(a,b)` (也是函数, 用来计算两个向量的叉乘), 则有 `ans=-2 4 -2`, 得到的是积向量。

【注】 命令 `clear` 用来清除 `workspace` 中已有的变量, `clc` 用来清除命令窗口中的内容。

3. 符号运算

使用 MATLAB 可以进行多项式乘除运算, 也可以进行因式分解。例如:

要计算 $(x+1)^3$

在命令窗口中输入 `syms x; expand((x+1)^3)` 按 Enter 键, 得到结果

```
ans=x^3+3*x^2+3*x+1
```

因式分解 x^9-1

输入 `syms x; factor(x^9-1)` 按 Enter 键, 得到结果

```
ans=(x-1)*(x^2+x+1)*(x^6+x^3+1)
```

也可以计算极限导数等, 例如计算极限:

`syms x; limit(sin(x)/x)` 能计算出极限值为 1, 默认 x 趋近于 0。

如果输入 `syms x t; limit((1+2*t/x)^(3*x), x, inf)`, 则得到的结果是 $\exp(6*t)$ 。该式子中 `limit` 的最后两个参数 `x, inf` 指定 x 趋近于无穷大。

上面通过数的运算、向量运算与符号运算介绍了 MATLAB 命令窗口的使用。

在命令窗口中执行命令语句可以一句一句执行, 清晰方便。但是, 有很多复杂的工作还需要进行程序设计。

1.1.2 M-File 程序设计

在菜单栏中选择 File→New→M-File 命令,在弹出的窗口中编辑与运行程序。程序的编辑、保存等操作与其他编辑软件基本相同,可以使用该编辑窗口的主菜单中的 File 菜单进行保存,使用该编辑窗口的主菜单中的 Edit 菜单进行编辑、修改。

程序的保存、编辑在工具条中都有相应的快捷方式(图标)。

运行程序,选择 Debug 菜单中的 Run 命令,或者直接单击工具条中的 (Save and Run)按钮。

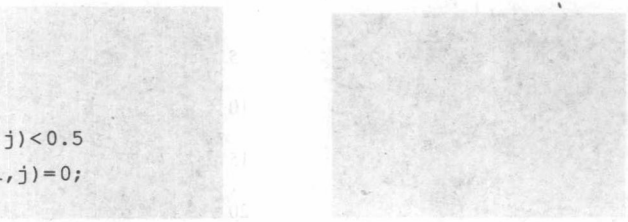
一般情况下,程序的运行结果显示在命令窗口中。如果绘制图形,那么图形输出在图形窗口中;如果在程序中加入写文件操作,那么可以把运行结果输出到外部文件中。

程序中的变量以及变量的维数等信息可以在命令窗口左上部的 workspace 中找到。

【例 1-1】 随机生成一个 6 行 10 列矩阵,矩阵的每个元素在 0 与 1 之间。如果哪个元素大于等于 0.5,则把这个元素变为 1;如果哪个元素小于 0.5,则把这个元素变为 0。最后把结果显示出来。

程序设计如下:

```
Ra=rand(6,10);
R=Ra;
for i=1:6
    for j=1:10
        if Ra(i,j)<0.5
            Ra(i,j)=0;
        else
            Ra(i,j)=1;
        end
    end
end
R
Ra
```



程序运行后,在命令窗口中显示出 R 与 Ra 中的元素。

```
R=
0.4154 0.9901 0.3200 0.4399 0.1338 0.4514 0.6831 0.0164 0.7176 0.1536
0.3050 0.7889 0.9601 0.9334 0.2071 0.0439 0.0928 0.1901 0.6927 0.6756
0.8744 0.4387 0.7266 0.6833 0.6072 0.0272 0.0353 0.5869 0.0841 0.6992
0.0150 0.4983 0.4120 0.2126 0.6299 0.3127 0.6124 0.0576 0.4544 0.7275
0.7680 0.2140 0.7446 0.8392 0.3705 0.0129 0.6085 0.3676 0.4418 0.4784
0.9708 0.6435 0.2679 0.6288 0.5751 0.3840 0.0158 0.6315 0.3533 0.5548

Ra=
0 1 0 0 0 0 1 0 1 0
0 1 1 1 0 0 0 0 1 1
1 0 1 1 1 0 0 1 0 1
```

```

0 0 0 0 1 0 1 0 0 1
1 0 1 1 0 0 1 0 0 0
1 1 0 1 1 0 0 1 0 1

```

从上面的程序可以看出, MATLAB 的 for 语句与 if 语句的基本规则与其他计算机语言是一样的, 只是书写方式稍有差异。

【例 1-2】 使用程序, 绘制颜色渐变的图形(图像)。

使用下面的程序段, 绘制如图 1-1(a)所示的图形。

```
for i=1:20
```

```
    for j=1:30
```

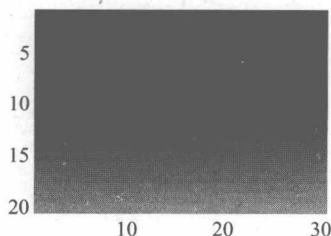
```
        a(i,j)=i
```

```
    end
```

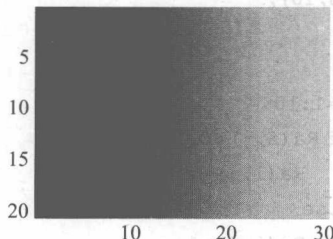
```
end
```

```
image(a)
```

在程序的循环过程中, 数组 a 中的第一行所有列的元素的值都设为 1, 第二行所有列的元素的值都设为 2, …… , 第二十行所有列的元素的值都设为 20, 所以图 1-1(a)呈现出行渐变的效果。



(a)



(b)

图 1-1 使用数组绘制图像

使用下面的程序段, 绘制如图 1-1(b)所示的图形。

```
for j=1:30
```

```
    for i=1:20
```

```
        a(i,j)=j
```

```
    end
```

```
end
```

```
image(a)
```

在程序的循环过程中, 数组 a 中的第一列所有行的元素的值都设为 1, 第二列所有行的元素的值都设为 2, …… , 第三十列所有行的元素的值都设为 30, 所以图 1-1(b)呈现出列渐变的效果。

函数 image(a) 是利用矩阵(二维数组) a 中的数值绘制图像, 数值越大, 对应点的颜色越亮; 数值越小, 对应点的颜色越暗。

图形图像显示在 MATLAB 的图形(Figure)窗口上, MATLAB 的图形窗口还提供

了很多操作图形图像的功能,这些功能通过该窗口中的菜单选项或工具条来实现。

1.1.3 Figure 窗口的图形操作功能

Figure 窗口的主要功能是输出图形。例 1-2 绘制出的图形就是显示在 Figure 窗口中。使用 Figure 窗口的 Edit→Copy Figure 命令把图形放到剪贴板上,再粘贴到 Word 文档中。

Figure 窗口有很多操作图形的功能。

下面是几个主要菜单选项和工具条的功能介绍。

1. Figure 窗口的菜单

(1) File 菜单。

Save 命令可以把窗口中的图形存储成为 .FIG 文件。

Save as 命令可以把窗口中的图形存储成为 .FIG、.JPEG、.BMP、.TIFF 等文件格式中的一种。

Open 命令可以打开已有的 .FIG 文件,图形显示在另一个 Figure 窗口中。

Export 命令可以把图形导出变成其他图像格式,例如,变成 .JPG 格式。

其他的命令还可以对图形页面进行设置、打印等。

(2) Edit 菜单。

Figure Properties 命令可以对图形颜色等属性进行修改。

Copy Options 命令可以对复制图形的属性进行设置,例如,把背景色设置为透明或白色等。图 1-1 是把背景色设置为白色。

Copy Figure 命令是执行复制功能的。单击这个选项便把设置好的图形放到剪贴板上。

(3) Insert 菜单。

使用这个菜单,可以给图形添加标识,也可以在图形上添加箭头、直线、文字以及颜色条等。

选择 Arrow 命令可以在图形上用鼠标添加箭头。

选择 Line 命令可以在图形上用鼠标绘制直线。

选择 Text 命令可以在图形上添加文字。

(4) Tools 菜单。

Edit Plot 命令可以对图形进行编辑。

Zoom Out 与 Zoom In 命令是用来缩放图形的。

Rotate 3D 命令用来旋转三维图形,以便于从各个角度观察图形。

Move Camera 命令用来移动摄像机。

(5) View 菜单。

View 菜单有两个命令,一个是 Figure Toolbar,一个是 Camera Toolbar。默认时 (Figure Toolbar 被选中) Figure 窗口中打开的是如图 1-2(a)所示的图形工具条。如果选中 View 菜单中的 Camera Toolbar 命令,那么打开的是如图 1-2(b)所示的摄像机工