

计算机 数字图像处理

辛洪兵 王文静 编著

 国防工业出版社
National Defense Industry Press

计算机数字图像处理

辛洪兵 王文静 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书共分九章,在介绍图像变换、图像增强、图像恢复、图像压缩与编码、图像重建以及图像分割与特征提取等基本原理的基础上,采用 Matlab 工具实现图像处理的功能。还简要介绍了 Scilab 图形化动态模拟工具箱和图像处理工具箱基本功能。每章后面附有习题,书后附录 Matlab 图像处理命令和每章习题参考答案。

图书在版编目(CIP)数据

计算机数字图像处理 / 辛洪兵, 王文静编著. —北京: 国防工业出版社, 2015. 5

ISBN 7-78-113-10126-3



I. ①洪... II. ①辛... ②王... III. ①数字图像处理
IV. ①TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 106599 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 9¼ 字数 160 千字

2015 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 36.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

Matlab 自 1984 年进入市场,经过多年发展,已成为重要科学计算工具,在数值分析到图像处理等各领域,展现出强大的计算功能和处理能力。

本书是在为本科生开设的计算机图像处理选修课讲义的基础上编写而成。采用原理介绍、Matlab 工具编程实现、习题练习的组织结构。在介绍图像变换、图像增强、图像恢复、图像压缩与编码、图像重建以及图像分割与特征提取等基本原理的基础上,采用 Matlab 工具实现图像处理的功能,使学生在在学习使用 Matlab 数字图像处理编程时,能够“知其然”,也“知其所以然”。为便于自学和巩固学习效果,每章后面附有习题。书后附录中列有 Matlab 图像处理命令、常用快捷键和每章习题的参考答案。

本书共分九章,前两章主要介绍图像处理基本概念和 Matlab 软件基础,从第三章到第八章分别从图像变换、图像增强、图像恢复、图像压缩与编码、图像重建以及图像分割与特征提取等方面介绍数字图像处理基本原理、编程,并列出程序源代码和图像处理结果。第九章介绍了一款类似 Matlab 功能的“开放源码”软件 Scilab,简要介绍其特点和图像处理工具箱基本功能。本书由辛洪兵负责统编和结构设计,王文静负责文稿整理和程序调试。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有诸多谬误,敬请读者批评指正。

作 者

2015 年 2 月 9 日

目 录

第一章 绪论	1
1.1 数字图像处理的概念	1
1.2 数字图像处理基本内容	1
1.3 数字图像处理的特点	2
1.4 数字图像处理的应用	2
习题	3
第二章 数字图像处理的常用工具	4
2.1 Matlab 软件介绍	4
2.1.1 数组的表示及算术运算	5
2.1.2 控制语句	5
2.1.3 常用命令	6
2.2 图像文件的格式	7
2.2.1 BMP 格式	7
2.2.2 TIFF 格式	8
2.2.3 GIF 格式	9
2.2.4 JPEG 格式	10
2.2.5 TGA 格式	10
2.2.6 PCX 格式	11
2.3 Matlab 图像处理工具箱	12
2.3.1 读取和保存图像	12
2.3.2 图像的代数运算	14
2.3.3 图像类型转换	17
习题	19
第三章 图像变换	21
3.1 傅里叶变换	21

3.1.1	傅里叶变换	21
3.1.2	傅里叶变换的性质	22
3.1.3	离散傅里叶变换	24
3.1.4	离散傅里叶变换的性质	25
3.1.5	Matlab 编程实现图像的傅里叶变换	25
3.2	小波变换	29
3.2.1	连续小波变换	29
3.2.2	离散小波变换的定义	29
3.2.3	Matlab 编程实现小波变换	29
习题		31
第四章	图像增强	33
4.1	图像灰度修正	33
4.1.1	图像灰度修正的分类	33
4.1.2	用 Matlab 编程实现直方图修正	33
4.2	图像的平滑	36
4.2.1	邻域平均法	36
4.2.2	低通滤波法	36
4.2.3	用 Matlab 编程实现各种低通滤波	38
4.3	图像的锐化	42
4.3.1	微分法	42
4.3.2	高通滤波	43
4.3.3	用 Matlab 编程实现几种梯度锐化和高通滤波锐化	44
4.4	伪彩色处理	49
4.4.1	强度分割法	49
4.4.2	灰度彩色变换法	49
4.4.3	用 Matlab 编程实现伪彩色处理	50
习题		52
第五章	图像恢复	53
5.1	退化模型	53
5.1.1	连续退化模型	53
5.1.2	离散退化模型	54
5.2	代数恢复方法	55

5.2.1	非约束复原方法	55
5.2.2	约束复原法	56
5.3	逆滤波复原法	56
5.4	最小二乘方滤波	57
5.5	图像恢复的 Matlab 实现	57
5.5.1	约束法恢复	57
5.5.2	维纳滤波恢复	59
习题		61
第六章	图像压缩与编码	62
6.1	编码分类	62
6.2	哈夫曼编码	62
6.2.1	哈夫曼编码的实现步骤	62
6.2.2	Matlab 编程实现哈夫曼编码	63
6.3	预测编码	65
6.3.1	DPCM 的基本原理	65
6.3.2	Matlab 编程实现线性预测编码	66
习题		68
第七章	图像重建	69
7.1	傅里叶变换重建	69
7.2	滤波 - 逆投影	70
7.3	代数重建	71
7.4	Matlab 编程实现重建方法	71
习题		73
第八章	图像分割与特征提取	74
8.1	边缘检测	74
8.1.1	经典边缘算子	75
8.1.2	最优算子	76
8.1.3	用 Matlab 编程实现边缘检测	78
8.2	分割方法	80
8.2.1	灰度阈值法分割	80
8.2.2	样板匹配	80

8.2.3	Matlab 编程实现最大方差自动取阈法	81
8.2.4	Matlab 编程实现基于彩色的分割方法	82
8.3	轮廓提取与轮廓跟踪	85
8.3.1	基本概念和原理	85
8.3.2	Matlab 编程实现轮廓提取和轮廓跟踪	85
习题		87
第九章	Scilab/Scicos 介绍	88
9.1	数组的表示及算术运算	88
9.2	控制语句	89
9.3	信号处理	90
9.4	Scicos 图形化动态模型仿真器	91
9.4.1	Scicos 图形化动态模型	91
9.4.2	基本模块介绍	91
9.5	SIP 图像处理工具箱	92
9.5.1	功能描述	92
9.5.2	SIP 图像处理基本函数	92
9.6	SIP 与 Matlab 比较	93
习题		94
附录 A	Matlab 图像处理命令	95
附录 B	常用快捷键	114
附录 C	习题参考答案	115
参考文献		138

第一章 绪 论

1.1 数字图像处理的概念

“图”是物体通过透射或者反射光的分布而客观存在的物质,“像”是人类视觉系统接受图的信息而在大脑中形成的主观印象或认识^[1]。图像就是图和像的结合,是人对视觉感知的物质再现。可以说,凡是人类视觉上能感受到的信息,都可以成为图像。照片、绘画、动画、视频等都是图像的体现方式。

人类传递信息的主要媒介是语音和图像,据统计,在人类接受的信息中,听觉信息占 20%,视觉信息占 60%,而其他的如味觉和嗅觉等总的加起来不过占 20%^[2]。所以,图像是人们从客观世界取得信息的主要来源,图像信息在人类的信息传递过程中占有十分重要的地位。

数字图像处理,就是指运用数字计算机及其他有关数字技术,对图像信息转换来的数字信号施加某种运算和处理,从而达到某种预期的目的^[3]。例如:提高图像质量,从医学显微镜图片中提取有意义的细胞特征,等等。数字图像相对于模拟图像有以下显著的优点:

(1) 精度高。目前的计算机技术使得数字图像由无数个像素组成,而每个像素的亮度足以使数字图像跟彩色照片的效果一样。

(2) 处理方便,并可以重复使用。

1.2 数字图像处理基本内容

数字图像处理的基本内容可以概括成以下几个方面^[1-5]:

(1) 图像变换。由于图像阵列很大,直接在空间域中进行处理,涉及计算量很大。因此往往采用各种图像变换的方法,将空间域的处理转换为变换域处理。

(2) 图像增强。图像增强的主要作用是突出图像中重要的信息,同时去除不需要的信息,以便于观察识别和进一步地分析处理。增强后的图像未必和原图一致。

(3) 图像恢复。图像恢复的主要目的是去除干扰和模糊,恢复图像的本来

面目。复原图像要尽可能和原图像保持一致。

(4) 图像压缩编码。图像压缩编码属于信息论中信源编码的范畴。要求在满足一定保真度下,简化图像的表示,从而大大压缩表示图像的数据,以便于存储和传输。

(5) 图像重建。图像重建起源于 CT 技术的发展,主要是由图像投影数据重建该图像。

(6) 图像分割与特征提取。图像分割属于图像形态学范畴,它与图像的特征提取等结合可以对图像进行识别、解释等。像 OCR(文字识别)技术就是应用模式识别技术开发出来的。

1.3 数字图像处理的特点

数字图像处理的特点表现在以下几个方面:

(1) 图像信息量大,存储容量高。目前,数字图像处理的信息大多是二维信息,处理信息量很大。由于图像信息量很大,因此存储、传输和处理图像都有很大困难。因而对计算机的计算速度和存储容量等要求高。

(2) 再现性和适应性。只要输入图像和处理方法不变,数字图像的处理结果是不会变的,能很好的再现。而且既可以适用于可见光图像,也可以适用于其他波段图像;既可以处理静态图像,也可以处理动态图像,涉及各个领域,各行各业。

(3) 灵活性高。对同一幅图像,采用不同的程序,即可形成不同的结果图像,而且线性运算、非线性运算、逻辑表达式都可以应用于图像处理。

(4) 综合性强。数字图像处理涉及的基础知识和专业技术相当广泛。比如:通信技术、计算机技术、电子技术、电视技术以及数学、物理等方面的基础知识。

(5) 精度与处理速度。通常情况,对图像数字化的精度要求越高,图像的真实度就越高,同时处理速度相对就会较慢,但是这一情况会随着计算机硬件的发展而不断进行解决的。

(6) 受人的因素影响很大。由于图像都是给人观察和评价的,因此受人的影响很大。比如:人的视觉系统受环境、视觉性能、人的情绪爱好以及知识状况的影响。

1.4 数字图像处理的应用

数字图像处理的应用极其广泛^[1-6]:

(1) 遥感技术中的应用——农林资源调查,作物长势监视,土地测绘,自然

灾害检测、预报,地势、地貌以及地质构造测绘,环境污染监督等。

(2) 医学应用——X射线,超声,显微图片分析,核磁共振,CT技术等。

(3) 军事领域——航空及卫星侦察照片的判读,导弹制导,雷达、声纳图像的处理,军事仿真。

(4) 公安侦缉破案——指纹鉴别,印鉴、伪钞识别,手迹分析,人脸识别。

(5) 工业生产——无损探伤,石油勘探,生产过程自动化,无损检测,工业机器人视觉。

(6) 通信工程——图像传真,电视电话,卫星通信,数字电视。

(7) 计算机——文字、图像输入的研究,计算机辅助设计,人工智能研究,多媒体计算机,计算机美术。

(8) 考古——恢复珍贵的文物图片、名画、壁画。

习 题

1. 什么是图像?什么是数字图像处理?
2. 数字图像处理的基本内容有哪些?
3. 数字图像处理的特点是什么?
4. 数字图像处理的应用范围有哪些?

第二章 数字图像处理的常用工具

目前数字图像处理中一般采用 Matlab、Photoshop、VC++、C 等,其中 Matlab 以其算法简单、可读性高、程序运行时间短等优点逐渐成为数字图像处理的主要工具。

Matlab 是由美国 MathWorks 公司 1984 年开始推出的一种简便的科学计算与工程计算语言,Matlab 是 MATrix 和 LABoratory 两词前三个字母的组合,是当今很流行的科学计算软件。它以矩阵计算为基础,把计算、可视化、程序设计融合到一个交互的工作环境中。在这个环境中可以实现工程计算、算法研究、建模和仿真、数据分析及可视化、科学和工程绘图、应用程序开发(包括图形用户界面设计)等功能。Matlab 工具箱更是为各行各业的用户提供了丰富而实用的资源。

2.1 Matlab 软件介绍

Matlab 语言的首创者 Cleve Moler 教授在数值分析,特别是数值线性代数的领域中很有影响,他借助线性代数领域最高水平的两个软件包,用 Fortran 语言编写了集命令翻译、科学计算于一身的一套交互软件系统,并于 1984 年推出了具有划时代意义的 Matlab4.0 版本。在 1994 年推出的 4.2 版本中扩充了新功能,尤其在图形界面设计方面更是提供了新的方法。

Matlab 是一个交互式的系统。系统本身提供大量的矩阵运算,并且运算效率极高。因为 Matlab 中的语言跟高级语言很相似,易于掌握,所以可以通过 Matlab 方便的实现编程。另外,Matlab 还具备图形用户界面工具,并提供各种工具箱,如:神经网络中 Neural Network 工具箱等。这些能给应用者带来极大的方便。

Matlab 软件主要是由主包、Simulink 动态系统建模、仿真软件包和工具箱四大部分组成。图 2-1 是 Matlab 的指令窗口。

目前,Matlab 已经成为国际上最流行的科学与工程计算的软件工具。Matlab 软件更新频繁,每年会更新版本两次,上半年版本为 a,下半年版本为 b,本书

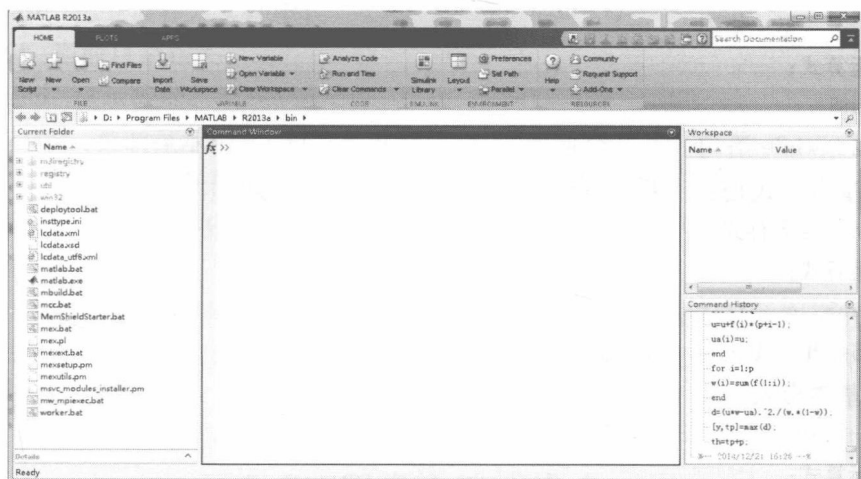


图 2-1 Matlab 的指令窗口

中采用的是 2013 年上半年的版本,即 Matlab2013a。

Matlab 应用范围很广,包括航空航天、国防、遥感、生物、医药以及数字图像处理等方面。尤其在数字图像处理方面,包括各种已实现算法函数,只要调用这些函数进行用户再开发,就可以实现许多图像处理。如:图像变换、图像增强、图像恢复、图像分割以及图像编码等。

2.1.1 数组的表示及算术运算

数组和矩阵一般有以下表示方法。

一维数组: $x = [1\ 2\ 3]$;

二维数组: $x = [1\ 2\ 3; 4\ 5\ 6]$ 。

数组的算术运算一般如下表示。

“+”: $x + y$;

“-”: $x - y$;

“*”: $x * y$;

“/”: y / x 。

矩阵运算和数组运算所采用的运算符号基本相似。但是数组和矩阵的运算性质是不同的,数组强调元素对元素的运算,而矩阵则采用线性代数的运算方式。

2.1.2 控制语句

1. for 语句

基本形式是:

for 变数 = 矩阵

运算式;

end

2. while 语句

基本形式是:

while 条件式

运算式;

end

3. if - else - end 语句

基本形式是:

if 条件式

运算式;

else

运算式;

end

4. switch - case 语句

基本形式是:

switch num

case n1

command

case n2

command

case n3

command

:

otherwise

command

end

2.1.3 常用命令

clc :清屏;

clear: 清内存(公共 workspace);

dbstop if error :设置出错则自动加断点;

who、whos :显示当前内存(workspace)中变量;

which :显示所调用函数的路径;

load :把文件调入变量到工作间;

save :把变量存入文件中;

cd :当前目录相关;

help: 显示帮助;

format :控制显示格式(对计算没有影响,见帮助);

... :续行符,在任何可以插入空格的地方可以加续行符;

%、%{ / %} :分别注释一行或一段。

注意:

所有的 Matlab 自带的函数、命令都是小写的,所以碰到有大写的变量、函数都是用户自己写的。很多函数和命令都是可以输入多种参数的,使用时详见帮助文档。

2.2 图像文件的格式

数字图像在计算机中是以文件的形式存在的。常见的图像数据格式包括 BMP 格式、TIFF 格式、TGA 格式、GIF 格式、PCX 格式以及 JPEG 格式等。

2.2.1 BMP 格式

BMP 是 Bitmap 的缩写,意为位图。BMP 格式的图像文件是微软公司特为 Windows 环境应用图像而设计的。

BMP 格式的主要特点有:

(1) BMP 格式的图像文件以 .bmp 作为文件扩展名。

(2) 根据需要,使用者可选择图像数据是否采用压缩形式存放。一般情况下,BMP 格式的图像是非压缩格式。

(3) 当使用者决定采用压缩格式存放 BMP 格式的图像时,使用 RLE4 压缩方式,可得到 16 色模式的图像,若采用 RLE8 压缩方式则得到 256 色的图像。

(4) 可以多种彩色模式保存图像,如 16 色、256 色、24bit 真彩色,最新版本的 BMP 格式允许 32bit 真彩色。

(5) 数据排列顺序与其他格式的图像文件不同,从图像左下角为起点存储图像,而不是像传统的那样,以图像的左上角作为起点。

(6) 调色板数据结构中,RGB 三基色数据的排列顺序恰好与其他格式文件的顺序相反。

BMP 格式的图像文件结构可以分为文件头、调色板数据以及图像数据三部分,如图 2-2 所示。

文件头
调色板数据
图像数据区

图 2-2 BMP 格式的图像文件结构

其中,文件头是 54 字节,调色板数据不超过 256 色。

图像文件大小:

灰度图像文件大小 = 文件头 + 像素个数 × 灰度级数。

彩色图像文件大小 = 文件头 + 像素个数 × 颜色数。

颜色数:用于表示颜色的位数。

16 (2^4) 色	4bits
256 (2^8) 色	8bits = 1byte
65536 (2^{16}) 色	16 bits = 2bytes
1677 万(2^{24}) 色	24 bits = 3bytes

2.2.2 TIFF 格式

TIFF 是 Tag Image File Format 的缩写,它是由 Aldus 公司于 1986 年推出的,后来与微软公司联手,进一步发展了 TIFF 格式,现在的版本是 6.0。

TIFF 格式的图像文件具有如下特点:

- (1) TIFF 格式图像文件的扩展名是“.tif”。
- (2) 支持从单色模式到 32bit 真彩色模式的所有图像。
- (3) 不针对某一个特定的操作平台,可用于多种操作平台和应用软件。
- (4) 适用于多种机型,在 PC 计算机和 Macintosh 计算机之间,可互相转换和移植 TIFF 图像文件。
- (5) 数据结构是可变的,文件具有可改写性,使用者可向文件中写入相关信息。
- (6) 具有多种数据压缩存储方式,使解压缩过程变得复杂化。

TIFF 格式的图像文件结构为如图 2-3 所示。

文件头(“IFH”)
标志信息区(“IFD”)
图像数据区

图 2-3 TIFF 格式图像文件的数据结构

(1) 文件头由 8 个字节组成。该文件头必须位于和 0 相对的位置,并且位置不能移动。

(2) 在标志信息区(IFD)目录中,有很多由 12 个字节组成的标识信息,标识的内容包括指示标识信息的代号、数据类型说明、数据值文件数据量等。

(3) 图像数据区是真正存放图像数据的部分,该区的数据指明了图像使用何种压缩方法、如何排列数据、如何分割数据等项内容。

2.2.3 GIF 格式

GIF 是 Graphics Interchange Format 的缩写,它是 CompuServe 公司于 1987 年推出的。主要是为了网络传输和 BBS 用户使用图像文件而设计的。

GIF 格式的图像文件具有如下特点:

(1) GIF 格式图像文件的扩展名是“.gif”。

(2) 对于灰度图像表现最佳。

(3) 具有 GIF87a 和 GIF89a 两个版本。GIF87a 版本是 1987 年推出的,一个文件存储一个图像;GIF89a 版本是 1989 年推出的很有特色的版本,该版本允许一个文件存储多个图像,可实现动画功能。

(4) 采用改进的 LZW 压缩算法处理图像数据。

(5) 调色板数据有通用调色板和局部调色板之分,有不同的颜色取值。

(6) 不支持 24bit 彩色模式,最多存储 256 色。

GIF 格式的图像文件结构如图 2-4 所示。

文件头
逻辑屏幕描述区
调色板数据区
图像数据区
结束标志区

图 2-4 GIF 格式图像文件的数据结构

(1) 文件头是一个带有识别 GIF 格式数据流的数据块,用以区分早期版本和新版本。

(2) 逻辑屏幕描述区定义了与图像数据相关的图像平面尺寸、彩色深度,并指明后面的调色板数据区属于全局调色板还是局部调色板。若使用的是全局调色板,则生成一个 24bit 的 RGB 全局调色板,其中一个基色占用一个字节。

(3) 调色板数据区。分通用调色板和局部调色板。其中通用调色板适于文件中所有图像,局部调色板只适于某一个图像。

(4) 图像数据区的内容有两类,一类是纯粹的图像数据,一类是用于特殊目的的数据块(包含专用应用程序代码和不可打印的注释信息)。在 GIF89a 格式