



■ 陈爱军 董光辉 夏 宇 编 著

数字图像处理及 其 *MATLAB* 实现

东北林业大学出版社

数字图像处理及其 MATLAB 实现

陈爱军 董光辉 夏宇 编著

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数字图像处理及其 MATLAB 实现/陈爱军, 董光辉, 夏宇编著. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2008. 7

ISBN 978-7-81131-326-0

I. 数… II. ①陈…②董…③夏… III. 数字图像处理—计算机辅助计算—软件包, MATLAB IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 117146 号

责任编辑: 杨秋华

封面设计: 朱慧颖



NEFUP

数字图像处理及其 MATLAB 实现

Shuzi Tuxiang Chuli Jiqi MATLAB Shixian

陈爱军 董光辉 夏宇 编著

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

哈尔滨天兴速达印务有限责任公司印装

开本 787 × 1092 1/16 印张 13.5 字数 300 千字

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 978-7-81131-326-0

TP · 85 定价: 25.00 元

前 言

数字图像处理技术起源于20世纪20年代,随着计算机技术、网络和通信技术的发展,数字图像处理技术近几十年得到了长足的发展,已经广泛应用于科学研究、工农业生产、军事技术、医疗卫生、教育等许多领域,并产生了巨大的经济效益和社会效益,对推动社会发展和改善人们生活水平都起到了重要作用。

目前,有关数字图像处理的书籍较多,但总的来说,它们偏重于理论推导和分析,与实际实现和具体工程脱节,或偏重于数字图像处理的编程指导,使理论背景模糊,误导或局限了读者的思维。考虑到实际需要,本书将理论和实践相结合,在理论分析后配以实例以加深对理论的进一步理解和掌握,并对实例用MATLAB编程实现。由于本文并未对MATLAB的基础知识作过多的介绍,因此阅读本书中实例程序的前提是要对MATLAB语言进行充分的了解和熟悉。

全书共包含9个章节和2个附录,其中第1章介绍数字图像的概念、特点、研究的主要内容及应用,常用数字图像的格式,并对MATLAB工具箱进行了简单介绍;第2章介绍数字图像的一些基本运算,包括点运算、代数运算和几何运算;第3章介绍了图像处理技术中非常重要的几个概念,包括离散傅里叶变换、离散余弦变换、离散K-L变换和离散小波变换等;第4章介绍图像的增强技术,包括空域灰度变换增强、空域滤波增强、频域增强和为彩色增强;第5章针对图像复原,介绍消除图像质量退化的理论与算法;第6章介绍数学形态学的一些基本符号和术语、二值形态学和灰度形态学的基本运算及应用;第7章介绍图像分割技术,主要包括边缘检测、基于阈值的分割、基于区域的分割和基于形态学分水岭的分割;第8章主要从无损压缩和有损压缩两个方面对图像压缩技术进行介绍,并简要介绍图像压缩的标准;第9章对彩色图像处理技术进行介绍,主要包括彩色模型、彩色空间的转换、彩色图像的平滑、锐化以及边缘检测。为了便于读者查阅MATLAB中图像函数,附录A中给出了图像处理工具箱的函数名及相应的说明;为了充分发挥MATLAB与VC的优点,附录B给出了一种将二者进行混合编程进行数字图像处理的过程并给出了一个进行傅立叶变换的实例

本书由东北林业大学的陈爱军、董光辉和夏宇三位老师共同编写,其中第1章~第2章、第5章及附录B由陈爱军编写;第3章~第4章、附录A由董光辉编写;第6章由陈爱军、董光辉编写;第7章~第8章由夏宇编写;第9章由董光辉、夏宇

编写。全书由陈爱军组织编写并统稿。

在本书编写过程中,得到了东北林业大学机电工程学院通信工程专业本科生彭欢、李淑丽、陈博、邹玉伟、战仁义、赵茜等人的大力支持,他们参与了本书文字录入和校对工作,在此向他们表示衷心的感谢。参考文献列出了书中部分内容的参考出处,对这些文献的著作者也表示由衷的感谢。由于时间仓促和作者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者和同仁们批评指正。

编著者

2008 年 6 月于哈尔滨

目 录

第1章 绪 论.....	1
1.1 数字图像与图像处理.....	1
1.1.1 图像与数字图像.....	1
1.1.2 数字图像的特点.....	2
1.1.3 数字图像处理的主要内容.....	2
1.1.4 数字图像处理的应用.....	3
1.2 常用图像格式.....	4
1.3 MATLAB图像处理工具箱.....	7
1.3.1 MATLAB图像类型及转换.....	7
1.3.2 MATLAB中图像的读写.....	8
1.3.3 MATLAB中图像的显示.....	10
第2章 图像基本运算.....	15
2.1 图像的点运算.....	15
2.1.1 灰度直方图.....	15
2.1.2 灰度的线性变换.....	16
2.1.3 灰度的窗口变换.....	18
2.1.4 灰度拉伸.....	18
2.1.5 灰度均衡.....	20
2.2 图像的代数运算.....	21
2.2.1 加法运算.....	21
2.2.2 减法运算.....	23
2.2.3 乘法运算.....	24
2.2.4 除法运算.....	25
2.3 图像的几何运算.....	26
2.3.1 灰度级插值.....	26
2.3.2 平 移.....	28
2.3.3 缩 放.....	29
2.3.4 旋 转.....	30
第3章 图像变换.....	34
3.1 离散傅里叶变换.....	34
3.1.1 二维离散傅里叶变换的概念.....	34

3.1.2 二维离散傅里叶变换的性质	37
3.1.3 二维离散傅里叶变换的应用	41
3.2 离散余弦变换	43
3.2.1 离散余弦变换的概念	43
3.2.2 离散余弦变换的应用	45
3.3 离散K—L变换	46
3.3.1 图像协方差矩阵	46
3.3.2 离散K—L变换式	47
3.4 离散小波变换	49
3.4.1 小波变换的定义及性质	49
3.4.2 离散小波变换和Mallat算法	51
3.4.3 小波变换在图像处理中的应用	54
第4章 图像增强	59
4.1 概述	59
4.2 空域灰度变换增强	59
4.2.1 对数变换	59
4.2.2 幂次变换	60
4.3 空域滤波增强	61
4.3.1 平滑滤波	61
4.3.2 锐化滤波	65
4.4 频域增强	69
4.4.1 频率域平滑滤波	70
4.4.2 频率域锐化滤波	75
4.5 伪彩色增强	79
4.5.1 密度分割	79
4.5.2 伪彩色变换	80
4.5.3 频域滤波	80
第5章 图像复原	82
5.1 图像退化模型	82
5.1.1 连续退化模型	82
5.1.2 二维离散退化模型	83
5.2 空间滤波复原	85
5.2.1 均值滤波器	85
5.2.2 顺序统计滤波器	89
5.3 维纳滤波复原	91
5.4 约束最小二乘方复原	93
第6章 形态学图像处理	99
6.1 数学形态学的基本符号和术语	99

6.2 二值形态学的基本运算	100
6.2.1 膨胀和腐蚀	100
6.2.2 开操作和闭操作	102
6.2.3 击中击不中变换	103
6.3 二值形态学的一些应用	105
6.3.1 噪声滤除	105
6.3.2 边界提取	106
6.3.3 连通分量的提取	107
6.3.4 细化	108
6.3.5 骨架	109
6.4 灰度形态学基本运算	110
6.4.1 膨胀	110
6.4.2 腐蚀	110
6.4.3 开操作和闭操作	112
6.5 灰度形态学的一些应用	114
6.5.2 形态学图像梯度	114
6.5.3 top-hat变换	115
6.5.4 粒度测定	116
第7章 图像分割	119
7.1 边缘检测	119
7.1.1 梯度算子法	119
7.1.2 拉普拉斯高斯算子	123
7.1.3 Canny边缘检测算子	125
7.2 基于阈值的分割	126
7.2.1 迭代阈值分割法	127
7.2.2 Otsu法	129
7.2.3 一维最大熵法	132
7.2.4 最佳自适应阈值	134
7.3 基于区域的分割	136
7.3.1 区域生长法	137
7.3.2 分裂合并法	138
7.4 基于形态学分水岭的分割	143
第8章 图像压缩	145
8.1 图像压缩概述	145
8.1.1 数据冗余	145
8.1.2 数据压缩技术的性能指标	147
8.1.3 图像压缩技术的分类	148
8.2 无损压缩	149

8.2.1 行程编码	149
8.2.2 哈夫曼编码	150
8.2.3 算术编码	155
8.2.4 方块编码	159
8.3 有损压缩	163
8.3.1 预测编码	163
8.3.2 变换编码	166
8.4 图像压缩的标准	172
8.4.1 二值图像压缩标准	172
8.4.2 静止图像压缩标准	173
8.4.3 运动图像压缩标准	174
第9章 彩色图像处理	177
9.1 三基色原理	177
9.2 彩色模型	178
9.2.1 RGB彩色模型	178
9.2.2 CMY和CMYK模型	178
9.2.3 HSI彩色模型	179
9.3 彩色空间转换	180
9.3.1 RGB到HSI的彩色转换	180
9.3.2 HSI到RGB的彩色转换	182
9.4 彩色图像的平滑和锐化	184
9.4.1 彩色图像平滑	184
9.4.2 彩色图像锐化	190
9.5 彩色图像边缘检测	191
附录A MATLAB图像处理工具箱函数	195
附录B MATLAB与VC混合编程	202
B.1 预备工作	202
B.2 编写代码	203
B.3 仿真结果	205
参考文献	207

第1章 绪论

本章要点:

- ◆ 数字图像与图像处理概述
- ◆ 常用的图像文件格式
- ◆ MATLAB 工具箱简介

1.1 数字图像与图像处理

1.1.1 图像与数字图像

视觉是人类最高级的感知器官,它是人类从大自然中获取信息的最主要的手段之一。科学研究和统计表明,在人类获取的信息中,视觉信息约占 60%,听觉信息约占 20%,其他的如味觉信息、触觉信息等加起来约占 20%。由此可见,视觉信息对人类的重要性,而图像正是人类获取视觉信息的主要途径。

图像就是用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而产生视知觉的实体。就图像的本质来说,可以将图像分成两大类:

一类是模拟图像,包括光学图像、照相图像、电视图像等。一般而言,自然景物影像、绘画、依靠光学摄影成像的底片及照片等属于模拟图像的范畴。模拟图像所具备的特征是:

(1) 空间上连续

空间连续性是指图像没有按照行、列或其他方法分割成像素或其他不连续的单元,而是连续的。在数学上,空间连续性体现在:在位置坐标轴上是连续取值的;或者可以认为图像由无限多个像素组成,每个像素的尺寸为无限小。

(2) 信号取值连续

在构成一幅图像的光学信号或电子信号的值域范围内,图像信号的取值是任意的,信号的取值有无限多种,在信号值轴上的取值可以无限稠密。

所以,可以将模拟图像定义为:空间上连续、信号取值连续的图像。

另一类是数字图像,它是对连续的模拟图像经过离散化处理后变成计算机能够识别的点阵图像。将一幅模拟图像转换成数字图像需要经过扫描、采样和量化三个步骤。扫描指对一幅图像内给定位置的寻址,在扫描过程中被寻址的最小单元是图像元素即像素。采样是指在一幅图像的每个像素位置上测量灰度值,它通常由一个图像传感元件完成,将每个像素处的亮度转换成与其成正比的电压值。量化是将测量的灰度值用一个整

数表示。由于数字计算机只能处理数字,因此必须将连续的测量值转化为离散的整数。在图像传感器后面,经常跟随一个电子线路的模拟转换器,将电压值转化成一个整数。严格的数字图像是一个经过等距离网格采样,对幅度进行等间隔量化的二维函数,因此,数字图像实际上就是被量化的采样数值的二维矩阵。

1.1.2 数字图像的特点

与模拟图像相比,数字图像具有以下优点:

(1) 精度高

目前的计算机技术可以将一幅模拟图像数字化为任意的二维数组,也就是说数字图像可以由无数个像素组成,每个像素的亮度可以量化为 12 位(4 096 个灰度级),这样的精度使得数字图像与彩色照片的效果相接近。

(2) 处理方便

由于数字图像本质上是一组数据,因此可用计算机对它进行任意方式的修改,如缩放、旋转、改变颜色、复制或删除某一部分等。

(3) 重复性好

模拟图像即便是使用质量上乘的底片和相纸,也会随着时间的流逝而退色、发黄,而数字图像可以存储在硬盘、光盘等媒体中,上百年后再用计算机重现也不会有丝毫的改变。

1.1.3 数字图像处理的主要内容

数字图像处理又称为计算机图像处理,它是指将图像信号转换成数字信号并利用计算机对其进行处理的过程。数字图像处理的基础是数学,最主要的任务就是各种算法的设计和实现。

数字图像处理主要研究的内容包括以下几个方面:

(1) 图像变换

由于图像阵列很大,直接在空间域中进行处理,涉及的计算量很大。因此,往往采用各种图像变换的方法,如傅里叶变换、离散余弦变换等间接处理技术,将空间域的处理转换为变换域处理,不仅可减少计算量,而且可获得更有效的处理(如傅里叶变换可在频域中进行数字滤波处理)。目前新兴研究的小波变换在时域和频域中都具有良好的局部化特性,它在图像处理中也有着广泛而有效的应用。

(2) 图像增强和复原

图像增强和复原的目的是为了提高图像的质量,如去除噪声、提高图像的清晰度等。概括地说,图像增强以清晰为目标,图像复原则以逼真为目标。

图像增强用以改善供人观看的图像的主观质量,而不一定考虑图像降质的原因,突出图像中所感兴趣的部分。如强化图像高频分量,可使图像中物体轮廓清晰,细节明显;如强化低频分量可减少图像中噪声影响。由于接受者是人,处理结果质量的好坏受观看者的心理、爱好、文化素养等因素的影响,结果的评价只能是相对的。

图像复原需要找出图像降质的原因,并尽可能消除它,使图像恢复本来面目。一般讲应根据降质过程建立“降质模型”,再采用某种滤波方法,恢复或重建原来的图像。

(3) 图像分割

图像分割是数字图像处理中的关键技术之一。图像分割是将图像划分为一些互不重叠的区域,通常用于将分割的对象从背景中分离出来,然后提取有意义的特征。这些有意义的特征包括图像中的边缘、区域等,这是进一步进行图像识别、分析和理解的基础。虽然目前已研究出不少边缘提取、区域分割的方法,但还没有一种普遍适用于各种图像的有效方法。因此,对图像分割的研究还在不断深入之中,是目前图像处理中研究的热点之一。

(4) 图像编码压缩

图像编码压缩技术利用图像信号的统计特性及人类视觉特性,在满足一定保真度条件下,对图像信息进行编码,可减少描述图像的数据量,以便节省图像传输和处理时间,并减少所占用的存储器容量。压缩可以在不失真的前提下获得,也可以在允许失真条件下进行。

(5) 图像描述

图像描述是图像识别和理解的必要前提。作为最简单的二值图像可采用其几何特性描述物体的特性,一般图像的描述方法采用二维形状描述,它有边界描述和区域描述两类方法。对于特殊的纹理图像可采用二维纹理特征描述。随着图像处理研究的深入发展,已经开始进行三维物体描述的研究,提出了体积描述、表面描述、广义圆柱体描述等方法。

(6) 图像重建

图像重建的工作是由几个一维的图像投影来重建出更高维的物体图像。一个图像投影的取得是以平行的X光(或其他放射穿透)光束照射物体并在物体背面接收此投影量,接着在同一平面上改变光束照射的角度以获得不同的投影,再以某些重建算法将这些投影组合成此物体的一个横剖面图像。此种技术主要用于医学图像(电脑断层扫描)、天文学星象观测、雷达图像处理、地质研究及无损检测等。

(7) 图像分类(识别)

图像分类(识别)属于模式识别的范畴,其主要内容是图像经过某些预处理(增强、复原、压缩)后,进行图像分割和特征提取,从而进行判决分类。图像分类常采用经典的模式识别方法,有统计模式分类和句法(结构)模式分类,近年来新发展起来的模糊模式识别、人工神经网络模式分类、支持向量机模式分类在图像识别中也越来越受到重视。

1.1.4 数字图像处理的应用

目前数字图像处理的应用越来越广泛,已经渗透到航空航天、生物医学、工业生产、军事等各个领域,其中比较典型的应用有:

（1）遥感技术中的应用

遥感图像处理被广泛地应用于地形地质、矿藏探查、森林、水利、海洋、农业等资源调查，自然灾害预测预报，环境污染监测，气象卫星云图处理以及地面军事目标的识别。

（2）通信工程方面的应用

当前通信的主要发展方向是声音、文字、图像和数据结合的多媒体通信。其中以图像通信最为复杂和困难，因为图像的数据量十分巨大，所以必须采用编码技术来压缩信息的比特量。

（3）生物医学领域中的应用

数字图像处理在生物医学工程方面的应用十分广泛，如 X 射线、超声、显微图像的处理分析，红细胞、白细胞分类，染色体分析，癌细胞识别，内窥镜图、温谱图分析，CT 及核磁共振图分析等。

（4）工业生产中的应用

在工业和工程领域中图像处理技术有着广泛的应用，如流水线上机械零件的自动检验、分类；弹性力学照片的应力分析；流体力学图片的阻力和升力分析；金相照片的结构和成分的分析；信件、包裹的自动分拣；高炉火焰的分析；轧钢厂中轧制中的钢坯位置的确定和尺寸的测量；工件内部结构的分析或裂缝的检测等。

（5）军事、公安等方面的应用

军事目标的侦察、制导和警戒系统；自动灭火器的控制及反伪装；公安部门的现场照片、指纹、手迹、印章、人像、伪钞等的处理和辨识；历史文字和图片档案的修复和管理等。

（6）机器人视觉

机器视觉作为智能机器人的重要感觉器官，主要进行三维景物理解和识别，是目前处于研究之中的开放课题。机器视觉主要用于军事侦察、危险环境的自主机器人，邮政、医院和家庭服务的智能机器人，装配线工件识别、定位，太空机器人的自动操作等。

（7）视频和多媒体系统

目前，电视制作系统广泛使用的图像处理、变换、合成，多媒体系统中静止图像和动态图像的采集、压缩、处理、存储和传输等。

（8）电子商务

在当前呼声甚高的电子商务中，图像处理技术也大有可为，如身份认证、产品防伪、水印技术等。

1.2 常用图像格式

图像格式是指存储图像所采用的文件格式。不同的操作系统以及不同的图像处理软件，所支持的图像格式可能有所不同。在实际应用中，经常见到的图像格式有：

(1) BMP 格式

BMP 是英文 Bitmap (位图) 的简写, 它是 Windows 操作系统中的标准图像文件格式, 能够被多种 Windows 应用程序所支持。随着 Windows 操作系统的流行与丰富的 Windows 应用程序的开发, BMP 位图格式被广泛应用。BMP 图像文件的扩展名为.bmp。BMP 图像文件有这样一些特点: 该结构只能存放一幅图像; 只能存储四种图像数据: 单色、16 色、256 色、真彩色; 图像数据有压缩或不压缩两种处理方式; 调色板的数据存储结构较为特殊, 其存储格式不是固定的, 而是与文件头的某些具体参数 (如像素位、压缩算法等) 密切相关。Windows 设计了两种压缩方式: RLE4 和 RLE8。RLE4 只能处理 16 色图像数据; 而 RLE8 则只能压缩 256 色图像数据。BMP 图像文件的文件结构可分为三部分: 表头、调色板和图像数据。表头长度固定为 54 个字节。只有真彩色 BMP 图像文件内没有调色板数据, 其余不超过 256 种颜色的图像文件都必须设定调色板信息。

这种格式的特点是包含的图像信息较丰富, 几乎不进行压缩, 但由此导致了它与生俱来的缺点, 即占用磁盘空间过大。所以, 目前 BMP 在单机上比较流行。

(2) JPEG 格式

JPEG 是由联合照片专家组 (Joint Photographic Experts Group) 制定的图像压缩格式, 其正式名称为“连续色调静态图像的数字压缩和编码”。JPEG 文件的扩展名为.jpg 或.jpeg, 其压缩技术十分先进, 它用有损压缩方式去除冗余的图像和彩色数据, 获得极高的压缩率的同时能展现十分丰富生动的图像, 可以用最少的磁盘空间得到较好的图像质量。同时 JPEG 还是一种很灵活的格式, 具有调节图像质量的功能, 允许用不同的压缩比对图像文件进行压缩。

由于 JPEG 优异的品质和杰出的表现, 它的应用也非常广泛, 特别是在网络和光盘读物上经常能见到 JPEG 格式的图像。目前各类浏览器均支持 JPEG 图像格式, 因为 JPEG 格式的文件尺寸较小, 下载速度快, 使得 Web 页有可能以较短的下载时间提供大量美观的图像, 因此, JPEG 成为网络上最受欢迎的图像格式。

(3) GIF 格式

GIF 是英文 Graphics Interchange Format (图形交换格式) 的缩写, 是 20 世纪 80 年代美国在线信息服务机构 CompuServe 针对当时网络传输带宽的限制而开发的一种图像文件格式。GIF 文件有这样一些特点: 文件具有多元化结构, 能够存储多张图像; 调色板数据有通用调色板和局部调色板之分; 采用 LZW 压缩法进行压缩; 数据一个字节存储一点; 文件内的各种图像数据区和补充区多数没有固定的数据长度和存放位置, 为了方便程序寻找数据区, 就以数据区的第一个字节作为标识符, 以使程序能够判断所读到的是哪种数据区; 图像数据有两种排列方式: 顺序排列和交叉排列; 最多只能存储 256 色图像。GIF 图像文件结构一般由 7 个数据单元组成, 它们分别是表头、通用调色板、图像数据区以及 4 个补充区。表头和图像数据区是文件不可缺少的单元, 通用调色板和其余的 4 个补充区是可选内容。GIF 图像文件可以有多个图像数据区, 而每个图像数据

区存储一幅图像,通过软件处理和控制可以使这些分离的图像形成连续有动感的显示效果。

GIF 格式文件压缩比高,磁盘空间占用较少,所以这种图像格式迅速得到了广泛的应用,目前 Internet 上大量采用的彩色动画文件多为这种格式的文件。

(4) TIFF 格式

TIFF (Tag Image File Format) 是 Mac 中广泛使用的图像格式,它由 Aldus 和微软联合开发,最初是出于跨平台存储扫描图像的需要而设计的。它的特点是图像格式复杂、存储信息多。正因为它存储的图像细微层次的信息非常多,图像的质量也得以提高,故而非常有利于原稿的复制。TIFF 文件有这样一些特点:善于应用指针的功能,可以存储多幅图像;文件内数据区没有固定的排列顺序,但规定表头必须在文件前端,标识信息区和图像数据区在文件中可以随意存放;可制定私人用的标识信息;除了一般图像处理常用的 RGB 模式之外, TIFF 图像文件还能够接受 CMYK, YcbCr 等多种不同的图像模式;可存储多份调色板数据;调色板的数据类型和排列顺序较为特殊;能提供多种不同的压缩数据的方法,以方便使用者选择;图像数据可分割成几个部分进行分别存档。TIFF 图像文件主要由三部分组成:表头、标识信息区和图像数据区。文件内固定只有一个表头,且一定位于文件前端。表头有一个标志参数指出标识信息区在文件中的存储地址,标识信息区有多组标识信息用于存储图像数据区的地址。每组标识信息长度固定为 12 个字节,前 8 个字节分别代表标识信息的代号(2 个字节)、数据类型(2 个字节)、数据量(4 个字节),最后 4 个字节则存储数据值或标志参数。

该格式有压缩和非压缩二种形式,其中压缩可采用 LZW 无损压缩方案存储。目前在 Mac 和 PC 机上移植 TIFF 文件十分便捷,因而 TIFF 现在也是微机上使用比较广泛的图像文件格式之一。

(5) PNG 格式

PNG (Portable Network Graphics) 是一种新兴的网络图像格式。PNG 文件具有这样一些特点:汲取了 GIF 和 JPG 两者的优点,存储形式丰富,兼有 GIF 和 JPG 的色彩模式;采用无损压缩方式来减少文件的大小,能把图像文件压缩到极限以利于网络传输,但又能保留所有与图像品质有关的信息;显示速度很快,只需下载 1/64 的图像信息就可以显示出低分辨率的预览图像;支持透明图像的制作。PNG 的缺点是不支持动画应用效果。

现在,越来越多的软件开始支持这一格式,而且在网络上也越来越流行,如 Macromedia 公司的 Fireworks 软件的默认格式就是 PNG。

(6) PCX 格式

PCX 格式是 ZSOFT 公司在开发图像处理软件 Paintbrush 时开发的一种格式,它是一种经过压缩的格式,占用磁盘空间较少。目前 PCX 文件已成为 PC 机上较为流行的图像文件。PCX 图像文件具有这样一些特点:一个 PCX 图像文件只能存放一张图像画面;

使用 RLE 压缩方法进行数据压缩；PCX 图像文件有多个版本，能处理多种不同模式下的图像数据；4 色和 16 色 PCX 图像文件有可设定或不设定调色板数据两种选项；16 色图像数据可由一个或四个位平面来处理。

1.3 MATLAB 图像处理工具箱

MATLAB 图像处理工具箱是由一系列支持图像处理操作的函数组成的，所支持的图像处理操作有图像类型转换、图像显示、图像文件 I/O、图像的几何操作、图像变换、图像恢复与增强、灰度与二值图像的形态学运算等。本章重点介绍图像类型转换、图像的读写与显示等 MATLAB 函数，其他函数将在后续章节具体应用中进行了解，具体图像处理工具箱函数及功能见附录 1。

1.3.1 MATLAB 图像类型及转换

在 MATLAB 中，一幅图像可能包含一个数据矩阵，也可能有一个调色板矩阵。MATLAB 有 3 种基本的图像类型：索引图像、灰度图像和 RGB 图像，它们区别数据矩阵元素的不同含义。

(1) 索引图像

索引图像是一种把像素值直接作为 RGB 调色板下标的图像。在 MATLAB 中，一幅索引图像包含有一个数据矩阵 X 和一个调色板矩阵 MAP 。其中，数据矩阵可以是 8 位无符号整数类型（uint 8）、16 位无符号整数类型（uint 16）或双精度类型（double）； MAP 是一个 $m \times 3$ 的数据阵列，其中每个元素的值均为 $[0, 1]$ 之间的双精度浮点型数据。 MAP 矩阵的每一行分别表示红色、绿色和蓝色的颜色值。索引图像可把像素值直接映射为调色板数值，每一个像素的颜色通过使用 X 的数值作为 MAP 的下标来获得：如数值 1 指向矩阵 MAP 中的第一行，数值 2 指向第二行，依此类推。

调色板通常与索引图像存储在一起，当装载图像时，MATLAB 自动将调色板与图像数据一同自动装载。

图像矩阵中的数值与调色板之间的关系依赖于图像数据矩阵的类型。如果图像数据矩阵是 double 型，则数值 1 指向调色板的第一行，数值 2 将指向调色板的第二行，依此类推；如果图像矩阵是 unit 8 或 unit 16 类型时，将产生一个偏移量：数值 0 指向调色板的第一行，数值 1 指向调色板的第二行，依此类推。

(2) 灰度图像

一幅灰度图像是一个数据矩阵 I ，该矩阵中的数据均代表了在一定范围内的灰度级，通常 0 代表黑色，1, 255 或 65 535（针对不同存储类型）代表白色。MATLAB 把灰度图像存储为一个数据矩阵，该数据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 uint 8, uint 16 或 double 型。由于灰度图像很少和调色板一起保存，因此 MATLAB 将使用一个默认的系统调色板来显示灰度图像。

(3) RGB 图像

RGB 图像又称为真彩图像,其每一个像素由三个数值来指定红(R)、绿(G)、蓝(B)颜色分量。

在 MATLAB 中,一幅 RGB 图像由一个 uint 8, uint 16 或 double 型的 $m \times n \times 3$ 数组来描述,其中, m 和 n 分别表示图像的高度和宽度,数组中的元素定义了图像中每一个像素的红、绿、蓝颜色值。值得注意的是:RGB 图像不使用调色板,每一个像素的颜色由存储在相应位置的红、绿、蓝颜色分量的组合来确定。RGB 图像是 24 位图像,红、绿、蓝分量分别占用 8 位,因而图像理论上可以包含 2^{24} 种不同的颜色,由于这种颜色精度能够再现图像的真实色彩,因此将 RGB 图像称为真彩图像。

在一个 double 型的 RGB 数组中,每一个颜色分量都是一个 $[0, 1]$ 范围内的数值,如:颜色分量为 $(0, 0, 0)$ 的像素将显示为黑色;颜色分量为 $(1, 1, 1)$ 的像素将显示为白色。每一个像素的三个颜色分量都存储在数组的第三维中,如:像素 $(8, 8)$ 的红、绿、蓝颜色值分别保存在元素 $\text{RGB}(8, 8, 1)$, $\text{RGB}(8, 8, 2)$, $\text{RGB}(8, 8, 3)$ 中。

对于某些操作来说,将一幅图像转换为另一种图像类型有时非常有用。例如,如果希望对一幅存储为索引图像的彩色图像进行滤波,那么应该首先将该索引图像转换为 RGB 图像,然后对 RGB 图像使用滤波器进行滤波, MATLAB 将恰当地滤掉图像中的部分灰度值。如果企图对一幅索引图像进行滤波,那么 MATLAB 只能简单地对索引图像矩阵的下标进行滤波,这样得到的结果将是毫无意义的。MATLAB 图像处理工具箱中给出了一些图像类型转换函数,见表 1-1。

表 1-1 MATLAB 图像类型转换函数及其功能

函 数	功 能
gray2ind	根据灰度图像创建索引图像
grayslice	使用阈值截取方法,根据灰度图像创建索引图像
ind2gray	根据索引图像创建灰度图像
ind2rgb	根据灰度图像创建 RGB 图像
mat2gray	根据矩阵数据创建灰度图像
rgb2gray	根据 RGB 图像创建灰度图像
rgb2ind	根据 RGB 图像创建索引图像

表 1-1 中,所有函数的调用格式均相似:函数的输入参数是图像数据矩阵(对于索引图像,输入参数还应包括调色板),输出参数是转换后的图像(包括索引图像的调色板),例如, $[X, \text{MAP}] = \text{gray2ind}(I)$, 将灰度图像 I 转换成索引图像,此索引图像数据矩阵为 X 、调色板矩阵为 MAP 。

1.3.2 MATLAB 中图像的读写

MATLAB 提供了图像文件读入函数 `imread` 和图像文件写出函数 `imwrite`。此外,可以用 `save` 函数和 `load` 函数分别导出图像数据和导入图像数据。

(1) imread 函数

函数 `imread` 可以从任何 MATLAB 支持的图形图像文件格式中以任意位深度读取一