

MATLAB工程应用丛书

2

基于 MATLAB 6.X

MATLAB

应用图像处理



徐 飞 施晓红 等编著



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

MATLAB 工程应用系列丛书

MATLAB 应用图像处理

徐飞 施晓红 等编著

西安电子科技大学出版社

2002

内 容 简 介

本书主要介绍了 MATLAB 语言在图像处理技术方面的应用,重点介绍了各种图像处理方法的理论和实际应用。书中给出了大量的 MATLAB 实例和图像处理效果,使读者能够更好地理解和掌握使用 MATLAB 图像处理工具箱函数进行图像处理的方法。

全书共分 12 章。第一章到第六章是图像处理的基础内容,包括显示、运算、变换、滤波等基本操作方法;第七章到第十二章是图像处理技术的实用方法,介绍了图像的空间变换、增强和复原、图像压缩以及图像分析等应用。

本书可作为大学本科、专科教材或参考书,也可作为涉及图像处理的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 应用图像处理/徐飞等编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2002.5

(MATLAB 工程应用系列丛书)

ISBN 7-5606-1117-6

I. 应… II. 徐… III. 计算机辅助计算-软件包, MATLAB-应用-图像处理
IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 011711 号

责任编辑 毛红兵 陈宇光

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)8227828

邮 编 710071

http://www.xduph.com

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 西安交通大学印刷厂

版 次 2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 16.5

字 数 389 千字

印 数 1~4 000 册

定 价 22.00 元

ISBN 7-5606-1117-6/TP·0564

XDUP 1388001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本书封面贴有西安电子科技大学出版社的激光防伪标志,无标志者不得销售。

前 言

图像是一种重要的信息源,图像处理的最终目的就是要帮助人类理解信息的内涵。数字图像处理技术的研究内容涉及光学系统、微电子技术、计算机科学、数学分析等领域,是一门综合性很强的边缘学科。随着计算机技术的迅猛发展,图像处理技术已经广泛应用于各个领域。近30年来该技术取得了令人瞩目的成就。

随着科技的发展,许多高新知识都已经在图像处理上得到了广泛应用,并取得了较好的效果,但是,一些经典的图像处理方法仍然有其生命力,实际应用中还是离不开一些基本的技术。因此,本书详细介绍了一些图像处理的经典方法,例如,图像运算、图像滤波、图像变换以及二进制形态操作等,同时还介绍了这些技术的MATLAB实现方法,最后在此基础上介绍了一些先进的图像处理技术,例如小波变换等。MATLAB是一种高效的工程计算语言,在数值计算、数据处理、自动控制、图像处理、神经网络、小波分析、金融分析等方面有着广泛的应用。MATLAB是一种向量语言,它非常适合于进行图像处理。

本书从结构上可以分为两部分,第一部分是基础部分,包括前六章内容,主要介绍了图像处理的基本理论和方法以及MATLAB的基本图像处理方法;第二部分是应用部分,包括从第七章到第十二章的内容,主要介绍基本理论和方法的实际应用。本书中每一章都配有习题,主要是希望读者能在学习之后进行动手实践,本书的最后附有习题答案以供参考。

基础部分分为图像处理概述、图像显示、图像运算、图像变换、图像滤波和二值形态学操作等六个方面的内容。第一章主要介绍了数字图像及图像处理系统的概念,针对MATLAB应用介绍了MATLAB的图像类型;第二章主要介绍了MATLAB显示函数的使用方法,这一章是所有章节的基础,如果没有掌握好这一章的内容,那么在以后的学习中将会遇到一些不必要的麻烦;第三章介绍了图像的点运算、代数运算、几何运算和邻域操作等四个方面的内容,其中涉及图像的各种基本处理单位和方法;第四章介绍了图像处理技术中非常重要的几个概念,包括傅立叶变换、DCT变换等;第五章介绍了图像的基本滤波方法和几种常用的滤波器;第六章则是图像分析中最常用到的形态学操作内容。

应用部分包括图像的空间变换、图像增强、图像复原、图像编码、图像分析和其他图像处理技术等部分。这几章的内容基本上是按照实际图像处理的顺序进行编排的,首先对图像进行位置矫正,然后增强图像的效果,去除噪声,到此一个图像才有编码价值,最后对处理过的图像进行分析和理解。图像的空间变换主要是利用了第三章中的几何变换技术;增强和复原主要是利用了滤波技术;编码利用了变换技术;而图像分析则大多是利用了图像的形态学操作。最后一章中介绍了小波变换、分形几何和神经网络等新技术在图像处理中的初步应用。

本书第一、二、三、四章由徐飞、施晓红、刘军、王刚等编写;第五、六章由刘涛、林峰、李凯等编写;第七、八、九章由徐飞、李稚锋、王华等编写;第十、十一章由施晓红、李明、陈志强编写。全书文字由李飞、张小龙输入,图像由李燕、胡利明编辑处理。全书由徐

1475 75/07

飞、施晓红、林哲辉审校。在本书的编写过程中还得到了王德军、赵文峰等人的大力帮助，毛红兵女士为本书的策划与编辑工作付出了大量的心血与汗水。另外还有很多同志在本书的排版、校对过程中付出了大量的劳动，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，错误或疏漏之处在所难免，敬请读者不吝赐教。

作 者

2002年3月

目 录

第一章 图像及其数字化

1.1 概述	1	1.2.3 图像数字化及存储	6
1.1.1 图像与数字图像	1	1.2.4 图像处理软件	7
1.1.2 图像处理技术内容与相关学科	2	1.3 MATLAB 图像处理初步	7
1.1.3 图像处理技术的发展现状	3	1.4 图像格式与 MATLAB 图像类型	12
1.1.4 图像处理技术的应用领域	3	1.4.1 常用图像格式	12
1.2 图像处理和分析系统	4	1.4.2 MATLAB 图像类型	14
1.2.1 系统结构概述	4	1.4.3 MATLAB 图像类型转换	18
1.2.2 硬件组成	5	习题	20

第二章 图 像 显 示

2.1 图像显示概述	21	2.3.5 RGB 图像的显示方法	30
2.2 数字图像显示	22	2.3.6 磁盘图像的直接显示	31
2.2.1 图像的显示特性	22	2.4 MATLAB 特殊显示技术	31
2.2.2 图像的暂时显示	24	2.4.1 添加色带	31
2.2.3 图像的永久显示	24	2.4.2 显示多帧图像	32
2.3 MATLAB 图像显示方法	24	2.4.3 显示多幅图像	34
2.3.1 MATLAB 图像的读写和显示	24	2.4.4 纹理映射	37
2.3.2 二进制图像的显示方法	26	2.4.5 图像显示中的常见问题	37
2.3.3 灰度图像的显示方法	29	习题	37
2.3.4 索引图像的显示方法	30		

第三章 图 像 运 算

3.1 图像的点运算	38	3.3 图像的几何运算	47
3.1.1 概述	38	3.3.1 几何运算与坐标系统	47
3.1.2 线性点运算	38	3.3.2 灰度级插值	49
3.1.3 非线性点运算	39	3.3.3 空间变换	50
3.1.4 MATLAB 的点运算实现方法	41	3.3.4 几何运算的简单应用	53
3.2 图像的代数运算	42	3.4 图像的邻域操作	56
3.2.1 概述	42	3.4.1 概述	56
3.2.2 图像的加法运算	43	3.4.2 滑动邻域操作	56
3.2.3 图像的减法运算	44	3.4.3 分离邻域操作	58
3.2.4 图像的乘法运算	45	3.4.4 列处理	59
3.2.5 图像的除法运算	46	习题	61
3.2.6 图像的四则代数运算	46		

第四章 图像变换

4.1 傅立叶变换及其性质	62	4.3.2 MATLAB 的 Radon 变换 实现方法	74
4.1.1 概述	62	4.3.3 Radon 逆变换	75
4.1.2 连续傅立叶变换	62	4.3.4 Radon 变换和反变换的应用实例	76
4.1.3 离散傅立叶变换	63	4.4 其他图像变换技术	78
4.1.4 傅立叶变换的性质	64	4.4.1 线性变换与基函数	78
4.1.5 图像的傅立叶变换	64	4.4.2 正弦型变换	79
4.2 离散余弦变换	70	4.4.3 方波型变换	80
4.2.1 DCT 变换定义	70	4.4.4 基于特征向量的变换	80
4.2.2 MATLAB 的 DCT 变换实现方法	71	习题	81
4.2.3 DCT 和 JPEG 初步	72		
4.3 Radon 变换	74		
4.3.1 Radon 变换	74		

第五章 滤波和滤波器设计

5.1 线性系统理论	82	5.3.1 随机变量	92
5.1.1 线性系统理论	82	5.3.2 魏纳滤波原理	92
5.1.2 一维卷积	82	5.3.3 魏纳滤波器设计方法	94
5.1.3 二维卷积	84	5.3.4 图像的魏纳滤波方法	95
5.1.4 卷积定理和相关性定理	85	5.4 MATLAB 线性滤波器设计	96
5.1.5 滤波与滤波器设计	86	5.4.1 MATLAB 线性滤波器设计	96
5.2 经典数字滤波方法	87	5.4.2 频率变换方式	96
5.2.1 低通滤波器	87	5.4.3 频率采样方法	97
5.2.2 带通和带阻滤波器	89	5.4.4 窗口方法	99
5.2.3 高通滤波器	91	习题	100
5.3 魏纳滤波器及其设计方法	92		

第六章 二值形态学操作

6.1 二值形态学基本运算	101	6.2.6 基于膨胀和腐蚀的形态操作	109
6.1.1 二值形态学概念	101	6.3 形态操作应用	110
6.1.2 膨胀和腐蚀	101	6.3.1 形态重构	110
6.1.3 膨胀和腐蚀的对偶性	103	6.3.2 填充操作	113
6.1.4 开启与闭合	104	6.3.3 图像的极值处理方法	114
6.2 膨胀和腐蚀的 MATLAB 实现方法	104	6.4 二进制图像的形态学应用	119
6.2.1 图像处理的膨胀与腐蚀概念	104	6.4.1 距离变换	119
6.2.2 结构元素	105	6.4.2 对象、区域和特征估计	120
6.2.3 图像膨胀	107	6.4.3 查表操作	123
6.2.4 图像腐蚀	107	习题	124
6.2.5 综合使用膨胀和腐蚀操作	108		

第七章 图像的空间变换

7.1 空间变换	125	7.2 MATLAB 空间变换方法	128
7.1.1 空间变换	125	7.3 MATLAB 的图像匹配	131
7.1.2 简单变换	126	7.4 MATLAB 的图像投影	137
7.1.3 控制点变换	127	习题	139

第八章 图像增强

8.1 灰度变换增强	140	8.3.1 低通滤波	160
8.1.1 图像增强技术分类	140	8.3.2 高通滤波	160
8.1.2 像素值及其统计特性	141	8.3.3 同态滤波	161
8.1.3 直方图灰度变换	146	8.3.4 频域增强的 MATLAB 实现	161
8.1.4 直方图均衡化	149	8.4 色彩增强	162
8.2 空域滤波增强	152	8.4.1 色彩增强概述	162
8.2.1 空域滤波原理及分类	152	8.4.2 伪彩色增强	162
8.2.2 平滑滤波器	153	8.4.3 真彩色增强	163
8.2.3 锐化滤波器	155	习题	163
8.2.4 空域滤波的 MATLAB 实现方法	156		
8.3 频域增强	160		

第九章 图像复原

9.1 成像系统的数学描述	164	9.4 图像复原的 MATLAB 实现方法	174
9.2 图像退化模型	166	9.4.1 模糊及噪声	174
9.2.1 连续退化模型	166	9.4.2 MATLAB 复原函数简介	177
9.2.2 离散退化模型	166	9.4.3 魏纳滤波复原	177
9.2.3 图像复原方法概述	167	9.4.4 约束最小二乘方滤波复原	180
9.3 图像复原的代数方法	168	9.4.5 Lucy-Richardson 复原	181
9.3.1 基本复原方程	168	9.4.6 盲去卷积复原	185
9.3.2 分块循环矩阵的对角化	169	习题	188
9.3.3 无约束复原方程求解	170		
9.3.4 最小二乘方滤波复原	171		

第十章 图像编码与压缩

10.1 图像编码概述	189	10.2.4 算术编码	193
10.1.1 图像编码与压缩概念	189	10.2.5 无损编码技术的 MATLAB	
10.1.2 图像信息熵和信息冗余度	190	实现方法	194
10.1.3 图像逼真度和质量	190	10.3 有损压缩技术	197
10.1.4 图像编码的常用方法	191	10.3.1 预测编码	197
10.2 无损压缩技术	191	10.3.2 变换编码	198
10.2.1 无损压缩技术概述	191	10.3.3 自适应编码	200
10.2.2 行程编码	192	10.3.4 有损压缩的 MATLAB	
10.2.3 哈夫曼(Huffman)编码	192	实现方法	200

10.4 图像压缩的国际标准	203	10.4.3 运动图像压缩标准	205
10.4.1 二进制图像压缩标准	203	习题	206
10.4.2 静止图像压缩标准	204		

第十一章 图像分析和理解

11.1 边缘检测方法	207	11.3 形状分析	216
11.1.1 边缘检测概述	207	11.3.1 启发式搜索	216
11.1.2 梯度算子	208	11.3.2 变换方法	216
11.1.3 拉普拉斯算子	209	11.3.3 细化(骨架化)	217
11.1.4 边缘连接方法	210	11.3.4 MATLAB 图像分析实例	217
11.1.5 边缘检测的 MATLAB 实现方法	211	11.4 区域操作	222
11.2 区域分割技术	212	11.4.1 区域操作常用术语	222
11.2.1 阈值分割	212	11.4.2 指定操作区域	222
11.2.2 区域生长	213	11.4.3 区域滤波	223
11.2.3 分裂合并	214	11.4.4 区域填充	223
11.2.4 区域分割的 MATLAB 实现方法	215	习题	224

第十二章 其他图像处理技术

12.1 小波分析	225	12.3.4 分形方法在图像处理中的应用	235
12.1.1 小波分析概述	225	12.4 神经网络	236
12.1.2 连续小波变换	226	12.4.1 神经网络概述	236
12.1.3 离散小波变换	228	12.4.2 生物神经元模型	237
12.2 小波分析在图像处理中的应用	231	12.4.3 神经网络模型及分类	238
12.3 分形几何	233	12.4.4 典型神经网络简介	240
12.3.1 分形几何概述	233	12.4.5 神经网络在图像处理中的应用	242
12.3.2 分形理论基本概念	234	习题	244
12.3.3 分维数估计方法	234		

附录 MATLAB 图像处理工具箱函数集	245
各章习题答案与提示	251
参考文献	256

第一章

图像及其数字化

本章要点:

- ★ 图像及数字图像处理概述
- ★ 图像处理和系统的结构
- ★ MATLAB 图像处理初步
- ★ 图像类型

1.1 概 述

1.1.1 图像与数字图像

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。科学研究和统计表明,人类从外界获得的信息约有 75% 来自于视觉系统,也就是说,人类的大部分信息都是从图像中获得的。图像是人们从出生以来体验到的最重要、最丰富、信息量获取最大的部分。

图像能够以各种各样的形式出现,例如,可视的和不可视的,抽象的和实际的,适于计算机处理的和不适于计算机处理的。就其本质来说,可以将图像分为两大类:

一类是模拟图像,包括光学图像、照相图像、电视图像等,例如,在生物医学研究中,人们在显微镜下看到的图像就是一幅光学模拟图像,照片、用线条画的图、绘画也都是模拟图像。模拟图像的处理速度快,但精度和灵活性差,不易查找和判断。

另一类是将连续的模拟图像经过离散化处理后变成计算机能够辨识的点阵图像,称为数字图像。严格的数字图像是一个经过等距离矩形网格采样,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二维采样数组。

本书中涉及到的图像处理都是指数字图像的处理。与模拟图像相比,数字图像具有以下显著优点:

■ 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,即数字图像可以由无限个像素组成,每个像素的亮度可以量化为 12 位(即 4096 个灰度级),这样的精度使得数字图像与彩色照片的效果相差无几;

■ 处理方便:由于数字图像本质上是一组数据,所以可以用计算机对它进行任意方式的修改,例如,放大、缩小、改变颜色、复制和删除某一部分等;

■ 重复性好:模拟图像(例如,照片)即便是使用非常好的底片和相纸,也会随着时间的流逝而退色、发黄,而数字图像可以存储在光盘中,上百年后再用计算机重现也不会有

丝毫的改变。

1.1.2 图像处理技术内容与相关学科

图像处理就是将图像转换为一个数字矩阵存放在计算机中,并采用一定的算法对其进行处理。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。目前的图像处理技术已经在许多不同的应用领域中得到重视,并取得了巨大的成就。根据应用领域的不同要求,可以将图像处理技术划分为许多分支,其中比较重要的分支有:

■ **图像数字化**:通过采样与量化过程将模拟图像变换成便于计算机处理的数字形式。图像在计算机内通常用一个数字矩阵来表示,矩阵中的每一个元素称为像素。图像数字化的设备主要是各种扫描仪与数字化仪;

■ **图像增强与复原**:主要目的是增强图像中的有用信息,削弱干扰和噪声,使图像清晰或将其转换为更适合人或机器分析的形式。图像增强并不要求真实地反映原始图像,而图像复原则要求尽量消除或减少在获取图像过程中所产生的某些退化,使图像能够反映原始图像的真实面貌;

■ **图像编码**:在满足一定的保真度条件下,对图像信息进行编码,可以压缩图像的信息量,简化图像的表示,从而大大压缩图像描述的数据量,以便于存储和传输;

■ **图像分割与特征提取**: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。图像的特征提取包括了形状特征、纹理特征、颜色特征等;

■ **图像分析**:对图像中的不同对象进行分割、分类、识别、描述和解释;

■ **图像隐藏**:是指媒体信息的相互隐藏,常见的有数字水印和图像的信息伪装等。

上述图像处理的内容往往是相互联系的,一个实用的图像处理系统往往需要结合应用几种图像处理技术才能得到所需要的结果。例如,图像数字化是将一个图像变换为适合计算机处理的形式,这是图像处理的第一步;图像编码技术可用于传输和存储图像;图像增强与复原一般是图像处理的最后目的,当然也可作为进一步进行图像处理工作的准备;通过图像分割得到的图像特征既可以作为最后结果,也可以作为下一步图像分析的基础。

图像处理技术涉及到的知识很广泛,也很复杂。例如,图像的编码理论基础是信息论和抽象数学的结合,进行图像识别需要掌握随机过程和信号处理方面的知识,不少课题还需要更加专业的知识,如小波变换、神经网络、分形理论等。另外,图像处理是一门应用性很强的学问,必须与计算机技术的发展相适应。例如,傅立叶变换是图像处理常用的方法,到目前为止,库利-图基快速傅立叶变换一直是实际应用中的主要算法,该算法需要的乘法数目大大少于一般的傅立叶变换算法,而加法数目则大大增加,因而对于大部分 CPU 来说,总的运算速度提高了很多。但是,Intel 的 CPU 现在加入了 MMX 指令,用该指令计算乘法和加法所用的时间是一样的,所以在 MMX 指令面前,由于加法数目的增加导致快速算法反而显得更慢,因此也就产生了新的适应 MMX 指令的快速算法。

图像处理的另一个特点,也是难点,就是其算法的优劣与被处理对象的内容高度相关,很难找到一种适用于各种情况的通用方法。因此,图像处理按照处理的对象类别又可以分为遥感图像处理、医学图像处理等。另外,以下介绍的学科也和图像处理有着密切的关系:

■ **计算机图形学**:用计算机将由概念所表示的物体(不是实物)图像进行处理和显示。

计算机图形学主要是根据给定物体的描述模型、光照及想象中的摄像机的成像几何来生成一幅图像,另外还包括称之为“计算机艺术”的艺术创作。图形和图像本身有着非常密切的关系,因而计算机图形学与图像处理也是相互关联的,但两者的区别也很显著:前者是用点、线、面描述物体,多采用几何手段;后者基本上只和像素点打交道;

■ 模式识别:图像处理的最重要目的之一就是识别,而模式识别技术也是图像技术重要性的体现,诸如指纹鉴别、人脸识别等,都要和模式识别打交道;

■ 人工智能:可以说图像处理、模式识别和人工智能是三位一体的学科。目前模式识别技术遇到的最大困难就是自动化程度不够,即智能程度不高。例如,人眼可以很容易从人群中找到自己要寻找的目标,但对于计算机来说,就连判断图像中是否有人存在这样看似简单的问题都很难解决。神经网络技术给人工智能开辟了一个新的方向,但目前该技术还不够成熟;

■ 计算机视觉:研究计算机视觉的目的是开发出能够理解自然景物的系统。在机器人领域中,计算机视觉能够为机器人提供眼睛的功能,但是这门学科的难度很高。

1.1.3 图像处理技术的发展现状

图像处理是人类视觉延续的重要手段,可以使人们看到任意波长上所测得的图像。例如,借助伽马相机、X光机,人们可以看到红外和超声图像;借助CT可看到物体内部的断层图像;借助相应工具可看到立体图像和剖视图像。几十年前,美国在太空探索中拍回了大量月球照片,但是由于种种环境因素的影响,这些照片是非常不清晰的,为此,人们对这些照片应用了一些图像处理手段,使照片中的重要信息得以清晰再现。正是这一方法产生的效果引起了巨大的轰动,从而促进了图像处理技术的蓬勃发展。

总体来说,图像处理技术的发展大致经历了初创期、发展期、普及期和实用化期四个阶段。初创期开始于20世纪60年代,当时的图像采用像素型光栅进行扫描显示,大多采用中、大型机对其进行处理。在这一时期,由于图像存储成本高,处理设备造价高,因而其应用面很窄。20世纪70年代进入了发展期,开始大量采用中、小型机进行处理,图像处理也逐渐改用光栅扫描显示方式,特别是出现了CT和卫星遥感图像,对图像处理技术的发展起到了很好的促进作用。到了20世纪80年代,图像处理技术进入普及期,此时的微机已经能够担当起图形图像处理的任务。VLSI的出现更使得处理速度大大提高,其造价也进一步降低,极大地促进了图形图像系统的普及和应用。20世纪90年代是图像技术的实用化时期,图像处理的信息量巨大,对处理速度的要求极高。

21世纪的图像技术要向高质量化方面发展,主要体现在以下几点:

■ 高分辨率、高速度:图像处理技术发展的最终目标是要实现图像的实时处理,这在移动目标的生成、识别和跟踪上有着重要意义;

■ 立体化:立体化所包括的信息最为完整和丰富,未来采用数字全息技术将有利于达到这个目的;

■ 智能化:其目的是实现图像的智能生成、处理、识别和理解。

1.1.4 图像处理技术的应用领域

目前图像处理技术主要的应用领域有:

- 通讯技术: 图像传真, 电视电话, 卫星通讯, 数字电视等;
- 宇宙探索: 其他星体图像的处理;
- 遥感技术: 农林资源调查, 作物长势监视, 自然灾害监测、预报, 地势、地貌以及地质构造测绘, 找矿, 水文、海洋调查, 环境污染检测等;
- 生物医学: X 射线、超声、显微镜图像分析, 内窥镜图、温谱图分析, CT 及核磁共振图分析等;
- 工业生产: 无损探伤, 石油勘探, 生产过程自动化(识别零件, 装配, 质量检查), 工业机器人视觉的应用与研究等;
- 气象预报: 天气云图测绘、传输;
- 计算机科学: 文字、图像输入的研究, 计算机辅助设计, 人工智能研究, 多媒体计算机与智能计算机研究等;
- 军事技术: 航空及卫星侦察照片的判读, 导弹制导, 雷达、声纳图像处理, 军事仿真等;
- 侦缉破案: 指纹识别, 印签、伪钞识别, 手迹分析等;
- 考古: 恢复珍贵的文物图片、名画、壁画等的原貌。

1.2 图像处理和系统

1.2.1 系统结构概述

一个基本的图像处理和系统可由图 1.1 表示。

从图中可以看出, 整个系统可以分为五个模块: 图像采集模块、图像处理和系统模块、图像显示模块、图像存储模块和图像通信模块。计算机只能对数字图像进行处理, 而自然界能够提供的图像都是模拟类型的, 所以首先要通过图像采集模块将图像转化为数字类型, 然后再送入处理和系统模块进行处理, 处理后的图像不但要经过显示模块形成可视信息, 而且还要能够由存储模块保存下来供以后使用。图像的通信模块是随着网络技术的迅猛发展应运而生的。通过图像的传输可以使不同的系统共享图像数据资源, 极大地推动了图像在各个领域中的广泛应用。

一个好的图像处理与系统应该满足以下条件:

- 系统硬件必须能够适应需要解决的问题, 其中最重要的一点就是采集模块必须能够进行正确的空间采样和灰度量化, 尽量不引入噪声;
- 在进行通用图像处理时, 处理和系统模块必须能够采用简单而逻辑性强的方法进行处理和系统, 以尽量提高图像的处理速度和质量;
- 图像处理算法库必须具备丰富性、可扩展性, 以适应系统处理能力不断增强的要求;

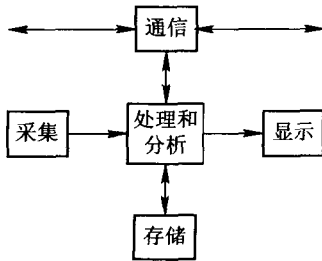


图 1.1 图像处理和系统结构示意图

■ 系统要具有足够的存储空间或良好的空间访问技术,这样既能保证在图像处理过程中对临时缓冲的要求,又能够确保对图像的完整存储;

■ 对于图像通信,尤其是图像远程通信来说,一定要保证图像数据量和传输通道相协调,以便获得最快的传输速率。

1.2.2 硬件组成

一个典型的计算机图像处理与分析系统主要由以下几个硬件部分组成:图像输入设备、图像输出设备、计算机和显示器。数字图像质量的高低,主要取决于图像输入、输出设备的状况。输入设备性能的高低,如数码相机的镜头质量、分辨率、色位数、存储媒体大小等是影响图像信息源质量的最根本因素;输出设备(如显示器、打印机等)性能的高低则直接决定图像输出质量的好坏。如果需要“看图”,即图像还原,则主要依靠显示器和显卡的作用。图像的各种处理操作,例如,图像滤波、增强和压缩等工作都是由计算机来完成的,因而计算机的性能将直接影响到图像处理的速度和质量。由于图像的数字化过程是图像处理非常基本而重要的一个环节,因而在这里我们着重向大家介绍一些有关图像输入设备的知识,读者可以参考有关书籍来了解其他硬件部分的原理和结构。

图像输入设备也称为图像数字化器,比较常用的有数字摄像机和扫描仪等。一般的图像数字化器由以下几个部分组成:

- 采样孔:保证能够单独观测特定的像素而不受其他部分的影响;
- 图像扫描机构:使采样孔能够按照预先指定的方式在图像上移动;
- 光传感器:能够通过采样孔测量图像的每一个像素的亮度;
- 量化器:将传感器输出的连续量转化为数字量;
- 输出存储体:可以是固态存储器或磁盘等。

CCD(电荷耦合器件)摄像机是一种常用的数字化器。对于来自被测对象的自然光通过光学系统,由CCD器件转换成电信号(时间序列的输出信号),然后将传感器的电荷逐步移出,形成像素。CCD摄像机会引入两种类型的噪声:一种是读出噪声,是由CCD片内电路随机产生的,电荷读出速度越快(曝光时间越短),亮度越低,其噪声越明显;另一种噪声是光子噪声,是由光的量子性造成的。每个像素每秒接收光子的数目实际上是一个随机数,这个数目一般呈泊松分布,在强曝光或暗电流较大的条件下,光子噪声是图像的主要噪声来源。

扫描仪也是一种图像输入装置,通过扫描胶片上的摄影图像获得数字图像。由于受到胶片上的乳胶颗粒大小和密度的影响,扫描仪存在着固定的额外噪声。通常情况下要求乳胶颗粒较小,乳胶层较薄,以尽量避免乳胶层中的光扩散。

判断一个图像数字化器性能的好坏主要采用以下标准:

- 像素大小:采样孔的大小和相邻两像素间的间距是数字化器的两个重要性能指标;
- 图像大小:对于扫描仪器而言,图像大小与允许的输入胶片大小有关,而对于数字化器的输出而言,图像大小是数字化器最大行数与每行最大像素个数的乘积;
- 线性度:除了要了解灰度正比于图像亮度的精确程度以外,图像可以量化为多少个灰度级也是一个很重要的信息;
- 噪声情况:图像的噪声越低,数字化器的质量就越好。

1.2.3 图像数字化及存储

图像数字化是电脑进行图像处理之前必经的基本步骤,目的是把真实的图像转变成电脑能够接受的处理格式,即特定的一串连续数字。一幅图像只有在空间和灰度上都被离散化后才能够被计算机处理。空间坐标的离散化叫作空间采样,灰度的离散化叫作灰度量化的,由此可见,数字化过程是由采样与量化两个步骤组成的。

采样是将时间和空间上连续的图像转换成离散的采样点(即像素)集的过程。事实上,采样就是要决定用多少个点来描述一张图像,采样的结果就是通常所说的图像分辨率。采样可以分为均匀采样和非均匀采样,比较常用的是均匀采样,但是很多情况下可以根据图像特性利用自适应的采样过程来改进图像的视觉效果。例如,在图像灰度过渡区比较尖锐的情况下可以采用较密的采样,而较平滑的区域就可以使用稀疏的采样。采样时要注意采样间隔的选取,采样间隔越小,图像越精细,图像的点数越多,其采样数据越大,因而对计算机的负担也就越重。例如,一幅 320×240 的图像,就表示这幅图像是由 76 800 个像素点所组成的。可见,如果想要得到更加清晰的图像效果(也就是使这幅图像具有较高的分辨率),就需要使用更多的点来表示图像,那么相应地就需要付出更大的存储空间。采样通常使用采样频率来进行标示。采样频率是指一秒钟内采样的次数,它反映了采样点之间的间隔大小。丢失的信息越少,采样频率越高,采出的样本就越细腻、逼真,图像的质量越高,但要求的存储量也越大。

将像素点上的灰度值离散为整数,称之为量化,量化的结果是图像容纳的所有颜色数据。量化决定使用多大范围的数值来表示图像采样之后的每一个点,这个数值范围确定了图像能使用的颜色总数。例如,以 4 个 bit 存储一个点,就表示图像只能有 16 种颜色。数值范围越大,表示图像可以拥有更多的颜色,自然就可以产生更为细致的图像效果,但是相应地也必须占用更大的存储空间。量化又分为均匀量化和非均匀量化。均匀量化是指简单地在灰度范围内等间隔量化;非均匀量化是对像素出现频度少的部分采用大的间隔,而频度大的部分采用小间隔。通常所说的量化等级,是指每幅图像样本量化后一共可取多少个像素点(离散的数值)或用多少个二进制数位来表示,它反映了量化的质量,若每个样本用 8 位(通道数)二进制数表示,则有 2^8 (即 256)个量级;若采用 16 位(通道数)二进制数表示,则有 2^{16} (即 65 536)个量级;若采用 24 位(通道数)二进制数表示,则有 2^{24} (即 1667 万)个量级,同样,量级越大,图像质量就越高,存储空间要求就越大。

计算机图像数字化的质量采用三个方面的主要参数来进行衡量:采样频率、图像样本量化等级及通道数。由于计算机的工作速度、存储空间是相对有限的,各种参数都不能无限提高。那么数字化后的图像数据是如何存储的呢?计算机一般采用两种存储方式:一种是位映射(Bitmap),即位图存储模式;另一种是向量处理(Vector),也称矢量存储模式。

位映射是将图像的每一个像素点转换为一个数据,并存放在以字节为单位的矩阵中。当图像是单色时,一个字节可存放 8 个像素点的图像数据;16 色图像每两个像素点用一个字节存储;256 色图像每一个像素点用一个字节存储,这样就能够精确地描述各种不同颜色模式的图像画面。所以此种存储模式较适合于内容复杂的图像和真实的照片,例如,用数码相机和扫描仪获取的图像一般都存储为位图。位图图像的缺点在于:随着分辨率以及颜色数的提高,位图图像所占用的磁盘空间会急剧增大,同时在放大图像的过程中,图像

也会变得模糊而失真。

向量处理存储图像内容的轮廓部分,而不存储图像数据的每一点。例如,对于一个圆形图案,只要存储圆心的坐标位置和半径长度,以及圆形边线和内部的颜色即可。该存储方式的缺点是经常耗费大量的时间做一些复杂的分析演算工作,但图像的缩放不会影响显示精度,即图像不会失真,而且图像的存储空间较位图方式要少得多。所以,向量处理比较适合存储各种图表和工程设计图。

总体来看,位图是记录每一个像素的颜色值,再把这些像素点组合成一幅图像,而矢量图是保存图形对象的位置和曲线、颜色的算法。位图占用的存储空间较矢量图要大得多,而矢量图的显示速度较位图慢。

1.2.4 图像处理软件

能够进行图像处理的软件很多,其中最著名的就是 Photoshop,该软件能够实现图像显示、增强、剪切、滤波等一系列的操作,效果非常不错,由该软件生成的图像文件格式目前已经作为国际标准予以应用。但是,许多人将图像处理与 Photoshop 画上了等号,这是一种非常错误的概念。事实上,Photoshop 只是一种通用的图像处理软件,一般是用来提高视觉感受,而实际的图像处理工作主要是针对不同的应用领域提取不同的信息的,这是 Photoshop 不善长甚至不支持的。针对不同的应用领域需要不同的图像处理算法,因此用户最好还是根据对某个图像处理软件或高级程序语言的掌握程度来编写自己的图像处理程序。本书将向大家主要介绍如何使用 MATLAB 6.x 来实现各种类型的图像处理。

1.3 MATLAB 图像处理初步

MATLAB 是一种基于向量(数组)而不是标量的高级程序语言,因而 MATLAB 从本质上就提供了对图像的支持。从图像的数字化过程我们知道,数字图像实际上就是一组有序的离散数据,使用 MATLAB 可以对这些离散数据形成的矩阵进行一次性的处理。较其他标量语言而言,这是非常有优势的一点。为了使读者对 MATLAB 图像产生一个整体概念,下面我们给出两个图像处理的实例,例子中涉及到的图像处理技术读者可以在后续章节进行学习和掌握。

△ 注意:

在启动 MATLAB 运行本书的所有例子之前,必须保证图像处理工具箱已经安装。



例 1.1: 图像处理的基本操作。

步骤一: 读入并显示一幅图像。首先清除 MATLAB 所有的工作平台变量,关闭已打开的图形窗口:

```
clear;  
close all;
```

然后使用图像读取函数 `imread` 来读取一幅图像。假设要读取图像 `pout.tif` (该图像是图像处理工具箱自带的图像),并将它存储在一个名为 `I` 的数组中:

```
I=imread('pout.tif');
```

使用 `imshow` 命令来显示数组 `I`：

```
imshow(I)
```

显示结果如图 1.2 所示。

步骤二：检查内存中的图像。使用 `whos` 命令来查看图像数据 `I` 是如何存储在内存中的：

```
whos
```

MATLAB 将做出如下的响应：

Name	Size	Bytes	Class
I	291×240	69840	uint8 array

Grand total is 69840 elements using 69840 bytes



图 1.2 图像 `pout.tif` 的显示效果

步骤三：实现直方图均衡化。如图 1.2 所示，`pout.tif` 是一幅对比度较低的图像。为了观察图像当前状态下亮度的分布情况，用户可以使用 `imhist` 函数创建描述该图像灰度分布的直方图。使用 `figure` 命令创建一个新的图像窗口，从而避免直方图覆盖图像数组 `I` 的显示结果：

```
figure, imhist(I)
```

绘制结果如图 1.3 所示。

从图 1.3 中可以看出，由于图像的灰度范围是比较狭窄的，没有覆盖整个灰度范围 `[0, 255]`（图像的默认存储类型为 `uint8`），并且图像中灰度值的高低区分不明显，因而不能产生好的对比度。下面调用 `histeq` 函数将图像的灰度值扩展到整个灰度范围中，从而使数组 `I` 的对比度提高。修改过的图像数据将保存在变量 `I2` 中：

```
I2 = histeq(I);
```

在一个新的图像窗口中显示新的经过拓展处理的图像 `I2`：

```
figure, imshow(I2)
```

拓展后的图像显示结果如图 1.4 所示。

步骤四：对 `I2` 再次调用 `imhist` 函数以观察拓展后的灰度值分布情况。

```
figure, imhist(I2)
```

灰度直方图如图 1.5 所示。

用户通过使用函数 `histeq` 来调节图像的像素分布，使之能够分布在与图像类型有关的整个取值范围内。对于一幅图像 `X`，如果存储类型是 `uint8`，那么相应的取值范围就是 `[0, 255]`；如果是 `uint16`，则取值范围是 `[0, 65535]`；如果是双精度，则取值范围是 `[0, 1]`。比较图 1.3 和图 1.5 可以看出，`I2` 的直方图比 `I` 的直方图要长且平坦，这种铺展直方图的过程就叫作直方图均衡化。

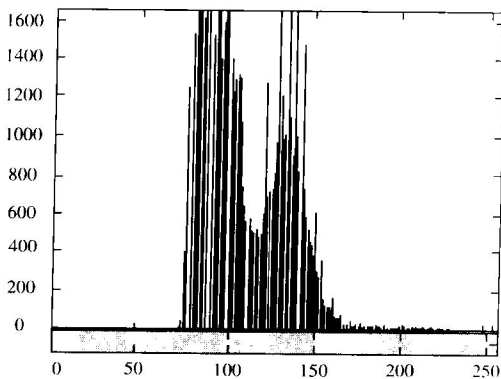


图 1.3 图像 `pout.tif` 的灰度直方图