

学以致用

精通图像处理经典算法

(MATLAB版) (第2版)

杨帆 王志陶 张华 编著

非
外
借



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

内容简介

精通图像处理经典算法 (MATLAB 版)

(第2版)

杨帆 王志陶 张华 编著



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以 MATLAB 图像处理技术为主线,结合图像处理的典型算法和应用案例,按照从基础理论、算法分析到实际应用的过程进行讲解。不仅涉及数字图像的文件读/写、显示、类型转换、频域变换、几何变换、图像增强、图像去噪、图像分割、边缘检测、特征提取、图像配准、图像拼接、图像压缩、图形用户界面设计等技术,而且详细讲述可视密码共享、数字图像置乱、图像数字水印、红外图像识别、杂草图像识别、指纹考勤、PCB 缺陷检测、人脸检测及微小目标检测等典型应用案例,同时还介绍了利用 MATLAB 和 C/C++ 混合编程实现图像处理的过程。书中配有全部例题及案例的完整源程序,读者可到北京航空航天大学出版社网站(www.buaapress.com.cn)的“下载专区”免费下载。

本书既可作为高等院校或培训机构的 MATLAB 图像处理教程,也可作为工程技术人员、学生课程设计、毕业设计及教师的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

精通图像处理经典算法:MATLAB 版 / 杨帆, 王志陶, 张华编著. -- 2 版. -- 北京:北京航空航天大学出版社, 2018.2

ISBN 978-7-5124-2647-4

I. ①精… II. ①杨… ②王… ③张… III. ① Matlab 软件—应用—数字图像处理 IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 025948 号

版权所有,侵权必究。

精通图像处理经典算法(MATLAB 版)(第 2 版)

杨帆 王志陶 张华 编著

责任编辑 董立娟

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@buaacm.com.cn 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:22.5 字数:506 千字

2018 年 2 月第 2 版 2018 年 2 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-2647-4 定价:59.00 元

第 2 版前言

MATLAB 由于具有丰富的矩阵运算、高效的数据处理能力和丰富的工具箱、强大的扩展能力和可靠性、编程简单和开发周期短等特点,已经广泛用于图像处理、系统仿真等多个方面。而数字图像处理以信息量大、处理和传输方便、应用范围广等一系列优点,已成为人类获取信息的重要来源及利用信息的重要手段。如何将 MATLAB 程序设计很好地应用到数字图像处理技术之中,在宇宙探测、遥感、生物医学、工农业生产、军事、公安、办公自动化等领域得到广泛应用,已成为广大学者及工程技术人员迫切需要和急需解决的关键问题。

本书以实际应用为背景,结合多年的教学与科研经验,深入浅出地讲述 MATLAB 在图像处理技术方面的应用。全书共有 10 章:

第 1 章为图像处理基础,一方面对图像处理的数学模型、研究内容、文件格式、颜色模型及 MATLAB 的界面环境、基本运算做简单介绍,另一方面对图像显示、类型转换、运算等基本操作及 MATLAB 在图像处理中的应用进行详细解读,为后面的学习奠定基础。

第 2~5 章主要对图像频域变换(傅立叶、离散余弦变换)、几何变换(位置、形状、复合)、图像灰度增强(灰度变换、直方图修正、高通滤波)、图像去噪(空域、频域、形态学)、图像分割(阈值、区域)、特征提取(形状、纹理、边缘、直线)、图像配准、图像拼接、图像压缩等算法进行分析,重点讲述 MATLAB 常用函数用法及编程实现算法的过程,并给出仿真结果及分析,为读者理解图像处理的经典算法及应用这些算法解决实际问题创造条件。

第 6 章为图像处理的图形用户界面设计,主要讲述操作界面的设计过程,包括菜单、工具栏、快捷键、对话框、信息栏、可执行文件生成等设计,解决图形用户界面设计的一些关键问题。

第 7~9 章给出了图像处理在信息隐藏(可视密码共享、图像置乱、图像数字水印)、图像识别(红外图像、杂草图像、指纹考勤仪)和图像检测(PCB 缺陷、人脸检测、微小目标检测)等多个方面的应用案例;给出了设计的全过程,为读者在图像处理中的开发应用提供真实的案例分析。

第 10 章通过实例介绍了利用 MATLAB 和 C/C++ 混合编程,使读者不仅能利用 MATLAB 进行图像处理,而且能在 C/C++ 环境下,利用 MATLAB 丰富的图像处理工具箱实现图像处理。书中配有全部例题及案例的完整源程序,便于读者学习和在实际开发中使用。

目前市场上有较多基于 MATLAB 图像处理的书籍,其中一部分书籍以讲解图像处理的基本方法、原理为重点,只是简单介绍 MATLAB 在图像处理中的一些简单算法及主要应用,存在应用性、实践性内容讲解不详细等问题。另一部分书籍以讲述智能算法(神经网络、模糊集、一群算法、支持向量机等)及其应用为主,对图像处理的基本原理、典型算法及应用存在讲述不细致、不系统、不规范,理论与实践相脱节等问题。编写本书的出发点是为了克服上述两种情况的不足,在对基础知识介绍够用的基础上,通过大量的例题及丰富的案例分析降低学习难度,使读者较快掌握图像处理的基本算法及界面设计,引导其较容易地应用 MATLAB 进行图像处理,解决有关图像处理方面的关键问题。在编写过程中力求做到以下几个特点:

- ① 内容由浅入深,理论简洁,循序渐进,便于理解;
- ② 例题经典量大,算法清晰,解释详尽,易于掌握;
- ③ 案例分析透彻,通俗易懂,可举一反三,学以致用。

本书既可作为学校或培训机构的 MATLAB 图像处理教程,也可作为工程技术人员、学生课程设计、毕业设计及教师的参考用书。

本书由杨帆、王志陶、张华、耿杏雨等编写,由杨帆统稿。在编写工作中得到了魏琳琳、王世亮、宋莉莉、户姗姗、唐红梅、张志伟等同志的帮助,在此表示感谢。

本书在编写和出版过程中,得到了北京航空航天大学出版社的热情指导和大力支持,对他们的辛勤劳动和无私奉献表示真挚的谢意。同时,对本书参考文献中的有关作者致以诚挚的感谢。

由于编者水平所限,书中错误、不妥之处在所难免,殷切希望广大读者批评赐教。有兴趣的读者可以发送电子邮件到 yangfan@hebut.edu.cn,与作者进一步交流;也可以发送电子邮件到 xdhydc5@sina.com.cn,与本书策划编辑进行交流。

编者

2018 年 1 月

实例索引

- 【例 1.5.1】 单幅图像的显示/32
- 【例 1.5.2】 多帧图像的显示/32
- 【例 1.5.3】 不同类型图像之间的相互转换/34
- 【例 1.5.4】 图像相加/35
- 【例 1.5.5】 图像相减运算/36
- 【例 1.5.6】 图像乘运算/38
- 【例 1.5.7】 图像除运算/39
- 【例 1.5.8】 图像的逻辑运算/40
- 【例 2.1.1】 计算 2×2 的数字图像 $\{f(0,0)=3, f(0,1)=5, f(1,0)=4, f(1,1)=2\}$ 的傅立叶变换 $F(u,v)$ /44
- 【例 2.1.2】 将图 2.1.1(a) 所示图像的频谱进行频率位移, 移到窗口中央, 用 MATLAB 编程实现, 并显示出频率变换后的频谱图/45
- 【例 2.1.3】 傅立叶变换的旋转性/46
- 【例 2.1.4】 快速傅立叶变换实例/48
- 【例 2.1.5】 高斯低通滤波器的频率响应/49
- 【例 2.1.6】 快速卷积/49
- 【例 2.1.7】 确定特征位置/50
- 【例 2.2.1】 将图 2.2.1(a) 所示图像进行离散余弦变换, 显示变换结果/51
- 【例 2.2.2】 二维离散余弦逆变换/52
- 【例 2.3.1】 将图 2.3.1(a) 所示图像向右下方移动(偏移量为 50, 50), 图像大小保持不变, 空白的地方用黑色填充, 用 MATLAB 编程实现, 并显示平移后的结果/53
- 【例 2.3.2】 将图 2.3.2(a) 所示的图像分别进行水平, 显示镜像后的结果/54
- 【例 2.3.3】 将图 2.3.3(a) 所示的图像分别进行垂直镜像, 并显示镜像后的结果/55
- 【例 2.3.4】 将图 2.3.4(a) 所示的图像分别进行对角镜像, 用 MATLAB 编程实现并显示镜像后的结果/56
- 【例 2.3.5】 将如图 2.3.7(a) 所示图像, 分别逆时针旋转 30° 、 45° 和 60° , 用 MATLAB 编程实现, 并显示旋转后的结果/59
- 【例 2.4.1】 用最近邻法将如图 2.4.2(a) 所示图像进行缩放, 用 MATLAB 编程实现放大 5 倍和缩小 2 倍的程序, 并显示放大 5 倍和缩小 2 倍的结果/61
- 【例 2.4.2】 对如图 2.4.3(a) 所示的图像进行错切变换, 用 MATLAB 实现, 并显示错切后的图像。I 为原图像, B 为错切后的图像/63
- 【例 2.5.1】 将 2.5.1(a) 所示图像连续旋转两次, 显示其复合变换后的图像/64

- 【例 2.5.2】 将 2.5.2(a)所示图像向下、向右平移,并用白色填充空白部分,再对其做垂直镜像;然后旋转 30° ,再缩小 5 倍。用 MATLAB 编写其程序,给出运行结果/64
- 【例 3.1.1】 图像灰度调整,增加对比度/67
- 【例 3.1.2】 指定灰度范围进行图像增强处理/68
- 【例 3.1.3】 带有矫正量的指定灰度范围图像增强处理/69
- 【例 3.1.4】 调整索引图像的调色板/69
- 【例 3.1.5】 利用 `imadjust` 函数实现图像的反转变换/70
- 【例 3.1.6】 假设图像由一个 4×4 大小的二维数值矩阵构成,如图 3.1.7(a)所示,试写出图像的灰度分布,并画出图像的直方图/71
- 【例 3.1.7】 利用 MATLAB 画出图像对应直方图/72
- 【例 3.1.8】 假设有一幅图像,共有 64×64 个像素,有 8 个灰度级,各灰度级概率分布如表 3.1.2 所列,试将其直方图均衡化/73
- 【例 3.1.9】 通过实例来认识直方图均衡化前后的图像灰度分布/75
- 【例 3.1.10】 频域高通滤波法对图像进行增强/77
- 【例 3.1.11】 同态滤波图像增强/79
- 【例 3.2.1】 使用 MATLAB 灰度分层函数 `grayscale` 实现伪彩色图像处理/81
- 【例 3.2.2】 变换法伪彩色处理的实现/82
- 【例 3.2.3】 改进变换法伪彩色处理的实现/84
- 【例 3.3.1】 在图像中添加不同的噪声/86
- 【例 3.3.2】 掩模消噪法去噪/88
- 【例 3.3.3】 邻域平均法去除噪声/89
- 【例 3.3.4】 多图像平均法去除噪声/90
- 【例 3.3.5】 中值滤波去除噪声/92
- 【例 3.3.6】 `wiener2` 自适应滤波器/94
- 【例 3.4.1】 巴特沃斯低通滤波器的实现/97
- 【例 3.4.2】 指数型低通滤波器的实现/98
- 【例 3.4.3】 梯形低通滤波器的实现/99
- 【例 3.5.1】 将如图 3.5.6(a)所示的灰度图像用 MATLAB 编程进行腐蚀与膨胀处理,要求:①用 3 阶单位矩阵的结构元素进行腐蚀和膨胀;②用半径为 2 的平坦圆盘形结构元素进行腐蚀和膨胀;③显示所有腐蚀及膨胀结果/102
- 【例 3.5.2】 将如图 3.5.10(a)所示灰度图像用 MATLAB 编程进行开和闭运算,要求:①用 3 阶单位矩阵的结构元素进行开和闭运算;②用原点到顶点距离均为 2 的平坦菱形结构元素进行开和闭运算;③显示所有开和闭运算的结果/106
- 【例 3.5.3】 将图 3.5.11(a)采用形态学方法进行滤波,通过 MATLAB 编程实现滤波,并显示部分结果和最终结果/107

- 【例 4.1.1】 用直方图双峰法阈值分割图像/110
- 【例 4.1.2】 迭代全局阈值图像分割/111
- 【例 4.1.3】 使用 graythresh 函数进行图像分割/113
- 【例 4.1.4】 使用最小误差阈值法进行图像的分割/114
- 【例 4.2.1】 利用灰度差判别法对图像进行分割/117
- 【例 4.2.2】 调用 qtdecomp 函数实现对图像的四叉树分解/119
- 【例 4.3.1】 一阶微分算子边缘检测/121
- 【例 4.3.2】 二阶微分算子边缘检测/123
- 【例 4.3.3】 利用 Hough 变换在图像中检测直线/125
- 【例 4.4.1】 返回图 4.4.1 中指定位置的像素值大小/126
- 【例 4.4.2】 求图 4.4.2 的质心坐标/127
- 【例 4.4.3】 计算图 4.4.3 用隙码表示的周长/128
- 【例 4.4.4】 计算图 4.4.3 用链码表示的周长/128
- 【例 4.4.5】 计算图 4.4.3 用隙码边界所占面积表示的周长/130
- 【例 4.4.6】 计算图 4.4.3 的面积/130
- 【例 4.4.7】 计算图 4.4.4 的均值、标准差和方差/131
- 【例 4.4.8】 计算图 4.4.5 的矩形度/131
- 【例 4.4.9】 计算图 4.4.6 的圆形度/132
- 【例 4.4.10】 计算图 4.4.8 的欧拉数/133
- 【例 4.4.11】 图 4.4.8(a)为原始图像,分别对其进行逆时针旋转 5° 、垂直镜像、尺度缩小为原图的一半,分别求出原图及变换后的各个图像的 7 阶矩,从而得出这 7 个矩的值对于旋转、镜像及尺度变换不敏感的结论/134
- 【例 4.5.1】 计算图像局部最大差值/137
- 【例 4.5.2】 计算图像的局部标准差/138
- 【例 4.5.3】 计算图像的局部熵/138
- 【例 4.5.4】 计算图 4.5.5 灰度共生矩阵的统计量/141
- 【例 4.6.1】 计算图 4.6.1 的归一化互相关图像配准/142
- 【例 4.6.2】 遥感图像特征点配准算法设计/146
- 【例 4.7.1】 SIFT 特征检测/152
- 【例 4.7.2】 基于欧氏距离的特征粗匹配/162
- 【例 4.7.3】 RANSAC 去除误匹配点/164
- 【例 4.7.4】 加权融合/167
- 【例 4.7.5】 图像拼接算法主程序/169
- 【例 5.1.1】 设有一个图像(256 灰度级)分成了很多 8×8 的不重叠的像素块,其中一个亮度数据块如图 5.1.6 所示,请将其进行 DCT 编码/180
- 【例 5.1.2】 原始图像如图 5.1.8 所示,首先分割成 16×16 的子图像,然后对每个子图像进行 DCT,将每个子图像的 256 个 DCT 系数舍去 35% 小的变换系

数进行压缩,显示解码图像/182

- 【例 5.1.3】 用 MATLAB 编程实现将图 5.1.10(a)所示的原始图像分割成 8×8 的子图像,对每个子图像进行 DCT,这样每个子图像有 64 个系数,舍去 50% 小的变换系数,进行 2:1 的压缩,显示解码图像/183
- 【例 5.2.1】 利用 MATLAB 及二维小波变换对图 5.2.6(a)所示图像进行压缩/187
- 【例 5.3.1】 利用 MATLAB 语言及 LBG 算法进行码书设计/191
- 【例 5.3.2】 采用 4 幅的 256 级灰度图像对系统性能进行模拟实验仿真/196
- 【例 7.1.1】 实现(3,5)门限密码共享算法分析/224
- 【例 7.3.1】 举例说明水印嵌入的过程/235
- 【例 10.3.1】 画出 x^2 的曲线图,并且实现一张图片文件的读取和显示/312
- 【例 10.3.2】 将一幅图像进行对数变换,并显示原图像和变换之后的图像/314
- 【例 10.3.3】 用空域高通滤波法对图像进行锐化/316
- 【例 10.4.1】 使用 OpenCV 读取一张彩色图片,并将该图片转换为灰度图像,最后用 MATLAB 显示转换后的灰度图像/319

目 录

第 1 章 图像处理基础	1	和旋转性质及应用	45
1.1 图像及图像数字化	1	2.1.3 快速傅立叶变换的 MATLAB	
1.1.1 图 像	1	实现	47
1.1.2 图像的数学模型	2	2.1.4 快速傅立叶变换应用	48
1.1.3 采样及量化	2	2.2 离散余弦变换及应用	51
1.1.4 图像存储容量的估算	5	2.2.1 离散二维余弦变换	51
1.2 常用的图像文件格式及颜色模型 ..	6	2.2.2 离散二维余弦逆变换	52
1.2.1 常用的图像文件格式	6	2.3 图像的位置变换及应用	53
1.2.2 数字图像类型	7	2.3.1 图像平移变换	53
1.2.3 颜色模型	9	2.3.2 图像镜像变换	54
1.3 图像处理的主要研究内容及应用 ..	11	2.3.3 图像旋转变换	57
1.3.1 图像处理及主要目的	11	2.4 图像的形状变换	60
1.3.2 图像处理的主要研究内容	11	2.4.1 图像比例缩放变换	60
1.3.3 数字图像处理系统	13	2.4.2 图像的错切变换	62
1.3.4 数字图像处理的应用	14	2.5 图像的复合变换及应用	64
1.4 MATLAB 概述	16	第 3 章 图像增强及去噪技术	66
1.4.1 MATLAB 的特点	16	3.1 图像的灰度增强及应用	66
1.4.2 MATLAB 的界面环境	17	3.1.1 图像灰度变换	66
1.4.3 M 文件的编辑调试环境	18	3.1.2 直方图均衡化及应用	71
1.4.4 MATLAB 基本运算	21	3.1.3 高通滤波图像增强及应用	76
1.4.5 函数及调用	30	3.1.4 同态滤波图像增强	78
1.5 MATLAB 图像处理基本操作	31	3.2 伪彩色增强及应用	80
1.5.1 MATLAB 图像处理工具箱	31	3.2.1 灰度分层法伪彩色增强	80
1.5.2 图像处理读/写技术	32	3.2.2 灰度变换法伪彩色增强	82
1.5.3 图像显示技术及应用	32	3.3 空间域图像去噪技术	85
1.5.4 图像类型及其转换应用	33	3.3.1 图像噪声的加入	86
1.5.5 图像的代数运算及应用	35	3.3.2 平滑滤波器	87
1.5.6 图像的逻辑运算及应用	39	3.3.3 中值滤波器	91
1.6 MATLAB 图像处理操作流程	41	3.3.4 自适应滤波器	93
第 2 章 图像变换技术	44	3.4 频率域图像去噪技术及应用	95
2.1 离散傅立叶变换	44	3.4.1 低通滤波器	95
2.1.1 二维离散傅立叶变换	44	3.4.2 巴特沃斯低通滤波器	96
2.1.2 二维离散傅立叶变换的平移		3.4.3 指数型低通滤波器	98

3.4.4 梯形低通滤波器	99	5.1.2 离散余弦变换编码	172
3.5 形态学滤波去噪技术及应用	100	5.1.3 离散余弦变换压缩举例	180
3.5.1 图像的腐蚀与膨胀运算	100	5.2 小波变换的图像压缩技术及应用	184
3.5.2 图像的开与闭运算	104	5.2.1 小波变换简介	184
3.5.3 图像的滤波技术	107	5.2.2 小波变换的图像压缩技术	186
第 4 章 图像分析	109	5.3 矢量量化的图像压缩技术及应用	189
4.1 阈值分割及应用	109	5.3.1 矢量量化码书的设计	190
4.1.1 灰度直方图的阈值双峰法分割	109	5.3.2 矢量量化的编码过程	194
4.1.2 迭代式阈值分割	111	5.3.3 矢量量化的解码过程	195
4.1.3 最大累间方差阈值分割	112	第 6 章 图像处理的图形用户界面设计	198
4.1.4 最小误差阈值分割	114	6.1 图形用户界面创建	198
4.2 区域分割及应用	116	6.1.1 控件对象的创建	199
4.2.1 区域生长法	116	6.1.2 控件对象的属性	203
4.2.2 区域的分裂与合并	118	6.2 菜单及快捷键的设计	206
4.3 边缘提取及应用	120	6.2.1 菜单的设计	206
4.3.1 边缘检测算子	120	6.2.2 添加工具栏快捷键	208
4.3.2 直线提取	123	6.3 图像处理的图形用户界面的设计	212
4.4 几何及形状特征分析及应用	126	6.3.1 界面操作的关键技术分析	212
4.4.1 像素值的获取	126	6.3.2 编译为 .exe 文件	220
4.4.2 图像质心、周长和面积的计算	127	第 7 章 数字图像处理在信息隐藏	222
4.4.3 图像均值、标准差和方差的计算	130	7.1 实例:可视密码共享技术	222
4.4.4 形状特征的主要参数计算	131	7.1.1 拉格朗日插值算法	222
4.4.5 不变矩的计算	134	7.1.2 实现可视密码共享的步骤	224
4.5 纹理特征分析及应用	136	7.1.3 (3,4)门限的可视密码共享实例分析	225
4.5.1 纹理分析函数	137	7.2 实例:数字图像置乱技术	228
4.5.2 灰度共生矩阵	139	7.2.1 图像置乱原理	228
4.6 图像配准技术及应用	141	7.2.2 Arnold 变换及应用	230
4.6.1 归一化互相关图像配准	142	7.2.3 Arnold 反变换及图像恢复	232
4.6.2 特征点的图像配准	145	7.3 实例:图像数字水印技术	235
4.7 图像拼接技术及应用	147	7.3.1 数字水印的嵌入及应用	235
4.7.1 图像拼接流程	147	7.3.2 数字水印的提取	238
4.7.2 SIFT 描述子的提取	149	7.3.3 数字水印的稳定性测试	240
4.7.3 SIFT 特征向量的配准	161	第 8 章 数字图像处理在识别领域	243
4.7.4 图像融合	165	8.1 实例:红外图像识别技术	243
第 5 章 图像压缩技术	171	8.1.1 飞机红外图像分割	243
5.1 离散余弦变换的图像压缩技术	171		
5.1.1 变换编码	171		

8.1.2	飞机红外图像特征提取	246	的准备工作	307	
8.1.3	飞机红外图像识别	250	10.3	MATLAB 和 C/C++ 的混合编程	
8.2	实例:麦田杂草图像的识别	253	实例	309	
8.2.1	麦田杂草图像的预处理	253	10.3.1	创建新的 VS2008 工程	309
8.2.2	绿色植物与土壤背景的分割	254	10.3.2	VS2008 开发环境的配置	310
8.2.3	麦田杂草图像纹理特征提取	259	10.3.3	图像处理实例分析	312
8.2.4	麦田杂草图像的分类	260	10.4	OpenCV 与 MATLAB 的混合编程	318
8.3	实例:指纹考勤仪的算法实现	272	10.4.1	OpenCV 环境的搭建	318
8.3.1	指纹图像的预处理	272	10.4.2	OpenCV、MATLAB 和 C/C++ 混合编程实例分析	319
8.3.2	指纹图像的特征提取	275	附录 A	MATLAB 图像处理工具箱函数	321
8.3.3	考勤仪算法实现	276	附录 B	图像处理技术常用英汉术语(词汇)对照	334
第 9 章	数字图像处理在检测领域中的应用	281	参考文献	348	
9.1	实例:印刷电路板缺陷检测	281			
9.1.1	印刷电路板主要缺陷及检测方法	281			
9.1.2	印刷电路板图像的预处理	282			
9.1.3	印刷电路板图像的配准	283			
9.1.4	印刷电路板缺陷的识别与缺陷类型的判断	285			
9.2	实例:人脸检测	289			
9.2.1	人脸图像的预处理	289			
9.2.2	色彩空间及肤色分割	292			
9.3	实例:红外微小目标检测	297			
9.3.1	红外图像预处理	297			
9.3.2	微小目标特征提取及特征融合	298			
9.3.3	自适应目标分割	301			
第 10 章	MATLAB 和 C/C++ 混合编程实现图像处理	304			
10.1	C/C++ 数字图像处理	304			
10.1.1	C/C++ 编程语言的简介	304			
10.1.2	C/C++ 在数字图像处理方面的应用	305			
10.2	MATLAB 引擎及运行环境设置	306			
10.2.1	MATLAB 引擎	306			
10.2.2	MATLAB 引擎的一些重要函数	306			
10.2.3	C/C++ 调用 MATLAB 引擎				

第 1 章

图像处理基础

图像是人类获取信息、表达信息和传递信息的重要手段。图像信息具有直观、形象、易懂和信息量大等特点,因此,是人们日常生活中接触最多的信息种类之一。近年来,随着对图像处理的要求不断提高,应用领域不断扩大,图像处理技术得到了迅速提高、补充和发展。图像处理已经从可见光谱扩展到红外、紫外等非可见光谱,从静止图像发展到运动图像,从物体的外部延伸到物体的内部以及进行人工智能化的图像处理等。而 MATLAB 自推出以来就受到广泛的关注,其强大的推广功能为图像处理、计算机图形学等多个领域的应用提供了有力的工具。

本章主要介绍图像及图像的数字化、常用的图像文件格式、颜色模型、图像处理研究内容及应用,并对图像处理基本操作及 MATLAB 在图像处理中的应用进行解读,为后面的学习奠定基础。

1.1 图像及图像数字化

1.1.1 图 像

图像是自然界景物的客观反映,是人类认识世界和人类本身的重要源泉。汉字、照片、绘画、影视画面都属于图像;照相机、显微镜或望远镜的取景器上的光学成像也是图像。通过某些传感器变换得到的电信号图,如脑电图、心电图等也可看作是一种图像。“图”是物体反射或透射光的分布,是客观存在的,而“像”是人的视觉系统所接收的图在人脑中形成的印象或认识。总之,凡是人类视觉上能感受到的信息,都可以称为图像。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。本书中涉及图像处理都是指数字图像的处理。

1.1.2 图像的数学模型

在计算机中,图像由像素组成,如图 1.1.1(a)所示图像被分割成图 1.1.1(b)所示的像素,各像素的灰度值用整数表示。对于一幅 $M \times N$ 个像素的数字图像,其像素灰度值可以用 M 行、 N 列的矩阵 $f(i, j)$ 表示:

$$f(i, j) = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1N} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2N} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ f_{M1} & f_{M2} & \cdots & f_{MN} \end{bmatrix} \quad (1.1.1)$$

习惯上把数字图像左上角的像素定为(1,1)像素,右下角的像素定为(M, N)像素。若用 i 表示垂直方向, j 表示水平方向,这样,从左上角开始,纵向第 i 行,横向第 j 列的第(i, j)像素就存储到矩阵的元素 $f(i, j)$ 中,数字图像中的像素与二维矩阵中的每个元素便一一对应起来。图 1.1.1(a)所示图像可用图 1.1.1(c)所示矩阵表示。

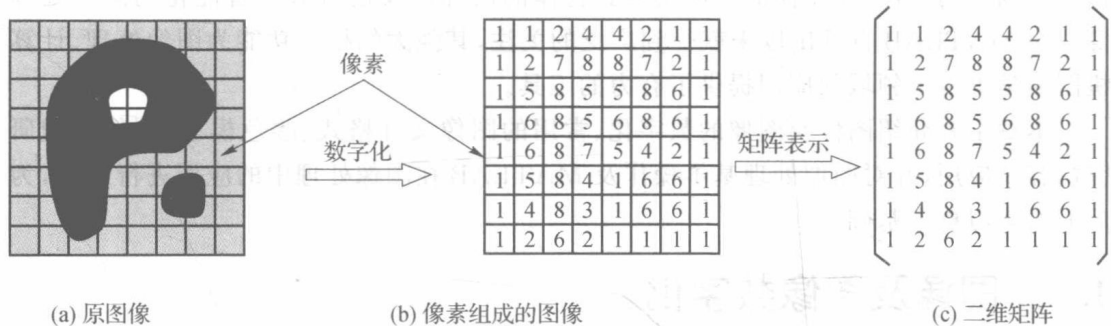


图 1.1.1 数字图像

在计算机中把数字图像表示为矩阵后,就可以用矩阵理论和其他一些数学方法来对数字图像进行分析和处理了。

1.1.3 采样及量化

1. 采 样

图像信号是二维空间的信号,是一个以平面上的点作为独立变量的函数。例如,黑白与灰度图像是用二维平面情况下的浓淡变化函数来表示的,通常记为 $f(x, y)$,表示一幅图像在水平和垂直两个方向上的光照强度的变化。图像 $f(x, y)$ 在二维空域里进行空间采样时,常用的办法是对 $f(x, y)$ 进行均匀抽样,取得各点的亮度值,构成一个离散函数 $f(i, j)$ 。示意图如图 1.1.2 所示。

如果是彩色图像,则以三基色(RGB)的明亮度作为分量的二维矢量函数来表

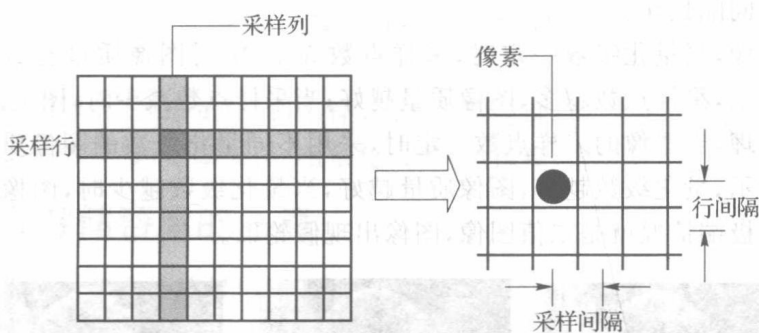


图 1.1.2 采样示意图

示。即

$$f(x, y) = [f_R(x, y) \quad f_G(x, y) \quad f_B(x, y)]^T \quad (1.1.2)$$

同一维信号一样,二维图像信号的采样也要遵循采样定理,原理与数字电路中讲的一维信号采样定理类似,这里不再赘述。

2. 量 化

模拟图像经过采样后在时间和空间上离散化为像素,但采样所得的像素值(即灰度值)仍是连续量。把采样所得的各像素灰度值从模拟量到离散量的转换称为图像灰度的量化。图 1.1.3(a)说明了量化过程。若连续灰度值用 z 来表示,对于满足 $z_i \leq z \leq z_{i+1}$ 的 z 值,都量化为整数 q_i 。 q_i 称为像素的灰度值, z 与 q_i 的差称为量化误差。像素值量化后用 1 个字节(8 bit)来表示。如图 1.1.3(b)所示,把由“黑-灰-白”连续变化的灰度值量化为 0~255 共 256 级灰度值,灰度值的范围为 0~255,0 为黑色,255 为白色,表示亮度从深到浅,对应图像中的颜色为从黑到白。

一幅图像在采样时行、列的采样点与量化时每个像素量化的级数,既影响数字图像的质量,也影响到该数字图像数据量的大小。连续灰度值量化为灰度级的方法有两种

一种,一种是等间隔量化,另一种是非等间隔量化。等间隔量化就是简单地把采样值的灰度范围等间隔地分割并进行量化。对于像素灰度值在黑-白范围较均匀分布的图像,使用这种量化方法可以得到较小的量化误差。该方法也称为均匀量化或线性量化。为了减小量化误差,引入了非均匀量化的方法。非均匀量化是依据一幅图像具体的灰度值分布的概率密度函数,按总的量化误差最小的原则来进行量化的。具体做法是对图像中像素灰度值频繁出现的灰度值范围的量化间隔取小一些,而对那些像素灰度值极少出现的范围则量化间隔取大一些。由于图像灰度值的概率分布密度函数因图像不同而异,所以不可能找到一个适用于各种不同图像的最佳非等间隔量化方案。因此,实际上

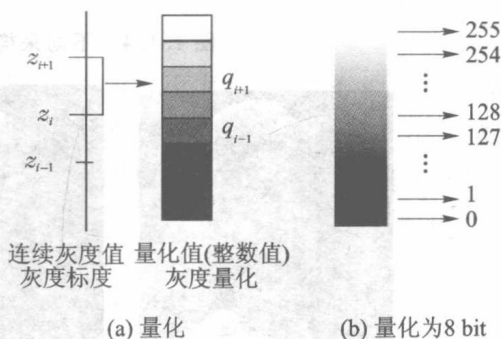


图 1.1.3 量化示意图

一般都采用等间隔量化。

对一幅图像,当量化级数一定时,采样点数 $M \times N$ 对图像质量有着显著的影响。如图 1.1.4 所示,采样点数越多,图像质量越好;当采样点数减少时,图上的块状效应就逐渐明显。同理,当图像的采样点数一定时,采用不同量化级数的图像质量也不一样。如图 1.1.5 所示,量化级数越多,图像质量越好,当量化级数越少时,图像质量越差,量化级数最小的极端情况就是二值图像,图像出现假轮廓。

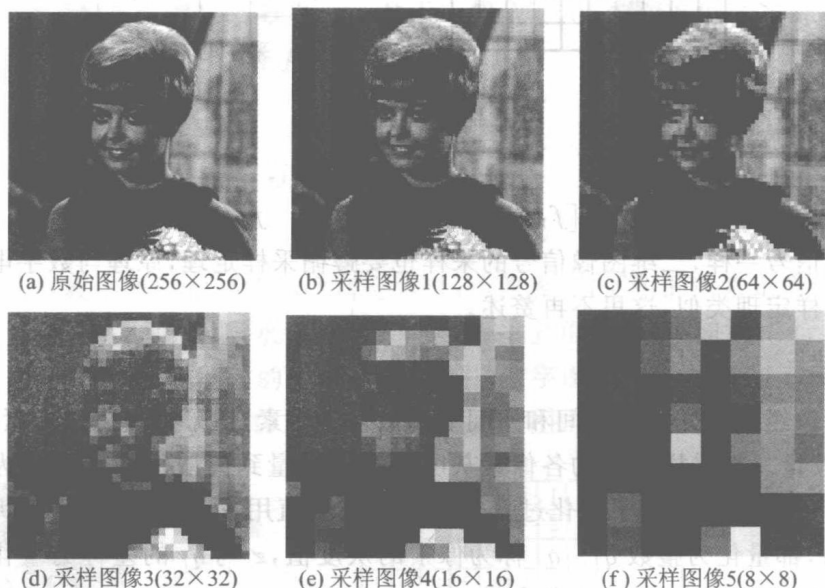


图 1.1.4 不同采样点数对图像质量的影响



图 1.1.5 不同量化级别对图像质量的影响

一般情况下,当限定数字图像的大小时,为了得到质量较好的图像可采用如下原则:

- ①对缓变的图像,应该细量化、粗采样,以避免假轮廓。
- ②对细节丰富的图像,应细采样、粗量化,以避免模糊(混叠)。

1.1.4 图像存储容量的估算

一幅数字图像保存在计算机中要占用一定的内存空间,这个空间的大小就是数字图像文件的数据量大小。图像中的像素数量越多,则数字图像的数据量就越大,同时,数字图像的效果也就越贴近真实。一幅没有经过压缩的数字图像的数据量大小可按照以下公式进行估算:假定图像取 $M \times N$ 个样点,每个像素量化后的灰度二进制位数为 Q ,一般 Q 总是取为 2 的整数幂,即 $Q = 2^k$,则存储一幅数字图像所需的二进制位数 b 为:

$$b = M \times N \times Q$$

字节数为:

$$B = M \times N \times \frac{Q}{8}$$

例如,一幅具有 640×480 的 256 色,其文件所占用空间大约为 $640 \times 480 \times 8 \div 8 \approx 0.3$,单位为 MB;一幅具有 $1\,024 \times 768$ 像素的真彩色图像,其文件所占用空间大约为 $1\,024 \times 768 \times 24 \div 8 \approx 2.4$,单位为 MB。

1.1.5 图像分辨率

图像分辨率反映了图像文件本身的清晰程度,也称为解析度,是指每英寸长度的像素点数目(dpi)。例如,在 1 英寸长度上有 100 个像素,则图像分辨率就是 100 dpi。对于同样大小的一副原图,若数字化时图像分辨率越高,则组成的像素点的数目越多,看起来就越逼真;反之,图像就越显得粗糙。因此,不同的分辨率会形成不同的图像清晰度。

图像分辨率对于图像水平和垂直两个方向上的度量保持一致,即在长和宽方向上具有同样的分辨率。若一幅 1 英寸 \times 1 英寸的位图的分辨率是 100 dpi,则说明该图上一共有 10 000 个像素。对尺寸相同的位图进行高分辨率扫描可获得更逼真的图像。若使用 600 dpi 的分辨率扫描 1 英寸 \times 1 英寸的图像,则将获得一幅包含 360 000 个像素的数字图像,其包含的信息量是使用 100 dpi 进行扫描的 36 倍。

数字图像尺寸由水平和垂直的像素点表示。若用 200 dpi 扫描一副尺寸为 2×2.5 的彩色照片,则得到一副 400×500 个像素的数字图像;若用 50 dpi 扫描相同尺寸的彩色照片,则得到一副 100×125 个像素的数字图像。显然,前者的分辨率高,则图像的清晰度就高,而后者的分辨率低,图像清晰度就低。然而,数字图像在显示器屏幕上的效果还取决于显示器显示图像的区域大小,即取决于显示分辨率。

显示分辨率是指显示器屏幕能显示图像的最大区域,以水平和垂直方向上具有的像素点数目来表示。显示分辨率是显示器的一个重要特征指标。例如, 800×600 的显