



高等教育“十二五”规划教材

# 数字图像处理及应用

## [MATLAB版]



杨帆 等编著  
夏克文 主审

SHUZI TUXIANG CHULI JI YINGYONG  
MATLAB



化学工业出版社

013071013

TN911.73

88

本书以MATLAB为工具，介绍数字图像处理的基本原理、方法和应用。全书共分8章，第1章介绍数字图像处理的发展概况、研究意义、应用范围及MATLAB软件环境；第2章介绍数字图像处理的基本概念、术语、性能指标及评价方法；第3章介绍数字图像的表示、变换、压缩、传输、存储及检索；第4章介绍数字图像的增强、复原、滤波、边缘检测、特征提取、形状识别、模式识别、目标检测、跟踪、运动估计、运动补偿、运动分割、运动跟踪、运动估计、运动补偿、运动分割、运动跟踪；第5章介绍数字图像的分割、聚类、神经网络、遗传算法、模糊推理、专家系统、知识推理、专家系统、知识推理、专家系统；第6章介绍数字图像的识别、模式识别、神经网络、遗传算法、模糊推理、专家系统、知识推理、专家系统；第7章介绍数字图像的压缩、传输、存储及检索；第8章介绍数字图像处理的应用。

高等教育“十二五”规划教材

# 数字图像处理及应用 (MATLAB版)

杨帆 等编著  
夏克文 主审



图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理及应用(MATLAB版) / 杨帆等编著. — 北京: 北京工业大学出版社, 2013.7

ISBN 978-7-122-17708-7

I. ①数… II. ①杨… III. ①数… IV. ①TN911.73

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第137886号

责任编辑: 康 颖

封面设计: 宋 夏

北京工业大学出版社

文燕燕: 排版文字  
宁颖王: 封面设计

责任编辑: 康 颖  
封面设计: 宋 夏



北航 C1680314

化学工业出版社

北京

TN911.73  
88

013071013

本书在系统地介绍数字图像处理技术的基本理论及有代表性的思想、算法与应用的基础上,对图像处理软件的设计及典型案例分析进行了详尽的讲述,并将数字图像处理实验融入其中,使读者通过学习,能尽快掌握图像处理及应用的基本理论、方法和技巧,达到应用 MATLAB 实现图像处理的目的。

本书共分 8 章,包括数字图像处理基础、数字图像变换技术、图像增强及去噪技术、图像分割与特征分析、数字视频及图像压缩编码技术、数字图像处理实例分析、数字图像处理软件设计、数字图像处理实验。

本书配有电子教案、习题与思考题答案、源程序(.M 文件)、图片,为教师多媒体授课、编写教案提供方便条件。

本书可作为电子信息工程、通信工程、电子科学与技术、计算机应用、医学生物工程、自动控制等专业的本科生、高职高专学生的教学用书,也可作为研究生及从事数字图像处理工作的技术人员的参考用书。

著者 杨帆 等  
审主 文克夏

### 图书在版编目 (CIP) 数据

数字图像处理及应用 (MATLAB 版)/杨帆等编著:

北京:化学工业出版社,2013.7

高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-17708-7

I. ①数… II. ①杨… III. ①数字图像处理-  
Matlab 软件-高等学校-教材 IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 137586 号

责任编辑:廉静

文字编辑:张燕文

责任校对:宋夏

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张16 $\frac{3}{4}$  字数419千字 2013年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究



# 前 言

21 世纪是一个充满信息的时代, 图像作为人类感知世界的视觉基础, 是人类获取信息、表达信息和传递信息的重要手段。数字图像处理已经在宇宙探测、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了广泛应用, 并显示出广泛的应用前景。数字图像处理及应用已成为计算机科学、信息科学、生物科学、空间科学、气象学、统计学、工程科学、医学等学科的研究热点, 已成为工院校电子信息、电气工程、医学生物工程等专业必修的专业课。

本书共分 8 章: 第 1 章是数字图像处理基础; 第 2 章是数字图像变换技术; 第 3 章是图像增强及去噪技术; 第 4 章是图像分割与特征分析; 第 5 章是数字视频及图像压缩编码技术; 第 6 章是数字图像处理实例分析; 第 7 章是数字图像处理软件设计; 第 8 章是数字图像处理实验。在每章后都附有一定量的习题与思考题。本书编写的指导思想是提高学生分析问题及解决问题的能力, 具有以下几个特点。

① 第 1~5 章为基础知识部分, 通过大量的例题及实例系统地讲述了数字图像处理技术的基本理论及有代表性的思想、算法与应用。

② 第 6 章精选了有关图像拼接、缺陷检测、目标识别、密码共享及图像置乱等案例, 给出了设计过程、代码及运行结果, 通过此部分的学习可开阔视野, 提高读者在实际中的应用及系统设计能力。

③ 第 7 章给出了应用 MATLAB 进行图形用户界面设计的方法、设计过程及需要解决的关键技术问题, 为设计图像处理软件及应用图像处理软件实际问题提供有效帮助。

④ 第 8 章为数字图像处理实验, 将理论教学与实验教学融为一体, 既方便了教学也更加有利于学生使用。每个实验都包括实验目的、所用函数介绍、示例部分及设计部分。希望通过示例部分内容的学习使学生能完成相应的程序设计, 达到应用 MATLAB 实现图像处理的目的。

⑤ 本书配有电子教案、习题与思考题答案、第 8 章程序设计部分参考答案及源程序(.M 文件)(需要的请登录: [www.cipedu.com.cn](http://www.cipedu.com.cn)), 有助于学生理解和掌握所学知识要点和程序实现, 同时为教师多媒体授课、编写教案提供方便条件。

本书可作为电子信息工程、通信工程、电子科学与技术、计算机应用、医学生物工程、自动控制等专业的本科生、高职高专学生的教学用书, 也可作为研究生及从事数字图像处理工作的技术人员的参考用书。

本书由杨帆、唐红梅、张志伟、侯景忠等编著。其中第 5 章由侯景忠编写, 第 6 章由张志伟编写, 第 7 章由王志陶编写, 第 8 章由唐红梅编写, 其余部分的编写及统稿工作由杨帆负责。本书在编写工作中得到了张华、魏琳琳、王世亮、宋莉莉、户姗姗等许多同志的帮助, 在此表示感谢。

本书由河北工业大学的夏克文教授主审, 夏克文教授对本书的总体结构和内容细节等进行了全面审定, 提出许多宝贵而富有价值的审阅意见, 在此表示衷心的感谢。



欢迎使用本书的教师和学生与编者进行交流，并提出宝贵意见，以便今后进一步修改。由于编者水平所限，书中不妥之处在所难免，殷切希望广大读者批评指正。联系人：河北工业大学信息工程学院 张志伟 E-mail: zhangzhiwei@hebut.edu.cn。

编者

本书由清华大学出版社出版，2013年3月于河北工业大学... 本书共分8章，第1章为绪论，第2章为... 第3章为... 第4章为... 第5章为... 第6章为... 第7章为... 第8章为... 本书可作为... 教材或参考书。

# 目 录

<b>第 1 章 数字图像处理基础</b> .....	1	3.2.1 邻域平均法 .....	69
1.1 图像及图像的数字化 .....	1	3.2.2 中值滤波器 .....	72
1.1.1 图像及分类 .....	1	3.2.3 多图像平均法 .....	75
1.1.2 图像的数学模型 .....	1	<b>3.3 频率域图像增强</b> .....	76
1.1.3 采样及量化 .....	2	3.3.1 频率域低通滤波 .....	76
1.2 图像的采集及常用格式 .....	4	3.3.2 频率域高通滤波 .....	79
1.2.1 图像的采集 .....	4	<b>3.4 形态学滤波去噪技术</b> .....	81
1.2.2 常用的图像文件格式 .....	6	3.4.1 基本符号和定义 .....	81
1.2.3 数字图像类型 .....	7	3.4.2 二值形态学图像处理 .....	83
1.2.4 RGB 色彩模式 .....	8	3.4.3 灰度形态学图像处理 .....	90
1.3 数字图像处理及主要应用 .....	10	3.4.4 形态学滤波 .....	94
1.3.1 数字图像处理及其特点 .....	10	<b>3.5 伪彩色增强</b> .....	96
1.3.2 数字图像处理研究的主要内容 .....	11	3.5.1 灰度分层法伪彩色处理 .....	97
1.3.3 数字图像处理的应用 .....	13	3.5.2 灰度变换法伪彩色处理 .....	98
1.4 MATLAB 及其在图像处理中的应用 .....	14	<b>习题与思考题</b> .....	100
1.4.1 MATLAB 的特点 .....	14	<b>第 4 章 图像分割与特征分析</b> .....	101
1.4.2 MATLAB 的界面环境 .....	15	4.1 阈值分割 .....	101
1.4.3 M 文件的编辑调试环境 .....	16	4.1.1 灰度阈值分割 .....	101
1.4.4 MATLAB 图像处理应用举例 .....	19	4.1.2 直方图阈值分割 .....	103
<b>习题与思考题</b> .....	23	4.1.3 最大熵阈值分割 .....	105
<b>第 2 章 数字图像变换技术</b> .....	24	4.2 区域分割 .....	108
2.1 图像的正交变换 .....	24	4.2.1 区域生长法 .....	108
2.1.1 离散傅里叶变换 .....	24	4.2.2 分裂-合并法 .....	110
2.1.2 离散余弦变换 .....	33	<b>4.3 边缘检测</b> .....	113
2.1.3 小波变换简介 .....	35	4.3.1 梯度算子 .....	114
2.2 图像的几何变换 .....	41	4.3.2 一阶微分算子 .....	115
2.2.1 几何变换基础 .....	41	4.3.3 二阶微分算子 .....	116
2.2.2 图像平移变换 .....	43	<b>4.4 Hough 变换</b> .....	120
2.2.3 图像镜像变换 .....	45	4.4.1 Hough 变换原理 .....	120
2.2.4 图像旋转变换 .....	49	4.4.2 应用 Hough 变换检测空间 曲线 .....	121
2.2.5 图像比例缩放变换 .....	51	<b>4.5 几何及形状特征分析</b> .....	124
2.2.6 图像复合变换 .....	55	4.5.1 链码 .....	124
<b>习题与思考题</b> .....	57	4.5.2 几何特征的描述 .....	125
<b>第 3 章 图像增强及去噪技术</b> .....	58	4.5.3 形状特征的描述 .....	127
3.1 图像的灰度增强 .....	58	4.5.4 不变矩 .....	129
3.1.1 图像灰度变换 .....	58	<b>4.6 纹理特征分析</b> .....	132
3.1.2 直方图修正 .....	62	4.6.1 自相关函数 .....	133
3.2 空间域图像去噪技术 .....	68		

4.6.2 灰度共生矩阵法 .....	133	6.3 数字图像置乱技术研究 .....	176
4.6.3 频谱法 .....	138	6.3.1 图像置乱原理 .....	177
4.7 标记与拓扑描述符 .....	139	6.3.2 Arnold 变换及应用 .....	178
4.7.1 标记 .....	139	6.3.3 Arnold 反变换及图像恢复 .....	180
4.7.2 拓扑描述符 .....	139	6.4 印刷电路板缺陷检测技术 .....	182
4.8 图像配准方法简介 .....	140	6.4.1 印刷电路板主要缺陷及检测方法 .....	183
习题与思考题 .....	142	6.4.2 印刷电路板图像的预处理 .....	183
<b>第5章 数字视频及压缩编码技术 .....</b>	<b>143</b>	6.4.3 印刷电路板图像的配准 .....	184
5.1 数字视频的几个概念 .....	143	6.4.4 印刷电路板缺陷的识别与 缺陷类型的判断 .....	186
5.1.1 模拟视频与数字视频 .....	143	6.5 图像拼接技术研究 .....	189
5.1.2 数字视频的特点 .....	143	6.5.1 图像拼接流程 .....	189
5.1.3 数字视频的采样格式 .....	144	6.5.2 SIFT 描述子的提取 .....	191
5.1.4 常用视频文件格式 .....	144	6.5.3 SIFT 特征向量的配准 .....	202
5.1.5 数字视频常用处理技术 .....	145	6.5.4 图像融合 .....	206
5.2 视频检测技术 .....	146	习题与思考题 .....	210
5.2.1 帧间差分法 .....	146	<b>第7章 数字图像处理软件设计 .....</b>	<b>212</b>
5.2.2 背景差值法 .....	147	7.1 图形用户界面设计 .....	212
5.3 视频压缩编码技术基础 .....	148	7.1.1 控件对象的创建及其类型 .....	212
5.3.1 视频压缩编码的必要性和可能性 .....	148	7.1.2 控件对象的属性 .....	217
5.3.2 压缩编码的主要性能指标 .....	149	7.2 菜单及快捷键的设计 .....	219
5.3.3 压缩编码的分类 .....	150	7.2.1 菜单的设计 .....	219
5.4 熵编码 .....	151	7.2.2 工具栏快捷键的添加 .....	222
5.4.1 哈夫曼编码 .....	152	7.3 软件设计技术分析 .....	224
5.4.2 香农-范诺编码 .....	154	7.3.1 软件设计实现 .....	224
5.4.3 算术编码 .....	155	7.3.2 编译为 .exe 文件 .....	231
5.5 变换编码 .....	158	习题与思考题 .....	232
习题与思考题 .....	162	<b>第8章 数字图像处理实验 .....</b>	<b>233</b>
<b>第6章 数字图像处理实例分析 .....</b>	<b>163</b>	8.1 数字图像处理基本操作 .....	233
6.1 红外图像识别技术 .....	163	8.2 图像增强技术实验 .....	237
6.1.1 飞机红外图像分割 .....	163	8.3 图像变换实验 .....	241
6.1.2 飞机红外图像特征提取 .....	166	8.4 图像分割实验 .....	244
6.1.3 飞机红外图像识别 .....	169	8.5 图像压缩编码实验 .....	248
6.2 可视密码共享技术 .....	171	8.6 图像特征提取实验 .....	251
6.2.1 拉格朗日插值算法 .....	172	<b>附录 MATLAB 图像处理工具箱函数 .....</b>	<b>255</b>
6.2.2 实现可视密码共享的步骤 .....	173	<b>参考文献 .....</b>	<b>261</b>
6.2.3 (3,4)门限的可视密码共享 实例分析 .....	174		



# 第 1 章 数字图像处理基础

图像是人类获取信息、表达信息和传递信息的重要手段。研究表明,在人类接受的信息中,图像等视觉信息所占的比重很大。“百闻不如一见”“一图值千字”等都充分说明了这一事实。同时,我们又生活在一个数字时代,随着计算机技术及网络技术的迅速发展,几乎所有的信息都可以用数字图像的形式呈现在人们眼前。因此,学习研究数字图像处理技术是时代的迫切要求。

本章主要讲述图像的数学模型、图像采集、图像文件格式、数字图像类型以及数字图像处理特点等内容,并对 MATLAB 及其在图像处理中的应用进行简单介绍。

## 1.1 图像及图像的数字化

### 1.1.1 图像及分类

为了实现对图像信号的处理和传输,首先必须对图像进行正确的描述,即什么是图像。对人们来说,图像并不陌生,但却很难用一句话说清其含意。从广义上说,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。照片、绘画、影视画面无疑属于图像;照相机、显微镜或望远镜的取景器上的光学成像也是图像。此外,汉字也可以说是图像的一种,因为汉字起源于象形文字,所以可当作一种特殊的绘画。图形可理解为介于文字与绘画之间的一种形式,当然也属于图像的范畴。由此延伸,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,它是客观存在的,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。

图像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。本书中涉及的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,图 1-1(a) 所示图像被分割成图 1-1(b) 所示的像素,各像素的灰度值用整数表示。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:

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

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(a) 所示图像可用图 1-1(c) 所示矩阵表示。

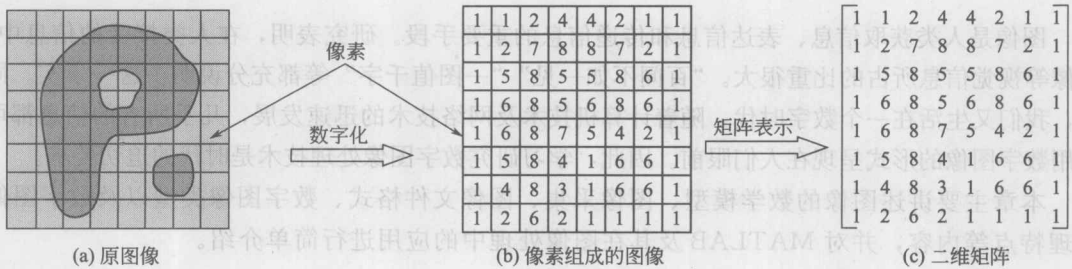


图 1-1 数字图像

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, 其特点是: 它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  $f(x,y)$ , 它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  $f(i,j)$ 。其示意图如图 1-2 所示。

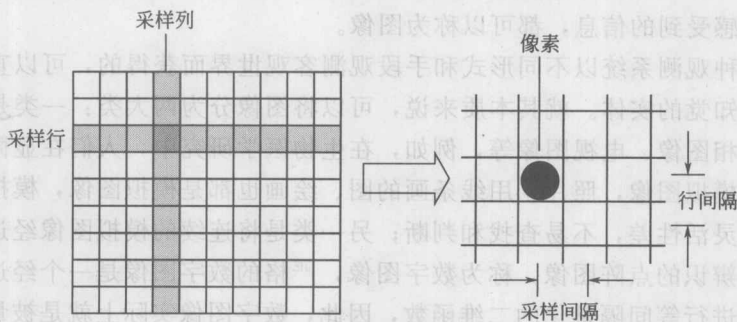


图 1-2 采样示意图

如果是彩色图像, 则是以三基色 (RGB) 的明亮度作为分量的二维矢量函数来表示。即

$$f(x,y) = [f_R(x,y) \quad f_G(x,y) \quad f_B(x,y)]^T \quad (1-2)$$

同一维信号一样, 二维图像信号的采样也要遵循采样定理。

#### (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。把采样后所得的各像素的灰度值从模拟量到离散量的转换称为图像灰度的量化。图 1-3(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。一般，像素值量化后用 1 个字节 (8bit) 来表示。如图 1-3(b) 所示，把由黑-灰-白的连续变化的灰度值，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，也影响该数字图像数据量的大小。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

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

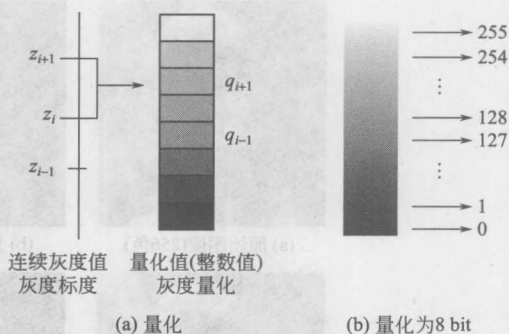


图 1-3 量化示意图

连续灰度值量化为灰度级的方法有两种：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，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。具体做法是对图像中像素灰度值频繁出现的灰度值范围，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。由于图像灰度值分布的概率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 1-4 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

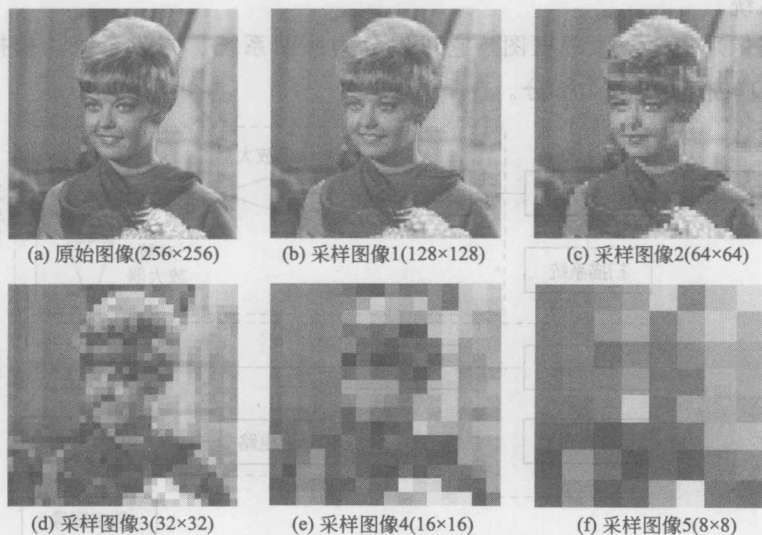


图 1-4 不同采样点数对图像质量的影响



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 1-5 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 1-5 不同量化级别对图像质量的影响

一般地,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:对缓变的图像,应该细量化,粗采样,以避免假轮廓;对细节丰富的图像,应细采样,粗量化,以避免模糊(混叠)。

## 1.2 图像的采集及常用格式

### 1.2.1 图像的采集

#### (1) 图像采集系统

图 1-6 是图像采集系统原理框图,它可以分为照明系统、同步系统、扫描系统、光/电转换系统、A/D 转换系统五个部分。

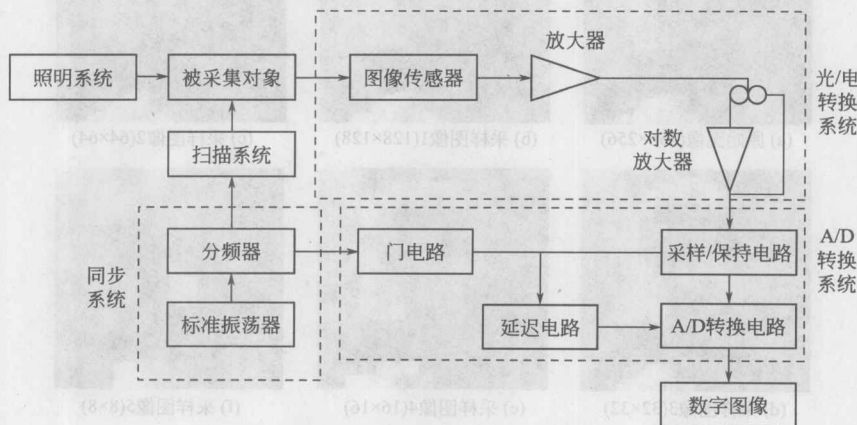


图 1-6 图像采集系统原理框图

照明系统提供光源,照射被采集对象(景物),为光/电转换系统提供足够亮度的光强度信号。同步系统提供整个图像采集系统的时钟同步信号,以使系统中的所有部件同步动作。扫描系统是图像采集系统的固有部分,它通过对整幅图像的扫描实现被采样图像空间坐标的离散化,并获得每一个采样点的光强度值。扫描可以采用机械手段、电子束或者集成电路来完成。光/电转换系统负责把扫描系统输出的与采样点属性对应的光信号转换为电信号,并提供必要的放大处理以与A/D转换系统相匹配。从光/电转换系统输出的电信号进入A/D转换系统,经过采样/保持、A/D转换,转换成数字信号输出,供存储、显示、传输和其他处理。

图像传感器通过光/电器件将光信号转换为电信号。在照明系统的照射下,如果光信号的能量(光强度)低于光/电器件的感应阈值,光/电器件对该强度的光信号没有反应,称为无感应区域;当光强度达到一定的强度以后,再增加输入的光信号强度,光/电器件产生的电信号强度也不会变化,称为饱和区域;介于无感应区域和饱和区域之间的光强度区域,称为动态区域。光电器件应该正常工作在动态区域。图1-7显示了光/电器件的输入/输出变换特性曲线。

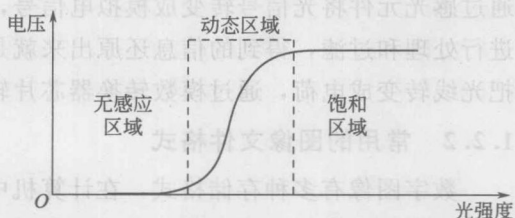


图 1-7 输入/输出变换特性曲线

彩色图像输入时,需要先用分光镜、滤色片等装置对彩色信号进行分解,得到红、绿、蓝三色通道,然后分别对这三个颜色通道进行光/电转换和模/数转换。图像传感器主要完成光/电转换功能。图像传感器按照结构可以分为 CCD 型和 CMOS 型两类图像传感器,前者采用光/电耦合器件构成,后者采用金属氧化物器件构成,两者都采用光/电二极管结构感受入射光并转换为电信号,区别在于输出电信号所用方式不同。

## (2) 图像输入设备

① 图像采集卡 通常图像采集卡安装于计算机主板扩展槽中,主要包括图像存储器单元、显示查找表(LUT)单元及 CCD 摄像头接口(A/D)、监视器接口(D/A)和 PC 机总线接口单元。工作过程如下:摄像头实时或准时采集数据,经 A/D 变换后将图像存放在图像存储器单元的一个或三个通道中,D/A 变换电路自动将图像显示在监视器上。通过主机发出指令,将某一帧图像静止在存储通道中,即采集或捕获一帧图像,然后可对图像进行处理或存盘。高档卡还包括卷积滤波、FFT(快速傅里叶变换)等图像处理专用的快速部件。

② 扫描仪 主要用于对照片、平板画和幻灯片进行数字化处理。目前扫描仪的价格并不昂贵,而且种类繁多,但不同的扫描仪提供不同的图像质量,这正如不同类型的照相机照出不同质量的相片一样。

在开始扫描之前,必须知道自己最终图像的大小并计算出正确的扫描分辨率,同监视器分辨率一样,扫描分辨率也是以每英寸有多少像素来衡量的,单位为 dpi。一个图像所包含的像素越多,表明它所容纳的信息也就越多。因此,通常往一个图像填塞的像素越多,图像也就会越清晰。如果以低分辨率进行扫描,则图像可能会模糊不清,或者可能会看见图像中单个的像素元素。

图像的文件大小与图像的分辨率直接相关。一幅以一个高一些的分辨率扫描的图像所产生的文件比低一些分辨率扫描的图像的文件要大,如果拿来一幅 72dpi 的图像,然后以两倍

于原来分辨率大小的分辨率 (144dpi) 重新扫描, 则所得到的新文件就大约是初始文件的四倍大小。这样, 在扫描的时候, 如果使用的分辨率太高, 则图像的文件大小就可能超过了计算机内存容量。常用的扫描仪主要有平板扫描仪、幻灯片扫描仪、旋转鼓形扫描仪。

③ 数码照相机 又称数字照相机, 是 20 世纪末开发出的新型照相机。在拍摄和处理图像方面有着得天独厚的优势。随着电脑的普及, 以及对电脑图像处理技术的认同, 数码照相机在视觉检测方面得到了广泛的应用。

数码照相机主要由光学镜头、光电传感器 (CCD 或 CMOS)、模数转换器 (A/D)、图像处理器 (DSP)、图像存储器 (Memory)、液晶显示器 (LCD)、端口、电源和闪光灯等组成。数码照相机是利用光电传感器 (CCD 或 CMOS) 的图像感应功能, 将物体反射的光转换为数码信号, 经压缩后储存于内建的存储器上。

④ 数码摄像机 其进行工作的基本原理简单地讲就是光-电-数字信号的转变与传输, 即通过感光元件将光信号转变成模拟电信号, 再将模拟电信号转变成数字信号, 由专门的芯片进行处理和过滤, 得到的信息还原出来就是我们看到的动态画面。数码摄像机的感光元件能把光线转变成电荷, 通过模数转换器芯片转换成数字信号。

### 1.2.2 常用的图像文件格式

数字图像有多种存储格式, 在计算机中是以图像文件的形式存放的, 每种格式一般由不同的开发商支持。随着信息技术的发展和图像应用领域的不断拓宽, 还会出现新的图像格式。因此, 要进行图像处理, 必须了解图像文件的格式, 即图像文件的数据构成。每一种图像文件均有一个文件头, 在文件头之后才是图像数据。目前较常用的静态图像文件格式主要有 BMP、GIF、TIFF、JPEG 等类型。文件格式可利用 ACDSee9.0 中文版等看图软件进行相互转换。

#### (1) BMP 文件格式

BMP 文件又称位图文件 (bitmap, 简称 BMP), 是一种与设备无关的图像文件格式。BMP 文件格式是一种位映射的存储形式。它是 Windows 软件推荐使用的一种格式, 随着 Windows 的普及, BMP 文件格式的应用越来越广泛。

#### (2) GIF 文件格式

图形交换格式 (Graphics Interchange Format, 简称 GIF) 是 CompuServe 公司开发的文件存储格式。它支持 2M~16M 种颜色、单个文件的多重图像、按行扫描的快速解码、有效地压缩以及硬件无关性。

GIF 图像文件以数据块 (Block) 为单位来存储图像的相关信息。一个 GIF 文件由表示图形/图像的数据块、数据子块以及显示图形/图像的控制信息块组成, 称为 GIF 数据流 (data stream)。GIF 文件格式采用 LZW 压缩算法来存储图像数据, 定义了允许用户为图像设置背景的透明属性。GIF 文件格式可在一个文件中存放多幅彩色图形/图像, 使它们可以像幻灯片那样显示或者像动画那样演示。

#### (3) TIFF 图像文件格式

标记图像文件格式 (Tag Image File Format, 简称 TIFF) 是基于标志域的图像文件格式。有关图像的所有信息都存储在标志域中, 如图像大小、所用计算机型号、制造商、图像的作者、说明、软件及数据。TIFF 文件是一种极其灵活易变的格式, 它可以支持多种压缩方法, 特殊的图像控制函数以及许多其他的特性。TIFF 文件一般比较大。



#### (4) JPEG 图像格式

JPEG 是 Joint Photographic Experts Group (联合图像专家组) 的缩写, 是用于连续色调静态图像压缩的一种标准。其主要方法是采用预测编码 (DPCM)、离散余弦变换 (DCT) 以及熵编码, 以去除冗余的图像和彩色数据, 属于有损压缩方式。JPEG 是一种高效率的 24 位图像文件压缩格式, 同样一幅图像, 用 JPEG 格式存储的文件是其他类型文件的  $1/10 \sim 1/20$ , 通常只有几十 KB, 而颜色深度仍然是 24 位, 其质量损失非常小, 基本上无法看出。JPEG 文件的运用也十分广泛, 特别是在网络和光盘读物上, 都有它的影子。JPEG 文件的扩展名为 jpg 或 jpeg。

JPEG 采用对称的压缩算法, 即在同一系统环境下压缩和解压缩所用的时间相同。采用 JPEG 压缩编码算法压缩的图像, 其压缩比约为  $1:5 \sim 1:50$ , 甚至更高。当采用 JPEG 的高质量压缩时, 未受训练的人眼无法察觉到变化。在高质量压缩下, 大部分的数据被剔除, 而眼睛对之敏感的信息内容则几乎全部保留下来。

#### 1.2.3 数字图像类型

计算机中描述和表示数字图像和计算机生成的图形图像有两种常用的方法: 一种称为矢量图法, 另一种称为位图法。尽管这两种生成图的方法不同, 但在显示器上显示的结果几乎没有什么差别。矢量图是用一系列绘图指令来表示一幅图, 如 AutoCAD 中的绘图语句。这种方法的本质是用数学 (更准确地说几何学) 公式描述一幅图像。位图是通过许多像素点表示一幅图像, 每个像素点具有颜色属性和位置属性。位图可以从传统的相片、幻灯片上制作出来或使用数码相机得到, 也可以利用 Windows 的画笔 (Paintbrush) 用颜色点填充网格单元来创建位图。位图有多种表示和描述的模式, 但从大的方面来说主要可分为黑白图像、灰度图像和彩色图像。

##### (1) 二值图像

只有黑白两种颜色的图像称为黑白图像或单色图像, 是指图像的每个像素只能是黑或者白, 没有中间的过渡, 故又称二值图像。二值图像的像素值只能为 0 或 1, 图像中的每个像素值用 1 位存储。一幅  $640 \times 480$  像素的黑白图像只需要占据 37.5KB 的存储空间, 图 1-8 所示为黑白图像。

##### (2) 灰度图像

在灰度图像中, 像素灰度级用 8bit 表示, 所以每个像素都是介于黑色和白色之间的  $2^8$  ( $2^8 = 256$ ) 种灰度中的一种。灰度图像只有灰度颜色而没有彩色。通常所说的黑白照片, 其实包含了黑白之间的所有灰度色调。从技术上来说, 就是具有从黑到白的 256 种灰度色域的单色图像。图 1-9 所示为灰度图像。



图 1-8 黑白图像

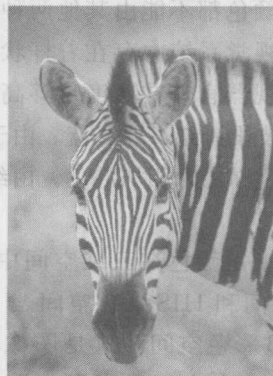


图 1-9 灰度图像

### (3) 彩色图像

彩色图像除有亮度信息外,还包含颜色信息。彩色图像的表示与所采用的彩色空间,即彩色的表示模型有关,同一幅彩色图像如果采用不同的彩色空间表示,对其的描述可能会有很大的不同。常用的表示方法主要有真彩色 (RGB) 图像和索引图像。

“真彩色”是 RGB 颜色的另一种流行的叫法,真彩色图像又称为 24 位彩色图像,在真彩色图像中,每一个像素由红、绿和蓝三个字节组成,每个字节为 8bit,表示 0 到 255 之间的不同的亮度值,这三个字节组合,可以产生  $256^3$  约为 1670 万种不同的颜色。由于它所表达的颜色远远超出了人眼所能辨别的范围,故将其称为“真彩色”。真彩色图像将像素的色彩能力推向了顶峰。

在真彩色出现之前,由于技术上的原因,计算机在处理时并没有达到每像素 24 位的真彩色水平,为此人们创造了索引颜色。索引颜色通常也称映射颜色,在这种模式下,颜色都是预先定义的,并且可供选用的一组颜色也很有限,索引颜色的图像最多只能显示 256 种颜色。一幅索引颜色图像在图像文件里定义,当打开该文件时,构成该图像具体颜色的索引值就被读入程序里,然后根据索引值找到最终的颜色。索引图像是一种把像素值直接作为 RGB 调色板下标的图像。索引图像可把像素值直接映射为调色板数值。调色板通常与索引图像存储在一起,装载图像时,调色板将和图像一同自动装载。

索引模式和灰度模式比较类似,它的每个像素点也可以有 256 种颜色容量,但它可以负载彩色。索引模式的图像最多只能有 256 种颜色。当图像转换成索引模式时,系统会自动根据图像上的颜色归纳出能代表大多数的 256 种颜色,就像一张颜色表,然后用这 256 种来代替整个图像上所有的颜色信息。

#### 1.2.4 RGB 色彩模式

##### (1) 三基色原理

随着科学技术的发展,人们建立了现代色度学。它是一门以光学、视觉生理、视觉心理、心理物理等学科为基础的综合性学科,也是一门以大量实验为基础的实验性学科。它的任务在于研究和解决颜色的度量和评价方法以及测量和应用等问题。自然界常见的各种颜色光,都可由红 (R)、绿 (G)、蓝 (B) 三种颜色光按不同比例相配而成,同样,绝大多数颜色也可以分解成红、绿、蓝三种色光,这就是色度学中最基本原理——三基色原理。三基色的选择不是唯一的,也可以选择其他三种颜色为三基色。但三种颜色必须是相互独立的,即任何一种颜色都不能由其他两种颜色合成。

在人的视觉系统中存在着杆状细胞和锥状细胞两种感光细胞。杆状细胞为暗视器官,锥状细胞是明视器官,在照度足够高时起作用,并能分辨颜色。锥状细胞将电磁光谱的可见部分分为三个波段:红、绿、蓝。由于这个原因,这三种颜色被称为三基色,把三种基色光按不同比例相加,称之为相加混色。由红、绿、蓝三基色进行相加混色及其补色如图 1-10 所示。

##### (2) 颜色模型

颜色模型是颜色在三维空间中的排列方式。目前,图像处理中常用的颜色模型多数为 RGB 彩色空间和 HIS 彩色空间。

① RGB 彩色空间 这是图像处理中最基础的颜色模型,它是在配色实验基础上建立的。其 RGB 彩色空间示意图如图 1-11 所示,RGB 彩色空间的主要观点是人的眼睛有红、绿、蓝三种色感细胞,它们的最大感光灵敏度分别落在红色、蓝色和绿色区域,其合成的光

谱响应就是视觉曲线，由此可推论出任何彩色都可以用红、绿、蓝三种基色来配制。对于彩色的定量测量，Grassman 提出了三色调配公理，彩色调配的三种可能情形为式 (1-3) ~ 式 (1-5) 所示：

$$c[C] = n[N] + p[P] + q[Q] \tag{1-3}$$

$$c[C] + n[N] = p[P] + q[Q] \tag{1-4}$$

$$c[C] + n[N] + p[P] = q[Q] \tag{1-5}$$

式中，[C] 为未知色光；[N]、[P]、[Q] 为三基色光；c、n、p、q 为调匹系数。

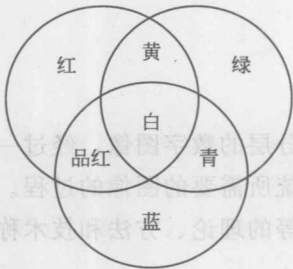


图 1-10 相加混色的三基色及其补色

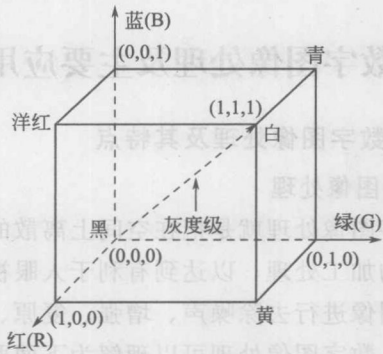


图 1-11 RGB 彩色空间示意图

② HIS 彩色空间 这是 Munseu (孟赛尔) 颜色系统中的一种，以人眼的视觉特征为基础，利用三个相对独立、容易预测的颜色心理属性：色度 (Hue)、光强度 (Intensity) 和饱和度 (Saturation) 来表示颜色，反映了人的视觉系统观察彩色的格式。色度由物体反射光线中占优势的波长来决定，不同的波长产生不同的颜色感觉，如红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等。它是彩色最为重要的属性，是决定颜色本质的基本特性。光强度是指光波作用于感受器所发生的效应，其大小由物体反射率来决定，反射率越大，物体的光强度愈大，反之愈小。颜色饱和度是指一个颜色的鲜明程度，饱和度越高，颜色越深，如深红、深绿等。在物体反射光的组成中，白光愈少，色饱和度愈大；颜色中的白色或灰色愈多，其饱和度就愈小。HIS 颜色模型定义在圆柱坐标系的双圆锥子集上，如图 1-12 所示。色度 H 由水平面的圆周表示，圆周上各点 (0°~360°) 代表光谱上各种不同的色调；光强度 I 的变化是从下锥顶点的黑色 (0)；逐渐变到上锥顶点的白色 (1)；饱和度 S 是颜色点与中心轴的距离，在轴上各点，饱和度为 0，在锥面上各点，饱和度为 1。HIS 模型中，光强度不受其他颜色信息的影响，可减少光照强度变化所带来的影响。

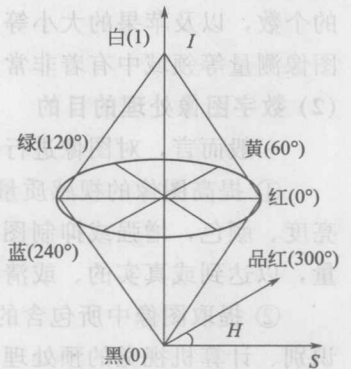


图 1-12 HIS 颜色模型

③ HIS 与 RGB 之间的非线性映射 为了用 HIS 颜色模型检测颜色，需将相机获取的图像的 R、G、B 成分进行转换，颜色从 RGB 到 HIS 转换为非线性变换，其转换关系为式 (1-6) ~ 式 (1-9) 所示：

$$\theta = \arccos \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right\} \tag{1-6}$$

$$H = \begin{cases} \theta & G \geq B \\ 2\pi - \theta & G < B \end{cases} \quad (1-7)$$

$$S = 1 - \frac{3\min(R, G, B)}{R + G + B} \quad (1-8)$$

$$I = \frac{1}{\sqrt{3}}(R + G + B) \quad (1-9)$$

式中,  $R$ 、 $G$ 、 $B$  为图像的三基色的灰度值;  $H$ 、 $S$ 、 $I$  为图像的色度、饱和度和光强度, 色度  $H$  用弧度表示, 其取值范围在  $0 \sim 2\pi$  之间。

## 1.3 数字图像处理及主要应用

### 1.3.1 数字图像处理及其特点

#### (1) 数字图像处理

数字图像处理就是把在空间上离散的、在幅度上量化分层的数字图像, 经过一些特定数学模式的加工处理, 以达到有利于人眼视觉或某种接收系统所需要的图像的过程。把利用计算机对图像进行去除噪声、增强、复原、分割、提取特征等的理论、方法和技术称为数字图像处理。数字图像处理可以理解为下面两方面的操作。

① 从图像到图像的处理 这类处理是将一幅效果不好的图像进行处理, 获得效果好的图像, 譬如, 在大雾天气下拍摄一景物, 由于在空气中悬浮着许多微小的水颗粒, 这些水颗粒在光线的散射下, 使景物与镜头 (或人眼) 之间形成了一个半透明层, 使画面的能见度很低, 一些细节特征看不见, 为了提高画面的清晰度, 采用适当的图像处理方法, 消除或减弱大雾层对图像的影响, 就可以得到一幅清晰的图像。

② 从图像到非图像的一种表示 这类处理通常又称为数字图像分析。通常是对一幅图像中的若干个目标物进行识别分类后, 给出其特性测度。例如, 在一幅图像中, 拍摄记录下来包含几个苹果和几个橘子等水果的画面, 经过对图像的处理与分析之后, 可以分检出苹果的个数, 以及苹果的大小等。这种从图像到非图像的分析, 在许多的图像分析、图像检测、图像测量等领域中有着非常广泛的应用。

#### (2) 数字图像处理的目

一般而言, 对图像进行处理主要有以下三个方面的目的。

① 提高图像的视感质量, 以达到赏心悦目的目的。如去除图像中的噪声, 改变图像的亮度、颜色, 增强或抑制图像中的某些成分, 对图像进行几何变换等, 从而改善图像的质量, 以达到或真实的、或清晰的、或色彩丰富的、或意想不到的艺术效果。

② 提取图像中所包含的某些特征或特殊信息, 以便于计算机分析, 例如, 常用作模式识别、计算机视觉的预处理等。这些特征包括很多方面, 如频域特性、灰度/颜色特性、边界/区域特性、纹理特性、形状/拓扑特性以及关系结构等。

③ 对图像数据进行变换、编码和压缩, 以便于图像的存储和传输。

#### (3) 数字图像处理的主要特点

① 处理精度高, 再现性好。利用计算机进行图像处理, 其实质是对图像数据进行各种运算。由于计算机技术的飞速发展, 计算精度和计算的正确性毋庸置疑; 另外, 对同一图像用相同的方法处理多次, 也可得到完全相同的效果, 具有良好的再现性。