



面向“十二五”高等学校精品规划教材
高等教育课程改革创新项目研究成果

SHUZI TUXIANG CHULI YU FENXI

数字图像处理与分析

侯宏花 编著

- **新**：新思路、新领域、新技术、新变革
- **活**：模块化、立体化、可扩展
- **精**：精品、精心、精致

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

数字图像处理与分析

侯宏花 编著

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书针对应用型本科生以及数字图像处理初学者, 强调数字图像处理基本算法原理的深入讲解和详尽描述, 注重理论算法与实际应用的紧密结合, 示例较多, 通俗易懂。全书共分9章, 内容包括绪论、图像处理基础知识、图像变换、图像增强、图像复原、图像压缩、图像分割、数学形态学及其应用、图像配准与融合。

本书可作为高等院校通信工程、信息工程、电子工程、计算机科学与工程、自动控制、生物医学工程等专业本、专科生的教材, 也可作为有关专业研究生和工程科技人员的参考资料, 同时还适用于数字图像处理的初学者。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

数字图像处理与分析/侯宏花编著. —北京: 北京理工大学出版社,
2011. 9

ISBN 978 - 7 - 5640 - 4901 - 0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 156928 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 15.75

字 数 / 362 千字

责任编辑 / 胡 静

版 次 / 2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷

王玲玲

印 数 / 1 ~ 4000 册

责任校对 / 周瑞红

定 价 / 30.00 元

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言

数字图像处理是一个跨学科的前沿科技领域，在工程学、计算机科学、信息学、统计学、物理、化学、遥感、生物医学、地质、海洋、气象、农业、冶金等许多学科中得到了广泛的应用，并显示出广阔的前景，成为计算机科学、信息科学、生物学、医学等学科研究的热点。

本书针对应用型本科生以及数字图像处理初学者理解力低的特点，强调数字图像处理基本算法原理的深入讲解和详尽描述，以及注重理论算法与实际应用的紧密结合。本书以知识点（节）为单元组织，每个单元先介绍基本概念、再详细描述基本算法原理、算法介绍等内容，并在每一算法后面配有例题讲解以及相关图像处理效果，同时给出多种方法效果分析比较，使得复杂的算法理论变得通俗易懂。并给出部分工程应用实例，最后给出各方法的应用背景，每章后面附有习题。这样的组织方式有较强的结构性，用做教材或用以自学或研究者参考都比较方便，有利于学习和复习，可以帮助读者在理解算法及算法效果基础上进行实际工程图像应用处理。

全书共 9 章，内容包括绪论、图像处理基础知识、图像变换、图像增强、图像复原、图像压缩、图像分割、数学形态学及其应用、图像配准与融合。

本书通俗易懂、深入浅出、图文并茂，文字描述力求简单易懂，集理论与实践为一体、具有一定的特色。选材上既注重基本概念、理论和方法的介绍，同时也反映了近年来数字图像处理领域的最新发展情况。可作为高等院校通信工程、信息工程、电子工程、计算机科学与工程、自动控制、生物医学工程等专业本科生的教材，也可作为有关专业研究生和工程科技人员的参考资料，同时还适用于数字图像处理的初学者。使用本书时，读者应具有所属专业或相近专业的基础理论知识。书中的章节在教学过程中可视教学需要与学生水平和层次适当增减。虽然不同的专业或不同的要求可能有不同的侧重，但基本原理是共同基础，这也是本书编写的基本出发点。

本书是作者多年从事数字图像处理教学和科研工作基础上编写的，在编写过程中，参考了国内外出版的大量文献以及网站资料，在此向本书所引用文献的作者深表感谢。此外，李勇峰、韩露、上官宏等同学参与了部分文字的录入工作，在此对以上人员表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 绪论	1
1.1 数字图像	1
1.1.1 数字图像处理的基本概念	1
1.1.2 图像的种类	1
1.1.3 图像表示与存储	2
1.1.4 数字图像的模式	2
1.1.5 图像分辨率	3
1.2 数字图像处理的目的、特点与主要研究内容	4
1.2.1 数字图像处理的目的	4
1.2.2 数字图像处理的特点	5
1.2.3 数字图像处理的研究内容	5
1.3 数字图像处理系统	6
1.3.1 数字图像处理系统的基本组成结构	6
1.3.2 图像的空间采样与灰度量化的	7
1.4 数字图像文件格式	9
1.4.1 BMP 图像文件格式	9
1.4.2 GIF 图像文件格式	14
1.4.3 TIFF 图像文件格式	14
1.4.4 JPEG 图像文件格式	14
1.4.5 DICOM 图像文件格式	15
1.4.6 PSD 格式	15
1.4.7 EPS 格式	15
1.5 数字图像处理的应用与发展趋势	15
1.5.1 数字图像处理的应用	15
1.5.2 数字图像处理的发展趋势	17
习题 1	17
第2章 图像处理基础知识	18
2.1 人类视觉系统	18
2.1.1 人类视觉系统的构造	18
2.1.2 视觉通路	20
2.1.3 视觉感知过程	20
2.2 人类视觉成像	20



2.2.1	光学成像过程	20
2.2.2	神经处理过程	21
2.2.3	整体视觉过程	21
2.3	人类视觉特性	21
2.3.1	亮度适应和鉴别	21
2.3.2	视觉错觉	23
2.4	颜色视觉基础和色度学	25
2.4.1	颜色基础	25
2.4.2	颜色模型及空间	25
2.5	像素间联系	29
2.5.1	像素的邻域	29
2.5.2	像素间的邻接、连接和连通	30
2.5.3	像素间的距离	31
2.6	算术和逻辑运算	32
2.6.1	算术运算	33
2.6.2	逻辑运算	35
2.6.3	邻域运算	37
2.7	坐标变换	37
2.7.1	平移变换	38
2.7.2	镜像变换	38
2.7.3	尺度(放缩)变换	39
2.7.4	旋转变换	40
2.7.5	错切变换	41
2.7.6	级连	42
	习题 2	42
第 3 章 图像变换		44
3.1	概述	44
3.2	傅里叶变换和性质	44
3.2.1	一维离散傅里叶变换	44
3.2.2	一维离散傅里叶变换的性质	46
3.3	一维快速傅里叶变换	47
3.3.1	一维快速傅里叶变换的算法原理	47
3.3.2	一维快速傅里叶变换设计思想和算法实现	48
3.3.3	一维快速傅里叶反变换	50
3.4	二维离散傅里叶变换	51
3.4.1	二维离散傅里叶变换	51
3.4.2	二维离散傅里叶变换的性质	52
3.4.3	二维快速离散傅里叶变换	55



3.4.4 可分离图像变换	56
3.5 离散余弦变换	57
3.5.1 一维离散余弦变换	57
3.5.2 一维快速离散余弦变换算法	57
3.5.3 二维离散余弦变换	60
3.5.4 离散余弦变换的应用	60
3.6 沃尔什变换	61
3.6.1 一维离散沃尔什变换	62
3.6.2 二维离散沃尔什变换	62
3.6.3 快速离散沃尔什变换 FWT	63
3.7 哈达玛变换	64
3.7.1 一维离散哈达玛变换	64
3.7.2 二维离散哈达玛变换	64
3.7.3 快速哈达玛变换算法 FHT	65
3.8 霍特林变换	68
3.9 哈尔变换	70
3.9.1 哈尔函数	70
3.9.2 一维离散哈尔变换	71
3.9.3 二维离散哈尔变换	72
习题 3	72
第 4 章 图像增强	74
4.1 概述	74
4.1.1 空域方法	74
4.1.2 频域方法	74
4.2 空域点运算增强	75
4.3 直方图修正	79
4.3.1 灰度直方图 (Histogram) 定义	79
4.3.2 直方图均衡化	80
4.3.3 直方图规定化	84
4.4 空域滤波增强	87
4.4.1 空域平滑滤波器	87
4.4.2 空域锐化滤波器	90
4.5 频域滤波增强	93
4.5.1 原理	93
4.5.2 低通滤波器	94
4.5.3 高通滤波器	97
4.5.4 带通和带阻滤波器	98
4.5.5 同态滤波器	99



4.6 彩色图像增强	101
4.6.1 伪彩色增强	101
4.6.2 真彩色增强	103
习题 4	105
第 5 章 图像复原	107
5.1 概述和分类	107
5.2 图像退化的数学模型	109
5.2.1 退化模型	109
5.2.2 常见图像退化模型	111
5.3 退化函数的估计	113
5.3.1 图像观察估计法	113
5.3.2 实验估计法	113
5.3.3 模型估计法	114
5.4 图像复原的方法	117
5.4.1 逆滤波法	117
5.4.2 逆滤波复原的病态性质	118
5.5 有约束复原	120
5.5.1 维纳滤波	121
5.5.2 最小平方复原方法	123
5.6 交互式复原	126
5.7 运动模糊图像的复原	128
5.8 几何失真校正	133
5.8.1 空间变换	134
5.8.2 灰度插值	135
习题 5	135
第 6 章 图像压缩	137
6.1 概述	137
6.1.1 图像压缩基本概念	137
6.1.2 图像压缩的必要性	138
6.1.3 图像压缩的可能性	139
6.1.4 图像压缩方法分类	139
6.1.5 图像压缩评价指标	140
6.2 统计编码	142
6.2.1 哈夫曼 (Huffman) 编码	142
6.2.2 游程编码 (RLE 编码)	144
6.2.3 算术编码	146
6.3 预测编码	147



6.3.1 预测编码基本原理	147
6.3.2 DPCM 预测编码	148
6.3.3 自适应预测编码 ADPCM	149
6.3.4 德尔塔调制 (DM) 编码	150
6.4 变换编码	153
6.4.1 变换编码的基本原理	153
6.4.2 变换编码特性评价	154
6.4.3 变换编码方案选择	155
6.4.4 小波变换压缩	157
6.5 JPEG 图像文件与压缩	158
6.5.1 JPEG 图像文件格式	158
6.5.2 JPEG 的压缩原理	158
6.5.3 DCT 变换编码	158
6.6 数字图像压缩标准介绍	163
6.6.1 JPEG 2000 静态图像压缩标准	163
6.6.2 运动图像 MPEG 压缩标准	164
6.6.3 多媒体会议 H.261 压缩标准	166
6.6.4 多媒体会议 H.263 压缩标准	167
习题 6	169
第 7 章 图像分割	170
7.1 图像分割概述	170
7.1.1 图像分割的概念	170
7.1.2 图像分割的基本思路	171
7.1.3 图像分割方法分类	171
7.2 边界分割法	171
7.3 边缘检测	173
7.3.1 梯度算子	174
7.3.2 拉普拉斯 (Laplacian) 算子	176
7.3.3 Canny 算子	179
7.4 阈值分割	182
7.4.1 灰度阈值法	182
7.4.2 阈值的确定方法	183
7.4.3 阈值分割方法	184
7.5 区域分割	189
7.5.1 区域生长	189
7.5.2 区域分裂与合并法	192
7.5.3 分水岭分割	194
7.6 霍夫 (Hough) 变换	197



7.6.1 Hough 变换基本原理	197
7.6.2 霍夫变换的实现	199
7.6.3 霍夫变换的应用	199
习题 7	204
第 8 章 数学形态学及其应用	206
8.1 二值图像形态学	206
8.1.1 基本概念	206
8.1.2 基本运算	208
8.1.3 二值形态运算的应用	215
8.2 灰度图像形态学	220
8.2.1 基本运算	220
8.2.2 实用算法与应用	221
习题 8	224
第 9 章 图像配准与融合	225
9.1 图像配准	225
9.1.1 概述	225
9.1.2 图像配准的理论基础	226
9.1.3 图像配准的主要算法	231
9.2 图像融合	233
9.2.1 概述	233
9.2.2 图像融合算法	233
习题 9	238
参考文献	239

绪 论

1.1 数字图像

1.1.1 数字图像处理的基本概念

图像：凡是记录在纸介质上的，拍摄在底片和照片上的，显示在电视、投影仪和计算机屏幕上的所有具有视觉效果画面都可以称为图像。

数字图像：把连续空间的图像在坐标空间 (X, Y) 和性质空间 F 都离散化，得到的离散化的图像便于计算机进行加工处理，这就是数字图像，它是由离散函数组成的抽象的数学图像。数字图像是本课程的主要研究对象。

像素 (Pixel)：数字图像是由一些极小尺寸的矩形小块组合而成的。组成图像的这种最小基本元素称作像素，像素是二维图像最小的组成单位。数字图像是指由像素小块区域组成的二维矩阵。

数字图像处理 (Image Processing)：对一个物体的数字表示施加一系列的操作以达到某种预期的结果，它包括以下两方面内容：

- (1) 将一幅图像变为另一幅经过加工的图像，是图像到图像的过程。
- (2) 将一幅图像转化为一种非图像表示，如一个决策等。

1.1.2 图像的种类

(1) 按图像的点空间位置和灰度的大小变化方式，图像可分为连续图像和离散图像两类。

连续图像：指在二维坐标系中具有连续变化的空间位置和灰度值的图像。例如：彩色照片、眼睛所观察到的图像等。

离散图像：指在空间位置上被分割成点，灰度值大小也分为不同级数的图像。数字图像就是典型的离散图像。

(2) 根据图像记录方式的不同，图像分为模拟图像和数字图像。

模拟图像：通过某种物理量的强弱变化来表现图像上各个点的颜色信息。例如：印刷品（由墨的浓淡或网点的大小来表示颜色信息）、相片（通过染料的深浅来表现图像上的各点不同的颜色）等。

数字图像：将图像分解成若干个像素，每个点的颜色以不同的量化值来表示。数字



图像必须依靠数字设备来产生和保存，易于处理和保存。例如：扫描的图片、数码相机所拍图片等。

1.1.3 图像表示与存储

1) 常见图像

常见图像是连续的（模拟图像），用 $f(x, y)$ 表示一幅图像，其中 x, y 表示空间坐标点的位置， f 表示图像在点 (x, y) 的某种性质的数值，如亮度等。 f, x, y 可以是任意实数。

2) 数字图像表示

数字图像用 $I(r, c)$ 来表示，其中 r 即 row（行）， c 即 column（列），表示空间离散点的坐标， I 表示离散化的图像 f 。 I, r, c 都是整数。实际应用中仍习惯用 $f(x, y)$ 表示数字图像。

通常在屏幕显示中采用的数字图像的坐标系统定义为：原点为图像的左上角，纵轴标记图像的行，横轴标记图像的列。

3) 数字图像存储的数据结构

数字图像在计算机内实际是按矩阵形式存储的，例如一幅灰度图像的像素数据就是一个矩阵，矩阵的行对应图像的高，矩阵的列对应图像的宽，矩阵的元素对应图像的像素，矩阵元素的值就是图像像素的灰度值。矩阵的左上角坐标取为 $(0, 0)$ ，如图 1.1 所示。

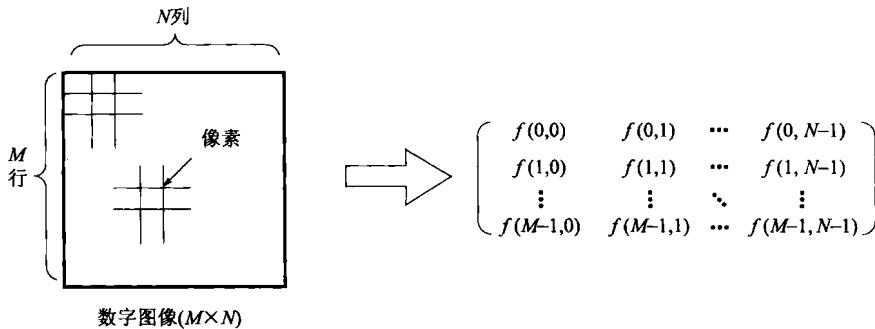


图 1.1 数字图像与存储矩阵

其中， M 和 N 为正整数，矩阵中的每个元素称为图像单元，又称为图像元素，或简称像素。

由于数字图像可以表示为矩阵的形式，所以在计算机数字图像处理程序中，常用二维数组来存放图像数据，以便于编程。二维数组的行对应图像的高，二维数组的列对应图像的宽，二维数组的元素对应图像的像素，二维数组元素的值就是图像像素的灰度值。

1.1.4 数字图像的模式

1) 二值图像

在一幅二值图像中，每一个像素将取两个离散数值 0 或 1（白与黑）中的一个，理论上只需要 1 个二进制位来表示。二值图像使用 `unit8` 或双精度类型的数组来存储。

2) 索引图像

索引图像是一种把像素直接作为 RGB 调色板下标的图像。在 Matlab 中，索引图像包含一个数据矩阵 X 和一个颜色映射（调色板）矩阵 Map 。数据矩阵可以是 `unit8`、`unit16` 或双精度类型的。颜色映射矩阵 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 矩阵中的每一行分别表示红色、绿色和蓝色的颜色值。索引图像可把像素的值直接映射为调色板数值, 每个像素的颜色通过使用 X 的像素值作为 Map 的下标来获得, 如值 1 指向 Map 的第一行, 值 2 指向第二行, 依此类推。

3) 灰度图像

灰度图像是数字图像最基本的形式, 只表示图像的亮度信息而没有颜色信息, 通常由一个 unit8、unit16 或双精度类型的数组来描述, 其实质是一个数据矩阵 I , 该矩阵中的数据均代表了在一定范围内的灰度级(灰度值), 用来表示该点的亮度水平, 其每一个元素对应于图像的一个像素点, 通常 0 代表黑色, 1、255 或 65 535 (针对不同的存储类型) 代表白色。

4) 多帧图像

多帧图像是一种包含多幅图像或帧的图像文件, 又称为多页图像或图像序列, 主要用于需要对时间或场景上相关图像集合进行操作的场合。例如, 磁共振图像切片或电影帧等。在 Matlab 中, 它是一个 4 维数组, 其中第 4 维用来指定帧的序号。

5) 彩色图像

彩色图像不仅包含亮度信息, 还要包含颜色信息。颜色的表示方法是多样化的, 最常见的是三基色模型, 如 RGB 图像, 它是利用 R、G、B 三个分量表示一个像素的颜色, R、G、B 分别代表红、绿、蓝 3 种不同的基本颜色, 通过三基色可以合成出任意颜色。所以对一个尺寸为 $M \times N$ 的真彩图像来说, 在 Matlab 中则存储为一个 $M \times N \times 3$ 的多维数据矩阵。RGB 图像不使用调色板, 每一个像素的颜色直接由存储在相应位置的红、绿、蓝颜色分量的组合来确定。每个像素的三个颜色分量都存储在矩阵的第三维中, 如坐标 (16, 36) 处的红、绿、蓝颜色值分别保存在元素 (16, 36, 2)、(16, 36, 4) 和 (16, 36, 6) 中。

1.1.5 图像分辨率

1) 空间分辨率

空间分辨率是指图像中可辨别的最小细节, 也指每单位长度上的像素, 即直观看到的图像的清晰与模糊程度, 单位为 ppi。它是描述图像数字化过程中对空间坐标离散化处理的精度, 是数字图像的重要参数之一。空间分辨率越高, 数字图像所表达的景物细节越丰富, 但图像的数字化、存储、传输和处理的代价也越大。工程上, 常需折中处理。图 1.2 是图像空间分辨率变化的典型效果。

另外, 图像的尺寸、图像的分辨率和图像文件的大小三者之间有着很密切的联系。图像的尺寸越大, 图像的空间分辨率越高, 图像文件也就越大, 调整图像的大小和分辨率即可以改变图像文件的大小。

2) 灰度分辨率

灰度分辨率是指图像在灰度级别中可分辨的最小变化, 即灰阶, 是表示图像亮度强弱的指数标准。灰度分辨率越高, 图像灰阶越多。灰度级数通常是 2 的整数次幂, 如 2 位、4 位、8 位、16 位和 32 位。灰度分辨率指亮度, 和颜色无关, 但最亮的只有白色, 最不亮的只有黑色。图 1.3 是图像灰度分辨率变化的典型效果。

空间分辨率和灰度分辨率是衡量一幅数字图像清晰度和对比度的两个重要评价指标。通常把大小为 $M \times N$, 灰度为 L 的数字图像称为空间分辨率为 $M \times N$ 像素、灰度级分辨率为 L 级的数字图像。

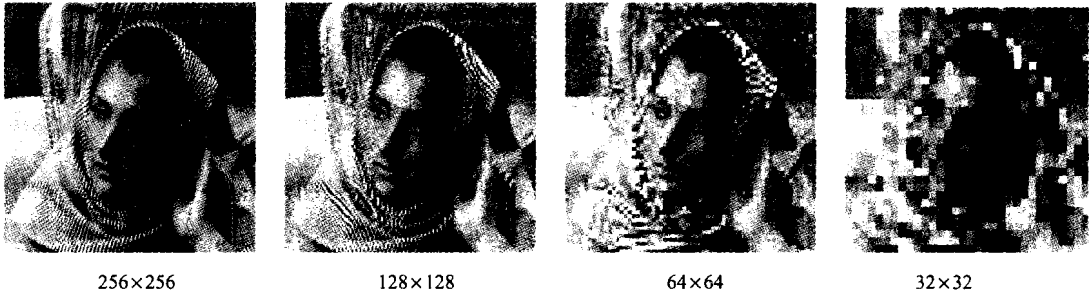


图 1.2 图像空间分辨率变化的典型效果

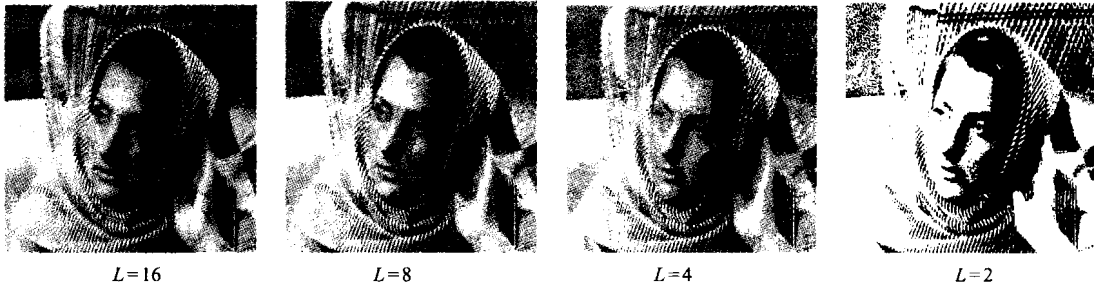


图 1.3 图像灰度分辨率变化的典型效果

1.2 数字图像处理的目的、特点与主要研究内容

1.2.1 数字图像处理的目的

一般地，图像处理需要完成以下一个或几个任务。

(1) 提高图像的视觉质量以达到人眼主观满意或较满意的效果。例如，图像的增强、图像的恢复、图像的几何变换、图像的代数运算、图像的滤波处理等有可能使受到污染、干扰等因素影响产生的低清晰度、变形等图像的质量得到有效的改善。

(2) 提取图像中目标的某些特征，以便于计算机分析或机器人识别。这些处理也可以归于“图像分析”的范畴。例如，边缘检测、图像分割、纹理分析常用做模式识别、计算机视觉等高级处理的预处理。

(3) 为了存储和传输庞大的图像和视频信息，常常对这类数据进行有效的压缩。常用的方法有统计编码、预测编码和正交变换等。

(4) 信息的可视化。许多信息（如温度场、流速场、生物组织内部等）并非可视，但转化为视觉形式后可以充分利用人们对可视模式快速识别的自然能力，更便于人们观察、分析研究、理解大规模数据和许多复杂现象。信息可视化结合了科学可视化、人机交互、数据挖掘、图像技术、图形学、认知科学等诸多学科的理论和方法，是研究人与计算机表示的信息以及它们相互影响的技术。

(5) 信息安全的需要，主要反映在数字图像水印和图像信息隐藏。这是图像工程出现的新热点之一。数字水印是利用多媒体数字产品中普遍存在的冗余数据与随机性，把水印信息



可见或不可见地嵌入到数字作品中，以期达到保护数字产品的版权或完整性的一种技术。在计算机通信、密码学等学科也有其用武之地。

1.2.2 数字图像处理的特点

数字图像处理利用数字计算机或其他专用的数字设备处理图像，与光学等模拟方式相比具有以下鲜明的特点。

1) 处理精度高

图像采集设备可将一幅模拟图像数字化为任意大小和精度的二维数组供处理设备加工。根据应用的需求，数字化的像素数可以从几十到几百万，每个像素的等级可以量化为从1位到16位甚至更高，活动图像的帧率可以从十几赫兹到60 Hz，高速摄像达几千赫兹到上万赫兹。而对处理设备来说，不同数据量的图像其处理程序大致是一样的。

2) 重现性能好

理论上，数字图像处理不会因图像的存储、传输等过程而导致图像质量的退化。图像质量主要受数字化过程时取样本数、量化精度、处理过程中的处理精度等的限制。由于在一定范围内，人眼和机器视觉的分辨率都是有限的，因此只要保持足够的处理精度，图像重现性就会很好。

3) 数字图像信号占用的频带较宽

在模拟域，视频信号的带宽比音频信号的带宽约高2个数量级。为了保证图像的质量，根据取样定理，数字化后，数字视频占用的频带进一步加宽。所以，在成像、传输、存储、处理、显示等各个环节的实现上，宽频带对处理和传输设备提出了更高的要求。同时，与数据压缩对应的频带压缩技术也是图像处理的一个值得注意的问题。

4) 处理费时

由于图像数据量较大，因此处理比较费时。特别是采用区域处理方法时，处理结果与中心像素邻域有关，导致花费时间更多。为了达到快速甚至实时处理图像，对图像处理系统提出了更高的要求，多处理器并行图像处理、嵌入式系统等专用处理系统为提高处理速度提供了有效的解决方法。

1.2.3 数字图像处理的研究内容

数字图像处理的任务是将客观世界的景象进行获取并转化为数字图像，通过进行增强、编码、恢复和压缩等处理，将一幅图像转化为另一幅具有新的意义的图像。

基于此任务，数字图像处理的研究内容主要包括以下方面。

1) 图像获取与数字化

将自然界的图像通过光学系统成像并由电子器件或系统转化为模拟图像信号，再由模拟/数字转换器(ADC)得到原始的数字图像信号。图像的获取也称图像的采集。图像的采集十分重要。原始的图像质量高会大大减轻后期处理的负担。虽然图像处理硬件和软件可以在一定程度上弥补采集过程中存在的缺陷，但保证高信噪比和高保真度的原始图像仍然是首先必须重视的问题。

2) 图像变换

图像阵列很大，直观性强，但图像的某些特性(如频率特性、纹理特性等)在空间域中



难以获得和处理, 计算量也很大。各种图像变换的方法(如离散傅里叶变换 DFT、离散沃尔什—哈达玛变换 WHT、离散余弦变换 DCT 等)可以间接地将空间域的处理转换为变换域进行更有效的处理。通过 DFT, 可以将空间域的图像变换为图像频谱, 再在频率域进行各种数字滤波(像在模拟域一样有低通滤波器、高通滤波器等)以获得图像质量的改善、数据量的压缩或突出某些后期处理的特征。

3) 图像增强

图像增强的作用在于对视觉不满意的图像进行改善, 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, 而强化低频分量可减少图像中噪声影响, 即对高频噪声起平滑作用。可见, 尽管人们并不一定知道图像降质或退化的原因, 但通过使用图像增强技术得到的新图像的质量在主观视觉上更为良好。通过图像增强, 我们可以改变原来图像全部或局部的亮度、对比度、色彩分布等参数, 使增强后的图像更加赏心悦目。对于图像分析和图像理解来说, 图像增强往往作为这些过程的前期处理(预处理), 使分析效果更好或更容易理解。

4) 图像复原

图像复原也称图像恢复。如果对图像退化的原因或过程(如某种噪声的影响、运动造成的模糊、光学系统的几何失真等)有一定的了解, 通过理论推导或实验数据甚至可以建立退化的数学模型(“降质模型”), 那么可以采用某种滤波方法在一定程度上从降质的图像恢复原始图像。在图像恢复中, 建立图像的退化模型是关键。理论上, 降质的模型一般是非线性、时变和空间变化的, 但这种模型即使使用计算机也很难处理。所以, 在一定的精度下, 用线性、时不变和空间不变化的降质模型代替上述模型具有实际意义。

图像恢复与图像增强都是为了提高图像的质量, 它们之间的区别在于前者需要考虑图像降质的原因, 而后者并不需要这样做。

5) 图像编码与压缩

数据量庞大是数字图像的显著特点之一。在多媒体技术中, 现有的大容量存储器和宽带网络技术仍不能满足对图像数据处理、存储和传输的需要。因此, 图像乃至其他海量数据的压缩是必需的。而且, 由于图像等数据中存在相当大的冗余信息, 这类数据的无损压缩和有损压缩可大大减小图像的数据量。

6) 图像分割

图像可以看做是由背景和一个或多个目标组成的。图像分割是按一定的规则将图像分成若干个有意义或感兴趣区域的过程, 每个区域能代表一个对象(目标或目标的一部分)。通过图像分割, 图像中有意义的特征部分(如边缘、区域等)被提取出来。图像的这些特征是进一步进行图像分析和理解的基础。

1.3 数字图像处理系统

1.3.1 数字图像处理系统的基本组成结构

简单地讲数字图像处理系统由图像数字化设备、图像处理计算机和图像输出设备组成,

如图 1.4 所示。

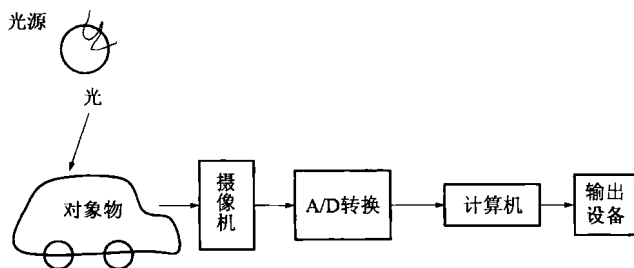


图 1.4 数字图像处理系统的基本组成

(1) 图像数字化设备（摄像单元）：扫描仪、数码相机、摄像机与图像采集卡等。

(2) 图像处理计算机：PC、工作站等，它可以实现通信（通信模块通过局域网等实现网络传输图像数据）、存储（存储模块采用磁盘、光盘）和图像的处理与分析（主要是运算，用算法的形式描述，用软件实现）。

(3) 图像输出设备：打印机等。

① CCD 传感器。

CCD 图像（光电）传感器的工作原理是：将光能量转换为电荷，并将转换得到的电荷进行存储。CCD 传感器分为线阵式和阵列式两种，具有代表性的产品分别有扫描仪和数码相机。

数码相机中所用的 CCD 是一个 CCD 二维阵列，外形和大小与计算机的数字电路芯片相像，CCD 阵列就安排在芯片表面。CCD 在数码相机中的位置就设置在传统相机的底片位置，其作用就像传统相机的底片一样，在镜头的焦点位置感应光线的强弱。可以将 CCD 想象成一颗颗微小的感应粒子铺满在光学镜头后方，当光线透过镜头投射到 CCD 表面时，每个 CCD 感应粒子就会产生相应强度的电荷和电流，后续电路将感应到的电信号转换成数字信号并储存起来。通常，CCD 阵列的像素数目越多收集到的图像就会越清晰，图像分辨率越高。图 1.5 是一幅 CCD 外形图。

② 图像采集系统。

图像采集系统主要是图像采集卡，内部系统组成如图 1.6 所示，包括采样和量化两个系统。



图 1.5 CCD 传感器外形图

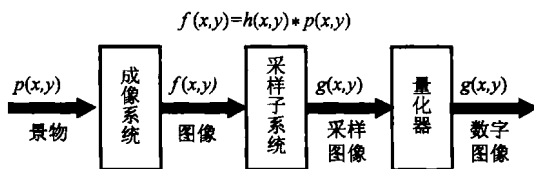


图 1.6 图像采集系统

1.3.2 图像的空间采样与灰度量化的

将一幅模拟图像表示成一组数字，既不失真又便于计算机分析处理，称为数字化处理。