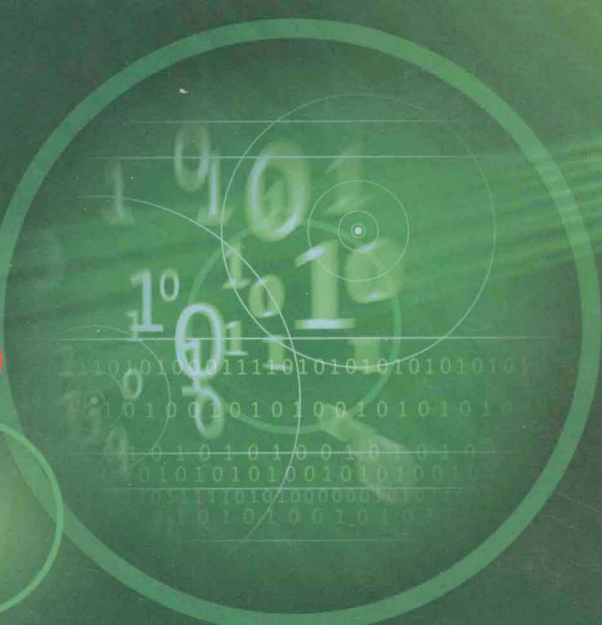


数字图像处理

蒋爱平 王晓飞 编著
杜宝祥 朱福珍



10101010111101010101010101
101001010100101010101010
10101010100101010101
10101010100101010010
10111010100000010101
10101001010101



科学出版社

数字图像处理

蒋爱平 王晓飞 编著
杜宝祥 朱福珍



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要介绍数字图像处理的基本概念、常用方法、实用技术和典型应用。全书共 13 章,可分为三部分内容:第一部分是数字图像处理基础,包括绪论、数字图像处理的基本原理、图像变换,分别介绍了数字图像处理的研究对象和研究内容、系统组成、人类视觉与色度学、图像数字化知识、数字图像的种类、图像文件格式与图像变换等相关知识;第二部分介绍图像处理的基本方法和技术,包括图像增强、图像复原与重建、图像压缩;第三部分讲述数字图像分析的基本原理和方法,包括图像分割、图像匹配与识别、图像融合,以及新理论在图像处理方面的应用。本书内容系统,重点突出,理论与实例并重。每章配有小结和习题。

本书可作为高等院校信息与通信工程、控制科学与工程、计算机科学与技术、生物医学工程、光学工程和电子科学与技术等学科的相关专业本科生和研究生的教材,也可作为从事图像处理与分析、模式识别、人工智能和计算机应用研究与开发的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理/蒋爱平等编著. —北京:科学出版社,2013. 6

ISBN 978-7-03-037742-5

I. ①数… II. ①蒋… III. ①数字图像处理 IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 121419 号

责任编辑:余 江 张丽花 / 责任校对:张小霞

责任印制:闫 磊 / 封面设计:迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

安泰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013 年 6 月第一次印刷 印张:17 3/4

字数:459 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

图像是人类感知世界、获取信息的最主要的方式,据统计,一个正常人获取的信息大约有四分之三来源于视觉。俗语“百闻不如一见”、“一目了然”等都反映了视觉获取信息的独特效果。在计算机出现之前,图像处理主要以通过光学、摄影等模拟图像处理技术为主,以达到某种预期目的。而数字图像处理是近几十年才发展起来的一门新兴学科,其起源于 20 世纪 20 年代,当时通过海底电缆传输了第一幅数字图片。由于早期受技术手段的限制,数字图像处理发展相当缓慢,直到第三代计算机问世后,数字图像处理才开始迅速发展,数字图像处理的理论和方法进一步完善,以其精度高、再现性好、可实现多功能的高度复杂的运算灵活方便等特点而显示出广阔的应用前景,成为计算机科学、信息科学、遥感、生物学、医学等学科研究的热点,对推动社会发展、改善人们生活水平、提高国防建设等起到了重要的作用。为了更好地应对信息化、数字化社会的挑战,实现工程技术型人才培养的目标,编者结合多年教学和科研实践经验编写本书,使读者能初步了解数字图像处理的基本概念、方法和应用,为在本领域中进行研究和应用打下扎实的基础。

本书以兼顾基础、开拓学生在数字图像处理研究领域的眼界为原则,在内容上既选取有代表性的经典内容,着重介绍图像处理的基本概念和方法,又结合数字图像处理的发展,选取一些新的理论及应用成果,使本书的内容具有一定的广度、深度和新颖性。全书共 13 章,可分为三部分内容:

第一部分是数字图像处理基础,包括绪论、数字图像处理的基本原理、图像变换 3 章,分别介绍了数字图像处理的研究对象和研究内容、系统组成、人类视觉与色度学、图像数字化知识、数字图像的种类、图像文件格式与基于核可分离的正交图像变换等相关知识。这一部分内容可以使读者对数字图像的基础概念有初步的认识,使读者对图像在空间域和频率域的表达方式有一定的认识和理解。

第二部分介绍图像处理的基本方法和技术,包括图像增强、图像复原与重建、图像压缩 3 章,分别介绍了空间域的平滑与锐化、频率域的增强、彩色增强、代数复原、频率域恢复、几何校正、图像重建、图像压缩的评价方法、统计编码、预测编码、正交变换编码等内容。这一部分内容可以使读者对数字图像处理的基本方法和技术有初步的认识,为数字图像分析及应用打下基础。

第三部分包括第 7~13 章,介绍了图像分割、图像描述和图像分类识别,以及新理论在图像处理方面的应用等。其中第 7 章和第 8 章是图像提取和分析的理论、方法和实例,包括图像分割、二值图像处理与形状分析、纹理分析、模板匹配等内容;第 9 章从图像融合角度介绍综合利用多幅图像信息的方法;第 10 章介绍图像处理的一个重要应用领域——遥感图像处理;第 11 章介绍分形理论及其在图像处理中的应用;第 12 章介绍 Contourlet 变换及其在图像处理中的应用;第 13 章介绍图像超分辨率重建技术。

这三部分内容采用循序渐进的方式,对数字图像处理的理论与实例进行介绍,同时每章配以一定量的习题和思考题,以便读者能更好地学习和掌握书中的内容。

本书第 1、3、11 章由蒋爱平编写,第 2、5、6、10 章由王晓飞编写,第 7、8、9、12 章由杜宝祥

编写,第4、13章由朱福珍编写,全书由蒋爱平统稿。研究生王晓丽、何璨、刘嘉、张祥雪、侯传龙等参加了部分插图的绘制与校对工作。本书的出版,得到黑龙江大学“十二五”规划教材立项经费和黑龙江省教育厅重点专业电子信息工程经费的支持,在此表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中,参考了大量的书籍资料,同时融入了编者多年积累的教学与科研经验,但鉴于编者的学识水平,书中定会有不妥之处,敬请读者不吝指正。

编 者

2013年3月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 图像与数字图像表示	1
1.2 数字图像处理	3
1.3 数字图像处理方法	6
1.4 数字图像处理的主要研究内容	7
1.5 数字图像处理的应用实例	11
1.6 小结	16
习题	16
第 2 章 数字图像处理的基本原理	17
2.1 图像的数字化	17
2.2 数字图像的储存格式	21
2.3 图像的直方图	26
2.4 像素间的基本关系	27
2.5 小结	29
习题	30
第 3 章 图像变换	31
3.1 图像的正交变换	31
3.2 傅里叶变换	33
3.3 离散余弦变换	41
3.4 小波变换	45
3.5 沃尔什变换	54
3.6 哈达玛变换	58
3.7 小结	60
习题	60
第 4 章 图像增强	61
4.1 空间域图像增强	61
4.2 频域图像增强	78
4.3 彩色图像增强	84
4.4 小结	88
习题	88
第 5 章 图像复原与重建	90
5.1 概述	90
5.2 图像的退化模型及估计	90

5.3	代数恢复方法	94
5.4	频率域复原方法	96
5.5	几何校正	98
5.6	小结	101
	习题	102
第6章	图像压缩	103
6.1	概述	103
6.2	无损压缩	108
6.3	有损压缩	114
6.4	JPEG 编码压缩	117
6.5	小结	121
	习题	121
第7章	图像分割	122
7.1	边缘检测	123
7.2	阈值与图像分割	128
7.3	基于区域的分割	130
7.4	基于形态学分水岭的分割	135
7.5	分形方法在图像分割中的应用	140
7.6	K 均值方法在图像分割中的应用	144
7.7	小结	146
第8章	图像匹配与识别	147
8.1	图像匹配	147
8.2	图像识别	152
8.3	关于模式识别的一些基本问题	157
8.4	小结	159
	习题	159
第9章	图像融合	160
9.1	简介	160
9.2	多传感器图像融合技术	160
9.3	像素级多传感器图像融合	162
9.4	像素级多传感器图像融合方法综述	164
9.5	多聚焦图像融合	166
9.6	多聚焦图像的评价方法	167
9.7	多聚焦图像融合方法分类与比较	169
9.8	基于小波变换的多聚焦图像融合	172
9.9	小结	176
	习题	177
第10章	遥感图像处理	178
10.1	遥感基础	178

10.2	遥感图像目视判读·····	182
10.3	遥感图像校正·····	183
10.4	遥感图像分类·····	192
10.5	小结·····	194
第 11 章	分形及其在数字图像处理中的应用 ·····	195
11.1	分形的发展·····	195
11.2	分形的定义·····	196
11.3	分形维数·····	197
11.4	规则分形及其分形维数·····	197
11.5	不规则分形维数的测定·····	201
11.6	多重分形·····	203
11.7	归一化概率测度的测定方法·····	207
11.8	分形与数字图像处理·····	210
11.9	小结·····	214
第 12 章	Contourlet 变换及其在图像处理中的应用 ·····	215
12.1	Contourlet 变换基本理论 ·····	215
12.2	Contourlet 变换在图像处理中的应用 ·····	221
12.3	小结·····	224
	习题·····	225
第 13 章	图像超分辨率重建技术 ·····	226
13.1	图像超分辨率的相关概念·····	226
13.2	国内外超分辨重建技术研究概况·····	228
13.3	图像退化过程分析及成像系统模型·····	243
13.4	图像超分辨的数学物理基础及质量评价·····	246
13.5	频域解混叠图像超分辨重建法·····	252
13.6	空域 POCS 超分辨图像重建法 ·····	259
13.7	超分辨率重建技术应用领域及研究展望·····	265
13.8	小结·····	267
	参考文献 ·····	268

第 1 章 绪 论

随着科学技术和计算机网络技术的迅速发展,人们对于信息的需求量越来越高。而在所有人类获得的信息中,视觉信息占到 75%,剩余的部分才是听觉信息、味觉信息、触觉信息和嗅觉信息等。人类传递信息的主要媒介是语音和图像,在视觉中获得的大部分信息都是图像,所以图像是人类获取信息的主要方式。在实际中有时为了达到一些特有的效果,需要对图像进行相关的处理。而目前大部分图像都是以数字形式进行存储的,所以图像处理都是指数字图像处理。数字图像处理是近几十年新兴的学科,同时也是一个跨学科的前沿科技领域,它在工程学、计算机科学、信息学、遥感、生物医学、地质、海洋、气象、农业、冶金等学科中都得到了广泛的应用,同时也取得了巨大的成功和显著的经济效益,并且具有无限的发展潜力。

1.1 图像与数字图像表示

1.1.1 图像的含义

图像(image)具有多种含义,其中最常见的一种定义是指各种图形和影像的总称。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知识源泉。它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进而产生视觉的实体。人的视觉系统就是一个观测系统,通过它得到的图像就是客观景物在人眼中形成的影像。图像信息不仅包含光通量分布,还包含人类视觉的主观感受。随着计算机技术的迅速发展,人们还可以人为地创造出色彩斑斓、千姿百态的各种图像,如图 1.1.1 所示。

总之,图像是对客观对象的一种相似性的、生动性的描述或写真。图像是客观对象的一种表示,它包含了有关被描述对象的信息,它是人们最主要的获取信息的来源。



图 1.1.1 彩虹图像

1.1.2 图像表示方法

图像是人类获取信息的重要方式。为了更有效地对图像进行处理,使用适当的数字模型表示图像是十分必要的。根据图像的光强度 I (亮度、密度或者灰度) 的空间分布,一幅图像均可由下面的函数式表示:

$$I = f(x, y, z, t, \lambda) \quad (1.1.1)$$

其中, x, y, z 是空间坐标; λ 是波长; t 是时间坐标; I 是图像的强度。这个表达式可以代表一幅活动的、彩色的或者立体的电视图像。

若研究的是静止图像,则与式(1.1.1)中的时间 t 无关;若是单色图像,则波长 λ 是一常数;若同时是平面图像,则二维图像与坐标 z 无关。因此,对于静止的二维平面图像,其数学表

达式可简化为下面的形式:

$$I=f(x,y) \tag{1.1.2}$$

这说明一幅二维平面图像可以用二维亮度函数表示。

在实际的应用中,大部分图像都是以数字形式存在的。数字图像通常用矩阵表示,一幅 $m \times n$ 的数字图像可以表示成下面的式子。

$$I=\begin{pmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,n-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1,n-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(m-1,0) & f(m-1,1) & \cdots & f(m-1,n-1) \end{pmatrix} \tag{1.1.3}$$

下面举例说明,原始图像如图 1.1.2 所示,对应的数据如图 1.1.3 所示。

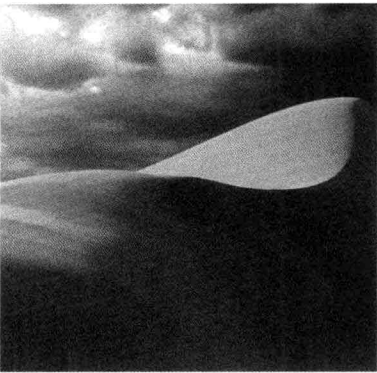
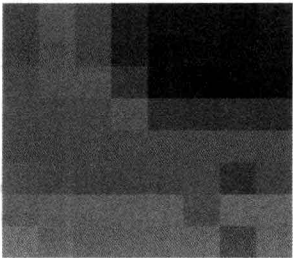


图 1.1.2 原始图像



(a)

130	146	133	95	71	71	62	78
130	146	133	92	62	71	62	71
139	146	146	120	62	55	55	55
139	139	139	146	117	112	117	110
139	139	139	139	139	139	139	139
146	142	139	139	139	143	125	139
156	159	159	159	159	146	159	159
168	159	156	159	159	159	139	159

(b)

图 1.1.3 原始图像的部分及其对应的图像数据

在图 1.1.3 中,数字图像中的每个像素点都对应矩阵中相应的元素。将数字图像表示成矩阵的优点在于能够应用矩阵理论对数字图像进行分析和处理。

1.1.3 图像的分类

图像的种类很多,可以根据图像的不同特征和表现形式等对图像进行分类。

(1) 按照图像的存在形式进行分类,可以将图像分为抽象图像和实际图像。抽象图像即是抽象的、看不到实际的图像,如数学函数图像;实际图像是可用肉眼直接观看的图像,如图片、照片等。

(2) 按照人眼的视觉特性进行分类,可以将图像分为不可见图像和可见图像。不可见图像包含不可见光成像和不可见量成像,不可见光成像是如红外、微波等的成像,其电磁波谱图如图 1.1.4 所示,而不可见量成像是按数学模型生成的图像,如温度、压力及人口密度等的分布图;可见图像包含照片、用线条画的图和画等,其可见图像的可见光分布图如图 1.1.5 所示。

(3) 按照图像的亮度等级进行分类,可以将图像分为二值图像和灰度图像。二值图像是只有黑白两种亮度等级的图像;灰度图像则是具有多重亮度等级的图像。

(4) 按照图像的光谱进行分类,可以将图像分为彩色图像和黑白图像。彩色图像是由多种颜色组成的图像,图像上的每个点具有多于一个的局部特性,如在彩色摄影和彩色电视中重现的 3 基色(红、绿、蓝)图像,每个像素点就分别对应这 3 个基色的 3 个亮度值;黑白图像则是

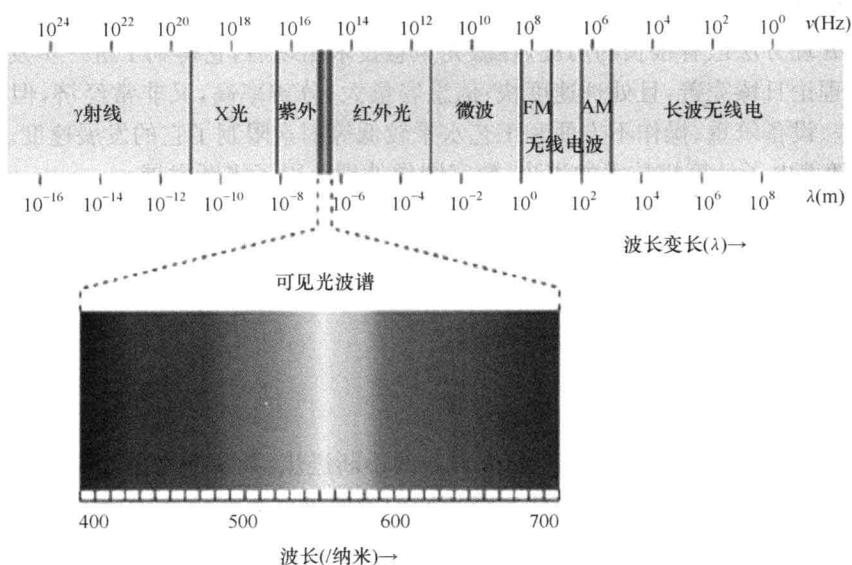


图 1.1.4 电磁波谱图

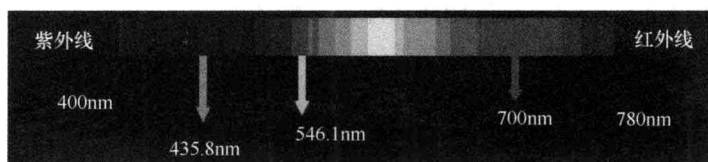


图 1.1.5 可见光分布图

每个像素点只有一个亮度值分量,如黑白照片和黑白电视画面等。

(5) 按照波段数进行分类,可以将图像分为单波段、多波段和超波段图像。单波段图像上每个点只有一个亮度值;多波段图像上每个点具有多个特性;超波段图像上每个点具有几十或几百个特性。

(6) 按照图像是否随时间变换进行分类,可以将图像分为静止图像和活动图像。静止图像是不随时间变换的图像,如图片和照片等;活动图像则是随时间变换的图像,如电影和电视画面等。

(7) 按照图像所占的空间和维数进行分类,可以将图像分为二维图像和三维图像。二维图像即平面图像,如照片等;三维图像即空间分布的图像,一般使用两个或者多个摄像头完成。

(8) 按照图像空间坐标和亮度(或色彩)的连续性进行分类,可以将图像分为模拟图像和数字图像。模拟图像指空间坐标和亮度(或色彩)都是连续变化的图像;而数字图像则是一种空间坐标和灰度均不连续的、用离散数字(一般用整数)表示的图像。

1.2 数字图像处理

1.2.1 数字图像处理的定义

图像处理(image processing)是对图像进行一系列操作以达到预期目标的技术。图像处理又分为模拟图像处理和数字图像处理。

模拟图像处理(analog image processing)是利用光学、照相方法对模拟图像的处理。光学的模拟图像处理方法已有很长的历史,在激光全息技术出现后,它得到了进一步发展。尽管光学图像处理理论日臻完善,且处理速度快、信息容量大、分辨率高,又非常经济,但处理精度不高、稳定性差、设备笨重、操作不方便和工艺水平较低等因素限制了它的发展速度。从 20 世纪 60 年代起,随着电子计算机技术的进步,数字图像处理获得了飞跃发展。

数字图像处理(digital image processing)离不开计算机,所以又称为计算机图像处理,它是指为达到某种预期目的,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。数字图像处理是对数字图像进行分析、加工和处理,使其满足人们视觉和心理的要求。目前,数字图像处理在很多领域都有着广泛的应用。

1.2.2 数字图像处理的发展

20 世纪 20 年代,随着人类的信息传递方式的不断进步,数字图像处理开始应用于图像的远距离传输中,使用数字图像压缩方法对待传输的图像进行压缩,使纽约—伦敦海底电缆传输数字化的新闻图片,传递时间从一个多星期减少到 3 小时。为了用电缆传输图片,首先要对图片进行编码,然后在接收端使用特殊的打印设备重构该图片。1921 年,电报打印机采用特殊字符在编码纸带打印,输出设备从专用到通用再到专用。图 1.2.1 就是使用这种方法传送并使用电报打印机通过字符模拟中间色调而还原出来的图像。



图 1.2.1 电报打印机打印的数字图像

在 1921 年年底,采用电报打印机打印图像的方法被彻底淘汰,转而支持一种基于光学还原的技术,该技术在电报的接收端使用穿孔纸带打印图片。1922 年,在信号两次穿越大西洋后,利用穿孔纸带方法打印出了图片。图 1.2.2 就是利用这种方法得到的数字图像,可以看出此图片具有误差,但是对比图 1.2.1,它在色调质量和图像的分辨率上都有明显的改进。而在 1929 年,图像编码的灰度等级从早期的 5 个灰度级增加到了 15 个灰度级。从伦敦到纽约通过电缆传递 15 级色调的照片,图 1.2.3 就是通过 15 级色调设备传输得到的图像。由此,人们对信息传递的要求越来越高,加快了数字图像处理的发展。

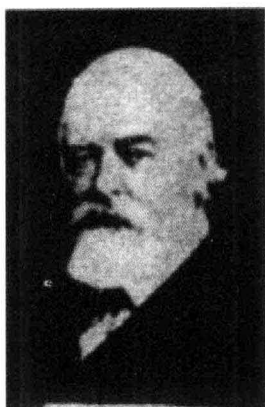


图 1.2.2 穿孔纸带得到的数字图像



图 1.2.3 15 级色调设备传输得到的图像

数字图像处理最早出现于 20 世纪 50 年代,当时的电子计算机已经发展到了一定的水平,人们开始利用计算机处理图形和图像信息。数字图像处理作为一门学科大约形成于 20 世纪 60 年代初期。早期的图像处理的目的是改善图像的质量,它以人为对象,以改善人的视觉效果为目的。图像处理中,输入的是质量低的图像,输出的是改善质量后的图像,常用的图像处理方法有图像增强、复原、编码、压缩等。首次获得实际成功应用的是美国喷气推进实验室(JPL)。在 1964 年,美国喷射推进实验室使用计算机对太空船传回地面的大批月球照片进行处理后,得到了清晰逼真的图像。图 1.2.4 是美国航天器传送回的第一张月球照片,于 1964 年 7 月 31 日上午(东部白天时间)9 点 9 分摄取的图像。



图 1.2.4 第一张月球图像

他们对航天探测器“徘徊者 7 号”发回的几千张月球照片使用了数字图像处理技术,如运用几何校正、灰度变换、去除噪声等方法进行处理,并考虑了太阳位置和月球环境的影响,由计算机成功地绘制出月球表面地图,获得了巨大的成功。随后又对探测飞船发回的近十万张照片进行了更为复杂的图像处理,获得了月球的地形图、彩色图及全景镶嵌图,获得了非凡的成果,为人类登月创举奠定了坚实的基础,也推动了数字图像处理这门学科的诞生。在以后的数字图像处理技术逐步发展的过程中,数字图像处理技术和宇航空间技术在对火星、土星等星球的探测研究中都发挥了巨大的作用。

数字图像处理取得的另一个巨大成就是在医学上获得的成果。1972 年,英国 EMI 公司工程师 Housfield 发明了用于头颅诊断的 X 射线计算机断层摄影装置。X 光对人体组织有损害,在临床上为了减少这种副效应,同时又能得到病人比较理想的 X 光片,可以使用强度较低的 X 光对病人进行照射以拍取 X 光图像,然后通过数字图像处理技术进行处理以得到清晰的图像。也就是通常所说的 CT(computer tomograph),其图像如图 1.2.5 所示。

CT 的方法是根据人的头部截面的投影,经计算机处理重建截面图像,称为图像重建。1975 年,EMI 公司又成功研制出全身用的 CT 装置,获得了人体各个部位鲜明清晰的断层图

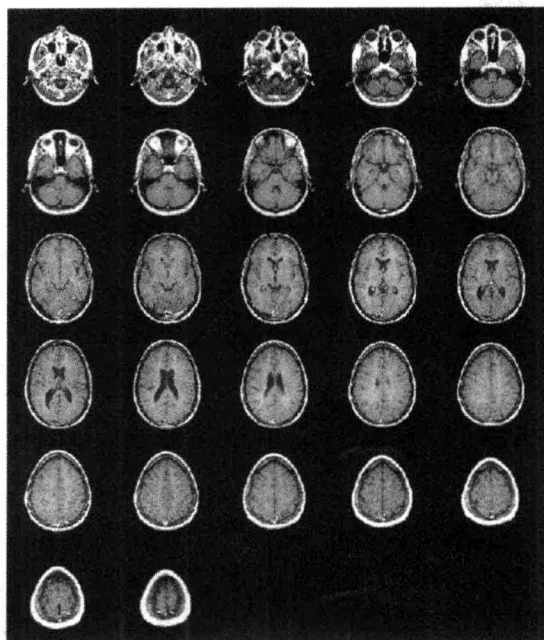


图 1.2.5 CT 图像

像。1979 年,这项无损伤诊断技术获得了诺贝尔奖,说明它对人类做出了跨时代的贡献。此外,数字图像处理还应用到了超声图像的处理、激光显微图像的处理、磁共振图像的处理和 PET 图像的处理等。

随着数字图像处理技术的深入发展,从 20 世纪 70 年代中期开始,随着计算机技术和人工智能、思维科学研究的迅速发展,数字图像处理向更高、更深层次发展。人们已开始研究如何用计算机系统解释图像,实现类似人类视觉系统理解外部世界,称为图像理解或计算机视觉。很多国家,特别是发达国家投入更多的人力、物力到这项研究,取得了不少重要的研究成果。其中代表性的成果是 70 年代末 MIT 的 Marr 提出的视觉计算理论,这个理论成为计算机视觉领域其后十多年的主导思想。图像理解虽然在理论方法研究上已取得不小的进展,但它本身是一个比较难的研究领域,存在不少困难。人类本身对自己的视觉过程还了解甚少,因此,计算机视觉是一个有待人们进一步探索的新领域。

与此同时,数字图像处理技术在许多领域得到广泛的应用并取得了重大的开拓性成就,这些领域主要有航空航天、生物医学工程、工业检测、机器人视觉、公安司法、军事制导、文化艺术等,使数字图像处理成为一门引人注目、前景远大的新型学科。

1.3 数字图像处理方法

数字图像处理的方法种类繁多,根据不同的分类标准可以得到不同的分类结果。根据数字图像处理方法处理的作用域不同,主要可以将数字图像处理方法分为空域图像处理方法和变换域图像处理方法。

1.3.1 空域图像处理方法

空域图像处理方法是指在空间域内直接对数字图像进行处理。在处理时,既可以直接对图像各像素点进行灰度上的变换处理,也可以对图像进行小区域模板的空域滤波等处理,以充分考虑像素邻域像素点对其的影响。

空域图像处理方法主要分为两大类,即邻域处理法和点处理法。

1.3.2 变换域图像处理方法

变换域图像处理方法是通过各种图像变换方法将图像从空域变换到相应的变换域,得到变换域系数阵列,然后在变换域中对图像进行处理,处理完成后再将图像从变换域进行反变换到空间域,得到最后的处理结果。

变换域图像处理所使用的图像变换主要有傅里叶变换、离散余弦变换、沃尔什变换、哈达玛变换、小波变换和轮廓波变换等。

1.4 数字图像处理的主要研究内容

1.4.1 数字图像处理的内容

图像处理的内容相当丰富,包括狭义的图像处理、图像分析与图像理解。

狭义的图像处理着重强调在图像之间进行的变换,是一个从图像到图像的过程,是比较低层的操作。狭义的图像处理主要是对图像进行各种加工,以改善图像的视觉效果,或对图像进行压缩编码以减少所需存储空间或传输时间,达到传输通路的要求。其特点是主要在像素级进行处理,处理的数据量非常大。

图像分析一般利用数学模型并结合图像处理的技术分析底层特征和上层结构,从而提取具有一定智能性的信息。图像分析主要是对图像中感兴趣的目标进行检测和测量,从而建立对图像目标的描述。图像分析是一个从图像到数值或符号的过程。

图像理解则是在图像分析的基础之上,基于人工智能和认知理论研究图像中各目标的性质和它们之间的相互联系,理解图像内容的含义及解译原来的客观场景,从而指导和规划行动。如果图像分析主要是以观察者为中心研究客观世界(主要研究可观察到的对象)的,那么图像理解在一定程度上是以客观世界为中心,借助知识、经验等把握整个客观世界的。

1.4.2 数字图像处理的主要研究方向

数字图像处理在科学技术和计算机技术的飞速发展的同时,将不断趋向成熟。目前,计算机设备价格的下降,通过万维网及互联网的网络通信带宽的扩展,图像数字化和图像显示设备的普及,低成本的数字图像处理系统的应用,为数字图像处理的持续发展创造了前所未有的机会,其数字图像处理的研究内容也将不断深入。下面对数字图像处理的主要研究方向进行详细介绍。

(1) 图像变换。图像变换是图像处理和图像分析的一个重要分支,图像变换是许多图像处理和分析技术的基础,是图像增强和复原的基本工具,也是图像特征提取的重要手段。由于图像阵列很大,直接在空间域中进行处理,涉及计算量很大,所以,一般采用各种图像变换的方

法,如傅里叶变换、离散余弦变换、沃尔什变换、哈达玛变换、小波变换等间接处理技术,将图像从空域变换到变换域,将空域的处理转换为变换域处理,然后在变换域中对图像进行分析和处理。这样不仅可减少计算量,还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)。图 1.4.1 是一个图像变换的典型应用实例。目前研究的新兴小波变换在时域和频域中都具有良好的局部化特性,在数字图像处理中也有着广泛而有效的应用。

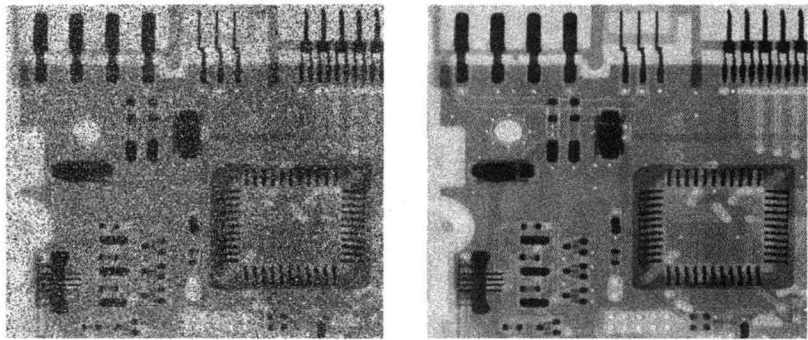


图 1.4.1 图像变换实例

(2) 图像增强。图像增强是指根据一定的要求,突出图像中感兴趣的信息,而减弱或去除不需要的信息,从而使有用信息得到加强的信息处理方法。根据图像增强处理过程所在的空间不同,图像增强技术可分为基于空间域的增强方法和基于频率域的增强方法两类。图像增强方法主要有直方图增强、空域滤波法、频率域滤波法以及彩色增强法等。图像增强一般不考虑图像质量降低的原因,而只是为了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;强化低频分量可减少图像中噪声影响等。图 1.4.2 是一个图像增强的典型实例。目前,图像增强方法在很多领域得到了广泛的应用,并具有无限的发展潜力。



图 1.4.2 图像增强实例

(3) 图像复原与重建。图像复原也叫做图像恢复。其目的是提高图像的质量而找出图像质量降低的起因,并尽可能消除它,使图像恢复本来面目,如去除噪声、提高图像的清晰度等。

图像复原要求对图像质量降低的原因有一定的了解,一般情况下应该根据图像质量降低的过程建立“图像质量降低模型”,再采用某种滤波方法,恢复原来的图像。常用的图像恢复有纠正几何失真,从已知图像信号和噪声的统计特性入手,用维纳滤波等方法改善信噪比等。图 1.4.3 是图像复原的应用实例。



图 1.4.3 图像复原实例

图像重建处理则是从数据到图像的处理,也就是说输入的是某种数据,而处理结果得到的是图像。图像重建的主要算法有代数法、迭代法、傅里叶反投影法、卷积反投影法等。该图像重建处理的典型应用就是 CT 技术,图 1.4.4 是重建后的 CT 图像。目前,图像重建技术已经在医学上得到了非常广泛的应用,并且已经取得了突出的成绩。

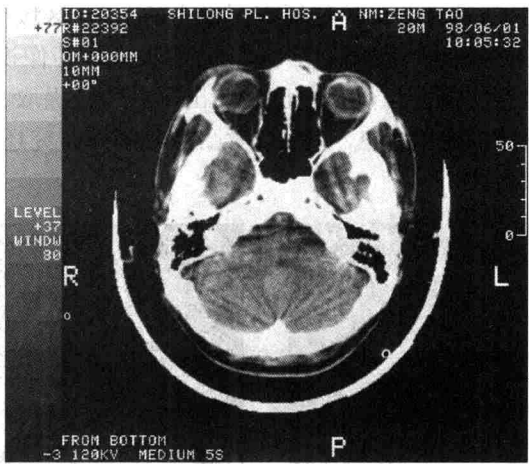


图 1.4.4 CT 图像重建实例

(4) 图像编码与压缩。图像编码与压缩就是利用图像信号的统计特性及人类视觉的生理学和心理学特性对图像信号进行高效编码和数据压缩,以解决数据量大的矛盾。图像编码与压缩技术可减少描述图像的数据量(即比特数),以节省图像传输、处理时间和减少所占用的存储器容量。编码是压缩技术中最重要的方法,它在图像处理技术中是发展最早且比较成熟的技术。根据编码方法作用域不同,图像编码分为空间域编码和变换域编码两大类。压缩可以在不失真的前提下获得,也可以在允许的失真条件下进行。因此,根据解压缩重建后的图像和原始图像之间是否具有误差,图像编码与压缩分为无误差编码压缩和有误差编码压缩两大类。

图像编码与压缩的目的有 3 个:①尽量减少表示数字图像时需要的数据量;②降低数据率