

陈健美 宋余庆 朱 峰 主编

数字图像 处理与分析

 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

陈健美 宋余庆 朱 峰 主编

数字图像

处理与分析

 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇 江

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理与分析 / 陈健美, 宋余庆, 朱峰主编

— 镇江: 江苏大学出版社, 2015. 3

ISBN 978-7-81130-934-8

I. ①数… II. ①陈… ②宋… ③朱… III. ①数字图像处理 IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 054149 号

数字图像处理与分析

SHUZI TUXIANG CHULI YU FENXI

主 编/陈健美 宋余庆 朱 峰

责任编辑/吴昌兴

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/<http://press.ujs.edu.cn>

排 版/镇江华翔票证印务有限公司

印 刷/句容市排印厂

经 销/江苏省新华书店

开 本/787 mm×1 092 mm 1/16

印 张/17.25

字 数/410 千字

版 次/2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-81130-934-8

定 价/38.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

前 言

《数字图像处理与分析》是一部系统介绍数字图像的获取、处理与分析、识别及其相关技术的著作。全书共 10 章,分别为绪论、图像处理数学基础、图像变换、图像增强、图像恢复与重建、图像压缩与编码、图像分割、图像特征描述、图像挖掘与识别、医学图像检索技术。本书可分为三大部分:第 1~3 章为图像基础部分,介绍有关数字图像的基础知识,主要包括图像及图像处理基本概念、应用领域、成像原理、数学基础知识、图像变换等;第 4~6 章为第二部分,主要介绍数字图像处理技术,如图像增强、图像压缩与编码、图像恢复与重建;第 7~10 章为第三部分,主要介绍图像分析与识别技术。

作者在多年图像处理教学与科研实践基础上,参考了近年来国内外相关领域的最新成果,编写了本书。本书从基本概念入手,采用理论与实践相结合的方式,介绍数字图像处理与分析的基本问题、主要研究内容及相关研究成果。全书内容系统、新颖,深入浅出,对学习与研究数字图像有一定的启迪和引导作用。

本书可作为高等院校计算机应用、模式识别与智能系统、信息工程、生物医学工程、通信工程等学科硕士研究生和大学高年级学生的专业基础课教材,也可供军事侦察、地理信息系统和机器人等相关研究领域的高等院校师生与科技工作人员参考。

本书由陈健美、宋余庆、朱峰主编,谢从华、谢军、刘毅、王丽丽、刘哲参编。限于作者水平,书中难免存在疏漏和不足之处,恳望广大读者提出批评修改意见,以便及时改正。

编 者

2014 年 12 月



目 录

第1章 绪 论	(001)
1.1 基本概念	(001)
1.2 数字图像文件格式	(003)
1.3 数字图像处理的研究内容	(007)
1.4 图像成像原理	(012)
1.5 图像处理技术的应用领域	(022)
第2章 图像处理数学基础	(024)
2.1 图像点运算	(024)
2.2 图像代数运算	(026)
2.3 图像几何运算	(027)
2.4 线性系统理论	(029)
2.5 多元统计分析	(031)
第3章 图像变换	(034)
3.1 概 述	(034)
3.2 傅里叶变换	(036)
3.3 离散余弦变换	(044)
3.4 离散沃尔什-哈达玛变换	(045)
3.5 Gabor 变换	(051)
3.6 小波变换	(055)
3.7 Curvelet 变换	(058)
第4章 图像增强	(066)
4.1 图像增强的点运算	(066)
4.2 图像空间域增强	(072)
4.3 图像频域增强	(086)
4.4 图像彩色增强	(094)
第5章 图像恢复与重建	(099)
5.1 图像退化模型	(099)
5.2 常见图像恢复方法	(104)



5.3	图像的几何校正	(108)
5.4	图像重建	(113)
第 6 章	图像压缩与编码	(120)
6.1	概 述	(120)
6.2	图像无损压缩编码	(122)
6.3	图像有损压缩编码	(128)
6.4	图像压缩标准	(134)
第 7 章	图像分割	(143)
7.1	概 述	(143)
7.2	基于区域的图像分割	(145)
7.3	基于边缘的图像分割	(153)
7.4	基于特定理论的图像分割	(155)
7.5	图像分割结果的评价	(160)
第 8 章	图像特征描述	(163)
8.1	概 述	(163)
8.2	颜色特征描述	(163)
8.3	纹理特征描述	(169)
8.4	形状特征描述	(174)
8.5	语义特征描述	(179)
第 9 章	图像挖掘和识别	(186)
9.1	概 述	(186)
9.2	图像关联规则挖掘技术	(189)
9.3	图像聚类挖掘技术	(198)
9.4	基于多特征融合的图像识别方法	(211)
9.5	基于特征融合的医学图像关联识别系统	(218)
第 10 章	医学图像检索技术	(223)
10.1	图像检索技术	(223)
10.2	基于内容的图像检索技术	(224)
10.3	基于灰度特征及其空间分布信息的检索	(236)
10.4	基于非线性特征联合的检索	(248)
10.5	基于语义的图像检索	(258)
10.6	综合多特征的图像检索	(266)
参考文献		(269)

第 1 章

绪 论

自从 20 世纪 50 年代电子计算机问世以来,数字图像处理随着超大规模集成技术以及计算机结构、性能与算法的迅猛发展,越来越广泛地应用于众多科学与工程领域,如遥感、工业检测、医学、气象、侦查、通信等。所有这些成就正在或将要深刻地改善人们的生产手段、生活方式和人类社会的面貌。

1.1 基本概念

研究数字图像处理,首先要掌握关于数字图像处理的相关概念。本节从图像与数字图像、图像处理的基本概念及数字图像处理的产生与发展等方面展开讨论。

1.1.1 图像与数字图像

现实生活中大多数人都知道一幅图像是什么。一般将图像看作对人和事物的一种表现形式。在几种韦氏(Webster)字典中,对图像的定义是:“物件或事物的一种表示、写真或临摹”,“一个生动的或图形化的描述”,“用以表示其他事物的东西”。可以说图像是指应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并产生视觉的实体的表达形式。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心目中形成的影像。

图像包含其所表达事物的描述信息。科学研究和统计资料表明,人们从外界获取的信息 70% 来自视觉系统,也就是从图像中获得。这里所指的图像可以是照片、绘图、影像等。图像中蕴含大量的信息,俗话说“千字不如一画”,正是反映出图像中包含丰富的信息。

根据图像的表达形式和产生方法,可以将其分为传统图像和数字图像。传统图像是指运用光学原理生成和表达的各类光学图像,包括照片、图、画等;数字图像是指可以用连续函数和离散函数表达的抽象图像,其中,由离散函数组成的数学图像能被计算机处理。数字图像一般是指能够用数值(字)表达某个事物的图像信息。数字图像中的每个基本单元叫作图像元素,常简称为像素(pixel),量化的(整数)灰度就是数字量值。如果用函数 $f(x, y)$ 表示,则连续的图像在坐标空间 XY 和性质空间都被离散化, $f(x, y)$ 一律在整数集合中取值。图像与数字图像如图 1.1 所示。

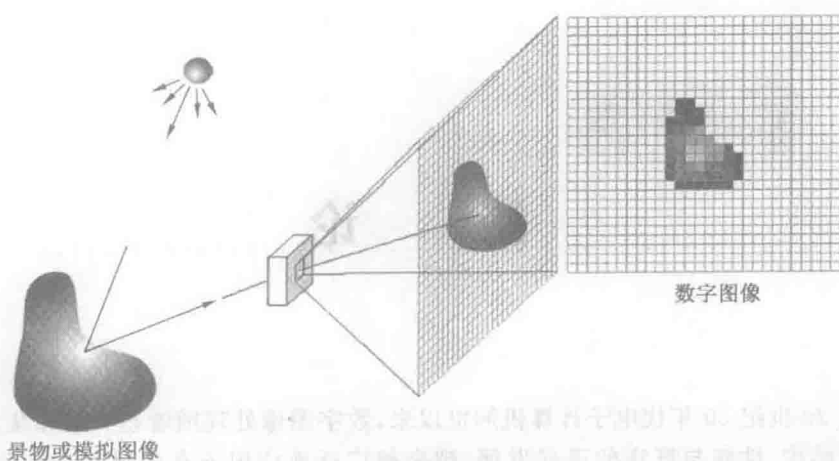


图 1.1 图像与数字图像

1.1.2 图像处理

对图像进行一系列的操作,以达到预期目的的技术称为图像处理。图像处理可分为模拟图像处理与数字图像处理。

利用光学、照相方法对模拟图像的处理称为模拟图像处理。光学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、信息量大、分辨率高,又非常经济,但处理精度不够、稳定性差、设备笨重、操作不方便和工艺水平不高等原因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速发展。

所谓数字图像处理,就是利用计算机对数字图像进行系列操作,从而获得某种预期结果的技术。数字图像处理离不开计算机,因此又称为计算机图像处理。“计算机图像处理”与“数字图像处理”可视为同义语。

1.1.3 数字图像处理产生与发展

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一定水平,人们开始利用计算机来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,输出的是质量改善后的图像,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)。他们对航天探测器徘徊者 7 号在 1964 年发回的几千张月球照片使用了图像处理技术,如几何校正、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。随后他们又对探测飞船发回的近十万张照片进行更为复杂的图像处理,以致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宇航空间技术,如对火星、土星等星球的探测研究中,数字图像处理技术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,也就是我们通常所说的CT(Computer Tomography)。CT的基本方法是根据人的头部截面的投影,经计算机处理来重建截面图像,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划时代的贡献。与此同时,图像处理技术在许多应用领域受到广泛重视并取得了重大的开拓性成就,属于这些领域的有航空航天、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,从而使图像处理成为一门引人注目、前景远大的新型学科。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,这被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20世纪70年代末MIT的Marr提出的视觉计算理论,该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复杂的研究领域,存在不少困难,因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。

1.2 数字图像文件格式

数字的图像在计算机中是以文件的形式存储的。常见的图像数据格式包括:BMP格式、TIFF格式、TGA格式、GIF格式、PCX格式以及JPEG格式等。

1.2.1 BMP格式图像文件

BMP格式的图像文件具有以下特点:

- (1) BMP格式的图像文件的扩展名为“.bmp”。
- (2) 根据需要,使用者可选择图像数据是否采用压缩形式存放。一般情况下,BMP格式的图像采用非压缩格式。
- (3) 当使用者采用压缩格式存放BMP格式的图像时,若使用RLE4压缩方式,可得到16色模式的图像;若采用RLE8压缩方式,则得到256色模式的图像。
- (4) 可以多种彩色模式保存图像,如16色、256色、24bit真彩色,最新版本的BMP格式允许32bit真彩色。
- (5) 数据排列顺序与其他格式的图像文件不同,以图像左下角为起点存储图像,而不是以图像的左上角作为起点。
- (6) 调色板数据结构中,RGB三基色数据的排列顺序恰好与其他格式文件的顺序相反。

BMP格式的图像文件结构可以分为文件头、调色板数据以及图像数据区三部分,如图1.2所示。



文件头
调色板数据
图像数据区

不超过 256 色 54 字节

图 1.2 BMP 格式的图像文件结构

图像文件大小:

灰度图像文件大小=文件头+像素个数×灰度级数

彩色图像文件大小=文件头+像素个数×颜色数

颜色数(用于表示颜色的位数):

16 色(24)色 4bits

256 色(28)色 8bits=1byte

65 536 色(216)色 16bits=2bytes

1 677 万(224)色 24bits=3bytes

1.2.2 TIFF 格式的图像文件

TIFF 是 tag image file format 的缩写,它由 Aldus 公司于 1986 年推出,后来与微软公司合作,进一步发展了 TIFF 格式。

TIFF 格式的图像文件具有以下特点:

- (1) TIFF 格式图像文件的扩展名为“.tif”。
- (2) 支持从单色模式到 32bit 真彩色模式的所有图像。
- (3) 不针对某一个特定的操作平台,可用于多种操作平台和应用软件。
- (4) 适用于多种机型,在 PC 计算机和 Macintosh 计算机之间可相互转换和移植 TIFF 图像文件。
- (5) 数据结构式可变,文件具有可改写性,使用者可向文件中写入相关信息。
- (6) 具有多种数据压缩存储方式,使解压缩过程变得复杂化。

TIFF 格式的图像文件结构如图 1.3 所示。

文件头
标识信息区
图像数据区

8 字节

$N \times 12$ 字节

图 1.3 TIFF 格式图像文件的数据结构

文件头由 8 个字节组成,分别说明该文件的字节序、版本号、文件目录在整个文件中的偏移量。在标识信息区(IFD)目录中,有很多由 12 个字节组成的标识信息,表示的内容包括指示标识信息的代号、数据类型说明、数据值、文件数据量等。图像数据区是真正存放图像数据的部分,该区的数据指明了图像使用何种压缩方法、如何排列数据、如何分割数据等内容。

1.2.3 GIF 格式的图像文件

GIF 是 graphics interchange format 的缩写,它是 CompuServe 公司于 1987 年推出

的,主要是为了网络传输和 BBS 用户使用图像文件而设计的。

GIF 格式的图像文件具有如下特点:

(1) GIF 格式图像文件的扩展名为“.gif”。

(2) 对于灰度图像表现最佳。

(3) 具有 GIF87a 和 GIF89a 两个版本。GIF87a 版本是 1987 年推出的,一个文件存储一个图像;GIF89a 版本是 1989 年推出的很有特色的版本,该版本允许一个文件存储多个图像,可实现动画功能。

(4) 采用改进的 LZW 压缩算法处理图像数据。

(5) 调色板数据有通用调色板和局部调色板之分,各有不同的颜色取值。

(6) 不支持 24bit 彩色模式,最多存储 256 色。

GIF 格式的图像文件结构如图 1.4 所示。

文件头
逻辑屏幕描述区
调色板数据区
图像数据区
4 个图像数据区
结束标志区

可选

图 1.4 GIF 格式图像文件的数据结构

文件头是一个带有识别 GIF 格式数据流的数据块,用于区分早期版本和新版本。逻辑屏幕描述区定义了与图像数据相关的图像平面尺寸、彩色深度,并指明后面的调色板数据属于全局调色板还是局部调色板。若使用的是全局调色板,则生成一个 24bit 的 RGB 全局调色板,其中一个基色占用一个字节。

图像数据区的内容有两类,一类是纯粹的图像数据,一类是用于特殊目的的数据块(包含专用应用程序代码和不可打印的注释信息)。在 GIF89a 格式的图像文件中,如果一个文件中包含多个图像,图像数据区将依次重复数据块序列。结束标志区的主要作用是标记整个数据流的结束。

1.2.4 JPEG 格式的图像文件

JPEG 是 joint photographic experts group 的缩写,该标准是由国际标准化组织 ISO 的下属专家小组提出的。该格式文件采用有损编码方式,原始图像经过 JPEG 编码,使 JPEG 格式的图像文件与原始图像发生很大差别,但不易察觉。

JPEG 格式的图像文件具有如下特点:

(1) JPEG 格式图像文件的扩展名是“.jpg”。

(2) 适用性广泛,大多数图像类型都可以进行 JPEG 编码。

(3) 对于使用计算机绘制的具有明显边界的图形,JPEG 编码方式的处理效果不佳。

(4) 对于数字化照片和表达自然景观的色彩丰富的照片,JPEG 编码方式具有非常好的处理效果。

(5) 使用 JPEG 格式的图像文件时,需要解压缩过程。

JPEG 格式的图像文件一般有两种内部格式:一种是目被广泛使用的 JFIF 格式,它包含一个常驻的 JPEG 数据流,其作用是提供所需的数据,而不需要使用外部数据;另一种是 JPEG-in-TIFF 格式,该格式把 JPEG 图像压缩保持到 TIFF 格式的文件中,它在解压和读出时,很容易受外部条件的限制和影响,目前还未得到广泛的应用。

1.2.5 TGA 格式的图像文件

TGA 格式的图像文件由 Truevision 公司开发,最初的目的是支持本公司生产的 Targa 图形卡。该图形卡可以不借助调色板而直接显示 16M 种颜色(24 位真彩色),是一流的计算机显示设备。

TGA 格式的图像文件目前的版本是 2.0 版。

TGA 格式的图像文件具有如下特点:

- (1) TGA 格式图像文件的扩展名是“.tga”。
- (2) 支持任意尺寸的图像。
- (3) 支持 1bit 单色到 32bit 真彩色模式的所有图像,具有很强的颜色表达能力,特别适合影视广播级的动画制作。
- (4) 图像的储存具有可选择性,图像数据既可以按照从上到下、从左到右的顺序储存,也可以按照相反的顺序储存。
- (5) TGA 格式的图像对硬件的依赖性强,如果显示卡不具备 24bit 或 32bit 的显示能力,该格式的图像将不能正确显示。

TGA 格式的图像文件结构如图 1.5 所示。

文件头
调色板数据块信息
图像数据区
数据补充区

图 1.5 TGA 格式图像文件的数据结构

文件头主要用于说明 TGA 文件的出处、颜色映像表、图像数据储存类型、图像数据储存顺序等内容。调色板数据块信息包括:调色板数据块构成方式、图像数据的组织方式等。图像数据区用于储存大量的图像数据,是描述图像的重要区域。数据补充区是 2.0 版本新增加的区域。其储存顺序为:开发者相关数据、开发者目录、扩充数据、数据块指针以及文件注脚。

1.2.6 PCX 格式的图像文件

PCX 由 PC Paintbrush 而得名,它由 Zsoft 公司推出,主要用于该公司开发的 PC Paintbrush 绘图软件,后由美国微软公司将该绘图软件移植到 Windows 中,成为一个重要的功能模块。

PCX 格式的图像文件具有如下特点:

(1) PCX 格式图像文件的扩展名是“.pcx”。

(2) 采用 RLE 压缩方式储存数据。

(3) 拥有不同版本,分别用于处理不同显示模式下的数据。文件分为 3 类:单色文件、不超过 16 色的文件和 256 色的文件。单色文件和 16 色的文件可不携带调色板数据,但 256 色的文件则必须包含调色板数据。

(4) 除了最新版本外,其他版本不支持 24bit 真彩色模式。

(5) 图像显示与计算机硬件设备的显示模式有关。

PCX 格式的图像文件结构如图 1.6 所示。

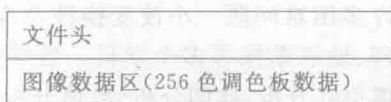


图 1.6 PCX 格式图像文件的数据结构

文件头包含各种识别信息,其中包括 PCX 文件的特征信息、图像的大小和视频、调色板设置等。图像数据区用于表示图像,如果图像是 256 色模式,图像数据区的后面将储存 256 色调色板数据。

1.3 数字图像处理的研究内容

数字图像处理是研究图像的获取、传输、存储、变换、显示、理解与综合利用的一门学科。根据抽象程度和研究方法等的不同可分为 3 个层次,即图像处理、图像分析和图像理解。它们是处在 3 个抽象程度和数据量各有特点的不同层次上。图像处理是底层的操作,它主要在图像像素级上进行处理,处理的数据量非常大。图像分析则进入中层,分割和特征提取把原来的像素描述的图像转化为比较简洁的非图形式的描述。图像理解主要是高层操作,基本上是从描述抽象出来的符号进行运算,其处理过程和方法与人类的思维推理有许多类似之处。随着抽象程度的提高,数据量是逐渐减少的。具体说来,原始图像数据经过一系列的处理过程逐步转化为更有组织和用途的信息。在这个过程中,一方面语义不断引入,操作对象发生变换,数据得到了压缩;另一方面,高层操作对底层操作有指导作用,因此能提高底层操作的效能。具体而言,数字图像处理研究内容包括以下几点。

1.3.1 图像变换

为了有效地和快速地对图像进行处理和分析,常常需要将原定义在图像空间的图像以某种形式转换到另外一些空间,并利用在这些空间的特有性质方便地进行一定的加工,最后再转换回图像空间以得到所需的效果。图像变换就是指把图像信号从空间域变换到变换域,其意义主要在于可以从另一个角度来分析图像信号的特性,简化图像处理问题、有利于特征提取、增强对图像信息的理解。典型的方法有傅里叶变换、离散余弦变换及小波变换等。

傅里叶变换是应用最广泛和最重要的变换。它的变换核是复指数函数,转换域图像是原空间域图像的二维频谱,其“直流”项与原图像亮度的平均值成比例,高频项表征图



像中边缘变化的强度和方向。为了提高运算速度,计算机中多采用傅里叶快速算法。

离散余弦变换是与傅里叶变换相关的一种变换,它类似于离散傅里叶变换,但是只使用实数。离散余弦变换相当于一个长度大概是它 2 倍的离散傅里叶变换,这个离散傅里叶变换是对一个实偶函数进行的(因为一个实偶函数的傅里叶变换仍然是一个实偶函数),在有些变形里面需要将输入或者输出的位置移动 $1/2$ 个单位(DCT 有 8 种标准类型,其中 4 种是常见的)。

与傅里叶变换相比,小波变换是空间(时间)和频率的局部变换,因而能有效地从信号中提取信息。通过伸缩和平移等运算功能可对函数或信号进行多尺度地细化分析,解决了傅里叶变换不能解决的许多困难问题。小波变换涉及应用数学、物理学、计算机科学、信号与信息处理、图像处理、地震勘探等多个学科。数学家认为,小波分析是一个新的数学分支,它是泛函分析、傅里叶分析、样调分析、数值分析的完美结晶;信号和信息处理专家认为,小波分析是时间-尺度分析和多分辨分析的一种新技术,它在信号分析、语音合成、图像识别、计算机视觉、数据压缩、地震勘探、大气与海洋波分析等方面的研究都取得了有科学意义和应用价值的成果。

1.3.2 图像增强

图像增强是采用一系列技术来改善图像的视觉效果,或将图像转换成一种更适合于人或机器进行分析和处理的形式。例如,采用一系列技术,有选择地突出某些感兴趣的信息,同时抑制一些不需要的信息,提高图像的使用价值。它是一个失真的过程,其目的是要改善图像的视觉效果,针对给定图像的应用场合,有目的地强调图像的整体或局部特性,将原来不清晰的图像变得清晰或强调某些感兴趣的特征,扩大图像中不同物体特征之间的差别,抑制不感兴趣的特征,使之改善图像质量,丰富信息量,加强图像判读和识别效果,满足某些特殊分析的需要。

图像增强可分成两大类:频率域法和空间域法。前者把图像看成一种二维信号,对其进行基于二维傅里叶变换的信号增强。采用低通滤波法(即只让低频信号通过),可去除图中的噪声;采用高通滤波法,则可增强边缘等高频信号,使模糊的图片变得清晰。具有代表性的空间域算法有局部求平均值法和中值滤波法(取局部邻域中的中间像素值)等,它们可用于去除或减弱噪声。

图像增强的方法是通过一定手段对原图像附加一些信息或变换数据,有选择地突出图像中感兴趣的特征或者抑制(掩盖)图像中某些不需要的特征,使图像与视觉响应特性相匹配。在图像增强过程中不分析图像降质的原因,处理后的图像不一定逼近原始图像。图像增强技术根据增强处理过程所在的空间不同,可分为基于空域的算法和基于频域的算法两大类。基于空域的算法处理时直接对图像灰度级做运算;基于频域的算法是在图像的某种变换域内对图像的变换系数值进行某种修正,是一种间接增强的算法。

基于空域的算法分为点运算算法和邻域去噪算法。点运算算法即灰度级校正、灰度变换和直方图修正等,目的或使图像成像均匀,或扩大图像动态范围,扩展对比度。邻域增强算法分为图像平滑和锐化两种。平滑一般用于消除图像噪声,但是也容易引起边缘的模糊。常用算法有均值滤波、中值滤波。锐化的目的在于突出物体的边缘轮廓,便于目标识别。常用算法有梯度法、算子、高通滤波、掩模匹配法、统计差值法等。

1.3.3 图像恢复与重建

图像的退化是指图像在形成、传输和记录过程中,由于成像系统、传输介质和设备的不完善,使图像的质量变坏。图像复原就是要尽可能恢复退化图像的本来面目,它是沿图像退化的逆过程进行处理。典型的图像复原是根据图像退化的先验知识建立一个退化模型,以此模型为基础,采用各种逆退化处理方法进行恢复,得到质量改善的图像。图像增强不考虑图像是如何退化的,而是试图采用各种技术来增强图像的视觉效果。因此,图像增强可以不顾增强后的图像是否失真,只要看着合适即可。而图像复原就完全不同,需要知道图像退化的机制和过程等先验知识,据此找出一种相应的逆处理方法,从而得到复原的图像。

图像重建是指通过对离散图像进行线性空间内插或线性空间滤波来重新获得连续图像的方法。用于重建图像的数据一般是分时、分步取得的。图像重建是图像处理中一个重要分支,其重要意义在于获取被检测物体内部结构的图像而不对物体造成任何物理上的损伤。由于具有无损检测技术的显著优点,因此,它在各个不同的应用领域总显示出独特的重要性。例如,医疗放射学、核医学、电子显微、光显微和全息成像学及理论视觉等领域都有应用该技术。

1.3.4 图像编码

图像编码是指用较少的比特有损或无损地表示原来的像素矩阵的技术,也称图像压缩。图像数据之所以能被压缩,就是因为数据中存在冗余。图像数据的冗余主要表现为:图像中相邻像素间的相关性引起的空间冗余;图像序列中不同帧之间存在相关性引起的时间冗余;不同彩色平面或频谱带的相关性引起的频谱冗余。数据压缩的目的就是通过去除这些数据冗余来减少表示数据所需的比特数。由于图像数据量庞大,在存储、传输、处理时非常困难,因此对图像数据的压缩就显得非常重要。信息时代带来了“信息爆炸”,使数据量大增,因此,无论传输或存储都需要对数据进行有效的压缩。在遥感技术中,各种航天探测器采用压缩编码技术,将获取的大量信息送回地面。图像压缩是数据压缩技术在数字图像上的应用,它的目的是减少图像数据中的冗余信息,从而用更加高效的格式存储和传输数据。图像压缩可以是有损数据压缩也可以是无损数据压缩。对于绘制的技术图、图表或者漫画优先使用无损压缩,这是因为有损压缩方法,尤其是在低的位速条件下将会带来压缩失真。如医疗图像或者用于存档的扫描图像等这些有价值的内容的压缩也尽量选择无损压缩方法。有损方法适合于自然的图像,例如一些应用中图像的微小损失是可以接受的(有时是无法感知的),这样就可以大幅度地减小位速。

1.3.5 图像分割

图像分割是一种重要的图像技术,在理论研究和实际应用中都得到了人们的广泛重视。图像分割的方法和种类有很多,有些分割运算可直接应用于任何图像,而另一些只能适用于特殊类别的图像。有些算法需要先对图像进行粗分割,因为它们需要从图像中提取出来的信息。例如,可以对图像的灰度级以设置门限的方法分割。值得提出的是,没有唯一的标准的分割方法。许多不同种类的图像或景物都可作为待分割的图像数据,

不同类型的图像已经有相对应的分割方法对其分割,同时,某些分割方法也只是适合于某些特殊类型的图像分割。分割结果的好坏需要根据具体的场合及要求衡量。图像分割是从图像处理到图像分析的关键步骤,可以说,图像分割的结果直接影响对图像的理解。

图像分割是指将图像中有意义的对象与背景分离,并把这些对象按照不同的含义分割开来,也就是说,把图像中具有不同含义的对象提取出来。图像分割的方法大致可以分为基于边缘检测的方法和基于区域生成的方法两大类。边缘检测技术是所有基于边界分割的图像分析方法的第一步,首先检测出图像局部特性的不连续性,再将它们连成边界,这些边界把图像分成不同的区域,检测出边缘的图像就可以进行特征提取和形状分析。区域生成是指将成组的像素或区域发展成更大区域的过程。从种子点的集合开始,这些点的区域增长是通过将与每个种子点有相似属性像强度、灰度级、纹理颜色等的相邻像素合并到此区域。它是一个迭代的过程,这里每个种子像素点都迭代生长,直至处理过每个像素,因此形成了不同的区域,这些区域的边界通过闭合的多边形定义。

1.3.6 图像特征描述

在图像处理过程中,如何表示和描述,以便使“自然状态的”像素更适合计算机处理,或做进一步的识别、分析、分类等有利于区分不同性质的图像,同时还可以减少图像区域中的原始数据量。其中,感兴趣区域涉及2个基本选择:一是用外部特征表示区域,即用区域的边界来表示区域是一个连接的分量,而区域的边界(也称为边框或轮廓)则是区域像素的集合,这些像素有一个或多个不在区域内的相邻像素;二是用内部特征表示区域,即对于组成区域的像素,边界是一组相连的点,若边界上的点形成一个顺时针或者逆时针序列,则称边界上的点位有序。内部点定义为区域内除边界外的任意位置上的点。

图像内容的描述大多直接采用了传统的低级图像特征,如颜色、纹理、形状等,这些特征将在后文详细介绍,比如傅里叶描绘子、矩描绘子等。一般把表征图像特征的一系列符号称为描绘子,对这些描绘子的基本要求是它们对图像的大小、旋转、平移等变化不敏感。也就是说,只要图像内容不变,仅仅产生几何变化,描述图像的描绘子就是唯一的。图像描绘的一种途径可借助于与已知描绘子的相似程度来进行,这种方法可以在任意复杂的程度上建立相似性测度。它可以比较两个简单的像素,也可以比较两个或者两个以上的图像。

1.3.7 图像挖掘与识别

图像挖掘是指在大量图像数据中发现隐含其中的模式、特征、规律和知识。图像挖掘不同于低层次的计算机视觉和图像处理技术。因为图像挖掘的焦点在于从一个很大的图像集合中提取模式,而计算机视觉和图像处理的焦点是理解或者从单幅图像中提取特殊的特征。尽管在图像挖掘和基于内容的检索之间似乎有些重叠(因为二者都是处理很大的图像集合),但是图像挖掘超出了检索相关的图像的问题。在图像挖掘中,目标是发现在一个给定图像集合和与之相关的包括文字及数字数据的重要的图像模式。图像数据挖掘不仅仅是现有的数据挖掘技术在图像领域中的简单应用。因为在关系数据库和图像数据库中,数据项的属性和值所表达的含义有着很大的区别。在关系数据库中,

数据值是具有语义的,而在图像数据库中,数据值本身并不具有固定的意义,而是在与其他数据之间的相互关系中体现出来。在图像数据库中,对象的空间信息是十分重要的,而在关系数据库中则不需要。在图像数据库中,对于同一个视觉模式有着多种解释,而在关系数据库中不存在二义性。因此,许多传统的数据挖掘算法在图像数据库中就不适用了。为了满足在图像数据库中挖掘知识的需要,就必须开发出一些新的算法和其他一些相关技术的解决方案。例如,如何表示图像的模式、如何选择图像的特征等。这些对于图像数据挖掘的成败都起着至关重要的作用。

图像识别主要是指依据输入的空域二维图像信息,根据图像识别模型进行相关图像运算,分析并提取图像的识别特征,形成图像的特征参量,然后建立分类器,按图像特征对图像进行分类识别运算。实际上它是在图像处理、特征提取的基础上,自动或者半自动地检测、度量、分类图像中的目标物。它容易与图像挖掘混淆或误解图像挖掘是模式识别的另外一个术语。尽管这两个领域确实有很多的共同功能(比如特征提取),但是它们的基本假设是不同的。在模式识别中,其目的是识别一些特殊的模式;然而在图像挖掘中,焦点是产生所有重要的模式,这些模式预先不知道是否存在于图像数据库中。另一个关键的差别在于两个研究领域所考察的模式类别上。模式识别中的模式主要是分类模式。图像挖掘中的模式多种多样,可以是分类模式、描述模式、关系模式、时间模式和空间模式。最后,模式识别仅仅处理模式产生和模式分析,而在图像挖掘中,这只是其中一个方面。

1.3.8 图像数据库技术

图像数据库是图像的数据集合。图像数据库系统由数据输入系统、数据表示与管理系統、数据检索与操作系统和应用系統四部分组成。图像数据是图像像元灰度值的记录,以行列数据矩阵表示。图像数据库由2个层次数据集合构成。第一层次为图像数据词典,数据内容包括对图像总体特征的描述,如波段、行数、列数、精度、记录格式、最大值、最小值、成像日期等;第二层次为图像基础数据,根据第一层次数据内容所提供的有关信息,可直接进入基础数据集合,进行检索、处理操作。图像数据库系统处理的对象包括图像数据、图面、图形数据、一般文字、数字等模式数据。随着图像数据库的研究与开发,图像数据库技术的应用范围已从典型的文字模式识别、显微照片的分析发展到医学、遥感及各种工业领域。实际应用的典型图像数据库系统有:①日本东京大学为医学、遥感及工业应用开发的标准图像数据库系统 SIDBA(standard image database);②美国堪萨斯大学为陆地卫星遥感图像开发的集成图像数据库系统 IMDS(integrated image database system);③美国卡内基-梅隆大学为图像理解开发的多传感器图像数据库系统 MIDAS(multi-sensor image database system);④日本电信电话公社为图像实时传输和显示服务而开发的视觉响应系统 VRS(video response system)等。

基于内容检索与高维索引是图像数据库的两种重要核心技术。基于内容检索基本思想是通过分析图像的视觉特征并和上下文联系来进行检索。它的实现方法是使用图像数据库存储和管理图像数据(包括原图像和图像特征),然后将基于内容检索技术作为数据库的引擎嵌入图像数据库中,提供基于内容的图像检索功能。在现有的基于内容的图像检索系统中普遍采用最低层次的图像信息(如图像的颜色、纹理、形状以及这些特征