

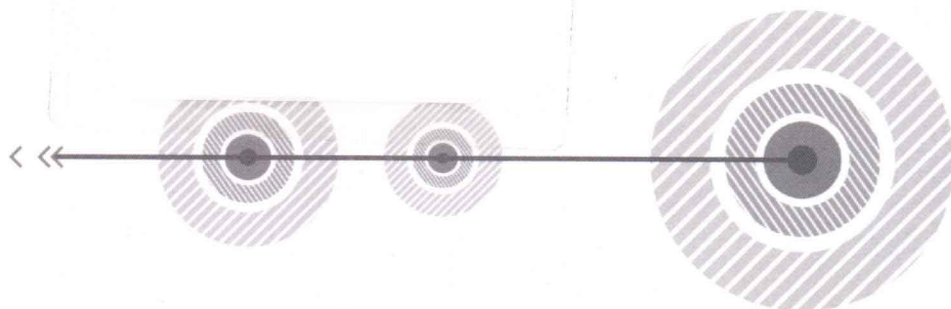
“十二五”重点图书

教授·博导精心编写

• 研究生系列

现代图像分析

高新波 李洁 田春娜 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

“十二五”重点图书
教授·博导精心编写

· 研究生系列教材

现代图像分析

高新波 李 洁 田春娜 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了现代图像分析的基本原理、典型方法和实用技术,同时还介绍了近年来国内外有关图像分析的最新研究进展、研究成果和应用实例。全书共分为六章,第一章为绪论,主要介绍图像处理与图像分析的关系;第二章介绍区域分割与描述;第三章讨论边缘提取与描述;第四章为形状描述与分析;第五章是数学形态学分析;第六章为纹理图像分析。本书从颜色、形状、纹理以及形态学方面对图像中的目标进行了特征描述和分析,结合内容的阐述列举了典型的应用,并附有相当数量的习题。

本书可以作为高等院校工科电子信息类专业的教材,也可以作为从事多媒体信息处理的科技工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代图像分析/高新波,李洁,田春娜编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2011.5

研究生系列教材

ISBN 978-7-5606-2532-4

I. ① 现… II. ① 高… ② 李… ③ 田… III. ① 图像分析—研究生—教材 IV. ① TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 261470 号

策 划 高维岳

责任编辑 张晓燕 高维岳

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2011年5月第1版 2011年5月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 13

字 数 304千字

印 数 1~3000册

定 价 24.00元

ISBN 978-7-5606-2532-4/TP·1261

XDUP 2824001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

“十二五”重点图书 研究生系列教材

编审委员会名单

主 任：段宝岩

副主任：李建东

委 员：(按姓氏笔画排序)

马建峰 卢朝阳 刘三阳 刘宏伟 庄奕琪

吴振森 张海林 李志武 姬红兵 高新波

龚书喜 曾晓东 焦李成 廖桂生

前 言

随着传感器和网络多媒体技术的迅猛发展,信号处理的对象逐步从一维时间序列向高维空间数据过渡,其中二维图像成为人们处理和分析的重要研究对象。与此同时,图像处理与分析在工农业生产、军事、医疗、教育和环境监测等领域也获得了广泛的应用。

如果说图像处理主要研究图像的采集、传输和显示的话,那么图像分析则着重于图像的特征提取和描述。从这个意义上来看,图像处理并不涉及图像内容,主要是用来提高二维数据的获取质量、传输速度、显示性能,减少数据的存储空间。图像分析则涉及到低层语义分析,主要是为进一步的图像理解和模式识别进行特征提取,构建合适的表达和描述空间。就研究内容来看,图像处理包括了图像变换、图像编码、图像增强;而图像分析则包含图像分割、边缘提取、形状描述、形态学分析和纹理分析。计算机视觉领域完整的知识体系应包括图像处理、图像分析和图像理解。因此,从课程设置上看,在学生学习过图像处理的相关知识后,应转入图像分析的学习。为此,我们编写了这本教材,较为系统地总结了有关图像分析的经典理论和最新的研究进展。

本书共分为六章,第一章为绪论,对图像分析的基本概念进行了阐述;第二章为区域分割与描述,分别介绍了灰度图像和彩色图像的区域分割方法;第三章为边缘提取与描述,重点介绍了边缘检测的各种算法;第四章为形状描述与分析,介绍如何对检测出的目标边缘和区域进行恰当的描述,以提取描述和表达区域形状的特征,如边界、骨架等,为目标识别提供依据;第五章为数学形态学分析,是以集合论为工具对图像进行分析;第六章为纹理图像分析,纹理是图像普遍具有的特征,表达了目标或景物的空间结构信息,因此,纹理特征分析是现代图像分析的重要内容。每章后附有参考文献和练习题,供学生自学和练习,同时部分习题要求学生用 MATLAB 编程实现,以加强实践,使学生深入理解所学内容。本书最后附有图像分析词汇的英汉对照表,以方便学生阅读英文文献。通过本书的学习,希望学生掌握有关图像分析的基本概念,掌握各种算法原理,同时具备完整的图像分析系统设计能力,能够学以致用,直接将所学知识用于工程实践。

本书可以作为高等院校工科电子信息类专业的教材,也可以作为从事多媒体信息处理的科技工作者的参考书。

本书由西安电子科技大学高新波教授、李洁教授和田春娜副教授共同编写。博士生王楠楠、高飞等,硕士生袁博、唐文剑、孙李斌、刘振兴、李晋舟等参与了本书的源程序调试以及文字录入和校对工作。在编写本书过程中,得到国家自然科学基金(No. 60771068, No. 60702061, No. 60832005)和陕西省自然科学基金(2009JM8004)的资助,西安电子科技

大学电子工程学院和出版社领导也给予了大力支持，在此一并表示感谢。本书的编写参考了大量书籍和论文，在此对所引用论文和书籍的作者也深表感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不足和不当之处，恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 11 月于西安电子科技大学

目 录

第一章 绪论	1	3.2.3 小波变换检测边缘	70
1.1 从图像处理到图像分析	1	3.2.4 基于稀疏表示的边缘检测方法	75
1.1.1 景物和图像	1	3.3 交互式边缘检测算法	77
1.1.2 图像的数学描述	2	3.3.1 Live-wire 及其改进算法	78
1.1.3 数字图像	3	3.3.2 主动轮廓线模型	80
1.1.4 图像处理与图像分析	3	本章参考文献	82
1.2 图像分析及其应用	5	练习题	84
1.3 本书的安排和简介	7		
本章参考文献	8	第四章 形状描述与分析	85
练习题	8	4.1 二维形状描述技术	86
		4.1.1 内标量方法	86
第二章 区域分割与描述	10	4.1.2 外标量变换方法	94
2.1 阈值化分割	10	4.1.3 内空间域技术	99
2.1.1 基于像素值的阈值选取	13	4.1.4 外空间域技术	101
2.1.2 基于区域的阈值选取	18	4.1.5 二维形状描述方法回顾	103
2.2 区域分割	35	4.1.6 二维形状的层次描述	104
2.2.1 分裂合并法	35	4.2 三维物体的表示方法	106
2.2.2 区域生长法	38	4.2.1 骨架描述法	106
2.2.3 模糊连通图像分割	41	4.2.2 表面描述法	106
2.3 彩色图像分割	44	4.2.3 体积描述法和广义圆柱体	110
2.3.1 彩色空间模型	45	4.3 由图像性质导出表面方向	112
2.3.2 彩色图像分割算法	49	4.3.1 坐标系统和梯度空间	113
本章参考文献	53	4.3.2 由正交投影影像获取 三维形状信息	114
练习题	53	4.3.3 由体视投影图像获取 三维形状信息	117
		本章参考文献	120
第三章 边缘提取与描述	55	练习题	121
3.1 边界检测局部算子	55		
3.1.1 梯度算子	57	第五章 数学形态学分析	123
3.1.2 Kirsh 算子	60	5.1 引言	123
3.1.3 Laplacian 算子	61	5.1.1 集合论的几个基本概念	123
3.1.4 Marr 算子	62	5.1.2 二值图像的逻辑运算	125
3.1.5 Canny 算子	64	5.2 膨胀与腐蚀	126
3.2 基于变换域的边缘检测	65	5.2.1 膨胀	126
3.2.1 Hough 变换	66		
3.2.2 Radon 变换	68		

5.2.2 腐蚀	127	5.7.3 纹理分割	153
5.2.3 原点不包含在结构元素中时的 膨胀和腐蚀	128	5.7.4 高帽(Top-Hat)变换	154
5.2.4 膨胀和腐蚀的其它定义	130	5.7.5 粒度测定	154
5.2.5 膨胀和腐蚀的对偶性	131	本章参考文献	155
5.2.6 膨胀和腐蚀的性质	133	练习题	155
5.3 开操作与闭操作	133	第六章 纹理图像分析	158
5.3.1 开操作与闭操作的定义	133	6.1 纹理特征	158
5.3.2 开操作与闭操作的对偶性	135	6.2 纹理图像的统计方法描述	159
5.3.3 开操作与闭操作的性质	136	6.2.1 空间域方法	159
5.3.4 开操作、闭操作与集合的关系	136	6.2.2 基于变换域特征的方法	168
5.4 击中或击不中变换	136	6.3 纹理能量测量	174
5.5 二值形态学实用算法	138	6.4 用马尔可夫随机场模型分析纹理	177
5.5.1 噪声滤除	138	6.5 用分形和分维理论描述纹理	182
5.5.2 边缘提取	139	6.5.1 分形和分维的基本概念	182
5.5.3 区域填充	139	6.5.2 分形布朗模型用于图像分析	184
5.5.4 连通分量的提取	140	6.5.3 双毯求表面面积确定分形参量	185
5.5.5 细化	141	6.6 纹理的结构分析方法和纹理梯度	189
5.5.6 粗化	143	6.6.1 纹理的结构分析方法	189
5.5.7 小结	144	6.6.2 纹理梯度	190
5.6 灰度形态学分析	145	6.6.3 纹理区域的分割	192
5.6.1 膨胀	146	6.6.4 纹理边缘的检测	192
5.6.2 腐蚀	147	6.7 小结	192
5.6.3 开操作和闭操作	148	本章参考文献	193
5.6.4 基本运算性质	151	练习题	193
5.7 灰度形态学实用算法	152	英汉对照表	195
5.7.1 形态学梯度	152		
5.7.2 形态学平滑	152		

第一章 绪 论

1.1 从图像处理到图像分析

1.1.1 景物和图像

通常人眼所看到的客观存在的世界称为景象。当我们从某一点观察某一景象时,物体所发出的光线或者物体所反射或透射的光线进入人眼,在人的视网膜上成像。这个“像”反映了客观景物的亮度和颜色随空间位置和方向的变化,因此它是空间坐标的函数。不过,客观世界在空间上是三维(3D)的,但一般从客观景物得到的“像”是二维(2D)的。视网膜成像是一种自然的生理现象,但只是到了人类文明发展到一定程度人们才意识到它的存在,并设法用各种方法把它记录下来。这种记录下来的各种形式的“像”就是通常所指的图像,它包括各类图片、照片、绘画、文稿、X光胶片等。这些图像是人类对客观景象、事物,以及人们的思维、想象的一种描述(Description)和记录,是人类表达和传递信息的一种重要手段。在人们对外界的感知中,大约有70%是通过人的视觉系统,也就是以图像的形式获得的。此外,图像带有大量的信息,百闻不如一见,正说明了这样一个事实。

在图像发展史上,三张具有里程碑意义的照片如图1.1.1所示。



(a) 第一张模拟照片



(b) 第一张数字照片



(c) 第一张高清晰卫星照片

图 1.1.1 三张具有里程碑意义的照片图像

200年前,“现代摄影术之父”福克斯·塔尔博特将树叶曝光于赭色感光纸上,拍摄了世界上第一张模拟照片。1975年,在美国纽约罗彻斯特的柯达实验室中,一个孩子与小狗的黑白图像被CCD传感器所获取,记录在盒式音频磁带上,利用世界上第一台数码相机获取了第一张数码照片。2008年10月,全球清晰度最高的商用成像卫星“GeoEye-1”拍摄的

第一张照片是美国宾夕法尼亚州库茨敦大学的鸟瞰图，它的拍摄精度可以精确到 0.4 m。可以看到，图像的发展不仅改变了人类的生活和工作方式，也成为推进人类发展不可或缺的原动力。

随着科学技术的不断发展，人类不仅能够获得并记录那些人眼可见的图像信息，即可见光范围内的图像，而且可以获得许多在通常情况下人眼无法看到的图像。这就是利用非可见光和其它手段成的“像”，利用适当的换能装置可将其变成人眼可见的图像，例如 X 射线成像、红外成像、超声成像和微波成像等。这使得人的视觉能力大大得到增强和延伸。因此，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，进而产生视知觉的实体。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，图 1.1.2 给出了几种形式的图像。



(a) 可见光成像



(b) 红外成像



(c) 卡通图像

图 1.1.2 各种图像的示例

1.1.2 图像的数学描述

一幅图像所包含的信息首先表现为光的强度(Intensity)，它是随空间坐标 (x, y) 、光线的波长 λ 和时间 t 而变化的，因此图像函数可写成下式：

$$I = f(x, y, \lambda, t) \quad (1.1-1)$$

按照不同的情况，图像可以分为各种类型。

若只考虑光的能量而不考虑它的波长，则在视觉效果上只有黑白深浅之分，而无色彩变化，这时称其为黑白图像或灰度图像，图像函数表示为

$$I = f(x, y, t) = \int_0^{\infty} f(x, y, \lambda, t) V_s(\lambda) d\lambda \quad (1.1-2)$$

式中 $V_s(\lambda)$ 为相对视敏函数。

当考虑不同波长的彩色效应时，则为彩色图像。根据三基色原理，任何一种彩色可分解为红、绿、蓝三种基色。所以，彩色图像可表示为

$$I = \{f_r(x, y, t), f_g(x, y, t), f_b(x, y, t)\} \quad (1.1-3)$$

式中

$$f_c(x, y, t) = \int_0^{\infty} f(x, y, \lambda, t) R_c(\lambda) d\lambda, c \in \{r, g, b\}$$

其中 $R_c(\lambda)$ 分别为红、绿、蓝三基色的视敏函数。

彩色图像 RGB 模型是面向硬件设备的最常用模型，而面向彩色处理的最常用的模型是 HSI 模型，这里 H 表示色调(Hue)，S 表示饱和度(Saturation)，I 表示亮度(Intensity)。其中，I 分量与图像的彩色信息无关，而 H 和 S 分量与人感受颜色的方式密切相关，这些

特点使得该模型非常适合于借助人的视觉系统来感知彩色特性的图像处理算法。

当图像内容(Image content)随时间变化时,称之为时变图像或运动图像,比如运动目标的图像、电影、电视的画面都是运动图像。反之,当图像内容不随时间变化时,称之为静止图像。

1.1.3 数字图像

人眼所能够看到的图像称之为模拟图像,它可以表示成一个2D的连续、可解析的实函数 $f(x, y)$,这里 x 和 y 表示2D空间 XY 中一个坐标点的位置,而 f 则代表图像在点 (x, y) 的某种性质 F 的数值。例如常用的图像一般是灰度图或者彩色图,这时 f 表示灰度值(Gray level)或者颜色值,它常对应客观景物被观察到的亮度值或色彩值。

为了能用数字计算机对图像进行加工处理,需要把连续的图像在坐标空间 XY 和性质空间 F 都进行离散化,这种离散化了的图像就是数字图像,可以用 $I(i, j)$ 来表示。这里 I 代表离散化后的 f , (i, j) 代表离散化后的 (x, y) ,其中 i 代表图像的行(Row), j 代表图像的列(Column)。这里 I, i, j 的值都是整数。本书以后主要讨论数字图像,在不至引起混淆的情况下我们用 $f(x, y)$ 代表数字图像,如不特别说明, f, x, y 都在整数集合中取值。

早期英文书籍里一般用Picture代表图像,英文Picture的原意是指图片、图画、各种照片以及光学影像,是采用绘画或者拍照的方法获得的人、物、景的模拟。现在普遍采用Image代表离散化了的数字图像。英文Image的含义是“像”,是客观世界通过光学系统产生的视觉印象。图像中每个基本单元叫做图像元素,简称像素(Picture element)。对2D图像,英文里常用Pixel代表像素。对3D图像,英文里常用Voxel代表其基本单元,简称体素(Volume element)。

与数字图像相关的概念有视频(Video)、图形(Graphics)和动画(Animation)。

视频——视频图像又称为动态图像、活动图像或者运动图像。它是一组图像在时间轴上的有序排列,是2D图像在一维时间轴上构成的序列图像。考虑到人眼的视觉特征,视频图像的刷新速度都有一个明确的限制。如NTSC制式的电视视频是30帧/秒(fps, frame per second),PAL制式的电视视频是25帧/秒,电影则是24帧/秒。

图形——图形是图像的一种抽象,它反映图像的几何特征,例如点、线、面等。图形不直接描述图像中的每一点,而是描述产生这些点的过程和方法,被称为矢量图形。矢量图形以解析的形式描述一幅图所包含的直线、圆、弧线的形状和大小,甚至可用更复杂的形式表示图像中的曲面、光照、材质等。图形的矢量化能够对图中多个部分分别进行控制。所有图形都可用数学的方法加以描述,因而可以对其中任何对象进行任意的变换:放大、缩小、旋转、变形、移位、叠加、扭曲等,但仍保持图形特征。图形变换的灵活性以及处理上的更大自由度等都给计算机图形学的发展带来了巨大的活力。

动画——动画属于动态图像的一种。它与视频的区别在于视频的采集来源于自然的真实图像,而动画则是利用计算机产生出来的图像或图形,是合成的动态图像。动画包括二维动画、三维动画、真实感三维动画等多种形式。

1.1.4 图像处理与图像分析

对于目前人们研究的数字图像,所涉及的技术主要是计算机图像技术。这包括利用计

计算机和其它电子设备进行和完成的一系列工作,例如图像的采集、获取、编码、存储和传输,图像的合成和产生,图像的显示和输出,图像的变换、增强、恢复(复原)和重建,图像的分割,目标的检测、表达和描述,特征的提取和测量,序列图像的校正,3D景物的重建复原,图像数据库的建立、索引和抽取,图像的分类、表示和识别,图像模型的建立和匹配,图像和场景的解释和理解,以及基于它们的判断决策和行为规划,等等。另外,图像技术还包括为完成上述功能而进行的硬件设计及制作等方面的技术。

由于图像技术近年来得到极大的重视和长足的进展,出现了许多新理论、新方法、新算法、新手段、新设备。图像工作者普遍认为亟需对图像和它们的处理、分析技术进行综合研究和集成应用,这个工作的框架就形成了图像工程。图像工程学科是利用数学、光学等基础科学的原理,并结合在图像应用中积累的技术经验而发展起来的。

图像工程的内容非常丰富,清华大学的章毓晋教授根据抽象程度和研究方法等的不同把图像分为三个层次(见图 1.1.3):图像处理(Image processing)、图像分析(Image analysis)和图像理解(Image understanding)。换句话说,图像工程是既有联系又有区别的图像处理、图像分析及图像理解三者的有机结合,另外还包括对它们的工程应用。

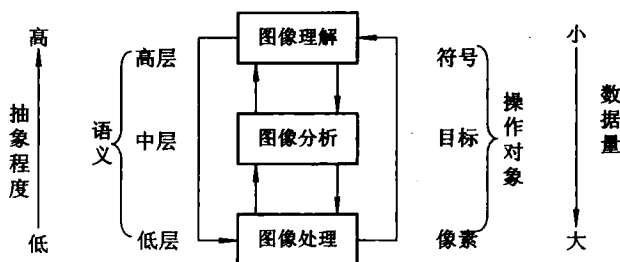


图 1.1.3 图像工程三层次示意图

图像处理着重强调在图像之间进行的变换。虽然人们常用图像处理泛指各种图像技术,但比较狭义的图像处理主要满足对图像进行各种加工以改善图像的视觉效果并为自动识别打基础,或对图像进行压缩编码以减少所需存储空间或传输时间、传输通路的要求。

图像分析则主要是对图像中感兴趣的目标进行检测和测量,以获得它们的客观信息从而建立对图像的描述。如果说图像处理是一个从图像到图像的过程,那么图像分析是一个从图像到数据的过程。这里的数据可以是对目标特征测量的结果,也可以是基于测量的符号表示。它们描述了图像中目标的特点和性质。

图像理解的重点是在图像分析的基础上,进一步研究图像中各目标的性质和它们之间的相互联系,并得出对图像内容含义的理解以及对原来客观场景的解释,从而指导和规划行为。如果说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事物),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、经验等来把握整个客观世界(包括没有直接观察到的事物)。

综上所述,图像处理、图像分析和图像理解是处在三个抽象程度和数据量各有特点的不同层次上。图像处理是比较低层的操作,它主要在图像像素级上进行处理,处理的数据量非常大。图像分析则进入了中层,分割和特征提取(Feature detection)把原来以像素描述的图像转变成比较简洁的非图形式的描述。图像理解主要是高层操作,基本上是对从描述

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。另外由图 1.1.3 可见,随着抽象程度的提高数据量是逐渐减少的。具体来说,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,语义(Semantic)不断引入,操作对象发生变化,数据量得到了压缩(Compress)。另一方面,高层操作对低层操作有指导作用,能提高低层操作的效能。

图像分析是图像处理和图像理解之间的桥梁,它具有把图像转化为知识的功能。鉴于目前图像理解的难度,以及图像处理书籍很多而图像分析文献太少的现状,本书将主要研究图像分析的理论基础和方法,以期对图像分析的研究起到一点参考和促进作用。

1.2 图像分析及其应用

如前面所述,图像处理的基本任务是通过图像中各个像素的灰度变换,达到抑制不感兴趣的区域,从而增强感兴趣的区域的目的,主要包括图像的平滑(Smooth)和边缘锐化(Sharpen)等内容。因此,图像处理的目的是为了提高图像的视觉效果,便于用户的观察和进一步的分析。而图像分析的基本任务则是通过对图像中各个像素及其邻域的属性分析,从复杂背景中分割出感兴趣的目标,提取用以描述该目标的若干特征,并进一步进行比较和分类,主要包括图像分割、边缘提取、形状描述与分析、形态学分析(Morphology analysis)和纹理分析等内容。从这个角度说,图像分析的目的是为了提取图像所表达的内在信息,便于用户的辨别和理解。因此,图像处理是图像分析的基础和前提,而图像分析是图像处理的延伸和应用。

从图像分析的流程上分,图像分析包括图像分割和特征描述等模块。其中,图像分割是图像处理和图像分析的桥梁和纽带,通过图像分割我们才能从图像处理过渡到图像分析。在图像处理中,人们对每一个像素不加辨别同等处理,属于句法处理的范畴。而在图像分析中则必须搞清楚分析的对象,即感兴趣的目标,也就是说图像分析是针对内容的语义分析。图像分割就是把感兴趣的目标从背景中分离出来,其主要的原理就是基于目标与背景的特征差异,比如灰度(或颜色)的差异、连通性和统计特性等,根据领域的先验知识实现图像的分割。一旦得到了感兴趣的目标,就需要对该目标进行特征描述,这里的特征需要根据用户的实际要求而定,比如,可以是灰度(或颜色)、几何形状、纹理属性等。对于灰度或颜色的分析,有直方图统计、矩函数和累积量等指标;对于几何形状则需要提取目标的边缘信息,并考察边缘的链码、圆度、方度或曲线拟合等特征;纹理属性则涉及到空间域的描述和空间频率域的分析,因为纹理代表一定的空间规律性,是自然界中普遍存在的现象。从广义的角度讲,任何目标都具有一定的纹理特征;得到了目标的特征描述,就便于人们对各种不同的目标进行对比分析,找到不同物体的共性和个性,得到目标的内在的不变性,这样就可以方便地进行目标的分类和识别,进一步归纳出事物的内涵和外延,形成概念和知识,达到认知的目的。

从图像分析的内容上分,图像分析包括边缘检测(Edge detection)、区域检测(Region detection)、形态学分析和纹理分析等方面。从图像分析的对象上分,图像分析包括灰度图像分析、彩色图像分析和序列图像分析等形式。本书将从不同的侧面介绍上述图像分析的

内容以及现代图像分析方法的研究现状及进展情况。和图像处理一样,图像分析也是一门应用性很强的学科,要系统地掌握图像分析的技术和方法,就必须坚持理论与实践相结合,充分了解图像分析的具体应用背景和效果,提高学习的兴趣。

目前,数字图像分析已经在许多领域中得到了广泛的应用,下面主要介绍几个重要的应用领域。

1. 遥感方面的应用

遥感有航空遥感和卫星遥感之分,它们采用不同的光源和技术获得大量的遥感图像,对这些图像需要用数字图像处理技术进行增强,然后需要借助于图像分析方法提取有用的信息。遥感图像分析可以用于地形地质,矿藏探查,森林、水利、海洋、农业等资源调查,自然灾害的预测和预报,环境污染的检测,气象卫星云图的分析等。现在,世界许多国家发射了不同用途的卫星,遥感图像资源大量增加,对图像分析技术提出了更高的要求。2003年我国神舟五号载人飞船的成功发射,以及进一步探月计划的实施,都要求我们掌握先进的图像分析技术。

2. 生物医学领域的应用

数字图像处理和从分析技术从一开始就引起了生物医学界的浓厚兴趣,并首先应用于细胞分类、染色体分类和放射图像的处理与分析。20世纪70年代,数字图像处理在医学上的应用有了重大的突破。1972年计算机断层扫描技术(CT)得到了实际应用;1977年白血球自动分类仪问世;1980年X射线动态空间重建设备可以重现心脏活动的立体图像;此外,核磁共振成像技术(MRI)、超声成像技术、计算机辅助检测和诊断技术(CAD)等的出现都将医学图像处理和从分析提高到一个新的水平。目前,随着医院数字化和信息化进程的不断推进,图像处理和从分析技术发挥着越来越大的作用,比如,基于网络的远程会诊中就涉及到图像压缩传输、图像增强、感兴趣区域提取、测量和统计分析等。

3. 身份认证领域的应用

随着全球网络化和信息化进程的不断推进,身份认证技术引起了人们极大的关注。在银行、机场、海关、警察局等涉及政治、经济及国家安全等内容的重要地点,迫切需要快速有效的身份认证技术。鉴于传统的密码技术易破解、易遗忘等缺点,现在人们开始使用生物密码技术,比如人脸、指纹、虹膜、掌纹等皆可作为身份认证的标志。这就涉及到生物特征的图像采集、图像增强(Image enforcement)、特征提取、模式分类等内容。为得到可靠的识别结果,我们必须提取有效的图像特征,这要求我们掌握先进的图像处理和从分析技术,不仅要求分析精度高,而且处理速度必须快。

4. 工业生产中的应用

这方面的研究从20世纪70年代有了迅速的发展,范围越来越广,水平越来越高,主要应用有产品质量检测、生产过程的自动控制、计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)等。在产品的质量检测方面,如无损探伤图像处理与分析,可以检查出零部件内部的损伤、焊缝质量等。在工业生产自动控制中,主要使用机器视觉系统对生产过程进行监视和控制,如港口的监视调度、交通管理中的车型识别和牌照识别、生产流水线的自动控制等。在计算机辅助设计和辅助制造方面,有模具CAD、机械零件CAD和CAM、服装CAD、纺织工业印染花型的CAD/CAM、提花织物的花型处理和纹板轧制等。

5. 信息检索领域的应用

随着 Internet 网络的发展和普及,网上存储着浩如烟海的信息,使得人们从过去的信息匮乏一下子变成信息爆炸。面对海量的信息,有时获得一点有用的信息就像是大海捞针。为此,有效的信息搜索引擎(Search engine)成为人们网上漫游的指南针。传统的基于关系型数据库的查询方法并不适合于网上多媒体信息的检索,为了搜索图像、视频的多媒体信息,人们提出了基于内容的信息检索技术。而该技术的基础就是图像分析,因此,要想设计出高效的基于内容的信息检索系统,就必须掌握先进的图像分析技术。

6. 军事领域的应用

在两次海湾战争和科索沃战争以后,人们逐步发现精确制导武器的威力和电磁干扰对传统探测雷达的威胁。为此,一方面世界各国努力发展武器精确制导技术,另一方面积极寻求其它的目标探测技术。针对前者,人们提出红外/电视跟踪制导技术,这就涉及到红外图像和可见光图像中的目标检测、跟踪和识别技术。针对后者,人们发展出被动定位和探测技术,比如多站红外被动定位技术,利用物体自身的红外辐射进行目标的探测,这也涉及到图像分析技术,此外,可见光、紫外线等也被用来成像进行目标的探测和识别。军事侦察卫星获得的大量图像也必须借助图像分析技术进行自动或半自动的处理。

正是需求促使科学技术的产生,也是需求促进了科学技术的发展;另一方面,科学技术的发展也推动应用领域的不断扩大。我们相信,随着图像分析技术的不断发展,其应用的领域和范围将更为广阔,同时我们也要不断了解社会的需求,以便研究和开发出更加实用的图像分析技术。

1.3 本书的安排和简介

图像分析技术的应用范围十分广泛,其所采用的基本原理和方法是一致的。本书将系统介绍图像分析的基本概念、基础理论和一些实用技术,一方面可帮助读者为进一步学习和研究图像理解和计算机视觉等高层技术奠定基础,另一方面使读者能通过学习解决图像分析应用中的具体问题。

全书共分为六章,每章后附有参考文献,最后是图像分析词汇的英汉对照表。下面对各章内容给予简单概述。

第一章为绪论,对图像分析的基本概念进行了阐述。首先介绍了景物与图像、图像的数学模型、数字图像及其各种表现形式,阐述了图像分析与图像处理之间的区别和联系,然后具体讨论了图像分析的研究内容、应用范围和应用实例,最后介绍了本书的章节安排。

第二章为区域分割与描述(Region segmentation and description)。图像分割是从图像处理向图像分析过渡的桥梁,也是图像分析的第一步。本章主要介绍了两种阈值化分割方法,分别是基于灰度的阈值化方法和基于区域的阈值化方法;三种区域分割方法,分别是分裂合并法、区域生长法、模糊连通图像分割。此外,针对彩色图像分割问题简要介绍了几种典型的颜色空间模型及分割算法。

第三章为边缘提取与描述(Edge detection and description)。边缘和轮廓包含着目标的形状、尺寸等信息,对于目标分类和识别具有重要的意义。本章首先介绍了图像域中五类基本的边界检测局部算子,接着介绍了四种变换域的边缘检测方法,即 Hough 变换域检测法、Radon 变换域检测法、小波域检测法和基于稀疏表示的边缘检测方法。

第四章为形状描述与分析(Shape description and analysis)。对检测出的目标边缘和区域要进行恰当的描述,以提取描述和表达区域形状的特征,如边界、骨架(Skeleton)等,为目标识别(Object recognition)提供依据。本章首先介绍四类二维形状描述技术,即内标量方法、外标量变换方法、内空间域技术和外空间域技术。接着介绍三维物体的表示方法,包括骨架描述法、表面描述法、体积描述法和广义圆柱体,以及由图像性质导出表面方向。

第五章为数学形态学分析(Morphology analysis)。形态学分析以集合论为工具对图像进行分析。本章首先介绍了集合论和逻辑运算等基础概念,然后介绍了形态学中的基本算子,如膨胀、腐蚀、开、闭以及击中、击不中变换等。在二值图像中介绍了形态学分析的几种有效的用途,比如噪声滤除、边缘提取、区域填充、连通分量提取、细化、粗化等;然后把二值图像形态学算子推广到灰度图像,并介绍了几种灰度形态学的使用算法,如形态学梯度算法、形态学平滑算法、纹理分割、高帽变换和粒度测定等。

第六章为纹理图像分析(Texture image analysis)。纹理是图像普遍具有的特征,表达了目标或景物的空间结构信息,因此,纹理特征分析是现代图像分析的重要内容。本章主要介绍了几种典型的纹理图像特征描述方法,包括统计方法描述(有空间域特征描述,变换域特征描述),纹理能量测量,基于马尔可夫随机场模型的纹理分析,基于分形、分维理论的纹理描述方法以及纹理结构分析方法等内容。

本章参考文献

- [1] 章毓晋. 图像工程(上册): 图像处理和分折. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [2] 张兆礼, 赵春晖, 梅晓丹. 现代图像处理技术. 北京: 人民邮电出版社, 2001.
- [3] 崔屹. 图像处理与分析: 数学形态学方法及应用. 北京: 科学出版社, 2000.
- [4] 贾云得. 机器视觉. 北京: 科学出版社, 2000.
- [5] 陈桂明, 张明照, 戚红雨. 应用 Matlab 语言处理数字信号与数字图像. 北京: 科学出版社, 2000.
- [6] 何斌, 马天予, 王运坚, 等. Visual C++ 数字图像处理. 北京: 人民邮电出版社, 2001.
- [7] Kenneth R Castleman. Digital Image Processing. Prentice Hall. 影印版. 北京: 清华大学出版社, 1998.

练 习 题

- 1.1 连续图像 $f(x, y)$ 与数字图像 $I(i, j)$ 中各量的含义分别是什么? 它们有什么联系和

区别？它们的取值各在什么范围？

1.2 图像处理、图像分析和图像理解各有什么特点？它们之间有哪些联系和区别？

1.3 举例说明近年来图像分析的应用领域。