

中国地质大学(武汉)研究生教材建设基金资助

SHUZI TUXIANG CHULI YUANLI

数字图像处理原理

主 编 吴国平

副主编 童恒建 刘 勇 高 伟

$$H = \arccos \left\{ \frac{[(R-G) + (R-B)]/2}{[(R-G) + (R-B)]/2} \right\}$$

$$R = I(1 - S)$$

$$G = I \left[1 + \frac{S \cos(H - 120^\circ)}{\cos(180^\circ - H)} \right]$$

$$B = 3I - (G + R)$$

$$I = I(1 - S)$$

$$\frac{S \cos(H - 240^\circ)}{\cos(360^\circ - H)}$$



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

TN911.73/34

2007

数字图像处理原理

SHUZI TUXIANG CHULI YUANLI

主 编 吴国平

副主编 童恒建 刘 勇 高 伟



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

内 容 简 介

本书主要介绍了图像处理的基本方法和原理。全书共十一章,基本内容包括:数字图像生成基础与原理、图像处理基础理论、正交变换、图像分辨率、图像增强、图像复原、图像重建、图像压缩编码的基本原理、图像分割、图像模式识别基本原理与方法等。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理原理/吴国平主编. —武汉:中国地质大学出版社,2007.9

ISBN 978-7-5625-2192-1

I. 数…

II. 吴…

III. 数字图像处理

IV. TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 137514 号

数字图像处理原理

吴国平 主编

责任编辑:刘桂涛

责任校对:戴莹

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cn>

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16

字数:378 千字 印张:14.75

版次:2007 年 9 月第 1 版

印次:2007 年 9 月第 1 次印刷

印刷:武汉市教文印刷厂

印数:1—2000 册

ISBN 978-7-5625-2192-1

定价:32.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

图像是人类视觉获取信息的主要来源,也是人类对客观世界感知的不可或缺的信息载体。使计算机具有与人类相似的视觉处理能力,从而能更好地协助或代替人的工作,这是人类长期追求的梦想。为此,计算机需要具有处理、分析和理解图像的能力,其中涉及的研究领域包括数字图像处理、数字图像通信、机器人视觉(图像理解或计算机视觉),其中数字图像处理技术是核心,数字图像处理原理是基础。

当今以计算机、通信和数字媒体作为代表的信息技术迅速发展。计算机的计算速度、存储器的容量和网络的带宽正继续以大约每 18 个月翻一番的速度增长,这就是所谓的信息技术发展的摩尔定律。数字照相机和数字摄影机也越来越普及和廉价。计算速度、内存容量、传输带宽和成本这些原来妨碍发展的瓶颈已成为过去。所有这些给图像技术的发展创造了前所未有的发展机会。它的应用领域已从传统的遥感图像、医学图像处理和理解、机器人的视觉控制和导航,发展到视觉监测、人机交互、基于内容的视频和图像信息检索、虚拟现实等广泛领域。应用的对象也从工作领域进入到日常的生活和娱乐中,从实验室走进了普通家庭。这些都标志着图像技术领域是一个充满生机、发展迅速的领域。而能反映上述相关方法、技术的数字图像处理的普通原理,是推动图像技术不断发展的原动力,是培养与之相适应人才的需要。《数字图像处理原理》正是基于这一想法编写的。

本教材是在编者多年对工科类本科生和研究生授课讲义的基础上编写的。教材试图在数字图像处理原理上具有侧重。因此,在本书的编写中,将信号分析与信号处理的理论方法与数字图像处理有机融合,将数字图像处理的基本理论、基本方法、基本技术在信号分析与处理这一主线上贯通。这既有利于初学者形成较完整理解“数字图像处理”这一学科的基本理论、基本方法,也有利于研读者在书中阐述的原理上作深入的研究和探讨、开发与应用。

本书主要介绍了图像处理的基本方法、原理。全书共十一章,基本内容包括:图像基本概念、数字图像生成基础与原理、图像处理基础理论、正交变换、图像分辨率、图像增强、图像复原、图像重建、图像压缩编码的基本原理、图像分割、图像

模式识别基本原理与方法等。

本书是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学生编写的,可供有关专业工程技术人员学习和参考。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。

本书第一章、第二章、第五章、第九章、第十章由吴国平、连林珍、童恒建编写,第三章由吴国平、童恒建、刘勇、陈琳编写;第七章、第八章由刘勇、高伟、陈琳编写;第六章由吴国平、高伟、许俊波编写;第四章、第十一章由童恒建、高伟、许俊波编写。全书由吴国平统编。编者的研究生做了大量文字工作,并且提供了全书的部分图片及图件。

本书的编写和出版得到了中国地质大学研究生院教材出版基金的重点资助,得到了信息工程学院、计算机学院、机电学院、江城学院、地空学院等领导或老师的大力支持。此外中国地质大学出版社领导、编辑和工作人员为本书的出版付出了辛勤劳动。在此一并表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中难免还存在错误,殷切希望读者批评指正。

编 者

2007年8月8日

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 图像处理	(1)
1.2 数字图像处理的发展概况	(2)
1.3 数字图像处理的目的	(2)
1.4 数字图像处理的基本特点	(4)
1.5 数字图像处理的主要应用	(4)
1.6 数字图像处理的主要研究内容	(7)
第2章 数字图像生成基础与原理	(9)
2.1 人眼和亮度视觉	(9)
2.1.1 人眼成像	(9)
2.1.2 亮度适应和区分	(10)
2.2 颜色视觉	(12)
2.2.1 颜色基础	(12)
2.2.2 颜色模型	(14)
2.3 光度学和成像模型	(17)
2.4 图像采集模块	(20)
2.5 图像的显示	(22)
2.6 数字图像的生成和表示	(22)
2.6.1 数字图像的生成	(22)
2.6.2 数字图像的表示方法	(24)
2.6.3 与数字图像相关的概念——视频、图形和动画	(25)
第3章 图像处理基础理论	(26)
3.1 图像空间位置变换	(26)
3.1.1 基本几何变换	(26)
3.1.2 几何变换的矩阵表示	(31)
3.1.3 复合变换	(33)
3.2 图像信号与图像处理系统基础	(37)
3.2.1 图像信号	(37)
3.2.2 线性非移变系统	(39)
3.2.3 空域卷积	(40)

3.3 小结	(42)
第4章 正交变换	(43)
4.1 信号的正交分解	(43)
4.1.1 一维信号的正交变换	(43)
4.1.2 二维信号的正交变换	(45)
4.2 傅立叶变换	(46)
4.2.1 一维傅立叶变换	(46)
4.2.2 二维傅立叶变换	(47)
4.2.3 快速傅立叶变换	(52)
4.3 离散余弦变换	(55)
4.3.1 一维离散余弦变换	(56)
4.3.2 二维离散余弦变换	(57)
4.4 小波变换	(59)
4.4.1 短时傅立叶变换	(59)
4.4.2 小波定义	(60)
4.4.3 一维小波变换	(61)
4.4.4 二维小波变换	(63)
4.5 离散沃尔什和哈达玛变换	(63)
4.5.1 离散沃尔什变换	(64)
4.5.2 离散哈达玛变换	(66)
4.6 霍特林变换	(68)
4.7 小结	(70)
第5章 图像分辨率	(71)
5.1 采样定理	(71)
5.1.1 空域采样	(71)
5.1.2 频率采样	(73)
5.2 空域分辨率	(74)
5.3 频域分辨率	(76)
第6章 图像增强	(77)
6.1 空域灰度点运算	(77)
6.1.1 图像灰度特性描述	(77)
6.1.2 线性灰度修正	(78)
6.1.3 非线性灰度修正	(79)
6.1.4 直方图修正	(80)
6.2 空域运算平滑	(88)
6.2.1 邻域平均法平滑	(88)

6.2.2 模板卷积法平滑	(89)
6.2.3 中值滤波	(91)
6.3 空域锐化	(92)
6.3.1 梯度锐化	(92)
6.3.2 拉普拉斯运算	(94)
6.4 频域增强	(95)
6.4.1 频域增强原理	(96)
6.4.2 低通滤波	(96)
6.4.3 高通滤波	(98)
6.4.4 同态滤波	(100)
6.5 小 结	(102)
第7章 图像复原	(103)
7.1 图像退化数学模型	(104)
7.1.1 图像退化模型	(104)
7.1.2 常见图像退化模型	(105)
7.1.3 循环矩阵对角化	(107)
7.1.4 退化模型对角化	(108)
7.2 退化函数估计	(109)
7.2.1 图像观察估计法	(109)
7.2.2 实验估计法	(110)
7.2.3 模型估计法	(111)
7.3 无约束图像复原	(112)
7.3.1 反向滤波原理	(112)
7.3.2 无约束图像复原的病态性	(113)
7.3.3 运动图像模糊复原	(114)
7.4 有约束图像复原	(114)
7.4.1 维纳滤波	(115)
7.4.2 约束最小二乘方滤波	(117)
7.4.3 自适应滤波	(119)
7.4.4 功率谱	(121)
7.4.5 等功率谱滤波复原	(122)
7.5 几何失真校正	(123)
7.5.1 空间变换	(123)
7.5.2 灰度插值	(124)
7.5.3 几何失真图像配准复原	(126)
7.6 小 结	(126)

第 8 章 图像重建	(128)
8.1 计算机断层扫描	(128)
8.1.1 透射断层成像	(129)
8.1.2 放射断层成像	(130)
8.1.3 反射断层成像	(130)
8.1.4 磁共振成像	(131)
8.2 投影原理	(131)
8.2.1 投影的数学模型	(131)
8.2.2 傅立叶变换投影定理	(133)
8.2.3 投影定理的证明	(133)
8.3 图像重建方法及原理	(134)
8.3.1 傅立叶投影重建	(135)
8.3.2 卷积逆投影重建	(136)
8.3.3 代数重建	(140)
8.3.4 综合重建	(141)
8.2 小结	(142)
第 9 章 图像压缩编码的基本原理	(144)
9.1 概述	(144)
9.1.1 图像压缩的必要性	(144)
9.1.2 图像压缩的可能性	(144)
9.1.3 图像压缩系统分类	(145)
9.2 图像的统计特性	(146)
9.2.1 空域图像的自相关函数	(146)
9.2.2 空域图像差值信号统计特性	(146)
9.2.3 频域图像信号统计特性	(147)
9.2.4 信息熵	(148)
9.3 基于统计特性的图像编码	(150)
9.3.1 哈夫曼编码	(150)
9.3.2 香农编码	(151)
9.4 基于预测和变换的编码	(153)
9.4.1 DPCM 原理	(153)
9.4.2 最佳线性预测编码	(155)
9.4.3 变换编码原理	(156)
9.4.4 DCT 编码	(157)
9.4.5 小波变换图像压缩编码	(158)
9.5 量化	(159)
9.5.1 有限字长效应	(159)

9.5.2 标量量化	(160)
9.5.3 矢量量化	(160)
9.5.4 量化压缩原理	(161)
9.6 二值图像的压缩编码	(161)
9.6.1 直接编码	(161)
9.6.2 跳过白色块编码	(162)
9.7 其他编码	(162)
9.7.1 行程编码	(162)
9.7.2 JPEG 编码	(163)
9.8 压缩方法比较	(166)
第 10 章 图像分割	(168)
10.1 图像信号差异理论	(168)
10.2 图像边缘检测	(169)
10.2.1 差分检测	(170)
10.2.2 曲面拟合检测	(178)
10.2.3 模板漫游检测	(179)
10.2.4 相关匹配检测	(183)
10.2.5 小波分离检测	(184)
10.3 阈值法分割	(185)
10.3.1 二值化分割	(185)
10.3.2 半阈值分割	(188)
10.3.3 模糊阈值分割	(189)
10.3.4 区域生长法分割	(190)
10.4 轮廓提取与轮廓跟踪	(191)
10.4.1 形态学概述	(191)
10.4.2 基本集定义	(192)
10.4.3 二值形态学基本运算	(193)
10.4.4 灰度形态学基本运算	(202)
10.4.5 数学形态学的应用	(207)
10.5 小 结	(210)
第 11 章 图像模式识别基本原理与方法简介	(212)
11.1 图像模式识别概述	(212)
11.1.1 图像模式与图像模式识别的概念	(212)
11.1.2 图像模式识别系统	(212)
11.1.3 图像模式识别的主要研究内容	(213)
11.1.4 图像模式识别的主要方法	(214)
11.2 图像模式识别特征提取的方法	(214)

11.2.1	统计学方法	(215)
11.2.2	监督分类	(215)
11.2.3	非监督分类	(216)
11.3	遥感图像模式识别简述	(219)
11.3.1	概率判决函数和贝叶斯判决规则	(221)
11.3.2	举例判决函数和判决规则	(222)
11.3.3	非监督分类与监督分类的结合	(224)
参考文献		(226)

第1章 绪论

1.1 图像处理

“图”是物体透射光或反射光的分布,“像”是人的视觉系统对图的接收在大脑中形成的印象或认识。前者是客观存在的,后者为人的感觉,图像是两者的结合。如果把图像仅仅看成是二维平面上或三维立体空间中具有暗亮或色彩变化的光分布,是不严格的,它应包括人的心理因素。图像处理也应考虑到这一点。

人们可以通过各种观测系统从被观察的场景取得图像。观测系统包括:拍摄各种场景的照相机和摄像系统,观察微小细胞的显微图像摄像系统,观测地球表面的卫星多光谱扫描成像系统,在工业生产流水线上监控的工业机器人视觉系统,检查人体器官或材料内部结构的超声波、X射线计算机断层摄影系统(CT),等等。观察系统使用的光波段可以从可见光、红外、X射线、微波、超声波到 γ 射线,以适应探测不同物理介质、材料和状态的场景。

从观测系统所取得的图像可以是静止的,如文字、照片、细胞切片等;也可以是运动的,如飞行物、传送带上的工件、心脏图像等;还可以是三维立体的,如机器零件、远近不一的建筑群、表面凹凸不平的山脉等。所成的图像可以是黑白的,也可以是彩色的。目前图像处理主要研究的还是二维图像或图像序列。

图像处理就是对图像信息进行加工,以满足人的视觉心理和实际应用的要求。人类获取外界信息有视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉等多种方法,但绝大部分(约80%)是来自视觉所接收的图像信息,因此,图像处理技术的研究和广泛应用是必然的趋势。

图像处理可以应用光学方法,也可应用电子学方法。光学图像处理方法已有很长的历史,如光学滤波器等。在激光全息技术出现后,它得到了很大的发展。光学图像处理是平行处理,处理速度快、信息容量大、分辨率高、又很经济,但处理精度不高、稳定性差、设备笨重、操作不方便等原因限制了它的应用和发展。从20世纪60年代开始,随着计算机技术的发展,数字图像处理技术获得了飞跃的发展。所谓数字图像处理,就是利用数字计算机或其他高速、大规模集成数字硬件,对从图像信息转换来的数字电信号进行某些数字运算或处理,以期提高图像的质量或达到人们所要求的某些预期的结果。如对被噪声污染的图像去除噪声;对信息微弱的图像进行增强处理;对失真的图像进行校正,根据获取的不同物理、化学信息重建图像;对遥感图像进行识别,例如,辨别农作物、森林、湖泊和军事设施等。随着计算机技术的迅速发展,特别是并行处理技术、处理器阵列、图像数据库等新技术的发展,图像处理技术将会以全新的面貌出现。

1.2 数字图像处理的发展概况

伴随数字信号处理在理论和方法上的不断发展,以及计算机技术的不断进步,数字图像处理得到了长足的发展。

20 世纪 20 年代,数字图像处理技术首先应用于图像的远距离传输,用于改善伦敦和纽约之间经海底电缆传送的图像质量,它采用了数字压缩技术。就 1920 年的技术水平来看,如果不压缩,传 1 幅图像要 1 个星期时间,压缩后只需要 3 个小时。

从 20 世纪 60 年代开始,数字图像处理技术获得了飞跃的发展。用计算机进行图像处理,改善图像质量的有效应用开始于 1964 年美国的喷气推动实验室(JPL)用 IBM7049 计算机对“徘徊者七号”太空船发回的 4000 多张月球照片进行处理,并获得了极大的成功,这标志着第 3 代计算机问世后数字图像处理概念开始得到应用。在 20 世纪 60 年代中后期至 70 年代中期这 10 多年中,随着成像技术、数字计算机以及信号技术在速度、规模和经济效果上的改进,同时由于离散数学理论的创立和完善,数字图像处理技术得到了迅猛的发展,其理论和方法进一步完善。

20 世纪 70 年代后期,我国学者开始了较大规模的研究,使我国的数字图像处理技术逐渐跻身于世界日新月异发展的行列。数字图像处理技术发展迅速,目前已成为工程学、计算机科学、信息科学、统计学、物理学、化学、生物学、医学,甚至社会科学等领域各学科之间学习和研究的对象。如今图像处理技术已给人类带来了巨大的经济和社会效应。不久的将来它不仅在理论上会有更深入的发展,在应用上也是科学研究、社会生产乃至人类科学中不可缺少的强有力的工具。

由于计算机只能处理数字图像,而自然界提供的图像却是其他形式的,所以数字图像处理的一个先决条件就是将图像转化为数字形式。一般来说,给普通的计算机系统装备专用的图像数字化设备非常昂贵和复杂,因此只有极少数的研究单位和公司能够负担得起。但随着技术的进步,现在这些设备已经比较便宜而且应用广泛,如我们常用到的扫描仪、数字照相机以及录像机等。

1.3 数字图像处理的目的

数字图像处理就是利用计算机系统对数字图像进行各种目的的处理。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,输入的是差质量的图像,输出的是改善后的图像,常用的图像处理方法有图像增强、复原、编码、压缩等,如图 1-1(a)所示。还有一类图像处理是以机器为对象,处理的目的是使机器或计算机能自动识别目标,称为图像识别。图像识别系统输入的是质量改善后的图像,一般称为预处理后的图像,输出的是对图像中目标(物体)的识别或分类。图像识别的过程包括图像预处理、图像分割、特征提取和图像分类,如图 1-1(b)所示。

随着图像处理技术的深入发展,人们已开始研究如何用计算机系统解释图像,实现类似人

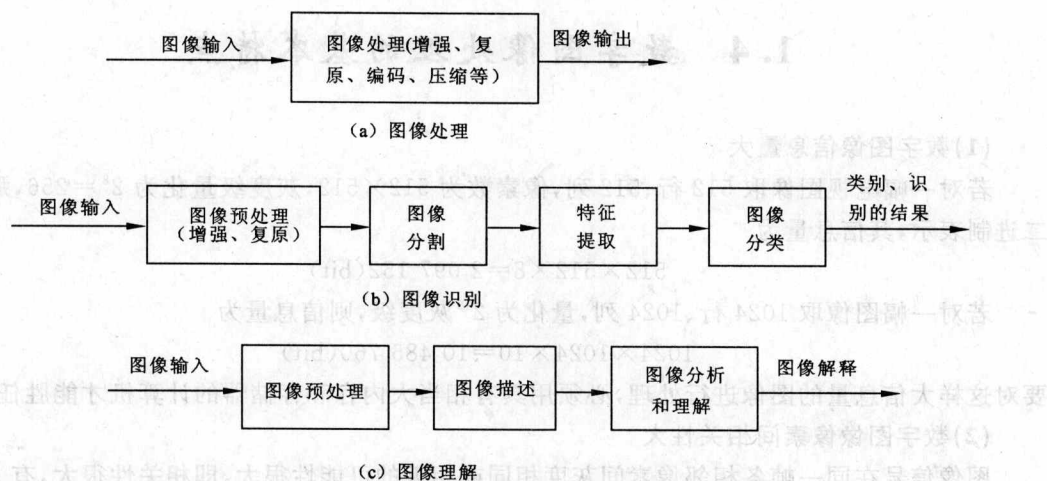


图 1-1 图像处理、图像识别与图像理解

类视觉系统理解外部世界,被称为图像理解或计算机视觉。图像理解的过程包括图像预处理、图像描述、图像分析和理解,如图 1-1(c)所示。图像的正确解释离不开知识的导引,它属于人工智能的范畴,它与思维科学体系的其他学科有着密切的联系,例如思维学、神经心理学等。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,因人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于进一步探索的新领域。

图像处理和理解与模式识别、人工智能、专家系统、计算机图形学等众多学科有着紧密的联系,它们之间的关系可用图 1-2 表示。

图像处理指的是对图像本身作加工、处理,输入输出都是图像。模式识别是一个很宽的研究领域,可以把具有一定思维的或物质的模型统称为模式。模式识别的根本任务是对输入模式作分类。显然图像是一种模式,图像分类是一种特定的模式识别,可称为图像识别。图像理解指对图像的解释,它与人工智能、专家系统紧密联系,从某种意义上说,图像理解可看作是一种特殊的专家系统。计算机图形学是另一类概念,可视为图像识别的逆过程,输入为一种图像描述,输出则是一幅反映这个描述的、形象直观的图像。从上可看出,数字图像处理与其他学科之间既有许多共同的理论基础和处理方法,也存在不少的差异,既互相渗透,又相互结合,是一门边缘性学科。

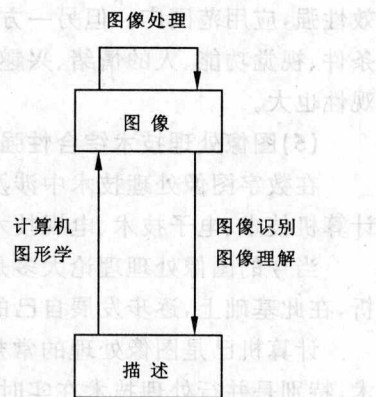


图 1-2 图像处理与有关科学关系

1.4 数字图像处理的基本特点

(1) 数字图像信息量大

若对一幅电视图像取 512 行、512 列,像素数为 512×512 ,灰度级量化为 $2^8 = 256$,那么用二进制表示,其信息量为

$$512 \times 512 \times 8 = 2\,097\,152(\text{bit})$$

若对一幅图像取 1024 行、1024 列,量化为 2^{10} 灰度级,则信息量为

$$1024 \times 1024 \times 10 = 10\,485\,760(\text{bit})$$

要对这样大信息量的图像进行处理,必须用具有相当大内存和存储器的计算机才能胜任。

(2) 数字图像像素间相关性大

图像信号在同一帧各相邻像素间灰度相同或相近的可能性很大,即相关性很大,有人统计其相关系数可达 0.9 以上;而相邻帧对应像素之间的相关性一般来说更大。因此若能有效地去除像素间的冗余,充分利用数字图像的可压缩性来进行数字图像处理,尤其是在图像通信中的应用,将大大优于模拟图像的处理和传输。

(3) 占用频带较宽

与语音信息相比,数字图像占用的频带要大几个数量级。如电视图像的带宽约 5.6MHz,而话音带宽仅为 4MHz 左右。所以数字图像在成像、传输、存储、处理、显示等各个环节的实现上,技术难度较大,成本也较高,这就对频带压缩技术提出了更高的要求。

(4) 图像信息的视觉效果主观性大

一方面图像信息(即视觉信息)与听觉信息相比,有许多优点,诸如可靠性大,直观性好,高效性强,应用范围广。但另一方面受人的主观因素影响大,由于人的视觉系统很复杂,受环境条件、视觉功能、人的情绪、兴趣以及状况影响很大,所以对图像的视觉效果的评价的主观性也大。

(5) 图像处理技术综合性强

在数字图像处理技术中涉及的基础知识和专业技术相当广泛。一般来说涉及通信技术、计算机技术、电子技术、电视技术,而涉及到的数学、物理学等方面的基础知识就更多了。

当今的图像处理理论大多是通信理论的推广,把通信中的一维问题推广到二维,以便于分析,在此基础上,逐步发展自己的理论体系。因此,图像处理技术与通信技术密切相关。

计算机已是图像处理的常规工具,在图像处理中涉及到软件、硬件、网络、接口等多项技术,特别是并行处理技术在实时图像处理中显得十分重要。

图像处理技术的发展涉及越来越多的基础理论知识,雄厚的数理基础及相关的边缘学科知识对图像处理的发展有越来越大的影响。总之,图像处理是一项涉及多学科的综合性学科。

1.5 数字图像处理的主要应用

数字图像处理的应用越来越广,已经渗透到工程、工业、医疗保健、航空航天、军事、科研、

安全保卫等各个方面,在国计民生及国民经济中发挥着越来越大的作用。

(1) 医学上的应用

图像处理在医学界的应用非常广泛,无论是在临床诊断还是在病理研究中都大量采用图像处理技术。它的直观性、无创伤、安全方便的优点受到普遍的欢迎。其主要应用可举出众多的例子,如X射线CT(X-ray Computed Tomography)。1968—1972年英国的EMI公司研制了头部CT,1975年又研制了全身CT。20世纪70年代后期,美、日、法、荷兰等国相继生产CT。这足以说明CT的发明与研究对人类贡献之大、影响之深。

配接X光机的图像处理系统可进行导管定标、血管造影及血管动态分析。通过对X光图像的处理,如关节等部分的细节就不再难以分辨,人体内的胆结石也可以清楚地显示在电视屏幕上。除上述应用之外, γ 照相机也是医学图像处理的一个应用。即首先在人体内注入放射性元素,再由探测器接受由人体内发射出来的 γ 离子,以同一位置离子的累加数作为该位置的灰度值,由此形成 γ 图像,再通过图像处理来诊断人体各个器官的功能。这种系统尤其适用于心脏系统。其中,白血球和红血球自动计数机、血液病诊断仪、染色体分析系统都已经成功地应用于临床诊断上。

(2) 遥感

在遥感的发展历程中,可以看到大量的与图像处理密切相关的技术。世界上出现的第一幅照片(1839年)、意大利人乘飞机拍摄的第一张照片(1909年)、前苏联(1957年)及美国(1958年)分别发射第一颗人造地球卫星等都为遥感技术的发展奠定了坚实的基础。1962年国际上正式使用遥感(Remote Sensing)一词。1972年美国开始发射陆地卫星Landsat,该系列共有7颗卫星组成,其中Landsat6发射失败,最后一颗Landsat7于1999年4月15日发射,4月18日已传送回第一幅图像,证明发射已经成功。Landsat1~3的主要成像仪器为多光谱扫描仪(MSS),为4个波段,地面分辨率大约为70m,Landsat4,5的主要成像仪器为专题制图仪(TM),由7个波段,除波段6外,地面分辨率为30m,Landsat7除30m的多光谱图像外,增加了一个15m分辨率的全色波段。Landsat图像的地面复盖范围为 $185 \times 185 \text{ km}^2$,由于光谱波段设计合理,价格合适,得到全球的广泛应用。

遥感图像处理的用处越来越大,效率及分辨力也越来越高,如土地测绘、资源调查、气象监测、环境污染监测、农作物估产、军事侦察等。当前,遥感图像处理主要解决的是数据量大和处理速度的矛盾。

(3) 工业自动化、工业检测方面的应用

数字图像处理技术在工业自动化、工业检测方面的应用也相当广泛。利用图像处理技术,可以进行器件的内部结构分析、失效分析和可靠性筛选。在毛纺厂,采用数字图像处理技术,不但可以检测出纺织品存在的孔洞等方面的明显斑点,还可以检测出它在纹理、图案方面的毛病。利用高速数字图像处理技术,可以在秒量级甚至更短的时间内对流水线上的零部件进行检测。利用图像压缩传输技术,可以把一个火车事故现场及时地显示在远方的指挥中心的显示屏上,从而可有效地提高排除故障的速度。

(4) 安全保障、公安方面的应用

数字图像处理技术在安全保障和公安方面的应用有两个突出的成果,即指纹的查询、识别和人像组合、查询和识别。由于人的指纹具有唯一性,因此可用来作为身份鉴别。把现场收集到的指纹录入计算机,提取指纹的特征后再和指纹库里的指纹进行对比,就可以提供破案的线

索。指纹识别也可用于出入海关的身份检验及指纹密码锁等方面。指纹印鉴已用于银行业。随着科学技术的进步,出现了计算机人像组合技术,它是根据目击者的描述,由计算机用不同的人面像部件(脸形、眼睛、嘴巴、头发等)来组合出嫌疑人面像,进而协助破案。随着网络和数据库的发展,利用由目击者的记忆组合出的嫌疑人面像,可以实现本地的查询识别,也可以实现异地的查询识别。指纹破案和人像组合破案属于技术型破案,已为公安部门所重视。北京邮电大学、清华大学和北京大学分别独立研制的指纹识别系统以及清华大学的计算机人像组合、识别系统都已成功地用于公安刑侦,已有很多成功破案的实例。在公安刑侦中还需要模糊图像复原技术,例如在旅游景点,一位旅客在拍照时偶然拍到一个突发的犯罪现场,由于焦距不对,罪犯的相貌不太清楚,这就需要图像复原技术来对该图像进行复原处理。指纹、文字和一些其他的痕迹,也常有模糊不清的,因此也需要模糊处理。在一些银行里,用录像机存储营业大厅的现场图像,为了节省设备,常用四画面的图像设备把4个摄像机送来的图像合成1路电视信号用录像机加以记录,这样获得的图像大大影响了图像的清晰度。该领域可采用模式识别方法实现监控、指纹档案、案件侦破、交通管理等。

(5) 军事方面的应用

在现代战争里,数字图像处理技术极为重要。例如将来自卫星的图像用于军事侦察,以地形匹配实现精确轰炸,以相关运算实现动态目标跟踪等,其中,除了对算法本身有很高的要求以外,其图像处理的速度是至关重要的。对于温度敏感的红外线图像,军事部门是高度重视的,其应用也是多种多样的。

(6) 通信中的应用

从历史上看,早在1865年就在法国试验成功传真通信,但后来由于技术及经济原因,发展十分缓慢。20世纪70年代后,图像通信逐渐成为人们生活中常用的通信方式,随着大规模集成电路的发展,图像通信中所需的关键技术逐步得到解决,推动了图像通信的发展。1980年国际电报与电话顾问委员会(CCITT, International Telephone and Telegraph Consultative Commitee)为三类传真机和公共电话交换网上工作的数字传真建立了国际标准,1984年CCITT提出了综合业务数字网(ISDN, Integrated Service Digital Network)的建议,以及当今基于网际协议(IP, Internet Protocol)的多媒体都意味着非话业务通信方式已在通信中占有重要位置。当前通信的主要发展方向是声音、文字、图像和数据等合为一体的多媒体通信。具体地讲,是将电话、电视机和计算机以三网合一的方式在数字通信网上传输。其中以图像通信最为复杂和困难,因图像的数据量十分巨大,如传送彩色电视信号的速率应达到100Mb/s以上。在一定意义上讲,压缩编码是这些技术成败的关键。

(7) 教学和科研领域

教学和科研领域中也大量应用数字图像处理技术,比如,远程培训及教学也将大量使用数字图像处理技术的成果。

(8) 文字识别方面的应用

在文字识别方面,数字图像处理技术得以广泛应用。信函分检机要对手写的数字0~9进行高速的识别,这种分检机已装备到邮电部门。现在,一本书也可以快速地录入计算机,这不是敲键盘手工录入的,而是靠中英文识别技术用扫描仪快速输入的。依靠这种技术,盲人可以阅读,报表可以自动统计,文档可以自动存档,这对于办公室自动化意义重大。