

数字图像处理技术现状与展望 *

刘中合, 王瑞雪, 王锋德, 马长青, 刘贤喜

(山东农业大学机械与电子工程学院, 山东 泰安 271018)

摘 要: 简述了数字图像处理技术的发展及应用现状, 系统分析了数字图像处理技术的主要优点、不足及制约其发展的因素, 阐述了数字图像处理技术研究的主要内容和将来的研究重点, 概述了数字图像处理技术未来的应用领域, 并提出了该技术未来的研究方向。

关键词: 数字图像; 图像处理; 现状与展望; 计算机技术

1 前言

图像处理技术基本可以分成两大类: 模拟图像处理(Analog Image Processing)和数字图像处理(Digital Image Processing)。数字图像处理是指将图像信号转换成数字信号并利用计算机进行处理的过程。其优点是处理精度高, 处理内容丰富, 可进行复杂的非线性处理, 有灵活的变通能力, 一般来说只要改变软件就可以改变处理内容^[1]。困难主要在处理速度上, 特别是进行复杂的处理。数字图像处理技术主要包括如下内容: 几何处理(Geometrical Processing)、算术处理(Arithmetic processing)、图像增强(Image Enhancement)、图像复原(Image Restoration)、图像重建(Image Reconstruction)、图像编码(Image Encoding)、图像识别(Image Recognition)、图像理解(Image understanding)。数字图像处理技术的发展涉及信息科学、计算机科学、数学、物理学以及生物学等学科^[2], 因此数理及相关的边缘学科对图像处理科学的发展有越来越大的影响。近年来, 数字图像处理技术日趋成熟, 它广泛应用于空间探测、遥感、生物医学、人工智能以及工业检测等许多领域, 并促使这些学科产生了新的发展。

2 数字图像处理技术发展及应用

数字图像处理技术是 20 世纪 60 年代随着计算机技术和 VLSI (Very Large Scale Integration) 的发展而产生、发展和不断成熟起来的一个新兴技术领域, 它在理论上和实际应用中都取得了巨大的成就。

视觉是人类最重要的感知手段, 图像又是视觉的基础^[3]。早期图像处理的目的是改善图像质量, 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进行图像处理, 如几何校正、灰度变换、去除噪声等, 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, 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。在以后的宇航空间技术探测研究中, 数字图像处理技术都发挥了巨大的作用。

数字图像处理技术取得的另一个巨大成就是在医学上。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 Tomograph)。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, 这项无损诊断技术被授予诺贝尔奖, 以表彰它对人类做出的划时代贡献。

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, 数字图像处理技术向更高、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, 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 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。

20 世纪 80 年代末期, 人们开始将其应用于地理信息系统, 研究海图的自动读入、自动生成方法。数字图像处理技术的应用领域不断拓展。

数字图像处理技术的大发展是从 20 世纪 90 年代初开始的。自 1986 年以来, 小波理论与变换方法迅速发展, 它克服了傅里叶分析不能用于局部分析等方面的不足之处, 被认为是调和半个世纪以来工作之结晶。Mallat 在 1988 年有效地将小波分析应用于图像分解和重构。小波分析被认为是信号与图像分析在数学方法上的重大突破。随后数字图像处理技术迅猛发展, 到目前为止, 图像处理在图像通讯、办公自动化系统、地理信息系统、医疗设备、卫星照片传输及分析和工业自动化领域的应用越来越多。

进入 21 世纪, 随着计算机技术的迅猛发展和相关理论的不完善, 数字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

* 基金项目: 山东省信息产业发展专项资金项目 (2004R01842)

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。该技术成为一门引人注目、前景远大的新型学科。

3 数字图像处理技术的主要特点

3.1 数字图像处理技术的优点

(1) 再现性好 数字图像处理与模拟图像处理的根本不同在于,它不会因图像的存储、传输或复制等一系列变换操作而导致图像质量的退化。只要图像在数字化时准确地表现了原稿,则数字图像处理过程始终能保持图像的真实再现。

(2) 处理精度高 按目前的技术,几乎可将一幅模拟图像数字化为任意大小的二维数组,这主要取决于图像数字化设备的能力。现代扫描仪可以把每个像素的灰度等级量化为 16 位甚至更高,这意味着图像的数字化精度可以满足任一应用需求。从原理上讲不论图像的精度有多高,处理总是能实现的,只要在处理时改变程序中的数组参数就可以了。

(3) 适用面宽 图像可以来自多种信息源。从图像反映的客观实体尺度看,可以小到电子显微镜图像,大到航空照片、遥感图像甚至天文望远镜图像。这些来自不同信息源的图像只要被变换为数字编码形式后,均是用二维数组表示的灰度图像组合而成,因而均可用计算机来处理。

(4) 灵活性高 由于图像的光学处理从原理上讲只能进行线性运算,极大地限制了光学图像处理能实现的目标;而数字图像处理不仅能完成线性运算,且能实现非线性处理,即凡是可以用数学公式或逻辑关系来表达的一切运算均可用数字图像处理实现。

(5) 信息压缩的潜力大 数字图像中各个像素是不独立的,其相关性大。在图像画面上,经常有很多像素有相同或接近的灰度。就电视画面而言,同一行中相邻两个像素或相邻两行间的像素,其相关系数可达 0.9 以上,而相邻两帧之间的相关性比帧内相关性一般说还要大些。因此,图像处理中信息压缩的潜力很大。

3.2 制约数字图像处理技术发展的因素

目前,数字图像处理的信息大多是二维信息,处理信息量很大。如一幅 256×256 低分辨率黑白图像,要求约 64k 的数据量;对高分辨率彩色 512×512 图像,则要求 768k 数据量;如果要处理 30 帧/秒的电视图像序列,则每秒要求 500k~2.5M 数据量。因此对计算机的计算速度、存储容量等要求较高。

数字图像处理占用的频带较宽。与音频信息相比,占用的频带要大几个数量级。如电视图像的带宽约 5.6MHz,而语音带宽仅为 4kHz 左右。所以在成像、传输、存储、处理、显示等各个环节的实现上,技术难度较大,成本高。

由于图像是三维景物的二维投影,一幅图像本身不具备再现三维景物的全部几何信息的能力,三维景物背后部分信息在二维图像画面上是反映不出来的。因此,要分析和理解三维景物必须作合适的假定或附加新的测量;在理解三维景物时需要知识引导,这也是人工智能中正在致力解决的知识工程问题。

数字图像处理后的图像一般是给人观察和评价的,因此受人的因素影响较大。

4 数字图像处理技术研究内容

4.1 主要内容

数字图像处理技术的研究内容主要有以下几个方面:

(1) 图像变换 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。因此,往往采用各种图像变换的方法,将空间域的处理转换为变换域处理,不仅可减少计算量,而且可获得更有效的处理。小波变换在时域和频域中都具有良好的局部化特性,它在图像处理中有着广泛而有效的应用。

(2) 图像编码压缩 图像编码压缩技术可减少描述图像的数据量,以便节省图像传输、处理时间和减少所占用的存储器容量。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。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。

(3) 图像增强和复原 图像增强和复原的目的是为了提高图像的质量,如去除噪声,提高图像的清晰度等。图像增强不考虑图像降质的原因,突出图像中所感兴趣的部分。图像复原要求对图像降质的原因有一定的了解,一般应根据降质过程建立“降质模型”,再采用某种滤波方法,恢复或重建原来的图像。

(4) 图像分割 图像分割是将图像中有意义的特征部分提取出来,这是进一步进行图像识别、分析和理解的基础。目前已研究出不少边缘提取、区域分割的方法,但还没有一种普遍适用于各种图像的有效方法。因此,对图像分割的研究还在不断深入之中,是目前图像处理中研究的热点之一。

(5) 图像描述 图像描述是图像识别和理解的必要前提。作为最简单的二值图像可采用其几何特性描述物体的特性;一般图像的描述方法采用二维形状描述,它有边界描述和区域描述两类方法;对于特殊的纹理图像可采用二维纹理特征描述。随着研究的深入发展,已开始进行三维物体描述的研究,提出了体积描述、表面描述、广义圆柱体描述等方法。

(6) 图像分类 (识别) 图像分类属于模式识别的范畴,主要内容是图像经过某些预处理后,进行图像分割和特征提取,从而进行分类。图像分类常采用经典的模式识别方法。近年来新发展起来的模糊模式识别和人工神经网络模式分类在图像识别中也越来越受到重视。

4.2 未来研究重点

(1) 图像压缩 图像压缩分无损及有损压缩两类。无损压缩由于其压缩比有一定的极限,所以目前已经不是研究的热点,大家的研究主要集中在有损压缩上。所谓的有损压缩就是压缩后图像的某些信息会丢失。由于各类专业图像所关心的信息不同,其压缩方法也不相同,针对各种类型图像开发专用的压缩算法是当前研究的热点。另外,对于指纹这样的特殊图像如何在压缩后保存其完整特征也是一个研究课题。

(2) 三维重建 随着计算机技术的不断发展,在产品设计方面,已从平面向三维空间发展。在地图方面,延续千年的平面地图已有被三维电子地图取代的趋势。另外,三维重建在考古研究方面也有不可替代的作用,将把考古学推上一个新台阶。

(3) 虚拟现实 计算机的运算速度发展到今天,已为虚拟现

实提供了可能。网上虚拟现实、可视电话及会议系统^[4]等方面的发展与应用为数字图像处理技术的发展提供了新的机遇。

5 应用前景展望

图像是人类获取和交换信息的主要来源,因此,图像处理的应用领域必然涉及到人类生活和工作的方方面面。随着科学技术的不断发展,数字图像处理技术的应用领域也将随之不断扩大。数字图像处理技术未来应用领域主要有以下七个方面:

(1) 航天航空技术方面 数字图像处理技术在航天航空技术方面的应用,除 JPL 对月球、火星照片的处理之外,另一方面是在飞机遥感和卫星遥感技术中。图像在空中先处理(数字化、编码)成数字信号存入磁带中,在卫星经过地面站上空时,再高速传送下来,然后由处理中心分析判读。这些图像无论是在成像、存储、传输过程中,还是在判读分析中,都必须采用很多数字图像处理方法。现在世界各国都在利用各类卫星所获取的图像进行资源调查、灾害检测、资源勘察、农业规划、城市规划。在气象预报和对太空其它星球研究方面,数字图像处理技术也发挥了相当大的作用。

(2) 生物医学工程方面 数字图像处理技术在生物医学工程方面的应用十分广泛,且很有成效。除了 CT 技术之外,还有一类是对医用显微图像的处理分析,如染色体分析、癌细胞识别等。此外,在 X 光肺部图像增晰、超声波图像处理、心电图分析、立体定向放射治疗等医学诊断方面都广泛地应用图像处理技术。

(3) 通信工程方面 当前通信的主要发展方向是声音、文字、图像和数据结合的流媒体通信。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达 100M/s 以上。要将这样高速率的数据实时传出去,必须采用编码技术来压缩信息的比特量。在一定意义上讲,编码压缩是这些技术成败的关键^[5]。

(4) 工业工程方面 在工业工程领域中图像处理技术有着广泛的应用,它大大提高了工作效率,如自动装配线中质量检测、流体力学图片的阻力和升力分析、邮政信件的自动分拣,在一些恶性环境内识别工件及物体的形状和排列状态,先进设计和制造技术中采用工业视觉等等。其中值得一提的是研制具备视觉、听觉和触觉功能的智能机器人,将会给工农业生产带来新的面貌,目前已在工业生产中的喷漆、焊接、装配中得到有效的利用。

(5) 军事公安方面 在军事方面图像处理和识别主要用于导弹的精确制导,各种侦察照片的判读,具有图像传输、存储和显示的军事自动化指挥系统和模拟训练系统等;公安方面主要用于指纹识别、人脸鉴别、不完整图片的复原以及交通监控、事故分析等。目前已投入运行的高速公路不停车自动收费系统中的车辆和车牌的自动识别就是图像处理技术成功应用的例子^[6]。

(6) 文化艺术方面的应用 目前这类应用有电视画面的数字编辑、动画的制作、电子图像游戏、纺织工艺品设计、服装设计、发型设计、文物资料照片的复制和修复、运动员动作分析和评分等等。目前正在形成一门新的艺术——计算机美术。

(7) 其它方面的应用 数字图像处理技术已经渗透到社会生活的各个领域,如地理信息系统中二维、三维电子地图的自动生成、修复等;教育领域各种辅助教学系统研究、制作中;流媒体技术领域等等。

6 结束语

数字图像处理技术在航空航天、工业生产、医疗诊断、资源环境、气象及交通监测、文化教育等领域有着广泛的应用,创造了巨额社会价值,同时还远远不能满足社会需求,自身也在不断完善和发展,有很多新的方面要探索。它必将向更深入、更完美的方向发展:处理算法更优化,处理速度更快,实现图像的自动生成、处理、识别和理解。

参考文献:

- [1] 李红俊,韩冀皖.数字图像处理技术及其应用.计算机测量与控制,2002.10(9):620~622
- [2] W.K.Pratt.DIGITAL IMAGE PROCESSING.John Wiley & Sons, inc.,1978.
- [3] 杨枝灵,王开.Visual C++ 数字图像获取、处理及实践应用.人民邮电出版社,2003.
- [4] 聂颖,刘榴娣.数字信号处理器在可视电话中的应用.光电工程,1997.24(3):67~70
- [5] 侯遵泽,杨文采.小波分析应用研究.物探化探计算技术,1995.17(3):1~9
- [6] 李道远,常敏,袁春风.基于小波变换的数字水印综述.计算机应用与工程,2003.23(10):65~67



投稿须知

1、本刊是《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》和《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊。欢迎技术含量高、实用性强、可读性好的来稿。其中,市场热点、操作技巧、实用技术、流行软件和硬件的介绍等方面的原创稿件优先录用;

2、来稿务求论点明确、文笔简练,文责自负。每篇文章包括图表、摘要、关键词和参考文献等在内,字数请控制在4000~6000字以内;

3、投稿时,请将打印稿一式两份挂号邮寄到本刊编辑部,并附函注明作者的通讯地址、E-mail 地址和联系电话。稿件评审后,我们将在30个工作日内反馈稿件处理意见;

4、请勿一稿多投。稿件请自行留底,未录用的稿件概不退还,投稿3个月未收到稿件处理意见的,作者可自行他投;

5、为了适应我国信息化建设的需要,给广大计算机爱好者提供一个技术交流的园地,我们将竭尽全力为大家服务。由于资源有限,本刊稿酬低于有关标准,请作者在投稿时慎重选择。特此声明!

《计算机时代》编辑部