

第三讲 图像信息处理*

阮秋琦[†]

(北京交通大学信息科学研究所 北京 100044)

摘要 图像是人类传递信息的重要媒体,图像信息处理又是信息科学的重要研究分支.目前,起源于20世纪20年代的数学图像处理技术已成为工程学、计算机科学、信息科学、统计学、物理、化学、生物学、医学甚至社会科学等领域中各学科之间学习和研究的对象.文章全面综述了图像处理理论与技术的起源、涵盖的内容、对人类的重要意义及发展趋势.以期读者对图像信息处理有一个全面的理解.

关键词 图像信息获取,图像信息存储,图像信息传输,图像信息处理,图像信息显示

Image information processing

RUAN Qiu-Qi[†]

(*Institute of Information Science, Beijing Jiaotong University Beijing 100044, China*)

Abstract Images are an important means of information transmission for humans. Digital image processing originated in the 1920's and has now become an important branch of information processing science, with applications in many other disciplines. The review is given of the origin, and basics of image processing theory and technology, its significance for society, and future development prospects.

Key words image information acquisition, image storage, image transmission, information processing, display

1 引言

在人类接受的信息中,听觉信息占20%,视觉信息占60%,其他如味觉、触觉、嗅觉总起来不过占20%.所以人类传递信息的主要媒介是语音和图像.从技术发展来看,利用图像传递信息的技术发展却大大落后于语音通信.自从贝尔(Bell)发明电话以来,语音通信发展十分迅速,如:从人工交换到自动交换,从步进制、纵横制到目前的程控交换机;从架空明线、对称电缆、同轴电缆直至今日广泛应用的光纤.近年来,在移动通信的发展过程中,蜂窝网、集群电话、无绳电话、无线寻呼以及GSM、W-CDMA等都获得了巨大成功,IMT2000也正在迅速实施之中;全光网和光交换的研究也正在全面展开,这种全新

的通信系统将对电通信方式带来巨大的变革.相比之下,图像通信就大大落后于语音通信了,但类似于电话通信网那样的图像通信网尚没有建立.尽管近年来伴随着多媒体通信的日益成熟,可视电话、会议电视已有了较大的发展,制定了相应的国际标准,也有了一些专业产品,但总体上看尚不够普遍,至于图像处理技术是在第三代计算机问世后才得到了迅速发展,其应用领域也愈来愈广,有些技术已相当成熟并产生了惊人的效益.当前,图像处理面临的主要任务是研究新的处理方法,构造新的处理系统,开拓更广泛的应用领域.

* 国家自然科学基金(批准号60472033)资助项目

2004-07-13收到初稿 2004-10-08修回

[†] 通讯联系人. Email: qquan@center.njtu.edu.cn

2 数字图像信息处理起源和意义

数字图像处理技术起源于 20 世纪 20 年代,当时通过海底电缆从英国伦敦到美国纽约传输了一幅照片,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,传一幅图像要一星期时间,压缩后只用了 3 小时.1964 年,美国的“喷气推进实验室”处理了由太空船“徘徊者七号”发回的月球照片,这标志着第三代计算机问世后数字图像处理概念开始得到应用.其后,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、化学、生物学、医学甚至社会科学等领域中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益,成为科学研究、社会生产乃至人类生活中不可缺少的强有力的工具.

图像处理的意义表现在如下 3 个方面:

(1) 图像是人们从客观世界获取信息的重要来源.视觉信息的特点是信息量大、传播速度快、作用距离远,与心理学和生理学有关,通过大脑的思维和联想,具有很强的判断能力.其次,人的视觉十分完善,灵敏度高,鉴别能力强,不仅可以辨别景物,还能辨别人的情绪.

(2) 图像信息处理是人类视觉延续的重要手段.就目前科技水平看,能够成像的并不仅仅是可见光(波长为 $0.38\text{—}0.8\mu\text{m}$),可成像的射线已有多种,如 γ 射线($0.003\text{—}0.03\text{nm}$)、X 射线($0.03\text{—}3\text{nm}$)、紫外线($3\text{—}300\text{nm}$)、红外线($0.8\text{—}300\mu\text{m}$)、微波($0.3\text{—}100\text{cm}$).这些射线均可以成像.利用图像信息处理技术把这些不可见射线所成图像加以处理并转换成可见图像,扩大了人类认识客观世界的的能力.

(3) 图像处理技术对国计民生有重要意义:图像信息处理技术发展到今天,许多技术已日趋成熟,在各个领域的应用取得了巨大的成功和显著的经济效益.如在工程领域、工业生产、军事、医学以及科学研究中的应用已十分普遍.例如,通过图像处理技术分析资源卫星得到的照片,可以获得地下矿藏资源的分布及埋藏量;利用红外线、微波遥感技术获得的图像可侦查到隐蔽的军事设施;X 射线计算机断层(X-CT)已广泛应用于临床诊断;工业生产中的设计自动化及产品质量检验;安全保障及监控方面的应用;通信及多媒体技术中图像信息处理更是重要的关键技术.正因为如此,图像处理理论和技术受到

广泛重视,并正在向更加深入和更高的层次发展.

3 图像处理技术的分类

图像处理技术基本可分为两大类,即模拟图像处理 and 数字图像处理.

3.1 模拟图像处理

模拟图像处理包括光学处理(利用透镜)和电子处理,如:照相、遥感图像处理、电视信号处理等.模拟图像处理的特点是速度快,一般为实时处理.光学处理在理论上讲可达到光的速度,并可同时并行处理.电子处理的典型例子是电视,它处理的是活动图像(25 帧/秒),可认为是实时处理.模拟图像处理的缺点是精度较差,灵活性差,很难有判断能力和非线性处理能力.

3.2 数字图像处理

数字图像处理是首先通过取样、量化及编码把模拟图像转换成数字图像,然后再加以处理.数字图像处理一般都用计算机处理或实时的硬件处理,也称为计算机图像处理.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.其缺点是处理速度还是一个瓶颈问题,特别是进行复杂的处理更是如此.所以一般情况下处理静止画面居多,如果实时处理一般精度的数字图像,计算机至少要具有 100Mips 的处理能力;其次是分辨率及精度尚有一定限制,如一般精度图像是 $512 \times 512 \times 8\text{bits}$,分辨率高的可达 $2048 \times 2048 \times 12\text{bits}$,如精度及分辨率再高,所需处理时间将显著增加.

广义上讲,一般的数字图像很难为人所理解,因此,数字图像处理也离不开模拟技术,为实现人-机对话和自然的人-机接口,特别是在需要人去参与观察和判断的情况下,模拟图像处理技术更是必不可少的.

4 数字图像处理的特点

数字图像处理的特点表现在如下几个方面:

(1) 图像信息量大.在数字图像处理中,一幅图像可看成是由图像矩阵中的像素组成的(一般分辨率的像素数为 256×256 , 512×512 , 高分辨率的像素数可达 1024×1024 或 2048×2048).每个像素的灰度级至少要用 6bit(单色图像)来表示,一般采用 8bit(彩色图像),高精度的可用 12bit 或 16bit.其数据量为像素数乘灰度级,如 $256 \times 256 \times 8 = 64\text{kb}$. X

光照片一般用 64—256kb 的数据量,一幅遥感图像 $3240 \times 2340 \times 4 = 30\text{Mb}$,因此,大数据量给存储、传输和处理都带来巨大的困难。

(2)图像处理技术综合性强。当今的图像处理理论大多是物理和通信理论的推广,多半是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是图像信息处理的一项重要任务。图像处理中的信息获取和显示技术主要源于物理原理及电视技术,如摄像、显示、同步等技术。计算机已是数字图像处理的常规工具。在数字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数字图像处理中显得十分重要。大量的图像处理算法主要源于雄厚的数理基础,建立图像处理本身的理论体系也离不开物理机理和严密的数学工具。因此,图像处理科学是一项涉及多学科的综合科学。

(3)图像信息理论与通信理论密切相关。1948年,仙农发表了《通信中的数学理论》一文,它奠定了信息论的基础。图像信息论也属于信息论科学中的一个分支。图像信息论是在通信理论研究的基础上发展起来的。图像理论是把通信中的一维问题推广到二维空间上来研究,也就是说,通信研究的是一维时间信息,图像研究的是二维空间信息,通信研究的是时间域和频率域的问题,图像理论研究的是空间域和空间频率域(或变换域)之间的关系,通信理论认为,任何一个随时间变化的波形都是由许多频率不同、振幅不同的正弦波组合而成;图像理论认为,任何一幅平面图像是由许多频率、振幅不同的 $X-Y$ 方向的空间频率波相叠加而成,高空间频率波决定图像的细节,低空间频率波决定图像的背景和动态范围。通信中的一维问题都可推广到二维,尽管有些理论尚不完全贴切,但对图像自身理论体系的形成有极大的借鉴意义。

5 数字图像处理的主要方法及主要内容

5.1 数字图像处理方法

数字图像处理方法大致可分为两大类,即空域法和变换域法。空域法是把图像看作是平面中各个像素组成的集合,然后直接对这一二维函数进行相应的处理。空域处理法主要有两大类(1)邻域处理法:其中包括梯度运算、拉普拉斯算子运算、平滑算子运算、卷积运算等(2)点处理法:如灰度处理,面积、周长、体积、重心运算等。变换域处理方法是首先对图像进行正交变换,得到变换域系数阵列,然后再

施行各种处理,处理后再反变换到空间域,得到处理结果。这类处理包括滤波、数据压缩、特征提取等处理。

5.2 数字图像处理的主要内容

完整的数字图像处理包括图像信息的获取、存储、传送、处理以及图像信息的输出和显示。

5.2.1 图像信息的获取

图像信息的获取,主要是把一幅图像转换成适合输入计算机或数字设备的数字信号,这一过程主要包括摄取图像、光电转换及数字化等几个步骤。通常图像获取的方法有如下几种:

(1)电视摄像机:早期主要有光电摄像管、超正析摄像管等。近年来,主要是采用 CCD 摄像设备。该设备具有小巧、速度快、成本低、灵敏度高等优点。缺点是灰度层次较差、非线性失真较大、有黑斑效应,在使用中需要校正。目前,由于材料科学及物理加工技术的提高,CCD 摄像机在分辨率、灵敏度等方面已做到很高水平,如 1024×1024 的高分辨率的 CCD 摄像机已很成熟,600 万像素的数码相机已进入寻常百姓之家。

(2)飞点扫描器:这是一种以光源做扫描的图像获取设备。其优点是精度较高,图像清晰,可透射成像亦可反射成像,但其体积略显庞大,成本略显偏高,而且图幅有所限制。

(3)扫描鼓:这是一种高精度的滚筒式的图像摄取设备。优点是精度高、分辨率高,可以输入也可以输出。缺点是价钱昂贵、速度低、维护要求高,多用于静止图像的输入、输出。

(4)扫描仪:这是图像处理中最为普通的输入设备,其精度和分辨率中等,速度较慢,非实时设备,但成本低,是当今应用最为广泛的图像信息获取设备。

(5)显微光密度计:精度较高,速度低。

(6)遥感中常用的图像获取设备现在已有多种,如光学摄影类:有摄像机、多光谱摄像机等。红外摄影类:有红外辐射计、红外摄像仪、多通道红外扫描仪、多光谱扫描仪(MMS)。微波类:有微波辐射计、侧视雷达、真实空孔径雷达、合成孔径雷达(SAR)。

合成孔径雷达是采用小天线通过直线飞行,合成一条很长的线阵天线,从而达到优良的横向方位的分辨率。目前的国际水平是:在地面距雷达 50—100km 范围内,合成孔径雷达的纵向和横向分辨率已达 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 以下。

5.2.2 图像信息的存贮

图像信息的突出特点是数据量巨大. 一般作档案存贮主要采用磁带、磁盘或光盘. 为解决海量存贮问题, 主要研究数据压缩、图像格式标准、图像数据库及图像检索技术等.

5.2.3 图像信息的传送

图像信息的传送可分为系统内部传送与远距离传送. 内部传送多采用直接存储器访问(DMA)技术, 以解决速度问题. 远距离传送主要解决占用带宽的问题, 其实质是压缩频带问题. 目前, 已有多种国际压缩标准来解决这一问题, 以便为建立图像通信网铺平道路.

5.2.4 数字图像处理

目前, 数字图像处理多半采用计算机处理, 因此, 有时也称之为计算机图像处理. 数字图像处理可概括为几何处理、算术处理、图像增强、图像复原、图像重建、图像编码、图像识别、图像理解.

(1) 几何处理: 主要包括图像坐标变换、图像的放大、缩小、旋转、移动、多幅图像配准、全景畸变校正、扭曲校正、周长、面积、体积计算等.

(2) 算术处理: 主要是对图像施以 $+$ 、 $-$ 、 \times 、 \div 等运算, 虽然该处理主要针对像素点的处理, 但非常有用, 如医学图像的减影处理就有显著的效果.

(3) 图像增强: 主要是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, 便于区分或解释. 主要方法有直方图修改技术增强、图像平滑、图像尖锐化、同态处理、伪彩色增强法及灰度窗口等技术.

(4) 图像复原: 其主要目的是去掉干扰和模糊, 恢复图像的本来面目. 典型的去噪就属于复原处理. 图像噪声包括随机噪声和相干噪声, 随机噪声干扰表现为麻点干扰, 相干噪声表现为网纹干扰. 去模糊也是复原处理的任务. 这些模糊来自透镜散焦、相对运动、大气湍流、云层遮挡等. 这些干扰可用维纳滤波、逆滤波、同态滤波、代数复原及偏微分方程等方法加以去除.

(5) 图像重建: 前边谈到的几何处理、图像增强、图像复原都是从图像到图像的处理, 即输入的原始数据是图像, 处理后输出的结果也是图像, 而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. 该处理的典型应用就是 CT 技术, CT 技术发明于 1972 年, 早期为 X 光(X 射线)CT, 后来发展的有 ECT、超声 CT、核磁共振(NMR)等. 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, 其中以卷积反投影法运用最为广泛, 因为它的运算量小、速度快. 值得注意的是三维重建算法发展很快, 而且由于与计算机图形学相结合, 把多个二维图像合成三维图像, 并加以光照模型和各种渲染技术, 能生成各种具有强烈真实感及纯净的高质量图像. 三维图形的主要算法有线框法、表面法、实体法、彩色分域法等等, 这些算法在计算机图形学中都有详尽的研究. 三维重建技术也是当今颇为热门的虚拟现实和科学计算可视化技术的基础.

(6) 图像编码: 图像编码的研究属于信息论中信源编码范畴, 其主要宗旨是利用图像信号的统计特性及人类视觉的生理学及心理学特性对图像信号进行高效编码, 即研究数据压缩技术, 以解决数据量大的矛盾. 一般来说, 图像编码目的有 3 个, 即: 减少数据存贮量, 降低数据率以减少传输带宽, 压缩信息量, 便于特征抽取, 为识别做准备. 就编码而言, M. Kunt 把 1948 年至 1988 年这 40 年中研究的以去除冗余为基础的编码方法称为第一代编码. 如: PCM, DPCM, ΔM , 亚取样编码法和变换编码中的 DFT, DCT, Walsh - Hadamard 变换等方法以及以此为基础的混合编码法均属于经典的第一代编码法. 第二代编码方法多是 20 世纪 80 年代以后提出的新的编码方法, 如金字塔编码法、Fractal 编码法、基于神经网络的编码方法、小波变换编码法、模型基编码法等. 现代编码法的特点是: 充分考虑人的视觉特性, 恰当地考虑图像信号的分解与表述, 采用图像的合成与识别方案压缩数据率. 图像编码应是经典的研究课题, 50 多年的研究已有多种成熟的方法得到应用. 随着多媒体技术的发展, 已有若干编码标准由 ITU - T 制定出来. 如 JPEG, H. 261, H. 263, MPEG1, MPEG2, MPEG4, MPEG7, JBIG, 二值图像压缩等. 最近, 国际电讯联盟(ITU-T)等组织又推出了最新视频编码标准 H. 264/AVC, 以其卓越的编码效率和图像质量引起人们广泛关注. 然而它引入的新技术也带来了巨大运算量等问题, 目前还在不断研究中.

(7) 模式识别(图像识别): 它是数字图像处理的又一研究领域. 当今, 模式识别方法大致有 3 种, 即统计识别法、句法结构模式识别法、模糊识别法. 统计识别法侧重于特征, 句法结构识别侧重于结构和基元, 模糊识别法是把模糊数学的一些概念和理论用于识别处理. 在模糊识别处理中, 充分考虑人的主观概率, 同时也考虑了人的非逻辑思维方法及人的生理、心理反映, 这一独特性的识别方法目前正处

于研究阶段,方法尚未成熟。

(8)图像理解:它是由模式识别发展起来的方法,也叫景物理解。该处理输入的是图像,输出的是一种描述。这种描述并不仅仅是单纯用符号作出详细的描绘,而且还要利用客观世界的知识使计算机进行联想、思考及推论,从而理解图像所表现的内容。

以上所述的八项处理任务是数字图像处理所涉及到的主要内容。总的说来,经多年的发展,数字图像处理经历了从静止图像到活动图像,从单色图像到彩色图像,从客观图像到主观图像,从二维图像到三维图像的发展历程。特别是与计算机图形学的结合已能产生高度逼真、非常纯净、更有创造性的图像。由此派生出来的虚拟现实技术的发展或许将从根本上改变我们的学习、生产和生活方式。

5.2.5 图像的输出与显示

图像处理的最终目的是为人或机器提供一幅更便于解译和识别的图像。因此,图像输出也是图像处理的重要内容之一。图像的输出有两种:一种是硬拷贝;另一种是软拷贝。其分辨率随着科学技术的发展从 256×256 到 2048×2048 的高分辨率的显示设备问世。通常的硬拷贝方法有照相、激光拷贝、彩色喷墨打印等几种方法。软拷贝方法有以下几种:

(1)阴极射线管(CRT)显示:目前,彩色显像管(CPT)和彩色显示管(CDT)技术已相当成熟。20世纪90年代后期,平板显示器件才相继问世。但专家们预测在未来一段时间内CRT仍是图像显示的主流。CRT显示质量好、亮度高、电子束寻址方式简单、制造成本低等都是CRT的显著优点。尤其采用微形滤光条工艺,加之动态聚焦技术的出现,使得CRT在对比度、色纯及光点大小方面都得到了改进。目前,分辨率为 1280×1024 、行频64kHz、视频带宽110MHz的CRT已很普遍,高分辨率的可达 1920×1035 ,行频达80kHz,视频带宽达140MHz。进一步提高分辨率的主要困难在于显像管的制造和刷新存贮器的速度。我国生产的CPT年产达1800万只,而CDT却很少,年产只有35万只左右。从市场占有率来看,CRT亦是主流。

(2)液晶显示器(LCD):液晶的发现已有100多年的历史,但真正用于显示技术的历史不到30年。尽管有人认为LCD要想取代CRT至少还需要一段时间,但其发展势头之大,发展速度之快却令人刮目相看。LCD的突出性能是极吸引人的,它体积小,重量轻,低功耗,低电压,无软X射线,全色显示

并有较高的亮度。它的主要缺点是视角较窄、寻址复杂、亮度不及CRT,大约在 $120\text{--}150\text{cd}/\text{m}^2$ 。近年来的最新产品已大有改善,如Sharp公司推出的彩色非晶硅TFT-LCD产品,屏幕尺寸21in(1in $\approx 2.54\text{cm}$),分辨率为 640×480 ,像素数921600点,彩色数1670万种。富士通推出的10.4in显示器的视角可达 120° 。据报道,最新的产品已达到 170° ,42in。

(3)彩色等离子显示技术(PDP):它是利用气体放电原理实现的一种平板显示技术。它发明于20世纪60年代。1993年首次批量生产。它的工作原理有两个基本过程:一是气体放电,惰性气体受电信号的作用放电发射真空紫外线;二是紫外线激发荧光粉发光。等离子显示技术有如下特点:易于大面积显示,可达80in;全色显示,显示器可显示256级灰度和1670万种颜色;伏安特性非线性强,可寻址2000线以上;可实现高亮度显示,据最新报道,日本Sony和日立公司已推出亮度达到 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 的平板电视机;对比度高;视角可达 160° ;色纯度与CRT相当;寿命可达3万小时以上;工作电压一般小于200V,易于批量生产。其主要缺点是功耗较大,目前在8W/in以上。此外,在亮环境下对比度有待提高。其最大的弱点是价格偏高。

(4)场致发光显示器(FED):它是最新发展起来的彩色平板显示器件。SID95'会议上展出的产品6in方形的全色FED分辨率已达到 512×512 。其显著优点是:薄型,无需加背光源,一般比LED还要薄;易于拼接,可做成大屏幕;可高度集成,做成高清晰度显示器;电压低,功耗小,寿命长,一般FED的功耗只有5W;图像质量好,分辨率可达 1024×768 ,无视角限制,响应速度快,一般小于 $2\mu\text{s}$;发光亮度起伏小,成品率高;不需要偏转线圈,无X射线,抗电磁干扰和辐射,工作温度宽,一般可达 $-40\text{--}+85^\circ$;生产工艺简单,FED有数百个阴极,有几个不工作没有影响。但目前要解决的是大面积的FED需要改善发光的均匀性和提高低压荧光粉的发光效率。在实用化过程中,封接、排气、真空维持等工艺尚有困难。

总之,新的显示原理和器件将会促进更多的显示器推出,如:日本通产省物质工业技术研究所推出的用碳纳米管做成的显示器只有65mm厚,夏普公司推出的彩色塑料液晶显示器重量轻,不破碎,可弯曲。这将大大推动图像显示器的发展。

6 数字图像处理的硬件设备

一般的数字图像处理系统的结构如图1所示:

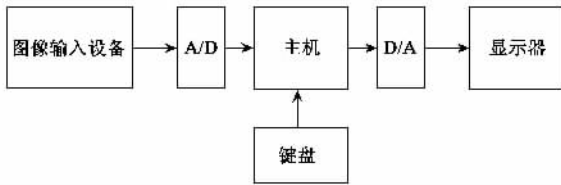


图1 数字图像处理系统

为提高处理速度,增加容量,早期的数字图像处理系统都采用大型机。后来较普遍的是发展小型机为主的系统。有代表性的如美国的 I²S 系统,加拿大的 Depex 系统。这种系统的主机均以 VAX/750, VAX/785 为主。现在的图像处理系统向两个方向发展。一个方向是微型图像处理系统,其主机为 PC 机,配以图像卡及显示设备就构成了最基本的微型图像处理系统。目前,国产的有 CA540、VP32、FGCT11010N8、CA - CPE - 1000、CA - CPE - 2000 等图像板,国外的类似的图像板卡也有多种。此外,大多数工作站也都有图像处理功能,也可以看作是微型的图像处理系统,但一般工作站大都以网络性能和图形功能见长。微型系统成本低、设备紧凑、应用灵活、便于推广。特别是微型计算机的性能逐年提高,使得微型图像处理系统的性能也不断升级,加之软件配置丰富,使其更具实用意义。图像处理系统的另一方向就是向大型机方向发展,以解决大数据量与处理能力之间的矛盾。还应该发展阵列机和并行处理技术,早期的几种有代表性的阵列处理器有如下几种:

(1) AP - 120B:它是美国 Floating point 公司研制的并行处理器,采用流水线结构,可用于空间滤波及快速傅里叶变换(FFT)等处理。它有专用的浮点乘法器和加法器。对 512 × 512 的图像作 FFT 处理,只用 1.6s 的时间,比当时的大型机快几百倍。

(2) FP 处理器:该处理器进行 8 位的乘法运算只要 250ns。广泛用于匹配计算、相关计算、图像空间坐标转换、灰度校正等。

(3) 完全并行处理器:英国 London 大学曾研制 CLIP - 4,该处理器由 96 × 96 的基本细胞单元组成,由一台 PDP-11 进行控制,处理速度可达 10 亿次/秒。

(4) 局部并行处理器:完全并行处理器的速度快,但运算电路数量多,而局部并行处理器却有一定的优点,因此应用也较广。如日本东京大阪大学研制的 PP 并行处理器,可做 5 × 5 窗口的门限处理,微分处理、细化处理等。对 64 × 64 大小的图像用 3 × 3 窗口作微分处理需要 12ms,细化处理要 15ms。PPP 系

统是日本东芝公司研制的。该系统采用流水线与并行处理方式,并行处理器有 8 个加法器和 8 个乘法器,可做滤波处理和变换处理,一个微秒可做 64 次乘法和 64 次加法,同时还有 128 次存取操作。AD-SP-21161 构成的多 DSP 并行处理结构,它具有运算能力强、I/O 带宽宽、通信手段多样、能灵活地改变拓扑结构、可扩展性和通用性强等特点。是美国 ADI 公司近期推出的功能强大的 32bit 浮点 DSP 芯片,采用超级哈佛结构,拥有多条内部总线、高速运算单元、大容量存储器、灵活多样的外部接口。它的核心工作频率可达 100MHz,外部总线工作频率可达 50MHz。由于其内部包括两组处理单元,每组又运用三级流水线结构进行处理,因而运算处理速度可达到 600MIPS。美国 TI 公司推出的最新 DSP 是 C6000 系列,它的定点系列是 TMS320C62X,运算处理速度为 1200—2400MIPS。浮点系列是 TMS320C67X,运算处理速度为 600—1000MFLOPS,而且它具有丰富方便的开发工具,已广泛应用于图像处理之中。

7 数字图像处理的应用

数字图像处理的应用越来越广。具体应用领域可粗略概括为表 1。

表 1 图像处理的应用领域

学科	应用内容
物理、化学	结构分析、谱分析
生物、医学	细胞分析、染色体分类、血球分类、X 射线照片分析、CT、NMRI
环境保护	水质及大气污染调查
地质	资源勘探、地图绘制、GIS
农林	植被分布调查、农作物估产
海洋	鱼群探查、海洋污染监测
水利	河流分布、水利及水害调查
气象	云图分析等
通信	传真、电视、多媒体通信
工业、交通	工业探伤、铁路选线、机器人、产品质量监测
经济	电子商务、身份认证、防伪
军事	军事侦察、导弹制导、电子沙盘、军事训练等
法律	指纹识别等

其应用的典型例子有:

(1) 遥感:1839 年,世界上出现第一幅照片,

1909年,意大利人乘飞机拍摄了第一张照片,前苏联(1957年)及美国(1958年)先后发射了人造地球卫星等等,这些都为遥感技术的发展奠定了坚实的基础。此后,美国相继发射多颗陆地资源探测卫星,其地面分辨率分别为 $59 \times 79\text{m}^2$, $40 \times 40\text{m}^2$, $30 \times 30\text{m}^2$,卫星上配备了GPS系统,定位精度在地心坐标系中为 $\pm 10\text{m}$ 。遥感图像处理的用处越来越大,效率及分辨率也越来越高。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,在遥感图像处理中应主要解决数据量大和处理速度慢的矛盾。

(2)医学应用:无论是在临床诊断还是病理研究,都需要大量采用图像处理技术。它的直观、无创伤、安全方便的优点受到普遍的欢迎与接受。其主要应用可举出众多的例子,如X光照片的分析,血球计数与染色体分类等。目前广泛应用于临床诊断和治疗的各种成像技术,如超声波诊断等都用到图像处理技术。计算机图像处理在医学上应用最成功的例子就是X光CT。类似的设备目前已有多种,如核磁共振CT等。值得注意的是,电阻抗断层图像技术(EIT)或阻抗成像技术的研究与应用。这是一种利用人体组织的电特性(阻抗、导纳、介电常数)形成人体内部图像的技术。由于不同组织和器官具有不同的电特性,因此,这些电特性包含了解剖学信息。更重要的是人体组织的电特性随器官功能的状态而变化,因此,EIT可望给出反应与人体病理和生理状态相应功能的图像。目前,EIT已发展了一些相应的算法(图像重建算法),并在临床应用中也正在探索(如:神经中枢系统、呼吸系统、心血管系统、消化系统)。当前的主要问题是分辨能力差,原因是入射电流进入人体组织后呈三维分布发散,因此,指向性不强,并且电流在人体组织中的分布规律复杂,未知因素多,成像的清晰度受到影响。虽然EIT分辨率不高,但是生物阻抗技术提取的组织和器官的电特性信息对血液、气体、体液和不同组织成分有独特的鉴别能力,对血液的流动分布,肺内的气血交换,体液含量与流动等非常敏感,以此为基础,可进行心、脑、肺及相关循环系统的功能评价及血液动力学与流变学的研究。“数字化虚拟人体”(如美国的可视人计划,中国的虚拟人计划等)研究的基础就是数字图像处理技术。

(3)通信中的应用:按业务性能划分可分为电视广播(点对点通信)、传真、可视电话(点对点通信)、会议电视(点对多点)、图文电视、可视图文以

及有线电视等。如按图像变化性质分,可分为静止图像和活动图像通信。从某种意义上说,图像通信发展的基础就是图像处理技术。

(4)工业生产的质量控制:在生产线上对生产的产品及部件进行无损检测也是图像处理技术的一个广泛的应用领域。如食品包装出厂前的质量检查,浮法玻璃生产线上对玻璃质量的监控和筛选,甚至在工件尺寸测量方面也可以采用图像处理的方法加以自动实现。另外铁谱分析也是一个典型的应用。

(5)安全保障、公安、电子商务等方面的应用:该领域将采用模式识别等方法实现监控、指纹档案、案件侦破、交通管理、身份认证、产品防伪、水印技术等。

(6)教学及科研领域中也大量应用图像处理技术。如科学可视化技术、远程培训及教学等。

图2中列举了一些典型的应用实例。

8 数字图像处理领域的发展动向

自20世纪60年代第三代数字计算机问世以后,数字图像处理技术出现了空前的繁荣,其发展趋向和需要进一步研究的问题也更引人关注,今后应在如下几方面进一步加强研究:

(1)在进一步提高精度的同时着重解决处理速度问题。如在航天遥感、气象云图处理方面,巨大的数据量和处理速度仍然是主要矛盾之一。

(2)加强软件研究,开发新的处理方法,特别注意移植和借鉴其他学科的技术和研究成果,创造新的处理方法。

(3)加强交叉学科的研究工作,如人的视觉特性、心理学特性等的研究,如果有所突破,将对图像处理技术的发展会有极大的促进作用。

(4)加强理论研究,逐步形成图像处理科学自身的理论体系。

(5)图像处理领域的标准化问题。图像的信息量大,数据量大,软件、硬件种类繁多,交流和使用的极为不便,这成了资源共享的严重障碍。应及早建立图像信息库,统一存放格式,建立标准子程序,统一检查方法等是共同关心的问题。

图像处理技术未来发展大致可归纳如下4点:

(1)图像处理的发展将向着高速、高分辨率、立体化、多媒体化、智能化和标准化方向发展。在处理速度问题上,主要是提高硬件速度,大力研制并行处理技术;在提高分辨率方面主要是提高采集分辨率和显示分辨率。多媒体技术在计算机界掀起了一股股热潮,实际上多媒体的关键技术就体现在图像数

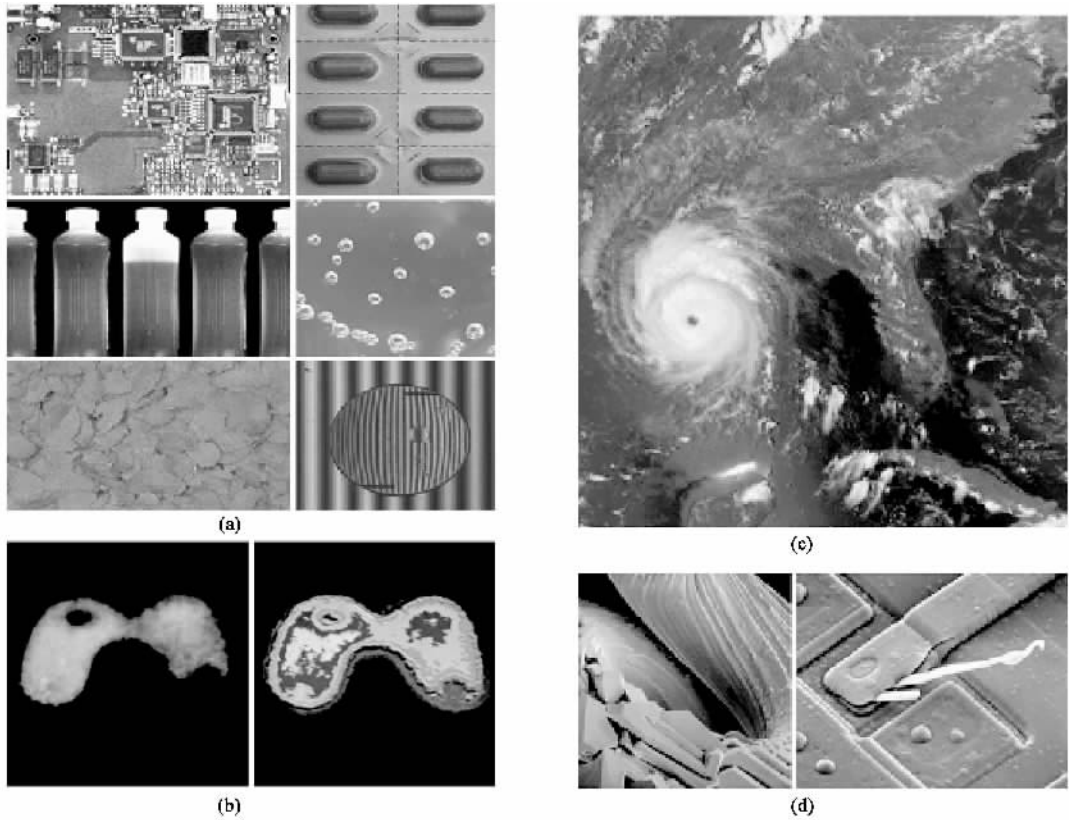


图2 图像信息处理应用实例 (a)图像处理在工业质量保障中的应用(左上为印刷电路板元件缺少检测,右上为药品包装缺少检测,左中为瓶中液体装添不满检测,右中为玻璃汽泡缺陷检测,左下为食品麦片酶变检测,右下为镜头缺陷检测)(b)甲状腺伪彩色处理,用于医学诊断(c)龙卷风遥感图像(d)集成电路损坏检测。

据压缩上。多媒体技术的进一步发展是使计算机向着人类接收和处理信息的最自然的方式靠拢。同时使计算机的识别和理解能按人的认识和思维方式工作,实现人机自然、和谐的交互,一直是科学家梦寐以求的理想,因此,在图像处理智能化研究方面要考虑人的主观概率,非逻辑思维能力在图像处理中的实现方法,正如微软提出的要研制能听、会说、会看的计算机那样,实现多功能人机交互的机器将是研究的热点之一。

(2)图像、图形相结合朝着三维成像或多维成像的方向发展,三维图像处理的信息量更大,特别是随着计算机图形学及虚拟现实技术的发展,立体图像处理技术将会得到广泛应用。

(3)目前,结合多媒体技术的研究,硬件芯片越来越多。如 ThomSon 公司 ST13220 采用 Systolic 结构,用作运动预测器。INMOS 公司的 IMS - A121,采用流水线结构。C-Cube 公司 CL-550 把 JPEG 做到一个芯片上,更便于推广应用等。总之,把图像处理的众多功能固化在芯片上将会有更加广阔的应用领域。

(4)在图像处理领域近年来引入了一些新的理

论并提出了一些新的算法,如:小波理论、分形理论、数学形态学、遗传算法、神经网络等。其中分形理论广泛用于图像处理、图形处理、纹理分析,同时还可以用于数学、物理、生物、神经和音乐等方面。有人认为,分形理论把杂乱无章、随意性很强的事物用数学方法加以规范和描述,在分析和描绘自然现象上具有独到之处。近年来,最初来自于物理和力学的偏微分方程在图像处理和计算机视觉中开辟了一个全新的研究领域,并且在图像处理中获得了初步成功。其基本原理是用偏微分方程逼近一幅图像、一条曲线或一个曲面,通过求解这个偏微分方程得到期望的结果。应用偏微分方程的优点是图像处理与分析是在一个连续区域内进行,而不考虑离散网格,这可带来很大的灵活性,另外,可以借鉴物理学和流体力学的思想解决图像处理中的难题。这些理论在未来图像处理理论与技术上的作用应给予充分的注意,并积极加以研究。

9 结束语

图像处理特别是数字图像处理科学经初创期、

发展期、普及期及广泛应用几个阶段,如今已是各个学科竞相研究并在各个领域广泛应用的一门科学。今天,随着科技事业的进步以及人类需求的多样化发展,多学科交叉、融合已是现代科学发展的突出特色和必然途径,而图像处理科学又是一门与国计民生紧密相联的一门应用科学,它的发展和与应用与我国的现代化建设联系之密切,影响之深远是不可估量的。图像处理科学无论是在理论上还是实践上都存在着巨大的潜力。

参 考 文 献

- [1] 阮秋琦. 数字图像处理学. 北京:电子工业出版社,2001
[Ruan Q Q. Digital Image Processing Science. Beijing :Electronics Industry Publishing House ,2001(in Chinese)]
- [2] 阮秋琦. 数字图像处理基础. 北京:中国铁道出版社,1988

- [Ruan Q Q. Fandation of Digital Image Processing. Beijing : Chinese Railway Press ,1988(in Chinese)]
- [3] Gonzalez 著. 阮秋琦译. 数字图像处理. 北京:电子工业出版社,2003[Gonzalez.(Ruan Q Q trans). Digital Image Processing. Beijing : Electronics Industry Publishing House ,2003(in Chinese)]
- [4] Hall R L. Digital image processing and pattern recognition. New York ,Academic Press ,Inc ,1979
- [5] 本肇编著. 画像の情报处理. 东京:コ口ナ社,1978
- [6] Appino , Lewis P B , Koved L *et al.* An Architecture for virtual worlds , presence Teleoperators and Virtual Environments , 1992 ,(1) :1—17
- [7] Bajura , Fuchs M H , Ohbuch R : Merging Virtual Objects with the Real world : See Ultrasound Imagery within the patient , Computer Graphics. 1992 ,26(2) 203—210
- [8] Begault D. The virtual reality of 3-D sound. In : Proceedings of Cyberarts conference. Pasadena ,1992. 79—87

· 书评和书讯 ·

科学出版社物理类新书推荐

书 名	作(译)者	定价	出版日期	发行号
计算声学——声场的方程和波	李太宝	¥38.00	2005年1月	0-2016
半导体量子器件物理	傅英 陆卫	¥50.00	2005年1月	0-2004
磁层粒子动力学	徐荣兰	¥35.00	2005年1月	0-1961
现代声学理论基础	马大猷	¥48.00	2005年1月	0-1830
物理学家用微分几何	侯伯元 侯伯宇	¥98.00	2004年8月	0-1976
数学物理方程及其近似方法	程建春	¥58.00	2004年8月	0-1952
量子力学朝花夕拾——教与学篇	王文正等	¥36.00	2004年11月	0-2095
随机振动的虚拟激励法	林家浩 张亚辉	¥45.00	2004年9月	0-1889
准晶物理学	王仁卉	¥45.00	2004年8月	0-1802
非平衡凝固新型金属材料	陈光 傅恒志	¥42.00	2004年8月	0-2027
金属陶瓷薄膜及其在光电子技术中的应用	孙大明 孙兆奇	¥56.00	2004年7月	0-1942
岩石力学	谢和平 陈忠辉	¥54.00	2004年5月	0-1944
软X射线与极紫外辐射的原理和应用	张 杰	¥59.00	2003年9月	0-1682
现代压电学(上中下)	张福学	¥99.00	2003年5月	
拉曼布里渊散射——原理及应用	程光煦	¥48.00	2003年5月	0-1301
应用力学对偶体系	钟万勰	¥42.00	2003年3月	0-1542
广义相对论和引力场理论	胡 宁	¥15.00	2003年3月	0-1157
激光的衍射及热作用计算	李俊昌	¥34.00	2003年3月	0-1553
粉末衍射法测定晶体结构	梁敬魁	¥68.00	2003年4月	0-1697

欢迎各界人士邮购科学出版社各类图书. 如果您有出版意向,请和我们联系. 凡购书者均免邮费,请按以下方式和我们联系:

电 话:010-64017957 64033515 电子邮件:mlhukai@yahoo.com.cn 或 dpyan@cspg.net

通讯地址:北京东黄城根北街16号 科学出版社 邮政编码:100717 联系人:胡凯 鄢德平

欢迎访问科学出版社网址 <http://www.sciencep.com>