

数字图像处理

秦志远 李超群 编著



解放军出版社

数字图像处理

秦志远 李超群 编著

解放军出版社

京新登字 117 号

书 名：数字图像处理

编著者：秦志远 李超群

出版者：解放军出版社

[北京地安门西大街 40 号/邮政编码 100035]

印刷者：一二〇一工厂

发行者：解放军出版社发行部

开 本：787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张：8

字 数：190 千字

版 次：2004 年 1 月第 1 版

印 次：2004 年 1 月（北京）第 1 次印刷

统一书号：55065·2120

（如有印装差错，请与本社调换）

内 容 简 介

本书是关于数字图像处理的一本基础性教材。编写以文字简洁、内容新颖翔实、技术实用为宗旨。

本书注重理论与实践相结合,按照教学规律阐述基本理论和基本方法。全书共八章,主要包括与数字图像处理相关的基本概念、图像基础运算、图像变换、图像增强、图像复原、图像压缩编码、彩色和多光谱图像处理、数学形态学方法等。

本书内容丰富,叙述简练,实用性强,可作为本科学生及测绘部队一线作业人员在职教育培训教材,亦适合从事数字图像处理研究人员阅读参考。

前 言

在信息社会中,数字图像处理无论是在理论上还是实践上都存在着巨大的潜力。起源于 20 世纪 20 年代的图像处理技术,经过近一个世纪的发展,已成为一门崭新的、多学科综合的数字化信息处理技术,日益为人们所重视,并在科学研究、工农业生产、军事侦察、测绘技术、医疗卫生、资源勘探、气象预报、大气污染研究、政府决策部门等许多领域中发挥着越来越重要的作用。随着信息高速公路、数字地球等概念的提出,数字图像以其作用距离远、信息量大、传输速度快等一系列优点必将成为人类获取信息的重要来源。

随着科学技术的发展,如今数字图像处理研究的领域已变得非常宽广,在一本篇幅有限的教科书中不可能涵盖所有的内容。我们写作此书的目的,既是为了总结国内外目前的研究成果,同时也是为了开阔学生在图像信息处理方面的视野。作为数字图像处理的基础教材,它力图在注重理论和实践紧密结合的基础上,使读者掌握本领域的基本概念、基本方法和系统知识。至于图像分割、模式识别的理论和方法,本书并没深入论及,建议读者通过参考相关专业书籍来加以学习。

本书共分八章,主要内容有:

第一章,简述数字图像处理的基本概念和数字图像处理系统的组成。

第二章,图像的基础运算。包括连续图像与离散图像的概念及数字化方法、像素及相互之间的联系、直方图和图像代数运算、逻辑运算和坐标变换等。

第三章,图像变换。包括典型的图像傅立叶变换及其他线性变换方法。

第四章,图像增强的方法和技术。包括图像平滑、图像锐化和图像二值化等。

第五章,图像复原。主要介绍了图像降质模型和典型的复原方法。

第六章,图像压缩编码。侧重介绍了图像无损编码、有损编码及变换编码。

第七章,彩色和多光谱图像处理。概述了彩色空间及其转换、多光谱图像融合等。

第八章,图像处理的数学形态学方法。主要介绍了数学形态学的基本运算及其在图像处理中的应用。

值得强调的是,数字图像处理作为一门多学科综合的学科,需要广泛的基础知识,上述的每一章节均可做为独立的研究课题展开深入的探讨。此外,图像处理的学习需要理论和实践的结合才能收到最佳效果。我们只有借助图像处理的软、硬件设备,解决实际工作中遇到的图像处理的问题,才会获得相当的领悟,亦使本课程的学习变得非常有趣。

在本书编写的过程中,作者得到了解放军信息工程大学测绘学院很多专家、教授的指点和鼓励,与他们的讨论使作者受益匪浅。他们是沈邦乐教授、张永生教授、余旭初教授、张占睦教授、朱述龙博士、刘智博士,以及遥感信息工程系战场监测技术教研室的其他同志,同时也受到了测绘学院训练部教务科、军事测绘杂志编辑部、解放军出版社同志们的大力支持与帮助,在此一并表示感谢。

数字图像处理技术的不断成熟和快速发展,使得作者的理论水平和实践经验受到限制,恳请读者对书中不及之处批评指正。

作者

2003年6月于郑州

目 录

第一章 概述.....	(1)
第一节 图像及图像技术.....	(1)
第二节 数字图像处理.....	(3)
第三节 数字图像处理系统.....	(6)
第四节 数字图像处理应用简介.....	(8)
第二章 图像处理基础	(12)
第一节 连续图像与数字图像	(12)
第二节 像素之间的联系	(17)
第三节 直方图及其应用	(18)
第四节 图像间运算	(22)
第五节 几何运算	(25)
第三章 图像变换	(30)
第一节 引言	(30)
第二节 傅立叶变换及其性质	(31)
第三节 线性变换	(37)
第四节 其他变换	(39)
第四章 图像增强	(46)
第一节 概述	(46)
第二节 卷积与卷积滤波	(47)
第三节 图像对比度增强	(53)
第四节 图像平滑	(61)
第五节 图像锐化	(65)
第六节 图像二值化	(69)
第五章 图像复原	(73)
第一节 概述	(73)
第二节 图像降质的数学模型	(74)
第三节 图像复原方法简介	(75)
第六章 图像压缩编码	(79)
第一节 引言	(79)
第二节 无损压缩编码	(79)
第三节 有损压缩编码原理	(85)
第四节 变换编码	(86)
第七章 彩色和多光谱图像处理	(88)

第一节 引言	(88)
第二节 彩色图像处理	(88)
第三节 多光谱图像分析	(100)
第八章 图像处理的数学形态学方法	(104)
第一节 引言	(104)
第二节 数学形态学的基本概念	(104)
第三节 图像处理中的形态学方法	(111)
附录 数字图像处理英语词汇表	(115)
主要参考文献	(119)

第一章 概 述

第一节 图像及图像技术

一、图像

众所周知,视觉是人类从大自然中获取信息的最主要手段,也是我们自出生以来的体验中最重要、最丰富的部分,而图像正是人类获取视觉信息的主要途径。图像包含两层含义,即“图”和“像”。所谓“图”,就是物体透射或者反射光的分布;“像”是人的视觉系统接收图的信息而在大脑中形成的印象或认识。前者是客观存在的,而后者是人的感觉,图像应该是两者的结合。或者从广义的角度出发,我们可以这样认为: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而产生视知觉的实体。

图 1-1 表示图像的基本种类。这幅图已经在很多关于图像处理的教科书中出现过,概括的很全面,也比较合理。

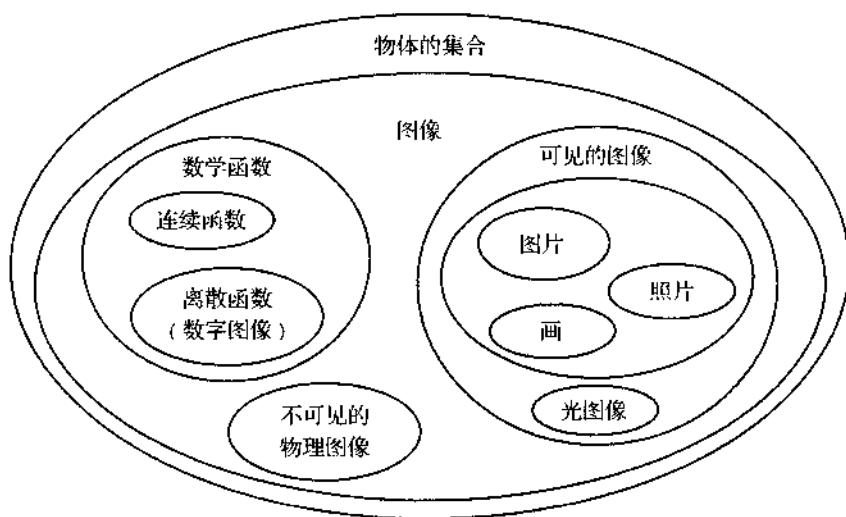


图 1-1 图像的基本类型

我们认为,图像各个位置上的属性值乃是多种因素,包括光源的强度、颜色、位置和性质,场景中物体的位置、反射率和透明度,传输媒质的投射率、折射率、吸收和散射特性,以及成像设备的光电特性交互作用的结果。图像可根据其形式或产生方法来进行分类。如果我们考虑将所有物体做为一个集合,图像则形成了其中的一个子集,并且在这个子集中的每幅图像都和它所表示的物体存在着某种对应关系。在图像集合中,有一个非常重要的、包含了所有可见图像,即可由人眼看见的图像的子集。在该子集中又包含几种不同方法产生的图像的子集,一个子集为图片,它包括照片、图(指用线条画成的)和画。另一个子集为光图像,即用透镜、光栅和全息术产生的图像。

物理图像则描述了物质或能量的实际分布。例如,光(学)图像是光强度的空间分布,它们能被肉眼所看到,因此也是可见图像。不可见的物理图像如温度、压力、高度以及人口密度等的平面或空间分布图等,它们无法用人眼直接进行观察,但是可以借助特定的测量仪器或统计方法获得并通过处理使其可见。物理图像的一个子集是多光谱图像——它的每一个点上具有不只一个局部特性。如红、绿、蓝三种光谱图像,它普遍用于彩色照相和彩色电视以及常见的航空、航天遥感影像获取等。

黑白图像在每个点上只有一个亮度值,而彩色图像则在每个点上具有红、绿、蓝三个亮度值。这个值表示在不同光波段上的强度,通过视觉感知就得到不同的颜色。

图像的另一个子集是由连续函数和离散函数组成的抽象的数学图像,用离散数据所描绘的离散图像就是我们要进行处理的数字图像。

二、图像技术

图像技术在广义上是指各种与图像有关的技术的总称。按系统工程的观点,把图像技术描述为一个金字塔式的“处理锥”,即以优化算法及并行处理为锥底,然后上升到特征提取和识别,最后以知识为引导,经过推理和理解达到锥顶,即求得问题解答。整个系统以控制流、数据流为线索,组成高层次的智能化图像处理系统。常规而言,它研究的内容可分为三个层次,即图像处理、图像分析和图像理解。

图像处理着重考虑图像之间的变换,主要是对图像信息进行加工得到满足人的视觉心理或应用需求行为的图像,为自动识别和理解打下基础,或对图像进行压缩编码,以减少图像的存储空间或提高对其传输的速度。图像处理是一个从图像到图像的过程,主要研究内容包括图像的采集与获取、图像变换、图像滤波、图像增强、图像复原、图像重建和图像编码等。

图像分析则要求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,从而帮助我们建立对图像的描述。比如从图像上提取目标的边缘和轮廓信息,并进行细化、连接和矢量跟踪以表达和测量目标。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,或是基于测量的符号表示,它们描述了图像中目标的某些特点和性质。

图像理解主要是指在图像分析的基础上,进一步研究图像中的目标及其相互之间的联系并做出对图像内容含义的理解以及对原来客观场景的解释,从而可以指导和规划行动。包括图像匹配、图像解释与推理等。

由上述可知,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,也是最基础的操作,它主要在图像像素(Pixel)级上进行处理,处理的数据量非常大;图像分析位于图像技术的中层,利用分割和特征提取等技术把原来以像素描述的图像转变成比较简洁的非图像形式的符号描述;图像理解则主要是高层操作,基本上是相关的符号运算和语义描述。图像理解的处理过程和方法与人类的思维推理有许多类似之处,人工智能的很多研究成果可以应用到图像的理解中。抽象程度的提高,数据量是逐渐减少的,但是研究难度越来越大,技术含量越来越高。

随着图像处理技术研究的不断深入,上述三个层次的界线变得十分模糊,有的内容已经交融在一起。所以,想从技术上严格地区分图像处理、图像分析和图像理解是十分困难的。国内外诸多学者将从图像中提取目标特征的方法、图像简单的代数运算、三维建模和场景恢复等也归入图像处理技术范畴。

图像处理的手段从不同的角度分为光学方法和数字方法。前者已经有很长的发展历史,

从简单的光学滤波到现在的激光全息技术,光学处理理论已经日趋完善,而且处理速度快,信息容量大,分辨率高,又比较经济,并且为数字方法奠定了坚实的理论基础。但是光学处理图像精度不够高,稳定性受到硬件的限制,不便于重复操作。

从 20 世纪 60 年代起,随着计算机技术的不断提高和普及、图像显示技术的成熟、大容量存储介质的出现,图像处理逐步被数字图像处理替代,并且数字图像处理已经进入了高速发展的时期。

第二节 数字图像处理

数字图像处理的英文名称是“Digital Image Processing”,即用计算机对图像进行处理,或称计算机图像处理。它与我们对视觉图像处理的历史相比,是一门相对年轻的学科。虽然其历史短暂,但它却在不同程度上被成功地应用在几乎所有与成像系统有关的领域。

数字图像处理是一门与多学科交叉的学科,它涉及到光学、电子学、摄影学、数学、计算机科学等学科的众多方面。它属信息处理范畴,是当前信息处理中十分活跃的一个分支。数字图像处理就是利用计算机技术从图像中获取目标本质特性的处理方法。

数字图像处理技术处理精度比较高,而且还可以按照用户的需要通过改进处理软件来优化处理效果。但是,由于数字图像处理的数据量非常庞大,以往计算机处理的速度相对较慢,显示技术又比较落后,在一定程度上限制了数字图像处理的发展。随着近几年计算机技术的飞速发展,计算机的运算速度大大提高,目前 2GHz 以上的 CPU 已经开始推广应用,立体彩色显示终端的成熟应用,将大大促进数字图像处理技术的发展。

一、相关基本概念

在介绍数字图像处理包含的内容之前,我们有必要对几个常用的基本概念进行解释,以便读者更好地理解后面的内容。

1. 像素

像素是指最基本的图像元素(Picture Element),它是数字图像的最小单位。图 1-2 表示物理图像与其像素的简单对应关系。

当把一个物理图像经过光电转换处理输入到存储设备或输出到视频显示系统时,将每个连续图像描述为 $N \times M$ 维矩阵的形式,矩阵的每一个元素被称为一个像素 $P(i, j)$,它是一个非负值标量,因为图像光强没有负值。其中, N 为纵向的最大像素数; M 为横向的最大像素数。通常 N 代表图像的行数, M 代表图像的列数。对于黑白渐变的影像,像素值的大小与色调的对应关系一般情况是 0 代表白,而 255 代表黑。

2. 灰度

在图像被采样和模数转换后,代表图像上每个像素的光强用一个有一定取值范围的整数来表示,这个代表图像上像素取值的整数即为灰度。它取决于模数转换模块,也与所用微处理器有关。目前常用的是用 256 个灰度级来表示图像灰度的级别,相当于采用 8 个计算机二进制位存储一个像素灰度值,其数值由 0 到 255,这大大优于人眼,人眼分辨率略高于 16 个灰度级。也可以采用其他灰度级表示图像的像素值,这取决于用户的需要。一幅图像在存储或处理时都采用一个以像素行列号为位置、灰度值为其元素的矩阵表达式。

3. 直方图

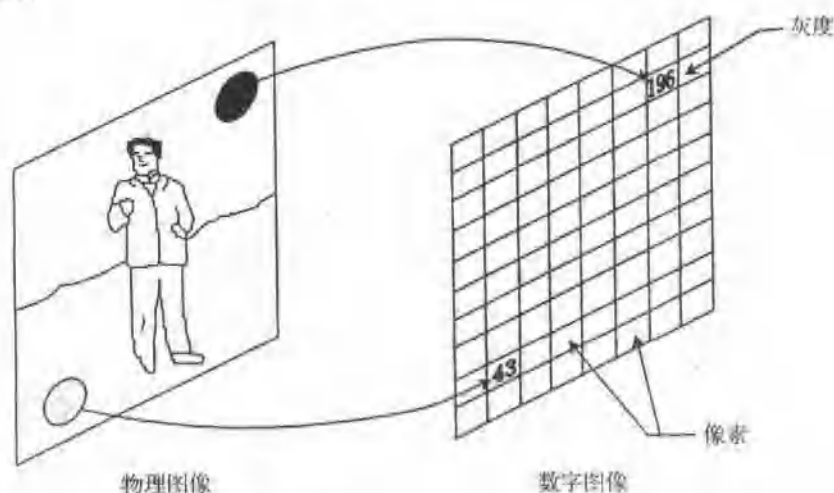


图 1-2 图像与像素的对应关系

直方图是图像各种灰度值出现概率的统计图。其横坐标表示图像的各个灰度级,纵坐标是位于该灰度级像素出现的概率(有时为简便起见,纵坐标直接表示各个灰度级的像素数),直方图通常用条形图来表示(特别是灰度数目少时)。它不给出具有某一灰度像素的位置信息,只给出其概率密度。直方图的形状将提供图像的特征信息,从直方图上可以很容易看出图像的灰度级的最大值和最小值,以及各灰度级在图像中出现的次数,还可以看出图像对比度的大小以及相邻灰度级之间的级差等。图 1-3 表示一个简单图像及其对应的直方图信息。

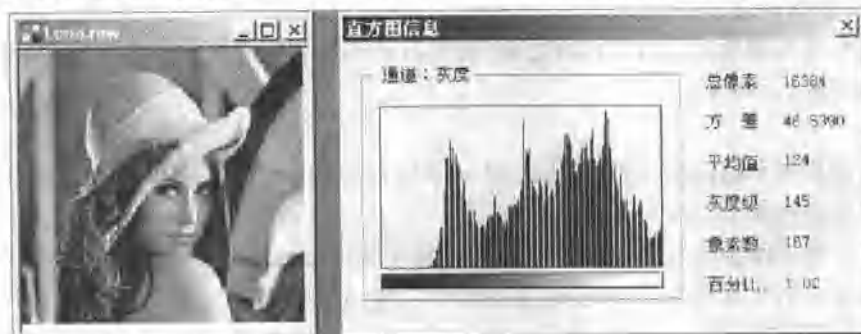


图 1-3 图像及其直方图

例如:直方图条形集中在高灰度则图像表现为偏亮,反之则偏暗;直方图为一窄带则对比度很差,通过简单的直方图变换就可使图像得到较大的改善。

4. 邻域及邻域半径

邻域是指在给定像素附近的一像素集合。给定的像素称为中心像素,它是进行某些处理的中心。通常有 4 邻域和 8 邻域的说法。邻域半径则指邻域最外围像素与中心像素的棋盘格距离。不管是 4 邻域还是 8 邻域,其邻域半径均为 1。

5. 图像运算

对数字图像实施的运算按照参与运算的像素多少可分为三类。第一类是全局运算,此类运算是针对整幅图像进行相同的处理。第二类是点运算,其输出图像每个像素的灰度值只依赖

于输入图像对应点的灰度值。点运算有时称为对比度操作或对比度拉伸。第三类是局部运算,输出图像上每个像素的灰度值是由输入图像中以对应像素为中心的邻域中多个像素的灰度值计算出来的。

二、数字图像处理研究的内容

数字图像处理研究的内容极其广泛,广义上凡是与图像有关的在计算机上能够实现的处理都可归为数字图像处理研究的范畴。但按常规来说,数字图像处理包括以下几项内容:

1. 图像的基础运算

包括图像代数运算、逻辑运算和几何处理等点运算。点运算主要是针对图像的像素进行加、减、乘、除等运算。通过图像的点运算可以有效地改变图像的直方图分布,改善图像的对比度等,这对提高图像的分辨率以及图像均衡都是非常有益的。几何处理主要包括图像的坐标转换,图像的移动、缩小、放大、旋转,多个图像的配准以及图像扭曲校正等。几何处理是最常见的图像处理手段,几乎任何图像处理软件都提供了最基本的图像缩放功能;图像的扭曲校正功能可以将变形的图像进行几何校正,从而得出准确的图像。

2. 图像处理域变换

我们将由图像像素灰度值构成的处理空间称为空间域;将经过快速傅立叶线性变换获得的图像频谱值构成的处理空间称为频率域。还可以在其他变换空间对图像实施处理。对图像进行处理域变换和反变换,有利于利用图像在不同处理域里的不同特征和成熟的技术对图像进行处理,同时减少图像处理的难度。

3. 图像增强

图像增强的作用主要是突出图像中重要的信息,同时减弱或者去除不需要的信息。常用方法有直方图增强、图像平滑、图像锐化和彩色增强等。多光谱图像的彩色合成也可以看成是一种图像增强技术。

4. 图像复原

图像复原的主要目的是去除干扰和模糊,从而恢复图像的本来面目。例如去噪声复原处理。

5. 图像编码

图像编码研究属于信息论中信源编码的范畴,其主要宗旨是利用图像信号的统计特性及人类视觉特性对图像进行高效编码,从而达到压缩图像以利于图像传输和图像保密处理的目的。图像编码是数字图像处理中一个经典的研究范畴,有多年研究历史,目前已制定了近 140 余种标准,如 Huffman、JPEG 和 MPEG 等。

6. 图像重建

图像的重建起源于 CT 技术的发展,是一门新兴的数字图像处理技术,主要是利用采集的数据来重构图像。

7. 模式识别

模式识别也是数字图像处理的一个新兴的研究方向,它包括图像分割、物体量测和分类与估计等。目前应用广泛的光学文字识别(OCR)技术就是应用模式识别技术开发出来的。

另外,还有三维图像处理及数学形态学图像处理等较新的研究领域。数字图像处理的过程模型如图 1-4 所示。

整个图像处理过程可概略地分为如下几步:第一步是由图像输入装置把图像送入计算机。

一般情况下,输入的图像中常常包含着各种噪声或失真,这就需要第二步,即去除噪声和失真,使图像变得易于观看,或者使图像中的对象物变得易于识别。这一过程称为图像预处理,主要包括灰度直方图处理、图像增强处理、图像几何校正、二值化处理等。第三步是为区分对象物和非对象物而进行的图像固有特征提取。例如在进行文字识别时,就需要提取文字轮廓线的形状及笔画线段的位置、方向、交点、闭合框等几何特征。主要包括边缘提取、细化处理、膨胀与收缩、尺度量算及标注等。第四步是利用提取出的特征来识别对象物。包括模型匹配、结构分析和语义描述等。不过,实际中很少能仅由最初设想的各步骤内容一成不变地进行到识别为止,而是一边由人来观察各过程的处理结果,一边对其进行修正或追加处理内容,即给处理过程加上反馈。确定图像处理算法时,这种反馈越少越好。

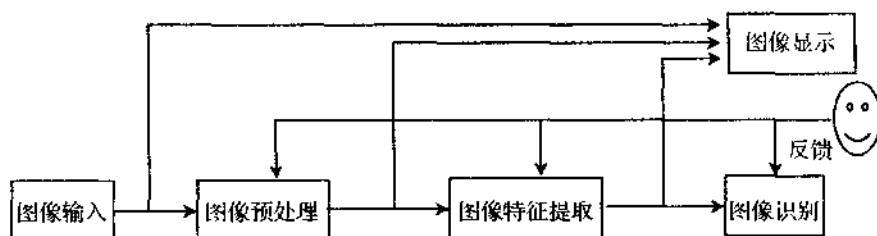


图 1-4 数字图像处理过程

第三节 数字图像处理系统

我们十分熟悉的最复杂精微的图像处理系统是自己的视觉系统。人们能够毫不费力地看到、识别和理解周围环境,但没有充分觉察视觉感知这个难题的诸因素。人类自然地设想可以利用计算机来理解和模仿人的视觉系统,但难度远远超出人类的想象。尽管如此,研究图像处理系统的学者依然在努力着。

一、常见的计算机图像处理系统

从常规的角度来说,用于数字图像处理的最常见的计算机系统则有以下四类:(1)Apple Macintosh,包括其内置的操作系统软件及用户接口;(2)IBM PC 兼容机,使用磁盘操作系统(DOS,PS/2 等),还有 Microsoft Windows™ 或 IBM OS/2™;(3)图形工作站,典型的使用 UNIX 操作系统,也常用 X WINDOWS 环境;(4)大型计算机系统,拥有大量的资源并被许多用户通过远程工作站共享。邻近的一组系统通常通过局域网(LAN)共享资源和数据。它们一般也可以在广域网上被访问。

一般的数字图像处理系统主要由图像输入输出设备、图像存储设备、图像显示设备、大型计算机硬件和图像处理软件组成。由数字化器产生的数字图像先进入一个适当装置的缓存中;根据操作员的指令,计算机调用和去执行程序库中的图像处理程序。在执行过程中,输入图像被逐行地读入计算机。对图像进行处理后,计算机逐像素生成一幅输出图像,并将其逐行送入缓存或通过设备进行输出。图 1-5 显示了一个完整的图像处理系统。

在处理过程中,图像中的像素可根据程序员的意思来修改。处理过程只受到程序员的想象力、耐心以及用于计算的软硬件资源限制。处理后的结果由一个与数字化相反的逆过程显示出来,用每个像素的灰度来决定对应点在显示屏上的亮度。就这样,处理的结果又转化成可

视的和可供人们解释的图像了。

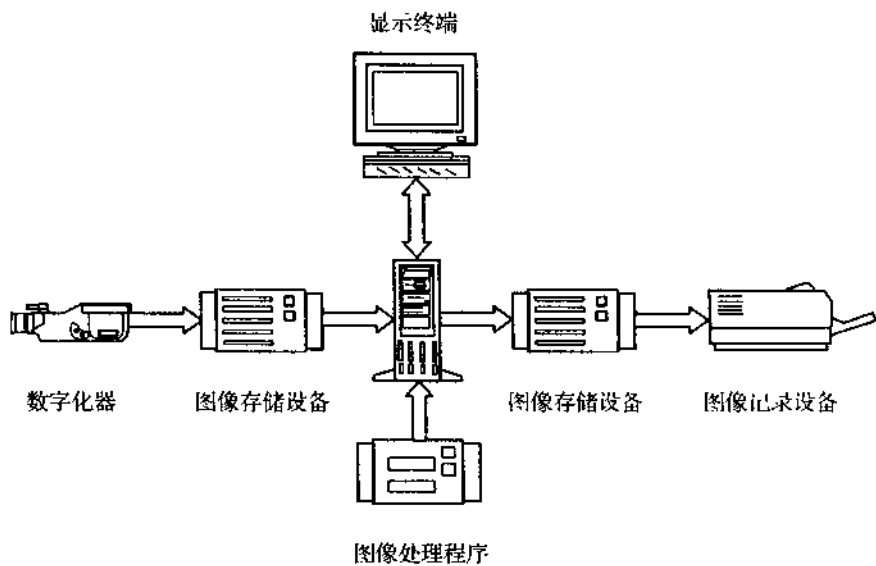


图 1-5 数字图像处理系统组成

二、部分图像格式

数字图像处理通常会涉及到大量的含有数字图像的文件,而且每个文件数据量相当大。它必须被存档,而且经常需要在不同的用户及系统间进行交换。这就要求有一些用于数字图像存储和传送的标准格式。

在国内外商用图像处理软件中,已经出现了很多的数字图像文件格式。但应用范围比较广的只占其中一小部分。大多数商业化的图像处理程序可以读写多种流行的图像文件格式(比如较流行的商用图像处理软件 Photoshop 就可以对近 30 多种图像格式进行读写)。其他简单的程序只是读取和显示在不同文件格式中的图像以及将图像从一种格式转换为另一种格式。这些程序自动地检测指定输入文件的格式,这可通过利用文件扩展名或文件自身包含的格式信息来做到。将一幅显示的图像存为文件时,用户可以指定文件格式。表 1-1 列出了部分常用的图像格式说明。

表 1-1 部分图像格式说明

图像格式说明	扩展名	主要适用
Tagged image file format	* .TIF	DOS,UNIX 及 Macintosh 图像
Encapsulated PostScript	* .EPS	出版业使用格式
Graphical interchange format	* .GIF	CompuServe 图形格式
Bit - mapped format	* .BMP	Microsoft Windows 格式
Presentation manager	* .BMP	IBM OS/2 位图格式
Macintosh	* .PICT	Apple Macintosh 图像

大多数图像文件格式除具体的图像数据外,还提供了必要的辅助信息,以利于用户对图像进行处理和进行图像格式之间的转换。

单色显示设备通常使用 8bit 数 256 级灰度级代表屏幕上所显示像素的亮度。彩色显示设备使用三个 8bit 模数转换器产生三个视频信号,分别控制所显示图像的红、绿和蓝分量的亮度。因此,它们具有显示 2^24 即超过 1600 万种不同颜色的能力。但考虑到显示管的不完善及人眼的局限性,实际上可辨别的颜色要少得多。

数字图像不仅有单色和彩色两种格式,而且有不同的光度分辨率(颜色数或灰度级数)。对单色图像,最常见的灰度级数是 2,16 或 256,对应于每像素 1,4 或 8bit。这些特殊的灰度分辨率易于打包到内存和磁盘文件的 8bit 字节中。在某些应用中也使用其他不同的灰度分辨率。

对彩色图像,不同的像素值可表示不同数目的颜色。一幅 4bit 彩色图像仅能在显示器上显示 16 种不同的颜色。8bit 彩色图像可以 256 种不同颜色显示,而 24bit 彩色图像可包含 1600 万种颜色。

第四节 数字图像处理应用简介

现代意义上的数字图像处理技术是建立在计算机快速发展基础之上的,它开始于 20 世纪 60 年代初期,那时第三代计算机的研制成功,快速傅立叶变换的出现,使得某些图像处理算法可以在计算机上得以实现。其中较为显著的是美国喷气推进实验室(JPL)在图像处理方面的研究和应用。该实验室对航天探测器“徘徊者 7 号”在 1964 年发回的几千张月球照片,使用 IBM7094 计算机以及其他设备,采用几何校正、灰度变换、去噪声、傅立叶变换以及二维线性滤波等方法进行处理,并考虑了太阳位置和月球环境的影响,成功地绘制了月球表面地图。随后,又对 1965 年“徘徊者 8 号”发回地球的几万张照片进行了较为复杂的数字图像处理(解卷积、去运动模糊等),使图像质量进一步提高,这些成绩引起世界许多有关方面的注意。JPL 本身也更加重视对数字图像处理技术的研究,改进设备(使用更先进的 IBM360/65 计算机和研制专用设备),成立专用图像处理实验室 IPL。对后来的探测飞船发回的几十万张照片进行了更为复杂的图像处理,以致可以获得月球的地形图、彩色图以及全景镶嵌图。从此,JPL 以很大的力量投入图像处理技术的开发和研究,取得了许多非凡的成果。例如,1971 年“水手号”发回的几千张火星照片,这些照片成像条件很差(火星表面覆盖尘爆等),畸变和干扰因素又很复杂,未经处理,几乎看不出什么内容。因此数字图像处理变得必不可少,这又促进了这门技术的发展。与此同时,JPL 以及各国有关部门已把数字图像处理技术从空间技术中开发到生物学、X 射线图像增强、光学显微图像的分析、陆地卫星、多波段遥感图像的分析、粒子物理、地质勘探、人工智能、工业检测等等方面。

到 20 世纪 80 年代,各种硬件的发展,使得人们不仅能够处理二维图像,而且开始处理三维图像。许多能获取三维图像的的设备和分析处理三维图像的系统研制成功,图像处理技术得到了广泛的应用。进入 20 世纪 90 年代,图像处理技术已逐步涉及人类生活和社会发展的各个方面。例如近年来蓬勃发展的医学图像处理、图像融合技术、多媒体信息处理技术、虚拟现实技术等,图像在其中占据了主要地位,文本、图形、动画、视频都要借助于图像处理技术才能充分发挥它们的作用。

数字图像处理在 40 多年的时间里,迅速发展成一门独立的有强大生命力的学科。随着计算机技术和半导体工业的发展,以及各种实际应用的需求,可以预料,数字图像处理技术必将

更加迅速地向广度和深度发展。

一、航空、航天遥感方面的应用

数字图像处理技术在航空和航天技术方面的应用,除了上面介绍的 JPL 对月球、火星像片的处理外,另一方面的主要应用是在飞机遥感和卫星遥感技术中,许多国家每天派出许多侦察机对地球上的感兴趣部分进行大量的空中摄影。对由此得来的照片进行判读分析以前需要雇用几千人,而现在改用配备有高级计算机的图像处理系统来判读分析,既节省人力,又加快了速度,还可以从照片中提取人工所不能发现的大量有用情报。

从 20 世纪 60 年代末以来,美国及一些国际组织发射了资源遥感卫星并建立了太空实验室,由于成像条件受飞行器的位置、姿态、环境条件等影响,图像质量总不是很高。因此,简单的直观判读以如此昂贵的代价所获取的图像是不合算的,而必须采用数字图像处理技术。如 LANDSAT 系列卫星,采用多波段扫描器,在 900km 高空,对地球的每一地区以 18 天为一周期进行扫描成像,其图像分辨率大致相当于地面上的十几米或 100m 左右(如 1983 年发射的 LANDSAT-4,分辨率为 30m。现在的卫星分辨率可达几米)。这些图像在空中先处理(数字化、编码)成数字信号存入介质中,在卫星经过地面站上空的时候,再高速传下来,然后由处理中心分析判读。这些图像无论在成像、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。特别是对图像的判读分析中,现在世界各国都在利用陆地卫星所获取的图像进行资源调查(如森林调查、海洋泥沙和渔业调查、水资源调查等)、农业规划(如土壤养分、水分和农作物生长、产量的估算等)、城市规划(如地质结构、水源及环境分析等)。我国也开展了以上诸方面的一些实际应用,并取得了良好的效果。

在气象学方面,大量数据的计算和对计算结果的分析更希望以一种直观的图像来表示。首先将大量的数据转换为数字图像,通过数字图像处理技术,在屏幕上显示出某一时刻的等压面、等温面,云层的位置及其运动、暴雨区的位置及其强度、风力的大小及方向等,从而使预报人员能对未来的天气做出准确的分析和预测;同时根据全球的气象检测数据和计算结果,也可将不同时期全球的气温分布、气压分布、雨量分布及风力风向等以数字图像形式表示出来并应用数字图像处理技术,从而对全球的气象情况及其变化趋势进行研究和预测。

对太空其他星球的研究方面,数字图像处理技术也发挥了相当大的作用。

二、生物医学工程方面的应用

数字图像处理在生物医学工程方面的应用开展的较早,其中一类是对生物医学的显微光学图像的处理和分析方面。如对红白细胞、细菌、虫卵的分类计数、染色体分析。

图像处理技术在生物医学应用中的另一个方面是对 X 射线图像的分析,其中最为成功的是计算机断层成像,也称 CT 技术。它是由英国的 Hounsfield 和美国的 Cormack 发明的,并由英国的 EMI 公司在 1973 年制造出第一台 X 射线断层成像装置。通过 CT,可以获取人体剖面图,使得肌体病变特别是肿瘤诊断起了革命性的变化。两位发明者因此获得了 1979 年的诺贝尔医学奖。X 射线 CT 主要应用肌体不同的组织对 X 射线的吸收率不同来成像,但人体的某些组织,如心脏、乳腺等软组织,正常的和病变的部分对 X 射线的衰减变化不大,图像灵敏度不够,后来又发展了 γ 射线、质子、正电子等射线的 CT,以及超声 CT,最近又出现了核磁共振 CT,使人体免受各种硬射线的伤害,并且图像也更为清晰。

根据 CT 所获得的一系列二维图像通过三维重建,在计算机屏幕上显示出来。在此基础上可以实现畸形手术、放射治疗等计算机模拟及手术规划。例如,髋关节发育不正常在儿童中