

微型 计算机图像基础

陆宗骥 孙灵 编著



电子工业出版社

(沪)新登字 208 号

微型计算机图像基础

陆宗骥 孙 灵 编著

华东理工大学出版社出版发行

上海市梅陇路 130 号

邮政编码 200237 电话 021-64253429

新华书店上海发行所发行经销

上海东方印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 14 字数 336 千字

1997 年 12 月第 1 版 1998 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—3000 册

ISBN 7-5628-0837-6/TP·97 定价 21.00 元

前 言

随着计算机技术的发展,特别是采用图形界面的 Windows 以及功能强大所见即所得的字处理软件、图像编辑软件 and 多媒体技术的出现,计算机图像知识已成为计算机应用中的基础知识。在计算机应用中,计算机图像的应用已不亚于甚至已超过计算机图形,但是除了数字图像处理教材外介绍计算机图像的教材较少,开设计算机图像选修课的学校也不多,关键是缺少合用的教材。

C 语言目前已是工院校首选的计算机编程语言,但学过 C 语言程序设计后,学生的编程能力还不强。图像处理的计算量大,处理又较复杂,是最适合 C 语言应用的学科之一。通过图像实验可以提高大学生 C 语言的编程能力。这也符合计算机教学强调加强实践环节的要求。

从 1992 年开始,我们对数字图像处理课的教学内容和教学方法作了较大的调整,尝试设立普及型的计算机图像课程。教学内容上由偏重理论转向注重基础,教学方法也从单一的课堂教学改为课堂教学与实验教学相结合。为适应图像处理实验课的需要我们还专门开发了在普通微型计算机上使用的图像处理 C 语言程序库,它支持 VESA 视频显示标准以及常用的十余种 Super VGA 卡,通用性强,适用于几乎所有近期生产的微型计算机。程序库由图像处理演示程序、子程序库、示范程序,以及配套用的图像和字库文件等四个部分组成。这些为教材的编写积累了经验,也准备了必要的材料。

随着计算机技术的发展和普及,计算机的应用已深入到社会生活的各个方面。计算机在某一领域的应用首先得解决编码(数字化)和解码(还原)问题,解决编码问题后就可采用计算机进行处理或仿真,使计算机运算速度快、处理方法灵活以及数据便于存储的优点得以充分利用。解码则将处理结果回复到原领域,解决实际问题。计算机图像是计算机应用比较成功的领域,通过计算机图像的学习可以加深对计算机应用过程的了解。

基于上述原因,我们编写了这本教材。它与以往的数字图像处理教材不同,是介绍计算机图像基础知识的普及型教材,也可作数字图像处理的入门教材。可在修毕计算机原理和 C 语言程序设计后学习。教学时数为 40 学时左右,课堂教学与上机时间之比以 2:1 为宜。上机实验是本课程的重要组成部分,不上机这门课很难讲授。

本教材以图像的显示为主线,既讲授原理又给出实现的 C 语言程序。将图像的显示、存储、处理和应用等四方面的内容集中在一起,使学生对计算机图像有一个比较全面的了解。将显示存储器、外存和内存三种存储介质分别与图像的显示、存储和处理相联系以突出各自在使用上的特点。全书分为绪论、图像显示原理、图像文件格式、图像数据的压缩和图文界面制作等五章。

绪论部分介绍数字图像的特点以及它的应用和处理所需的设备,还介绍了颜色模式和书中用到的 C 语言预备知识。

与其他介绍图形图像显示原理的书籍不同,本书参照电视图像采集卡介绍微型机上图像显示的原理。显示原理按结构从简单到复杂进行介绍。显示原理的介绍突出图像数据在

显示存储器中的存放形式,了解图像数据的存取方法,而不注重 VGA 寄存器的具体操作。显示程序的编制采用 VESA 视频显示标准,通用性强。图像的显示以十个基本子程序为基础,可实现微机上 256 色和高、真彩色显示模式下图像的显示。

图像文件格式种类繁多,功能各异,全面介绍容易成为资料汇编。本教材围绕图像的显示,突出八九个图像参数,对五六种常用文件格式进行介绍。

图像处理部分只介绍显示过程中图像数据的压缩与解压缩、显示模式间的转换和图文界面的制作等。由于篇幅关系,原数字图像处理中称为图像预处理的那部分没有编入。好在后者已有不少参考资料,参考文献中列出了它们的书目。本书介绍的显示方法特别是高、真彩色图像的显示方法在那些书上尚未论及,双方正好互为补充。图像预处理部分没有编入本书也是考虑到本教材的独立性,为了使之与数字图像处理能有所区别。

本书介绍的原理也可应用到 Windows 中去,附录中给出了一个 Windows 下显示和处理图像的演示程序。它用本书所介绍的原理编写了底层的几个基本子程序,用它们可以较方便地将 DOS 下的图像处理程序移植到 Windows 中去。

本书的程序完整,可以直接上机运行,并且都加了较详细的中文注释。因此,也可作为图像处理的程序集使用。

本书第一章的第三、第四节由孙灵编写,其余部分由陆宗骐编写。

本书编写过程中得到了上海交通大学图像所施鹏飞教授,华东理工大学高敦岳、吴勤勤教授的支持,特此致谢。对教研组同仁多年来在工作上的支持和帮助在此一并表示感谢。

本书的出版得到了华东理工大学教材建设委员会的资助,在此也表示感谢。

由于水平有限,时间仓促,一定存在不少问题,敬请读者指正。

陆宗骐

1997 年 11 月

目 录

第一章 绪论

1.1 计算机与数字图像	1
1.2 数字图像的应用	5
1.3 颜色模式	9
1.4 数字图像处理系统	16
1.5 C 语言预备知识	28

第二章 图像显示原理

2.1 彩色图像显示原理	34
2.2 视频服务程序和 VESA 视频标准	41
2.3 微型计算机图像显示与处理用基本子程序	50
2.4 基本图形功能	59
2.5 演示程序	65

第三章 图像文件格式

3.1 概述	70
3.2 BMP 文件格式	80
3.3 PCX 文件格式	87
3.4 GIF 文件格式	96
3.5 TGA 文件格式	107
3.6 TIF 文件格式	114

第四章 数字图像的压缩

4.1 概述	128
4.2 行程编码	131
4.3 霍夫曼编码	135
4.4 LZW 编码	139

第五章 图文界面制作

5.1 图符和汉字的显示	147
5.2 SPT 文件和小字库文件	154
5.3 键盘与鼠标器	161

5.4 下拉式和弹出式菜单的制作	168
5.5 高、真彩色模式下图形图像的显示	177
附录一: Windows 下的图像处理基本子程序	187
附录二: 关于本书程序盘的说明	209
参考文献	213

第一章 绪 论

1.1 计算机与数字图像

1.1.1 数字技术和电子数字计算机

1.1.1.1 模拟与数字

电子技术有两大分支,即模拟电子技术和数字电子技术。模拟技术处理的是模拟信号,模拟信号是指量值连续变化的信号,即两个不同量值的信号之间还可有无限多个不同量值的信号,例如,普通电路中的电流和电压;数字技术处理的是数字信号,数字信号是离散的,它只取两个值,即0和1,它们可以表示两种电平的电压,也可以表示开关的开、关状态。数字量采用二进制,与十进数相似,它也用增加位数的方法扩大计数范围。

典型的模拟仪器,如水银温度计和计算尺,前者用水银柱的高度来表示温度,后者用刻度线间的距离表示数的对数值,用距离的相加表示数的相乘。它们的测量值是工作范围内的任何可能值。模拟设备的分辨率取决于所用测量方法的精确性,还取决于操作人员的判读技巧。典型的数字设备有电子表和袖珍电子计算器等,它们用数字表示时间或计算结果。数字设备是处理离散的数据在任何情况下最低有效位的数只能是一个完整的单位。它们的测量精度取决于有效数据的位数,对于计算机来说则取决于计算机的字长。数字设备的精确度与操作人员的估算绝对无关。另一方面,阻碍模拟电子设备精度提高的电噪声和非线性失真,对数字设备则几乎没有影响。在多数情况下,数字设备的性能优于同类模拟设备,它的缺点是处理的数据量大,技术难度较大,设备成本高。由于近年来计算机技术的飞速发展,这些缺点正在逐步得到克服。模拟技术和数字技术的性能比较见表1.1.1。

表 1.1.1 模拟技术和数字技术的性能比较

	信号复现性	存取方式	存储容量	处理精度	处理速度	处理灵活性	电路集成度	设备调试
模拟技术	差	顺序	低	低	快	差	低	困难
数字技术	好 抗干扰性强	顺序 随机	高	高	较快	好 可程序控制	高	容易

模拟技术在六七十年代得到了巨大的发展,它的主要产品是收音机、电视机、录音机和录像机等。数字技术主要应用于电子测量仪器和电子数字计算机(简称为计算机),它在七八十年代得到了巨大的发展,电子计算机是数字技术发展的顶峰。微型计算机的出现推动了数字技术的大发展,以前是由电子元件组装成电子部件,再由电子部件组装成计算机;现在则反了过来,用微处理器来替代以往由电子元件组装的各种设备中的控制装置。

当前,在电子技术的许多领域出现了数字化的倾向,即模拟电子产品采用数字技术进行

改进。例如,出现了数字电话、数字音响和数字电视等,它们的性能都高于同类模拟产品,数字技术使产品的性能提高了档次,这主要依赖于计算机技术的大发展。一般来说,模拟技术适用于信号转换和功率驱动,数字技术适用于信息的存储、传输和处理。当然,两种技术不能绝然分离,同一电子产品中往往两者兼而有之,只是所占比重不同而已。数字产品的优点还可从计算机的功能中反映出来。

1.1.1.2 计算机的功能

计算机的功能大致可分为计算功能、存储功能、处理功能、控制功能、通讯功能和图形图像多媒体功能等六种。

计算功能是计算机的基本功能,它的特点是运算速度快。高速计算除了应用于科学技术及数学研究之外,还可应用于各种数据的分析和复杂系统的模拟仿真。复杂的运算,如中长期天气预报、地震勘探数据的处理、新药的研制开发以及核试验的仿真等都离不开巨大的计算能力。

近年来,内、外存储器技术都有了长足的发展。巨大的内存储器可容纳大量的数据并允许建立大型数组,使计算机不但能够运行大型课题,而且由于减少了与外存储器的数据交换,运算速度也大为提高。数据库技术的发展则完全是建立在存储技术的基础之上的,与传统的记录介质(书本、照片、录音、录像)相比,它具有存储容量大,便于复制,复制无失真和便于自动检索等优点。没有巨大的存储能力,计算机的许多功能是无法实现的。

目前计算机已被广泛地应用到社会生活的各个方面,计算机已名不符实,它的应用已从数值计算扩展到对文字信息的处理。人事信息、科技信息、商业信息、顾客信息、股市信息等经过计算机处理可产生新的数据,并整理成用户便于使用的形式。文字信息的处理是计算机的又一大应用领域。

计算机的基本操作是逻辑操作,算术运算是由基本逻辑操作来实现的。利用逻辑操作可使计算机具有判断能力,由此它就有了管理各种工作的能力。只要把各种条件输入计算机,计算机就可以代替人类,自动控制各种机器设备。用计算机控制的设备有一个特点,即它的功能既取决于它的硬件组成,也取决于它所提供的软件,通过修改软件可扩大设备的使用范围,或者增加和提高设备的功能。软件还为设备的运行提供了极大的灵活性。因此这种设备的通用性较强,设备的生命周期也得以延长。

计算机在工作时,绝大多数操作是数据在各个单元之间的传送,当计算机之间用信号线连接起来后,便可实现计算机之间的通讯。目前全世界已建立了全球性的大容量高速数据通讯网,世界各地的信息联系正变得日益紧密。Internet 的建立则把全世界几千万台计算机连接在一起,计算机之间的信息联系由此变得极为简单、方便。

计算机只能处理二进制数据,任何信息若要用计算机进行处理,必须首先进行数字化。计算机处理的是数字化了的波形信息,而不是波形本身或它的某种特性(如瞬时幅值等),这样,处理就具有很大的灵活性,使设备的性能有了极大的提高。其次,计算机能实现模拟设备无法实现的功能。再次,数字化的信息又可以恢复成原信号。现在,声音、图像、视频信号都已能以数字化的形式输入计算机,由计算机存储、传输或进行处理,需要时又可恢复成原信号,这种技术被称为多媒体技术。多媒体计算机能够播放音乐,朗读课文和播放 VCD 等。计算机和家电的界限也变得日益模糊。

以上六种功能只是为了分析说明之用,实际上它们之间相互渗透,无法划分得很清楚。

很多新技术就是综合利用这些功能而得以实现的。

1.1.2 图像与数字图像

1.1.2.1 图像及图像的类型

图像是记录在介质上的客观景物的映像,如照片、电影、电视等。当用数学方法描述一幅图像时,常着重考虑它的点的性质,它可以被看成是各个坐标点上光强度的集合,图像上的点称为像素(Pixel)。图像的最普遍的数学表达式为:

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

其中, x, y, z 为空间坐标, λ 为波长, t 为时间, I 为像素的光强度。采用不同的自变量和光强度范围,可得到不同类型的图像,见表 1.1.2。

表 1.1.2 不同类型的图像及其参数

图像类型	坐标 x, y	坐标 z	波长 λ	时间 t	光强度 I	实例
黑白二值	*				黑色与白色	普通印刷品
黑白灰阶	*				多层次	黑白照片
彩色图像	*		红绿蓝		多层次	彩色照片
多光谱图像	*		4-7 谱段		多层次	遥感照片
立体图像	*	左右视图			多层次	航测照片
动态序列图像	*		(*)	*	多层次	电视图像

注:表中(*)号表示该图像类型所需的数据。

从结构上看,最简单的图像是黑白灰阶图像(如黑白照片),它可以看成是光强度的两维函数,黑白图像像素的光强度通常被称为灰度,灰度可在最亮值和最暗值之间取值。彩色图像可看成是三幅灰阶图像的合成,它们分别表示图像的红、绿、蓝分量。同样,多光谱图像可看成是多幅灰阶图像的合成,每个光谱段的分量对应一幅灰阶图像。立体图像可看成是两幅灰阶图像的合成,一幅为左视图,另一幅为右视图,由同一点在两幅图中的不同坐标可计算出第三维的深度信息。动态序列图像由一系列灰阶图像组成,当然也可有彩色的动态序列图像。黑白二值图像则是黑白灰阶图像的一个特例,它的灰度只有两种可能,即只有黑色和白色,没有中间色。

1.1.2.2 数字图像与图像的数字化

计算机只能处理离散的数据,图像数据若需要用计算机进行存储、显示或处理,首先需要进行数字化,即转变成二进制数。计算机图像又称数字图像,它就是离散化后的图像数据。

最重要的数字化为坐标 x, y 的两格化和光强度 I 的量化。网格化是二维空间的数字化,用于确定图像数据的采样点,通常是在图像上覆盖一组等间隔的水平线和垂直线,采样点就取在它们的交点上。量化是将采样点处的光强度离散化,通常将每个分量分成 256 个等级,即二进制数 8 位,用一个字节表示。

1.1.2.3 数字图像的特点

(1) 数字图像是二维信息,其信息量很大。如一帧电视图像由 512×512 个像素组成,其

灰度级如用 8 比特的二进制位数表示,则有 $2^8=256$ 级灰度。因此,一帧电视图像的信息量即为:

$$512 \times 512 \times 8 = 2\,097\,152 \text{ 比特 (bit)} = 256\text{K 字节 (byte)}$$

我们一方面可以由此得到较多的有用信息;另一方面,存储时则需要较大容量的存储设备。动态图像的信息量更大,因为它要在通信线路上传输,所以还需要较宽的带宽。

(2) 数字图像中各个像素是不独立的,其相关性很大。在图像画面上,经常有大批像素具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,其相关系数可高达 0.9 以上;而相邻两帧之间的相关性比帧内相关性一般说来还要大些。因此,图像信息压缩的潜力也很大。

由此可见,图像数据需要进行压缩,也有可能进行压缩。

1.1.2.4 图形与图像

计算机图形和计算机图像是容易混淆的两个概念。例如,工程图纸是图形,照片是图像,一个关心的是线条,一个关心的是各点的光强度,人们很容易区分两者的差异。计算机图形的主要研究对象是直线、圆和定义的形状等图形元素(称为图元、矢量),存储的是图元的参数,主要应用于计算机辅助设计(CAD)。计算机图像的研究对象是像素,存储的是所有像素的光强度,主要应用于界面制作和图像处理。目前微型计算机上使用的彩色显示器是光栅扫描式显示器,它既可用于显示图形,又可用于显示图像。图形显示时,图元参数由专门的绘图软件绘制出图形来;图像显示时,像素数据则由显示软件直接送入显示存储器进行显示。

1.1.3 图像处理的主要内容

图像的处理大体包括图像的采集、图像的存储与传输、图像的处理、图像的输这四个方面的内容。

1.1.3.1 图像的采集

采集图像的主要任务是把一幅图像转换为适合计算机处理的数字图像。这里主要包括光学成象、光电转换及数字化等步骤。图像的采集通常由专门的图像输入设备完成。

1.1.3.2 图像的存储与传输

图像是一种重要的信息资源,经常需要保存起来,为此需要按一定的格式存入计算机。数字图像的一个特点是数据量大,它的存储需要巨大的存储空间。图像也需要在不同地点之间传输,与图像存储相似,图像的传输也需要占用资源,即占用通讯信道和通讯时间。为了节省存储空间,合理地使用通讯资源,需要研究专门的数据压缩技术。数据压缩技术是减少描述图像的数据量即比特数,以便节省传输、处理的时间和存储器的容量。压缩可以在不失真的前提下进行,即删除其中相关的信息,实现无损压缩,或在容许失真的限度内进行有损压缩,换取更大的压缩比。对于供人观看的图像,如电视信息,这时,人作为通信系统中的一环,人的视觉性质,如掩盖效应,对灰度分辨率和空间分辨率的有限性等等,也可用来为压缩服务。

1.1.3.3 图像的处理

计算机图像处理又称数字图像处理,它特指一门专门的研究学科,它是信息专业的技术基础课。一般包括:图像增强、图像复原、图像重建和图像识别等内容。

图像增强用以改善供人观看的图像的主观质量,面不一定追究图像降质的原因。直方图

修正、边缘增强等是常用手段。由于接受者是人,所谓质量好坏就受观看者的心理、爱好、文化素养等因素的影响,评判只能是相对的。

图像复原则需要找出图像降质的原因,并尽可能消除它,使图像恢复本来面目。常用的方法是纠正几何失真和从已知图像信号与噪声的统计特性出发,用滤波方法来改善信噪比等。图像增强以清晰为目标,图像复原则以逼真为目标。

图像重建是利用 X 射线、超声波等手段取得物体的多幅来自不同角度的二维投影图(它们反映了物体内部情形),通过计算可得出物体内部的图像,这种技术就是投影重建,医学上广为采用的计算机层析扫描术(CT)即是一例。而利用阴影、运动、体视等图像信息来恢复三维物体形状则是另一类复杂的重建技术。

图像识别通常分三步进行,即分割、描述和分类。人能方便地从一幅图像中找出感兴趣的物体或区域,而要计算机做到这一点却需给它以客观测度,使之按灰度、颜色或几何性质等把一些物体或区域加以分离,这称之为分割;再用适当的数学语言(如图论、句法、形态学等)来表示已分离区域或物体的结构与统计性质,或表示区域间的关系,进而得出一种简练的表达方式,这称之为描述;图像经分割、描述后就较容易对之作进一步的分类、分析和识别处理。

1.1.3.4 图像的输 出

图像的输 出是将计算机存储的或经过处理的数字图像恢复成实际图像。最重要的图像输出设备是彩色图像显示器。

本书是介绍计算机图像基础知识的人门课程,只介绍图像的显示、存储以及与之有关的处理方法,其他处理方法可参阅数字图像处理教程。

1.2 数字图像的应用

数字图像最早出现于图像处理,遥感图像的处理和生物、医学图像的分析是图像处理最重要的应用领域,它们也是图像处理赖以发展的出发点。60 年代,在遥感图像处理和生物医学图像分析两项技术取得成功的基础上,逐渐形成了数字图像处理这门新兴学科。在随后的三四十 年里数字图像处理技术得到了巨大的发展。近年来,数字图像应用的扩大应归功于图形用户界面(如 PC 机上的 WINDOWS)的出现和多媒体技术的发展。图形用户界面的简单、直观,极大地简化了用户使用计算机的操作,这加快了计算机普及的进程。由于计算机中图形与图像采用相同的显示原理,因此近年来,计算机图像也得到了迅速的普及。下面简要地介绍一下数字图像和图像处理在各个领域的应用情况。

1.2.1 航空、航天遥感方面的应用

遥感是利用装载在飞机或人造卫星上的传感器,搜集由地球表面的物体反射或放射出的电磁波,并利用这些数据得到有关对象物和现象的信息的技术。它主要应用在空间探测、资源普查、地图测绘、军事侦察等方面。

由于成象条件很差,信号又存在畸变和干扰,探测飞船发回的照片如未经处理,几乎看不到什么内容。60 年代初,美国喷气推进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,使用计算机以及其他专用设备进行处理,并考虑到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;接着又对“徘徊者8号”发回的几万张照片进行处理,经处理的照片图像的质量(可读性和清晰度)比原始数据有了惊人的提高;后来又对探测飞船发回的近10万张照片进行了更为复杂的图像处理,获得了月球的地形图、彩色图以及全景镶嵌图。图像处理技术的应用,节省了大量的人力,加快了处理的速度,图像质量又有了极大的提高,其作用是常规技术无法替代的。这些工作引起了全世界科技界的注意。

遥感技术的特点是检测面积大,光谱波段多,获取信息丰富,对物质有很强的识别能力,它还被成功地应用于国民经济的各个部门。如资源调查,在工业方面进行矿产、石油等分布情况的分析,用于指导找矿;农业方面进行农作物和森林资源等分布情况的分析,用于制订土地利用规划及农作物收成估计。

有些物质对某些波段的光线或微波的吸收率很低,就可用来发现掩盖在这些物体底下的东西。如在军事方面可用于发现潜伏在海底的潜艇;地质勘探方面可用于寻找被植被和泥土覆盖的地质构造;考古方面可用于寻找史前遗址等。

根据遥感图像更新速度快的特点,可用来观察自然现象的发展动态。如天气预报方面,从气象雷达或气象卫星发回的图像中分析台风、暴雨以及天气变化等方面的信息,由此作出正确的预报;在灾情监察方面,监视洪水、森林火灾、病虫害等受灾区域的变化动态,以及环境污染的监测,据此作出预报并制订抗灾计划。

1.2.2 生物、医学方面的应用

在生物学、医学的研究及医疗诊断中,也会产生大量的图像,它们或是清晰度差难以判读,或是量多处理工作量大。因此,数字图像处理也被较早地应用于其中。其中一类是对生物医学显微图像的处理和分析,如红白细胞和细菌、虫卵分类计数,癌细胞的识别以及染色体分析等。此外,利用图像处理技术还可以得到用常规方法无法得到的图像,如由CT(计算机断层扫描成像)得到人体横截面的图像等。

在生物学研究方面,可用于染色体的自动分类。将医生制作的染色体玻片通过带摄像头的显微镜输入图像处理设备。经过单个染色体分割,提取轮廓,测量参数,实现自动分类;然后,再把每个染色体重新按类排序,得到人类染色体的自动排序结果,由此可区分出正常与异常染色体。随着医学技术的发展,可以制作分带的染色体,应用图像处理技术也可对它们进行自动分类。此外,多普勒血流计及血流图的检测设备已成功地应用于血流的检测与血流图的显示。

医疗诊断方面,血细胞自动分类计数是应用图像处理和模式识别技术对医院常规验血实行自动化。从玻片图像输入开始,红白血细胞自动分类及计数。对细胞图片的分析,是在细胞学基础上,把细胞图像分割,求出细胞核和细胞浆区域,再计算它们的几何参量和光密度参量,求出表征细胞特征的少数最重要的参数,进而区分正常细胞与癌细胞。还可以进一步把医生的经验研制成专家系统,指导计算机进行细胞分类。对B型超声波图像进行图像增强,图像分析测量有关参数,结果,大大提高了图像的清晰度和图像判读的准确度,也提高了整个设备的分辨率。矽肺病人的透视照片,经过图像增强与分析后,能更清楚地显示病灶情况。肿瘤照片经处理后,可清楚地显示出肿瘤的位置与大小,并把照片中的血管等图像弄清楚。

计算机断层扫描成像(CT)是利用投影数据重建来生成人体横截面图像的技术。现在流

行的有X射线CT与超声CT两大类。其基本原理为：用X射线或超声波束横向通过人体某一横截面，射线穿过人体时，各器官对它的吸收率不同，而接收到的是经过沿途吸收衰减的结果。设这些吸收源是彼此无关的，则输出的结果将是每个吸收源衰减结果的线性迭加。由此可列出一系列线性方程，求解这个线性方程组可得到各吸收源的衰减因子，由于各器官的衰减因子不同，因此，可以得到人体某一截面上的器官分布图，通称CT图。它解决了通常投影式X线摄影所无法解决的问题。最近又出现了核磁共振CT，使人体免受各种硬射线的伤害，并且图像更为清晰。在处理技术进一步改进的情况下，由CT生成立体图像甚至活动图像也已成为可能，这为医疗诊断和医学研究带来了极大的便利。这是医学史上具有划时代意义的重大发明，其发明者因此获得了1979年诺贝尔医学奖。

1.2.3 军事和公安部门的应用

图像处理在军事上的应用主要是侦察照片的判读，雷达图像的处理，军用地图的存贮与自动检索，小型图像地面接收站的装备和飞机、坦克、军舰等的模拟训练等。成像雷达的成像部分使用信号处理方法把扫描得来的数据重新构成图像，并显示出来，然后进行目标分析、目标识别和运动目标的自动跟踪。把军用地图存入计算机，然后将有关目标进行存贮、分类、归档，以便自动检索，这样，免去了参谋人员大量的标图作业。装备了小型图像地面接收站的移动式战术侦察系统，可把传感器传来的图像记录下来，并进行目标分析和归档转发等，可将前线的情况及时传送到指挥部。训练模拟装置可提供接近实战条件的训练环境。

在公安方面，主要应用于图片的判读分析（如指纹鉴别、不完整图片的复原）、跟踪、监视，以及交通监控与事故的分析等。如指纹鉴别系统将指纹经过预处理后提取特征，再用聚类分析方法进行分类，然后将指纹数据作无失真的压缩，存贮在光盘上，就可以在几百万人的大城市中，实现居民指纹的存贮和检索。

1.2.4 工业生产方面的应用

由于数字图像的信息量大，可作远距离、非接触测量，在不破坏被测物体的情况下，也可检测到物体的内部，另外，它具备处理方法灵活，便于自动化的特点。图像处理还广泛地应用于工业生产中。如弹性力学照片的应力分析，流体力学图片的阻力和升力分析，金相照片的结构和成分的分析，流水线上机械零件的自动检验、分类，信件、包裹的自动分拣，高炉火焰的分析，轧钢厂中轧制中的钢坯位置的确定和尺寸的测量，工件内部结构的分析或裂缝的检测（工业CT）等。

图像处理的重要分支“计算机视觉”则为机器人提供了“视觉”。采用摄像机输入二维图像的机器人，可以确定物体的位置、方向、属性以及其他状态等，它不但可以完成普通的材料搬运、产品组装、部件装配、生产过程自动监控，还可以在人不宜进入的环境里进行喷漆、焊接、自动检测等。现在已发展到具备视觉、听觉和触觉反馈的智能机器人。

1.2.5 图像处理技术在其他方面的应用

未来通信主要传输的信息将是多媒体信息，即声音、图像、视频和数据的结合。具体地讲是电话（包括电报）、电视（包括传真）和计算机（包括其他数字终端）的信号以某种方式的综合，并在数字通信网上传输。如现在已提出来的综合业务数字网ISDN，还有一些专项原务

如可视数据(Videotex)、会议电视(Video Teleconference)、数字传真等都已实现。在这些技术中都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,编码技术则是数字图像处理的重要分支之一。

采用了计算机技术后,出版印刷工业发生了彻底的变革,出版界采用计算机进行排版、分色;印刷界废弃了沿用数百年的铅字,采用了激光照排技术,这些都极大地提高了印刷工业的自动化程度,缩短了出版周期,减轻了劳动强度,提高了印刷品的质量。这中间所用的技术有些也与数字图像有关。值得一提的是,我国在这一技术方面也处于国际领先地位。如世界上华文报纸大都采用北大方正的排版系统,除了传统的黑白版外,它也可出彩色版。与卫星通讯相结合,还实现了报纸版面的异地传输,这极大地缩短了《人民日报》等全国性大报的发行周期。

现在,大型数据库正在逐步取代图书馆的作用,从数据库中查阅资料既迅速又方便。现在工程图纸的设计已广泛使用CAD技术,它极大地提高了工程设计的效率和速度。但是要将现有的书面资料、工程图纸输入计算机却需要花费巨大的人力物力,在这些方面采用图像处理技术可大大提高功效。工程图纸矢量化软件可将扫描输入计算机的图纸图像转换成CAD软件可以接受的图形数据,然后直接在CAD软件中修改、编辑;文字识别软件可将扫描输入计算机的文本图像转换成字处理软件可以接受的文本数据,然后可以直接在字处理软件中修改、编辑。在印刷体汉字的自动识别方面,我国已有产品问世。联机手写体识别已有产品问世,脱机手写体识别也在研制之中。

在电影、电视和电子游戏等方面,现在也越来越多地采用数字图像技术,如电影、电视特殊场景和特技的制作,早期黑白电影片的自动着色,电视画面的数字编辑,电影动画片的制作等,《玩具总动员》就是第一部全部由计算机制作的动画片。电子游戏采用数字图像技术后,可使情景更加生动、逼真,使人产生身临其景的感觉,极大地提高了游戏的刺激性和吸引力。

动态序列图像的分析应用于运动员的动作分析,可提高运动员的训练水平,已有许多应用此项技术提高运动成绩和帮助运动员获得世界冠军的实例。此项技术还可帮助裁判员进行评分。

在艺术方面,目前较为成熟的有服装纺织工艺品的花纹设计、制作,文物资料照片的存储、复制和修复等。广告和图书封面的设计现在已广泛使用图像编辑软件,不仅制作速度快,而且质量也很好。现在还在逐渐形成一门新的艺术——计算机美术。

1.2.6 在日常计算机应用中

在日常计算机应用中,图像的广泛应用源于图形用户接口技术,图形用户接口又称为“可视接口”或“图形窗口环境”,这个概念出现于70年代Xerox Palo Alto研究中心(PARC)做的开创性工作,此项技术最先应用于小型机和工作站。1985年,被Apple公司应用于新开发的Macintosh微机上,获得巨大成功。Apple公司的成功,使图形用户接口技术在计算机行业很快得到推广。位图是所有图形资源的核心,位图之所以称为位图是因为它将计算机内存中的位映射成为一幅图形。其中最简单的形式是字节中的一位映射成图形中的一个像素,由于一位只有两种值0或1,对应地像素为黑或白。开始时,位图指的是二值图像,后来位图就泛指图像的像素数据。目前,使用最广泛,影响最大的图形用户接口要数Microsoft公司的

Windows 系统。

早先,计算机的操作使用命令行方式,用户需要通过键盘输入命令,为此使用计算机时需要记忆许多操作命令和使用规则,十分不便。因此,很长一段时间内,计算机一直是专业人员的使用工具,难以普及。在图形用户界面出现后,显示器本身也成了用户的输入手段。显示器以图标形式显示各种目标,也可显示诸如按钮或滚动杆等输入设备。使用键盘或鼠标器等指点设备,用户可直接在屏幕上操纵这些目标。用户与程序之间的交互变得更加紧密了,计算机的操作也得到了极大的简化,因而,加速了计算机普及的进程。

在文字处理方面,图形用户接口充分利用显示在计算机屏幕上的各种图形,使屏幕上显示的图形与打印的文本一致,做到所见即所得,这极大地提高了字处理软件的功能和处理效率,使文本的编辑排版变得极为简单容易。

要用计算机处理汉字首先要解决两大关键问题,一要解决汉字的输入问题,另一个是汉字的显示问题。汉字是以点阵的方式显示在计算机屏幕上的,因此,汉字处理离不开图形图像技术。微型计算机有了图形功能后,才能用来处理汉字。开始时,微型机的图形功能很弱,每屏只能显示很少几个汉字,由于显示格式的不同,许多著名的西文软件不能用来处理汉字,中文操作系统 CCDOS 刚推出时就是这种情况。为此,国内很长一段时间内依赖汉卡处理汉字。只有当微型机的图形功能增强后,汉字方可采用软件方法来显示,于是,各种各样的汉卡便退出了历史舞台。

原先的数据库只能存储文字信息,照片等图像资料无法存储,人事档案等有图像资料的数据无法全部存入计算机,使计算机处理和检索数据库仍显得十分不便。在计算机能存储图像后,就出现了图文数据库,解决了这个问题。

由此可见,计算机图像在计算机应用中起着极其重要的作用。

1.3 颜色模式

1.3.1 颜色视觉

1.3.1.1 光与视觉

光是一种电磁辐射。其波长范围很广,最短的如宇宙射线,其波长只有千兆分之几米($10^{-15} \sim 10^{-14} \text{m}$),最长的如交流电,其波长可达数千公里。在电磁辐射范围内,只有从 380nm 到 780nm 波长的电磁辐射能够引起人的视觉,这段波长叫做可见光谱。

太阳辐射透过大气层吸收后照射到地球表面,其大部分辐射都在可见光谱范围内,人眼也对这一光谱段的辐射最敏感。由于来自外界物体的辐射的光谱组成不同,而人眼能对可见光作出选择性反应,从而可以看到各种颜色,这就是颜色视觉。

在可见光谱范围内,不同波长的辐射引起人的不同颜色感觉。光的颜色决定于进入人眼的可见光谱不同波长辐射的相对功率分布。由于不同波长光束的折射系数不同,一束白光通过三棱镜便分解为不同颜色的光谱,简称色散。单一波长的光表现为一种颜色称为单色光。

外界物体有不同的光学特性,当可见光照射到某一物体时,物体的透射、反射和吸收特性使辐射的空间分布、功率大小和光谱组成发生变化。物体各点发出强弱不同的光,使我们看到既有明暗差别,又有丰富绚丽色彩的景物。人们认识这种客观现象的本质,揭示其固有

的内在规律,从而利用这些规律来改造客观世界。例如,人们可以利用颜色来提高生产力,改善劳动条件,美化生活环境。

可见光是光度学和色度学所研究的主要对象。色度学是研究人的颜色视觉规律、颜色测量的理论与技术的科学。这是一门以物理光学、视觉生理、视觉心理、心理物理等领域为基础的综合性学科。由于色度学的建立,颜色工作者就能以统一的标准,对颜色作定量的描述和控制。彩色电视机、彩色摄影和彩色印刷,染料、涂料、纺织、造纸、交通信号、照明技术等都涉及到颜色测量问题。计算机图像中也非常需要色度学方面的知识。

1.3.1.2 颜色辨认与颜色匹配的恒定性

颜色视觉正常的人在光亮条件下能看到可见光谱的各种颜色,它们从长波到短波的顺序是:红色(700nm),橙色(620nm),黄色(590nm),绿色(510nm),蓝色(470nm)和紫色(420nm)。此外,人眼还能在上述两个相邻颜色范围的过渡区域看到各种中间颜色,并把这些中间颜色叫做绿黄、蓝绿等等。此外,还有一些我们难以叫出名字的颜色。

在光谱中,从红端到紫端,中间有各种过渡的颜色。人的辨色能力在不同波长是不一样的。在光谱的某些部位,只要改变波长1nm,人眼便能看出颜色的差别,但在多数部位须要改变1~2nm才能看出其变化。颜色辨认的最低阈限位于480nm及600nm附近,而最高阈限位于540nm附近及光谱的两端。在整个光谱上,人们可以分辨出一百多种不同颜色。

在视场中,相邻区域的不同颜色的相互影响叫做颜色对比。在一块红色背景上放一小块白纸或灰纸,用眼睛注视白纸中心几分钟,白纸会表现出青色。如果背景是黄色,白纸会出现蓝色。红和青是互补色,黄和蓝也是互补色。每一种颜色都在其周围诱导出其补色。如果在一块颜色背景上放上另一颜色,由于颜色对比和两种颜色的互相影响,使每一颜色的色调向另一颜色的补色方向变化。如果两颜色是互补色,则彼此加强饱和度。在两颜色的边界,对比现象最明显。

人眼对于颜色具有适应性,由于颜色适应,一个戴上有色眼镜的人,外界景物起初看来具有颜色镜片的颜色,经过一段时间以后,外界景物便失去有色镜片的颜色,而恢复到近似原来的颜色。但是,当他刚刚摘下有色眼镜时,景物会略带有镜片补色的颜色。

因此,在颜色视觉实验中,如果先后在两种光源下观察颜色,就必须考虑到前一光源对视觉的颜色适应影响。如果在某一光源下观察颜色时,周围环境还有其他颜色光,就要考虑到周围光的颜色适应影响。但是,在眼睛看来一样的两种颜色,即两种相互匹配的颜色,尽管在不同颜色适应条件下观察,两种颜色仍始终保持一样。这一现象叫做颜色匹配的恒定性。

1.3.2 颜色的分类和特性

1.3.2.1 非彩色和彩色

颜色可分为非彩色和彩色两大类。颜色是非彩色和彩色的总称。非彩色指白色、黑色和各种深浅不同的灰色。它们可以排成一个系列,由白色渐渐到浅灰,再到中灰,再到深灰,直到黑色,叫做白黑系列。白黑系列中,由白到黑的变化可以用一条垂直线表示,一端是纯白,另一端是纯黑,中间有各种过渡的灰色。纯白是理想的完全反射的物体,其光反射率等于1;纯黑是理想的无反射的物体,其光反射率等于0。在现实生活中,并没有纯白和纯黑的物体,氧化镁只能接近纯白,黑绒接近纯黑。白黑系列的非彩色,代表物体的光反射率的变化,在视觉上是亮度的变化。愈接近白色,亮度愈高;反之,愈接近黑色,亮度愈低。

当物体表面对可见光谱所有波长的辐射的反射率都在80%~90%以上时,该物体为白色,有很高的亮度;当其反射率均在4%以下时,该物体为黑色,只有很低的亮度。白色、黑色和灰色物体对光谱各波长的反射没有选择性,它们是中性色。

1.3.2.2 彩色的特性

彩色是指白黑系列以外的各种颜色。彩色有三种特性:色调(Hue)、饱和度(Saturation)和亮度(Brightness, Lightness, Intensity, Value)。

(1) 色调 色调是彩色彼此相互区分的特性。可见光谱不同波长的辐射在视觉上表现为各种色调,如红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等。光源的色调决定于辐射的光谱组成对人眼所产生的感觉。物体的色调决定于光源的光谱组成和物体表面所反射(透射)的各波长辐射的比例对人眼所产生的感觉。例如,在日光下,一个物体反射480~560nm波段的辐射,而相对吸收其他波长的辐射,那么该物体表面为绿色。当某物体对可见光谱的长波辐射有较高的反射,而吸收了大部分580nm以下的短波辐射,那么,该物体的表面为红色。

(2) 饱和度 饱和度是指彩色的纯洁度。可见光谱的各种单色光是最饱和的彩色。当光谱色掺入白光(灰色光)成分愈多时,就愈不饱和。当光谱色掺入白光成分达到很大比例时,在人眼看来,它就不再成为一束彩色光,而成为白光了。物体色的饱和度决定于该物体表面反射光谱辐射的选择性程度。物体对光谱某一较窄波段的反射率很高,而对其他波长的反射率很低或没有反射,就表明它有很高的光谱选择性,这一颜色的饱和度就高。愈饱和的颜色愈和灰色不相同。

(3) 亮度 反射光或透射光的强度称为亮度。光线的亮度愈高,人眼就愈感觉明亮,或者说有较高的亮度。彩色物体表面的光反射率愈高,它的亮度就愈高。非彩色光只有亮度的差别,而没有色调和饱和度这两种特性。

1.3.2.3 颜色轮

颜色可以相互混合。颜色混合可以是颜色光的混合,也可以是染料的混合。这两种混合方法所得到的结果是不同的。在光的混合中,光谱上各种颜色相加混合产生白色。利用仪器装置,将几种颜色光同时或快速先后刺激人的视觉器官,便产生不同于原来颜色的新的颜色感觉。这是颜色相加的混合。

颜色轮是一个表示颜色的理想示意图,用它可以表达颜色混合的各种规律性。若把饱和度最高的光谱色依顺序围成一个圆环便构成颜色轮(图1.3.1)。每一种颜色都在轮上或轮内占一确定位置,白色位于圆圈的中心,颜色愈不饱和,其位置愈靠近中心。在颜色混合时,为了推测两种颜色的混合色,可以把两种颜色看作是两个重量,根据二者比重的大小用计算质量重心的原理来确定混合色的位置。这就是说,混合色的位置决定于两种颜色成分的比例,而且靠近比重大的颜色。

凡两颜色相混合产生白色或灰色,这两种颜色为互补色。颜色轮圆心对边的任何两种颜色都是互补色,按适当比例相混时得出白色或灰色。例

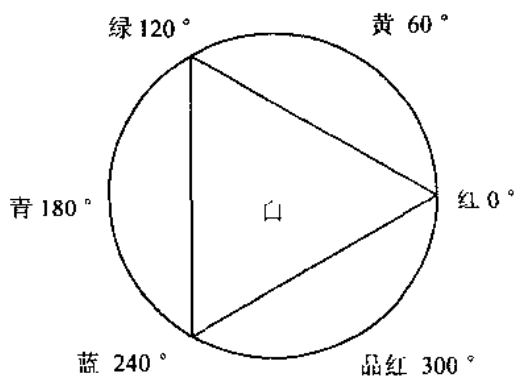


图 1.3.1 颜色轮