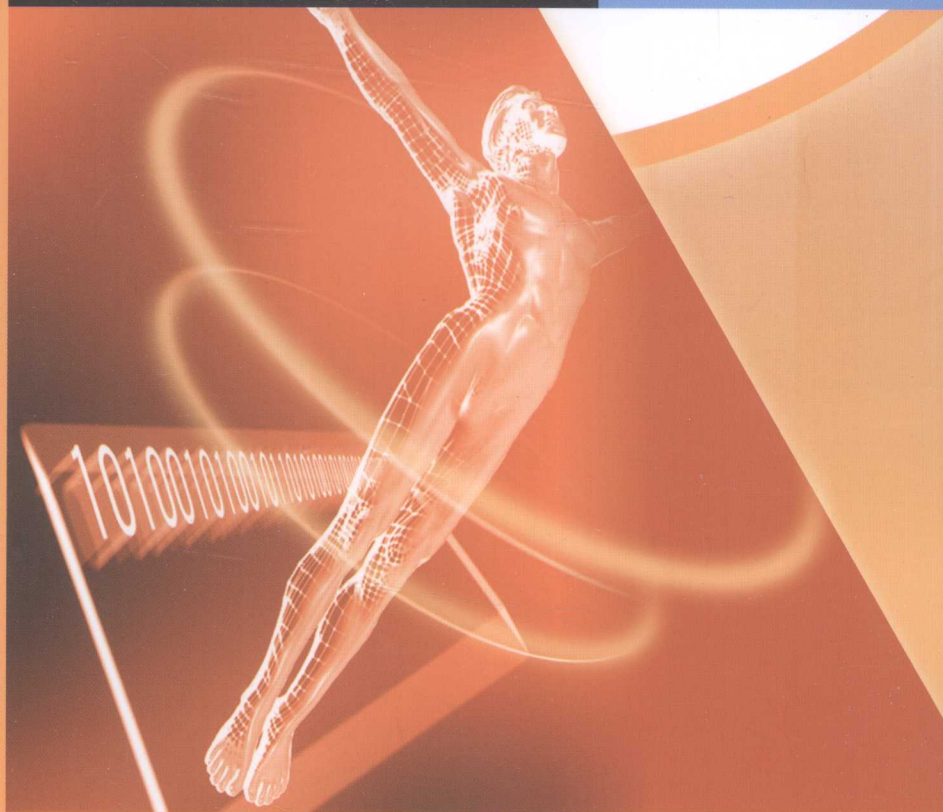




数字图像处理

技术及应用

主 编 张丰收 宋卫东 李振伟
副主编 杨晓利 郭静玉



河南科技大学教材出版基金资助

SHUZI TUXIANG CHULI
JISHU JI YINGYONG

数字图像处理

技术及应用

主 编 张丰收 宋卫东 李振伟
副主编 杨晓利 郭静玉



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书系统地讨论了数字图像处理的基本原理、基本方法、算法、实用技术和一些典型的应用。全书共分 13 章,主要内容包括绪论、数字图像处理的基本原理、图像变换、图像增强、图像恢复与重建、图像压缩编码、图像分割、图像表示与描述、图像匹配与模式识别、医学图像配准与融合、医学图像可视化、数字图像处理技术的应用、计算机辅助检测与计算机辅助诊断(CAD)等。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理技术及应用 / 张丰收, 宋卫东, 李振伟主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2014.9
ISBN 978-7-5170-2421-7

I. ①数… II. ①张… ②宋… ③李… III. ①数字图像处理 IV. ①TN911.73

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第199639号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:杨元泓 封面设计:马静静

书 名	数字图像处理技术及应用
作 者	主 编 张丰收 宋卫东 李振伟 副主编 杨晓利 郭静玉
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座100038) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:mchannel@263.net(万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话:(010)68367658(发行部)、82562819(万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京鑫海胜蓝数码科技有限公司
印 刷	三河市天润建兴印务有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 25.25印张 646千字
版 次	2015年4月第1版 2015年4月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	86.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

数字图像处理是一门综合性学科,它综合了计算机、数学、自动化、光学和视觉心理等众多研究领域的相关知识。数字图像处理技术的应用范围十分广泛,涉及文件处理、办公自动化、生物医学和材料的显微图像、医学影像分析、工业探伤和地质的放射图像、遥感、可视电话、航天航空以及视频和多媒体系统等。随着计算机技术、数字化技术和 Internet 技术的发展和广泛应用,数字图像处理已经成为与国计民生密切相关的应用学科,并在推动社会进步和改善人们生活方面起着十分重要的作用。

本书主要有以下几方面特点:

(1)讨论了经典的数字图像处理理论,重点放在边缘提取、图像分割和特征提取、图像复原与增强、图像变换及压缩编码等方面。使读者对数字图像的处理学科有一个全方面的了解。

(2)注重理论联系实际,各有关章节内容既有一定深度的理论研究,又对典型的应用给出了部分应用实例,以便读者较快进入技术领域。

(3)本书不仅阐述传统的数字处理技术,而且给出了最新的理论研究。

本书内容大致分为 13 章:第 1 章为绪论,简要介绍了数字图像处理的基本概念、研究内容以及应用领域;第 2 章介绍了数字图像处理的基本原理;第 3~6 章主要讨论了数字处理技术的常用方法,如图像变换、图像增强、图像复原与重建、图像压缩编码等;第 7~9 章主要研究了图像的分析方法,如图像分割的方法和技术,它是图像分析的必要准备;第 10~13 章从医学图像的角度研究了数字图像处理在医学图像处理领域的实际用途,如计算机辅助检测与计算机辅助诊断(CAD)等。

本书由张丰收、宋卫东、李振伟担任主编,杨晓利、郭静玉担任副主编,并由张丰收、宋卫东、李振伟负责统稿,具体分工如下:

第 1 章、第 2 章、第 11 章、第 13 章:张丰收(河南科技大学);

第 5 章、第 6 章、第 8 章:宋卫东(河南科技大学);

第 3 章、第 7 章、第 10 章:李振伟(河南科技大学);

第 4 章、第 9 章:杨晓利(河南科技大学);

第 12 章:郭静玉(河南科技大学)。

本书在编写过程中,参考了大量有价值的文献与资料,吸取了许多人的宝贵经验,在此向这些文献的作者表示敬意。

由于数字图像处理技术是一门迅速发展的学科,新知识、新方法、新技术不断涌现,加之作者自身水平有限,书中难免有错误和疏漏之处,敬请广大读者和专家给予批评指正。

编 者
2014 年 6 月

目 录

前 言	1
第 1 章 绪论	1
1.1 数字图像与数字图像处理	1
1.2 数字图像处理的主要研究内容	2
1.3 数字图像处理系统	5
1.4 数字图像处理的应用领域	9
第 2 章 数字图像处理的基本原理	11
2.1 人眼的视觉原理	11
2.2 图像数字化	19
2.3 图像灰度直方图	31
2.4 像素间的关系	36
2.5 图像文件格式	39
第 3 章 图像变换	46
3.1 概述	46
3.2 傅里叶变换	46
3.3 离散余弦变换	57
3.4 沃尔什变换和哈达玛变换	61
3.5 小波变换	66
第 4 章 图像增强	73
4.1 图像增强的点运算	73
4.2 空间域图像增强	78
4.3 频域图像增强	105
4.4 彩色图像增强	114
第 5 章 图像复原与重建	119
5.1 概述	119
5.2 图像退化模型	119
5.3 图像的代数复原法	124
5.4 图像的频域复原法	126
5.5 几何失真的校正	132
5.6 图像重建	134
第 6 章 图像压缩编码	141
6.1 概述	141
6.2 图像编码的基本理论	144
6.3 无损压缩编码	146
6.4 有损压缩编码	155
6.5 图像压缩编码标准	158
第 7 章 图像分割	172
7.1 概述	172
7.2 基于边缘检测的分割	173

7.3	基于阈值的分割	180
7.4	基于区域的分割	183
7.5	基于分水岭的分割	187
7.6	基于运动的分割	193
7.7	彩色图像分割	196
第8章	图像表示与描述	201
8.1	表示方法	201
8.2	边界描述	207
8.3	区域描述	213
8.4	关系描述	216
8.5	纹理描述	217
8.6	形态学描述	223
第9章	图像匹配与模式识别	227
9.1	图像匹配	227
9.2	统计模式识别	230
9.3	结构模式识别	239
9.4	模糊模式识别	242
第10章	医学图像配准与融合	260
10.1	概述	260
10.2	医学图像配准的理论基础	261
10.3	医学图像配准的主要方法	265
10.4	医学图像配准的评估	269
10.5	医学图像融合	274
第11章	医学图像可视化	283
11.1	概述	283
11.2	面绘制技术	287
11.3	体绘制技术	296
11.4	虚拟内镜	306
第12章	数字图像处理技术的应用	307
12.1	医学图像处理	307
12.2	指纹识别	309
12.3	车辆牌照识别	319
12.4	数字图像水印技术	329
12.5	动态图像处理	336
12.6	图像型火灾探测技术	339
12.7	多源遥感影像像素级融合技术	350
12.8	OCR 文字识别技术	359
12.9	运动图像分析	364
12.10	批量产品数量自动统计	366
12.11	焊接图像预处理	368
第13章	计算机辅助检测与计算机辅助诊断(CAD)	372
13.1	CAD 概述	372
13.2	CAD 计算程序的基本步骤及实例	375
13.3	CAD 的主要应用	386
13.4	系统性能评估	390
参考文献		397

第1章 绪论

人们可以通过各种观测系统从被观察的场景获得图像。观测系统有照相机和摄像机、显微图像摄像系统、卫星多光谱扫描成像系统、合成孔径雷达成像系统、医学成像系统等。从观测系统所获取的图像可以是静止的,如照片、绘画、医学显微图片等;也可以是运动的,如飞行物、心脏图像等视频图像;还可以是三维的,大部分装置都将 3D 客观场景投影到二维像平面,所得图像是 2D 的;图像可以是黑白的,也可以是彩色的。

根据图像空间坐标和幅度的连续性可分为模拟图像和数字图像。模拟图像是空间坐标和幅度都连续变化的图像,而数字图像是空间坐标和幅度均用离散的数字表示的图像。数字图像是用一个数字阵列来表示的图像。数字阵列中的每个数字,表示数字图像的一个最小单位,称为像素。通过对每个像素点的颜色,或者是亮度等进行数字化的描述,就可以得到在计算机上进行处理数字图像。显然,数字图像可以是物理图像,也可以是虚拟图像。

数字图像处理就是利用计算机对数字图像进行处理。随着计算机和多媒体技术的迅速发展和普及,数字图像处理技术受到了空前广泛的重视,出现了许多新的应用领域和新的处理方法。它具有精度高、处理内容丰富、方法易变、灵活度高等优点。但是它的处理速度受到计算机和数

字器件的限制,一般也是串行处理,因此处理速度较慢。数字图像处理可以理解为以下两方面的操作。

1. 从图像到图像的处理

这类处理是将一幅视觉效果不好的图像进行处理,获得视觉效果好的图像。如图 1-1(a)所示,是一个实际拍摄的大雾天气下的一个场景,我们希望提高画面的清晰度,以便可以观察到场景中的景物细节,提高画面的能见度。为此,我们分析,该图之所以能见度低,是因为在空气中悬浮着许多微小的水颗粒,这些水颗粒在光线的散射下,使景物与镜头(或人眼)之间形成了一个半透明层。这样,如果通过适当的图像处理方法,消除或减弱这层遮挡视线的大雾层,如图 1-1(b)所示,就可以得到一幅清晰的图像。

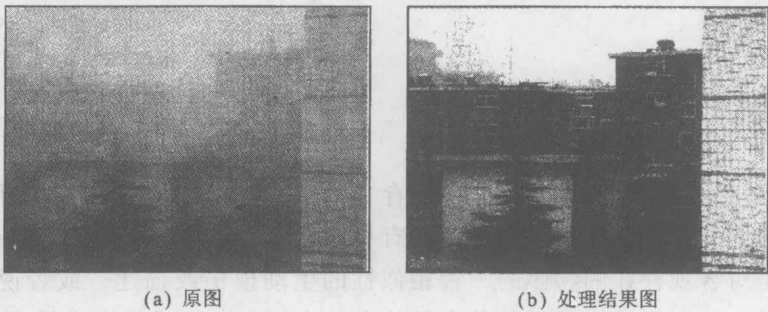


图 1-1 图像到图像的处理示例

2. 从图像到非图像的一种表示

这类处理通常又称为数字图像分析。通常是对一幅图像中的若干个目标物进行识别分类后,给出其特性测度。例如,在一幅图像中,拍摄记录下来包含几个苹果和几个橘子等水果的画面,经过对图像的处理与分析之后,可以分检出苹果的个数,以及苹果的大小等。

这种从图像到非图像的表示,在许多的图像分析中起着非常重要的作用。例如,对人体组织切片图像中的细胞分布进行自动识别与分析,给出病理分析报告就是一个在计算机辅助诊断系统中的一个重要的应用。这类方法在图像检测、图像测量等领域中,有着非常广泛的应用。

1.2 数字图像处理的主要研究内容

1.2.1 抽象理解

数字图像处理就是用计算机对各种图像信息进行处理,以期得到某种预期的效果或从图像中提取有用的信息。这里的“计算机”是广义的,它不仅指通用计算机,也指由 DSP,各种专用处理芯片(ASIC)等构成的通用或专用处理系统。而这里的“处理”则有广义和狭义的不同理解,它涉及的内容包括了图像处理,模式识别和计算机视觉中的许多概念和方法。根据抽象程度的不同可把这些处理分为低、中、高三个层次。

低层处理涉及对图像进行加工以改善图像的视觉效果,或对图像数据进行压缩以利于图像

的存储和传输。典型的处理方法如:图像对比度增强、边缘锐化、去噪声等。这些都是典型的图像增强处理,处理后的图像可以使人看起来更清楚。对散焦图像或因运动造成的模糊图像的处理则是要去除因散焦或因相机与物体间的相对运动造成的模糊,通常用图像复原技术进行处理。而为了节省传输带宽和存储空间,需要对图像进行压缩编码。为了得到好的视觉效果,需要对人眼视觉系统(HVS)的特点有深入的了解。

中层处理主要是指用某种特殊手段提取、描述和分析图像中所包含的某些特征或特殊的信息,主要目的是便于计算机对图像做进一步的分析和理解,经常作为模式识别、计算机视觉等的预处理。这些特征包括很多方面,例如,图像的频域特征、灰度特征、边界特征、颜色特征、纹理特征、形状特征、拓扑特征以及关系结构等。这种处理过程往往首先要进行图像分割,把感兴趣的对象(Object)从图像中分割出来,然后对它的特征进行测量,并用特征数据来表示,或用一些符号来表示对象或多个对象之间的关系,即图像分割和描述。这里,输入的是图像,输出的则是数据。

高层处理涉及在图像分析中被识别物体的总体理解。通过对图像内容的理解及对场景的解释,进而指导和规划行动。

这三个层次的处理之间的界限有时并不清晰,它们之间有相互联系、相互依存的关系。下层处理结果不好会影响上层的正确识别和理解。反之,若在下层处理时能有效利用上层识别理解的中间结果,则可大大改进下层的处理结果。本书的内容限制在“狭义”的数字图像处理范畴以内,即包括图像增强、复原、压缩、分割和描述等,而不包括识别和理解,后者是模式识别和计算机视觉的经典内容。

1.2.2 “狭义”理解

数字图像处理的主要研究内容,根据其主要的处理流程与处理目标大致可以分为图像信息的描述、图像信息的处理、图像信息的分析、图像信息的编码以及图像信息的显示等几个方面。将这几个方面展开,具体包括如下的研究方向。

1. 图像数字化

图像数字化的目的是将一幅图像以数字的形式进行表示,并且要做到既不失真又便于计算机进行处理。换句话说,图像数字化要达到以最小的数据量来不失真地描述图像信息。

图像数字化包括了采样与量化。所谓采样是将在空间上连续分布的图像转换成离散的图像点,量化是指将图像的亮暗信息以离散的数字来表示。

2. 图像几何变换

图像几何变换的目的是改变一幅图像的大小或形状。例如通过进行平移、旋转、放大、缩小镜像等,可以进行两幅以上图像内容的配准,以便于进行图像之间内容的对比检测。例如,在印章的真伪识别以及相似商标检测中,通常都会采用这类的处理。另外,对于图像中景物的几何畸变进行校正,对图像中的目标物大小测量等,大多也需要图像几何变换的处理环节。

3. 图像变换

图像变换是指通过一种数学映射的方法,将空域中的图像信息转换到如频域、时频域等空间上进行分析的数学手段。最常采用的变换有傅里叶变换、小波变换等。通过二维傅里叶变换可

以进行图像的频率特性的分析。通过小波变换,则可以将图像进行多频段分解,通过不同频段的不同处理,可以达到好的效果。

除了以上所述的狭义上的图像变换之外,二维条码技术也是一种图像的变换方法。二维条码相比于一维条码最大的不同就是允许其承载的信息量比较大,因此,可将数字化的,包括图像在内的多媒体信息按照条码的标准转换成二维条码的形式。二维条码是可视(黑白相间的条和块)但不可直接理解的信息(不能直接看出这些条块的含义),因此,作为防伪手段,将可视并可理解的图像信息转换成可视但不可理解的条码信息印刷在产品之上。当对产品进行认证真伪时,对条码进行解码变换,即可获得其中承载的可视且可理解的信息。将该信息与印刷在产品上的可视且可理解的信息进行比较,只有在两者信息一致时,才表明该产品不是仿冒的。

4. 图像增强

图像增强的目的是将一幅图像中有用的信息(即感兴趣的信息)进行增强,同时将无用的信息(即干扰信息或噪声)进行抑制,提高图像的可观察性。图 1-1 所给出的示例,就是一个图像增强的例子。

5. 图像恢复

图像恢复的目的是将退化了的以及模糊了的图像的原有信息进行恢复,以达到清晰化的目的。图像退化是指图像经过长时间的保存之后,因发生化学反应而使画面的颜色以及对比度发生退化改变的现象,或者是因噪声污染等导致画面退化的现象,或者是因为现场的亮暗范围太大,导致暗区或者高光区信息退化的现象:图像的模糊则常常是因为运动以及拍摄时镜头的散焦等原因所导致的。无论是图像的退化还是图像的模糊,本质上都是原始信息部分丢失,或者原始信息相互混叠,或者原始信息与外来信息的相互混叠所造成的,因此,根据退化模糊产生原因的不同,采用不同的图像恢复方法即可达到图像清晰化目的。

6. 图像隐藏

图像隐藏的目的是将一幅图像或者某些可数字化的媒体信息隐藏在一幅图像中。在保密通信中,将需要保密的图像在不增加数据量的前提下,隐藏在一幅可公开的图像之中,同时要求达到不可见性及抗干扰性。

所谓抗干扰性,是指当承载着保密图像的公开图像受到各种恶意攻击,或者经过压缩等处理之后,通过解密方法获得的保密图像损失不大或者基本上没有损失。

图像隐藏技术目前还有一个非常重要的拓展应用,就是数字水印技术。数字水印在维护数字媒体版权方面起着非常重要的作用。数字水印有时允许是可见的,但必须具有抗干扰性,特别是可以抵抗二次水印的添加等。同时数字水印技术已经不仅限于图像的隐藏,而是可以在数字化的多媒体信息之间进行隐藏,如语音中隐藏图像,图像中同时隐藏语音和文字说明等。

7. 图像重建

图像重建的目的是根据二维平面图像数据构造出三维物体的图像。例如,在医学影像技术中的 CT 成像技术,就是将多幅断层二维平面数据重建成可描述人体组织器官三维结构的图像。三维重建技术也成为目前虚拟现实技术以及科学可视化技术的重要基础。

8. 图像编码

图像编码的目的是简化图像的表示方式,压缩表示图像的数据,以便于存储和传输。图像编

码主要是对图像数据进行压缩。因为图像信息具有较强的相关特性,因此通过改变图像数据的表示方法,可对图像的数据冗余进行压缩。另外,利用人类的视觉特性,可对图像的视觉冗余进行压缩。由此来达到减小描述图像的数据量的目的。

9. 图像识别与理解

所谓图像识别与理解是指通过对图像中各种不同的物体特征进行定量化描述之后,将所期望获得的目标物进行提取,并且对所提出的目标物进行一定的定量分析。要达到这个目的,实际上就是要实现对图像内容的理解,以及对特定目标的一个识别。因此,其核心是要完成依据目标物的特征对图像进行区域分割,获得期望目标所在的局部区域。

图像中目标物的特征描述一般包括了形状特征、纹理特征以及颜色特征等。形状特征有长宽比、圆形度、面积和周长等等。纹理特征则包括了砖墙、布纹这类规则纹理以及如沙滩、草坪这类非规则纹理。

1.3 数字图像处理系统

1.3.1 数字图像处理设备系统

数字图像处理主要依靠计算机对图像数据进行加工。但是在处理以前首先必须把图像信息转换成数据送入计算机,因此必须有图像输入和数字化设备。图像处理完毕后必须把它显示出来或记录成硬拷贝,这就需要有显示及记录设备。所以,一般说来,数字图像处理系统由三大部分组成,即图像输入及数字化设备,图像信息处理设备和图像显示及记录设备,如图 1-2 所示。

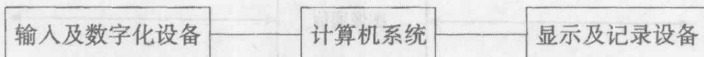


图 1-2 数字图像处理系统的三大组成部分

图像输入设备可以采用电视摄像机、鼓式扫描器或固体器件等等。它们在输入信息的速度、空间分辨率(扫描精度)等方面各有特点,可以根据需要来选用。一个通用的数字图像处理系统也可同时配有几种图像输入设备,以适应不同的需要。图像输入设备一般只起光电转换的作用,即将图像的光强信息转变为模拟电信号。然后,再送到数字化设备,即模数转换器转变为数字图像。模数转换器完成采样和量化两个过程,一般由专用芯片来完成。有些图像输入设备输出的已是数字信号,则可经数字接口直接接入计算机。

图像信息的处理由计算机担任。由于数字图像信息量十分巨大,要求计算机系统运算速度快,存储容量大(包括内存及外存),且有较强的软件功能。根据图像处理系统不同的用途,可以采用不同的计算机系统,从微型计算机到大型计算机;可以是单个计算机,也可以用阵列机、多处理机或计算机网络。专用的图像处理系统的信息处理常常用一片或几片专用芯片来完成。

经过处理以后的图像可以在图像显示器上显示,同时增设专门的交互式控制设备,如数字化仪,鼠标、跟踪球、游戏杆、光笔等。通过这些设备可以把人的作用反馈给计算机,干预和引导计算机的运行,使系统的处理能力大大提高。

图 1-3 是一个通用数字图像处理系统的方框图。

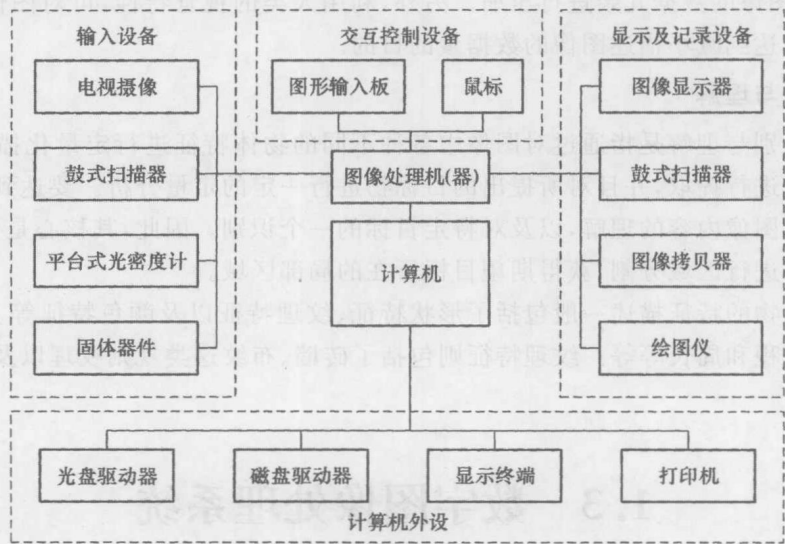


图 1-3 通用数字图像处理设备系统的组成框图

1.3.2 数字图像处理系统的模块分析

一个基本的数字图像处理系统由图像输入、图像存储、图像输出、图像通信、图像处理和分析 5 个模块组成,如图 1-4 所示。每个模块都有其特定的功能和对应的设备。下面对图 1-4 中的各个模块分别进行分析。

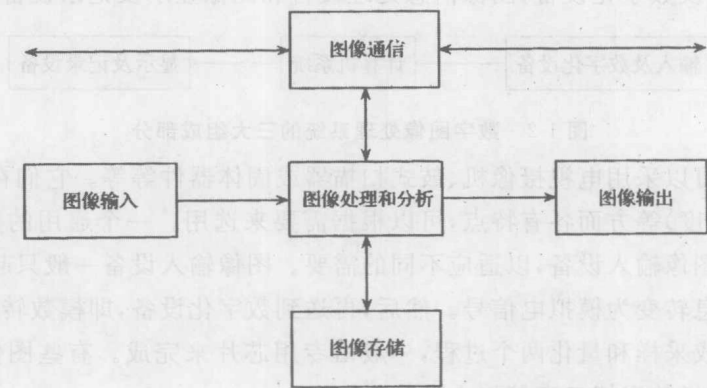


图 1-4 图像处理系统的模块组成示意图

1. 数字图像输入模块

图像输入也称图像采集或图像数字化,它是利用图像采集设备(如数码照相机、数码摄像机等)来获取数字图像,或通过数字化设备(如图像扫描仪)将要处理的连续图像转换成适于计算机处理的数字图像。

2. 数字图像存储模块

图像所包含的信息量非常大,因而存储图像也需要大量的空间。在数字图像处理系统中,大容量和快速的图像存储器是必不可少的。在计算机中,数据最小的度量单位是比特(bit)。存储器的存储量常用字节(1B=1Byte=8bit)、千字节(K Byte, 1K=1024)、兆字节(M Byte, 1M=1024×1024=1048576)、吉字节(G Byte, 1G=1024×1024×1024)、太字节(T Byte, 1T=1048576×1048576)等表示。比如存储一幅1024×1024大小的8bit图像就需要1MB的存储器。用于图像处理和数字图像存储器可分为3类:处理和分析过程中使用的快速存储器、在线或联机存储器、不经常使用的数据库(档案库)存储器。

计算机内存就是一种提供快速存储功能的存储器。目前一般微型计算机的内存有256MB、512MB和1GB等。另一种提供快速存储功能的存储器是特制的硬件卡,也叫帧缓存。它可以存储多幅图像并以视频速度(每秒25或30幅图像)读取,也允许对图像进行放大和缩小、垂直和水平翻转等。

硬盘和软盘是小型和微型计算机的必备外部存储器。硬盘给计算机提供了大容量存储介质,但是盘片无法更换,存储的信息也不便于携带。软盘虽然提供了可更换的存储介质,但其容量小、速度慢、易损坏,在现今1.44MB的存储容量远远不能满足图像处理的要求,因而逐步被其他存储设备取代。

闪存盘以闪存记忆体为存储介质,称之为“U盘”。U盘以USB为接口,具有存储容量大、体积小、易携带、保存数据时间长、防磁抗震、性价比高等特点,成为软盘的理想替代品。移动硬盘和U盘的性能类似,其优点是存储容量大、可靠性高、数据保存时间长、数据传输率高、操作简便,而且无需外接电源,以USB为接口。

此外,常用来存储数字图像的外存储器还有CD光盘、DVD光盘、光盘塔、磁带、磁盘阵列(RAID)等。各类海量存储器的特点各不相同,应用环境也有极大差别,因此在实际应用中要根据环境的变化而选择不同的海量存储设备。

3. 数字图像输出模块

在图像分析、识别和理解中,一般需要将处理前后的图像显示出来,以供分析、识别和理解,或将处理结果永久保存。前者称为软拷贝或显示,使用设备包括CRT显示器、液晶显示器和投影仪等。后者称为硬拷贝,使用设备包括照相机、激光拷贝和打印机等。

4. 数字图像通信模块

在许多工程应用领域或日常工作生活中,都会遇到对大量的图像数据进行传输或通信。由于图像数据量很大,而能够提供通信的信道传输率又很有限,这就要求在传输前必须对表示图像信息的数据进行压缩和编码,以减少图像数据量。而实际的图像信息也包含大量的冗余,通过改变图像信息的表示形式,就可达到消除冗余、减少数据量的目的。因此,图像通信模块主要是要对图像进行压缩编码,而图像数据的压缩和编码技术也就成为数字图像处理的关键技术之一。

5. 数字图像处理与分析模块

数字图像处理与分析模块包括处理算法、实现软件和计算机,它是数字图像处理系统的核心。根据要处理图像的数据量的大小、实时性要求及算法的复杂程度,来选择合适的硬件和软件系统,一般包括如下三种形式:

(1)通用图像处理

对于功能要求灵活,图像数据量大,但实时性要求不高的图像处理与分析算法可以在通用计算机上实现,也可以辅之以方便灵活的操作界面。

(2)专用图像处理系统

对于像 CT、核磁共振、彩色 B 超、机场安检等专用影像的处理,可采用能满足实际应用的专用计算机和专用图像处理算法等,来构成专用图像处理系统。

(3)图像处理芯片

将许多图像处理功能集成在一个很小的芯片上,形成专用或通用的图像处理芯片。如富士通于 2006 年 8 月推出的 MB91683 图像处理芯片。它在单芯片上集合了各种图像处理所需要的功能,比如色彩插值、色彩压缩等,其特点是体积小、功能强、价格低、使用方便。可应用于各种数码相机和带有成像功能的手机,也可应用于 CT、核磁共振、彩色 B 超、机场安检等专用影像处理中,通过采用能满足实际应用的专用计算机和专用图像处理算法等,来构成专用图像处理系统。

1.3.3 数字处理系统的不同光照模式

我们知道,最终所成的像取决于光源,光源与对象物的位置关系以及对象物的反射光强度等。光源包括各种人造光源以及白昼自然光,而光源与对象物的位置关系则基本上可以分为如图 1-5 所示的背光光照、正面光照、斜射光照等几种情况。

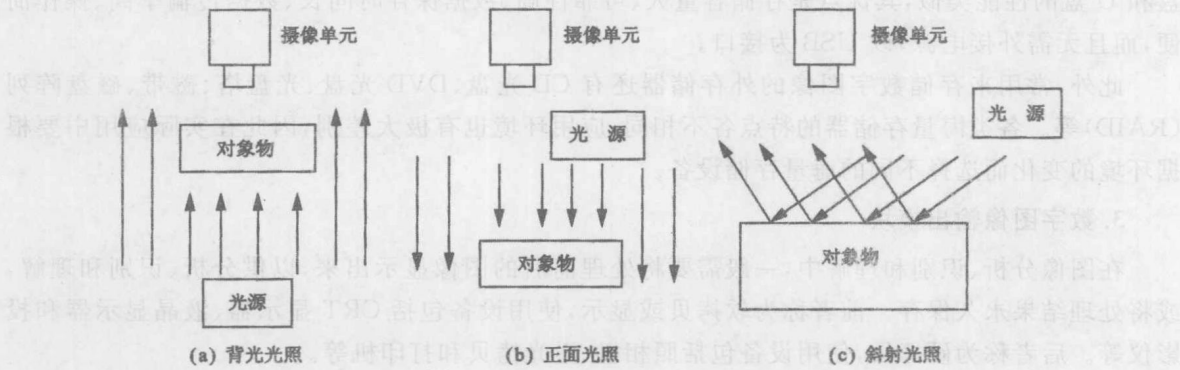


图 1-5 光照模式示意图

在背光光照下,由于背景光的强度大于前景(对象物),这时若拍摄人物图像,则人脸的细节部分在图像中所呈现的效果并不是很好。但是,在某些工业自动化生产线上,为了快速获得目标物的定位,不需要对目标物的细节进行观察,此时常常将光源设置为背光照明方式。

在正面光照下,如果目标物有非常光滑的反射表面,如金属表面,并且其表面是凸面,会在画面上产生高光区,高光区部分的颜色等细节均会退化。但是对一般的非特殊光滑表面的物体,正面照射可以获得反映目标物细节的图像。

在斜射光照下,画面会产生光照不均的效果,如果进行景物渲染,是一种非常好的方法。但是,当需要从画面提取相应目标物时,光照不均均是阻碍正确获取目标物的一个非常严重的障碍。

1.4 数字图像处理的应用领域

早在1964年,美国喷气推进实验室对“旅行者7号”航天探测器传送的大批月球照片用计算机处理后,得到了清晰逼真的图像,从此就开创了图像处理的先河。20世纪70年代,数字图像处理技术开始应用于医学、地球遥感监测和天文学等领域,其中的CT(计算机断层摄像术)就是图像处理在医学诊断领域最重要的应用之一。

近10年来,数字图像处理技术得到了迅猛发展,并已应用到许多领域,如工业、农业、国防军事、社会和日常生活、生物医学、通信等。今天,几乎不存在与数字图像处理无关的技术领域,而最主要的应用包括如下9个方面。

1. 宇宙探测中的应用

在宇宙探测和太空探索中,有许多星体的图片需要获取、传送和处理,这些都依赖于数字图像处理技术。

2. 通信方面的应用

通信中的应用主要包括图像信息的传输、电视电话、卫星通信、数字电视等。传输的图像信息包括静态图像和动态序列(视频)图像,要解决的主要问题是图像压缩编码。

3. 遥感方面的应用

遥感包括航空遥感和卫星遥感。人们应用数字图像处理技术对通过卫星或飞机摄取的遥感图像进行处理和分析,以获取其中的有用信息。这些应用包括地形、地质、资源的勘测,自然灾害监测、预报和调查,环境监测、调查等。

4. 天气预报方面的应用

天气云图测绘和传输、气象卫星云图的处理和识别等。

5. 考古及文物保护方面的应用

珍贵稀有名画的电子化保存,珍贵文物图片、名画、壁画的辅助恢复等。

6. 工业生产中的应用

将CAD和CAM技术应用于磨具和零件优化设计及制造、印制板质量和缺陷的检测、无损探伤、石油气勘测、交通管制和机场监控、纺织物的图案设计、光的弹性场分析、运动工具的视觉反馈控制、流水线零件的自动监测识别、邮件自动分拣和包裹的自动分拣识别等。

7. 生物医学领域的应用

生物医学是数字图像处理应用最早、发展最快、应用最广泛的领域。主要包括细胞分析、染色体分类、放射图像处理、血球分类、各种CT和核磁共振图像分析、DNA显示分析、显微图像处理、癌细胞识别、心脏活动的动态分析、超声图像成像、生物进化的图像分析等。

8. 军事公安方面的应用

在任何时候,最先进的技术总是先用在军事中,数字图像处理技术也不例外。包括军事目标的侦察和探测、导弹制导、各种侦察图像的判读和识别,雷达、声呐图像处理、指挥自动化系统等。

公安方面的应用包括:现场实景照片、指纹、足迹的分析与鉴别,人像、印章、手迹的识别与分析,集装箱内物品的核辐射成像检测,人随身携带物品的 X 射线检查等。

9. 新的应用领域

(1)信息安全

用于版权保护和认证的信息隐藏与数字水印技术,用于身份认证的指纹识别、虹膜识别和面部识别等。

(2)图像检索

基于内容的图像检测、识别和检索。

(3)体育运动

运动员动作的分析、评测及优化设计。

总之,目前的趋势表明,数字图像处理技术的应用呈现爆炸式增长,而且将持续相当长的阶段。

第2章 数字图像处理的基本原理

2.1 人眼的视觉原理

2.1.1 人眼构造

人眼的构造如图 2-1(a)所示。

1. 瞳孔

人眼是一个直径约为 20mm 的球体,球体外包覆有三层薄膜,最外层是角膜和巩膜。它的正前方 1/6 部分是透明的角膜,不透明的巩膜包覆盖着眼睛的其他部分。中间层是位于巩膜下面的脉络膜,它包含有血管网,是眼睛的重要滋养源。脉络膜的里层是视网膜。脉络膜的前边(角膜的后面)是不透明的虹膜,虹膜中间有一圆孔称为瞳孔。在虹膜的收缩和扩张下,瞳孔的直径可以在 2~8mm 间调节,从而控制进入人眼内部的光通量,起到照相机中光圈的作用。

2. 晶状体

瞳孔后面是一个扁球形弹性透明体,称为晶状体,相当于照相机中的透镜。在睫状体的作用下,晶状体的曲率可以调节以改变焦距,使不同距离的景物都可以在视网膜上成像。

3. 视细胞

视网膜位于眼球包覆的最里层,其上集中了大量的视细胞,视细胞的作用相当于光敏感器和光电转换器。它对进入人眼的光进行感知,并通过复杂的物理-化学过程,将光能信号转化为生理电信号。

视细胞分为两大类,用于感知不同的光信号。

(1) 锥状细胞

在正对晶状体轴线的视网膜上有一个集中了大量锥状细胞的黄斑区(又称视网膜的中央凹)。锥状细胞的直径为 2~6 μm ,长约 40 μm ,共达 500 万至 700 万个,它也称为明视细胞,用以在强光上检测亮度和颜色。每个锥状细胞都连接着一根视神经末梢,故分辨率高。每个锥状细胞都连接着一个神经末梢,因此黄斑区的分辨率很高,可以分辨细节和颜色。

(2) 杆状细胞

在视网膜的其他部分分布着杆状细胞,其直径为 2~4 μm ,长约 60 μm ,共有 7500 万至 15000 万个。它们能在弱光(暗视)下检测亮度信息,但没有色彩的感觉。多个杆状细胞连接着一根视神经末梢,故其分辨率低,仅可分辨景物的轮廓,无色彩感觉。对光具有更高的灵敏度,用以在弱