



普通高等学校测控技术与仪器专业规划教材



# 数字图像处理

Shuzi Tuxiang Chuli

主编 徐杰

华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



普通高等学校测绘技术与仪器专业规划教材

# 数字图像处理

Shuzi Tuxiang Chuli

华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理/徐杰主编. —武汉:华中科技大学出版社,2009年8月  
ISBN 978-7-5609-5491-2

I. 数… II. 徐… III. 数字图像处理-高等学校-教材 IV. TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 104549 号

数字图像处理

徐杰 主编

策划编辑:万亚军  
责任编辑:田密  
责任校对:刘峻

封面设计:范翠璇  
责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)  
武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录排:华中科技大学惠友文印中心  
印刷:湖北新华印务有限公司

开本:787 mm×1 092 mm 1/16  
版次:2009年8月第1版  
ISBN 978-7-5609-5491-2/TN·148

印张:15 插页:1  
印次:2009年8月第1次印刷

字数:340 000  
定价:26.60元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)



# 内 容 简 介

本书从基本概念入手，详细地介绍了数字图像处理的基本理论和主要技术。全书共11章，主要包括数字图像处理的基础知识、图像增强、图像变换、彩色图像处理、图像分割、图像处理中的数学形态学、图像识别、图像复原、图像编码、数字图像处理的应用等。本书注重理论和实际相结合，内容系统，深入浅出，图文并茂，实例演示清晰易懂，同时每章均给出了重要算法的Matlab实现程序，每章末附有习题。

本书可作为电子信息工程、通信工程、信号与信息处理、电子技术、计算机科学、生物医学、遥感技术、气象等相关专业高年级本科生和研究生的教材或参考书，也可供相关领域的科技工作者阅读和参考。





# 普通高等学校测控技术与仪器专业规划教材

## 编委会

### 主任：

钟毓宁

（湖北工业大学副校长，教育部高等学校仪器科学与技术专业教学指导委员会委员）

### 副主任：

孔力

（华中科技大学教授，教育部高等学校仪器科学与技术专业教学指导委员会委员）

许贤泽

（武汉大学教授，教育部高等学校仪器科学与技术专业教学指导委员会委员）

### 委员：（以姓氏笔划为序）

王连弟（华中科技大学出版社）

王先培（武汉大学）

史红梅（北京交通大学）

李威宣（武汉理工大学）

杨帆（武汉工程大学）

张思祥（河北工业大学）

何涛（湖北工业大学）

周荣政（江汉大学）

胡春海（燕山大学）

郭天太（中国计量学院）

康宜华（华中科技大学）

梁福平（北京信息科技大学）

董浩斌（中国地质大学）

曾以成（湘潭大学）

### 秘书：

刘锦 万亚军



## 普通高等学校测控技术与仪器专业规划教材

# 总 序

测控技术与仪器专业是在合并原来的11个仪器仪表类专业的基础上新设立的专业，目前设有该专业的高校已经超过250所，是当前发展较快的本科专业之一。经过两届全国高等学校仪器科学与技术教学指导委员会的努力，形成了《测控技术与仪器专业本科教学规范》（以下简称《专业规范》）。《专业规范》颁布后，各高校开始构建面向21世纪的测控技术与仪器本科专业的课程体系，并进行教学改革，以更好地满足科学技术和国民经济发展的需要。

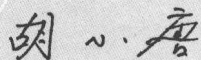
华中科技大学出版社邀请多位全国高等学校仪器科学与技术教学指导委员会委员和具有丰富教学经验的专家编写了这套“普通高等学校测控技术与仪器专业规划教材”，这对于满足各高校测控专业建设需要，加强高校测控专业的建设，进一步落实《专业规范》精神，具有积极的作用。

这套教材基本涵盖了测控技术与仪器专业的专业基础课程和部分专业课程，编写定位清晰，内容适应了加强工程教学的趋势，注重了教材的实用性和创新性教育的推进。这套教材的出版，是测控专业教学领域“百花齐放、百家争鸣”的一个体现，它为测控专业教学选用教材又提供了一个选择。

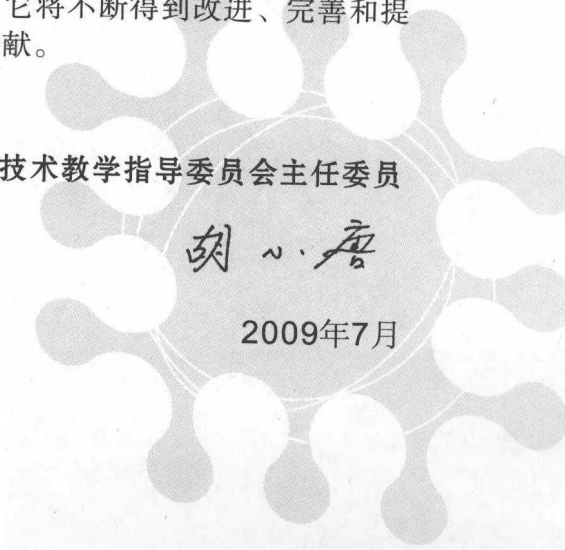
由于时间所限，这套教材可能存在这样那样的问题。随着这套教材投入教学使用和通过教学实践的检验，它将不断得到改进、完善和提高，为测控专业人才的培养做出积极的贡献。

谨为之序。

全国高等学校仪器科学与技术教学指导委员会主任委员



2009年7月



# 前 言

随着计算机和通信技术的发展,数字图像处理技术在众多领域,如科学研究、工业生产、交通、通信、天文、军事和公安等领域得到了广泛的应用,并取得了巨大的经济效益和社会效益,促进了社会的发展。

图像是对物体和场景的一种表现形式,包括照片、绘图、动画、书报、医学 X 光片和卫星遥感图像等。科学研究和统计表明,人类从外界获得的信息约有 75% 来自视觉系统。数字图像处理技术是利用计算机或专用数字信号处理芯片将图像信号转换成数字格式的处理过程。它是集光学、微电子技术、信息论、统计学、计算机科学、心理学和生理学等知识的一门综合性边缘学科。

全书共 11 章,主要分为三部分。第一部分是数字图像处理的基础知识,包括第 1 章和第 2 章,概述了图像处理的基础知识和数字图像处理系统,介绍了人类的视觉过程、图像的获取和数字化;第二部分是数字图像处理技术的理论、方法和实例,包括第 3~7 章,系统地介绍了图像增强、图像变换、彩色图像的处理、图像分割、图像处理中的数学形态学;第三部分是图像分析和编码,包括第 8~11 章,详细论述了图像识别、图像复原、图像编码的基本原理和常用方法。

本书根据作者多年来从事数字图像处理的教学与研究经验编写而成,既注重理论分析,又重视图像处理算法的实现,内容系统、深入浅出,图文并茂,实例演示清晰易懂,各章介绍的主要实例都是利用 Matlab 加以实现的。为便于读者学习和理解数字图像处理的理论和方法,每章都给出了大部分实例的 Matlab 程序。章末配有相应的习题。

本书特别适合作为电子信息工程、通信工程、信号与信息处理、电子技术、计算机技术等专业的高年级本科生和研究生的教材或参考书,也可供相关领域的科技工作者阅读和参考。

本书的编写分工为:第 1 章、第 7 章 7.1 节和 7.2 节由黑龙江科技学院祁红岩编写,第 2 章由黑龙江科技学院张春晶编写,第 3 章由黑龙江科技学院吕中志编写,第 4 章和第 11 章部分内容由哈尔滨理工大学王丽杰编写,第 5 章由湖南科技大学彭春江编写,第 6 章、第 9 章由黑龙江科技学院徐杰编写,第 7 章 7.3 节到 7.6 节由黑龙江科技学院李雯编写,第 8 章和第 10 章由齐齐哈尔大学何鹏编写,第 11 章由哈尔滨理工大学刘泊编写。本书由徐杰任主编,何鹏和刘泊任副主编,徐杰统稿,黑龙江科技学院赵金宪教授主审。

在本书编写过程中,参考了国内外大量的书籍和论文,在此向本书所引用论文和书籍的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不当之处,敬请广大读者指正。

编 者

2009 年 4 月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	(1)
1.1 图像处理概述 .....	(1)
1.2 数字图像处理的起源 .....	(3)
1.3 数字图像处理与其他学科的关系 .....	(4)
1.4 数字图像处理系统 .....	(6)
1.5 数字图像处理技术的应用 .....	(8)
1.6 数字图像处理的发展动向 .....	(9)
习题 .....	(11)
<b>第 2 章 数字图像处理基础知识</b> .....	(12)
2.1 视觉系统 .....	(12)
2.2 成像系统 .....	(17)
2.3 图像的数字化的 .....	(22)
2.4 图像输入/输出设备 .....	(27)
习题 .....	(32)
<b>第 3 章 图像增强</b> .....	(33)
3.1 点运算 .....	(33)
3.2 直方图增强处理 .....	(38)
3.3 平滑滤波器 .....	(45)
3.4 锐化滤波器 .....	(50)
3.5 同态滤波器 .....	(54)
3.6 Matlab 编程实例 .....	(55)
习题 .....	(56)
<b>第 4 章 图像变换</b> .....	(58)
4.1 图像变换概述 .....	(58)
4.2 一维傅里叶变换 .....	(58)
4.3 二维傅里叶变换 .....	(62)
4.4 离散余弦变换 .....	(65)
4.5 离散沃尔什变换和哈特莱变换 .....	(69)
4.6 小波变换 .....	(73)
4.7 Matlab 编程实例 .....	(74)
习题 .....	(76)
<b>第 5 章 彩色图像的处理</b> .....	(77)
5.1 彩色视觉 .....	(77)
5.2 彩色模型 .....	(81)
5.3 彩色平衡 .....	(85)



5.4	彩色图像增强	(88)
5.5	彩色图像分析	(91)
	习题	(93)
<b>第 6 章</b>	<b>图像分割</b>	(94)
6.1	图像分割概述	(94)
6.2	基于区域的图像分割	(95)
6.3	基于点相关技术的图像分割	(103)
6.4	其他图像分割技术	(111)
6.5	Matlab 编程实例	(112)
	习题	(115)
<b>第 7 章</b>	<b>图像处理中的数学形态学</b>	(116)
7.1	数学形态学	(116)
7.2	二值图像中的形态学算法	(118)
7.3	二值图像形态学处理技术	(123)
7.4	灰度图像中的形态学算法	(132)
7.5	灰度图像形态学处理技术	(137)
7.6	Matlab 编程实例	(140)
	习题	(143)
<b>第 8 章</b>	<b>图像识别</b>	(144)
8.1	图像特征表示与描述	(144)
8.2	识别与解释	(154)
8.3	决策论法	(157)
8.4	结构法	(160)
8.5	Matlab 编程实例	(161)
	习题	(164)
<b>第 9 章</b>	<b>图像复原</b>	(165)
9.1	引言	(165)
9.2	图像一般退化模型	(165)
9.3	离散图像的代数复原法	(172)
9.4	维纳滤波复原法	(173)
9.5	最小平方约束图像复原法	(174)
9.6	非线性复原	(175)
9.7	图像几何变换	(176)
9.8	Matlab 编程实例	(181)
	习题	(183)
<b>第 10 章</b>	<b>图像编码</b>	(184)
10.1	概述	(184)
10.2	信息理论基础与熵编码	(186)
10.3	LZW 算法	(192)
10.4	预测编码	(193)

---

10.5	变换编码	(196)
10.6	Matlab 编程实例	(200)
	习题	(202)
<b>第 11 章</b>	<b>数字图像处理的应用</b>	<b>(204)</b>
11.1	三维图像处理	(204)
11.2	机器视觉的应用	(210)
11.3	医学图像的处理	(214)
11.4	车辆牌照识别	(216)
11.5	动态图像处理	(221)
	习题	(224)
	参考文献	(225)

# 第 1 章 绪 论

当今是信息的时代,信息的获取、加工、处理与应用等都有了飞跃发展。因此,数字图像处理也得到了一定的发展。数字图像处理是指用计算机对图像进行处理。它广泛用于几乎所有与成像有关的领域,且其应用领域也越来越广,有些技术已相当成熟并产生了较大的效益。当前数字图像处理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。

## 1.1 图像处理概述

### 1. 图像和数字图像的概念

图像是对客观对象的一种相似性的、生动性的描述或写真,或者说图像是对客观对象的一种表示,它包含了被描述对象的有关信息。它是人们最主要的信息源,据科学研究和统计表明,人类从外界获得的信息约有 75% 来自视觉系统。图像是比较广义的,例如,照片、图片、绘画、动画、视频,等等。图像含有大量的信息,俗话说“百闻不如一见”、“一目了然”,都反映了图像在信息传递中的独特效果。

模拟图像是指空间坐标和明暗程度都连续变化的图像,是不能直接用计算机进行处理的图像。为了能用计算机对图像进行加工,需要把模拟图像进行离散。这种离散化的图像就是数字图像,通常用一个矩阵或一个二维数组来表示它。形象地说,一幅数字图像就像纵横交错的棋盘,棋盘行和列的数目就表示图像的大小。如图 1-1 所示,一幅图像可以表示成一个矩阵的形式,矩阵的每个元素表示每个像素的灰度值。



图 1-1 数字图像的表达法

### 2. 图像的分类

视觉是人类最重要的感觉,也是人类获取信息的主要来源。图像与其他的消息形式相比,具有直观、具体、生动等诸多显著的优点,由于实际存在的图像多种多样,其分类也极为复杂,这里可以按照图像的表现形式、生成方法等对其进行不同的划分。

#### 1) 按照图像的存在形式分类

按照图像的存在形式分类,可分为实际图像和抽象图像。

(1) 实际图像:又可分为可见图像和不可见图像,通常为二维分布。可见图像是指人眼能够看到并能接受的图像,包括照片、图片、图画、光图像等。不可见图像包括压力、温度、高度和人口密度分布图等。

(2) 抽象图像:如数学函数图像,包括连续函数图像和离散函数图像。

### 2) 按照图像的光谱特性分类

按照图像的光谱特性分类,可分为彩色图像和黑白图像。

(1) 彩色图像:图像上的每个点有多于 1 个的局部特性,如彩色摄影和彩色电视重现的 3 基色(红、绿、蓝)图像,每个像点都有分别对应 3 基色的 3 个亮度值。彩色图像可用不同的彩色空间来描述。

(2) 黑白图像:只具有某一谱段的图像。每个像点只有一个亮度值分量,如黑白照片、黑白电视画面等。

### 3) 按照图像亮度等级分类

按照图像亮度等级分类,可分为二值图像和灰度图像。

(1) 二值图像:只有黑白两种亮度等级的图像。

(2) 灰度图像:有多重亮度等级的图像。

### 4) 按照图像所占空间和维数分类

按照图像所占空间和维数分类,可分为二维图像和三维图像。

(1) 二维图像:即平面图像,用二维空间来表示,如照片等。

(2) 三维图像:即空间分布的图像,也称立体图像,一般使用 2 个或者 2 个以上的摄像头来捕捉,用三维空间来表示,还可以通过电脑技术来制作。

### 5) 按照图像是否随时间变换分类

按照图像是否随时间变换分类,可分为静止图像和运动图像。

(1) 静止图像:不随时间变换的图像,如各类图片等。

(2) 运动图像:随时间变换的图像,实际上目前的运动图像是由一幅幅静止图像按时间排列组成的,如电影和电视画面等。

## 3. 图像处理的概念

对图像进行一系列的操作,以达到预期目的的技术称为图像处理。图像处理可分为模拟图像处理和数字图像处理两种方式。

利用光学、照相方法对模拟图像的处理称为模拟图像处理。光学图像处理方法已有很长的历史,如放大、缩小、显微等,这些都属于模拟图像处理。在激光技术出现后,光学图像处理方法得到了进一步发展。尽管光学图像处理的理论日臻完善,且处理速度快,信息容量大,分辨率高,又非常经济,但处理精度不高、稳定性差、设备笨重、操作不方便和工艺水平不高等原因限制了它的发展速度。从 20 世纪 60 年代起,随着电子计算机技术的进步,数字图像处理获得了飞跃发展。

所谓数字图像处理,就是利用计算机对数字图像进行系列操作,从而获得某种预期效果的技术。数字图像处理离不开计算机,因此又称为计算机图像处理。

## 4. 数字图像处理的特点

### 1) 数字图像信息量大

如一幅  $256 \times 256$  低分辨率黑白图像,要求有 64 kbit 的数据量;对高分辨率彩色  $512 \times 512$  图像,则要求有 768 kbit 的数据量;如果要处理 30 帧/秒的电视图像序列,则每秒要求

500 kbit~22.5 Mbit的数据量。因此数字图像处理对计算机的计算速度、存储容量等要求较高。

#### 2) 占用频带较宽

与语言信息相比,数字图像占用的频带要大几个数量级。如电视图像的带宽约为5.6 MHz,而语音带宽仅为4 kHz左右。所以数字图像处理在成像、传输、存储、处理、显示等各个环节的实现上,技术难度较大,成本也很高,这就对频带压缩技术提出了更高的要求。

#### 3) 像素相关性大

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一般还要大些。因此,数字图像处理中信息压缩的潜力很大。

#### 4) 视觉效果主观性大

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。由于人的视觉系统很复杂,受环境条件、视觉性能、人的情绪爱好及知识状况的影响很大,所以作为图像质量的评价还有待进一步深入的研究。

#### 5) 图像处理技术综合性强

数字图像处理涉及的技术领域相当广泛,如通信技术、计算机技术、电子技术、电视技术等,其中,数学、物理学等领域是数字图像处理的基础。

## 1.2 数字图像处理的起源

数字图像处理的发展历史并不长,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采用数字压缩技术传输了第一幅数字照片,从而把传输时间从1周多缩短到3小时。为了传输图片,该系统首先在传输端进行图像编码,然后在接收端用特殊打印设备重构该图片。尽管这一应用已经包含了数字图像处理的知识,但还称不上真正意义上的数字图像处理,因为它没有涉及计算机。

数字图像处理的历史与数字计算机的发展密切相关。数字图像要求非常大的存储和计算能力,因此数字图像处理领域的发展必须依靠数字计算机及数据存储、显示和传输等相关技术的发展。第一台可以执行有意义的图像处理任务的大型计算机出现在20世纪60年代早期,数字图像处理技术的诞生可以追溯至这一时期计算机的使用和空间项目的开发,这两大发展把人们的注意力集中到数字图像处理的潜能上。1964年,位于加利福尼亚的美国喷气推进实验室处理了太空船“旅行者7号”发回的月球照片,以校正航空器上摄像机中的各种类型的图像畸变,这标志着数字图像处理技术开始得到了实际的应用。

进行空间应用的同时,数字图像处理技术在20世纪60年代末70年代初开始用于医学图像、地球遥感监测和天文学等领域。早在20世纪70年代初发明的计算机轴向断层技术是数字图像处理在医学诊断领域最重要的应用之一。其后军事、气象、医学等学科的发展也推动了数字图像处理技术迅速的发展。

随着计算机软件、硬件技术日新月异的发展普及,人类已经进入一个高速发展的信息化时代。在科学研究、技术应用中,数字图像处理技术越来越成为不可缺少的手段。目前数字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。随着信息高速公路、数字地球概念的提出及

Internet 的广泛应用,数字图像处理技术的需求与日俱增。其中,数字图像信息以其信息量大、传输速度快、作用距离远等一系列的优点成为人类获取信息的重要来源及利用信息的重要手段。因此,数字图像处理技术逐步向其他学科领域渗透并为其他学科所利用是必然的。数字图像处理技术又是一门与国计民生紧密相连的应用科学,它已为人类带来了巨大的经济效益和社会效益,不久的将来不仅在理论上会有更深入的发展,在应用上也是科学研究、社会生产,乃至人类生活中不可缺少的强有力工具。它的发展及应用与我国现代化建设的联系之密切、影响之深远是不可估量的。在信息社会中,数字图像处理技术无论是在理论上还是实践上都存在着巨大的潜力。

### 1.3 数字图像处理与其他学科的关系

#### 1. 数字图像处理的内容

不管数字图像处理是何种目的,都需要用计算机图像处理系统对图像数据进行输入、加工和输出,因此数字图像处理的内容主要有以下七个过程。

##### 1) 图像获取、表示和表现(image acquisition, representation and presentation)

将自然界的图像通过光学系统成像并由电子器件或系统转化为模拟图像信号,再通过模数转换器得到原始的数字图像信号。该过程主要是把模拟图像信号转化为数字图像信号,以及把数字图像显示和表现出来。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。

##### 2) 图像复原(image restoration)

图像在形成、传输和记录过程中,由于成像系统、传输介质和设备的不完善,使图像的质量下降,这一过程称为图像的退化。图像复原就是要尽可能恢复退化图像的本来面目,其目的是试图将受污染或品质降低的图像还原到不受污染状况下的干净图像。由于引起退化的因素不同,目前还没有统一的恢复方法,只能针对不同的物理模型,采用不同的退化模型、处理技术和估计准则。

##### 3) 图像增强(image enhancement)

图像增强不是以图像保真度为原则的,而是通过处理设法有选择地突出便于人或计算机分析感兴趣的信息,抑制一些无用的信息,以提高图像的使用价值。图像增强的过程本身并没有增加原来资料所含的信息,它只是更加强调图像某些部分的特性。图像恢复和图像增强两者的目的都是为了改善图像的质量,但图像增强不考虑图像是如何退化的,只通过试用各种技术来增强图像的视觉效果。

##### 4) 图像分割(image segmentation)

图像分割是指把图像分成互不重叠的区域并提取出感兴趣目标的技术。图像中通常包括多个对象,例如,一幅医学图像中显示出正常的或有病变的各种器官和组织。图像处理为了达到识别和理解的目的,几乎都要按照一定的规则将图像分割成若干个区域,每个区域代表被成像的一个物体。

##### 5) 图像分析(image analysis)

图像分析是试图从图像中提取并描述某些特征,以自动产生所需信息的过程。图像分析并不仅仅是给景物中的各个区域进行分类,还要对千变万化和难以预测的复杂景物加以描述。因此,图像分析常常依靠某种知识来说明景物中物体与物体、物体与背景之间的关系。利用人工智能技术在分析系统中进行各层次控制和有效地访问知识库,正在被越来越普遍地采用。

### 6) 图像重建(image reconstruction)

图像重建一般是指由一个物体的多个(轴向)投影图重建目标图像的技术。从投影图重建图像可看成一类特殊的图像恢复技术。一个图像投影的取得是以平行的 X 光光束照射物体并在物体背面接收此投影量,接着在同一平面上改变光束照射的角度以获得不同的投影,再以某些重建算法将这些投影组合成此物体的一个横剖面图像。通过投影重建可以直接看到原来被投影物体某种特性的空间分布,比直接观察投影图直观,因此在许多科学领域都得到了应用。图像重建主要用于医学图像(电脑断层扫描)分析、天文学星象观测、雷达图像处理、地质研究及无损检测等。

### 7) 图像压缩编码(image compression code)

数字图像的特点之一是数据量庞大。如果数据不压缩,则在存储和传输中就需要占用大量的容量和带宽。图像压缩的目的是降低代表数字图像所需的数据量,这样做的好处是可以减少图像传输时间及储存空间。压缩可以在不失真的前提下进行,也可以在允许失真条件下进行。许多人都有使用网络浏览器的经验,如果是单纯文字资料的浏览,则通常传输速度较快,等待时间也较短;如果夹杂图像的浏览,则等待时间较长,而且等待时间大约与图像大小成正比。

## 2. 图像工程与相关学科的关系

自 20 世纪 60 年代以来,数字技术和微电子技术的迅猛发展,使数字图像处理成为研究图像信息的获取、传输、存储、变换、显示、理解与综合利用的一门崭新学科。对数字图像处理的\*\*理解有广义和狭义之分。广义的数字图像处理包含“图像技术”、“图像工程”等概念。图像技术在广义上是各种与图像有关的技术的总称。对各种图像技术进行综合集成的研究和应用需要一个整体框架,这个框架就是图像工程。数字图像工程是一门将数学、光学等基础科学的原理,结合在图像应用中积累的经验而发展起来的,将各种图像技术结合起来的,对整个图像领域进行研究应用的新学科。

图像工程所包含的内容是相当丰富的。根据抽象程度和研究方法等不同,可将图像工程分为三个层次:狭义图像处理、图像分析和图像理解,如图 1-2 所示。

狭义图像处理着重强调在图像之间进行的变换,是一个从图像到图像的过程,是比较低层的操作。它主要在像素级上进行处理,处理的数据量非常大。主要是指对图像进行各种加工,以改善图像的视觉效果,或对图像进行压缩编码以减少所需存储空间、传输时所用的时间或对传输通路的要求。

图像分析主要是对图像中感兴趣的目标进行检测和测量,从而建立对图像的描述。图像分析是一个从图像到数值或符号的过程,主要研究用自动或半自动装置和系统,从图像中提取有用的测度、数据或信息,生成非图像的描述或表示。图像分析的内容分为特征提取、符号描述、目标检测、景物匹配和识别等几个部分。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特点和性质,因此图像分析可以看做是中层处理。

图像理解是由模式识别发展起来的,输入的是图像,输出的是一种描述。这种描述不仅仅是单纯的用符号做出详细的描述,而且要利用客观世界的

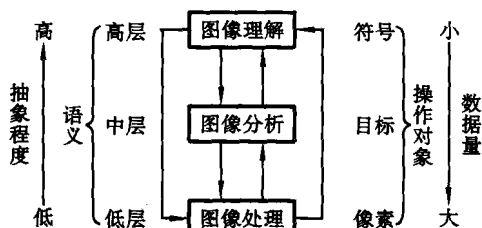


图 1-2 图像工程层次图

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。图像理解的重点是在图像分析的基础上,进一步研究图像中各目标的性质及它们之间的相互联系,并得到对图像内容、含义的理解,以及对原来客观场景的解释,从而指导和规划行动。图像理解属于高层操作。

综上所述,狭义图像处理、图像分析和图像理解既是相互联系又相互区别的。狭义图像处理主要在图像像素上进行处理,处理的数据量非常大;图像分析主要是对图像进行分割和特征提取,把原来以像素构成的图像转变成比较简洁的非图像形式的描述;图像理解是对描述中抽象出来的符号进行推理,其处理过程和方法与人类的思维推理有许多相似之处。如果说图像分析主要是以观察者为中心来研究客观世界,那么图像理解在一定程度上则是以客观世界为中心,并借助知识、经验等来掌握和解释整个客观世界。由图 1-2 可见,随着抽象程度的提高,数据量逐渐减少。原始图像数据经过一系列的处理逐步转化为更有组织和用途的信息,在这个过程中,语义由低层变化到中层,再到高层,操作对象由像素变化到目标,再到符号,数据量得到了由大到小。

图像工程是一门系统地研究各种图像理论、技术和应用的交叉学科,汇聚了光学、电子学、数学、摄影技术、计算机技术等多方面的学科。从研究范围来看,它与计算机图形学、模式识别、计算机视觉等学科既有联系又有区别。

图 1-3 给出了图像工程与计算机图形学、模式识别、计算机视觉等学科的联系。图形学原本指用图形、图表、绘图等形式表达数据信息的科学,目前计算机图形学研究的内容是如何在计算机中表示图形,以及如何利用计算机进行图形的生成、处理和显示的相关原理与算法,即由非图像形式的数据生成图像。与图像分析相比,两者的处理对象和输出结果正好相反。模式识别与图像分析则比较相似,只是前者试图把图像抽象成用符号描述的类别。模式识别和图像分析有相同的输入,而不同的输出结果之间可较方便地进行转换。至于计算机视觉则主要强调用计算机去实现人的视觉功能,要用到图像工程的许多技术,但目前的研究内容主要与图像理解相结合。

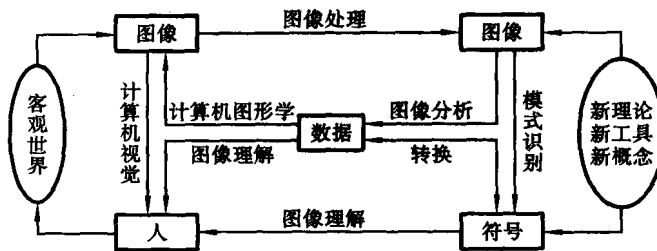


图 1-3 图像工程与相关学科的联系

以上学科各有所侧重,但彼此相互联系、相互交叉、互为补充,它们之间并没有绝对的界限。另外,以上各学科都得到了人工智能、神经网络、遗传算法、模糊逻辑等新理论、新工具、新技术的支持,所以它们在近年得到了较大的发展。

### 1.4 数字图像处理系统

一个基本的数字图像系统可用图 1-4 表示。图中各模块都有特定的功能,分别是采集模块、显示模块、存储模块、通信模块、处理和分析模块。为了完成各自的功能,每个模块都需要一些特定的设备。图像采集可采用电荷耦合照相机、数字摄像机和扫描仪等。图像显示可采



用电视显示器和各种打印机等。图像存储可采用磁带、磁盘、光盘和磁光盘等。图像通信可借助综合业务网、计算机局域网,甚至普通电话网等。图像处理和分析主要是运算,所使用的设备主要是计算机,当然必要时还可借助专用硬件。

下面对图 1-4 中各个模块分别进行简单介绍。

### 1. 数字图像采集模块

为采集数字图像,需要两种装置(器件)。一种是对某个电磁能量谱波段(如 X 射线、紫外线、可见光、红外线等)敏感的物理器件,它能产生与所接受到的电磁能量成正比的模拟电信号;另一种称为模/数转换器件,它能将上述模拟电信号转化为数字(离散)信号。所有采集数字图像的设备都需要这两种装置。下一章将对这两种装置做详细的介绍。

### 2. 数字图像存储模块

图像包含大量的信息,因而存储图像也需要大量的空间,这也说明大容量和快速的图像存储器是必不可少的。在计算机中,图像数据最小的量度单位是 bit。存储器的存储量常用字节(B)、千字节(kB)、兆字节(MB)、吉字节(GB)、太字节(TB)等表示。存储一幅  $1024 \times 1024$  的 8 bit 图像就需要 1 MB 的存储器。常用数字存储器可分为以下三类。

(1) 快速存储器:常用的快速存储器是计算机内存和特制的硬件卡。目前,一般微型计算机的内存常为 1~2 GB。特制的硬件卡,也称帧缓存。它常可存储多幅图像并可以视频速度(每秒 25 或 30 幅图像)读取。它也可以允许对图像进行放大、缩小,以及垂直翻转和水平翻转操作。目前常用的帧缓存容量为上百 MB 到 1 GB。

(2) 在线或联机存储器:在线存储器的一个特点是需要经常读取数据,所以一般不采用磁带之类的顺序介质。磁盘是比较通用的在线存储器,常用的 Winchester 磁盘已可存储多个 GB 的数据。除此之外,还常用磁光存储器,它可在 5.2 英寸的光片上存储 GB 的数据。对更大的存储要求,还可以使用光盘塔,一个光盘塔可放几十个到几百个光盘,利用机械装置插入或从光盘驱动器中抽取光盘。

(3) 不经常使用的数据库(档案库)存储器:数据库存储器的特点是要求有非常大的容量,但对数据的读取不太频繁。这里常用磁带和光盘。长 13 英尺的磁带可存储 GB 的数据,但磁带的储藏寿命较短,最多也只有 7 年。常用的一次写多次读光盘(WORM),可在 12 英寸的光盘上存储 6 GB 数据,在 14 英寸的光盘上存储 10 GB 数据。另外,WORM 光盘在一般环境下可储藏 30 年以上。另外,也可将 WORM 光盘放在光盘塔中。一个存储量达到 TB 级的 WORM 光盘塔可存储上百万幅  $1024 \times 1024$  的 8 bit 图像。

### 3. 数字图像显示模块

对狭义图像处理来说,处理的结果主要用于显示给人看。对图像分析来说,分析的结果也可以借助计算机图形学技术转换为直观的图像形式显示。所以,图像显示对狭义图像处理和系统来说是非常重要的。常用的图像显示模块有 CRT 显示器、液晶显示器或投影仪等暂时性显示设备,还有打印机等永久性显示设备。

### 4. 数字图像通信模块

近年来各种网络技术的发展非常迅速,图像的通信传输也得到了极大的关注。可以借助综合业务网、计算机局域网和普通电话网来进行数字图像的通信。图像传输可使不同的系统

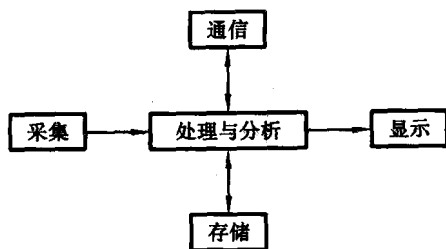


图 1-4 数字图像处理系统