

实用数字 图像处理

刘榴娣 刘明奇 党长民 编著

北京理工大学出版社

实用数字图像处理

刘榴娣 刘明奇 党长民 编著

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书系统介绍了数字图像处理技术中所涉及的数理基础、基本算法和各种处理技术方法,并尽可能地列举了一些实例,以供参考。

全书主要包括:数字图像基础知识、图像变换、增强、复原、压缩编码、分析等内容。

本书可供光电成像技术、图像通信、计算机应用、信息处理、电子工程、医学工程、生物工程、遥感技术、自动控制等专业的本科生、研究生教学之用;并可供从事图像处理及相关领域的科学研究人员、工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用数字图像处理/刘榴娣等编著. —北京:北京理工大学出版社, 1998.8

ISBN 7-81045-434-X

I. 实… II. 刘… III. 数字图像处理 IV. TN919.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 13575 号

责任编辑:刘京凤 责任校对:陈玉梅

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 7 号)

邮政编码 100081 电话 (010)68912824

各地新华书店经售

北京地质印刷厂印刷

*

787×1092 16 开本 18.5 印张 448 千字

1998 年 8 月第 1 版 1998 年 8 月第 1 次印刷

印数:1~2000 册 定价:23.00 元

※图书印装有误,可随时与我社退换※

出版说明

在 21 世纪即将来临之际,根据兵器工业科技与经济发展对于人才素质和质的要求,兵器工业总公司教育局组织兵工专业教学指导委员会制定了《兵器工业总公司“九五”教材编写与出版规划》。在制定规划的过程中,我们力求贯彻国家教委关于“抓重点,出精品”的教材建设方针,根据面向 21 世纪军工专业课程体系 and 教学内容改革的总体思路,本着“提高质量,保证重点”的原则,精心遴选了在学校使用两遍以上,教学效果良好的部分讲义列入教材规划,兵工专业教学指导委员会的有关专家对于这些规划教材的编写大纲都进行了严格的审定。可以预计,这些“九五”规划教材的出版将促进兵工类专业教育质量的提高、教学改革的深化和兵器科学与技术的发展。

本教材由邹异松教授主审。

殷切地希望广大读者和有关单位对本教材编审和出版中的缺点与不足给予批评指正。

1998 年 4 月 17 日

前 言

近 30 多年来,数字图像处理技术不仅在理论研究上取得了很大进展,而且其应用领域日益扩大。这一技术的成就得益于离散数学的创立和完善;得益于数字技术和大规模集成电子技术的高速发展,使得图像信息的采集、处理、传输、显示和存贮等技术有可能得以实际应用。另一方面,随着现代社会信息化的突飞猛进,各行各业,如航天、航空、通信工程、遥感技术、医疗卫生、天气预报、军事公安、工业探仿、自动控制、机器人……等等领域的迫切需要,又促使图像处理技术向更高水平发展。

本书是兵器工业总公司“九五”规划教材,是根据兵总激光与夜视专业教学指导委员会审查通过的教材编写大纲进行编写的。

全书由北京理工大学邹异松教授审阅,在此特别表示诚挚的谢意。

本书主要介绍了数字图像基础知识、图像变换、图像增强、图像复原、图像压缩编码技术、图像分析基础、图像处理实用系统与程序实例以及实验方法等内容。

全书共分十章,其中第三、四、九、十章由刘明奇编著,第八章由党长民编著,其余各章由刘榴娣编著并统编全书。本书在编著过程中还得到其他许多同志的帮助,在此亦表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免有错误与不足之处,恳请同行专家与广大读者批评指正。

编著者

1998 年 2 月于北京

目 录

第一章 绪 论

§ 1-1 图像处理概述	(1)
1-1-1 图像处理分类和特点	(1)
1-1-2 图像的数字化和表达	(3)
§ 1-2 数字图像处理技术	(5)
1-2-1 数字图像处理技术范畴	(5)
1-2-2 数字图像处理内容和方法	(7)
§ 1-3 数字图像处理系统的组成	(7)
§ 1-4 数字图像处理应用简介	(18)

第二章 数字图像基础

§ 2-1 图像的视觉原理	(20)
2-1-1 辐射度与光度学基础	(20)
2-1-2 色度学基础	(25)
2-1-3 视觉系统	(39)
2-1-4 视觉特性	(42)
2-1-5 图像质量的评价	(49)
§ 2-2 图像的采样、量化与数据结构	(51)
2-2-1 采样	(52)
2-2-2 量化	(54)
2-2-3 采样、量化对图像质量的影响	(58)
2-2-4 数字图像数据存储结构	(58)

第三章 图像变换

§ 3-1 连续函数的傅立叶变换	(62)
§ 3-2 卷积和相关	(64)
3-2-1 卷积和卷积定理	(64)
3-2-2 相关和相关定理	(65)
§ 3-3 离散傅立叶变换	(66)
3-3-1 一维离散傅立叶变换	(66)
3-3-2 二维离散傅立叶变换	(67)
§ 3-4 二维离散傅立叶变换的基本性质	(67)
3-4-1 可分离性	(67)

3-4-2 平移性	(68)
3-4-3 线性特性	(69)
3-4-4 比例尺性质	(69)
3-4-5 周期性和共轭对称性	(69)
3-4-6 旋转性质	(70)
3-4-7 微分性质	(70)
3-4-8 平均值性质	(71)
§ 3-5 离散卷积和离散相关	(71)
3-5-1 离散卷积和卷积定理	(71)
3-5-2 离散相关和相关定理	(73)
§ 3-6 快速傅立叶变换	(74)
§ 3-7 其它离散图像变换	(78)
3-7-1 离散图像变换的一般表达式	(78)
3-7-2 离散沃尔什变换	(80)
3-7-3 离散哈达玛变换	(81)
3-7-4 离散余弦变换	(83)
3-7-5 K-L 变换	(84)

第四章 图像增强

§ 4-1 灰度修改技术	(87)
4-1-1 灰度变换	(87)
4-1-2 直方图法图像增强	(89)
§ 4-2 图像平滑	(94)
4-2-1 空域低通滤波	(95)
4-2-2 频域低通滤波	(100)
§ 4-3 图像锐化	(102)
4-3-1 空域高通滤波	(102)
4-3-2 频域高通滤波	(105)
§ 4-4 同态滤波	(107)
§ 4-5 伪彩色图像处理	(108)
4-5-1 灰度分层法伪彩色处理	(109)
4-5-2 灰度变换法伪彩色处理	(109)
4-5-3 频域伪彩色处理	(110)
4-5-4 彩色图像的伪彩色处理	(110)
4-5-5 多光谱图像的伪彩色处理	(111)

第五章 图像复原

§ 5-1 概 述	(112)
§ 5-2 图像的退化模型	(112)

5-2-1 连续形式的退化模型	(112)
5-2-2 离散形式的退化模型	(114)
5-2-3 循环矩阵和分块循环矩阵的对角线化	(118)
§ 5-3 退化参数的估计	(122)
5-3-1 点扩散函数的估计	(122)
5-3-2 噪声功率谱的估计	(124)
§ 5-4 图像滤波复原法	(125)
5-4-1 逆滤波图像复原	(125)
5-4-2 维纳滤波图像复原	(126)
5-4-3 约束最小平方滤波图像复原	(128)
5-4-4 等功率谱滤波图像复原	(130)
§ 5-5 图像代数复原法	(130)
§ 5-6 图像几何复原法	(132)

第六章 图像压缩编码

§ 6-1 概 述	(135)
6-1-1 压缩编码及其分类	(135)
6-1-2 压缩编码系统评价	(136)
§ 6-2 统计编码	(140)
6-2-1 霍夫曼(Huffman)编码	(140)
6-2-2 算术编码(AE)	(143)
6-2-3 跳过白色块编码(WBS)	(146)
6-2-4 游程编码(RC)	(146)
6-2-5 方块编码(BTC)	(149)
§ 6-3 预测编码	(152)
6-3-1 差分脉冲编码调制(DPCM)	(152)
6-3-2 自适应预测编码	(155)
§ 6-4 变换编码	(156)
6-4-1 变换编码的一般原理	(156)
6-4-2 各种变换编码性能比较	(160)
§ 6-5 混合编码	(160)
6-5-1 子带编码	(160)
6-5-2 小波变换编码	(161)
6-5-3 分形基编码	(171)
6-5-4 模型基图像编码	(173)

第七章 图像分析基础

§ 7-1 图像分割	(176)
7-1-1 门限法	(176)

7-1-2 统计门限法	(178)
7-1-3 边缘检测	(180)
§ 7-2 图像描述	(183)
7-2-1 区域描述	(183)
7-2-2 关系描述	(188)
7-2-3 相似性描述	(188)
§ 7-3 图像分析	(191)
7-3-1 纹理分析	(191)
7-3-2 图像序列分析	(193)
7-3-3 场景分析	(196)

第八章 实用数字图像处理系统

§ 8-1 陆地卫星图像处理系统	(198)
§ 8-2 气象卫星图像处理系统	(202)
§ 8-3 医用图像处理系统	(206)
§ 8-4 微光及红外图像处理系统	(210)
§ 8-5 光电自动检测图像处理系统	(213)
§ 8-6 指纹图像自动识别系统	(215)
§ 8-7 多媒体图像处理系统	(218)
§ 8-8 数字图像通信系统	(222)
§ 8-9 光电成像制导图像处理系统	(226)

第九章 数字图像处理常用基本算法程序

§ 9-1 图像变换程序	(230)
§ 9-2 图像增强程序	(233)
§ 9-3 图像压缩编码程序	(234)

第十章 数字图像处理实验

§ 10-1 伪彩色图像处理实验	(238)
§ 10-2 真彩色图像处理系统实验	(241)
§ 10-3 红外数字图像处理实验	(244)
§ 10-4 显微数字图像处理实验	(245)

参考文献

附录 1 数学符号和公式 附录 2 图像例程

2-1 图像变换例程	(253)
2-2 图像增强例程	(257)
2-3 图像压缩编码例程	(268)

第一章 绪 论

本世纪 20 年代,图像处理技术首先应用于图像的远距离传送,用来改善伦敦和纽约之间经海底电缆传送的图片质量。用计算机进行图像处理,改善图像质量的有效应用开始于 1964 年美国的喷气推动实验室(JPL)用 IBM 7049 计算机对“徘徊者七号”太空船发回的四千多张月球照片进行处理,并获得了巨大的成功。在 60 年代后期至 70 年代中期这十多年中,随着成像技术、数字计算机以及信号技术在速度、规模和经济效果上的改进,同时由于离散数学理论的创立和完善,数字图像处理技术得到了迅猛的发展,其理论和方法进一步完善。

70 年代后期,我国学者开始了较大规模的研究,使我国的数字图像处理技术逐渐跻身于世界日新月异发展的行列。

图像处理在科学和应用技术中的各个领域正发挥着越来越重要的作用。例如通讯中的图文传真,卫星遥感中的农作物监视和产量预测,森林火灾监视,自然资源的开发和利用,生物学中的细胞分析研究,工业生产中的自动检测,公安侦破中的指纹提取和军事目标自动跟踪、机器视觉的目标识别等等。因此研究图像处理技术十分重要。

本章主要介绍图像处理的基本概念、数字图像处理理论和方法提要以及一般数字图像处理系统和应用。

§ 1-1 图像处理概述

本节主要介绍数字图像的基本概念和表述。

1-1-1 图像处理分类和特点

信息是自然界物质运动总体的一个重要方面,人们认识世界和改造世界就是要获得各种各样的信息。图像信息是人类获得外界信息的主要来源,大约有 70% 的信息是通过人眼获得的,而人眼获得的都是图像信息。在近代科学研究、军事技术、工农业生产、医学、气象及天文学等领域中,人们越来越多地利用图像信息来认识和判断事物,解决实际问题。例如:由于空间技术的发展,人造卫星拍摄了大量的地面和空间的照片,人们可以利用照片获得地球资源、全球气象和污染情况等,在医学上,医生可以通过 X 射线层析照相,观察到人体各部位的断层图像;在工厂,技术人员可以利用电视图像管理生产。由此可见图像信息的重要性。

获得图像信息非常重要,但我们的目的不仅仅是为了获得图像,而更重要的是将图像信息进行处理,在大量复杂的图像中,找出我们所需要的信息。因此图像信息处理在某种意义上讲,比获得图像更为重要,尤其是在当今科学技术迅速发展的时代,对图像信息处理提出了更高的要求,以便更加迅速、准确、可靠地获得有用的信息。

图像是指景物在某种成像介质上再现的视觉信息。图像是具有特定信息的某种集合体,本质上可认为图像是数据的集合。为了研究和分析图像,需对图像进行必要的处理,常用的图像处理的方法可分为下列几种:

1. 光学模拟处理(光信息处理)

它是建立在傅立叶光学的基础上,进行光学滤波、相关运算、频谱分析等,可以实现图像像质的改善、图像识别、图像的几何畸变和光度的矫正、光信息的编码和存储、图像的伪彩色化、三维图像的显示、对非光学信号进行光信息处理等。

光信息处理的优点是实时,能进行二维并列运算,借助于全息图可作三维并列运算,运算速度很快,处理的图像信息容量可以特别大,处理系统也比较简单。其不足是处理精度较低,灰阶少(最高为 64 级),处理缺乏灵活性,如处理过程中功能不全,没有判断功能,没有数量概念等。常用在定性分析中。

2. 电学模拟处理

把光强度信号转换成电信号,然后用电子学的方法,对信号进行加、减、乘、除、进行浓度分割、反差放大、彩色合成、光谱对比等。在电视视频信号处理中常应用它。近期发展较快的 CCD 模拟处理方法,是根据 CCD 的特性,有三种处理功能:(1)模拟延迟,改变时钟脉冲频率就能实现模拟延迟;(2)多路调制把并列输入的信号转换成串行的时序信号,或者建立它的反变换,可实现数据信息的重新排列;(3)它能作成各种响应的滤波器,而滤波器就是一个信号处理装置。CCD 模拟处理在设备、成本方面都有很大的优越性,在滤波技术方面较计算机更易于实现。

3. 数字处理(计算机数字处理)

图像的数字处理是在以电子计算机为中心的包括各种输入、输出及显示设备在内的数字图像处理系统上进行的,是将连续的模拟图像变成离散的数字图像后,用建立在特定的物理模型和数学模型的基础上而编制的程序(软件)控制下,所进行并实现种种要求的处理。数字图像处理的发展取决于硬件的研制、软件的开发和必要的科学储备。当前,图像处理总的发展趋势是以数字处理为主,因为这种方法有许多优点。例如:处理精度高,灰阶多(256 级以上),能进行复杂的非线性运算,处理非常灵活,功能齐全,使用、保存方便,通用性、重复性好等。但与光信息处理相比,处理速度、图像的容量等受到计算机的限制,处理设备也较复杂。

利用计算机对图像信息的处理,按其处理特点可以基本分成两大类。

一类是以最终恢复原图像为前提的信息压缩处理和用原图像相异的形式有效地表现和提示图像的图像变换处理。基于图像数据压缩的图像传输和存储,通过图像变换来改善图像的增强和恢复,都属于这一类。

该信息处理的要求是尽可能不丢失信息。因为无论是压缩处理和图像变换处理,最终要以图像形式表示出来,如果大量丢失信息,重建的图像将产生极大的失真。这里,信息的保持程度主要由人依据对灰度的图像或变换后的图像的观察效果来确定。亦可用软件进行检测。这一类处理是数字图像处理的基本内容。对图像进行分割、描述和分析亦可纳入数字图像处理的范畴。

另一类对图像的处理,主要是特征信息抽取。其处理的最终目的是为了识别。处理时,对于那些用于判别景物的特征信息给予抽取,而其它信息则尽量予以舍弃,达到高度的信息压缩。并根据抽取的特征信息进行分类和识别,这一类对图像的计算机处理,属于数字模式识别的范畴。

4. 光学—计算机混合处理

混合处理是先光学办法对图像作预处理,再用数字方法作精处理。因而兼备了二者的

优点,在某些场合得到应用。

1-1-2 图像的数字化和表达

图像有单色与彩色;平面与立体;静态与动态;自发光与反射(透射)等区别,但任一幅图像,根据它的光强度 I (亮度、密度或灰度)的空间分布,均可用下面的函数形式来表示:

$$I = f(x, y, z, t, \lambda) \quad (1-1)$$

式中 x, y, z 为空间坐标, t 为时间, λ 为波长。而对于单色的某一时刻的平面图像则可表示为二维图像函数:

$$I = f(x, y) \quad (1-2)$$

并能满足有限非负值的条件,即 $0 \leq f(x, y) < \infty$ 。对于彩色图像,可以用三原色红、绿、蓝三幅单色图像来表示,即 $f_R(x, y), f_G(x, y), f_B(x, y)$ 。或根据彩色的三要素色品、饱和度和明亮度的三个二维连续函数 $f_H(x, y), f_S(x, y)$ 和 $f_B(x, y)$ 来描述。

为了利用数字计算机来处理图像,首先必须把连续的图像变换成离散的数字图像。即实现图像的数字化。

1. 数字图像的矩阵表达

一幅数字图像 $f(x, y)$ 是在其空间坐标上和灰度上都离散化并进行数字编码的图像。图像 $f(x, y)$ 在其空间坐标上的离散化称为采样;图像 $f(x, y)$ 在灰度上的离散化则称为量化。采样和量化都可为均匀的或不均匀的。

设一幅图像 $f(x, y)$, 我们若对它作等间隔的采样, 在 x, y 方向上都取 N 个采样点, 总共为 $N \times N$ 个图像点。这些图像点实际上是采样样本的中心点, 称为图像像元或像素。每一像素 $f(x_i, y_j) (i, j = 0, 1, 2, \dots, N-1)$ 就是 (x_i, y_j) 点的灰度值。为实现数字化, 灰度值必须离散即需要进行量化, 例如分成 K 个等级, 则在图像 $f(x, y)$ 经过采样和量化, 形成离散化了的坐标和灰度值可以用一个矩阵来表示, 其行和列的交点标出图像在每个像素, 该数字图像矩阵可表示为:

$$\begin{aligned} I = f(x, y) &\approx \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \cdots & f(N-1,N-1) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} f_{00} & f_{01} & \cdots & f_{0(N-1)} \\ f_{10} & f_{11} & \cdots & f_{1(N-1)} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f_{(N-1)0} & f_{(N-1)1} & \cdots & f_{(N-1)(N-1)} \end{bmatrix} \\ &= [f_{ij}] \quad (i, j = 0, 1, 2, 3, \dots, N-1) \end{aligned} \quad (1-3)$$

左边为连续图像 $f(x, y)$, 右边为数字图像矩阵, 可见数字图像为连续图像的一种近似表达。把图像表达成矩阵形式就有可能利用矩阵方法来处理数字图像。而且一般地说, 对图像的任何物理意义上的限制(诸如: 图像像素点的灰度值为非负且有限等约束条件)都可以在矩阵数学上加以表达和运算。特别是用计算机进行数学处理更为方便。

2. 采样、量化和图像细节的关系

上面的数字化过程, 需要确定数值 N 和灰度级的级数 K 。在数字图像处理中, 一般都取成 2 的整数幂, 即:

$$N = 2^n$$

$$K = 2^m$$

因此, 一幅数字图像在计算机中所占的二进制存储位数 b 为:

$$b = \log_2(2^m)^{N \times N} = N \times N \times m \quad (\text{bit})$$

例如, 灰度级为 256 级 ($m = 8$) 的 512×512 的一幅数字图像, 需要大约 210 万个存储位。随着 N 和 m 的增加, 计算机所需要的存储量(存储位 b 和存储字节数 B)也随之迅速增加。见表 1-1 和表 1-2 所列数据。表 1-2 所列数据为一个字节中只存放一个像素, 不允许重叠时所需的最小字节数目。

表 1-1 对不同的 N 和 m 值的存储位数

b \ m \ N	1	2	3	4	5	6	7	8
32	1 024	2 048	3 072	4 096	5 120	6 144	7 168	8 192
64	4 096	8 192	12 288	16 384	20 480	24 576	28 672	32 768
128	16 384	32 768	49 152	65 536	81 920	98 304	114 688	131 072
256	65 536	131 072	196 608	262 144	327 680	393 216	458 752	524 288
512	262 144	524 288	786 432	1 048 576	1 310 720	1 572 864	1 835 008	2 097 152

表 1-2 对不同的 N 和 m 值的 8 位字节的存储量

B \ m \ N	1	2	3	4	5	6	7	8
32	128	256	512	512	1 024	1 024	1 024	1 024
64	512	1 024	2 048	2 048	4 096	4 096	4 096	4 096
128	2 048	4 096	8 192	8 192	16 384	16 384	16 384	16 384
256	8 192	16 384	32 768	32 768	65 536	65 536	65 536	65 536
512	32 768	65 536	131 072	131 072	262 144	262 144	262 144	262 144

由于数字图像是连续图像的近似, 从图像数字化的过程可以看到, 这种近似的程度主要取决于采样样本的大小和数量(N 值)以及量化的级数 K (或 m 值)。 N 和 K 的值越大, 从数字图像重构的连续图像与原图像越接近, 图像清晰度越好。然而, 对图像的计算机处理来说, 要求计算机的存储量越大, 计算量也大大增加。因此, 合理地选择 N 和 K 值是重要的。灰度等

级过多和采样间隔过小都会使图像数据过大,计算复杂,同时并不一定提高处理的质量,这还与图像结构有关;灰度等级太少和采样间隔过大将会引起图像失真和造成假像(假轮廓)。因此灰度等级和采样间隔都应取得适当。

在一幅图像总的数量确定的情况下,如何选择 N 和 K ,要视具体情况来确定。目前还没有一个选择最佳 N 、 K 值的准则。但从图像处理的实践中认识到, N 和 K 的选择是与图像中包含的细节信息的多少有关。选择的一般原则是:在灰度变化缓慢的景物图像中,精细的量化是重要的,而采样可以粗一些;而在有大量细节的景物图像中,精细的采样则是必要的,而量化可以粗一些。

关于采样率与景物细节之间的关系,按照香农(Shannon)采样定理,为避免混迭效应发生,采样间隔不应超过奈奎斯特(Nyquist)间隔,即采样率应等于或大于信号中希望保存的最高频率分量的两倍。

在许多情况下,采用非均匀采样和非均匀量化将能改善图像的外观和效果。

3. 数字图像的特点

数字图像信息有以下几个特点:

(1)数字图像信息量大。若对一幅电视图像取 512 行 512 列,像素数为 512×512 ,灰度量化为 $2^8 = 256$ 级,那么用二进制表示,其信息量为:

$$512 \times 512 \times 8 = 2\,097\,152 \text{ bit}$$

若对一幅遥感图像取为 1024 行,1024 列,量化为 2^{10} 灰度级,则信息量为:

$$1024 \times 1024 \times 10 = 10\,485\,760 \text{ bit}$$

要对这样大信息量的图像进行处理,必须用具有相当大内存和存储器的电子计算机才能胜任。

(2)数字图像像素间相关性大。图像信号在同一帧内各相邻像素之间具有相同或相近灰度的可能性很大,即相关性很大,有人统计其相关系数可达 0.9 以上;而相邻帧对应像素之间的相关性一般说更大。因此若能有效地去除像素间的冗余度,充分利用数字图像的可压缩性来进行数字图像处理,尤其在图像通信的应用中,将大大优于模拟图像的处理和传输。

(3)数字图像占用频带宽。图像信息与语言信息相比,占用的频带要大几个数量级。如电视图像的带宽约为 5.6MHz,而语言带宽仅为 4kHz 左右。因此无论在成像、传输、存储、处理、显示等各个环节的实现上,技术难度大,成本高。这就对频带压缩技术提出了很高的要求。

(4)图像信息的视觉效果主观性大。一方面图像信息即视觉信息与听觉信息相比,有许多优点,诸如可靠性大、直观性好、高效性强、应用范围广。但另一方面受人的主观因素影响大,由于人的视觉系统很复杂,受环境条件、视觉功能、人的情绪、兴趣以及知识状况影响很大。所以对图像的视觉效果的评价主观性亦大。

§ 1-2 数字图像处理技术

1-2-1 数字图像处理技术范畴

数字图像处理技术,通俗地讲是指应用计算机以及数字硬设备对图像进行加工处理的技术。大体上可包括以下几个方面的内容。

1. 图像信息的获取

为了在计算机上进行图像处理,必须把作为处理对象的模拟图像转换成数字图像信息。图像信息的获取一般包括图像的摄取、转换及数字化等几个步骤。该部分主要有处理系统硬件实现。

2. 图像信息的存储和交换

由于数字图像信息量大,且在处理过程中必须对数据进行存储和交换,为了解决大数据量及交换与传输时间的矛盾,通常除采用大容量机内存储器进行并行传送,直接存储访问外,还必须采用外部磁盘、光盘及磁带存储方式,从而达到提高处理速度的目的。该部分功能主要也由硬件完成。

3. 数字图像处理

数字图像处理即把在空间上离散的,在幅度上量化分层的数字图像,经过一些特定数理模式的加工处理,以达到有利于人眼视觉或某种接收系统所需要的图像的过程。广义地说,一般数字图像处理的方法主要包括:图像变换;图像增强;图像复原;图像压缩编码;图像分析;模式识别等内容。由于数字图像处理技术发展很快,可认为图像分析和模式识别是相对独立的另两个部分,最基本的特点是输入的是图像,输出不为图像,而是对图像的分析 and 特征分类,或对图像的描述和解释。前面几部分也可称作数字图像的预处理方法。这部分最基本的特点是输入和输出均为图像,但因为这些内容之间在理论基础和处理方法上各有异同,在技术上既相互渗透,又分别和不同学科相结合,因此难以严格地划分,但又可保持相对的独立性。随着研究问题的深入,我们将进一步了解它们各自的特点和应用。图 1-1 表示了数字图像处理的内容和相互关系。上述各部分工作主要由软件完成,而在某些方面已完成了软件硬化的工作,则可直接有硬件来完成。

4. 数字图像通信

80 年代以来,由于计算机技术和超大规模集成电路技术的巨大发展,推动了通信技术(包括语言、数据、图像通信)的飞速发展,正如专家们预言的那样:90 年代将是图像通信的年代。又因为图像通信具有形象直观、可靠、高效率等一系列优点,尤其是数字图像通信比模拟图像通信更具抗干扰性,便于压缩编码处理,易于加密等,因此在图像通信工程中数字处理技术获得了广泛应用。

数字图像通信的过程是指把数字化的图像信号经过预处理(包括去噪声、低通、高通、带通滤波等),再经过编码器(信源编码和解决纠错码的信道编码)、调制器(目的在于使数字基带信

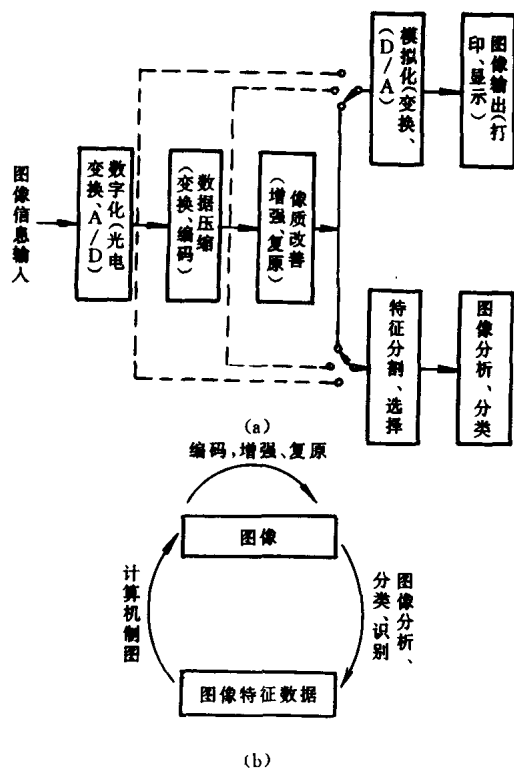


图 1-1 数字图像处理内容和关系

号变换成更适合于信道传输的形式)及通过信道传输图像,即完成了图像的发送,而在接收端则要完成与发送端相应的逆过程,即图像解调、信道解码、信源解码、最后至终端显示图像。以上诸多环节的核心技术是基于图像压缩编码和试验基础之上的软硬件相结合的编码技术了。

5. 图像的输出和显示

数字图像处理的最终目的是为了提供便于人眼或接收系统解释和识别的图像,因此图像的输出和显示很重要。一般图像输出的方式可分为硬拷贝,诸如照相、打印、扫描鼓等,还有所谓软拷贝,诸如 CRT 监视器及各种新型的平板监视器等等。

1-2-2 数字图像处理内容和方法

1. 图像变换

一般指利用正交变换(诸如傅立叶变换、余弦变换、沃尔什变换、小波变换等等)的性质和特点,将图像转换到变换域中进行处理,如由时间域或空间域的图像转换到频率域的变换处理以改善图像的质量,同时还因为大多数变换都有快速实现的方法,从而大大提高了处理运算的速度。该部分主要研究各种变换模型和处理方法。

2. 图像增强

指利用各种数学方法和变换手段提高图像中的对象与非对象的对比度与图像清晰度,对象指所需研究的目标,非对象指对象以外的背景。从而突出人或其它接收系统所感兴趣的部分,例如若强化图像高频分量,则可使图像中目标轮廓清晰、细节明显等等。该部分主要研究各种增强模型和处理方法。

3. 图像复原

在景物成像过程中,由于目标的高速运动、介质散射、系统畸变、噪声干扰等因素,致使最后形成的图像存在种种恶化。把恶化了的图像恢复到能真实反映原景物图像的处理,称为图像复原。该部分主要研究各种校正模型和处理方法。

4. 图像压缩编码

把数字化的图像数据按一定规则进行排列或运算的过程,称为图像编码。利用图像本身的内在特性,通过某种特殊的编码方式,达到减少原图像数据时空占用量的处理叫做图像压缩编码。该部分主要研究各种高效压缩编码方法。

5. 图像分析基础

图像处理的另一个重要分支是图像分析,它主要研究图像特征、图像分割、图像描述以及一些图像分析方法。由于篇幅所限,在本书中只能涉及其基础部分。另一类关于特征提取、分类和识别等模式识别的理论和方法,由于数学基础和应用的差异,则已自成体系,本书不作介绍。

§ 1-3 数字图像处理系统的组成

一般的数字图像处理系统是以主计算机和图像阵列处理机为中心,配以图像输入、输出设备以及人机交互控制设备,再加上主机的通用外部设备等组成的。图 1-2 和图 1-3 所示分别为通用数字图像处理系统和微机数字图像处理系统框图。对于某一个具体系统而言,可根据情况来选择。以下简单介绍各主要部分的基本工作原理和功能。

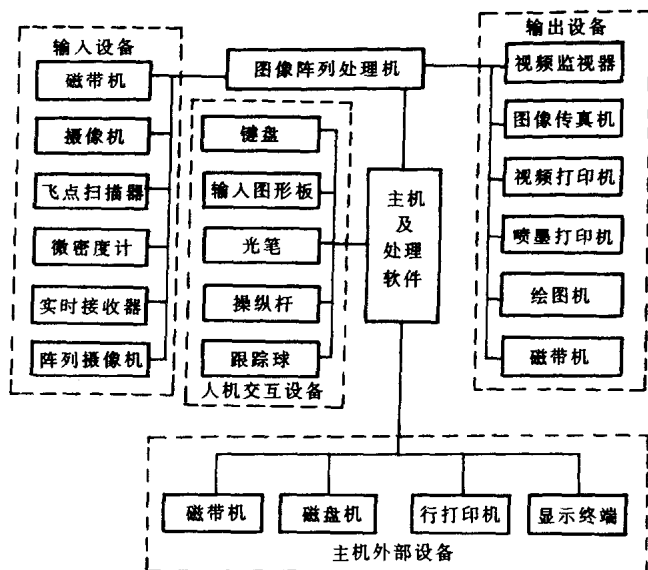


图 1-2 通用数字图像处理系统框图

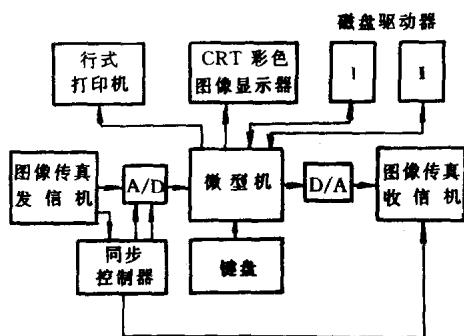


图 1-3 微型机数字图像处理系统框图

1. 主机和图像阵列处理机

早期的图像处理系统是以通用大型计算机为中心,处理功能完全依靠软件实现,速度慢。为了提高处理速度,新的系统广泛采用以一个小型计算机带一个图像阵列处理机为核心。图像阵列处理机是具有多种图像存储和处理功能的硬件,采用并行和流水线的结构,使这些功能以极快的速度处理完成。系统提供了众多图像处理的应用程序,适用于多方面的处理要求。诸如许多图像工作站即属于此种处理系统。表 1-3 列出了一些图像工作站的性能情况。

2. 微机与微机图像图形处理板

图像处理板(卡)或帧捕捉板(器)等,分为单色、伪彩色和真彩色型等几种;还有图形处理板或图形控制卡;以及图像图形加速板。图 1-4 表示了微机图像图形处理系统组成框图。

(1) 伪彩色实时图像处理板。

一般高速彩色实时图像处理板和 IBM-PC 总线兼容。直接装配在 IBM/PC/AT 机及其兼容机的总线上。此板能高速从摄像机采集数据,并映射于 IBM/PC 微型计算机的内存空间,而同时把存储的图像在一个外部的监视器上显示出来。图 1-5 表示了伪彩色实时图像处理器系统方框图。

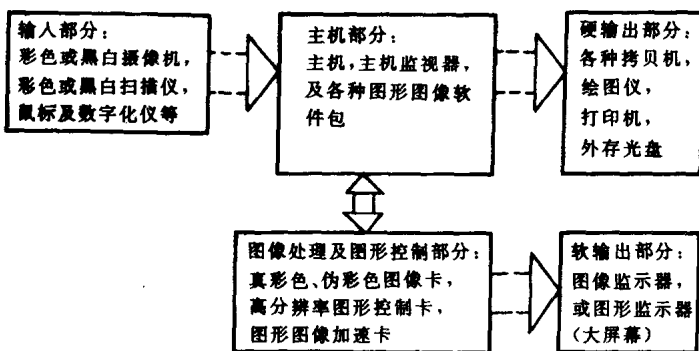


图 1-4 微机图像图形处理系统框图

(2) 真彩色图像处理板。

CA6300 真彩色图像卡采用中国科学院自动化研究所与美国泰鼎(TRIDENT)公司合作开发的专用图像控制芯片,在硬件寄存器级保持与 Targa+32 全兼容的前提下,增加了许多新的功