

900887

高等学校教材

数字图象处理

余松煜 周源华 吴时光 编

电子工业出版社

内 容 简 介

数字图象处理是一门发展很快的新兴学科，内容十分丰富。

本书讨论数字图象处理的基本概念、理论和方法，在对数字图象处理的基本理论作较为系统的论述的基础上，反映本学科的最新进展。

全书包括数字图象基础，图象的正交变换，图象增强，图象数据压缩编码，图象复原，图象分割，图象描述和运动图象分析等内容。

本书可以作为高等院校计算机、自动控制、电子工程、生物医学工程等专业本科生选修课教材，以及有关专业的研究生教材。

数 字 图 象 处 理

余松煜 周源华 吴时光 编

责任编辑：吴明卒

电子工业出版社出版(北京海淀区万寿路)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国科学院印刷厂印刷

*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：16 插页：3 字数：416 千字

1989年8月第1版 1989年8月第1次印刷

印数：1—2,500册 定价：3.30元

ISBN 7-5053-0595-6/TP·89

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定,我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力,有关出版社的紧密配合,从1978年至1985年,已编审、出版了两轮教材,正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要,贯彻“努力提高教材质量,逐步实现教材多样化,增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神,我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会,在总结前两轮教材工作的基础上,结合教育形势的发展和教学改革的需要,制订了1986~1990年的“七五”(第三轮)教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿,是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐,由编审委员会(小组)评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量,作出了不懈的努力。

限于水平和经验,这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处,希望使用教材的单位,广大教师和同学积极提出批评建议,共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本书由《计算机与自动控制》教材编审委员会《计算机》编审小组评选审定并推荐出版。

本书是在上海交通大学《数字图象处理与模式识别》讲义的第一部分(数字图象处理部分)的基础上经增补修订而成,由上海交通大学图象处理与模式识别研究所余松煜、周源华、吴时光三人合编,由华东师范大学万嘉若教授担任主审。编写和审阅是依据编审小组审定的大纲进行的。本书可以作为高等理工科院校计算机、自动控制、电子工程、生物医学工程等专业本科生选修课教材,以及有关专业的研究生教材。学时数约为60学时。

本书讨论了数字图象处理的基本概念、理论和方法。数字图象处理是一门发展很快的新兴学科,内容十分丰富,近年来有许多新的进展。本书力图对数字图象处理的基本理论作较为系统、详细的论述的基础上反映这些新的进展。因此书中适当收集、增加了一些原讲义中没有的新的内容,特别是在图象分析方面。

全书分为九章。第一章为绪论;第二章为数字图象基础;第三章讨论了图象的正交变换;第四章为图象增强;第五章是图象数据压缩编码;第六章为图象复原;第七章与第八章分别为图象分割和图象描述;第九章为运动图象的分析。为了适当增加图象分析方面的内容,书中将图象分割和描述列为两章,同时新增加了运动图象这一章。本书由余松煜编写第五章、第七章;周源华写第一、六、八、九章;吴时光编写第二、三、四章。在本书的编写过程中得到上海交通大学图象处理和模式识别研究所许多老师的支持和帮助,谨在此表示衷心的感谢。限于编者的水平和经验,书中缺点和错误在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编者

1987年11月

目 录

第一章 绪论	I
1.1 图象和图象处理	1
1.1.1 数字图象处理的发展概况和应用	1
1.1.2 景象和图象	2
1.1.3 图象处理	4
1.2 数字图象处理系统简介	4
1.3 数字图象处理的内容及本书的安排	5
1.4 主要参考文献	6
第二章 数字图象处理基础	8
2.1 取样与重建	8
2.1.1 取样	8
2.1.2 重建	11
2.2 量化	12
2.2.1 均匀量化	12
2.2.2 非均匀量化	14
2.3 光度学基本量及其单位	17
2.3.1 相对视敏函数	17
2.3.2 光通量	18
2.3.3 发光强度	18
2.3.4 照度	19
2.3.5 亮度	20
2.4 色度学基础	21
2.4.1 彩色视觉及三基色原理	21
2.4.2 物理三基色和 RGB 三色系数	22
2.4.3 计算三基色和 XYZ 三色系数	23
2.4.4 XYZ 色度图 (CIE 色度图)	24
2.5 人眼视觉特性	26
2.5.1 人眼构造简介	26
2.5.2 明暗视觉及视觉范围	27
2.5.3 亮度感觉	27
2.5.4 人眼的分辨率	30
2.5.5 人眼的适应性	30
2.5.6 马赫带	31
2.6 人眼视觉模型	32
2.6.1 点扩展函数和调制转移函数	32

2.6.2 人眼视觉模型	33
2.6.3 人眼调制转移函数和对数-线性系统模型	34
习题	35
参考文献	36
第三章 图象的二维正交变换	37
3.1 正交变换的矩阵表达式	37
3.1.1 可分离核	37
3.1.2 正交变换矩阵	38
3.1.3 图象矩阵的外积分解	40
3.1.4 堆叠	41
3.1.5 矩阵的直积 (Kronecker 积)	42
3.1.6 二维正交变换下的能量守恒	43
3.2 傅立叶变换	44
3.2.1 连续图象 $f(x, y)$ 的傅立叶变换	44
3.2.2 数字图象 $f(m, n)$ 的离散傅立叶变换	45
3.3 余弦变换	50
3.3.1 一维 DCT 表达式的结构	50
3.3.2 二维 DCT 表达式的结构	52
3.3.3 由 FFT 算法实现 DCT	54
3.4 沃尔什-哈达玛变换	55
3.4.1 哈达玛编号的沃尔什-哈达玛变换	55
3.4.2 列率	57
3.4.3 沃尔什编号的沃尔什-哈达玛变换	58
3.4.4 快速沃尔什-哈达玛变换	60
3.5 奇异值分解	62
3.5.1 $[f][f]^T$ 和 $[f]^T[f]$ 的特征值与特征向量	63
3.5.2 SVD 表达式的结构	64
3.6 离散卡-洛变换	65
3.6.1 离散卡-洛变换的表达式	65
3.6.2 数据量压缩与误差	67
习题	69
参考文献	70
第四章 图象的增强	71
4.1 灰度增强	71
4.1.1 灰度直方图	71
4.1.2 灰度的线性变换	72
4.1.3 灰度的非线性变换	75
4.2 伪彩色和假彩色	79
4.2.1 伪彩色增强	79
4.2.2 等色差域图	81

4.2.3 假彩色增强.....	82
4.3 图象的锐化.....	83
4.3.1 空间域图象锐化.....	83
4.3.2 高频提升滤波器.....	85
4.4 图象的平滑.....	87
4.4.1 局部平均法.....	88
4.4.2 低通滤波器.....	89
4.4.3 多帧平均法.....	91
4.4.4 相干噪声的消除.....	93
4.5 图象的非线性滤波.....	94
4.5.1 中值滤波.....	94
4.5.2 选择平均法.....	95
4.5.3 加权平均法.....	97
4.6 图象阴影的消除.....	98
4.6.1 同态图象处理.....	98
4.6.2 空间域中阴影的消除.....	99
习题.....	100
参考文献.....	102
第五章 图象数据压缩编码.....	103
5.1 图象压缩编码的理论基础.....	103
5.1.1 无失真编码.....	104
5.1.2 限失真编码.....	108
5.1.3 图象压缩编码的一般框图.....	109
5.2 预测编码.....	110
5.2.1 线性预测.....	111
5.2.2 量化器(根据视觉特性).....	114
5.2.3 帧间预测编码.....	116
5.3 变换编码.....	117
5.3.1 变换方式及子象块大小.....	118
5.3.2 系数选择和比特分配.....	119
5.3.3 混合编码.....	119
5.4 图象压缩编码的新进展.....	120
5.4.1 向量量化.....	120
5.4.2 第二代图象编码技术.....	122
习题.....	125
参考文献.....	126
第六章 图象复原.....	128
6.1 退化的数学模型.....	128
6.2 连续系统的图象复原.....	129
6.2.1 一般原理.....	129

6.2.2 反滤波	130
6.2.3 维纳滤波	131
6.3 离散情况下的退化模型	132
6.3.1 一维	132
6.3.2 二维	135
6.4 离散情况下的复原	139
6.4.1 无约束条件复原	139
6.4.2 有约束条件复原	143
6.5 运动模糊图象的复原	145
习题	148
参考文献	149
第七章 图象分割	150
7.1 象素分类	150
7.1.1 门限化	150
7.1.2 门限选择	151
7.1.3 平滑与门限化	153
7.1.4 利用空间信息进行门限选择	154
7.1.5 可变门限 ^[13]	155
7.2 边缘检测	155
7.2.1 边缘检测的微分算子	156
7.2.2 采用曲面拟合的边缘检测方法	157
7.2.3 二阶导数法 ^[13,14]	160
7.3 图象匹配检测技术	161
7.3.1 模板匹配	161
7.3.2 用匹配滤波器进行图象检测	163
7.4 线条检测	165
7.4.1 霍夫变换	165
7.4.2 轮廓跟踪	168
7.4.3 线条的跟踪检测	169
7.5 区域跟踪检测	170
7.5.1 区域生长法	170
7.5.2 区域的分裂和合并法	171
7.6 形态滤波	171
7.6.1 二值图的形态滤波	171
7.6.2 灰度图象的形态滤波	179
习题	183
参考文献	183
第八章 图象描述	185
8.1 离散图象的几个几何概念	185
8.1.1 邻接与连通	185

8.1.2 距离	186
8.2 收缩、膨胀和细化	187
8.2.1 收缩和膨胀	187
8.2.2 细化	188
8.3 线的描述	191
8.3.1 曲线拟合	191
8.3.2 链码	195
8.3.3 傅立叶描述子	196
8.4 区域的描述	200
8.4.1 中轴变换	200
8.4.2 矩描述	203
8.4.3 拓扑描述子	205
8.4.4 四叉树	206
8.4.5 行程编码	208
8.5 几何特征的测量	209
8.5.1 拓扑特征及物体计数	209
8.5.2 面积	211
8.5.3 周长及弧长	212
8.5.4 投影长度和直径	214
8.5.5 斜率和曲率	215
8.5.6 形状特征的度量	216
习题	217
参考文献	218
第九章 运动图象	220
9.1 光流	220
9.1.1 光流的概念	220
9.1.2 基本关系式	221
9.1.3 光流的计算	222
9.2 光流和刚体运动	223
9.3 图象序列和运动估计	226
9.3.1 三维运动及其参数	226
9.3.2 图象序列中的点匹配技术	228
9.3.3 运动估计	231
9.4 运动图象的增强处理	242
9.4.1 时域滤波法	242
9.4.2 带有运动补偿的时域滤波法	244
参考文献	245

第一章 绪 论

1.1 图象和图象处理

1.1.1 数字图象处理的发展概况和应用

数字图象处理是一门年轻的学科。本世纪二十年代, 图象处理技术首次应用于图象的远距离传送, 用来改善伦敦和纽约之间经海底电缆发送的图片质量。直到本世纪五十年代数字计算机发展到一定水平后, 数字图象处理才真正引起人们的巨大兴趣, 并得到迅速的发展。用计算机进行图象处理, 改善图象质量的有效应用开始于 1964 年美国喷气推进实验室 (J.P.L) 用计算机对“徘徊者七号”太空船发回的大批月球照片进行处理, 并收到了明显的效果。此后几年, 数字图象处理技术继续用于空间研究计划中, 从而大大促进了这一门技术的发展。与此同时, 逐渐在其他领域例如, 生物医学, 工业生产, 军事侦察中得到了应用。到六十年代末, 数字图象处理已经形成了比较完整的理论体系, 成了一门新兴的学科。

六十年代至七十年代, 由于离散数学理论的创立和完善, 使数字图象处理技术得到了迅猛的发展, 理论和方法进一步完善, 应用范围更加广泛。七十年代后期, 我国学者开始了较大规模的研究, 使我国的数字图象处理技术逐渐跻于世界的先进行列。近年来, 各个应用领域对数字图象处理提出了越来越高的要求, 从而促使这门学科的研究向更高级的方向发展, 例如, 图象处理的实时性, 图象处理和图象分析的智能化等。可以预料, 随着计算机技术的不断发展, 尤其是第五代计算机的研究和使用, 必将使数字图象处理技术得到更大的发展和更广泛的应用。

目前, 数字图象处理技术已经在许多领域中得到了应用, 下面介绍几个主要的应用领域。

1. 通信中的应用

图象信息的传输, 电视电话等, 包括静态图象和动态的图象序列的传送, 主要是对图象数据进行压缩, 以及对序列图象的处理。

2. 宇宙探测

由于太空技术的发展, 需要用数字图象处理技术处理大量的星体照片。

3. 遥感方面的应用

遥感有航空遥感和卫星遥感之分, 它们都是用不同光源和技术获得大量的遥感图象。这些图象需要用数字图象处理技术加工处理并提取有用信息。它可用于地形地质, 矿藏探查, 森林、水利、海洋、农业等资源调查, 自然灾害的预测和预报, 环境污染的监测, 气象卫星云图的处理, 以及用于军事目的的地面目标的识别等等。现在, 许多国家发射了各种不同用途的卫星, 遥感图象资源的大量增加, 对图象处理技术提出了更高的要求。

4. 生物医学领域的应用

数字图象处理技术从一开始就引起了生物医学界的浓厚兴趣, 首先应用于细胞分类, 染色体分类和放射图象的处理。七十年代, 数字图象处理在医学上的应用有了重大的突破。1972 年

X射线断层扫描术(CT)得到了实际应用;1977年白血球自动分类仪问世;1980年X射线动态空间重建设备可以重现心脏活动的立体图象。这些都将是医学图象处理提高到一个新的水平。总的说来,医学图象有多种形式,例如,X射线成象,同位素成象,超声成象,红外图象以及显微图象等等。对这些图象的计算机处理将协助医生对诸如尘肺病,肿瘤,心血管疾病,血液及造血系统疾病等多种疾病作出诊断。这门技术还应用于遗传学的研究等。

另外,数字图象处理技术正逐步运用到生物学领域,为生物进化、分类和其他研究提供了有力的工具。

5. 工业生产中的应用

这方面的应用从七十年代起有了迅速的发展,范围越来越广,水平越来越高,主要有产品质量检测,生产过程的自动控制,计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)等。在产品的质量检测方面,如无损探伤图象处理,可以检查零部件内部的缺损、焊缝质量。又如,金属材料的成分和结构的分析,纺织品质量的检查,光测弹性力学中应力条纹的分析等。在电子工业中,可以用来检验印刷电路板的质量,监视零部件的装配等。在工业自动控制中,主要使用机器视觉系统对生产过程进行监视和控制,例如,港口的监测调度,交通管理,生产流水线的自动控制等。在计算机的辅助设计和辅助制造方面,已经获得越来越广泛的应用,例如模具CAD,机械零件CAD和CAM,服装CAD,纺织工业中印花花型的CAD/CAM,提花织物的花型处理和纹板轧制等。

6. 军事、公安、档案等其他方面的应用

军事目标的侦察,制导和警戒系统,自动火器的控制及反伪装等都要用到数字图象处理技术。在公安安全部门,则有大量的现场照片、指纹、手迹、印章,人像等需要作进一步处理和鉴别。这些都可以使用数字图象处理技术辅助地或自动地实现。另外,还有大量过期的文字、图片档案需要修复和处理,以及其他方面的图象信息的显示、记录、处理和文字的自动识别等。

7. 机器人视觉

目前智能机器人的研究正在深入发展之中。作为智能机器人“感觉”功能之一的视觉功能是十分重要的,而作为高级视觉图象处理的预处理是和图象处理技术不可分割的。

1.1.2 景象和图象

通常人眼所看到的客观存在的世界称之为景象。当我们从某一点观察某一景象时,物体所发出的光线(可以是发光物体本身辐射的光,也可以是物体受光源照射后反射或透射的光)进入人眼,在人眼的视网膜上成象。这个“象”反映了客观景物的亮度和颜色随空间位置和方向的变化,因此它是空间坐标的函数。视网膜成象是一种自然的生理现象,但只是到人类文明发展到一定时候才意识到它的存在,并设法用各种方法把它记录下来。这种记录下来的各种形式的“象”就是通常所说的图象,它包括各类图片、照片、绘画、文稿、X光胶片等等。这些图象都是人们对客观景象、事物,以及人们的思维、想象的一种描述和记录,是人类用来表达和传递信息的一种重要手段。在人对外界信息的感知中,大约有百分之七十是通过人的视觉系统,也就是以图象的形式获得的。而且随着科学技术的发展,人类不仅能够获得并记录那些人眼可见的图象信息,即可见光范围内的图象,而且可以获得许多在通常情况下人眼无法看到的图象。这就是利用非可见光和其他手段成的“象”,并利用适当的换能装置将其变成人眼可见的图象,例如,X射线成象,红外成象,超声成象,微波成象等等。这就使人的视觉能力大大地增

强和延伸。总之,由于图象与人类生活关系非常密切,小到家庭生活,大到生产、医疗、艺术、文教、军事、航天都离不开图象,因而对数字图象处理提出了越来越高的要求。正是由于这种迫切的实际需要,给图象处理技术的发展提供了巨大的动力,促进了这门年轻学科的突飞猛进的发展。

一幅平面图象所包含的信息首先表现为光的强度(Intensity),它是随空间坐标 (x, y) ,光线的波长 λ 和时间 t 而变化的,因此图象函数可写成

$$I = f(x, y, \lambda, t) \quad (1.1-1)$$

按照不同的情况,图象可以分为各种类型。

若只考虑光的能量而不考虑它的波长时,在视觉效果上只有黑白深浅之分,而无色彩变化,这时称为黑白图象,图象函数可表示为

$$I = f(x, y, t) = \int_0^{\infty} f(x, y, \lambda, t) V_s(\lambda) d\lambda \quad (1.1-2)$$

式中 $V_s(\lambda)$ 为相对视敏函数(见第二章)。

当考虑不同波长光的彩色效应时,则为彩色图象。根据三基色原理(见第二章),任何一种彩色可分解为红、绿、蓝三种基色。所以彩色图象可表示成

$$I = \{f_{red}(x, y, t), f_{green}(x, y, t), f_{blue}(x, y, t)\} \quad (1.1-3)$$

式中

$$\begin{aligned} f_{red}(x, y, t) &= \int_0^{\infty} f(x, y, \lambda, t) R_s(\lambda) d\lambda \\ f_{green}(x, y, t) &= \int_0^{\infty} f(x, y, \lambda, t) G_s(\lambda) d\lambda \\ f_{blue}(x, y, t) &= \int_0^{\infty} f(x, y, \lambda, t) B_s(\lambda) d\lambda \end{aligned}$$

式中 $R_s(\lambda)$, $G_s(\lambda)$, $B_s(\lambda)$ 分别是红、绿、蓝三基色的视敏函数。与此相应的还有用不同波长的光形成的多谱图象。

当图象内容随时间变化时,称之为时变图象或运动图象,它的图象函数如式(1.1-1)~(1.1-3)所示。运动目标的图象、电影、电视的画面等都是运动图象。

当图象内容不随时间变化时,称之为静止图象。对黑白图象而言,静止图象函数为

$$I = f(x, y) \quad (1.1-4)$$

本书从第二章至第八章主要讨论黑白静止图象,仅在第九章中介绍动态图象的处理和分析方法,而且在动态图象分析中,也是以不同瞬时的静止图象为基础的。作为数字图象处理的基础,下面主要针对黑白的静止图象 $f(x, y)$ 进行讨论。

由于人眼的视野是有限的,因此图象在空间上是有界的,而且通常定义为矩形,即

$$0 \leq x \leq L_x; \quad 0 \leq y \leq L_y \quad (1.1-5)$$

图象函数在某一点的值常称之为强度或灰度,与图象在这一点亮度(Brightness)相对应,并用正实数表示,而且这个数值的大小是有限的。通常约定,图象灰度值大,表示亮,反之则表示暗,即

$$0 \leq f(x, y) \leq B_m \quad (1.1-6)$$

B_m 为最大亮度。所以图象函数 $f(x, y)$ 是一个二元、有界、非负、连续函数。

上面讨论的人眼能够看到的图象称之为模拟图象,它的函数是连续的,可解析的,因而是

可积的,有可逆的傅立叶变换等。但是,计算机无法接受模拟形式的图象,只有将模拟图象转换成数字图象才能用计算机进行处理。这种转换就是图象的数字化,将在第二章中详细讨论。简略地说,一幅模拟图象经过采样和量化使其在空间上和数值上都离散化,形成一个数字点阵,通常采用等间隔采样和均匀量化。为便于计算机处理,数字图象的行数、列数以及量化的等级通常都取为2的整数次幂。数字图象可以看成是一个矩阵,其中每个元素称为图象元素,简称象素(Pixel)。象素的值称为灰度级(Gray Level),通常表示为256级,用0,1,⋯,255的整数表示。矩阵元素的下标表示图象的 x, y 坐标,它决定了象素在图象中的位置,通常用行增加的方向作为 x 轴的正方向,列增加的方向作为 y 轴的正方向。

1.1.3 图象处理

图象处理就是为了某种目的对图象的强度(灰度)分布作某些特殊的加工和分析,主要分为两大类。

一是光学图象处理,即用光学的方法对模拟图象作某种特殊处理。这是一种典型的模拟图象处理。光学图象处理不在本书讨论范围以内。

另一种就是数字图象处理,主要是用计算机对图象进行加工和分析。本书要讨论的就是这种图象处理。一般地说,计算机图象处理的目的主要有三个方面:

(1) 对图象灰度作某种变换,增强其中的有用信息,抑制无用信息,使图象的视在质量提高,以便于人眼观察、理解或计算机对其作进一步的处理。

(2) 用某种特殊手段提取、描述和分析图象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象作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,图象的频域特性、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。

(3) 图象数据的压缩,以便于图象的存储和传输。

不管何种目的,都必须对图象数据进行加工,这是计算机的任务。但是仅有计算机是不行的,还必须其他的专用设备和计算机一起组成图象处理系统才能完成。下一节将对数字图象处理系统作简单介绍。

1.2 数字图象处理系统简介

数字图象处理主要依靠计算机对图象数据进行加工。但是在处理以前首先必须把图象信息转换成数据送入计算机,因此必须有图象输入和数字化设备。图象处理完毕后还必须把它

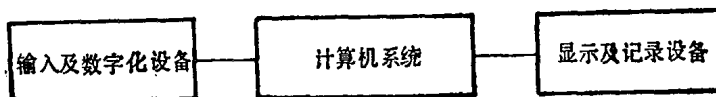


图 1.1 数字图象处理系统的三大组成部分

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,数字图象处理系统由三大部分组成,即图象输入及数字化设备,图象信息处理设备和图象显示及记录设备,如图 1.1 所示。

图象信息的处理由计算机担任。由于数字图象信息量十分巨大,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。根据图象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。

图象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。一个通用的数字图象处理系统也可同时配有几种图象输入设备,以适应不同的需要。图象输入设备一般只起光电转换的作用,即将图象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象。模数转换器完成采样和量化两个过程,一般可由专用芯片来完成。

经过处理以后的图象可以在图象显示器上显示,同时也可以通过鼓式扫描器等图象记录设备得到图象的硬拷贝。另外也可以用打印机、照相机等记录处理后的图象。

为了使系统有较强的人机交互能力,可以增设专门的交互式控制设备,如数字化仪(Tablet),鼠标、跟踪球、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 1.2 是通用数字图象处理系统的方框图。

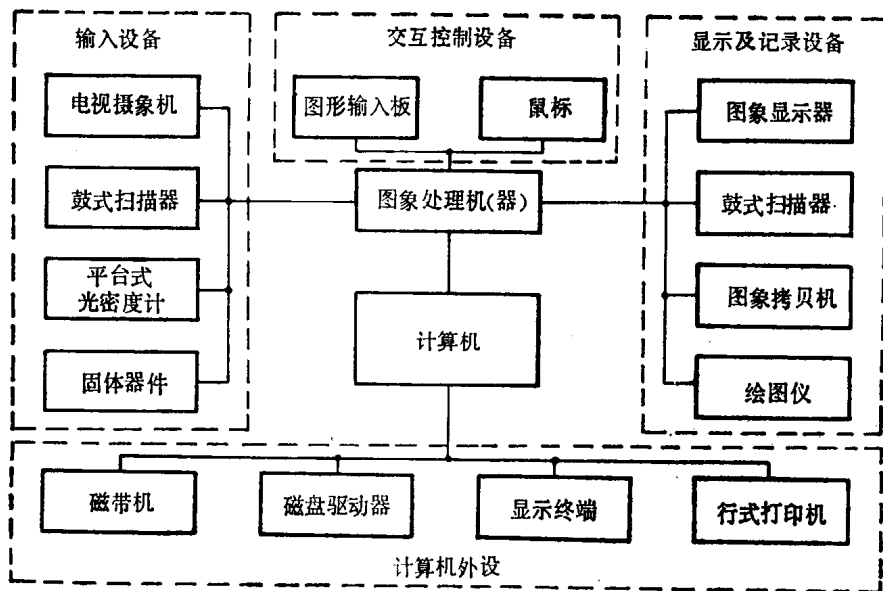


图 1.2 通用数字图象处理系统的组成框图。

1.3 数字图象处理的内容及本书的安排

虽然数字图象处理技术的应用范围十分广泛,但是,所采用的基本原理和方法是一致的。总的说来,数字图象处理这门学科研究的主要内容分为以下几个部分。

1. 图象的数字化

它把模拟的图象信号转换为计算机所能接受的数字图象,是数字图象处理技术的基础。

2. 图象的增强和复原

提高原始图象的质量,例如改善图象的对比度,消除噪声,减轻模糊等,以便于人们观察和理解。

3. 图象的编码和压缩

用各种方法对图象进行编码,压缩图象数据,以利于图象的存储和传输。

4. 图象的分割和描述

根据图象所包含的某种特征将图象分为若干部分,并以适当方法表示各部分的特性或它们间的相互关系,以便于计算机对其作进一步的分析和识别。

5. 运动图象的处理

主要对图象序列进行研究和分析,以了解运动物体的某些状态或其他信息。

本书作为研究生教材,比较系统地介绍了以上几个方面的理论和方法,并适当增添了一些比较新的、有一定代表性的处理技术,例如,增加了形态处理和运动图象处理的有关内容,补充了若干有关图象分析方面的内容等。这是考虑到图象处理技术的发展和实际需要加上去的。另外,为了满足一般读者和大学本科生的需要,对数字图象处理必要的基础知识也作了适当的介绍。

1.4 主要参考文献

数字图象处理技术作为一门新兴学科,各国学者进行了大量的研究,到目前为止已有不少专门著作,同时,在各种杂志上每年都有大量的文章发表。另外,每年还有各种数字图象处理方面的学术会议,出版许多会议录或专辑。为便于读者查阅这方面的资料,现将数字图象处理方面的主要书籍、期刊等摘录如下:

1. 书籍

R. C. Gonzalez and P. Wintz, "Digital Image Processing", Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1977.

W. K. Pratt, "Digital Image Processing", John Wiley & Sons, Inc., 1978.

A. Rosenfeld and A. C. Kak, "Digital Picture Processing", Second Edition, Academic Press, Inc., 1982.

T. S. Huang Ed., "Two-dimensional Digital Signal Processing", Berlin, Springer, 1981.

E. L. Hall, "Computer Image Processing and Recognition", Academic Press, Inc., 1979.

T. Y. Young and K. S. Fu, Ed. "Handbook of Pattern Recognition and Image Processing", Academic Press, Inc., 1986.

周新伦,柳健,刘华志,《数字图象处理》,国防工业出版社,1986。

2. 期刊

Computer Vision, Graphics, and Image Processing

Pattern Recognition

IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing

IEEE Transactions on Communications

IEEE Transactions on Computers

IEEE Transactions on Information Theory

IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence

IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics

Proceedings of the IEEE

第二章 数字图像处理基础

图象进入计算机,是进行数字图象处理的第一步。一幅黑白图象(单色图象) 可以看成是一个二维连续函数 $f(x, y)$, 其亮度表现为位置 (x, y) 的连续函数。计算机中的数字图象是以矩阵形式 $[f(m, n)]$ 表示的。不同的处理就是用不同的算法对这一图象矩阵进行运算。从二维连续函数到矩阵,涉及到在不同空间位置上取出函数(亮度)值作为样本,并用一组整数值来表示这些样本的这样两个过程。前者称为取样,后者称为量化,两者统称为数字化。现在的问题是经数字化后得到的图象 $f(m, n)$ 能否保持 $f(x, y)$ 的原有信息,即在空间上对 $f(x, y)$ 的取样密度多大才是合适的,在幅度上以多少等级表示样本的亮度(以下称为象素的灰度)才足够,然后用怎样一种方法才能从 $f(m, n)$ 恢复出 $f(x, y)$, 这就是本章所要讨论的问题之一。

数字图象处理的一个任务是恢复受损图象的本来面貌,或用专门的方法突出图象中某些特定的目标,由人眼判读。这种判读与人眼主观视觉感受密切相关。为了使图象处理的算法更有效、更有针对性,在某些场合下利用或避开人眼主观视觉上的长处或局限,有必要了解一下人眼主观视觉上的机理及特点。限于本书的性质及篇幅,本章仅对此作一些必要的介绍。

本章将介绍光的某些基本特性及其度量,介绍色度学方面的有关内容。这些知识对于更好地掌握图象处理这门学科是十分必要的。

2.1 取样与重建

取样是图象 $f(x, y)$ 进入计算机的第一个处理过程。事实上在数字图象处理学诞生之前,对某些图象已经采用取样技术进行处理了。为了传输传真图象和电视图象,需要在扫描鼓上逐行读取图象信息,或在摄像管上由扫描光栅逐行获取图象信息。经过光电转换的过程,把图象信号以电的形式送到后续设备中去。上述过程中,仅仅在 x 方向上完成了对图象的取样。在数字图象中还要沿 y 方向进行取样。对图象 $f(x, y)$ 沿 x 方向取样 M 点,沿 y 方向取样 N 点,便得到了矩阵 $[f(m, n)]_{M \times N}$ 。

现在的主要问题是 $f(x, y)$ 的取样密度应当是多大,才不致于丢失原图的信息。不丢失信息而能完整地恢复原图是对取样的基本要求。本节所介绍的惠特克-卡切尼柯夫-香农(Whittaker-Kotelnikov-Shannon) 取样定理将回答取样所应遵循的准则。

2.1.1 取样

假定有一个二维连续函数 $f(x, y)$, $x, y \in (-\infty, +\infty)$, 它是一个有限带宽的函数。设 $F(u, v) = \mathcal{F}\{f(x, y)\}$, 则应当有:

当 $u \in [-W_u, +W_u]$ 或 $v \in [-W_v, +W_v]$ 时,

$$F(u, v) = 0 \quad (2.1-1)$$

其中 W_u 和 W_v 分别表示在 u 和 v 方向上的带宽,这就是说在傅立叶变换域 (uv 域)中,原