

图形图像处理系列教材

计算机图像处理 与识别技术

王耀南 李树涛 毛建旭 编著



高等教育出版社

图形图像处理系列教材

计算机图像处理与识别技术

王耀南 李树涛 毛建旭 编著

高等教育出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了计算机图像处理与识别的基本概念、基本理论与方法、技术和应用实例。全书共分九章,内容包括计算机图像处理与识别技术综述、MATLAB 编程语言、图像预处理、图像分割、图像恢复与校正、图像特征提取、图像识别、图像数据压缩编码以及图像工程技术在工业自动检测、智能机器人视觉检测、智能交通监控与管理、卫星遥感图像识别等方面的应用实例,并附有 MATLAB 图像处理函数库和图像工程技术领域专业词汇的汉英对照。

本书取材新颖,论述深入浅出,图例程序丰富,注重理论与实践相结合,力求使读者尽快掌握和应用这门高新技术。本书可作为计算机应用、自动化、图像处理与模式识别、通信与电子系统、信号与信息处理、机电一体化等专业高年级本科生的教材和参考书,也可供从事图像处理与识别技术的研究人员和工程技术人员作参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机图像处理与识别技术/王耀南,李树涛,毛建旭编著. —北京:高等教育出版社,2001.6
ISBN 7-04-009468-1

I. 计… II. ①王…②李…③毛… III. ①计算机应用-图像处理②计算机应用-图像识别 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 02786 号

计算机图像处理与识别技术
王耀南 李树涛 毛建旭 编著

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京印刷二厂

开 本 787×1092 1/16

版 次 2001年6月第1版

印 张 18.5

印 次 2001年6月第1次印刷

字 数 450 000

定 价 21.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

图像处理与识别技术是一门跨学科的前沿高科技。随着计算机软硬件技术的不断提高,计算机图像处理与识别技术从20世纪80年代中期到90年代末得到了迅速的发展,已广泛地应用在工业、农业、交通、金融、地质、海洋、气象、生物医学、军事、公安、电子商务、卫星遥感、机器人视觉、目标跟踪、自主车导航、多媒体信息网络通信等领域,取得了显著的社会效益和经济效益。现在人们已充分认识到计算机图像处理与识别技术是认识世界、改造世界的重要手段,是21世纪信息时代的一门重要的高新科学技术。

数字图像处理技术始于20世纪50年代,主要研究图像编码与压缩、图像预处理、图像增强、图像变换、图像恢复、图像分割与分析等。对图像处理环节来说,输入是图像,处理后输出的也是图像。图像识别技术是对上述处理后的图像进行分类,确定类别名称,它可在分割的基础上选择需要提取的特征,并对某些参数进行测量,最后根据测量结果作分类与识别。

计算机图像处理与识别技术涉及的学科很多,包括数字信号处理、工程数学、信息论、运筹学等,它与计算机、自动化、生物学、光学、视觉心理和生理学、人工智能、智能信息处理等众多领域交叉、综合集成,有着广泛的应用前景。

为了向广大科技人员、高年级大学本科生介绍实现图像处理与识别技术所需掌握的有关基本知识、原理方法,尽快应用这门高新技术,很有必要编写一本实用、易学、图例程序丰富、突出最新应用成果的现代图像处理与识别技术教材。这是作者撰写本书的目的。

本书是作者在近年来为计算机应用、自动化专业本科生讲授“计算机图像工程”课程讲稿基础上,结合自己的科研成果,吸收和借鉴国内外有关文献资料编写的。全书理论结合实际,易于学习,突出最新应用成果。既介绍主要的概念、原理、方法与技术,又辅以必要的MATLAB示例程序,能帮助初学者迅速建立自己的微机图像处理与识别系统。全书共分成九章。第一章综述了现代图像处理与识别技术基本概念、发展和应用前景;第二章介绍了MATLAB语言编程方法;第三章介绍了图像预处理;第四章介绍了图像分割;第五章介绍了图像恢复与校正;第六章介绍了图像特征提取;第七章介绍了图像识别;第八章介绍了图像数据压缩编码;第九章介绍了现代图像处理与识别技术的应用实例;附录给出了MATLAB图像处理工具箱函数和图像工程方面的汉英名词对照表。书中第一、五、八、九章由王耀南教授编写,第二、三、四章由李树涛博士编写,第六、七章由毛建旭博士编写,全书由王耀南教授审校。

本书得到国家“863”高技术计划基金、中科院模式识别国家重点实验室基金的资助。作者在科研和本书的撰写工作中得到了国家模式识别实验室马颂德研究员、谭铁牛研究员,国防科技大学王正志教授、沈振康教授、王润生教授,湖南大学童调生教授的热情关心、支持和帮助。在此谨致以最诚挚的感谢。另外,本书还参考和引用了一些论文和资料,在此一并表示衷心的感谢。

由于现代图像处理与识别技术正在迅速发展之中,加之作者水平所限,本书的内容取材一定会有不足之处,错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

作者

2000年4月于湖南大学

责任编辑 柳秀丽
封面设计 王凌波
责任绘图 朱 静
版式设计 李 杰
责任印制 宋克学

目 录

第一章 数字图像处理综述	(1)
1.1 概论	(1)
1.2 数字图像处理系统	(1)
1.2.1 计算机图像处理系统的发展	(2)
1.2.2 微机图像处理系统的基本构成	(3)
1.3 数字图像的形成	(4)
1.3.1 抽样	(6)
1.3.2 量化	(7)
1.4 数字图像的数学描述	(8)
1.4.1 数字图像的矩阵表示	(8)
1.4.2 二维数组和图像的关系	(8)
1.4.3 对二维数组处理的基本程序框架	(9)
1.5 数字图像的数据结构	(10)
1.5.1 二维数组	(10)
1.5.2 一维数组	(10)
1.5.3 分层结构	(11)
1.5.4 树状结构	(11)
1.5.5 多波段图像的数据结构	(12)
1.5.6 其他形式的数据存储格式	(13)
1.6 数字图像处理的基本方法	(15)
1.6.1 基本处理过程	(15)
1.6.2 基本运算形式	(15)
1.7 数字图像处理与识别及图像理解所研究的内容	(18)
1.7.1 图像处理技术	(18)
1.7.2 图像识别技术	(20)
1.7.3 图像理解	(22)
1.8 图像处理与图像识别及图像理解的关系	(24)
1.8.1 图像处理	(24)
1.8.2 什么是图像理解	(25)
1.8.3 图像识别与图像处理及图像理解的关系	(25)
1.9 计算机视觉(机器视觉)	(26)
1.9.1 计算机视觉研究的内容	(26)
1.9.2 计算机视觉与人类视觉的差异	(27)
1.9.3 计算机视觉的硬件	(27)
1.9.4 与计算机视觉相关的领域	(28)
1.9.5 计算机视觉发展的现状	(28)

1.9.6	计算机视觉的应用	(29)
第二章	MATLAB 语言基础	(31)
2.1	MATLAB 简介	(31)
2.2	MATLAB 基本操作	(32)
2.3	MATLAB 编程基础	(34)
2.3.1	变量	(34)
2.3.2	数据类型	(34)
2.3.3	特殊定义值	(34)
2.3.4	基本赋值语句	(35)
2.3.5	工作空间的管理	(36)
2.4	MATLAB 运算符	(37)
2.4.1	算术运算符	(38)
2.4.2	关系运算符	(40)
2.4.3	逻辑运算符	(41)
2.5	MATLAB 控制语句	(43)
2.5.1	循环控制语句	(43)
2.5.2	条件转移语句	(44)
2.5.3	开关控制语句	(46)
2.6	MATLAB 联机帮助系统	(51)
2.6.1	帮助命令(help)	(52)
2.6.2	帮助窗口(help window)	(52)
2.6.3	帮助桌面(help desk)	(53)
2.6.4	关键字查询(look for)	(53)
2.6.5	Mathworks 公司网站	(54)
第三章	图像预处理	(55)
3.1	图像变换	(55)
3.1.1	傅里叶变换	(55)
3.1.2	离散余弦变换	(58)
3.1.3	哈达码变换	(59)
3.1.4	沃尔什变换	(60)
3.1.5	离散卡-洛变换	(60)
3.2	灰度变换	(62)
3.2.1	灰度线性变换	(62)
3.2.2	灰度非线性变换	(63)
3.3	直方图变换	(65)
3.3.1	灰度直方图	(65)
3.3.2	直方图修正基础	(67)
3.3.3	直方图均衡化	(68)
3.3.4	直方图规定化	(70)

3.4	空间域图像平滑	(74)
3.4.1	邻域平均法	(75)
3.4.2	选择平均法	(76)
3.4.3	中值滤波	(77)
3.4.4	空间域低通滤波	(79)
3.5	空间域图像锐化	(83)
3.5.1	梯度法	(83)
3.5.2	空域高通滤波法	(87)
3.5.3	掩模匹配法	(89)
3.6	频域图像平滑和锐化	(91)
3.6.1	频域低通滤波法	(91)
3.6.2	频域高通滤波法	(96)
3.7	伪彩色和假彩色处理	(97)
3.7.1	伪彩色处理	(97)
3.7.2	假彩色处理	(105)
第四章	图像分割	(107)
4.1	边缘检测	(107)
4.1.1	边缘算子法	(107)
4.1.2	模板匹配法	(111)
4.1.3	曲面拟合法	(114)
4.2	灰度阈值分割	(117)
4.2.1	双峰法	(119)
4.2.2	p 参数法	(119)
4.2.3	最大方差自动取阈法	(120)
4.3	区域生长	(121)
4.3.1	灰度差判别准则	(122)
4.3.2	灰度分布相似性判别准则	(123)
第五章	图像恢复与校正	(125)
5.1	图像恢复的基本概念	(125)
5.2	图像退化的模型	(125)
5.3	图像复原的代数方法	(128)
5.3.1	基本方程	(128)
5.3.2	分块循环矩阵的对角化	(129)
5.3.3	反向滤波器	(132)
5.3.4	最小二乘方滤波器	(132)
5.4	最小二乘方恢复	(134)
5.4.1	约束的最小二乘方复原	(134)
5.4.2	最大熵滤波器	(137)
5.5	图像几何畸变校正	(138)

5.6	图像的几何变换	(139)
5.6.1	图像几何变换原理	(140)
5.6.2	坐标变换	(141)
5.6.3	灰度插值	(143)
第六章	图像特征提取	(146)
6.1	纹理特征提取	(146)
6.1.1	直方图统计特征	(147)
6.1.2	图像的自相关函数	(149)
6.1.3	灰度分布统计特征	(149)
6.1.4	傅里叶特征	(157)
6.2	形状特征提取	(158)
6.2.1	区域内部的形状特征	(158)
6.2.2	区域边界的形状特征	(163)
6.3	颜色特征提取	(167)
6.3.1	彩色视觉系统	(167)
6.3.2	计算机彩色图像	(168)
6.3.3	颜色表示系统	(168)
6.3.4	颜色系统之间的转换	(170)
6.3.5	颜色的区分与对比	(173)
第七章	图像识别	(174)
7.1	图像识别概述	(174)
7.2	判别函数和判别规则	(175)
7.2.1	线性判别函数	(175)
7.2.2	最小距离判别函数	(177)
7.2.3	最近邻域判别函数	(178)
7.2.4	非线性判别函数	(178)
7.3	特征的提取和选择	(178)
7.4	统计模式识别方法	(179)
7.4.1	基本概念	(179)
7.4.2	贝叶斯分类器	(179)
7.4.3	基于贝叶斯分类器的遥感图像分类	(182)
7.5	模糊集理论识别方法	(183)
7.5.1	引言	(183)
7.5.2	模糊集理论概述	(184)
7.5.3	最大隶属原则识别方法	(186)
7.5.4	择近原则识别方法	(187)
7.5.5	模糊聚类识别方法	(187)
7.5.6	基于最大隶属原则的机械零件识别	(193)
7.5.7	基于模糊聚类的汽车类型识别	(195)

7.6	神经网络识别方法	(197)
7.6.1	神经网络识别法概述	(198)
7.6.2	与传统分类器的对比	(198)
7.6.3	神经元模型	(200)
7.6.4	神经网络分类器	(200)
7.6.5	模糊神经网络识别方法	(205)
第八章	图像数据压缩编码	(211)
8.1	概述	(211)
8.1.1	图像编码压缩的必要性	(211)
8.1.2	图像编码压缩的可能性	(211)
8.1.3	图像编码压缩的分类	(212)
8.1.4	图像编码压缩术语简介	(212)
8.2	预测编码	(213)
8.2.1	线性预测编码	(214)
8.2.2	非线性预测编码	(215)
8.3	正交变换编码	(217)
8.3.1	变换编码的基本原理	(217)
8.3.2	正交变换编码特性评价	(217)
8.3.3	变换编码	(218)
8.4	统计编码	(221)
8.4.1	哈夫曼编码(Huffman Coding)	(221)
8.4.2	香农编码(Shannon Coding)	(223)
8.4.3	算术编码(Arithmetics Coding)	(225)
8.5	二值图像编码	(226)
8.5.1	直接编码	(226)
8.5.2	跳跃空白编码	(226)
8.5.3	游程长度编码	(227)
8.6	多媒体图像数据压缩技术	(231)
第九章	应用实例	(233)
9.1	图像处理技术在工业自动检测中的应用	(233)
9.1.1	图像处理在铸造工业中的应用	(233)
9.1.2	草莓拣选机器人的开发	(237)
9.1.3	基于计算机图像处理的回转窑火焰图像识别	(242)
9.2	智能机器人视觉信息检测与处理系统	(245)
9.2.1	机器人视觉系统	(245)
9.2.2	机器人视觉与触觉的融合	(247)
9.3	现代交通监控与管理系统的	(248)
9.3.1	图像识别技术在停车场安全系统中的应用	(248)
9.3.2	基于神经网络的汽车车型图像自动识别	(254)

9.3.3 现代车辆定位与导航	(257)
9.4 遥感图像处理与识别系统	(260)
9.4.1 遥感处理系统	(260)
9.4.2 实用微机遥感图像处理系统	(262)
9.4.3 小波神经网络的遥感图像分类	(265)
附录 1 MATLAB 图像处理工具箱函数简介	(270)
附录 2 图像处理技术汉英名词对照	(276)
主要参考文献	(282)

第一章 图像处理与识别基本原理

本章综述了数字图像处理与识别的基本概念、基本原理、数学描述、数据结构、基本的处理方法、应用领域及展望。

1.1 概 论

图像处理与识别技术是一门跨学科的前沿高科技。从 20 世纪 80 年代中期到 90 年代取得了突飞猛进的发展,现已广泛地应用在遥感、文件处理、工业检测、机器人视觉、军事、生物学、地质、海洋、气象、农业、灾害治理、货物检测、邮政编码、金融、公安、银行、工矿企业、冶金、渔业、机械、交通、电子商务、多媒体网络通信等领域。

人类传递信息主要有三个渠道,它们是语言、文字和图像(Image)。从信息论的角度来看,“图像”所包含的信息量最大,不仅有灰度,还有色彩;不仅有平面,还有立体等,其内容极为广泛。人类所得到的外界信息有 70% 以上是来自眼睛摄取的图像。在许多场合里,没有任何其他形式比图像所传递的信息更丰富和真切。

图像处理技术始于 20 世纪 50 年代。1964 年美国喷射推进实验室(JPL)使用计算机对太空船送回的大批月球照片处理后得到了清晰逼真的图像,这是这门技术发展的重要里程碑。此后,图像处理技术在空间研究方面得到广泛的应用。20 世纪 70 年代初,由于大量的研究和应用,数字图像处理已具有自己的技术特色,并形成了较完善的学科体系,从而成为一门独立的新学科。

图像识别所讨论的问题,是研究用计算机代替人自动地处理大量的物理信息,解决人类生理器官所不能识别的问题,从而部分代替人的脑力劳动。人类识别图像的过程总是先找出它们外形或颜色的某些特征进行比较分析、判断,然后加以分门别类,即识别它们。我们在研制自动识别机时也往往借鉴人的思维活动,采用同样的处理方法。然而图像的灰度与色彩是由光强和波长不同的光波所引起,它们与景物表面的特性、方向、光线条件以及干扰等多种因素有关。在各种恶劣的工作环境里,图像与景物已有较大的差别。因此要区分图像属于哪一类,往往要经过预处理、分割、特征抽取、分析、分类、识别等一系列过程。现在这些技术完全可通过计算机进行模拟、对图像信息进行处理来达到对它的识别。

近 20 年来,图像处理与识别技术发展更为深入、广泛和迅速。现在人们已充分认识到数字图像处理是认识世界、改造世界的重要手段。目前图像处理与识别技术已应用于许多领域,已成为 21 世纪信息时代的一门重要的高新科学技术。

1.2 计算机数字图像处理系统

数字图像处理系统是执行处理图像、分析理解图像信息任务的计算机系统。尽管图像处理技术应用广泛,图像处理系统种类很多,但它们的基本组成是相近的。它们主要含有:图像

输入设备、执行处理分析与控制的计算机及图像处理机、输出设备、存储系统中的图像数据库、图像处理程序库与模型库。系统的结构原理框图如图 1.2.1 所示。

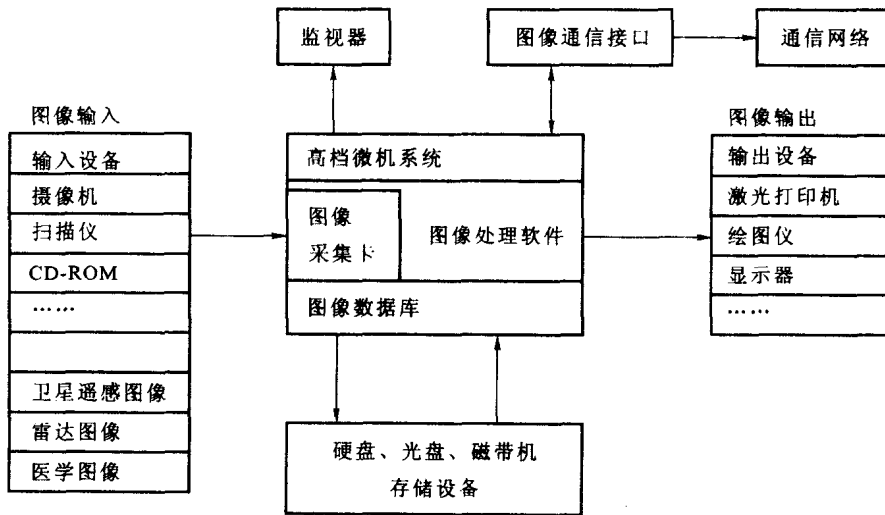


图 1.2.1 微机图像处理系统示意图

数字图像处理与其他数据处理的不同之处是其庞大的数据处理量和存储量,以及对图像的显示。一帧 512×512 像素的真彩色图像,在不进行压缩的情况下,需要 780 KB 的存储量和颜色数为 2^{24} 种的真彩色显示。因此,无论从硬件的配置还是软件环境上讲,计算机图像处理系统都有别于其他的计算机系统,从而形成了专门的图像处理计算机系统。

1.2.1 计算机图像处理系统的分类

计算机图像处理技术是以计算机为核心的应用技术,因此,计算机图像处理系统的发展,是随着计算机技术的提高而发展起来的。从系统的层次看,可分为高、中、低 3 个档次;从图像传感器的敏感区域看,又可分成可见光、红外、近红外、X 射线、雷达、伽玛射线、超声波等图像处理系统;从采集部件与景物的距离上来说,还可分成遥感、宏观和微观图像处理系统;就应用场所而言,又能分成通用图像处理系统和专用图像处理系统。通用系统一般用于研究开发,因此,要求传感器敏感区间宽,线性度好;而专用系统一般用于特殊用途,是在通用系统研究基础上,研制开发的为实现某一个或几个功能的商用系统。因此,在保证性能的前提下,由价格因素决定系统的配置。

(1) 高档图像处理系统采用高速芯片设计,完全适合图像和信号处理特有规律的并行阵列图像处理机。这类系统采用多 CPU 或多机结构,可以以并行或流水线方式工作。

(2) 中档图像处理工作站以小型机或工作站为主控计算机,加上图像处理器构成。这类系统有较强的交互处理能力,同时,由于用通用机作主控机,因而在系统环境下,具有较好的再开发能力。

(3) 低档的微机图像处理系统由微机加上图像采集卡构成,其结构简单,是一种便于普及和推广的图像处理系统,也是本节着重介绍的系统。

1.2.2 微机图像处理系统的基本构成

微机图像处理系统由图像的采集部件、主机和图像的输出部件三部分组成。

1 图像采集部件

原始的图像数据是通过图像采集部件进入计算机的,因此,图像采集部件的作用是采集原始的模拟图像数据,并将模拟信号转换成数字信号。计算机在接受到图像的数字信号后,将其存入内存区。微机图像处理系统常用的图像采集部件有:摄像机加上视频图像采集卡、图像扫描仪以及数码摄像机等。

(1) 摄像机和视频图像采集卡

图像处理系统采用的摄像机分为电子管式摄像机和固体器件摄像机两种。电子管式摄像机根据光图像转换成电子图像的原理不同,可以分成光电子发射效应式和光导效应式两种类型,由于电子管式摄像机的重要元件是电子管,所以体积相对固体器件摄像机要大得多。目前普遍采用的固体器件摄像机是 CCD 类型的,CCD 摄像机是由电荷耦合元件组成的图像探测器,它将景物通过物镜成像在一块电荷感应光板(电荷耦合探测器)上,用感应光板上的感应电压模拟景物的亮度变化。当景物各点的光强度全部落在光电耦合器的线性感应区时,感应电压正比于景物各点的亮度变化,这时感应信号的失真度最小,如果景物亮度过亮或过暗,虽然人眼能够分辨出景物的特征,但是,图像数据的分布会出现极限饱和的情况,影响图像处理结果的正确性。由于用 CCD 实现了光电转换及扫描,因此其体积小、重量轻,结构紧凑。

摄像机的参数有空间分辨率、灰度分辨率或颜色数、快门参数、最低照明度等。根据传感器的有效工作范围,可分为可见光、近红外、红外、X 射线等 CCD 摄像机;根据快门速度,可分为静止和实时摄像机。摄像机需要和视频图像采集卡配合使用,配合时,要考虑两者参数的优化问题。

视频图像采集卡可以将摄像机摄取的模拟图像信号转换成数字图像信号,使计算机得到所需要的数字图像信号。一般视频图像采集卡都带有自己的帧缓存存储器,用于存放所采集的图像数据。根据图像采集的速度,视频图像采集卡可以分为:中速采集卡、实时单帧采集卡、实时采集卡 3 种。中速采集卡采集速度大约是 1 帧/s,只能用于获得相对静止的图像,能满足一般科学研究的要求;实时单帧采集卡的采集速度为 40 帧/s,瞬时可采集 1 帧图像,因此可以用于获取任何活动的目标;实时采集卡的采集速度也为 40 帧/s,并能连续采集多帧图像,可以用于获得任何活动目标的运动过程,一般用于流水线上物品定时采样。视频采集卡插在微机的扩展槽上,并和摄像机连接使用。

(2) 图像扫描仪

图像扫描仪也是一种获取图像,并将其转换成计算机可以显示、编辑、存储和输出的数字格式的设备,是一类适合于薄片介质,如纸张、照片(胶片)、插画、图形、树叶、硬币、纺织品等物体的图像数字化的设备。其空间分辨率较高,一般在 1200DPI(点/英寸)以上。根据灰度分辨率的不同,可以分成黑白 64 级灰度扫描仪、黑白 256 级灰度扫描仪和彩色图像扫描仪;根据面幅大小的不同,可以分成手提式扫描仪、平板式扫描仪、滚筒式扫描仪等;根据扫描仪结构的不同,可以分为透射式和反射式扫描仪。对于纸质图像的数字化的,用扫描仪可以得到比摄像机和视频采集卡更为逼真的图像,但是,由于以机械扫描的方式采集数据,因此采集速度不如 CCD 摄像机快。

(3) 数码摄像机

数码摄像机是近年来出现的数字化产品,将图像采集和数字化部件集成在同一机器上,使其输出的信号能直接为计算机所接受。数码摄像机使图像的采集部件和主机的连接更具有通配性,而且由于其携带方便,有相应的存储器,因此更适用于现场数据采集。

2. 图像处理部件

在微机图像处理系统中,图像处理工作是由微机完成的,微机的扩展槽上插有带帧存储器的采集卡,图像处理的过程通常包含从帧存体取数据到计算机内存、处理内存中的图像数据和送数据回图像帧存体三个步骤。对于直接使用内存的采集卡,则只需和内存进行数据交换,计算机的内存越大,CPU的运算速度越快,图像处理的速度也越快。

3. 识别结果的输出部件

图像的输出是图像处理的最终目的。从广义的角度讲,图像的输出形式可以分为两种:

一种是根据图像处理的结果作出判断,例如质量检测中的合格与不合格,输出不一定以图像作为最终形式,而只需作出提示供人或机器作出选择。这种提示可以是计算机屏幕信息,或是电平信号的高低,这样的输出往往用于成熟研究的应用上。

另一种则是以图像为输出形式,它包括中间过程的监视以及结果图像的输出。图像输出方式有屏幕输出、打印输出和视频硬拷贝输出。

(1) 屏幕输出

用屏幕输出处理结果是最直观、简单的方法,并可获得高质量图像。根据硬件的不同,可分为单屏显示和分屏显示两种形式。分屏显示是指图像处理的结果或中间过程由专门的监视器显示,加上计算机本身的显示器,这样的系统可以称为双屏系统,由于图像部分和程序执行过程提示互不干扰,因此处理过程比较直观。单屏显示是指图像处理的过程与结果都在计算机的显示器上显示,一屏两用,比较经济。

(2) 打印输出

打印输出的设备为打印机,按打印效果分成黑白、彩色两种,有点阵式、喷墨式、激光式、热敏式打印机,黑白打印机只能打印黑白两色,灰度像素采用半色调的方式打印输出,即灰度差别用不同黑点数的表示方法。目前的彩色打印输出已有彩色喷墨打印机、彩色激光打印机、彩色热升华打印机等。

(3) 视频硬拷贝输出

视频硬拷贝输出采用专用的拷贝和拷贝纸,得到高质量输出图像。视频拷贝机分成模拟式和数字式两种。模拟式拷贝机需连接视频信号,数字式拷贝机则可以直接和计算机相连,视频硬拷贝输出形式能长时间地保存图像。

1.3 数字图像的形成

一般的图像都是模拟图像,即图像上的信息是连续变化的模拟量。如一幅黑白灰度照片上的物体是通过照片上各点的光的强度不同而体现的,而照片上的光强是一个连续变化的量,也就是说,在一定的范围内,光强的任何值都可能出现。对于这种模拟图像只能采用模拟处理方式进行处理,例如按光学原理用透镜将照片放大。计算机不能接受和处理模拟信号,只有将连续的模拟信号变换为离散的数字信号,或者说将模拟图像变换为数字图像方能接受。为此,常将计算机图像处理称为数字图像处理。图像的数字化的过程通过抽样和量化两步完成。

一般的图像(即模拟图像)是不能直接用数字计算机来处理的。为使图像能在数字计算机内进行处理,首先必须将各类图像(如照片、图形、X光照片等等)转化为数字图像。

所谓将图像转化为数字图像或图像数字化,就是把图像分割成如图 1.3.1 所示的称为像素的小区域,每个像素的亮度或灰度值用一个整数来表示。

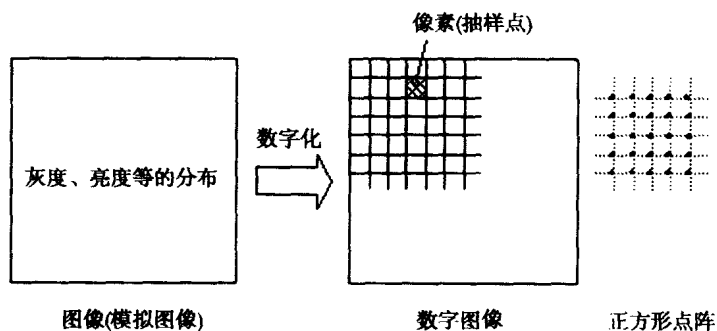


图 1.3.1 图像数字化

把图像分割成像素的方法可以是多种多样的,如图 1.3.2 所示。即每个像素所占小区域可以是正方形的,六角形的或三角形的。与之相对应的像素所构成的点阵则分别为正方形网格点阵、正三角形网格与正六角形点阵。上述各像素分割方案中,正方形网格点阵是实际常用的像素分割方案。这种方案虽然存在着任一像素与其相邻像素之间不等距(如图 1.3.3(a)所示,对一个正方形点阵,若任一像素沿水平与垂直方向上与相邻像素间距为 1,则该像素沿斜线方向上的间距为 $\sqrt{2}$)的缺点,但由于其像素网格点阵规范,易于在图像输入/输出设备上实现,从而被绝大多数图像采集、处理系统所采用。三角形网格点阵,虽有任一像素与其相邻像素等距的优点(如图 1.3.3(b)所示),但由于其网格点阵不及正方形网格点阵规范,在图像输入/输出设备上较难实现,从而未被广泛采用。

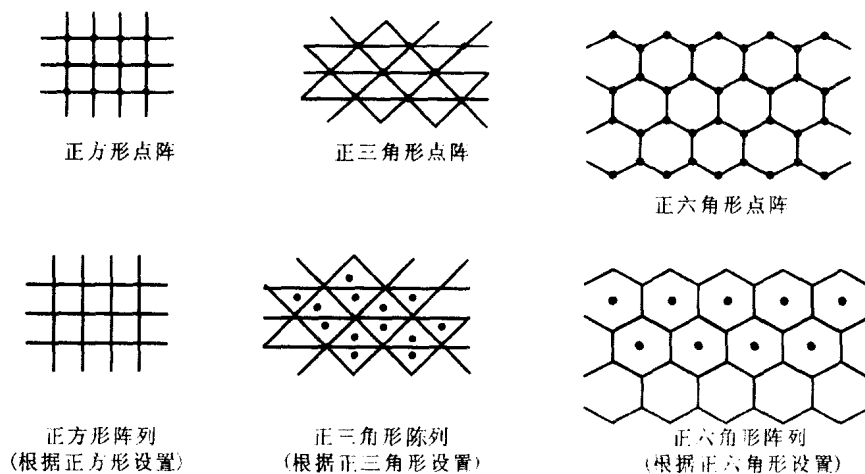


图 1.3.2 几种图像采样方案

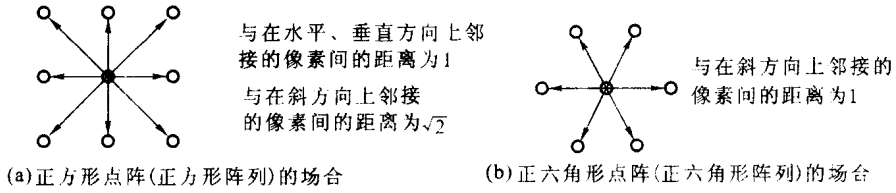


图 1.3.3 邻接像素的间距

下面针对正方形网格点阵分割方案情况,更具体地讨论图像数字化过程。图 1.3.4 示意地说明了这一过程,该过程可划分为抽样与量化两个步骤。

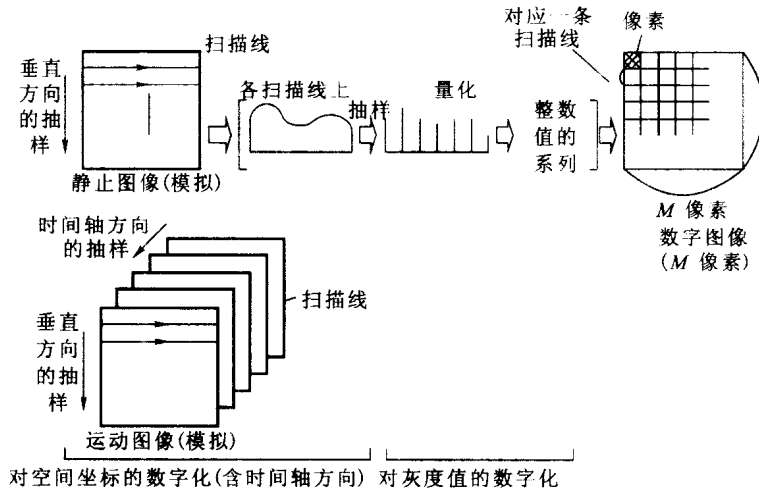


图 1.3.4 图像数字化过程

1.3.1 抽样

抽样就是把在时间上和空间上连续的图像转换为离散的抽样点(即像素)集的一种操作。由于图像是一种二维分布的信息,为要对它完成抽样操作,就需要先将二维信号变为一维信号,再对一维信号完成抽样。具体做法是,先沿垂直方向,按一定间隔从上到下顺序地沿水平方向直线扫描的方式,取出各水平线上浓淡(灰度)值的一维扫描线。而后再对该一维扫描线信号按一定间隔抽样得到离散信号。即先沿垂直方向抽样,再沿水平方向抽样两步完成抽样操作。对于运动图像(即时间域上的连续图像),还需先在时间轴上抽样,即先在时间轴上抽样,再沿画面垂直方向抽样,最后再沿画面水平方向上抽样这样三步完成抽样操作。

若抽样结果每行(即横向)像素为 M 个,每列(即纵向)像素为 N 个,由整幅图像大小为 $M \times N$ 个像素。

在进行抽样时,抽样点间隔的选取是一个非常重要的问题。它决定了抽样后的图像忠实地反映原图像的程度。或者说,抽样间隔大小的选取要根据原图像中包含何种程度的细微浓淡变化来确定。一般来说,图像中细节越多,则抽样间隔应越小。根据一维抽样定理,若一维