



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

图像处理

孙即祥 编著



科学出版社

www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

图 像 处 理

孙即祥 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

图像处理是一个多阶段、多途径、多目标的信息处理过程。本书深入地阐述和论证了图像信息处理中共性的和基础性的知识,以及有关前端的处理理论、方法和技术,主要包括多种图像变换和用于各种目的的图像质量改善。本书涉及图像信息处理的概述,有关的数学知识,视觉知识,图像的数学描述,图像的数字化,图像变换,图像增强,图像恢复,图像融合等内容;所介绍的知识既可以作为独立的方法、技术,产生用户所需的输出,满足用户的需求,也可以是后续的某些信息处理的预处理。

本书可作为电子科学与工程类、控制理论与工程类、计算机科学与技术类、仪器科学与技术类以及其他有关专业本科生、研究生教材,也可供相关专业的科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

图像处理/孙即祥编著. —北京:科学出版社,2009
(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)
ISBN 978-7-03-024087-3

I. 图… II. 孙… III. 图像处理-高等学校教材 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 123440 号

责任编辑:匡 敏 余 江 / 责任校对:张 琪
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市农林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

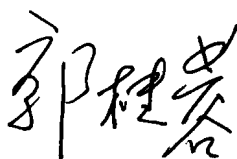
2009 年 11 月第 一 版 开本: B5(720×1000)
2009 年 11 月第一次印刷 印张: 22 1/4
印数: 1—3 000 字数: 421 000

定价: 35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

视觉是人类最重要的基本智能活动之一,视觉信息是人类获取外部知识、了解世界的主要途径和重要形式,图像技术是当前重要的信息处理方法。孙即祥教授根据教学、科研需求及学科发展趋势,参考其他学者论著和文献,并融入多年教学实践经验与相关科研成果,撰写了《图像处理》一书。图像变换是重要的理论和工具,改善图像质量是永恒的课题,《图像处理》主要围绕这两个重要内容展开论述。该书结构合理,选材丰富,论述透彻。该书适应教学发展需求,有益于不同专业教学使用,同时也为科技工作者提供较广泛的解决实际问题的思路和方法。

 院士

2009 年 4 月

前 言

视觉是人类最重要的基本智能之一,人们在日常生活、社会活动、工作学习、科研生产中,无时无刻不在进行着视觉活动。视觉信息是人类获得外部知识、了解世界的主要途径和重要形式,据统计,人类约有 80% 以上的信息是通过视觉获取的,许多情况下,没有任何其他形式比图像所传递的信息更丰富和真切。由于人类视觉具有完善的感知能力,许多科研的中间数据或最后结果都要以可视的图像形式表示出来,以益于人们对其分析理解和应用;随着人类不断对太空外层世界及粒子微观内部世界的探索,以及我们生活、学习和工作需要的不断改变,可以断言,人们以图像形式表达信息、利用视觉获取知识的比重将会进一步增加。图像信息处理是研究人或机器对图像信号的产生与采集,图像信息的形成、提取、分析、综合、表达和利用的理论与方法的科学技术,是一门综合性、交叉性的学科。它在理论上涉及数学、物理学、生理心理学、信号处理、控制科学、计算科学与技术等众多学科知识,还与工程应用密切联系。其学术内涵可以归结为信息表达、处理、分析、决策。该学科的理论目标是研究和发现信息的各种形式及各个阶段的转换规律,而其应用任务是研发出能辅助或代替人类视觉的智能机器系统。随着相关学科发展和有关技术成熟,图像信息处理已经发展成为一门较完善的学科(群),其主要标志是,现在已有了不少相关的学术刊物、一些国内外的优秀论著、很多重大的应用成果,同时,许多高校也设置了相关的课程、专业和研究方向。

由于教学与科研的需要,笔者曾在 1990 年完稿并于 1993 年出版了《数字图像处理》一书,除国防科技大学研究生、本科生教学使用外,其他一些高校及研究单位也采用了此书,反映良好,甚至近些年某些关于图像处理的计算机程序书中也直接转录了本书许多内容。由于科研、教学新的需求及学科发展,笔者在原《数字图像处理》一书的基础上,根据教学、科研需求及学科发展趋势,结合该课程及有关课程(“机器视觉”、“现代模式识别”、“机器学习”等)多年教学实践经验与相关科研成果,并参考大量其他学者学术著作和科技文献,将它扩充深化分为四册出版(《图像处理》,《图像分析》,《图像压缩与投影重建》,《机器视觉》),以益于不同课程及不同层面的读者使用。其中出版了《图像处理》,《图像分析》,《图像压缩与投影重建》。该书系是一套关于图像信息处理理论与方法的著作,较全面系统地论述了图像信息处理的主流技术,同时也是笔者已经出版的《现代模式识别》(高等教育出版社)及《模式识别中的特征提取及计算机视觉不变量》(国防工业出版社)的姊妹篇,这些书涉及了信息科学与技术中的许多重要核心内容。

之所以将图像信息处理知识分四册出版是为学界提供一种选择。从教学上讲,是出于如下考虑。近些年来许多学校、专业有相当多的本科生继续深造读硕士,有些专业本科生阶段开设图像处理课程,硕士生阶段仍然开设图像处理方面课程,此种情况下,若都采用同一本既用于本科生高年级又用于研究生模式的教材,就显现一些不足,主要表现为:如果一本教材本、硕都“简单”地使用,那么讲授内容重复多,知识总量不够;如果一本这样的教材本、硕分开讲授,会给教师带来困难,同样知识总量也不够。现在有许多优秀的教材,但也有一些教材内容偏浅,采用后解决较复杂实际问题是不够的。基于教学、科研需求和学科发展,基于加强基础、提高能力的教学理念,国防科技大学有关专业于20世纪90年代在图像信息处理与模式识别两个知识领域构建了“两纵三横”课程体系。在图像信息处理这块,本科生开设了“图像处理”课程,硕士生开设了“图像处理与分析”课程,博士生开设了“机器视觉”课程,并相应地配有图像处理、图像分析、机器视觉等教材或讲义。该书系主要是为研究生教学撰写的,但也兼顾到了其他层次的读者,为了处理好“合”与“分”的对立与统一,该书系各册书在内容组织上采用层次化、模块化,适于多种不同“组合”与应用需求。

本书主要阐述了图像信息处理的基本概念、内容和体系,深入论述了图像的重要属性和知识,介绍了主要的数字化理论和技术,详细讨论了多种图像变换原理和方法,全面论述了用于各种目的的图像质量改善方法。图像变换是图像信息处理的重要工具。改善图像质量是永恒的课题,本书包括图像增强、图像恢复和图像融合;除了一些经典有效的技术外,本书还收入了许多新方法,如超分辨复原技术、偏微分方程方法等。本书内容适于有关专业高年级本科生或硕士生。

在本书撰写过程中遵循以下原则:①在结构上,尽量使学科知识表达体系与学科体系相一致;②在选材上,精心选择经典和现代重要领域知识,使学习后能跟上学科发展潮流,能解决实际问题;③在阐述方式上,遵循人的认知规律;④尽量使受众范围广,使用周期长。总之,就是使本书可读性好、学术性强、实用价值大。内容深度与表述形式定位在介于教材与专著之间,兼顾理科与工科的需要。本书有如下特点:

- 1) 内容广泛、新颖,较全面系统地阐述了图像处理中几乎所有主流知识。
- 2) 选材考究精细,以具有当前或潜在的理论意义或应用价值为标准,在众多知识中选取那些或具基础理论性,或具思维训练性,或具有实用价值,或具思想启发性,或具方向前瞻性的有代表性的重要内容。
- 3) 结构合理、清晰,这有益于读者对各种理论、方法的理解和记忆。
- 4) 注重基础,注重强化基本概念、基本思想、基本理论、基本方法和基本技能。
- 5) 突出学术思想,益于读者掌握学科知识,提高解决问题的能力。
- 6) 详略得当,既实现了知识在面上的宽广,又达到了知识点处的理论深度。

以上努力的目的在于让读者对知识能深刻理解、融会贯通、牢固记忆、全面掌握,花费较少的代价而学到较多有价值、有意义的知识;在学到知识的同时,提高自学能力、活用能力和创新能力,有益于读者综合素质的提高。

本书的出版与众多人员支持是分不开的,这里要感谢博士生、硕士生季虎、毛玲、姚伟、赵凌君、邵晓芳、汪德宁、马登峰、林成龙、王学梅、滕书华、缪林、张蕾等同学,他们为本书的完稿做了许多工作。博士生杜春对一些公式进行了核证,对有关参数进行了核验,编写了大量算法程序,对许多例图进行了更新,对全书的文字也进行了细致的校对,并撰写了“旋转运动模糊恢复”的内容。硕士生孙晓博也参与了书稿校对。感谢邹焕新副教授、刘纲钦副教授、邹刚副研究员、姚伟、滕书华等提出了许多有益的建议。

本书除了包含我们某些科研成果之外,还选取了国内外诸多专家学者的研究成果、论文著作,对他们表示由衷的感谢。感谢原校长郭桂蓉院士、副校长庄钊文教授、院长唐朝京教授以及院、系其他领导对本书撰写给予的大力支持。

由于图像信息处理是一门不断发展的学科,新的理论、方法、技术和应用成果不断涌现,再加上我们学识水平及时间有限,可能没有完全达到笔者所希望的目标,也不可避免地存在各种错误和疏漏,敬请读者批评指正。

孙即祥

2008年12月于国防科技大学

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 图像信息处理技术研究的内容	2
1.3 数字图像处理系统	7
1.4 图像文件格式.....	15
习题	18
参考文献	18
第二章 数学知识	19
2.1 点源与 δ 函数.....	19
2.2 线性系统.....	21
2.3 矩阵微分.....	23
2.4 矩阵的广义逆.....	24
2.5 傅氏变换.....	30
2.6 周期函数、周期、频率.....	38
参考文献	39
第三章 视觉知识	40
3.1 人眼的生理构造.....	40
3.2 辐射度学基础知识.....	42
3.3 亮觉与光度学基础知识.....	45
3.4 色觉与色度学基础知识.....	48
3.5 视觉信息处理特性.....	59
3.6 视觉特性.....	61
3.7 视觉系统的 MTF	69
3.8 视觉模型.....	70
参考文献	72
第四章 图像的数学描述	73
4.1 图像的函数表示.....	73

4.2 反射形成的图像的模型数学结构	74
4.3 图像的统计表示形式——随机场	74
4.4 均匀随机场	78
习题	80
参考文献	80
第五章 图像的数字化	81
5.1 数字图像的代表形式	81
5.2 取样定理	83
5.3 量化	89
5.4 根据图像局部区域特征进行非均匀取样和非一致量化	97
5.5 数字图像的概率分布和统计参量	98
习题	101
参考文献	104
第六章 图像酉变换	105
6.1 离散傅氏变换(DFT)	105
6.2 线性变换的一般表示式	114
6.3 可逆变换与酉变换	118
6.4 线性变换的实质	119
6.5 线性变换的统计特性	121
6.6 沃尔什-哈达玛变换(WHT)	123
6.7 离散余弦变换(DCT)	131
6.8 离散 K-L 变换	133
6.9 奇异值分解(SVD)和变换	137
6.10 哈尔变换(HT)	139
6.11 斜变换(ST)	143
习题	144
参考文献	146
第七章 图像增强	147
7.1 概述	147
7.2 对比度增强	150
7.3 修正直方图增强	154
7.4 平滑	160
7.5 锐化	177
7.6 自适应迭代滤波增强	190
7.7 同态滤波增强	194
7.8 几何校正	196

7.9 伪彩色和假彩色	200
7.10 图像间的算术运算	202
7.11 基于偏微分方程的图像增强	204
习题	210
参考文献	213
第八章 图像恢复	215
8.1 概述	215
8.2 图像质量的客观评价	216
8.3 降质模型的一般表示式	219
8.4 分块循环矩阵的对角化及其意义	222
8.5 降质系统的模型及参数的确定	225
8.6 频域中的恢复方法	231
8.7 最小二乘估计	239
8.8 约束最小二乘估计	241
8.9 利用分块循环矩阵性质改变恢复域	245
8.10 线性均方估计恢复图像	249
8.11 非线性统计估计	251
8.12 最大熵恢复	255
8.13 图像恢复的代数方法	257
8.14 卡尔曼滤波恢复	262
8.15 运动模糊图像恢复	263
8.16 薄云层下的景物图像恢复	272
8.17 超分辨率图像复原	272
8.18 图像修复技术	288
习题	299
参考文献	301
第九章 图像融合	303
9.1 图像融合概述	303
9.2 图像融合性能评价	308
9.3 典型图像融合算法	315
9.4 基于塔式分解的多分辨率融合	321
9.5 基于小波变换的图像融合	329
参考文献	344

第一章 绪 论

1.1 概 述

在社会生活和科研生产工作中,人们每时每处都要接触图像。人们通常所说的图像,其范围是非常广泛的。各类图片(picture),如普通照片、X光片是图像;各类光学影像,如电影、电视是图像;一页书、一张报也是图像;人们对某事物在心目中的有形想象及外部表达,如绘画、绘图等同样是图像。一般地,凡是能为人们视觉系统所感知的信息形式或人们心目中的有形想象统称为图像(image)。

通常,图像是自然生物或人造的物理观测系统对世界的记录,是以物理能量为载体,以物质为记录介质的信息的一种形式。图像信息是人类认识世界的重要知识来源,国外学者曾作过统计,人类所获得的信息有80%以上是来自眼睛摄取的图像。在许多场合,没有任何其他形式比图像所传送的信息更丰富和真切。随着科学技术的发展,人们所获取的图像形式的信息将会更多。

早期,数字图像处理是指使用数字计算机加工处理图像以获得所需要的信息或信息形式。这类技术的系统研究始于20世纪50年代,1964年美国喷射推进实验室(J. P. L.)使用数字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,是这门技术发展的重要里程碑,此后数字图像处理技术在空间研究领域一直得到广泛研究和应用,同时,这门技术在其他许多重要领域也得到了广泛研究和应用,并取得了显著成果。1970年以来,数字图像处理已发展形成了一个较完善、独立的新学科体系——图像信息处理技术,有的文献简称为图像技术,它可以细分为图像处理、图像分析、图像理解、机器视觉、图像压缩、图像重建、图像融合、图像检索、数字水印等。

近十年来,图像信息处理技术发展更为深入、广泛和迅速,这主要是因为各个领域对其提出越来越高的要求以及相关学科的发展。现在人们已充分认识到图像信息处理技术是认识世界、改造世界的重要手段之一。

目前,图像信息处理技术已广泛应用于许多社会领域,如工业、农业、国防军事、社会安全、科学研究、医学医疗、通信邮电、经济金融、文化艺术等等。从技术内涵上分,主要有各种类型的图像改善、判读、解译、识别、压缩、重建等。一些典型的应用是,机器人、车辆自动驾驶,飞行器精确制导寻的,生产过程监控,远程监视与监察,资源探测与规划等。

在遥感方面,运用图像信息处理技术分析卫星或飞机摄取的遥感图像,有效地进行资源勘察及矿藏勘探、国土规划及使用、植被调查、农作物产量估计、气象预报、云图分析、海洋监察及军事目标监视等。

生物学中的图像主要有 X 射线图像、超声图像、显微图像、CT 及 MRI 图像等。X 射线图像通常对比度较低而超声图像较粗糙,运用图像信息处理技术可提高图像清晰度和分辨率,便于医生诊断。运用图像信息处理技术可对显微图像中的细胞、染色体等自动分类和统计。1972 年 X 射线层析摄影技术(CT)研究成功及临床应用是最有影响的科技成果之一,它是利用图像投影重建理论和技术将一维投影重建成二维图像和三维图像。

在工业中,图像信息处理技术已有效地应用于加工、装配、拆卸、质量检验等方面的过程监控中。

在军事方面,图像信息处理技术已成功地应用于飞行器的地图地形导航,很多武器系统利用敌方的图像信息进行精确制导和寻的,以提高命中率。

生物特征是人的内在属性,具有很强的自身稳定性和个体差异性,是身份验证的理想依据。现已研制出根据人脸、指纹、掌纹、虹膜等图像信息处理识别系统,并在刑侦破案、金融及某些重要场所身份验证方面得到成功的应用。

计算机文字自动识别系统也是建立在图像信息处理技术上的。

运用图像信息处理技术的汽车自动驾驶系统已装备到一些汽车上。许多机器人能够执行任务的重要原因之一是其具有视觉感知功能。

图像信息处理技术还有其他许多方面的应用,这里不一一列举了。

1.2 图像信息处理技术研究的内容

在图像信息领域中涉及三元关系,这三元是:人、机器、环境世界。在这里,关于人主要涉及二个要素,一是利益目的,二是知行能力。利益目的是人们的行为企图,知行能力则主要反映对科学技术的掌握和运用。人、机、环三者的关系如图 1.2.1 所示,其中人的知行能力反映在图像处理,图像分析,图像理解,机器视觉等理论技术的掌握和运用上。

早期,关于图像信号或信息的获取、加工和利用统称为图像处理。随着该领域有关理论和技术成果的丰富,以及认识的深化,人们对图像处理技术的概念进行了细化。对于不同类型、不同内容、不同应用目的的图像,人们所采用的处理理论与技术不同,对图像信息利用的水平和形态也不同。根据将要处理的图像信息的抽象程度,及处理后的图像信息形态和利用水平,通常认为分四个层次:图像处理、图像分析、图像理解与机器视觉,它们既有区别,又有关联和继承。正如许多(模糊)概念一样,它们之间没有清晰的界线,只能认为某一个技术或方法更大程度地属于

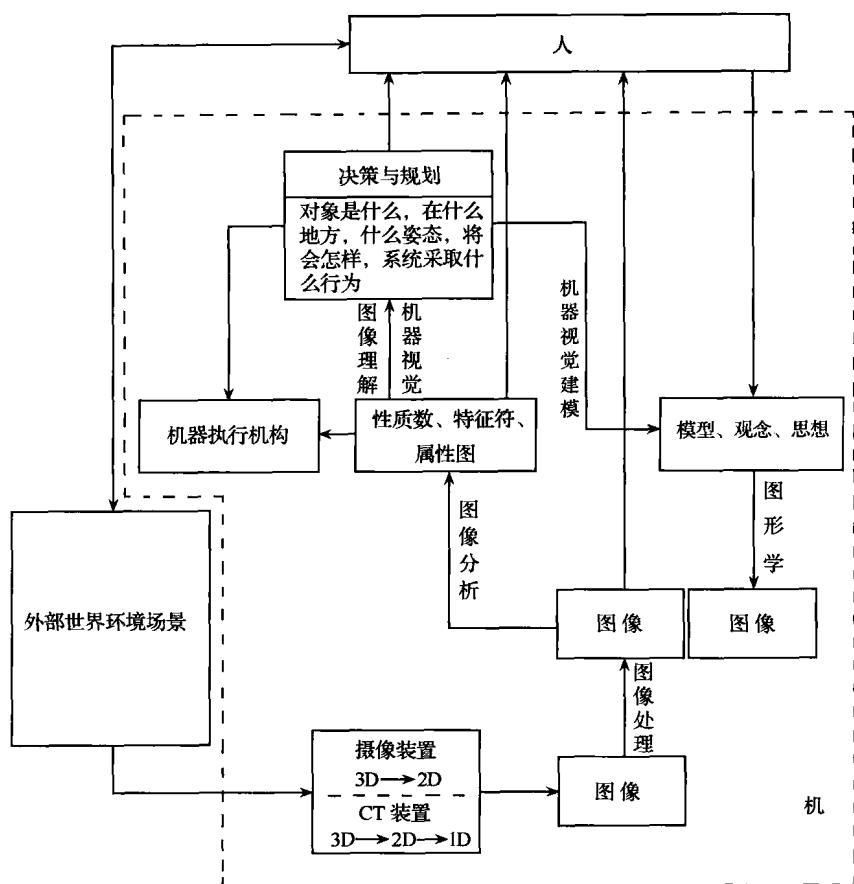


图 1.2.1 图像信息处理中的人、机、环三者关系

某个层次,较小程度地属于另一个层次。图像处理是将一幅图像变换成另一幅图像的加工过程,这里的图像是指有一个图像支撑域,支撑域中的每个连续点或规则离散点都有相应的值,点及其上的值称为像素。图像处理主要是在像素层次上进行加工,处理结果是供人们欣赏或观察,或作为后续的图像分析的前处理,或是为图像传输、存储带来便利。图像分析是对图像中感兴趣的某些区域进行检测和性质质量测,用性质数、特征符和图像中的位置来表示图像,是从单个像素级上的信息形态转化为比较简洁的图像支撑域中像素集合级上信息形态的描述,其目的是供人们分析判断或为后续的图像理解之用。图像理解是在图像分析的基础上进一步深入分析图像中各部分的性质,并进而建立各部分及各部分与性质之间的属性关系,用抽象出来的性质数、特征符、属性图对图像内容进行合理的解释和三维场景的初步推断性的描述。机器视觉是根据一幅或多幅图像在图像处理、分析、理解的基础上对外部三维世界的感知,使系统具有类似人的视觉功能,认知三维空间中有什么物体、在什么地方、将怎样变化。在这四个层次中,各个层次的处理目的、所运

用的主要技术、以及对对象信息的形态如图 1.2.2 所示,其中有关分数维的表示只是一种形象的说法,例如图像理解中的 2.5 维描述,是指二维的图像数据到三维世界认知过程的中间态,是以观测者为中心的世界描述,它是部分的、不完整的三维信

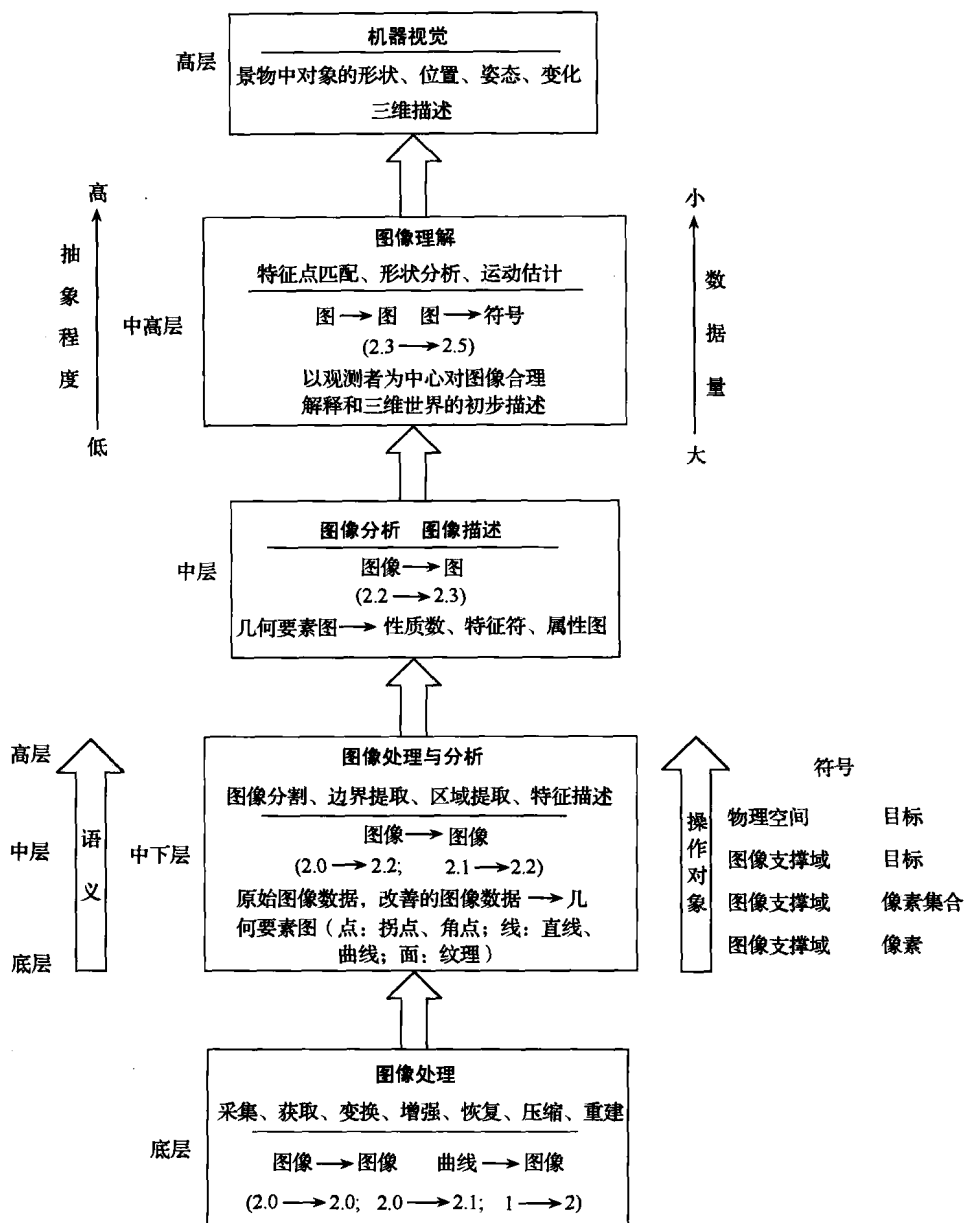


图 1.2.2 图像信息处理流程

息描述,三维认知是客观地对三维世界相对完整准确的描述,其中的所谓的 2.2 维等描述也是形象地表示由二维图像数据向 2.5 维描述的演化处理过程。现在,对图像信号与图像信息处理、分析、理解、认知和应用的有关理论、方法和技术也统称图像理论与技术。

图像理论与技术涉及众多的学科,如各类数学、物理学、信号处理、控制论、模式识别、人工智能、生物学、神经心理学、计算机科学与技术等,它是一门兼具交叉性、融合性和开放性的学科。图像信息处理底层和中下层,图像处理与分析等所涉及的知识门类众多,具体的方法浩繁,应用也极为广泛,但从主要研究内容上可以分为以下几个方面:

1. 图像数字化

其目的是将模拟形式的图像通过数字化设备变为数字计算机可用的离散的图像数据。这里主要讨论取样理论与技术、量化理论与技术。

2. 图像变换

为了便于后续的工作,需要进行图像变换以改变图像的表示域和表示数据。它主要包括傅里叶变换,余弦变换,沃尔什-哈达玛变换,奇异值分解,KL 变换等。

3. 图像增强

图像增强是一类以改善人们视觉效果,或便于人或机器分析、理解图像内容为主要目的的改善图像质量的方法。它主要包括对比度增强,直方图修正,平滑,锐化,同态增晰,几何校正,伪彩色假彩色,图像间的算术运算等。

4. 图像恢复

图像恢复是指对失真的图像进行处理,使处理后的图像尽量接近原始的未失真的图像。它主要包括降质系统的模型及参数的确定,频域中的恢复方法,约束或无约束的最小二乘估计,线性或非线性的均方估计,最大熵恢复,图像恢复的代数方法,运动模糊恢复,盲恢复,图像修复等。

5. 图像分割

图像分割是指根据选定的特征将图像分划成若干个有意义的部分,从而使原图像在内容表达上更为简单明了,为后续图像分析和理解前处理。它主要包括:根据灰度进行分割,边界检测的基本方法,拟合曲面求导法,高斯平滑滤波求导法,统计判决法,分裂-合并算法,跟踪技术,模糊数学方法,模型化与统计检验法,松弛标记法,匹配检测技术,活动轮廓模型法,基于模式识别检测法,基于视觉特性检测法。

6. 图像分析与描述

这一层次的工作是对已分割或正在分割的图像中各部分的属性及各部分之间关系的表述。其主要技术包括:灰度幅值与统计特征描述,边界点集组织与曲线描述,闭合曲线的傅氏描述,区域和曲线、角点提取,区域拓扑特性,区域的矩描述,区域主轴,区域等效椭圆,区域几何特性,区域四分树方法,区域中轴,区域扩展与收缩,区域曲线表示,区域纹理特性,图像的关系描述。

7. 图像数据压缩

为了益于传输和存储,利用图像通常存在空间上,时间上或内容上的冗余性,减少图像数据量,将一个大的数据文件转换成较小的同性质的文件。它主要包括,轮廓编码压缩,行程编码压缩,预测误差编码压缩,正交变换编码压缩,自适应编码压缩,混合编码压缩,子带编码技术,基于人工神经网络的技术,基于分形几何理论的压缩方法,基于小波变换的压缩等。

8. 图像重建

图像重建是由一组关于目标某一剖面的一维投影曲线重构该剖面二维图像的技术,这里主要涉及以下主要内容:图像投影重建基本原理,离散图像的傅氏变换重建法,卷积逆投影法,扇形投影的滤波逆投影法,代数重建法。

9. 图像融合

多源图像融合是指,运用有关理论和技术将多个传感器采集到的同一场景多幅不同特性的源图像的相关性、互补性和冗余性数据/信息综合起来,以获取比单幅图像关于该场景更准确、更全面、更可靠的描述,获得更好的视觉效果或易于机器感知。本书介绍数据层次的融合,主要内容包括,一些经典的图像融合方法,基于塔式分解的图像融合方法,基于小波变换的融合方法等。

10. 图像检索

在信息时代,大量的图像、视频数据被广泛地搜集和应用,它们已成为重要的数据资源,对这些数据进行有效管理和使用是数据库理论和技术迫切需要解决的问题。图像检索就是从数据库准确、快捷、有效地检索目标图像的一类图像领域的方法。

11. 数字水印

数字水印是一种信息隐藏技术,它是将某种信息用数字方法秘密嵌入到另一信号载体中。被嵌入信息的载体通常是图像、视频和音频等数字信号,嵌入的秘密信息俗称数字水印。信息隐藏技术在军事上和民用上有着极重要的应用。

关于目标的三维形状感知,运动分析,空间定位,目标识别等理论与方法是机器视觉涉及的主要内容,它们将在机器视觉中讨论。

1.3 数字图像处理系统

数字图像处理系统是执行图像处理、图像分析理解任务的计算机系统。尽管图像信息处理技术应用广泛,图像处理系统种类繁多,但它们的基本组成是相近的,主要包括: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,存储设备以及人机交互设备。到目前为止,已经研发出了适于各种应用的多种图像输入设备、输出设备、存储设备以及图像处理专用机。支持研发这些设备的基础主要依赖于半导体及大规模集成电路技术,电子技术,机电技术,光电技术,材料技术,以及系统技术等。较完善的人机交互的图像处理系统结构原理框图如图 1.3.1 所示。对于一个专用自动执行系统,其中的图像处理系统要有采集现场信息的专用图像输入设备、输入端口和决策规划输出端口,而其他外围设备可能不需要或需要很少。

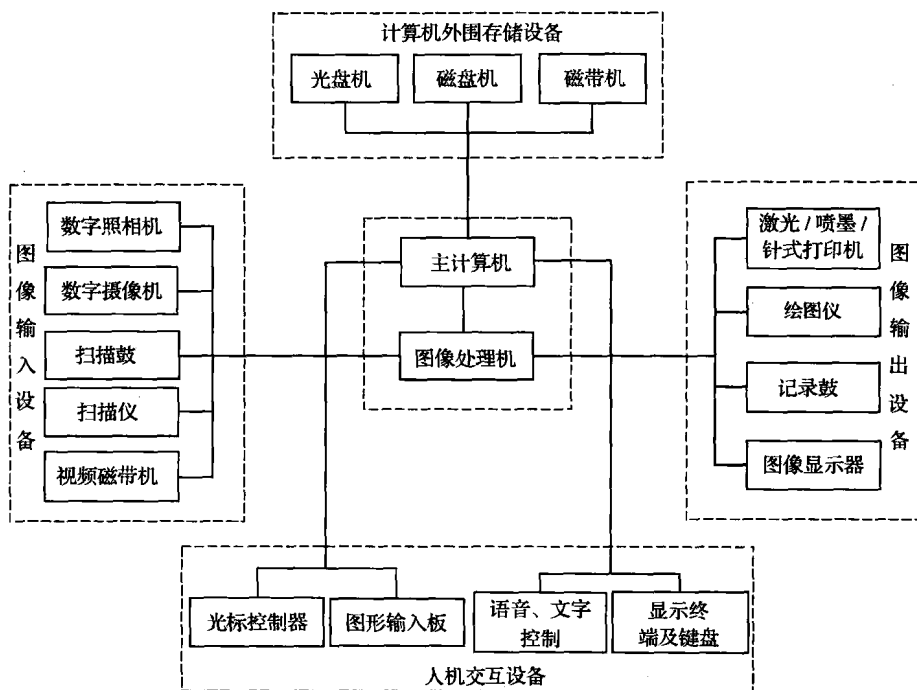


图 1.3.1 数字图像信息处理系统

1. 图像处理分析装置

图像处理与分析工作通常由一台微型、小型或大型计算机与图像处理机或由