

数字图像处理 (第二版)

李俊山 李旭辉 编著



清华大学出版社

73
2.....

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术

TN911.73
96-2

数字图像处理

(第二版)

李俊山 李旭辉 编著

昆明理工大学图书馆
呈贡校区
中文藏书章



03002225365

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书较全面地介绍了数字图像处理的基本概念、基本原理、基本技术和基本方法。全书共 13 章,内容包括绪论、数字图像处理基础、数字图像的基本运算、空间域图像增强、频率域图像增强、图像恢复、图像压缩编码、小波图像处理、图像分割、图像特征提取、彩色与多光谱图像处理、形态学图像处理、目标表示与描述等。内容覆盖了数字图像处理技术的知识专题及最新发展动向。

本书选材新颖、表述通俗、语言精练、图文并茂、系统性强、与新技术结合紧密。

本书可作为高等院校电子工程、通信工程、信号与信息处理、模式识别与智能系统、信息工程、生物医学工程、计算机科学与技术、数字媒体技术、物联网工程、遥感等学科硕士研究生或大学本科高年级学生的专业基础课教材,也可供从事上述学科及军事侦察、地理信息系统和机器人等相关领域的高等院校师生和科技工作人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理/李俊山,李旭辉编著.--2 版.--北京:清华大学出版社,2013

21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术

ISBN 978-7-302-32948-0

I. ①数… II. ①李… ②李… III. ①数字图像处理—高等学校—教材 IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 147719 号

责任编辑:魏江江 李 晔

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20.25 插 页:2 字 数:512 千字

版 次:2007 年 4 月第 1 版 2013 年 11 月第 2 版 印 次:2013 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:34.00 元

产品编号:038630-01

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和教学方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品

教材包括:

(1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

第二版前言

FOREWORD

本书从 2007 年出版以来,在几十多所院校的计算机与电气信息类专业得到了应用,许多老师和读者对本书的进一步改版都给予了特别的关心,并提出了许多宝贵的改进意见。作者在教学中也亲身感受到了学生对数字图像处理这门课的学习热情和对学习中遇到的较多的数学描述所产生的畏难情绪。作者也一直在思考,如何组织本书的内容,才能既保留数字图像处理这门课程的基础性、理论性和严谨性,又能使相关的数学描述与其相应的数字图像处理方法紧耦合地联系,同时又能与时俱进不断引入数字图像处理技术的最新基础性技术和内容,实现教材内容的更新。这也是本书一直没能再版的原因。可喜的是,经过作者最近几年的深入学习和对教学实践经验的总结,已经较好地解决了这个问题,本书呈现给读者的将是一个全新的数字图像处理基础技术的内容体系。

本书共分为 13 章,第 1 章介绍数字图像处理的基本概念,第 2 章介绍数字图像处理的基础知识,第 3 章介绍数字图像的基本运算,第 4 章介绍空间域图像增强,第 5 章介绍频率域图像增强,第 6 章介绍图像恢复,第 7 章介绍图像压缩编码,第 8 章介绍小波图像处理,第 9 章介绍图像分割,第 10 章介绍图像特征提取,第 11 章介绍彩色与多光谱图像处理,第 12 章介绍形态学图像处理,第 13 章介绍目标表示与描述。

与第一版内容相比,本书在以下几方面进行了改革和更新:

(1) 将第一版第 3 章的图像变换中的离散傅里叶变换、离散余弦变换和小波变换 3 部分内容,分别作为各自的数学基础调整到了第二版第 5 章的频率域图像增强、第 7 章的图像压缩编码和第 8 章的小波图像处理,同时对小波变换部分内容的难点进行了化简。这样组织不仅化解了学生在开始学习本课程不久就集中遇到了一系列的“数学类”知识,而没有尽快地“体验”到数字图像处理方法“本身”和对大量数学描述所产生的畏难情绪,而且实现了数字图像处理技术中的这 3 种最重要的变换方法与图像本体技术的紧耦合。一方面会使学生直接体会到这些数学基础在图像本体技术上的作用和重要性;另一方面使学生自然地体验到自己是在学习数字图像处理课而不是在学数学课,进而增加学生对学习这些图像变换基础理论的主动性。

(2) 第二版增加了第 3 章的数字图像的基本运算内容。新增内容中包括了基于图像相加运算的图像合成、基于图像减法运算的图像变化检测、图像几何运算中的图像平移变换、图像旋转变换、图像镜像、图像转置、图像缩放等,这些内容形象直观、简单易学,属于实用性的数字图像处理技术内容。加上这部分内容位于课程内容开始不久的第 3 章,会使学生尽快感受到学懂这些数字图像处理技术本体内容的乐趣,进一步增加学习本课程的兴趣。同

时,从数字图像技术的实际应用需求出发,增加这些内容也是十分必要的。

(3) 从吸收最新数字图像处理基础研究成果和紧跟目前基于特征的图像处理方法研究热点的需求出发,将第一版第7章的图像分割及特征提取扩充成第二版第9章的图像分割和第10章的图像特征提取两章内容。在第10章的图像特征提取一章中,较大篇幅地增加了图像的角点特征及其检测方法、图像的纹理特征及其描述和提取方法等内容,其中的SUSAN角点检测算法和灰度共生矩阵纹理描述及其相应的检测方法代表了数字图像处理技术的最新基础性成果。在该章的图像边缘特征及其检测方法部分中增加了Marr边缘检测算法,进一步突出了基于边缘检测的图像处理技术的基础性和面向应用性。同时,还在第二版第8章的小波图像处理一章中增加了基于小波的图像去噪和图像增强方面的内容。从总体上来说,第二版中也正是第10章的图像特征提取内容的单列和加强,再加上第8章的小波图像处理和第11章的彩色与多光谱图像处理这两章内容,使本书的特色更加显著地体现了出来。

(4) 通过对第一版书原有内容的梳理和删减,以及新内容的增加,将第一版的10章内容改成了第二版书的13章内容。从整体上看,第二版的内容体系更加合理和完整。第二版舍去了第一版书中部分非重点内容和与主体内容关联性不强的内容,同时对部分内容进行了修正和完善。

本书可作为高等院校电子工程、通信工程、信号与信息处理、模式识别与智能系统、信息工程、生物医学工程、计算机科学与技术、数字媒体技术、物联网工程、遥感等学科硕士研究生或大学本科高年级学生的专业基础课教材,也可供从事上述学科及军事侦察、地理信息系统、机器人等相关领域的高等院校师生和科技工作人员参考。

本书的第1~9章内容由李俊山编写,第10、11章内容由李俊山和李旭辉共同编写,第12章和第13章内容由李旭辉编写,附录部分由李俊山编写。

在本书的编写过程中,胡双演、李建军、杨威、谭圆圆、李堃、李龙、张雄美、张士杰、杨亚威、张仲敏、芦鸿雁、张姣等博士和硕士完成了本书中各种图像处理算法的验证和实验图例的实现。此外,书中还引用了一些著作、论文和相关资料的观点,在此一并向他们表示衷心的感谢。

另外,书中难免有不当和疏漏之处,敬请广大读者不吝批评、指正。

李俊山

2013年8月完稿于第二炮兵工程大学

第一版前言

FOREWORD

数字图像处理是信息工程、电子工程、通信工程、信号处理、模式识别与智能系统、生物医学工程、计算机科学与技术、遥感等学科领域中的一个十分活跃且发展迅猛的学科分支。随着计算机技术、数字化技术和 Internet 技术的发展和广泛应用,数字图像处理已经成为与国计民生密切相关的应用学科,并在推动社会进步和改善人们生活质量方面起着十分重要的作用。

数字图像处理具有多学科交叉、与新技术的发展和应用密切相关、对数学知识的依赖程度高等特点。多年来的数字图像处理课程教学实践表明,一本既适合于初学者,又比较适合于有一定基础的读者,同时还能反映最新技术进展和面向应用的“完整”意义上的教材,是高等院校电子、信号与信息类专业大学高年级本科生和硕士研究生数字图像处理课程教学中的急需。本书在内容题材的选取上,凝聚了作者十多年来在图像处理技术科研实践中感悟到的,有关从事图像处理技术研究人员所需的理论基础和知识结构的体会;在教学内容的组织上,总结了作者十多年来以赵荣椿老师编著的《数字图像处理导论》为教材给硕士研究生进行教学的经验和教训;在理论体系与技术创新上,汲取了国内外同类著作和教材的精华和成功经验,比较好地构建了数字图像处理教材的内容体系和知识构架。

本书共分为 10 章,第 1 章介绍数字图像处理的基本概念,第 2 章介绍数字图像处理的基础知识,第 3 章介绍图像变换,第 4 章介绍图像增强,第 5 章介绍图像恢复,第 6 章介绍图像压缩编码,第 7 章介绍图像分割及特征提取,第 8 章介绍形态学图像处理,第 9 章介绍彩色与多光谱图像处理,第 10 章介绍目标表示与描述。

本书可作为高等院校信息工程、电子工程、通信工程、信号与信息处理、模式识别与智能系统、生物医学工程、计算机科学与技术、遥感等学科硕士研究生和大学本科高年级学生的专业基础课教材,也可供从事上述学科及军事侦察、地理信息系统、机器人等相关领域的高等院校师生和科技工作人员参考。

本书的第 1~7 章内容由李俊山编写,第 8 章内容由李俊山和李旭辉共同编写,第 9 章和第 10 章内容由李旭辉编写。李俊山并对第 9 章和第 10 章内容进行了修改完善。

在本书的编写过程中,胡双演、李建军、杨威等博士和谭圆圆、李龙、夏成龙、吴陟轩、刘帅、李堃、张雄美、陈磊等硕士完成了本书中各种图像处理算法的验证和实验图例的实现;李应歧教授审阅了小波变换部分的书稿。此外,书中还引用了一些著作、论文和相关资料,并吸取了在教学使用中的反馈意见,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者学识有限,书中难免有不当之处,敬请广大读者和专家不吝批评、指正。

李俊山

2006 年国庆节于第二炮兵工程学院砺剑园

目 录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 数字图像与数字图像处理	1
1.2 数字图像处理系统的组成	2
1.3 图像处理技术研究的基本内容	3
1.4 图像处理技术的应用领域	4
习题 1	4
第 2 章 数字图像处理基础	6
2.1 电磁波谱与可见光谱	6
2.2 人眼的亮度视觉特性	7
2.2.1 视觉适应性	8
2.2.2 同时对比效应	8
2.2.3 马赫带效应	8
2.2.4 视觉错觉	9
2.3 图像的表达	10
2.3.1 简单的图像成像模型	10
2.3.2 数字图像的表达	10
2.4 空间分辨率和灰度级分辨率	14
2.4.1 空间分辨率和灰度级分辨率	14
2.4.2 采样数变化对图像视觉效果的影响	15
2.4.3 空间分辨率变化对图像视觉效果的影响	16
2.4.4 灰度分辨率变化对图像视觉效果的影响	16
2.5 像素间的关系	17
2.5.1 像素的相邻和邻域	17
2.5.2 像素的邻接性与连通性	18
2.5.3 像素间距离的度量	20
2.6 图像的显示	22
2.6.1 显示分辨率与图像分辨率	22

2.6.2	光度分辨率与灰度分辨率	23
2.6.3	彩色模型	23
2.6.4	位图	23
2.6.5	调色板	24
2.7	图像文件格式	25
2.7.1	位图文件头	25
2.7.2	位图信息头	26
2.7.3	位图调色板	28
2.7.4	图像的位图数据	28
习题 2		29
第 3 章	数字图像的基本运算	31
3.1	灰度反转	31
3.2	对数变换	32
3.3	灰度直方图	32
3.3.1	灰度直方图的概念及分布特征	32
3.3.2	归一化灰度图像直方图	34
3.3.3	灰度直方图的特征	34
3.4	二维直方图	34
3.5	图像的代数运算	36
3.5.1	图像的相加运算	36
3.5.2	图像的相减运算	36
3.6	图像的几何运算	37
3.6.1	图像平移变换	37
3.6.2	图像旋转变换	38
3.6.3	图像镜像变换	41
3.6.4	图像转置变换	42
3.6.5	图像缩放	42
习题 3		45
第 4 章	空间域图像增强	46
4.1	基于点运算的灰度图像增强方法	46
4.1.1	对比度拉伸	46
4.1.2	窗切片	47
4.2	基于直方图的图像增强方法	48
4.2.1	直方图均衡	48
4.2.2	直方图规定化	54
4.3	图像锐化	61
4.3.1	梯度法	61

昆明理工大学图书馆

呈贡校区

中文藏书章

4.3.2	拉普拉斯锐化算子	63
4.3.3	模板运算原理	66
4.4	图像噪声消除	69
4.4.1	邻域平均	69
4.4.2	中值滤波	71
习题 4		72
第 5 章	频率域图像增强	74
5.1	二维离散傅里叶变换	74
5.1.1	二维离散傅里叶变换的定义及意义	74
5.1.2	二维离散傅里叶变换的若干重要性质	75
5.1.3	图像的傅里叶频谱特性分析	77
5.1.4	快速离散傅里叶变换及其实现	81
5.2	频率域图像处理的基本实现思路	82
5.2.1	基本实现思想	82
5.2.2	转移函数的设计	83
5.3	基于频率域的图像噪声消除——频率域低通滤波	84
5.3.1	理想低通滤波器	84
5.3.2	巴特沃斯低通滤波器	86
5.3.3	高斯低通滤波器	86
5.4	基于频率域的图像增强——频率域高通滤波	87
5.4.1	理想高通滤波器	87
5.4.2	巴特沃斯高通滤波器	88
5.4.3	高斯高通滤波器	88
5.5	带阻滤波和带通滤波	89
5.5.1	带阻滤波器	89
5.5.2	带通滤波器	90
习题 5		91
第 6 章	图像恢复	92
6.1	图像的退化模型	92
6.1.1	常见退化现象的物理模型	92
6.1.2	图像退化模型的表示	93
6.1.3	离散退化模型	93
6.1.4	图像的离散退化模型	94
6.2	空间域图像的恢复	95
6.2.1	无约束最小二乘方恢复	95
6.2.2	有约束最小二乘方恢复	96
6.3	频率域图像的恢复	98

6.4	匀速直线运动模糊的恢复	99
6.5	图像噪声与被噪声污染图像的恢复	102
6.5.1	图像噪声	102
6.5.2	被噪声污染图像的恢复	105
6.6	几何失真的校正	107
6.6.1	坐标的几何校正	107
6.6.2	灰度值恢复	108
	习题 6	109
第 7 章	图像压缩编码	111
7.1	DCT 变换	111
7.1.1	一维 DCT	111
7.1.2	二维偶 DCT	114
7.1.3	DCT 变换的基函数与基图像	116
7.2	数字图像压缩编码基础	118
7.2.1	图像压缩的基本概念	118
7.2.2	图像质量(相似度)评价——保真度准则	119
7.2.3	图像编码模型	120
7.2.4	独立信源与信息量	124
7.3	几种最基本的变长编码方法	124
7.3.1	费诺码	125
7.3.2	霍夫曼编码	126
7.3.3	几种接近最佳的变长编码	127
7.3.4	算术编码	130
7.4	位平面编码	133
7.4.1	位平面分解	133
7.4.2	位平面的格雷码分解编码	134
7.5	游程编码	135
7.6	变换编码	136
7.6.1	变换编码的过程	137
7.6.2	子图像尺寸选择	137
7.6.3	变换的选择	138
7.6.4	变换系数的量化和编码	139
7.6.5	变换解码	143
	习题 7	145
第 8 章	小波图像处理	147
8.1	小波变换与图像小波变换	147
8.1.1	小波的概念和特性	147

8.1.2	连续小波变换	148
8.1.3	离散小波变换	150
8.1.4	二进小波变换	150
8.1.5	塔式分解与 Mallat 算法	151
8.1.6	图像的小波变换	153
8.2	基于图像小波变换的嵌入式零树编码	159
8.2.1	基于小波变换的图像压缩基本思想	159
8.2.2	嵌入式编码与零树概念	160
8.2.3	小波系数及其扫描方法	161
8.2.4	嵌入式零树编码方法	163
8.2.5	解码恢复图像小波变换矩阵	168
8.2.6	嵌入式小波零树编码的渐进传输特性	169
8.3	基于小波变换的图像去噪方法	170
8.3.1	小波去噪方法研究进展	171
8.3.2	小波收缩阈值去噪方法	171
	习题 8	174
第 9 章	图像分割	175
9.1	图像分割的概念	175
9.2	基于边缘检测的图像分割	176
9.2.1	图像边缘的概念	176
9.2.2	Hough 变换	176
9.3	基于阈值的图像分割	179
9.3.1	基于阈值的分割方法	180
9.3.2	基于双峰形直方图的阈值选取	182
9.3.3	其他阈值选取方法	184
9.4	基于跟踪的图像分割	185
9.4.1	轮廓跟踪法	186
9.4.2	光栅跟踪法	187
9.5	基于区域的图像分割	188
9.5.1	区域生长法	188
9.5.2	分裂合并法	190
	习题 9	192
第 10 章	图像特征提取	193
10.1	图像的边缘特征及其检测方法	193
10.1.1	图像边缘的特征	193
10.1.2	梯度边缘检测	194
10.1.3	二阶微分边缘检测	197

10.1.4	Marr 边缘检测算法	199
10.2	图像的点与角点特征及其检测方法	200
10.2.1	图像点特征及其检测方法	200
10.2.2	图像角点的概念	200
10.2.3	SUSAN 角点检测算法	201
10.3	图像的纹理特征及其描述和提取方法	204
10.3.1	图像纹理的概念和分类	204
10.3.2	图像纹理的主要特性及描述与提取方法	206
10.3.3	基于灰度直方图统计矩的纹理特征描述与提取方法	207
10.3.4	基于灰度共生矩阵的纹理特征提取方法	209
10.3.5	基于结构方法的纹理描述	213
10.3.6	基于频谱方法的纹理描述	214
10.4	图像的形状特征	216
10.4.1	矩形度	216
10.4.2	圆形性	216
10.4.3	球状性	217
10.5	图像的统计特征	217
	习题 10	219
第 11 章 彩色与多光谱图像处理		220
11.1	彩色视觉	220
11.1.1	三基色原理	220
11.1.2	CIE 色度图	222
11.2	彩色模型	224
11.2.1	RGB 彩色模型	224
11.2.2	HSI 彩色模型	225
11.2.3	RGB 彩色模型到 HSI 彩色模型的转换	226
11.2.4	HSI 彩色模型到 RGB 彩色模型的转换	226
11.3	彩色变换	227
11.3.1	反色变换	227
11.3.2	彩色图像的灰度化	228
11.3.3	真彩色转变为 256 色	229
11.3.4	彩色平衡	230
11.4	彩色图像增强	232
11.4.1	真彩色增强	232
11.4.2	伪彩色增强	234
11.4.3	假彩色增强	237
11.5	彩色图像的平滑	237
11.5.1	基于 RGB 彩色模型的彩色图像平滑	238

11.5.2	基于 HSI 彩色模型的彩色图像平滑	239
11.6	彩色图像的锐化	240
11.7	彩色图像的边缘检测	240
11.8	彩色图像的分割	242
11.8.1	HSI 模型的彩色图像分割	242
11.8.2	RGB 模型的彩色图像分割	243
11.9	多光谱与高光谱图像处理简介	244
11.9.1	多光谱图像处理简介	244
11.9.2	高光谱图像处理简介	246
习题 11		248
第 12 章	形态学图像处理	249
12.1	集合论基础	249
12.1.1	集合的概念	249
12.1.2	集合间的关系和运算	250
12.2	二值形态学的基本运算	252
12.2.1	腐蚀	252
12.2.2	膨胀	255
12.2.3	开运算和闭运算	258
12.2.4	二值形态学基本运算性质	261
12.3	二值图像的形态学处理	263
12.3.1	形态滤波	263
12.3.2	边界提取	264
12.3.3	区域填充	264
12.3.4	骨架提取	266
12.3.5	物体识别	267
12.4	灰度形态学基本运算	268
12.4.1	灰度腐蚀	269
12.4.2	灰度膨胀	270
12.4.3	灰度开运算和灰度闭运算	273
12.4.4	灰度形态学基本运算的性质	275
12.5	灰度形态学处理算法	277
12.5.1	形态学平滑	277
12.5.2	形态学梯度	277
12.5.3	高帽(top-hat)变换	278
习题 12		279
第 13 章	目标表示与描述	280
13.1	边界表示	280

13.1.1	链码	280
13.1.2	多边形	282
13.1.3	标记	284
13.1.4	边界线段	285
13.2	边界描述	285
13.2.1	简单的边界描述子	285
13.2.2	形状数	286
13.2.3	傅里叶描述子	287
13.2.4	统计矩	289
13.3	区域表示	290
13.3.1	区域标示	290
13.3.2	四叉树表示	290
13.3.3	骨架表示	291
13.4	区域描述	293
13.4.1	几种简单的区域描述子	294
13.4.2	拓扑描述子	295
13.4.3	不变矩	296
13.5	关系描述	298
13.5.1	串描述子	298
13.5.2	树描述子	299
	习题 13	301
附录 A $N=4$ 时的二维 DCT 变换基图像的原始数据		302
附录 B 本书中的彩色图像插图		305
参考文献		309

第1章 绪 论

数字图像处理是光学、电子学、计算机科学、计算机图形学、人工智能、模式识别及摄影技术等多学科领域的交叉技术学科。随着计算机技术、微电子技术和信息处理技术的发展,数字图像处理技术已在国民经济的各个领域得到了十分广泛的应用,并已成为信息技术领域中的核心技术之一。

数字图像处理涉及数学、光学、电子学、计算机科学、计算机图形学、人工智能、模式识别、神经网络、模糊理论、摄影技术等众多学科领域,其理论和技术体系十分庞大和复杂,本书仅从计算机类和电子信息类学科及相近、相关学科的数字图像处理课程的教学出发,介绍数字图像处理技术的基本原理和基本技术。

本章将从图像、数字图像、图像处理的概念出发,系统地介绍数字图像处理系统的组成、数字图像处理技术研究的基本内容、数字图像处理技术的应用领域等,以使读者对数字图像处理技术有一个概括的了解。

1.1 数字图像与数字图像处理

所谓“图”,就是物体反射或者透射电磁波的分布;所谓“像”,就是人的视觉系统对接收的图信息在大脑中形成的印象。图像即是“图”和“像”的结合。具体来说,所谓图像,就是用各种观测系统以不同形式和手段观测客观世界而获得的、可以直接或间接作用于人的视觉系统而产生的视知觉实体。

所谓图像处理,就是对图像信息进行加工以满足人的视觉或应用需求的行为。最经典的图像处理方法是光学方法,例如传统的光学滤波,先进的激光全息技术都是光学图像处理方法。所谓数字图像处理,就是利用计算机技术或其他数字技术,对图像信息进行某些数学运算和各种加工处理,以改善图像的视觉效果和提高图像实用性的技术。例如降低图像噪声、对比度增强和图像锐化等这样的在像素级上进行的处理都属于数字图像处理的范畴,其基本特征为输入和输出都是图像。数字图像处理的这种定义是一种比较严格的定义,因此也呈现出某种狭义性,因为在这种比较严格的定义下,即是计算一幅图像中灰度平均值的这样的最普通的工作,都不能算是数字图像处理。

随着科学技术的发展和进步,数字图像处理技术开始应用于解决机器视觉问题。在这种情况下,数字图像处理的目的是不再是单纯地改善图像的视觉效果和提高图像的实用性,而是把注意力集中于提取图像中的某些特征,以便计算机能够自动识别图像中的目标和理解图像。许多文献把这种通过对图像中不同对象进行分割(把图像分为不同区域或目标物)来对图像中目标进行分类和识别的技术称为图像分析。图像分析是比图像处理(以下如不作特别声明,所提到的图像处理均指数字图像处理)更高一级的计算处理过程。图像分析的目的在于缩减对图像的描述,以使其更适合于计算机处理及对不同目标的分类。图像分析以输