

数字图像处理

(第3版)

李俊山 李旭辉 朱子江 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



数字图像处理

(第3版)

李俊山 李旭辉 朱子江 编著

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。全书正文共 14 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、频率域图像处理、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、彩色图像处理、形态学图像处理、目标表示与描述、视频图像处理等。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。

本书内容选材新颖, 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计算机科学与技术、数字媒体技术、电子信息工程、通信工程、光电信息科学与工程、信息工程、自动化、遥感科学与技术、探测制导与控制技术、医学影像技术、医学信息工程等专业大学本科学生的专业基础课或高年级学生的专业课教材; 也可作为计算机科学与技术、信息与通信工程、控制科学与工程、测绘科学与技术、兵器科学与技术、光学工程、医学技术等学科, 从事图像处理与分析、目标识别与跟踪、景象匹配及制导、视频检测与识别、视频信息压缩及编码、计算机视觉及应用等研究方向研究生的专业基础课或专业课教材; 还可供从事上述相关学科专业的研究人员和工程技术人员参考。

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, 朱子江编著. —3 版. —北京: 清华大学出版社, 2017

(21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术)

ISBN 978-7-302-45688-9

I. ①数… II. ①李… ②李… ③朱… 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(2016)第 285839 号

责任编辑: 魏江江 李 晔

封面设计: 傅瑞学

责任校对: 时翠兰

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: 清华大学印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 21 插 页: 2 字 数: 521 千字

版 次: 2007 年 4 月第 1 版 2017 年 5 月第 3 版 印 次: 2017 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 13501~15500

定 价: 39.50 元

产品编号: 072191-01

出版说明

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

前言

随着计算机技术、电子技术、信息处理技术和 Internet 技术的迅猛发展,图像处理技术已经成为信息技术领域中的核心技术之一,并已在国民经济的各个领域得到了十分广泛的应用,在推动社会进步和改善人们生活质量方面起着越来越重要的作用。

自本书第 1 版和第 2 版分别在 2007 年和 2013 年出版以来,在几十所院校相关专业的本科生和研究生课程教学中得到了应用,许多学生、老师和读者对本书的进一步改版给予了特别的关心,并提出了许多宝贵的建议。出版第 3 版的原因是纠正第 2 版中的一些不准确的描述,删除一些不重要的内容,与时俱进地加入一些新内容和新主题。

本书主要有以下特点:

(1) 将离散傅里叶变换、离散余弦变换和小波变换三部分图像变换内容,分别作为第 5 章的频率域图像处理、第 7 章的图像压缩编码、第 8 章的小波图像处理的数学基础放在相应章的第一节,不再把图像变换设为独立的一章内容。对图像变换部分内容的这种组织方式,不仅化解了学生在刚开始学习本课程时,就遇到了学习“数学”知识的困惑和畏难情绪;而且实现了数字图像处理技术中的这三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,另一方面会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) 从吸收最新数字图像处理基础技术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,进一步完善了第 10 章的图像特征提取内容,构成了由图像的边缘特征及其检测方法、图像的点与角点特征及其检测方法、图像的纹理特征及其检测方法、图像的形状特征和图像的统计特征组成的较为完整的图像特征及检测方法的内容体系,进一步突出了图像特征检测与提取在图像处理技术领域的基础性和重要性。

(3) 深入浅出,并较为全面系统地给出了小波理论及其在图像处理技术中应用的基础性内容。该部分内容的学习,为学生今后进一步学习基于多尺度和多分辨率分析的图像分析方法和计算机视觉理论与技术奠定了基础。

(4) 分别将彩色图像处理、形态学图像处理作为单独的一章内容,并且在其内容的系统性和深入性方面,与国内的同类教科书相比,具有独特性。

(5) 新增了视频图像处理一章内容,适应了目前智能视频监控系统和视频图像通信系统广泛应用,以及视频检测和视频压缩编码技术迅猛发展的需求。

(6) 本书较好地把握了《数字图像处理》这部教材在相关专业基础课教学中的基础性地位,把全书的内容始终定位在基础知识、基本理论和基本技术上。所以,没有引入那些涉及相对深奥的数学理论的图像处理内容,比如基于模糊理论的图像处理方法、基于神经网络的图像处理方法等;也没有引入相对来说是非基础性图像处理方法的内容,比如图像融合方法、图像数字水印技术等。书中专门开辟了“小波图像处理”这一章比较有难度的内容,是考虑

了小波理论和小波图像处理方法在图像处理中的基础性和重要性,并且从总体上把握住了相关内容的难度和深度。

本书的大部分内容都提供了比较详细的数学推导和说明,本书假设读者具备基本的线性系统理论、概率和向量代数的相关基础知识。如果学习者不具备第6章图像恢复涉及的矩阵向量运算及对其求偏导的知识,可略讲其中的相关内容。

全书共分为14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章介绍频率域图像处理;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;第14章介绍视频图像处理。

本书可作为高等院校计算机类的计算机科学与技术专业和数字媒体技术专业,电子信息类的电子信息工程、通信工程、光电信息科学与工程和信息工程专业,自动化类的自动化专业,测绘类的遥感科学与技术专业,兵器类的探测制导与控制技术专业,医学技术类的医学影像技术专业,以及特设专业电子信息类的医学信息工程专业的大学本科生的专业基础课或高年级学生的专业课教材。也可作为计算机科学与技术、信息与通信工程、控制科学与工程、测绘科学与技术、兵器科学与技术、光学工程、医学技术等学科,从事图像处理与分析、目标识别与跟踪、景象匹配及制导、视频检测与识别、视频信息压缩及编码、计算机视觉及应用等研究方向研究生的专业基础课或专业课教材。还可供从事上述相关学科专业的研究人员和工程技术人员参考。

本书的第1章至第10章内容由李俊山编写,第11章和第12章内容由李俊山和李旭辉共同编写,第13章内容由李旭辉编写,第14章内容由李俊山和朱子江共同编写,附录部分由李俊山编写。

在本书第1版到第3版的编写过程中,胡双演、李建军、杨威、谭圆圆、杨亚威、李堃、张雄美、张姣、隋中山等参与了书中部分算法和实验图例的验证。此外,书中还引用了一些著作、论文和相关资料的观点,并汲取了教材在教学使用中一些读者的反馈意见,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。

作 者

E-mail: lijunshan403@163.com

2017年2月

目 录

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	3
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	5
习题 1	6
第 2 章 数字图像处理基础	7
2.1 电磁波谱与可见光谱	7
2.2 人眼的亮度视觉特性	9
2.2.1 视觉适应性	9
2.2.2 同时对比效应	10
2.2.3 马赫带效应	10
2.2.4 视觉错觉	10
2.3 图像的表达	11
2.3.1 简单的图像成像模型	11
2.3.2 数字图像的表达	12
2.4 空间分辨率和灰度级分辨率	15
2.4.1 空间分辨率和灰度级分辨率的概念	15
2.4.2 采样数变化对图像视觉效果的影响	16
2.4.3 空间分辨率变化对图像视觉效果的影响	17
2.4.4 灰度级分辨率变化对图像视觉效果的影响	18
2.5 像素间的关系	18
2.5.1 像素的相邻和邻域	18
2.5.2 像素的邻接性与连通性	19
2.5.3 距离的度量	22
2.6 图像的显示	23
2.6.1 显示分辨率与图像分辨率	24
2.6.2 彩色模型	24
2.6.3 位图	24
2.6.4 调色板	25
2.7 图像文件格式	26

2.7.1	位图文件头	26
2.7.2	位图信息头	27
2.7.3	位图调色板	29
2.7.4	图像的位图数据	29
习题 2		30
第 3 章	数字图像的基本运算	32
3.1	灰度反转	32
3.2	对数变换	33
3.3	灰度直方图	33
3.3.1	灰度直方图及其分布特征	34
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	36
3.4	图像的代数运算	36
3.4.1	图像的相加运算	36
3.4.2	图像的相减运算	37
3.5	图像的几何运算	38
3.5.1	图像平移变换	38
3.5.2	图像旋转变换	39
3.5.3	图像镜像变换	42
3.5.4	图像转置变换	43
3.5.5	图像缩放	44
习题 3		46
第 4 章	空间域图像增强	48
4.1	基于点运算的图像增强方法	48
4.1.1	对比度拉伸	48
4.1.2	窗切片	49
4.2	基于直方图的图像增强方法	50
4.2.1	直方图均衡	50
4.2.2	直方图规定化	57
4.3	基于空间平滑滤波的图像增强方法	63
4.3.1	空间滤波实现机理——模板运算原理	63
4.3.2	线性平滑滤波图像增强方法——邻域平均法	66
4.3.3	非线性平滑滤波图像增强方法——中值滤波法	67
4.4	基于空间锐化滤波的图像增强方法	69
4.4.1	基于一阶微分的图像增强方法	69
4.4.2	基于二阶微分的图像增强方法——拉普拉斯算子锐化方法	72
习题 4		75

第 5 章 频率域图像处理	77
5.1 二维离散傅里叶变换	77
5.1.1 二维离散傅里叶变换的定义和傅里叶频谱	77
5.1.2 二维离散傅里叶变换的若干重要性质	79
5.1.3 图像的傅里叶频谱特性分析	81
5.1.4 离散傅里叶变换的实现	84
5.2 频率域图像处理的基本实现思路	85
5.2.1 基本实现思想	85
5.2.2 转移函数的设计	86
5.3 基于频率域的图像噪声消除——频率域低通滤波	86
5.3.1 理想低通滤波器	86
5.3.2 巴特沃斯低通滤波器	88
5.3.3 高斯低通滤波器	89
5.4 基于频率域的图像增强——频率域高通滤波	90
5.4.1 理想高通滤波器	90
5.4.2 巴特沃斯高通滤波器	90
5.4.3 高斯高通滤波器	91
5.5 带阻滤波和带通滤波	92
5.5.1 带阻滤波器	92
5.5.2 带通滤波器	93
习题 5	93
第 6 章 图像恢复	95
6.1 图像的退化模型	95
6.1.1 常见退化现象的物理模型	95
6.1.2 图像退化模型的表示	96
6.1.3 离散退化模型	96
6.1.4 图像的离散退化模型	97
6.2 空间域图像的恢复	98
6.2.1 无约束最小二乘方恢复	98
6.2.2 有约束最小二乘方恢复	99
6.3 频率域图像的恢复	102
6.4 匀速直线运动模糊的恢复	103
6.5 图像噪声与被噪声污染图像的恢复	105
6.5.1 图像噪声	105
6.5.2 被噪声污染图像的恢复	109
6.6 几何失真的校正	110
6.6.1 坐标的几何校正	111

6.6.2 灰度值恢复·····	112
习题 6·····	114
第 7 章 图像压缩编码 ·····	115
7.1 DCT 变换·····	115
7.1.1 一维 DCT·····	115
7.1.2 二维偶 DCT·····	118
7.1.3 DCT 变换的基函数与基图像·····	120
7.2 数字图像压缩编码基础·····	122
7.2.1 图像压缩的基本概念·····	122
7.2.2 图像质量(相似度)评价——保真度准则·····	123
7.2.3 图像编码模型·····	125
7.3 几种最基本的变长编码方法·····	128
7.3.1 费诺码·····	129
7.3.2 霍夫曼编码·····	130
7.3.3 几种接近最佳的变长编码·····	132
7.3.4 算术编码·····	134
7.4 位平面编码·····	137
7.4.1 位平面分解·····	137
7.4.2 位平面的格雷码分解编码·····	138
7.5 游程编码·····	139
7.6 变换编码·····	141
7.6.1 变换编码的过程·····	141
7.6.2 子图像尺寸的选择·····	141
7.6.3 变换的选择·····	142
7.6.4 变换系数的量化和编码·····	144
7.6.5 变换解码·····	147
习题 7·····	150
第 8 章 小波图像处理 ·····	151
8.1 小波变换与图像小波变换·····	151
8.1.1 小波的概念和特性·····	151
8.1.2 连续小波变换·····	152
8.1.3 离散小波变换·····	154
8.1.4 二进小波变换·····	154
8.1.5 塔式分解与 Mallat 算法·····	155
8.1.6 图像的小波变换·····	158
8.2 嵌入式零树小波编码·····	163
8.2.1 基于小波变换的图像压缩基本思路·····	163

8.2.2 嵌入式编码与零树概念	163
8.2.3 重要小波系数及扫描方法	165
8.2.4 嵌入式零树编码方法	166
8.2.5 嵌入式零树小波编码图像的重建	174
8.2.6 嵌入式零树小波编码的渐进传输特性	175
8.3 基于小波变换的图像去噪方法	175
8.3.1 小波去噪方法的机理	175
8.3.2 小波收缩阈值去噪方法	176
习题 8	178
第 9 章 图像分割	179
9.1 图像分割的概念	179
9.2 基于边缘检测的图像分割	180
9.2.1 图像边缘的概念	180
9.2.2 Hough 变换	181
9.3 基于阈值的图像分割	183
9.3.1 基于阈值的分割方法	184
9.3.2 基于双峰形直方图的阈值选取	186
9.3.3 其他阈值选取方法	188
9.4 基于跟踪的图像分割	189
9.4.1 轮廓跟踪法	189
9.4.2 光栅跟踪法	190
9.5 基于区域的图像分割	192
9.5.1 区域生长法	192
9.5.2 分裂合并法	194
习题 9	196
第 10 章 图像特征提取	197
10.1 图像的边缘特征及其检测方法	197
10.1.1 图像边缘的特征	197
10.1.2 梯度边缘检测	198
10.1.3 二阶微分边缘检测	202
10.1.4 Marr 边缘检测算法	203
10.2 图像的点与角点特征及其检测方法	204
10.2.1 图像点特征及其检测方法	204
10.2.2 图像角点的概念	205
10.2.3 SUSAN 角点检测算法	205
10.3 图像的纹理特征及其描述和提取方法	208
10.3.1 图像纹理的概念和分类	208

10.3.2	图像纹理的主要特性及描述与提取方法	210
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	212
10.3.4	基于灰度共生矩阵的纹理特征提取方法	213
10.3.5	基于结构方法的纹理描述	218
10.3.6	基于频谱方法的纹理描述	218
10.4	图像的形状特征	220
10.4.1	矩形度	220
10.4.2	圆形性	220
10.4.3	球状性	221
10.5	图像的统计特征	221
习题 10		223
第 11 章	彩色图像处理	225
11.1	彩色视觉	225
11.1.1	三基色原理	225
11.1.2	CIE 色度图	227
11.2	彩色模型	229
11.2.1	RGB 彩色模型	229
11.2.2	HSI 彩色模型	229
11.2.3	RGB 彩色模型到 HSI 彩色模型的转换	230
11.2.4	HSI 彩色模型到 RGB 彩色模型的转换	231
11.3	彩色变换	231
11.3.1	反色变换	232
11.3.2	彩色图像的灰度化	232
11.3.3	真彩色转变为 256 色	234
11.3.4	彩色平衡	235
11.4	彩色图像增强	237
11.4.1	真彩色增强	237
11.4.2	伪彩色增强	238
11.4.3	假彩色增强	241
11.5	彩色图像的平滑	241
11.5.1	基于 RGB 彩色模型的彩色图像平滑	242
11.5.2	基于 HSI 彩色模型的彩色图像平滑	243
11.6	彩色图像的锐化	244
11.7	彩色图像的边缘检测	244
11.8	彩色图像的分割	245
11.8.1	HSI 模型的彩色图像分割	246
11.8.2	RGB 模型的彩色图像分割	247
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	251
12.2.1 腐蚀	252
12.2.2 膨胀	254
12.2.3 开运算和闭运算	257
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	263
12.3.3 区域填充	264
12.3.4 骨架提取	266
12.3.5 物体识别	266
12.4 灰度形态学基本运算	268
12.4.1 灰度腐蚀	268
12.4.2 灰度膨胀	270
12.4.3 灰度开运算和灰度闭运算	272
12.4.4 灰度形态学基本运算的性质	274
12.5 灰度形态学处理算法	276
12.5.1 形态学平滑	276
12.5.2 形态学梯度	276
12.5.3 高帽变换	277
习题 12	278
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	286
13.2.2 形状数	286
13.2.3 傅里叶描述子	287
13.2.4 统计矩	290
13.3 区域表示	290

13.3.1	区域标示	290
13.3.2	四叉树表示	291
13.3.3	骨架表示	291
13.4	区域描述	294
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	300
习题 13		301
第 14 章	视频图像处理基础	302
14.1	视频图像处理概念	302
14.2	基于视频图像的运动目标检测与识别	304
14.2.1	帧差法	304
14.2.2	背景减法	305
14.2.3	光流场分析法	307
14.3	视频编码技术	309
14.3.1	视频压缩编码的机理	309
14.3.2	视频编码技术及编码标准	309
14.3.3	混合视频编码框架	311
14.3.4	面向混合视频编码框架的编码技术	312
习题 14		315
参考文献		317
附录 A	$N=4$ 时的二维 DCT 变换基图像的原始数据	320
附录 B	本书中的彩色图像插图	323

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、电子信息、自动化、测绘、兵器 and 医学技术等相关本科专业,以及计算机科学与技术、信息与通信工程、控制科学与工程、测绘科学与技术、兵器科学与技术、光学工程和医学技术等相关学科的研究生专业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

1. 图像、模拟图像和数字图像

“图”是物体反射或者透射电磁波的分布,“像”是人的视觉系统对接收的图信息在大脑中形成的印象或认识。图像即是“图”和“像”两者的结合。

从总体上来说,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。

早期的模拟相机是经过镜头把景物的影像聚焦在胶片上,胶片上的感光剂受光后发生变化,感光剂经显影液显影和定影后形成与景物相反或色彩互补的影像,进一步通过对定影后的影像胶卷冲洗后,即可得到所谓的照片,照片中的影像即为模拟图像。人们日常所看到的图片、画报和图书中的挂图等都可视为模拟图像。模拟图像在空间上是连续的,图像中景物和背景的亮度值/信号值也是连续的、不分等级的。也即,二维空间和亮度值都是连续(值)的图像,称为连续图像。

通过利用数字化的图像扫描仪对模拟图像进行数字化,就可以将模拟图像转换成数字图像。利用目前流行的数字摄像机或数码相机拍摄得到的图像都是数字图像。数字图像在空间上是数字化的,图像中景物和背景的亮度值/信号值也是数字化的和分等级的。也即,二维空间和亮度值都是用有限数字数值表示的图像,称为数字图像。

2. 图像处理和数字图像处理

图像处理是指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。

数字图像处理也称为计算机图像处理,它是指利用计算机技术对数字图像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,通过对比度拉伸进行图像增强,通过线性平滑滤波消除图像中的噪声,通过空间锐化滤波增强图像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。数字图像处理的基本特征是图像处理系统的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,即使是计算一幅图像中的灰度的平均值这样的最普通的工作,都不能算是数字图像处理。

3. 图像分析

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感知问题。在这种情况下,数字图像处理的目的是不再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以更适合计算和处理的形式从图像中提取信息的过程。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。图像分析的目的是缩减对图像的描述,以使其更适合于计算机处理及对不同目标的分类。图像分析的基本特征是图像分析系统的输入是图像,输出是对输入图像进行描述的数据信息。对图像进行描述的数据信息可以从图像中提取的特征,例如边缘、轮廓及不同物体的标识等,可以是图像中各区域的地物类别,如水泥地、植被等,也可以是图像中目标的类型和特征等,例如水泥地面的机场中的飞机等。

4. 图像处理与图像分析的关系

图像处理是对图像的低级处理阶段,图像分析是对图像的高一级的处理阶段。在实际中,图像的低级处理阶段和高一级的处理阶段是相互关联和有一定重叠性的。图像的低级处理是高级处理的基础,如果没有诸如去除图像噪声、图像增强等这样的图像低级处理过程,就难以从图像中提取有意义的目标信息;进一步讲,要对图像进行高级的处理,必须先对图像进行预处理(低级处理)。图像的高级处理是数字图像处理与分析的目的,因为只有高级的处理才推动了图像技术在国民经济众多领域的应用,才体现了数字图像处理技术的真正价值。所以在本书中提到的图像处理概念是广义的,也即它不仅包括了输入和输出都是图像的低级处理,而且也包括了输入是图像,输出是对输入图像的描述(如从输入图像中提取的特征信息或分类与识别信息)这样的高级处理;也就是说,广义的图像处理概念实际上指的是图像处理与分析。在这种意义下,计算一幅图像中灰度平均值的工作就自然地算是图像处理了。这也是本书起名为《数字图像处理》的主要原因。