



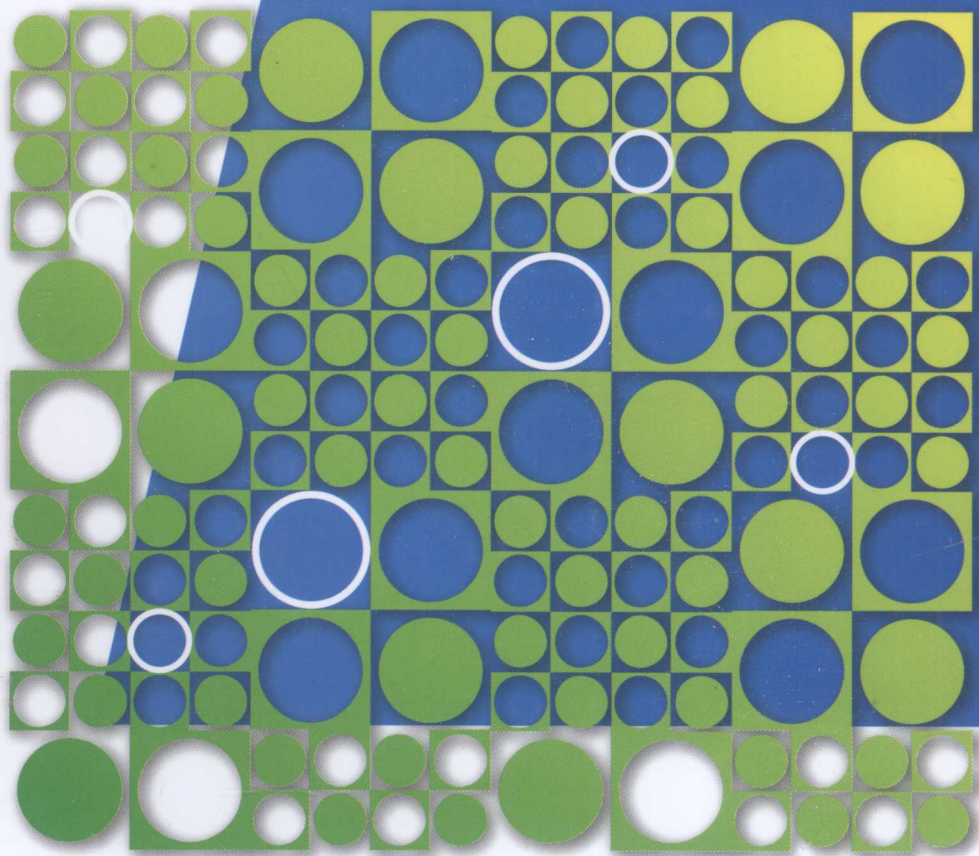
普通高校“十二五”规划教材

数字图像处理与分析

(第3版)

杨帆 编著

 本书配套多媒体教学课件



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高校“十二五”规划教材

数字图像处理与分析

(第3版)

杨帆 编著

北京航空航天大学出版社

杨帆 编著

北京航空航天大学出版社

ISBN 978-7-302-45013-5

定价：39.00元

北京航空航天大学出版社

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书系统介绍了数字图像处理与分析技术中涉及的有代表性的思想、算法与应用,跟踪图像处理技术的发展前沿,以图像频域变换、图像增强、图像复原、图像压缩编码、数学形态学及应用、图像分割技术、图像特征分析、图像配准与识别、实用数字图像处理与应用系统为主线,系统讲述图像处理与分析技术的理论基础、典型算法和应用实例。与第2版相比,本版又针对目前的发展及应用增加了图像水印技术等内容。

编写上力求系统性、实用性与先进性相结合,理论与实践交融,既注重传统知识的讲授,又兼顾新技术、新成果的应用。

本书可作为电子信息工程、通信工程、电子科学与技术、计算机应用、医学生物工程、自动控制等专业本科生的教学用书,也可作为从事数字图像处理工作的技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理与分析 / 杨帆编著. -- 3版. -- 北京:
北京航空航天大学出版社, 2015. 5

ISBN 978-7-5124-1775-5

I. ①数… II. ①杨… 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(2015)第 090518 号

版权所有,侵权必究。

数字图像处理与分析(第3版)

杨 帆 编 著

责任编辑 董立娟 张耀军

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@buaacm.com.cn 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:21.75 字数:489千字

2015年5月第3版 2015年5月第1次印刷 印数:3 000册

ISBN 978-7-5124-1775-5 定价:49.00元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

第3版前言

近些年来,图像处理技术在各个学科领域的应用更加广泛,其理论和实践发展迅速,但就大学“图像处理”课程而言,其基本内容和范围大体相对稳定。同时,编者在教学实践中征求和听取了部分教师、学生对第2版教材的意见,认为基本能满足当前的教学需要。鉴于上述情况,第3版保持了原教材的编写思想和体系结构,对第2版教材的整体格局未做大的修改,仅对教材的部分内容做了修订、调整和补充,主要工作有以下几个方面:

① 对书中一些概念陈述不准确、理论讲解不清晰、结构安排不合理的部分进行了修订;

② 对全书的例题、应用案例进行了补充和修订;

③ 将10.1节基于矢量量化的数字图像压缩更换为图像数字水印技术。

本书由杨帆、丁士心、唐红梅、张志伟等编著。其中,第3章、第7章、附录B由北华大学的丁士心编写,第2章、第5章、第8章由河北工业大学的唐红梅编写,第9章、第10章、附录A由河北工业大学的张志伟编写,其余部分由河北工业大学的杨帆编写,全书的统稿工作由杨帆负责。本书在编写工作中得到了候景中、马得新、尹惠玲、于虹等许多同志的帮助,在此表示感谢。

本书由河北工业大学的夏克文教授主审。夏克文教授对本书的总体结构和内容细节等进行了全面审定,提出许多宝贵而富有价值的审阅意见,在此表示衷心的感谢。

本书在编写和出版过程中,得到了北京航空航天大学出版社的热情指导和大力支持,对他们的辛勤劳动和无私奉献表示真挚的谢意。同时,对本书参考文献中的有关作者致以诚挚的感谢。

由于编者水平所限,书中错误、不妥之处在所难免,殷切希望广大读者提出宝贵意见。

编者

2015年3月

第 2 版前言

为满足高等教育教学改革的需要,在保持了《数字图像处理与分析》第 1 版原有特色的基础上,对体系结构、内容编排以及知识点等多方面进行了修订,改动的主要内容如下:

整体上进行了精简,删除了 MATLAB 简介、图像变换的通用公式、图像的几何校正、形态学重构、基于邻域特征统计的纹理分析方法、麦田杂草图像的分析与识别等内容,简化了图像质量评价、傅里叶变换、图像退化与复原、三维几何变换的投影变换、图像压缩编码的系统评价、变换编码、二值形态学、颜色特征分析、基于特征的图像匹配等内容,并针对目前的发展及应用增加了运动图像目标分割、矢量量化的数字图像压缩、Hough 变换应用等新内容。

该版本在编排体系上进行了调整,更加紧密地将基本理论、基本技术、经典算法、典型案例有机结合,降低了理论分析难度,精选了大量体现新技术、新成果的应用案例,并给出了 MATLAB 源程序及运行结果。配有多媒体课件和教学演示软件,供教师教学、实验演示、处理及分析图像等使用。使读者通过学习,能尽快达到掌握图像处理与分析的基本理论、方法和应用的目的。

本书由杨帆、丁士心、唐红梅、张志伟等编著。其中,第 3 章、第 7 章、附录 B 由北华大学的丁士心编写,第 2 章、第 5 章、第 8 章由河北工业大学的唐红梅编写,第 9 章、第 10 章、附录 A 由河北工业大学的张志伟编写,其余部分由河北工业大学的杨帆编写,全书的统稿工作由杨帆负责。本书在编写工作中得到了候景中、马得新、尹惠玲、于虹等许多同志的帮助,在此表示感谢。

本书由河北工业大学的夏克文教授主审,他对本书的总体结构和内容细节等进行了全面审定,提出了许多宝贵而富有价值的审阅意见,在此表示衷心的感谢。

本书在编写和出版过程中,得到了北京航空航天大学出版社的热情指导和大力支持,对他们的辛勤劳动和无私奉献表示真挚的谢意。同时,对本书参考文献中的有关作者致以诚挚的感谢。

由于编者水平所限,书中错误、不妥之处在所难免,殷切希望广大读者

提出宝贵意见。

有兴趣的可以发送电子邮件到:yangfan@hebut.edu.cn,与编者进一步交流;也可以发送电子邮件到:xdhydcd5@sina.com,与本书策划编辑进行交流。

编者

2010年7月

第 1 版前言

随着计算机科学技术的不断发展以及人们在日常生活中对图像信息的不断需求,数字图像处理技术在近年来得到了迅速的发展,成为当代科学研究和应用开发中一道亮丽的风景线。数字图像处理技术以其信息量大、处理和传输方便、应用范围广等一系列优点,成为人类获取信息的重要来源和利用信息的重要手段,并在宇宙探测、遥感、生物医学、工农业生产、军事、公安、办公自动化等领域得到了广泛应用,显示出广泛的应用前景。数字图像处理技术已成为计算机科学、信息科学、生物科学、空间科学、气象学、统计学、工程科学、医学等学科的研究热点,并已成为工科院校电子信息、电气工程、医学生物工程等专业的必修课。

本书涉及领域广泛,包括许多新技术、新器件在检测技术领域里的应用。全书共 10 章:第 1 章是图像处理的基础知识;第 2 章是图像的频域变换;第 3 章是图像增强与复原技术;第 4 章是图像的几何变换;第 5 章是图像的压缩编码;第 6 章是数学形态学及其应用;第 7 章是图像分割技术;第 8 章是图像特征分析;第 9 章是图像配准及识别;第 10 章是实用数字图像处理与分析系统。在各章后都附有一定量的思考题与习题。

本书是在充分体现应用型本科教育特点,提高学生分析问题及解决问题能力的基础上编写的,具有以下特点:

(1) 精选内容,条理清晰。全书以基础知识、科研新成果及发展新动向相结合,系统地讲述数字图像处理及分析技术中有代表性的思想、算法与应用。

(2) 重点突出,目的明确。立足基本理论,面向应用技术,以必须、够用为尺度,以掌握概念、强化应用为重点,加强理论知识和实际应用的统一。

(3) 注重实用,强化实践。以 MATLAB 为编程工具,通过大量典型实例的分析和实践,使读者较快地掌握数字图像处理系统的基本理论、方法、实用技术及一些典型应用。

(4) 易于学习,便于巩固。配有多媒体教学课件和大量的思考题和习题,有助于学生理解和掌握所学的知识要点和程序实现,同时为教师多媒体授课、编写教案提供了方便条件。

本书可供电子信息工程、通信工程、电子科学与技术、计算机应用、医学

生物工程、自动控制等专业的本科生、高职高专生的教学用书,也可作为相关专业研究生及从事数字图像处理工作的技术人员的参考用书。

本书由杨帆、丁士心、唐红梅、张志伟等编著。其中,第3、7章和附录B由北华大学的丁士心编写,第2、5、8章由河北工业大学的唐红梅编写,第9章和第10章的10.2节由河北工业大学的张志伟编写,其余部分由河北工业大学的杨帆编写。全书的统稿工作由杨帆负责。本书在编写过程中得到了侯景中、马得新、尹惠玲、于虹等许多同志的帮助,在此表示感谢。

本书由河北工业大学的夏克文教授主审,夏克文教授对本书的总体结构和内容细节等进行了全面审定,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

本书在编写和出版过程中,得到了北京航空航天大学出版社王鹏、李春风等编辑的大力支持,对他们的辛勤劳动和无私奉献表示真挚的谢意。同时,对本书参考文献中的有关作者致以诚挚的感谢。

由于编者水平所限,书中错误、不妥之处在所难免,殷切希望广大读者提出宝贵意见。

编者

2007年6月



8.1.1	.....	1.5.1	.....	8.2	.....	1.5.1	.....
1.1.1	.....	1.5.2	.....	8.3	.....	1.5.2	.....
1.1.2	.....	1.5.3	.....	8.4	.....	1.5.3	.....
1.1.3	.....	1.5.4	.....	8.5	.....	1.5.4	.....
1.2	.....	1.5.5	.....	8.6	.....	1.5.5	.....
1.2.1	.....	1.5.6	.....	8.7	.....	1.5.6	.....
1.2.2	.....	1.5.7	.....	8.8	.....	1.5.7	.....
1.2.3	.....	1.5.8	.....	8.9	.....	1.5.8	.....
1.3	.....	1.5.9	.....	8.10	.....	1.5.9	.....
1.3.1	.....	1.5.10	.....	8.11	.....	1.5.10	.....
1.3.2	.....	1.5.11	.....	8.12	.....	1.5.11	.....
1.3.3	.....	1.5.12	.....	8.13	.....	1.5.12	.....
1.4	.....	1.5.13	.....	8.14	.....	1.5.13	.....
1.4.1	.....	1.5.14	.....	8.15	.....	1.5.14	.....
1.4.2	.....	1.5.15	.....	8.16	.....	1.5.15	.....
1.4.3	.....	1.5.16	.....	8.17	.....	1.5.16	.....
1.4.4	.....	1.5.17	.....	8.18	.....	1.5.17	.....
1.5	.....	1.5.18	.....	8.19	.....	1.5.18	.....
1.5.1	.....	1.5.19	.....	8.20	.....	1.5.19	.....
1.5.2	.....	1.5.20	.....	8.21	.....	1.5.20	.....
1.5.3	.....	1.5.21	.....	8.22	.....	1.5.21	.....
1.5.4	.....	1.5.22	.....	8.23	.....	1.5.22	.....
1.6	.....	1.5.23	.....	8.24	.....	1.5.23	.....
1.6.1	.....	1.5.24	.....	8.25	.....	1.5.24	.....
1.6.2	.....	1.5.25	.....	8.26	.....	1.5.25	.....
1.6.3	.....	1.5.26	.....	8.27	.....	1.5.26	.....
1.6.4	.....	1.5.27	.....	8.28	.....	1.5.27	.....
1.6.5	.....	1.5.28	.....	8.29	.....	1.5.28	.....
1.6.6	.....	1.5.29	.....	8.30	.....	1.5.29	.....
1.6.7	.....	1.5.30	.....	8.31	.....	1.5.30	.....
1.6.8	.....	1.5.31	.....	8.32	.....	1.5.31	.....
1.6.9	.....	1.5.32	.....	8.33	.....	1.5.32	.....
1.6.10	.....	1.5.33	.....	8.34	.....	1.5.33	.....
1.6.11	.....	1.5.34	.....	8.35	.....	1.5.34	.....
1.6.12	.....	1.5.35	.....	8.36	.....	1.5.35	.....
1.6.13	.....	1.5.36	.....	8.37	.....	1.5.36	.....
1.6.14	.....	1.5.37	.....	8.38	.....	1.5.37	.....
1.6.15	.....	1.5.38	.....	8.39	.....	1.5.38	.....
1.6.16	.....	1.5.39	.....	8.40	.....	1.5.39	.....
1.6.17	.....	1.5.40	.....	8.41	.....	1.5.40	.....
1.6.18	.....	1.5.41	.....	8.42	.....	1.5.41	.....
1.6.19	.....	1.5.42	.....	8.43	.....	1.5.42	.....
1.6.20	.....	1.5.43	.....	8.44	.....	1.5.43	.....
1.6.21	.....	1.5.44	.....	8.45	.....	1.5.44	.....
1.6.22	.....	1.5.45	.....	8.46	.....	1.5.45	.....
1.6.23	.....	1.5.46	.....	8.47	.....	1.5.46	.....
1.6.24	.....	1.5.47	.....	8.48	.....	1.5.47	.....
1.6.25	.....	1.5.48	.....	8.49	.....	1.5.48	.....
1.6.26	.....	1.5.49	.....	8.50	.....	1.5.49	.....
1.6.27	.....	1.5.50	.....	8.51	.....	1.5.50	.....
1.6.28	.....	1.5.51	.....	8.52	.....	1.5.51	.....
1.6.29	.....	1.5.52	.....	8.53	.....	1.5.52	.....
1.6.30	.....	1.5.53	.....	8.54	.....	1.5.53	.....
1.6.31	.....	1.5.54	.....	8.55	.....	1.5.54	.....
1.6.32	.....	1.5.55	.....	8.56	.....	1.5.55	.....
1.6.33	.....	1.5.56	.....	8.57	.....	1.5.56	.....
1.6.34	.....	1.5.57	.....	8.58	.....	1.5.57	.....
1.6.35	.....	1.5.58	.....	8.59	.....	1.5.58	.....
1.6.36	.....	1.5.59	.....	8.60	.....	1.5.59	.....
1.6.37	.....	1.5.60	.....	8.61	.....	1.5.60	.....
1.6.38	.....	1.5.61	.....	8.62	.....	1.5.61	.....
1.6.39	.....	1.5.62	.....	8.63	.....	1.5.62	.....
1.6.40	.....	1.5.63	.....	8.64	.....	1.5.63	.....
1.6.41	.....	1.5.64	.....	8.65	.....	1.5.64	.....
1.6.42	.....	1.5.65	.....	8.66	.....	1.5.65	.....
1.6.43	.....	1.5.66	.....	8.67	.....	1.5.66	.....
1.6.44	.....	1.5.67	.....	8.68	.....	1.5.67	.....
1.6.45	.....	1.5.68	.....	8.69	.....	1.5.68	.....
1.6.46	.....	1.5.69	.....	8.70	.....	1.5.69	.....
1.6.47	.....	1.5.70	.....	8.71	.....	1.5.70	.....
1.6.48	.....	1.5.71	.....	8.72	.....	1.5.71	.....
1.6.49	.....	1.5.72	.....	8.73	.....	1.5.72	.....
1.6.50	.....	1.5.73	.....	8.74	.....	1.5.73	.....
1.6.51	.....	1.5.74	.....	8.75	.....	1.5.74	.....
1.6.52	.....	1.5.75	.....	8.76	.....	1.5.75	.....
1.6.53	.....	1.5.76	.....	8.77	.....	1.5.76	.....
1.6.54	.....	1.5.77	.....	8.78	.....	1.5.77	.....
1.6.55	.....	1.5.78	.....	8.79	.....	1.5.78	.....
1.6.56	.....	1.5.79	.....	8.80	.....	1.5.79	.....
1.6.57	.....	1.5.80	.....	8.81	.....	1.5.80	.....
1.6.58	.....	1.5.81	.....	8.82	.....	1.5.81	.....
1.6.59	.....	1.5.82	.....	8.83	.....	1.5.82	.....
1.6.60	.....	1.5.83	.....	8.84	.....	1.5.83	.....
1.6.61	.....	1.5.84	.....	8.85	.....	1.5.84	.....
1.6.62	.....	1.5.85	.....	8.86	.....	1.5.85	.....
1.6.63	.....	1.5.86	.....	8.87	.....	1.5.86	.....
1.6.64	.....	1.5.87	.....	8.88	.....	1.5.87	.....
1.6.65	.....	1.5.88	.....	8.89	.....	1.5.88	.....
1.6.66	.....	1.5.89	.....	8.90	.....	1.5.89	.....
1.6.67	.....	1.5.90	.....	8.91	.....	1.5.90	.....
1.6.68	.....	1.5.91	.....	8.92	.....	1.5.91	.....
1.6.69	.....	1.5.92	.....	8.93	.....	1.5.92	.....
1.6.70	.....	1.5.93	.....	8.94	.....	1.5.93	.....
1.6.71	.....	1.5.94	.....	8.95	.....	1.5.94	.....
1.6.72	.....	1.5.95	.....	8.96	.....	1.5.95	.....
1.6.73	.....	1.5.96	.....	8.97	.....	1.5.96	.....
1.6.74	.....	1.5.97	.....	8.98	.....	1.5.97	.....
1.6.75	.....	1.5.98	.....	8.99	.....	1.5.98	.....
1.6.76	.....	1.5.99	.....	9.00	.....	1.5.99	.....
1.6.77	.....	1.6.00	.....	9.01	.....	1.6.00	.....
1.6.78	.....	1.6.01	.....	9.02	.....	1.6.01	.....
1.6.79	.....	1.6.02	.....	9.03	.....	1.6.02	.....
1.6.80	.....	1.6.03	.....	9.04	.....	1.6.03	.....
1.6.81	.....	1.6.04	.....	9.05	.....	1.6.04	.....
1.6.82	.....	1.6.05	.....	9.06	.....	1.6.05	.....
1.6.83	.....	1.6.06	.....	9.07	.....	1.6.06	.....
1.6.84	.....	1.6.07	.....	9.08	.....	1.6.07	.....
1.6.85	.....	1.6.08	.....	9.09	.....	1.6.08	.....
1.6.86	.....	1.6.09	.....	9.10	.....	1.6.09	.....
1.6.87	.....	1.6.10	.....	9.11	.....	1.6.10	.....
1.6.88	.....	1.6.11	.....	9.12	.....	1.6.11	.....
1.6.89	.....	1.6.12	.....	9.13	.....	1.6.12	.....
1.6.90	.....	1.6.13	.....	9.14	.....	1.6.13	.....
1.6.91	.....	1.6.14	.....	9.15	.....	1.6.14	.....
1.6.92	.....	1.6.15	.....	9.16	.....	1.6.15	.....
1.6.93	.....	1.6.16	.....	9.17	.....	1.6.16	.....
1.6.94	.....	1.6.17	.....	9.18	.....	1.6.17	.....
1.6.95	.....	1.6.18	.....	9.19	.....	1.6.18	.....
1.6.96	.....	1.6.19	.....	9.20	.....	1.6.19	.....
1.6.97	.....	1.6.20	.....	9.21	.....	1.6.20	.....
1.6.98	.....	1.6.21	.....	9.22	.....	1.6.21	.....
1.6.99	.....	1.6.22	.....	9.23	.....	1.6.22	.....
1.6.100	.....	1.6.23	.....	9.24	.....	1.6.23	.....
1.6.101	.....	1.6.24	.....	9.25	.....	1.6.24	.....
1.6.102	.....	1.6.25	.....	9.26	.....	1.6.25	.....
1.6.103	.....	1.6.26	.....	9.27	.....	1.6.26	.....
1.6.104	.....	1.6.27	.....	9.28	.....	1.6.27	.....
1.6.105	.....	1.6.28	.....	9.29	.....	1.6.28	.....
1.6.106	.....	1.6.29	.....	9.30	.....	1.6.29	.....
1.6.107	.....	1.6.30	.....	9.31	.....	1.6.30	.....
1.6.108	.....	1.6.31	.....	9.32	.....	1.6.31	.....
1.6.109	.....	1.6.32	.....	9.33	.....	1.6.32	.....
1.6.110	.....	1.6.33	.....	9.34	.....	1.6.33	.....
1.6.111	.....	1.6.34	.....	9.35	.....	1.6.34	.....
1.6.112	.....	1.6.35	.....	9.36	.....	1.6.35	.....
1.6.113	.....	1.6.36	.....	9.37	.....	1.6.36	.....
1.6.114	.....	1.6.37	.....	9.38	.....	1.6.37	.....
1.6.115	.....	1.6.38	.....	9.39	.....	1.6.38	.....
1.6.116	.....	1.6.39	.....	9.40	.....	1.6.39	.....
1.6.117	.....	1.6.40	.....	9.41	.....	1.6.40	.....
1.6.118	.....	1.6.41	.....	9.42	.....	1.6.41	.....
1.6.119	.....	1.6.42	.....	9.43	.....	1.6.42	.....
1.6.120	.....	1.6.43	.....	9.44	.....	1.6.43	.....
1.6.121	.....	1.6.44	.....	9.45	.....	1.6.44	.....
1.6.122	.....	1.6.45	.....	9.46	.....	1.6.45	.....
1.6.123	.....	1.6.46	.....	9.47	.....	1.6.46	.....
1.6.124	.....	1.6.47	.....	9.48	.....	1.6.47	.....
1.6.125	.....	1.6.48	.....	9.49	.....	1.6.48	.....
1.6.126	.....	1.6.49	.....	9.50	.....	1.6.49	.....
1.6.127	.....	1.6.50	.....	9.51	.....	1.6.50	.....
1.6.128	.....	1.6.51	.....	9.52	.....	1.6.51	.....
1.6.129	.....	1.6.52	.....	9.53			

3.2 灰度变换	63	4.2.1 图像平移变换	128
3.2.1 灰度线性变换	64	4.2.2 图像镜像变换	131
3.2.2 灰度非线性变换	68	4.2.3 图像旋转变换	135
3.3 直方图修正	70	4.3 图像形状变换	138
3.3.1 灰度直方图的定义	71	4.3.1 图像比例缩放变换	139
3.3.2 直方图的计算	74	4.3.2 图像错切变换	143
3.3.3 直方图的均衡化	76	4.4 图像复合变换	145
3.4 图像平滑	80	4.4.1 图像复合变换概述	145
3.4.1 滤波原理与分类	81	4.4.2 图像复合变换案例分析	146
3.4.2 空域低通滤波	84	4.5 三维几何变换的投影变换简介	147
3.4.3 频域低通滤波	89	4.5.1 投影变换	147
3.5 图像锐化	93	4.5.2 透视投影	148
3.5.1 空域高通滤波	93	4.5.3 平行投影	149
3.5.2 频域高通滤波	101	习题与思考题	150
3.5.3 同态滤波器图像增强的方法	104	第5章 图像的压缩编码	152
3.6 伪彩色增强	106	5.1 图像压缩编码基础	153
3.6.1 灰度分层法伪彩色处理	107	5.1.1 图像压缩编码的必要性	153
3.6.2 灰度变换法伪彩色处理	108	5.1.2 图像压缩编码的可能性	153
3.6.3 频域伪彩色处理	110	5.1.3 图像压缩编码的分类	154
3.7 图像退化与图像复原	112	5.1.4 图像压缩编码的系统评价	155
3.7.1 图像的退化模型	112	5.2 熵编码	158
3.7.2 图像复原的基本方法	114	5.2.1 哈夫曼编码	158
3.7.3 图像复原实现的案例分析	117	5.2.2 香农-范诺编码	160
3.7.4 运动模糊图像的复原	120	5.2.3 算术编码	162
习题与思考题	122	5.2.4 行程编码	165
第4章 图像的几何变换	124	5.3 预测编码	166
4.1 几何变换基础	125	5.3.1 DPCM 基本原理	166
4.1.1 齐次坐标	125	5.3.2 最佳线性预测编码方法	167
4.1.2 齐次坐标的一般表现形式及意义	126	5.3.3 自适应预测编码方法	170
4.1.3 二维图像几何变换的矩阵	127	5.4 变换编码	171
4.2 图像的位置变换	128	5.5 图像压缩编码国际标准	175
		5.5.1 静止图像压缩标准 JPEG	175

5.5.2 活动图像压缩标准 MPEG	7.4.1 Hough 变换原理	242
.....	7.4.2 应用 Hough 变换检测	243
习题与思考题	空间曲线案例	243
第 6 章 图像形态学处理	7.5 运动图像目标分割	247
6.1 形态学图像处理	7.5.1 图像背景差值法	247
6.1.1 形态学图像处理方法	7.5.2 图像差分法	248
6.1.2 基本符号和定义	习题与思考题	249
6.2 二值形态学图像处理	第 8 章 图像特征分析	251
6.2.1 腐 蚀	8.1 颜色特征分析	252
6.2.2 膨 胀	8.1.1 颜色直方图	252
6.2.3 结构元素的分解	8.1.2 直方图不变特征量	252
6.2.4 开运算与闭运算	8.1.3 颜色矩	253
6.3 灰度形态学图像处理	8.2 形状特征分析	254
6.3.1 腐蚀与膨胀	8.2.1 链 码	254
6.3.2 开运算与闭运算	8.2.2 傅里叶描述子	255
6.4 形态学滤波及骨架抽取	8.2.3 几何特征的描述	256
6.4.1 形态学滤波	8.2.4 形状特征的描述	258
6.4.2 骨架抽取	8.2.5 不变矩	261
习题与思考题	8.3 纹理特征分析	264
第 7 章 图像分割	8.3.1 自相关函数	266
7.1 阈值选取的图像分割	8.3.2 灰度共生矩阵法	266
7.1.1 灰度阈值分割	8.3.3 频谱法	271
7.1.2 直方图阈值	8.4 其他特征分析	272
7.1.3 最大熵阈值	8.4.1 标 记	272
7.1.4 全局阈值分割和局部阈值法	8.4.2 拓扑描述符	273
.....	习题与思考题	274
7.1.5 二维直方图阈值	第 9 章 图像配准及识别	275
7.2 区域的图像分割	9.1 图像配准基础	276
7.2.1 区域生长法	9.1.1 图像配准的定义	276
7.2.2 分裂-合并分割方法	9.1.2 图像配准的基本流程	276
7.3 边缘检测的图像分割	9.2 基于灰度信息的图像配准算法	277
7.3.1 边缘检测的基本原理	.....	277
7.3.2 边缘检测算子	9.2.1 互相关配准方法	278
7.4 Hough 变换的线-圆检测	9.2.2 最大互信息配准方法	280
.....		

9.3	基于特征的图像配准方法	282	10.1	图像数字水印技术	298
9.3.1	基于点特征的图像配准算法	283	10.1.1	数字水印的嵌入	298
9.3.2	基于线特征的图像配准算法	284	10.1.2	数字水印的提取	301
9.4	基于优化策略的图像配准算法	285	10.1.3	数字水印的攻击实验	303
9.4.1	幅度排序相关搜索算法	285	10.2	人脸图像自动识别技术的实现	306
9.4.2	分层搜索算法	287	10.2.1	人脸识别系统基本结构	306
9.4.3	智能搜索算法	288	10.2.2	人脸图像的预处理	307
9.5	图像识别的主要方法	291	10.2.3	人脸图像的特征提取	309
9.5.1	统计识别方法	291	10.2.4	分类过程	317
9.5.2	模糊识别方法	293	10.2.5	识别结果	318
9.5.3	人工神经网络分类方法	294	习题与思考题	319	
习题与思考题		297	附录A	MATLAB 图像处理工具箱	
第10章	实用数字图像处理与分析		函数		320
10.1	系统	298	附录B	图像处理技术常用英汉术语	
10.1.1	系统组成	298	(词汇)对照		329
10.1.2	系统接口	298	参考文献		335
10.1.3	系统组成	298			
10.2	人脸图像自动识别技术的实现	306			
10.2.1	人脸识别系统基本结构	306			
10.2.2	人脸图像的预处理	307			
10.2.3	人脸图像的特征提取	309			
10.2.4	分类过程	317			
10.2.5	识别结果	318			
习题与思考题		319			
附录A	MATLAB 图像处理工具箱				
函数		320			
附录B	图像处理技术常用英汉术语				
(词汇)对照		329			
参考文献		335			

第 1 章

图像处理的基础知识

21 世纪,人类已经进入信息化时代,图像是人类获取信息、表达信息和传递信息的重要手段。研究表明,在人类接受的信息中,图像等视觉信息所占的比重为 75%~85%。“百闻不如一见”、“一图值千字”都充分说明了这一事实。同时,我们又生活在一个数字化时代,随着计算机技术及网络技术的迅速发展,几乎所有的信息都可以以数字的形式呈现在人们眼前。因此,学习和研究数字图像处理技术是时代的迫切要求。

本章将在介绍数字图像处理的特点、目的、主要内容、发展方向的基础上,讲授图像的数学模型、图像获取技术、图像文件格式和类型,以及图像的视觉原理等内容,并简单介绍 MATLAB 在图像处理中的应用。

1.1 数字图像处理概述

1.1.1 数字图像处理及其特点

随着人类社会的进步和科学技术的发展,人们对信息处理和信息交流的要求越来越高。图像信息具有直观、形象、易懂和信息量大等特点,因此,它是人们日常生活中接触最多的信息种类之一。近年来,图像信息处理已经得到一定的发展,但随着对图像处理要求的不断提高,应用领域不断扩大,图像理论也必须不断提高、补充和发展。图像的处理已经从可见光谱扩展到红外、紫外等非可见光谱,从静止图像发展到运动图像,从物体的外部延伸到物体的内部,以及进行人工智能化的图像处理等。

1. 图像与数字图像

为了实现对图像信号的处理和传输,首先必须对图像进行正确的描述,即什么是图像。对人们来说,图像并不陌生,但却很难用一句话说清其含意。从广义上说,图像是自然界景物的客观反映,是人类认识世界和人类本身的重要源泉。照片、绘画、影视画面无疑属于图像;照相机、显微镜或望远镜的取景器上的光学成像也是图像。此外,汉

字也可以说是图像的一种,因为汉字起源于象形文字,所以可当作一种特殊的绘画;图形可理解为介于文字与绘画之间的一种形式,当然也属于图像的范畴。由此延伸,通过某些传感器变换得到的电信号图,如脑电图、心电图等也可看作是一种图像。“图”是物体反射或透射光的分布,它是客观存在的,而“像”是人的视觉系统所接收的“图”在人脑中所形成的印象或认识。总之,凡是人类视觉上能感受到的信息,都可以称为图像。

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眼而产生视知觉的实体。图像能够以各种各样的形式出现,例如,可视的和不可视的、抽象的和实际的、适于计算机处理的和不适于计算机处理的等。就其本质来说,可以将图像分为两大类:

- ▶ 模拟图像,包括光学图像、照相图像、电视图像等。例如,在生物医学研究中,人们在显微镜下看到的图像就是一幅光学模拟图像,照片、用线条画的图、绘画也都是模拟图像。模拟图像的处理速度快,但精度和灵活性差,不易查找和判断。
- ▶ 数字图像,即将连续的模拟图像经过离散化处理变成计算机能够辨识的点阵图像。严格的数字图像是一个经过等距离矩形网格采样,对幅度进行等间隔量化的二维函数,因此,数字图像实际上就是被采样及量化的二维数组。本书中涉及的图像处理都是指数字图像的处理。

2. 数字图像处理

数字化后的图像可以看成是存储在计算机中的有序数据,当然可以通过计算机对数字图像进行处理。把利用计算机对图像进行去除噪声、增强、复原、分割、提取特征等的理论、方法和技术称为数字图像处理。数字图像处理可以理解为以下两方面的操作。

(1) 从图像到图像的处理

这类处理是将一幅效果不好的图像进行处理,获得效果好的图像。譬如,在大雾天气下拍摄一景物,由于在空气中悬浮着许多微小的水颗粒,这些水颗粒在光线的散射下,使景物与镜头(或人眼)之间形成了一个半透明层,使得画面的能见度很低,一些细节特征看不见。为了提高画面的清晰度,采用适当的图像处理方法,消除或减弱大雾层对图像的影响,就可以得到一幅清晰的图像。

(2) 从图像到非图像表示

这类处理通常又称为数字图像分析。通常是对一幅图像中的若干个目标物进行识别分类后,给出其特性测度。例如,在一幅图像中,拍摄记录下来包含几个苹果和几个橘子等水果的画面,经过对图像的处理与分析之后,可以分检出苹果的个数以及苹果的大小等。这种从图像到非图像表示,在许多图像分析中起着非常重要的作用,例如对人体组织切片图像中的细胞分布进行自动识别与分析,给出病理分析报告就是一个在计算机辅助诊断系统中的一个重要的应用。这类方法在图像检测、图像测量等领域有着非常广泛的应用。

3. 数字图像处理的基本特点

数字图像处理就是把在空间上离散的、在幅度上量化分层的数字图像,经过一些特定数理模式的加工处理,以达到有利于人眼视觉或某种接收系统所需要的图像的过程。主要有以下几个基本特点:

① 处理精度高,再现性好。利用计算机进行图像处理,其实质是对图像数据进行的各种运算。由于计算机技术的飞速发展,计算精度和计算的正确性毋庸置疑;另外,对同一图像用相同的方法处理多次,也可得到完全相同的效果,具有良好的再现性。

② 易于控制处理效果。在图像处理程序中,可以任意设定或变动各种参数,能有效控制处理过程,达到预期处理效果。这一特点在改善图像质量的处理中表现更为突出。

③ 处理的多样性。由于图像处理是通过运行程序进行的,因此,设计不同的图像处理程序,可以实现各种不同的处理目的。

④ 数字图像中各个像素间的相关性和压缩的潜力大。在图像画面上,经常有很多像素有相同或接近的灰度。就电视画面而言,同一行中相邻两个像素或相邻两行间的像素,其相关系数可达0.9以上,而相临两帧之间的相关性比帧内相关性一般还要大些。因此,图像处理中信息压缩的潜力很大。

⑤ 图像数据量庞大。图像中包含有丰富的信息,可以通过图像处理技术获取图像中所包含的有用信息,但是,数字图像的数据量十分巨大。一幅数字图像是由图像矩阵中的像素(Pixel)组成的,通常每个像素用红、绿、蓝3种颜色表示,每种颜色用8 bit表示灰度级。一幅 1024×1024 不经压缩的真彩色图像,数据量达3 MB(即 $1024 \times 1024 \times 8 \text{ bit} \times 3 = 24 \text{ Mbit}$)。X射线照片一般为64~256 Kb的数据量,一幅遥感图像为 $3240 \times 2340 \times 4 = 30 \text{ Mbit}$ 。如此庞大的数据量给存储、传输和处理都带来巨大的困难。如果精度及分辨率再提高,所需处理时间将大幅度增加。

⑥ 占用的频带较宽。与语言信息相比,数字图像占用的频带要大几个数量级。如电视图像的带宽约56 MHz,而语言带宽仅为4 kHz左右。因此,数字图像在成像、传输、存储、处理、显示等各个环节的实现上,技术难度较大,成本较高,这就对频带压缩技术提出了更高的要求。

⑦ 图像质量评价受主观因素的影响。数字图像处理后的图像一般是给人观察和评价的,因此受人的主观因素影响较大。由于人的视觉系统很复杂,受环境条件、视觉性能、人的情绪和爱好,以及知识状况影响很大,因此作为图像质量的评价还有待于进行深入的研究。另一方面,计算机视觉是模仿人的视觉,人的感知机理必然影响着计算机视觉的研究。

⑧ 图像处理技术综合性强。数字图像处理涉及的技术领域相当广泛,如通信技术、计算机技术、电子技术、电视技术等,当然,数学、物理学等领域更是数字图像处理的基础。

1.1.2 数字图像处理研究的主要内容

1. 数字图像处理的目的

一般而言,对图像进行处理主要有以下3个方面的目的:

① 提高图像的视感质量,以达到赏心悦目的目的。如去除图像中的噪声、改变图像的亮度和颜色、增强图像中的某些成分、抑制某些成分、对图像进行几何变换等,从而改善图像的质量,以达到或真实的、或清晰的、或色彩丰富的、或意想不到的艺术效果。

② 提取图像中所包含的某些特征或特殊信息,以便于计算机分析,例如,用作模式识别、计算机视觉的预处理等。这些特征包括很多方面,如频域特性、灰度/颜色特性、边界/区域特性、纹理特性、形状/拓扑特性以及关系结构等。

③ 对图像数据进行变换、编码和压缩,以便于图像的存储和传输。

2. 数字图像处理的主要内容

数字图像处理的主要研究内容,根据其主要的处理流程与处理目标大致可以分为图像信息的描述、图像信息的处理、图像信息的分析、图像信息的编码以及图像信息的显示等几个方面。

(1) 图像数字化

图像数字化的目的是将一幅图像以数字的形式进行表示,并且要做到既不失真又便于计算机进行处理。换句话说,图像数字化要达到以最小的数据量来不失真地描述图像信息。图像数字化包括采样与量化。

(2) 图像增强

图像增强的目的是将一幅图像中有用的信息(即感兴趣的信息)进行增强,同时将无用的信息(即干扰信息或噪声)进行抑制,提高图像的可观察性,如图1.1.1所示。

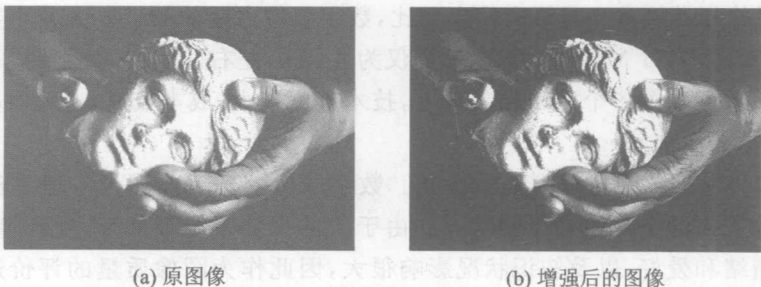


图 1.1.1 图像增强

(3) 图像几何变换

图像几何变换的目的是改变一幅图像的大小或形状。例如,通过进行平移、旋转、放大、缩小、镜像等,可以进行两幅以上图像内容的配准,以便于进行图像之间内容的对比检测。在印章的真伪识别以及相似商标检测中,通常都会采用这类的处理。另外,对

于图像中景物的几何畸变进行校正、对图像中的目标物大小测量等,大多也需要图像几何变换的处理环节。

(4) 图像复原

图像复原的目的是将退化的以及模糊的图像的原有信息进行恢复,以达到清晰化的目的,如图 1.1.2 所示。图像退化是指图像经过长时间的保存之后,因发生化学反应而使画面的颜色以及对比度发生退化改变的现象,或者是因噪声污染等导致图画退化的现象,或者是因为现场的亮暗范围太大,导致暗区或者高光区信息退化的现象。图像模糊则常常是因为运动以及拍摄时镜头的散焦等原因所导致的。无论是图像的退化还是图像的模糊,本质上都是原始信息部分丢失,或者原始信息相互混叠,或者原始信息与外来信息的相互混叠所造成的。因此,需根据退化模糊产生原因的不同,采用不同的图像恢复方法达到图像清晰化目的。



(a) 原图像

(b) 复原后的图像

图 1.1.2 图像复原

(5) 图像重建

图像重建的目的是根据二维平面图像数据构造出三维物体的图像。例如,在医学影像技术中的 CT 成像技术,就是将多幅断层二维平面数据重建成可描述人体组织器官三维结构的图像。有关三维图像的重建方法,在计算机图形学中有非常详细的介绍。三维重建技术成为目前虚拟现实技术以及科学可视化技术的重要基础。

(6) 图像隐藏

图像隐藏的目的是将一幅图像或者某些可数字化的媒体信息隐藏在一幅图像中。在保密通信中,将需要保密的图像在不增加数据量的前提下,隐藏在一幅可公开的图像之中,同时要求达到不可见性及抗干扰性。

图像隐藏技术目前还有一个非常重要的拓展应用,就是数字水印技术。数字水印在维护数字媒体版权方面起着非常重要的作用。数字水印有时允许是可见的,但是必须具有抗干扰性,特别是可以抵抗一次水印的添加等。同时,数字水印技术已经不仅限于位图的隐蔽,而是可以在数字化的多媒体信息之间进行隐藏。例如语音中隐藏图像,图像中同时隐蔽语音和文字说明等。