



21世纪全国本科院校电气信息类**创新型**应用人才培养规划教材

数字图像处理及应用

张培珍 主编



教材预览、申请样书



微信公众号: pup6book



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国本科院校电气信息类创新型应用人才培养规划教材

数字图像处理及应用

主 编 张培珍

副主编 栗风永 李 颖



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书每章以生动有趣的引例开篇,激发学生的学习兴趣;用丰富的图像和图例描述抽象的算法;每章结尾处,紧密结合相关内容设计综合应用实例,力图培养学生的创新能力;习题不只是局限于计算,还将编程和设计能力作为练习的重点,同时增加热点问题的讨论,便于开展课堂互动。另外,本书将教师研究项目纳入教学环节,有利于提高学生的学习热情和参与度,鼓励学生自主完成设计作品,充分体现培养应用型和创新型人才的宗旨。

本书主要内容包括:绪论、数字图像处理基础、彩色图像处理、图像变换、图像增强、图像复原、图像压缩与编码技术、图像分割、图像特征提取与识别、数字图像处理技术典型应用的系统设计和实验。

本书适合作为高等院校电气、电子、信息等专业的教材,也可供相关技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理及应用/张培珍主编.—北京:北京大学出版社,2015.8
(21世纪全国本科院校电气信息类创新型应用人才培养规划教材)
ISBN 978-7-301-26112-5

I. ①数… II. ①张… III. ①数字图象处理—高等学校—教材 IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 171419 号

- 书 名 数字图像处理及应用
著作责任者 张培珍 主编
责任编辑 程志强
标准书号 ISBN 978-7-301-26112-5
出版发行 北京大学出版社
地 址 北京市海淀区成府路 205 号 100871
网 址 <http://www.pup.cn> 新浪微博:@北京大学出版社
电子信箱 pup_6@163.com
电 话 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667
印 刷 者 三河市博文印刷有限公司
经 销 者 新华书店
787 毫米×1092 毫米 16 开本 15 印张 342 千字
2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷
定 价 36.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子信箱:fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题,请与出版部联系,电话:010-62756370

前 言

本书作为数字图像处理原理和应用的基础性教材，目的是适当降低理论深度，加强学生实践能力的培养及其对应用的理解。本书以理论联系实际、增强实践能力为宗旨，在内容编写和章节安排方面具有以下几个特点。

(1) 简化理论公式的推导，重点突出对基本概念和基础知识的理解，以实例的形式帮助读者更好地理解图像处理算法。

(2) 每章以妙趣横生的引例为开篇，避免了枯燥的理论解释和原理阐述，有利于激发读者的学习兴趣。

(3) 文中穿插了小故事、小知识、百度百科等关于图像处理方面实时的、热点的案例，有利于提高读者在社会生活中的理论与实践相结合运用的能力。

(4) 用丰富的图像涵盖所有章节，为突出图像的视觉效果，扫描图像下方二维码，可以获取彩色图像信息。

本书共 11 章，其中第 1~3 章主要是对图像处理技术的概述和对应用基础的描述；第 4~6 章分别对图像变换、图像增强和图像复原等低层图像处理技术进行详尽阐述；第 7 章介绍了常用的图像编码方法；第 8 章和第 9 章分别针对经典的图像分割算法以及图像特征提取和识别进行介绍；第 10 章给出了两个关于图像处理的具体实例，详细的编程过程和工作界面可以为初学者提供参考；第 11 章共 8 个实验，其中最后一个实验包含两个综合设计，使读者可以进一步拓展应用，为帮助读者更快地积累感性知识开创了新的途径。

本书第 1、6、8、9、11 章由广东海洋大学张培珍副教授编写；第 2、3、7、10 章由上海电力学院栗风永博士编写；第 4、5 章由广东海洋大学李颖博士编写；整体构建与审核工作由张培珍完成。在本书的编写过程中，第 11 章的编写得到了莫柄戈、雷桂斌的大力帮助和支持，在此表示感谢！同时，对提供大量参考资料的相关网站和专家学者表示感谢！

由于时间和水平有限，书中疏漏之处在所难免，敬请读者和专家批评指正。

编 者

2015 年 5 月

北京大学出版社本科电气信息系列实用规划教材

序号	书名	书号	编著者	定价	出版年份	教辅及获奖情况
物联网工程						
1	物联网概论	7-301-23473-0	王 平	38	2014	电子课件/答案,有“多媒体移动交互式教材”
2	物联网概论	7-301-21439-8	王金甫	42	2012	电子课件/答案
3	现代通信网络	7-301-24557-6	胡珺珺	38	2014	电子课件/答案
4	物联网安全	7-301-24153-0	王金甫	43	2014	电子课件/答案
5	通信网络基础	7-301-23983-4	王昊	32	2014	
6	无线通信原理	7-301-23705-2	许晓丽	42	2014	电子课件/答案
7	家居物联网技术开发与实践	7-301-22385-7	付 蔚	39	2013	电子课件/答案
8	物联网技术案例教程	7-301-22436-6	崔逊学	40	2013	电子课件
9	传感器技术及应用电路项目化教程	7-301-22110-5	钱裕禄	30	2013	电子课件/视频素材,宁波市教学成果奖
10	网络工程与管理	7-301-20763-5	谢 慧	39	2012	电子课件/答案
11	电磁场与电磁波(第2版)	7-301-20508-2	邬春明	32	2012	电子课件/答案
12	现代交换技术(第2版)	7-301-18889-7	姚 军	36	2013	电子课件/习题答案
13	传感器基础(第2版)	7-301-19174-3	赵玉刚	32	2013	
14	物联网基础与应用	7-301-16598-0	李蔚田	44	2012	电子课件
15	通信技术实用教程	7-301-25386-1	谢 慧	36	2015	电子课件/习题答案
单片机与嵌入式						
1	嵌入式 ARM 系统原理与实例开发(第2版)	7-301-16870-7	杨宗德	32	2011	电子课件/素材
2	ARM 嵌入式系统基础与开发教程	7-301-17318-3	丁文龙 李志军	36	2010	电子课件/习题答案
3	嵌入式系统设计及应用	7-301-19451-5	邢吉生	44	2011	电子课件/实验程序素材
4	嵌入式系统开发基础----基于八位单片机的 C 语言程序设计	7-301-17468-5	侯殿有	49	2012	电子课件/答案/素材
5	嵌入式系统基础实践教程	7-301-22447-2	韩 磊	35	2013	电子课件
6	单片机原理与接口技术	7-301-19175-0	李 升	46	2011	电子课件/习题答案
7	单片机系统设计与实例开发(MSP430)	7-301-21672-9	顾 涛	44	2013	电子课件/答案
8	单片机原理与应用技术	7-301-10760-7	魏立峰 王宝兴	25	2009	电子课件
9	单片机原理及应用教程(第2版)	7-301-22437-3	范立南	43	2013	电子课件/习题答案,辽宁“十二五”教材
10	单片机原理与应用及 C51 程序设计	7-301-13676-8	唐 颖	30	2011	电子课件
11	单片机原理与应用及其实验指导书	7-301-21058-1	邵发森	44	2012	电子课件/答案/素材
12	MCS-51 单片机原理及应用	7-301-22882-1	黄翠翠	34	2013	电子课件/程序代码
物理、能源、微电子						
1	物理光学理论与应用(第2版)	7-301-26024-1	宋贵才	46	2015	电子课件/习题答案,“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
2	现代光学	7-301-23639-0	宋贵才	36	2014	电子课件/答案
3	平板显示技术基础	7-301-22111-2	王丽娟	52	2013	电子课件/答案
4	集成电路版图设计	7-301-21235-6	陆学斌	32	2012	电子课件/习题答案
5	新能源与分布式发电技术	7-301-17677-1	朱永强	32	2010	电子课件/习题答案,北京市精品教材,北京市“十二五”教材
6	太阳能电池原理与应用	7-301-18672-5	靳瑞敏	25	2011	电子课件

序号	书名	书号	编著者	定价	出版年份	教辅及获奖情况
7	新能源照明技术	7-301-23123-4	李姿景	33	2013	电子课件/答案
基 础 课						
1	电工与电子技术(上册)(第2版)	7-301-19183-5	吴舒辞	30	2011	电子课件/习题答案, 湖南省“十二五”教材
2	电工与电子技术(下册)(第2版)	7-301-19229-0	徐卓农 李士军	32	2011	电子课件/习题答案, 湖南省“十二五”教材
3	电路分析	7-301-12179-5	王艳红 蒋学华	38	2010	电子课件, 山东省第二届优秀教材奖
4	模拟电子技术实验教程	7-301-13121-3	谭海曙	24	2010	电子课件
5	运筹学(第2版)	7-301-18860-6	吴亚丽 张俊敏	28	2011	电子课件/习题答案
6	电路与模拟电子技术	7-301-04595-4	张绪光 刘在娥	35	2009	电子课件/习题答案
7	微机原理及接口技术	7-301-16931-5	肖洪兵	32	2010	电子课件/习题答案
8	数字电子技术	7-301-16932-2	刘金华	30	2010	电子课件/习题答案
9	微机原理及接口技术实验指导书	7-301-17614-6	李干林 李 升	22	2010	课件(实验报告)
10	模拟电子技术	7-301-17700-6	张绪光 刘在娥	36	2010	电子课件/习题答案
11	电工技术	7-301-18493-6	张 莉 张绪光	26	2011	电子课件/习题答案, 山东省“十二五”教材
12	电路分析基础	7-301-20505-1	吴舒辞	38	2012	电子课件/习题答案
13	模拟电子线路	7-301-20725-3	宋树祥	38	2012	电子课件/习题答案
14	数字电子技术	7-301-21304-9	秦长海 张天鹏	49	2013	电子课件/答案, 河南省“十二五”教材
15	模拟电子与数字逻辑	7-301-21450-3	邬春明	39	2012	电子课件
16	电路与模拟电子技术实验指导书	7-301-20351-4	唐 颖	26	2012	部分课件
17	电子电路基础实验与课程设计	7-301-22474-8	武 林	36	2013	部分课件
18	电文化——电气信息学科概论	7-301-22484-7	高 心	30	2013	
19	实用数字电子技术	7-301-22598-1	钱裕禄	30	2013	电子课件/答案/其他素材
20	模拟电子技术学习指导及习题精选	7-301-23124-1	姚娅川	30	2013	电子课件
21	电工电子基础实验及综合设计指导	7-301-23221-7	盛桂珍	32	2013	
22	电子技术实验教程	7-301-23736-6	司朝良	33	2014	
23	电工技术	7-301-24181-3	赵莹	46	2014	电子课件/习题答案
24	电子技术实验教程	7-301-24449-4	马秋明	26	2014	
25	微控制器原理及应用	7-301-24812-6	丁筱玲	42	2014	
26	模拟电子技术基础学习指导与习题分析	7-301-25507-0	李大军 唐 颖	32	2015	电子课件/习题答案
27	电工学实验教程(第2版)	7-301-25343-4	王士军 张绪光	27	2015	
28	微机原理及接口技术	7-301-26063-0	李干林	42	2015	电子课件/习题答案
29	简明电路分析	7-301-26062-3	姜 涛	48	2015	电子课件/习题答案
电子、通信						
1	DSP 技术及应用	7-301-10759-1	吴冬梅 张玉杰	26	2011	电子课件, 中国大学出版社图书奖首届优秀教材奖一等奖
2	电子工艺实习	7-301-10699-0	周春阳	19	2010	电子课件
3	电子工艺学教程	7-301-10744-7	张立毅 王华奎	32	2010	电子课件, 中国大学出版社图书奖首届优秀教材奖一等奖
4	信号与系统	7-301-10761-4	华 容 隋晓红	33	2011	电子课件
5	信息与通信工程专业英语(第2版)	7-301-19318-1	韩定定 李明明	32	2012	电子课件/参考译文, 中国电子教育学会2012年全国电子信息类优秀教材
6	高频电子线路(第2版)	7-301-16520-1	宋树祥 周冬梅	35	2009	电子课件/习题答案

序号	书名	书号	编著者	定价	出版年份	教辅及获奖情况
7	MATLAB 基础及其应用教程	7-301-11442-1	周开利 邓春晖	24	2011	电子课件
8	计算机网络	7-301-11508-4	郭银景 孙红雨	31	2009	电子课件
9	通信原理	7-301-12178-8	隋晓红 钟晓玲	32	2007	电子课件
10	数字图像处理	7-301-12176-4	曹茂永	23	2007	电子课件,“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
11	移动通信	7-301-11502-2	郭俊强 李 成	22	2010	电子课件
12	生物医学数据分析及其 MATLAB 实现	7-301-14472-5	尚志刚 张建华	25	2009	电子课件/习题答案/素材
13	信号处理 MATLAB 实验教程	7-301-15168-6	李 杰 张 猛	20	2009	实验素材
14	通信网的信令系统	7-301-15786-2	张云麟	24	2009	电子课件
15	数字信号处理	7-301-16076-3	王震宇 张培珍	32	2010	电子课件/答案/素材
16	光纤通信	7-301-12379-9	卢志茂 冯进玫	28	2010	电子课件/习题答案
17	离散信息论基础	7-301-17382-4	范九伦 谢 颀	25	2010	电子课件/习题答案,“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
18	光纤通信	7-301-17683-2	李丽君 徐文云	26	2010	电子课件/习题答案
19	数字信号处理	7-301-17986-4	王玉德	32	2010	电子课件/答案/素材
20	电子线路 CAD	7-301-18285-7	周荣富 曾 技	41	2011	电子课件
21	MATLAB 基础及应用	7-301-16739-7	李国朝	39	2011	电子课件/答案/素材
22	信息论与编码	7-301-18352-6	隋晓红 王艳营	24	2011	电子课件/习题答案
23	现代电子系统设计教程	7-301-18496-7	宋晓梅	36	2011	电子课件/习题答案
24	移动通信	7-301-19320-4	刘维超 时 颖	39	2011	电子课件/习题答案
25	电子信息类专业 MATLAB 实验教程	7-301-19452-2	李明明	42	2011	电子课件/习题答案
26	信号与系统	7-301-20340-8	李云红	29	2012	电子课件
27	数字图像处理	7-301-20339-2	李云红	36	2012	电子课件
28	编码调制技术	7-301-20506-8	黄 平	26	2012	电子课件
29	Mathcad 在信号与系统中的应用	7-301-20918-9	郭仁春	30	2012	
30	MATLAB 基础与应用教程	7-301-21247-9	王月明	32	2013	电子课件/答案
31	电子信息与通信工程专业英语	7-301-21688-0	孙桂芝	36	2012	电子课件
32	微波技术基础及其应用	7-301-21849-5	李泽民	49	2013	电子课件/习题答案/补充材料等
33	图像处理算法及应用	7-301-21607-1	李文书	48	2012	电子课件
34	网络系统分析与设计	7-301-20644-7	严承华	39	2012	电子课件
35	DSP 技术及应用	7-301-22109-9	董 胜	39	2013	电子课件/答案
36	通信原理实验与课程设计	7-301-22528-8	邬春明	34	2015	电子课件
37	信号与系统	7-301-22582-0	许丽佳	38	2013	电子课件/答案
38	信号与线性系统	7-301-22776-3	朱明早	33	2013	电子课件/答案
39	信号分析与处理	7-301-22919-4	李会容	39	2013	电子课件/答案
40	MATLAB 基础及实验教程	7-301-23022-0	杨成慧	36	2013	电子课件/答案
41	DSP 技术与应用基础(第 2 版)	7-301-24777-8	俞一彪	45	2015	
42	EDA 技术及数字系统的应用	7-301-23877-6	包 明	55	2015	
43	算法设计、分析与应用教程	7-301-24352-7	李文书	49	2014	
44	Android 开发工程师案例教程	7-301-24469-2	倪红军	48	2014	
45	ERP 原理及应用	7-301-23735-9	朱宝慧	43	2014	电子课件/答案
46	综合电子系统设计与实践	7-301-25509-4	武 林 陈 希	32(估)	2015	
47	高频电子技术	7-301-25508-7	赵玉刚	29	2015	电子课件
48	信息与通信专业英语	7-301-25506-3	刘小佳	29	2015	电子课件
49	信号与系统	7-301-25984-9	张建奇	45	2015	电子课件
50	数字图像处理及应用	7-301-26112-5	张培珍	36	2015	电子课件/习题答案

序号	书名	书号	编著者	定价	出版年份	教辅及获奖情况
自动化、电气						
1	自动控制原理	7-301-22386-4	佟 威	30	2013	电子课件/答案
2	自动控制原理	7-301-22936-1	邢春芳	39	2013	
3	自动控制原理	7-301-22448-9	谭功全	44	2013	
4	自动控制原理	7-301-22112-9	许丽佳	30	2015	
5	自动控制原理	7-301-16933-9	丁 红 李学军	32	2010	电子课件/答案/素材
6	现代控制理论基础	7-301-10512-2	侯媛彬等	20	2010	电子课件/素材, 国家级“十一五”规划教材
7	计算机控制系统(第2版)	7-301-23271-2	徐文尚	48	2013	电子课件/答案
8	电力系统继电保护(第2版)	7-301-21366-7	马永翔	42	2013	电子课件/习题答案
9	电气控制技术(第2版)	7-301-24933-8	韩顺杰 吕树清	28	2014	电子课件
10	自动化专业英语(第2版)	7-301-25091-4	李国厚 王春阳	46	2014	电子课件/参考译文
11	电力电子技术及应用	7-301-13577-8	张润和	38	2008	电子课件
12	高电压技术	7-301-14461-9	马永翔	28	2009	电子课件/习题答案
13	电力系统分析	7-301-14460-2	曹 娜	35	2009	
14	综合布线系统基础教程	7-301-14994-2	吴达金	24	2009	电子课件
15	PLC 原理及应用	7-301-17797-6	缪志农 郭新年	26	2010	电子课件
16	集散控制系统	7-301-18131-7	周荣富 陶文英	36	2011	电子课件/习题答案
17	控制电机与特种电机及其控制系统	7-301-18260-4	孙冠群 于少娟	42	2011	电子课件/习题答案
18	电气信息类专业英语	7-301-19447-8	缪志农	40	2011	电子课件/习题答案
19	综合布线系统管理教程	7-301-16598-0	吴达金	39	2012	电子课件
20	供配电技术	7-301-16367-2	王玉华	49	2012	电子课件/习题答案
21	PLC 技术与应用(西门子版)	7-301-22529-5	丁金婷	32	2013	电子课件
22	电机、拖动与控制	7-301-22872-2	万芳瑛	34	2013	电子课件/答案
23	电气信息工程专业英语	7-301-22920-0	余兴波	26	2013	电子课件/译文
24	集散控制系统(第2版)	7-301-23081-7	刘翠玲	36	2013	电子课件, 2014年中国电子教育学会“全国电子信息类优秀教材”一等奖
25	工控组态软件及应用	7-301-23754-0	何坚强	49	2014	电子课件/答案
26	发电厂变电所电气部分(第2版)	7-301-23674-1	马永翔	48	2014	电子课件/答案
27	自动控制原理实验教程	7-301-25471-4	丁 红 贾玉瑛	29	2015	
28	自动控制原理(第2版)	7-301-25510-0	袁德成	35	2015	电子课件, 辽宁省“十二五”教材
29	电机与电力电子技术	7-301-25736-4	孙冠群	45	2015	电子课件/答案

如您有更多教学资源如电子课件、电子样章、习题答案等, 请登录北京大学出版社第六事业部官网 www.pup6.cn 搜索下载。

如您需要浏览更多专业教材, 请扫下面的二维码, 关注北京大学出版社第六事业部官方微信(微信号: pup6book), 随时查询专业教材、浏览教材目录、内容简介等信息, 并可在线申请纸质样书用于教学。



感谢您使用我们的教材, 欢迎您随时与我们联系, 我们将及时做好全方位的服务。联系方式: 010-62750667, szheng_pup6@163.com, pup_6@163.com, lihu80@163.com, 欢迎来电来信。客户服务QQ号: 1292552107, 欢迎随时咨询。

目 录

第 1 章 绪论.....	1	2.2.3 图像数字化表示.....	22
1.1 图像和图像处理.....	3	2.2.4 数字图像特点.....	23
1.1.1 图像的分类.....	3	2.3 图像的分辨率.....	24
1.1.2 图像的数学表示.....	4	2.4 图像的像素关系.....	25
1.1.3 模拟图像数字化.....	4	2.4.1 图像的相邻像素.....	25
1.2 数字图像处理的方法.....	6	2.4.2 像素的距离度量.....	26
1.2.1 图像变换.....	6	2.5 图像的显示.....	27
1.2.2 图像增强.....	7	2.5.1 位图显示.....	27
1.2.3 图像复原.....	8	2.5.2 调色板显示.....	28
1.2.4 图像分割.....	8	2.5.3 图像文件格式.....	29
1.2.5 图像压缩编码.....	8	习题.....	31
1.2.6 图像描述.....	9	第 3 章 彩色图像处理.....	33
1.2.7 图像分类(识别).....	9	3.1 彩色基础知识.....	35
1.3 数字图像处理系统的组成.....	10	3.1.1 光谱与图像色彩.....	35
1.3.1 图像数字化设备.....	10	3.1.2 三原色与颜色特性.....	36
1.3.2 图像存储设备.....	10	3.2 彩色模型.....	39
1.3.3 图像处理设备.....	11	3.2.1 RGB 彩色模型.....	39
1.3.4 图像显示设备.....	11	3.2.2 CMY 和 CMYK 彩色模型.....	40
1.4 数字图像处理的特点和优点.....	11	3.2.3 HSI 彩色模型.....	41
1.4.1 数字图像处理的主要特点.....	11	3.3 彩色处理.....	45
1.4.2 数字图像处理的主要优点.....	11	3.3.1 伪彩色图像处理.....	45
1.5 数字图像处理的起源与发展.....	12	3.3.2 全彩色图像处理.....	46
1.6 数字图像处理的应用.....	13	3.4 彩色图像的平滑和锐化.....	48
习题.....	14	3.4.1 彩色图像的平滑.....	48
第 2 章 数字图像处理基础.....	15	3.4.2 彩色图像的锐化.....	50
2.1 人眼视觉特性.....	17	3.5 彩色图像的分割.....	51
2.1.1 人眼构造及工作原理.....	17	3.5.1 HSI 空间分割.....	51
2.1.2 人眼视觉模型.....	18	3.5.2 RGB 空间分割.....	53
2.1.3 人眼的亮度视觉特性.....	19	习题.....	54
2.2 图像的表达.....	21	第 4 章 图像变换.....	56
2.2.1 图像采样.....	21	4.1 傅里叶变换.....	58
2.2.2 图像量化.....	21	4.1.1 一维傅里叶变换.....	58



4.1.2 二维傅里叶变换	60	7.2 无损压缩编码	129
4.1.3 二维傅里叶变换的性质	63	7.2.1 哈夫曼编码	129
4.2 余弦变换	65	7.2.2 算术编码	130
4.3 小波变换	69	7.2.3 行程编码	132
4.3.1 一维连续小波变换	71	7.3 有损压缩编码	133
4.3.2 离散小波变换	72	7.3.1 预测编码	133
习题	76	7.3.2 变换编码	136
第 5 章 图像增强	78	7.4 压缩编码标准简介	141
5.1 空间域图像增强	80	7.4.1 JPEG 标准	141
5.1.1 直接灰度变换	81	7.4.2 JPEG2000 标准	142
5.1.2 直方图处理	84	7.4.3 H.26x 标准	142
5.1.3 空间平滑滤波	88	7.4.4 MPEG 标准	142
5.1.4 空间锐化滤波	91	习题	143
5.2 频域图像增强	94	第 8 章 图像分割	144
5.2.1 图像的低通滤波	94	8.1 图像分割概述	147
5.2.2 图像的高通滤波	97	8.1.1 图像分割的数学描述 与含义	147
5.3 同态滤波	99	8.1.2 图像分割的方法及应用	147
习题	100	8.2 阈值分割	148
第 6 章 图像复原	101	8.2.1 图像阈值分割基本原理	148
6.1 图像的退化	103	8.2.2 阈值分割的分类	148
6.1.1 图像退化的原因	103	8.3 基于边缘提取的图像分割	152
6.1.2 退化模型	104	8.3.1 基于边缘提取图像分割 基本原理	152
6.2 图像的复原	112	8.3.2 基于边缘提取图像 分割方法	152
6.3 几何校正	117	8.3.3 边缘跟踪	157
6.3.1 几何失真	117	8.4 基于区域的图像分割	158
6.3.2 几何失真数学表示	117	8.4.1 区域增长	158
6.3.3 几何校正	118	8.4.2 区域分裂合并法	159
6.3.4 像素灰度内插	119	8.5 彩色图像分割	160
习题	121	8.5.1 彩色图像分割意义	160
第 7 章 图像压缩与编码技术	123	8.5.2 彩色图像分割方法	160
7.1 图像编码理论基础	124	习题	162
7.1.1 图像数据冗余	124	第 9 章 图像特征提取与识别	163
7.1.2 保真度准则	126	9.1 颜色图像的特征	165
7.1.3 图像编码模型	127		
7.1.4 信息量与信源熵	128		

9.1.1 图像颜色特征的特点	165	10.1.2 遥感图像处理的意义	186
9.1.2 颜色直方图	165	10.1.3 遥感图像处理系统设计	186
9.1.3 颜色集	166	10.2 数字图像处理基于数字水印技术	
9.1.4 颜色矩	167	的应用	196
9.1.5 颜色聚合向量	167	10.2.1 数字水印技术介绍	197
9.1.6 颜色相关图	168	10.2.2 数字水印的特点	197
9.2 纹理特征	168	10.2.3 数字水印技术的基本	
9.2.1 灰度共生矩阵	169	原理	198
9.2.2 描述灰度共生矩阵常用		10.2.4 基于 DCT 变换的数字	
的特征	170	水印系统设计	198
9.3 形状特征	171	习题	206
9.3.1 几何参数法	172	第 11 章 实验	207
9.3.2 链码	174	实验 1 图像的基本操作	207
9.3.3 傅里叶形状描述符法	175	实验 2 图像的运算和灰度变换	209
9.4 空间关系特征	176	实验 3 图像的直方图均衡化	211
9.5 图像识别	177	实验 4 图像的噪声及复原	213
习题	181	实验 5 图像的空间滤波	216
第 10 章 数字图像处理技术典型应用的		实验 6 图像的频域滤波	218
系统设计	183	实验 7 彩色图像的处理	220
10.1 数字图像处理在遥感图像领域		实验 8 综合设计实验	223
的应用	185	参考文献	225
10.1.1 遥感基本知识	185		

第1章

绪论

图像处理是对图像进行分析、加工和处理,使其满足视觉、心理以及其他要求的技术。数字图像处理(Digital Image Processing)是用计算机对图像信息进行处理的一门技术。图像是人们获得信息的重要来源,据统计,在人类接收的信息中视觉信息占60%,听觉信息占20%,而其他感知系统获得的信息的总和只占20%。《汉书·赵充国传》中有非常著名的成语“百闻不如一见”,恰当地反映了图像是信息传递的主要途径。



教学目标

- 掌握数字图像与数字图像处理的概念;
- 掌握数字图像处理的基本步骤与图像处理系统的主要结构;
- 了解图像处理技术的产生与发展;
- 了解图像处理应用。



教学要求

知识要点	能力要求	相关知识
图像与图像处理	(1) 掌握模拟图像和数字图像的区别与联系 (2) 了解图像与图形的区别与联系 (3) 掌握图像的分类 (4) 理解不同图像格式	图像, 图形; 模拟图像, 数字图像; 像素
数字图像处理的基本步骤与系统框架	(1) 掌握数字图像处理的目的、任务及方法 (2) 掌握数字图像处理的主要模块及功能 (3) 熟悉数字图像处理与其他学科的关系	图像处理方法
图像处理技术的产生与发展	(1) 了解图像处理技术的产生 (2) 了解图像处理发展现状 (3) 了解图像处理未来趋势	
图像处理的应用	了解图像处理的主要应用领域	



推荐阅读资料

- [1] R. C. 冈萨雷斯. 数字图像处理[M]. 阮秋琦, 译. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [2] R. C. 冈萨雷斯. 数字图像处理(MATLAB 版)[M]. 阮秋琦, 译. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [3] 阮秋琦. 数字图像处理学[M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [4] 章毓晋. 图像工程[M]. 2 版. (上, 中, 下). 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [5] 陈炳权, 刘宏立, 孟凡斌. 数字图像处理技术的现状及其发展方向[J]. 吉首大学学报, 2009, 30(1): 63-71.



基本概念

图像(Image): 图像是人对视觉感知的物质再现, 是指由输入设备捕捉的实际场景画面或以数字化形式存储的任意画面。

图形(Figure): 是指由外部轮廓线条构成的矢量图, 即由计算机绘制的直线、圆、矩形、曲线、图表等。

模拟图像(Analogue Image): 通过某种物理量(如光、电等)的强弱变化来记录图像亮度信息。

数字图像(Digital Image): 数字图像是由模拟图像数字化得到的, 它以像素为基本元素, 可以用数字计算机或数字电路存储和处理。

图像处理(Image Processing): 是对图像信息进行加工以满足人类视觉或应用需求的行为。

数字图像处理(Digital Image Processing): 利用计算机或其他数字技术, 对图像信息进行某些数学运算和加工处理, 来改善图像的视觉效果并提高图像实用性的技术。



引例

图像与图象

百度百科中把图像等同“图象”, 并给出英文表示 image。

汉语词典中对图象有以下解释。

(1) 画成, 摄制或印制的形象。

(2) 画像; 描绘。汉代王充在《论衡·雷虚》中写道: “如无形, 不得为之图象。”《后汉书·列女传·叔先雄》: “为雄立碑, 图象其形焉。”意为画像。

(3) 画成的人物形象; 肖像。《三国志·魏志·臧洪传》: “故身著图象, 名垂后世。”蔡元培《美术的起源》: “由静的美术, 过渡到动的美术, 是舞蹈, 可算是活动的图象。”

纠正: 因为用“图像”一词时过多错误地使用成了“图象”, 容易使大家误认为“图象”就是“图像”。其实, 图像是各种图形和影像的总称。广义上, 图像包括: 纸介质上的、底片或照片上的、电视、投影仪或计算机屏幕上的所有具有视觉效果的画面。

网络小故事：图像处理标准测试图——Lena 的故事(来源于网络)

在数字图像处理中，Lena(Lenna)是一张被广泛使用的标准图片，特别在图像压缩的算法研究中。每天全球数以万计的科研人员用 Lena 进行着反复实验，并将以 Lena 为例子的论文发表在核心期刊上，如图 1.1 所示。

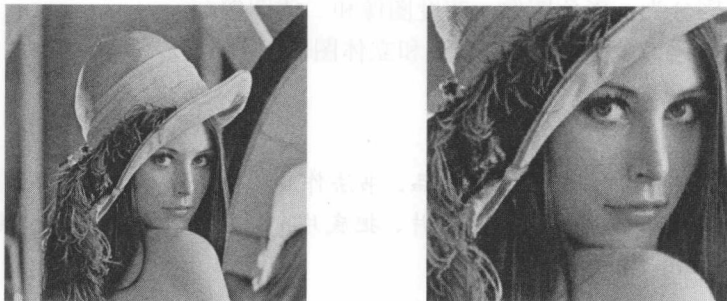


图 1.1 Lena 图像

图片中的女孩全名 Lena Soderberg，瑞典人。该照片后来在南加州大学经过数字化后，成为学术研究人员的测试图像之一。这张图片背后的故事是颇有意思的，这张照片实际上是 1972 年 11 月的著名成人杂志 *Playboy* 的插页，在数字图像处理界使用的 Lena 图像是该幅插页的部分截图。在这期杂志中使用了“Lenna”的拼写，而实际莉娜在瑞典语中的拼写是“Lena”。

这张图像的来历：

Alexander Sawchuk 担任 SIPI 电机工程系的助教，正和他的同事们在实验室里匆匆忙忙找一幅用于会议论文的图像。对于长期使用的一般测试图像他们早就感到厌烦，那些都是 20 世纪 60 年代早期的电视工作的标准。他们想找一份表面光滑的照片以确保有好的输出质量，而且还要是一张人脸。恰恰就在那时，一人夹着新出的 *Playboy* 走了进来。工程师们拿过杂志，顺手将中间的裸体插页的上 1/3 撕了下来。他们要一张 256×256 大小的影像，因此扫描了这张照片上方 5.12 英寸宽的范围，也就是到达 Lena 的肩部左右。

为什么要使用 Lena 图像？David C. Munson 在“A Note on Lena”中给出了两条理由：首先，Lena 图像包含了各种细节、平滑区域、阴影和纹理，这些对测试各种图像处理算法很有用；第二，Lena 图像里是一个很迷人的女子。所以不必奇怪图像处理领域里的人(大部分为男性)被一幅迷人的图像吸引。

1.1 图像和图像处理

1.1.1 图像的分类

图像可以由光学设备或人为创作，如利用照相机、镜子、望远镜、显微镜或手工绘画等方式来获取。图像可以记录、保存在纸质媒介、胶片等对光信号敏感的介质上。随着数



字采集技术和信号处理理论的发展,越来越多的图像以数字形式存储。根据不同属性可以对图像进行以下分类。

- (1) 根据空间坐标和幅度连续性分为:模拟图像和数字图像。
- (2) 根据成像原理分为:红外图像、雷达成像、卫星成像、光学成像和超声成像等。
- (3) 根据色彩分为:彩色图像、灰度图像和二值图像。
- (4) 根据维数分为:平面图像(二维)和立体图像(三维)。



常见模拟图像

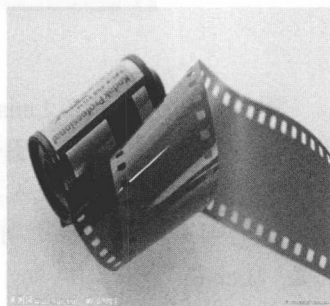
所有手工制作的画稿,包括绘画作品、书法作品、手工作品、印刷品、都是模拟图像。光学相机记录景物所用的胶片即照相底片、把底片中图像扩印到相纸上的照片也是模拟图像的典型代表,如图 1.2 所示。



(a) 蒙娜丽莎画像



(b) 赵孟頫《兰亭序十三跋》残本



(c) 柯达胶卷

图 1.2 模拟图像示例

1.1.2 图像的数学表示

一幅图像可以看成是空间各个坐标点上的光强度的集合,图像函数一般表达式为

$$I = f(x, y, z, \lambda, t)$$

式中 (x, y, z) 为空间坐标, λ 是波长, t 是时间, I 是图像在空间 (x, y, z) 处的强度或亮度,所以 I 可以表示一幅运动的、彩色的、三维立体图像。静止图像,则 I 与时间 t 无关;若图像为灰度图像,则波长 λ 为常数;而平面图像则与坐标 z 无关。相对应的表达式为

$$\begin{cases} I = f(x, y, z, \lambda), & \text{静止图像} \\ I = f(x, y, z, t), & \text{灰度图像} \\ I = f(x, y, \lambda, t), & \text{平面图像} \end{cases} \quad (1-1)$$

可以得出,静止的灰度图像表示为: $I = f(x, y)$ 。

1.1.3 模拟图像数字化

要在计算机中处理图像,必须先把真实的图像(照片、画报、图书、图纸等)通过数字化转变成计算机能够接受的显示和存储格式,然后再用计算机进行分析处理。图像的数字化的过程主要分采样、量化与编码 3 个步骤。

1. 采样

采样(Sampling)是对图像空间坐标的离散化,采样间隔决定了图像的空间分辨率。若模拟静止灰度图像用连续的函数 $f(x, y)$ 描述,对二维空间上连续的图像在水平和垂直方向上等间距地分割成矩形网状结构,所形成的单位网格称为像素(Pixel)。

采样一般分为均匀采样和非均匀采样两种。对于二维图像 $f(x, y)$,均匀采样就是把二维图像平面在 x 方向和 y 方向分别进行等间距划分,形成一个二维网格,将网格中心点位置用坐标 (m, n) 来表达,整个坐标全体就构成了该幅图像的均匀采样结果。非均匀采样通常是为了应对某种特殊的应用,在图像内灰度变化比较剧烈的区域(边缘和纹理较多的区域)采用较密集的采样点,而在图像内部灰度变化比较平缓的区域(细节较少的区域)采用较稀疏的采样点,这种采样获得的图像可能比均匀采样具有更高的图像质量。

注意事项

由于二维图像的采样是一维信号的推广,根据信号的采样定理,要从采样样本中精确地复原图像,需要满足图像采样的奈奎斯特(Nyquist)定理:图像采样的频率必须大于或等于源图像最高频率分量的两倍。减少图像采样间隔,图像分辨率提高。即采样频率越高,得到的图像样本越逼真,图像的质量越高,但要求的存储量也越大。

模拟图像 $f(x, y)$ 采样后用 $I(m, n)$ 表示,数字图像 I 每行像素为 M 个,每列像素为 N 个,则图像大小为 $M \times N$ 个像素。采样后的数字图像可以用矩阵描述如图 1.3 所示。

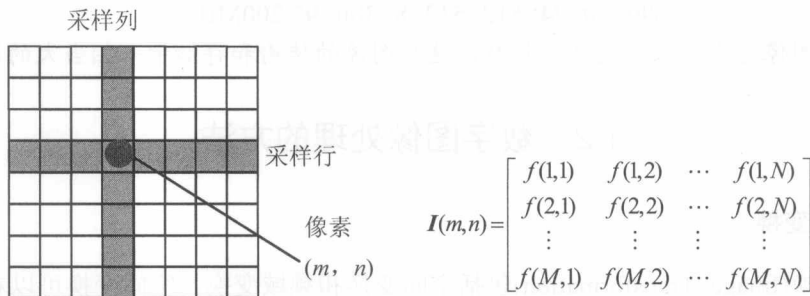


图 1.3 图像采样与矩阵表示

式中, M 和 N 均为正整数, $m=1, 2, \dots, M; n=1, 2, \dots, N$ 。

2. 量化

模拟图像经过采样后,在空间上离散化为像素,但像素的幅值仍然是连续的量。需要对像素的灰度值进行量化(Quantization)使其离散化。量化后每个像素的量度值用二进制的 bit 数表示,决定了幅度分辨率。最简单的量化是用黑(0)白(1)两个数值(即二值)来表示,成为二值图像。量化越细致,灰度级数表现越丰富。图 1.4 给出不同量化等级图像示意图。

计算机中一般用 8bit(256 级)来量化,这意味着像素的灰度是 0~255 之间的数值。可见,图像的量化级数一定时,采样点数越多,图像质量越好;当采样点数减少时,图像块状效应就逐渐明显。同理,当采样点数一定时,量化级数越多图像质量越好,量化级数越少,图像质量越差。

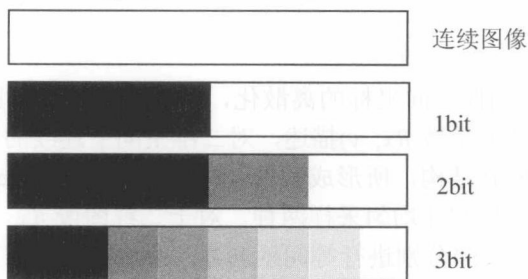


图 1.4 不同量化等级图像



思考

如何计算图像数据量?

图像数字化过程中行列数和量化等级不仅影响图像质量,也影响到该图像的数据量大小。假定图像采样后有 $M \times N$ 个点,每个像素量化后二进制数为 Q ,一般 Q 为 2 的整数幂,即 $Q=2^k$,则存储该数字图像所需的 bit 数为: $M \times N \times k(\text{bit})$; 字节数为: $(M \times N \times k)/8(\text{Byte})$ 。

如一幅 512×512 的灰度图像的比特数和字节数为

$$512 \times 512 \times 8 = 2\,097\,152 \text{ bit} = 256 \text{ KB}。$$

而一部 90 分钟的彩色电影,每秒放映 24 帧。把它数字化,每帧 512×512 像素,每像素的 R、G、B 三分量分别占 8 bit,图像总比特数为

$$90 \times 60 \times 24 \times 512 \times 512 \times 8 \times 3 \text{ bit} = 97\,200 \text{ MB}。$$

可见,数字图像通常要求很大的比特数,这给图像的传输和存储带来相当大的困难。

1.2 数字图像处理的方法

1.2.1 图像变换

图像变换(Image Transformation)包括空间变换和频域变换。空间变换可以看成图像中物体(或像素)空间位置改变,如对图像进行缩放、旋转、平移、镜像翻转等。

经采样得到数字图像为了保证空间和幅度分辨率,图像阵列很大,直接在空间域中进行处理,需要较高的计算量和存储空间。因此,往往采用各种图像变换的方法,如傅里叶变换、沃尔什变换、离散余弦变换等间接处理技术,将空间域的处理转换为变换域处理,不仅可减少计算量,而且可以更有效地进行运算。目前新兴研究的小波变换在时域和频域中都具有良好的局部化特性,而得到广泛应用。



名人名言

傅里叶变换是一首数学的诗

傅里叶的研究成果,是表现数学的“美的”典型。恩格斯把傅里叶的数学成就与他所推崇的哲学家黑格尔的辩证法相提并论,他写道:傅里叶是一首数学的诗。傅里叶变换是将时域信号分解为不同频率的正弦信号或余弦函数叠加之和,傅里叶变换形象的描述为数