

第1版获全国普通高等学校优秀教材一等奖
第2版评为全国普通高等教育“十一五”精品教材

图像工程

(第3版)

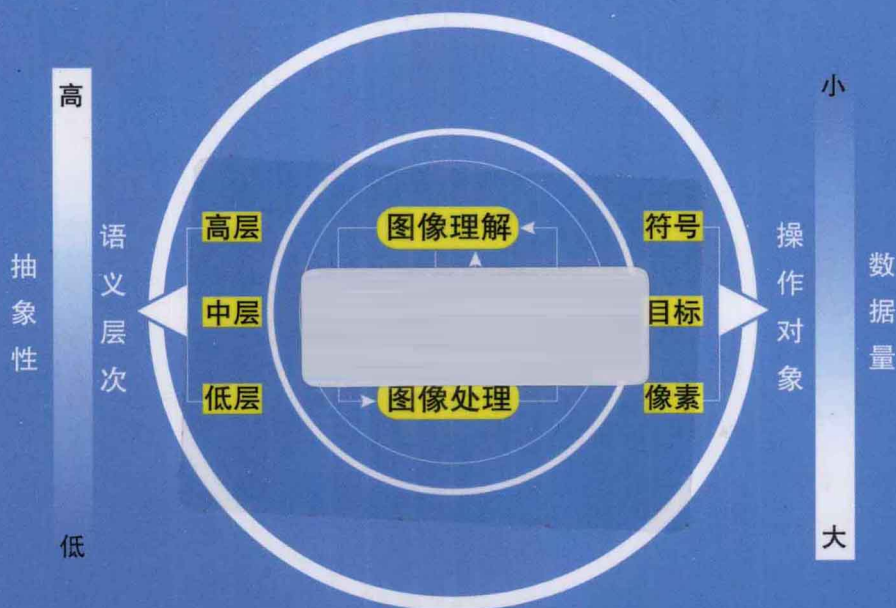
章毓晋

ZHANG Yu-Jin



IMAGE ENGINEERING

(Third Edition)



清华大学出版社

图像工程

(第3版)

章毓晋 编著
ZHANG Yu-Jin

IMAGE ENGINEERING

(Third Edition)

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书为《图像工程》(第3版)的上、中、下册合订本,全面介绍图像工程的第一层次——图像处理,图像工程的第二层次——图像分析,图像工程的第三层次——图像理解的基本概念、基本原理、典型方法、实用技术以及国际上有关研究的新成果。

上册主要分四个单元。第1单元(包含第2~4章)介绍图像增强技术,第2单元(包含第5~7章)介绍图像恢复技术,第3单元(包含第8~10章)介绍图像编码技术,第4单元(包含第11~14章)介绍拓展图像技术。中册主要分四个单元。第1单元(包含第2~5章)介绍图像分割技术,第2单元(包含第6~8章)介绍对分割出目标的表达描述技术,第3单元(包含第9~11章)介绍目标特性分析技术,第4单元(包含第12~14章)介绍一些相关的数学工具。下册主要分四个单元。第1单元(包含第2~4章)介绍图像采集表达技术,第2单元(包含第5~8章)介绍景物重建技术,第3单元(包含第9~11章)介绍场景解释技术,第4单元(包含第12~14章)介绍三个研究示例。

书中还提供了大量例题、思考题和练习题,并对部分练习题提供了解答或解题思路。

本书可作为信号与信息处理、通信与信息系统、电子与通信工程、模式识别与智能系统、计算机视觉等学科大学本科和研究生专业基础或专业课教材,也可供信息与通信工程、电子科学与技术、计算机科学与技术、测控技术与仪器、机器人自动化、生物医学工程、光学、电子医疗设备研制、遥感、测绘和军事侦察等领域的科技工作者参考。

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

图像工程:全3册/章毓晋编著.--3版.--北京:清华大学出版社,2013.1

ISBN 978-7-302-31019-8

I. ①图… II. ①章… III. ①计算机应用—图像处理—高等学校—教材 IV. ①TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第304400号

责任编辑:文 怡

封面设计:李召霞

责任印制:王静怡

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:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×230mm 印 张:77.25 插页:4 字 数:1691千字

版 次:2007年5月第2版 2013年1月第3版 印 次:2013年1月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:118.00元

写在合订本前

历时近四年,第三版《图像工程》共三册终于都在 2012 年出版了。这版《图像工程》仍按照图像工程的三个层次分别写了三册,即图像处理、图像分析、图像理解。每册都可独立作为一门同名课程的教材(目前作者正是这样做的)。

在此基础上,将上、中、下三册合一成为了这个合订本。图像工程作为一门系统地研究各种图像理论方法,阐述图像技术原理,推广图像技术应用及总结生产实践经验的新的交叉学科,作为对图像技术综合研究和集成应用的一个整体框架,其中的图像处理、图像分析、图像理解以及相关技术的工程应用有着密切的联系。图像工程是一个整体,合订本将对图像工程的全面介绍汇在一起,应能更方便读者使用。

合订本将原分开的三册合在了一起,全书的开本、各册的页码等仍与分开的三册完全一样。全书共有 42 章正文,3 个附录,以及各册的习题解答、参考文献和名词索引。在这 54 个一级标题下共有 236 个二级标题(节),再下还有 387 个三级标题(小节)。全书共有文字(也包括图片、绘图、表格、公式等)约 170 万字。全书共有编了号的图 973 个(包括 1018 幅图片)、表格 118 个、公式 1869 个。为便于教学和理解,全书共给出各类例题 277 个。为便于检查教学和学习效果,各章后均有思考题和练习题,全书共有思考题和练习题 504 个,对其中(题前标 * 号)的 84 个练习题提供了参考答案。全书共列出了直接引用和提供参考文献的近 800 篇文献的目录。另外,各册末还共给出了 1600 多个主题索引(及英译)。

章毓晋

2012 年国庆节于清华大学

全套书第3版前言

这是《图像工程》第3版,全套书仍分3册,分别为《图像工程(上册)——图像处理》、《图像工程(中册)——图像分析》和《图像工程(下册)——图像理解》。该套书全面介绍图像工程的基础概念、基本原理、典型方法、实用技术以及国际上相关内容研究的新成果。

《图像工程》第2版也分3册,名称相同。上、中、下册分别在2006年、2005年和2007年出版。2007年还出版了《图像工程》第2版的3册合订本。至今共计重印20次,总计约合7万多册。

《图像工程》第1版也分3册,名称分别为《图像工程(上册)——图像处理和分析》、《图像工程(下册)——图像理解和计算机视觉》和《图像工程(附册)——教学参考及习题解答》。这3册分别在1999年、2000年和2002年出版。第1版共重印近30次,总计约11万册。

《图像工程》的多次重印表明作者一直倡导的,为了对各种图像技术进行综合研究、集成应用而建立的整体框架——图像工程作为一门系统地研究各种图像理论、技术和应用的新的交叉学科得到了广泛的认可。同时,随着研究的深入和技术的发展,编写新版的工作也逐渐提到议事日程上来。

第3版的编写开始于2009年,是年暑假静心构思了整书的新框架。其后,根据框架收集了一些最新的相关书籍和文献(包括印刷版和电子版),仔细进行了阅读并做了笔记。这为新版的编写打下了一个坚实的基础。第3版在内容的深度和广度上,仍希望读者能通过本套书的学习,独立和全面地了解该领域的基本理论、技术、应用和发展。

第3版仍如前两版那样,在编写的方针上,力求具有理论性、实用性、系统性、实时性;在内容叙述上,力求理论概念严谨,论证简明扼要。考虑到图像技术的飞速发展,第3版既保留了第2版中有代表性的经典内容,也削减了一部分近年使用不多的陈旧内容,同时还认真选取了近年的一些最新研究成果和得到广泛使用的典型技术以进行充实。这些新内容既参考了许多有关文献,也结合了作者的一些研究工作和成果以及这些年来的教学教案。为使内容更加集中和紧凑,压缩了扩展性的讨论。第3版在覆盖面有所增加的情况下整体篇幅比第2版有一定的减少。

与上一版相比,第3版有如下几个调整:

第一,各册书均从第2章就开始介绍正式内容,更快进入主题。先修或预备内容分别安排在需先修部分的同一章前,从教学角度来说,更加实用,也突出了主线内容。

第二,除第1章绪论外,各册书的正式内容都结合成4个单元,每个单元都有具体说明,全书的系统性和结构性均得到了加强,也有利于复习考核。

第三,各章中的习题均只给出了少部分习题解答,给教师使用习题更灵活的选择。更多的习题和其余的习题解答将会放在出版社网站上,便于补充、改进,网址为: www.tup.tsinghua.edu.cn。

第四,各册书后均增加了主题索引(并给出了英文),这样一来方便在书中查找有关内容,二来也方便在网上查找有关文献。

从1996年开始编写《图像工程》第1版至今已15年。这期间,作者与许多读者(包括教师、学生、自学者)有过各种形式的讨论和交流,除了面谈外,许多人打过电话或发过电子邮件。这些讨论和交流使作者获得了许多宝贵的意见和建议,在编写这3版中都起到了不可或缺的作用,特别是在解释和描述的详略方面都结合读者反馈意见进行了调整,从而更加容易理解和学习。值得指出的是,书中还汇集了几年来不少听课学生的贡献,许多例题和练习题是在历届学生作业和课堂讨论的基础上提炼出来的,一些图片还直接由学生帮助制作,在选材上也从学生的反馈中受到许多启发。借此机会对他们一并表示衷心的感谢。

书中有相当内容基于作者和他人共同研究的成果,特别是历年的学生边辉、蔡伟、陈权崎、陈挺、陈伟、陈正华、程正东、戴声扬、段菲、冯上平、傅卓、高永英、葛菁华、侯乐天、胡浩基、黄英、黄翔宇、贾波、贾超、贾慧星、姜帆、李娟、李乐、李品一、李勍、李睿、李硕、李小鹏、李雪、刘宝弟、刘锴、刘青棣、刘惟锦、刘晓旻、刘忠伟、陆海斌、罗惠韬、罗沅、钱宇飞、秦暄、秦垠峰、阮孟贵(Nguyen Manh Quy)、赛义(Saeid Bagheri)、沈斌、谭华春、汤达、王树徽、王宇雄、王志明、文熙安(Tristan Vincent)、吴高洪、吴玮、夏尔雷(Charley Paulus)、向振、徐丹、徐枫、徐洁、徐培、徐寅、薛菲、薛景浩、严严、杨劲波、杨翔英、姚玉荣、鱼荣珍(Eo Young Jin)、俞天利、于信男、袁静、张宁、赵雪梅、郑胤、朱小青、朱云峰,博士后高立志、王怀颖以及进修教师崔京守(Choi Jeong Swu)、石俊生、杨卫平、曾萍萍、张贵仓等,第1版、第2版和第3版采用的图片除作者本人制作的外,也包括他们在研究工作中收集和实验得到的。该书应该说是多人合作成果的体现。

最后,感谢妻子何芸、女儿章荷铭以及父母在各方面的理解和支持!

章毓晋

2012年元旦于清华大学

通信: 北京清华大学电子工程系, 100084

办公: 清华大学, 罗姆楼, 6层 305室

电话: (010)62798540

传真: (010)62770317

电邮: zhang-yj@tsinghua.edu.cn

主页: oa.ee.tsinghua.edu.cn/~zhangyujin/

第2版前言

《图像工程》第2版共分3册,分别为《图像工程(上册)——图像处理》,《图像工程(中册)——图像分析》和《图像工程(下册)——图像理解》。它们全面介绍图像工程的基本概念、基本原理、典型方法、实用技术以及国际上有关研究的新成果。

《图像工程》第1版也分3册,其中《图像工程(上册)——图像处理和分析》1999年出版,《图像工程(下册)——图像理解和计算机视觉》2000年出版,《图像工程(附册)——教学参考与习题解答》2002年出版。至今各册已一共重印20多次,总计达10万册。根据在网上查询的结果,约有上百所学校选作教材、教学参考书或考研指定书/参考书。从读者向作者发来的上千封电子邮件中,也得知许多人在利用该套书进行自学。

《图像工程》第1版自出版后也得到相关领域研究人员的广泛使用。根据利用“中国期刊网”中的“中国期刊全文数据库”和“万方数据库”中的“万方数字化期刊”所做的检索,可知《图像工程》第1版自出版以来,已被600多篇在国内重要学术期刊上发表的研究文献所引用。又根据利用“中国期刊网”中的“中国优秀博硕士论文全文数据库”所做的检索,可知《图像工程》第1版自出版以来,已被1000多篇博士和硕士论文所引用。

《图像工程》第1版的多次重印和多次被引用表明,作者一直倡导的,为了对各种图像技术进行综合研究、集成应用而建立的整体框架——图像工程作为一门系统地研究各种图像理论、技术和应用的新的交叉学科得到了广泛的认可。同时,随着研究的深入和技术的发展,编写新版的工作也逐渐提到议事日程上来。

第2版的编写开始于2003年,是年作者选择了进行学术休假。期间作为新加坡南洋理工大学的访问教授,一方面在那里开出一门新课“图像分析”(advance in image analysis),并参与了其他几门课的教学工作;另一方面,静心构思了整书的新框架,并开始了第2版的编写。为使新版有更多新的内容,在那里收集了10多本相关书籍,还借阅了20多本书,并作了15万词(英文)的笔记。这些书籍中,既包括多本典型的图像处理、图像分析和图像理解教材,也包括如成像技术、数字电视、小波变换、二值图像处理、非线性图像处理、三维图像处理、图像分割和组合、纹理分析、形状分析、立体图像分析、体视学、多视几何、图像代数、视觉表达和识别等专著。这为新版的编写打了一个坚实的基础。第2版在内容的深度和广度

上,仍希望读者能通过本书的学习,独立地和全面地了解该领域的基本理论、技术、应用和发展。

第2版的编写仍如第1版那样,在编写的方针上,力求具有理论性、实用性、系统性、实时性;在内容叙述上,力求理论概念严谨,论证简明扼要。考虑到图像技术的飞速发展,第2版既保留了第1版有代表性的经典内容,也消减了一部分近年使用不多的陈旧内容,同时还认真选取了近年的许多最新研究成果和得到广泛使用的典型技术以进行充实。这些新内容既参考了许多有关文献,也结合了作者的一些研究工作和成果以及这些年来教学教案。第2版在整个篇幅上比第1版有相当的增加。

与第1版相比,第2版有如下几个特点:

第一,从总体框架上,第2版按图像工程的三个层次分为对应的三册。2004年,作者在清华大学也开出了“图像分析”课程,这样加上原有的两门课程,三门课程和三册教材就互相对应起来了。为此,第2版每册书都增加了教学使用建议,以帮助使用者。

第二,从教学的角度出发,以章为单位,对内容进行了均衡;同时对内容较多的技术,划分成基础部分和深入部分,以有利于不同专业背景使用者的选择。

第三,从学习的角度出发,结合教学实践和读者对第1版书的反馈意见,对一些重要和基本的章节概念,增加了解释和示例,以帮助读者理解和自学。

第四,从深入学习和开展科研的角度出发,在每章结尾处增加了各节小结以及为读者扩大视野和进一步研究而提供的一些相关参考文献的介绍,以帮助读者有的放矢地进行查阅。

第五,从使用方便的角度出发,将习题和对应的解答都集中在同一册书中。

《图像工程》第1版从1996年开始编写,至今已近10年。这期间,作者与许多读者(包括教师、学生、自学者)有过各种形式的讨论和交流,除了面谈外,许多人打过电话发过电子邮件。这些讨论和交流使作者获得了许多宝贵的意见和建议,对完善第1版和编写第2版都起到了不可或缺的作用。值得指出的是,书中汇集了几年来不少听课学生的贡献,许多例题和练习题是在历届学生作业和课堂讨论的基础上提炼出来的,一些图片还直接由学生帮助制作,在选材上也从学生的反馈中受到许多启发。借此机会一并表示衷心的感谢。

书中有相当内容基于作者和他人共同研究的成果,特别是历年的学生边辉、陈挺、戴声扬、傅卓、高永英、葛菁华、胡浩基、黄英、黄翔宇、贾波、贾慧星、姜帆、李乐、李勍、李睿、刘青棣、刘惟锦、刘晓旻、刘忠伟、陆海斌、罗惠韬、罗沅、钱宇飞、秦暄、谭华春、王志明、吴高洪、吴玮、徐丹、徐枫、徐寅、薛景浩、杨静波、杨翔英、姚玉荣、俞天利、张宁和朱小青,博士后高立志以及进修教师崔京守、石俊生、杨卫平、张贵仓等,第1版和第2版采用的图片除作者本人制作的外,也包括他们在研究工作中收集和实验得到的。该书应该说是多人合作成

果的体现。

全书在编写过程中得到陈国新编辑认真的审阅和精心的修改,这既使全书增色不少,也使作者受益匪浅。

最后,作者感谢妻子何芸,女儿章荷铭以及父母在各方面的理解和支持!

章毓晋

2005 年夏于清华园

通信: 北京清华大学电子工程系, 100084

电话: (010) 62781430

传真: (010) 62770317

电子邮件: zhang-yj@tsinghua. edu. cn

个人主页: oa. ee. tsinghua. edu. cn/~zhangyujin/

总 目 录

上册 图像处理

- 第 1 章 绪论
- 第 1 单元 图像增强
 - 第 2 章 空域增强:点操作
 - 第 3 章 空域增强:模板操作
 - 第 4 章 频域图像增强
- 第 2 单元 图像恢复
 - 第 5 章 图像消噪和恢复
 - 第 6 章 图像校正和修补
 - 第 7 章 图像投影重建
- 第 3 单元 图像编码
 - 第 8 章 图像编码基础
 - 第 9 章 图像变换编码
 - 第 10 章 其他图像编码方法
- 第 4 单元 拓展技术
 - 第 11 章 图像水印
 - 第 12 章 彩色图像处理
 - 第 13 章 视频图像处理
 - 第 14 章 多尺度图像处理
 - 附录 A 图像国际标准
 - 部分习题解答
 - 参考文献
 - 索引

中册 图像分析

- 第 1 章 绪论
- 第 1 单元 图像分割
 - 第 2 章 图像分割基础
 - 第 3 章 典型分割算法
 - 第 4 章 分割技术扩展
 - 第 5 章 分割评价比较
- 第 2 单元 表达描述
 - 第 6 章 目标表达
 - 第 7 章 目标描述
 - 第 8 章 测量和误差分析

第 3 单元 特性分析

- 第 9 章 纹理分析
- 第 10 章 形状分析
- 第 11 章 运动分析

第 4 单元 数学工具

- 第 12 章 数学形态学:二值
- 第 13 章 数学形态学:灰度
- 第 14 章 图像识别
- 附录 A 人脸和表情识别
- 部分习题解答
- 参考文献
- 索引

下册 图像理解

- 第 1 章 绪论
- 第 1 单元 采集表达
 - 第 2 章 摄像机成像
 - 第 3 章 深度信息采集
 - 第 4 章 3-D 景物表达
- 第 2 单元 景物重建
 - 第 5 章 立体视觉:双目
 - 第 6 章 立体视觉:多目
 - 第 7 章 景物恢复:多图像
 - 第 8 章 景物恢复:单图像
- 第 3 单元 场景解释
 - 第 9 章 知识表达和推理
 - 第 10 章 广义匹配
 - 第 11 章 场景分析和语义解释
- 第 4 单元 研究示例
 - 第 12 章 多传感器图像信息融合
 - 第 13 章 基于内容的图像和视频检索
 - 第 14 章 时空行为理解
 - 附录 A 视觉和视知觉
 - 部分习题解答
 - 参考文献
 - 索引

上册书概况和使用建议

本册书为《图像工程》第3版的上册,主要介绍图像工程的第一层次——图像处理的基本概念、基本原理、典型方法、实用技术以及国际上有关研究的新成果。

本册书第1章是绪论,介绍图像基础知识并概述全书。主要内容分别在4个单元中介绍。第1单元(包含第2~4章)介绍图像增强技术,其中第2章介绍基于点操作的空域增强技术,第3章介绍基于模板操作的空域增强技术,第4章介绍频域增强技术。第2单元(包含第5~7章)介绍图像恢复技术,其中第5章介绍图像消噪和恢复技术,第6章介绍图像校正和修补技术,第7章介绍图像投影重建技术。第3单元(包含第8~10章)介绍图像编码技术,其中第8章介绍图像编码基础,第9章介绍图像变换编码技术,第10章介绍其他编码技术。第4单元(包含第11~14章)介绍图像拓展技术,其中第11章介绍图像水印技术,第12章介绍彩色图像处理技术,第13章介绍视频图像处理技术,第14章介绍多尺度图像处理技术。书中的附录A介绍了图像方面的一些国际标准,主要与第3单元相关。

本册书包括14章正文,1个附录,以及“部分习题解答”、“参考文献”和“索引”。在这18个一级标题下共有86个二级标题(节),再下还有131个三级标题(小节)。全册书共有文字(也包括图片、绘图、表格、公式等)约50多万字。本册书共有编了号的图299个(包括363幅图片)、表格37个、公式640个。为便于教学和理解,本册书共给出各类例题93个。为便于检查教学和学习效果,各章后均有12个思考题和练习题,全书共有思考题和练习题168个,对其中的28个(每章2个)练习题提供了参考答案(更多的习题解答将考虑另行提供)。另外,统一列出了直接引用和提供参考文献的200篇文献的目录,最后,书末还给出了500多个主题索引(及英译)。

本册书各章内容和长度基本平衡,根据学生的基础和背景,每章可用3~4个课堂学时讲授,另外还需2~3个课外学时练习和复习。本书电子教案可在出版社网站 www.tup.tsinghua.edu.cn 或作者主页 <http://oa.ee.tsinghua.edu.cn/~zhangyujin/> 下载。

本册书主要介绍图像处理的内容,最好作为学习图像技术的第一本书来学习(特别是自学的话)。如果仅要了解图像处理的基本内容,可以仅选取前3个单元;如果需要使用图像分析技术,可在学习完前两个单元后直接学习《图像工程》的中册。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 图像	1
1.1.1 图像表示和显示	1
1.1.2 空间分辨率和幅度分辨率	4
1.2 图像工程简介	7
1.2.1 图像技术和图像工程	7
1.2.2 图像工程的 3 个层次	8
1.2.3 图像工程相关学科和领域	9
1.2.4 图像工程的技术应用	10
1.2.5 图像工程文献统计分类	10
1.3 图像处理系统	12
1.3.1 系统构成框图	13
1.3.2 图像采集	13
1.3.3 图像显示打印	15
1.3.4 图像存储	19
1.3.5 图像处理	21
1.4 内容框架和特点	22
总结 and 复习	23

第 1 单元 图像增强

第 2 章 空域增强：点操作	29
2.1 图像坐标变换	29
2.1.1 基本坐标变换	30
2.1.2 坐标变换扩展	31
2.2 图像间运算	34
2.2.1 算术和逻辑运算	35

2.2.2	图像间算术运算的应用	37
2.3	图像灰度映射	39
2.3.1	灰度映射原理	39
2.3.2	典型灰度映射	40
2.4	直方图变换	43
2.4.1	直方图均衡化	43
2.4.2	直方图规定化	46
	总结和复习	50
第3章	空域增强：模板操作	53
3.1	像素间联系	53
3.1.1	像素的邻域和邻接	53
3.1.2	像素间的连接和连通	54
3.1.3	像素间的距离	56
3.2	模板运算	58
3.3	线性滤波	61
3.3.1	线性平滑滤波	61
3.3.2	线性锐化滤波	63
3.4	非线性滤波	65
3.4.1	非线性平滑滤波	65
3.4.2	非线性锐化滤波	69
3.4.3	线性和非线性混合滤波	71
3.5	局部增强	72
	总结和复习	74
第4章	频域图像增强	77
4.1	频域技术原理	77
4.2	傅里叶变换	79
4.2.1	2-D 傅里叶变换	79
4.2.2	傅里叶变换定理	81
4.2.3	快速傅里叶变换	85
4.3	低通和高通滤波器	85
4.3.1	低通滤波器	85
4.3.2	高通滤波器	89
4.4	带通和带阻滤波器	93

4.5	同态滤波器	95
4.5.1	亮度成像模型	95
4.5.2	同态滤波增强	96
	总结和复习	98

第2单元 图像恢复

第5章	图像消噪和恢复	103
5.1	图像退化及模型	103
5.1.1	图像退化示例	104
5.1.2	图像退化模型	105
5.2	噪声滤除	107
5.2.1	噪声描述	107
5.2.2	噪声概率密度函数	108
5.2.3	均值类滤波器	110
5.2.4	排序类统计滤波器	112
5.2.5	选择性滤波器	114
5.3	无约束恢复	115
5.3.1	无约束恢复公式	116
5.3.2	逆滤波	116
5.4	有约束恢复	119
5.4.1	有约束恢复公式	119
5.4.2	维纳滤波器	119
5.4.3	有约束最小平方恢复	121
5.5	交互式恢复	122
	总结和复习	124
第6章	图像校正和修补	127
6.1	图像仿射变换	127
6.1.1	一般仿射变换	127
6.1.2	特殊仿射变换	131
6.1.3	变换间的联系	133
6.2	几何失真校正	134
6.2.1	空间变换	134
6.2.2	灰度插值	135

6.3	图像修复	138
6.3.1	图像修补原理	138
6.3.2	全变分模型	141
6.3.3	混合模型	142
6.4	区域填充	143
6.4.1	基于样本的方法	143
6.4.2	结合稀疏表达的方法	145
	总结和复习	149
第7章	图像投影重建	151
7.1	投影重建方式	151
7.1.1	透射断层成像	152
7.1.2	发射断层成像	153
7.1.3	反射断层成像	154
7.1.4	电阻抗断层成像	155
7.1.5	磁共振成像	156
7.2	投影重建原理	156
7.2.1	基本模型	156
7.2.2	拉东变换	157
7.3	傅里叶反变换重建	158
7.4	逆投影重建	161
7.4.1	逆投影重建原理	161
7.4.2	卷积逆投影重建	161
7.4.3	其他逆投影重建方法	165
7.5	代数重建技术	167
7.6	综合重建方法	169
	总结和复习	170

第3单元 图像编码

第8章	图像编码基础	175
8.1	图像压缩原理	175
8.1.1	数据冗余	176
8.1.2	图像编解码	178
8.1.3	图像保真度和质量	179

8.2	编码定理	181
8.2.1	信息单位和信源描述	181
8.2.2	无失真编码定理	183
8.2.3	率失真编码定理	184
8.3	变长编码	186
8.3.1	哥伦布编码	186
8.3.2	哈夫曼编码	188
8.3.3	香农-法诺编码	189
8.3.4	算术编码	190
8.4	位平面编码	192
8.4.1	位平面的分解	192
8.4.2	位平面的编码	194
	总结和复习	197
第9章	图像变换编码	199
9.1	可分离和正交图像变换	199
9.2	离散余弦变换	200
9.3	正交变换编码	202
9.3.1	正交变换编码系统	203
9.3.2	子图像尺寸选择	203
9.3.3	变换选择	204
9.3.4	比特分配	205
9.4	小波变换	208
9.4.1	小波变换基础	208
9.4.2	1-D 小波变换	212
9.4.3	快速小波变换	213
9.4.4	2-D 小波变换	215
9.5	小波变换编码	218
9.5.1	小波变换编解码系统	218
9.5.2	基于提升小波的编码	219
	总结和复习	220
第10章	其他图像编码方法	223
10.1	基于符号的编码	223
10.2	LZW 编码	224

10.3	预测编码	228
10.3.1	无损预测编码	228
10.3.2	有损预测编码	230
10.4	矢量量化	236
10.5	准无损编码	239
10.6	比较和评述	242
10.6.1	不同方法特性的比较	242
10.6.2	其他编码方法	243
	总结和复习	245

第4单元 拓展技术

第11章	图像水印	251
11.1	水印原理和特性	252
11.1.1	水印的嵌入和检测	252
11.1.2	水印特性	253
11.1.3	水印分类	254
11.2	DCT域图像水印	256
11.2.1	无意义水印算法	256
11.2.2	有意义水印算法	258
11.3	DWT域图像水印	259
11.3.1	人眼视觉特性	259
11.3.2	小波水印算法	261
11.4	水印性能评判	263
11.4.1	失真测度	263
11.4.2	基准测量和攻击	264
11.4.3	水印性能测试示例	265
11.5	信息隐藏	268
11.5.1	水印与信息隐藏	269
11.5.2	基于迭代混合的图像隐藏	270
	总结和复习	273
第12章	彩色图像处理	276
12.1	彩色视觉和色度图	276
12.1.1	彩色视觉基础	276