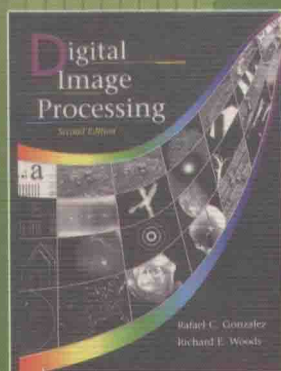


教育部 高等教育司 推荐
国外优秀信息科学与技术系列教学用书

PEARSON
Prentice
Hall

冈萨雷斯

数字图像处理 (第二版)



Digital Image Processing
Second Edition

[美] Rafael C. Gonzalez 著
Richard E. Woods
阮秋琦 阮宇智 等译



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

权威作者
经典力作

教育部高等教育司推荐
国外优秀信息科学与技术系列教学用书

数字图像处理

(第二版)

Digital Image Processing

Second Edition

[美] Rafael C. Gonzalez 著
Richard E. Woods

阮秋琦 阮宇智 等译

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是数字图像信息处理领域的一本经典著作,是20多年来此领域最权威的教材之一。与1977年问世的本书第一版相比,进行了重要修订和扩充,增加了关于小波变换、图像形态学和彩色图像处理的章节,并新增了500多幅图像和200多幅图表。全书共分12章,首先介绍了数字图像基础、空间域和频域的图像增强;然后讨论了图像复原、彩色图像处理、小波变换及多分辨率处理和图像压缩;最后讲述了形态学图像处理、图像分割、表示与描述以及目标识别等。本书侧重于对数字图像处理基本概念和方法的介绍,并为本领域的进一步学习和研究奠定了坚实的基础。全书概念清楚、深入浅出、图文并茂,并且反映了数字图像处理领域的最新发展情况。

本书主要适用于信号与信息处理、计算机科学与技术、自动化、电子科学与技术、通信工程、地球物理、生物工程、物理、化学、医学和遥感等领域的大学教师和科技工作者、研究生、大学本科高年级学生以及工程技术人员阅读。

Simplified Chinese edition Copyright © 2007 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and Publishing House of Electronics Industry.

Digital Image Processing, Second Edition, ISBN: 0201180758 by Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods. Copyright © 2002. All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macau).

本书中文简体字翻译版由电子工业出版社和Pearson Education培生教育出版亚洲有限公司合作出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有Pearson Education培生教育出版集团激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字:01-2002-1386

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理:第2版/(美)冈萨雷斯(Gonzalez, R. C.)等著;阮秋琦等译.

北京:电子工业出版社,2007.8

(国外电子与通信教材系列)

书名原文:Digital Image Processing, Second Edition

ISBN 978-7-121-04397-0

I.数... II.①冈... ②阮... III.数字图像处理-教材 IV.TN911.73

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第125600号

责任编辑:马 岚

印 刷:北京东光印刷厂

装 订:三河市皇庄路通装订厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:41.75 字数:1069千字

印 次:2007年8月第1次印刷

定 价:59.00元



凡所购买电子工业出版社的图书有缺损问题,请向购买书店调换;若书店售缺,请与本社发行部联系。联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

序

2001年7月间,电子工业出版社的领导同志邀请各高校十几位通信领域方面的老师,商量引进国外教材问题。与会同志对出版社提出的计划十分赞同,大家认为,这对我国通信事业、特别是对高等院校通信学科的教学工作会很有好处。

教材建设是高校教学建设的主要内容之一。编写、出版一本好的教材,意味着开设了一门好的课程,甚至可能预示着一个崭新学科的诞生。20世纪40年代MIT林肯实验室出版的一套28本雷达丛书,对近代电子学科、特别是对雷达技术的推动作用,就是一个很好的例子。

我国领导部门对教材建设一直非常重视。20世纪80年代,在原教委教材编审委员会的领导下,汇集了高等院校几百位富有教学经验的专家,编写、出版了一大批教材;很多院校还根据学校的特点和需要,陆续编写了大量的讲义和参考书。这些教材对高校的教学工作发挥了极好的作用。近年来,随着教学改革不断深入和科学技术的飞速进步,有的教材内容已比较陈旧、落后,难以适应教学的要求,特别是在电子学和通信技术发展神速、可以讲是日新月异的今天,如何适应这种情况,更是一个必须认真考虑的问题。解决这个问题,除了依靠高校的老师 and 专家撰写新的符合要求的教科书外,引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,是会有好处的。

一年多来,电子工业出版社为此做了很多工作。他们成立了一个“国外电子与通信教材系列”项目组,选派了富有经验的业务骨干负责有关工作,收集了230余种通信教材和参考书的详细资料,调来了100余种原版教材样书,依靠由20余位专家组成的出版委员会,从中精选了40多种,内容丰富,覆盖了电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等方面,既可作为通信专业本科生和研究生的教学用书,也可作为有关专业人员的参考材料。此外,这批教材,有的翻译为中文,还有部分教材直接影印出版,以供教师用英语直接授课。希望这些教材的引进和出版对高校通信教学和教材改革能起一定作用。

在这里,我还要感谢参加工作的各位教授、专家、老师与参加翻译、编辑和出版的同志们。各位专家认真负责、严谨细致、不辞辛劳、不怕琐碎和精益求精的态度,充分体现了中国教育工作者和出版工作者的良好美德。

随着我国经济建设的发展和科学技术的不断进步,对高校教学工作会不断提出新的要求和希望。我想,无论如何,要做好引进国外教材的工作,一定要联系我国的实际。教材和学术专著不同,既要注意科学性、学术性,也要重视可读性,要深入浅出,便于读者自学;引进的教材要适应高校教学改革的需要,针对目前一些教材内容较为陈旧的问题,有目的地引进一些先进的和正在发展中的交叉学科的参考书;要与国内出版的教材相配套,安排好出版英文原版教材和翻译教材的比例。我们努力使这套教材能尽量满足上述要求,希望它们能放在学生们的课桌上,发挥一定的作用。

最后,预祝“国外电子与通信教材系列”项目取得成功,为我国电子与通信教学和通信产业的发展培土施肥。也恳切希望读者能对这些书籍的不足之处、特别是翻译中存在的问题,提出意见和建议,以便再版时更正。



中国工程院院士、清华大学教授
“国外电子与通信教材系列”出版委员会主任

出版说明

进入 21 世纪以来,我国信息产业在生产和科研方面都大大加快了发展速度,并已成为国民经济发展的支柱产业之一。但是,与世界上其他信息产业发达的国家相比,我国在技术开发、教育培训等方面都还存在着较大的差距。特别是在加入 WTO 后的今天,我国信息产业面临着国外竞争对手的严峻挑战。

作为我国信息产业的专业科技出版社,我们始终关注着全球电子信息技术的发展方向,始终把引进国外优秀电子与通信信息技术教材和专业书籍放在我们工作的重要位置上。在 2000 年至 2001 年间,我社先后从世界著名出版公司引进出版了 40 余种教材,形成了一套“国外计算机科学教材系列”,在全国高校以及科研部门中受到了欢迎和好评,得到了计算机领域的广大教师与科研工作者的充分肯定。

引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,将有助于我国信息产业培养具有国际竞争能力的技术人才,也将有助于我国国内在电子与通信教学工作中掌握和跟踪国际发展水平。根据国内信息产业的现状、教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的指示精神以及高等院校老师们反映的各种意见,我们决定引进“国外电子与通信教材系列”,并随后开展了大量准备工作。此次引进的国外电子与通信教材均来自国际著名出版商,其中影印教材约占一半。教材内容涉及的学科方向包括电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等,其中既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择 and 自由组合使用。我们还将与国外出版商一起,陆续推出一些教材的教学支持资料,为授课教师提供帮助。

此外,“国外电子与通信教材系列”的引进和出版工作得到了教育部高等教育司的大力支持和帮助,其中的部分引进教材已通过“教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导委员会”的审核,并得到教育部高等教育司的批准,纳入了“教育部高等教育司推荐——国外优秀信息科学与技术系列教学用书”。

为做好该系列教材的翻译工作,我们聘请了清华大学、北京大学、北京邮电大学、南京邮电大学、东南大学、西安交通大学、天津大学、西安电子科技大学、电子科技大学、中山大学、哈尔滨工业大学、西南交通大学等著名高校的教授和骨干教师参与教材的翻译和审校工作。许多教授在国内电子与通信专业领域享有较高的声望,具有丰富的教学经验,他们的渊博学识从根本上保证了教材的翻译质量和专业学术方面的严格与准确。我们在此对他们的辛勤工作与贡献表示衷心的感谢。此外,对于编辑的选择,我们达到了专业对口;对于从英文原书中发现的错误,我们通过与作者联络、从网上下载勘误表等方式,逐一进行了修订;同时,我们对审校、排版、印制质量进行了严格把关。

今后,我们将进一步加强同各高校教师的密切关系,努力引进更多的国外优秀教材和教学参考书,为我国电子与通信教材达到世界先进水平而努力。由于我们对国内外电子与通信教育的发展仍存在一些认识上的不足,在选题、翻译、出版等方面的工作中还有许多需要改进的地方,恳请广大师生和读者提出批评及建议。

电子工业出版社

教材出版委员会

主任	吴佑寿	中国工程院院士、清华大学教授
副主任	林金桐	北京邮电大学校长、教授、博士生导师
	杨千里	总参通信部副部长, 中国电子学会会士、副理事长 中国通信学会常务理事、博士生导师
委员	林孝康	清华大学教授、博士生导师、电子工程系副主任、通信与微波研究所所长 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会委员
	徐安士	北京大学教授、博士生导师、电子学系主任
	樊昌信	西安电子科技大学教授、博士生导师 中国通信学会理事、IEEE 会士
	程时昕	东南大学教授、博士生导师
	郁道银	天津大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会委员
	阮秋琦	北京交通大学教授、博士生导师 计算机与信息技术学院院长、信息科学研究所所长 国务院学位委员会学科评议组成员
	张晓林	北京航空航天大学教授、博士生导师、电子信息工程学院院长 教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会副主任委员 中国电子学会常务理事
	郑宝玉	南京邮电大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
	朱世华	西安交通大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会副主任委员
	彭启琮	电子科技大学教授、博士生导师、通信与信息工程学院院长 教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会委员
	毛军发	上海交通大学教授、博士生导师、电子信息与电气工程学院副院长 教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
	赵尔沅	北京邮电大学教授、《中国邮电高校学报(英文版)》编委会主任
	钟允若	原邮电科学研究院副院长、总工程师
	刘彩	中国通信学会副理事长兼秘书长, 教授级高工 信息产业部通信科技委副主任
	杜振民	电子工业出版社原副社长
	王志功	东南大学教授、博士生导师、射频与光电集成电路研究所所长 教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会主任委员
	张中兆	哈尔滨工业大学教授、博士生导师、电子与信息技术研究院院长
	范平志	西南交通大学教授、博士生导师、信息科学与技术学院院长

译者序

数字图像处理起源于 20 世纪 20 年代,当时通过海底电缆从英国的伦敦到美国的纽约采用数字压缩技术传输了第一幅数字照片。此后,由于遥感等领域的应用,使图像处理技术逐步受到关注并得到相应的发展。由于技术手段的限制,图像处理科学与技术的发展相当缓慢。直到第三代计算机问世后数字图像处理才开始迅速发展并得到普遍应用。由于 CT 的发明、应用及获得备受科技界瞩目的诺贝尔奖,使得图像处理技术大放异彩。目前数字图像处理科学已成为工程学、计算机科学、信息科学、统计学、物理、化学、生物学、医学甚至社会科学等领域中各学科学习和研究的对象。随着信息高速公路、数字地球概念的提出以及 Internet 的广泛应用,图像处理技术的需求与日俱增。其中,图像信息以其信息量大、传输速度快、作用距离远等一系列优点,成为人类获取信息的重要来源及利用信息的重要手段。因此,图像处理科学与技术逐步向其他学科领域渗透并为其他学科所利用是必然的。图像处理科学又是一门与国计民生紧密相连的应用科学,它已给人类带来了巨大的经济和社会效益,不久的将来它不仅理论上会有更深入的发展,在应用上亦是科学研究、社会生产乃至人类生活中不可缺少的强有力工具。它的发展及应用与我国的现代化建设联系之密切、影响之深远是不可估量的。在信息社会中,图像处理科学无论在理论上还是在实践上都存在着巨大的潜力。

冈萨雷斯博士的《数字图像处理(第一版)》于 1977 年问世。这本书由为大学高年级学生和研究生编写的讲义整理而成,全书只有 7 章。该书深入浅出,图文并茂,概念清楚,通俗易懂,是很受欢迎的教科书。特别是非英语国家的学生和科技工作者阅读原文时也会觉得赏心悦目,朗朗上口,给读者留下了深刻的印象。我想这是该书被广泛采用作为教材的根本所在。《数字图像处理(第二版)》仍然保留了这一风格,并在内容上进行了大幅度的修订与重组,使其更加充实与全面。

本书还设计了大量的习题,习题的风格也十分灵活风趣,对读者理解本书内容给予了不少启示,同时也会大大提高读者解决实际问题的能力。

为了统一全书的语言风格,参加翻译的人员较少,全书的前言、第 1 章至第 7 章由阮秋琦教授翻译,其余均由阮宇智同志翻译,全书由阮秋琦教授进行了统一整理与审校^①。由于时间仓促,难以达到“信、达、雅”的高标准,退而求其次,尽量做到译文准确,译文风格统一。

本书在翻译中得到了许多人的帮助,如研究生吴巍和张杰同学,译者对此深表感谢。由于译者水平所限,书中一定会有许多错误及不当之处,恳切希望读者提出宝贵的建议和批评。

^① 根据作者于 2007 年 1 月 10 日提供的勘误表,本书这个印次已做了相应的修改——编者注。

前 言

本书是数字图像处理方面目前最为全面的版本。与冈萨雷斯和温茨先生编著的 1977 年和 1987 年的版本以及冈萨雷斯和伍兹先生编著的 1992 年的版本相比,这一版是专为学生和教师编著的。因此,此书侧重于数字图像处理的基本概念和方法的介绍,并为读者在该领域进一步学习和研究奠定基础。为此,将重点放在基础和应用上,而不是局限于特殊问题的解决。本书数学的难度维持在大学高年级和研究生一年级能很好理解的水平上,这一级别的学生已有了数学分析、向量、矩阵、概率、统计方面的基础和初步的计算机编程能力。

这一版受到 Prentice Hall 提供的最新市场调研结果的影响,这次调研的主要结论是:

1. 应在绪论一章介绍数字图像处理的各应用,使书更具有启发性。
2. 为了尽可能快地触及主题,对前面章节的材料进行删减。
3. 对图像变换和图像复原应进行更直观的论述。
4. 增加讲解彩色图像处理、小波变换和图像形态学的章节。
5. 在每一章的末尾附加大量内容更丰富、全面的习题。

本书试图在论述的严密性,市场需求以及学生、读者和同行的建议之间保持平衡。这一版所做的主要改动如下所述。

第 1 章完全是重写的。现在论述的焦点是数字图像处理应用领域的例子。虽然并不全面,但所列出的实例无疑涉及了数字图像处理较广泛的应用范围。第 2 章是全新的,论述的焦点在数字图像是怎样产生的,以及与取样、混淆、水纹图样和放大及缩小紧密相关的概念。在重组的这两章中的新材料和方法,直接满足了上述市场调研结果中的前两点。

在这一版中,第 3 章到第 6 章包含了与前一版第 3 章到第 5 章相同的概念,但是拓展了视野,在整体的表述上也不尽相同。在前一版中,第 3 章专门讲解图像变换。本书的主要变化之一是在需要的时候才介绍图像变换,这就使读者可以比以前早得多地开始学习图像处理技术,进一步满足了市场调研结果中的第二点。该版本的第 3 章和第 4 章都讲解图像增强,而不像前一版只采用一章(第 4 章)的篇幅。这样安排并不意味着图像增强比其他方面更重要,而是要用它引出图像处理的空间处理方法(第 3 章),以及傅里叶变换、频域和图像滤波(第 4 章)。在叙述图像增强时引入这些概念的目的在于论述中增加直观性,满足了市场调研结果中的第 3 点。这一安排可以使教师灵活安排想涉及的一定数量的频域讲授内容。

第 5 章以更直观的方式完全重写。在本书早期版本中,这一题目的讲解基于矩阵理论,虽然自成体系且较为精练,但这类叙述对读者(特别是本科生)理解起来比较困难。新版中基本涵盖了相同的基础内容,但是讨论并不基于矩阵论,更易于理解,部分原因是引入了大量新例子。为此付出的代价是与上一版的方法不再保持统一,因为在早期的论述中,许多复原结果可以从基本公式推导出来。然而,总的来说,我们相信读者(特别是初学者)会发现新的论述方式更易于掌握知识。而且本书的上一版内容为了便于个人阅读,在网站介绍了矩阵公式。

第 6 章介绍的彩色图像处理是新内容。人们对这一领域的兴趣,在近几年来像在互联网

中应用数字图像处理那样得到了极大的增长。这一主题的论述是对前一版本材料的重要扩充。类似地,第7章涉及的小波理论也是新内容。除了大量数字信号处理的应用之外,这一领域的研究受更成熟的图像压缩方法的需求推动。互联网传输量及网络服务器存储量的不断增长也推动了这一课题的研究工作。第8章讲解的图像压缩技术针对的是新的压缩方法和压缩标准,但是其基本结构与前一版本相同。前一版第3章中主要用于压缩的图像变换的内容移到了这一章。

第9章介绍的图像形态学是新增的内容。它对前一版包括在“图像表示与描述”一章中的部分内容进行了扩充。讲解图像分割的第10章与前一版有相同的结构,但是包括了许多新例子,并增加了形态学分水岭分割的新内容。涉及图像表示与描述的第11章由于移走了现在包含在第9章中的内容而稍微缩短了一些,但增加了一些新例子,并且以前包含在第3章中的霍特林变换移入到这一章介绍。介绍目标识别的第12章移去了基于知识的图像分析,第1章和第12章列出的大量参考书籍中涵盖了关于这一问题的更丰富的内容。根据上一版的经验,用新的、简短的目标识别一章结束本书的讨论是合乎逻辑的安排。

虽然本书自成系统,我们还是创建了支持网站(www.prenhall.com/gonzalezwoods),为读者提供本书的辅助材料。例如,为辅助课堂学习或自学,该网站包含了大量背景知识的复习辅导,如概率、统计、向量和矩阵的基础知识,并且以与本书相同的符号来书写。网站还提供了本书中标有星号的习题的详细解答。对于教师,网站包含了建议的教学大纲、课堂讲解材料、实验和各种图像数据库(包括本书的大部分图像)。另外,对于前一版中删去的材料,为了便于下载和教师在课堂上使用,也放在本站点中,可下载的教师手册(包含学习计划示例、实验示例解答和本书中所有问题解答)对采用本书作为教材的教师也是很适用的^①。

本书反映了近10年来本领域的非常有意义的进步。该书早期版本在世界范围内被广泛采用的原因之一是强调基本概念,其中包括的方法试图尽快引出知识主体,这是本书一贯的风格。在编写本书这一版时,也延续了相同的风格。

Rafael C. Gonzalez
Richard E. Woods

^① 详见书末所附“教学支持说明”——编者注。

关于作者

Rafael C. Gonzalez

Rafael C. Gonzalez 于 1965 年在迈阿密大学获得电气工程学士学位,1967 年和 1970 年在佛罗里达大学分别获得电气工程硕士学位和博士学位。1970 年,他加盟了 Knoxville 的田纳西大学(UTK)电气与计算机工程系。1973 年晋升为副教授,1978 年晋升为教授,1984 年评为杰出贡献教授,1994 年到 1997 年任系主任,现在他是 UTK 的一名退休教授。

Gonzalez 博士是田纳西大学图像与模式分析实验室、机器人与计算机视觉实验室的创始人。1982 年他创建了 Perceptics 公司,至 1992 年一直任董事长。1989 年,西屋公司收购了这家公司,此后的三年他全职受聘于西屋公司。

在他的指导下,Perceptics 公司在图像处理、计算机视觉、光盘存储技术等方面获得了极大成功。Perceptics 公司还引进了一系列创新产品,其中包括世界上第一个商用计算机视觉系统,该系统可自动读取行驶车辆的牌照;在全国 6 个地区生产由美国海军使用的一系列大规模图像处理和归档系统,该系统用以检测三叉戟潜艇项目中导弹的火箭发动机;为先进的 Macintosh 系统设计的图像板卡系列引领了市场;另外还有万亿(10^{12})字节的光盘生产线。

Gonzalez 博士还是模式识别、图像处理和机器学习领域的企业和政府的常任顾问。他在这些工作领域的科技荣誉包括:1977 年 UTK 工学院职员成就奖;1978 年 UTK Chancellor 研究学者奖;1980 年 Magnavox 工程教授奖和 1980 年 M. E. Brooks 杰出教授奖;1981 年成为田纳西大学的 IBM 教授并于 1984 年被命名为杰出服务教授;1985 年迈阿密大学授予他著名男毕业生奖;1986 年获 Phi Kappa Phi 学者奖;1992 年获田纳西大学 Nathan W. Dougherty 工程优秀奖。

Gonzalez 博士在工业成就方面的荣誉包括:1987 年获 IEEE 颁发的田纳西经济发展杰出工程师奖;1988 年获 Albert Rose Nat'l 商业图像处理优秀奖;1989 年获 B. Otto. Wheeley 技术优秀传播者奖;1989 年获 Coopers 和 Lybrand 发起人年度奖;1992 年获 IEEE 第 3 区杰出工程师奖;1993 年获技术发展自动成像协会国家奖。

Gonzalez 博士在模式识别、图像处理和机器人领域撰写或与人合著了 100 多篇技术文章,编了两本书并写了 5 本教材。他的书已在遍布世界 500 多所大学和研究单位使用。他被列入有声望的全美名人传记、工程名人传记和世界名人传记,并被其他 10 个国家的传记引用。他是两个美国专利持有者,并且是 *IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics* 以及 *International Journal of Computer and Information Sciences* 的副主编。他是多个专业和名誉学会的会员,包括 Tau Beta Pi, Phi Kappa Phi, Eta Kappa Nu 和 Sigma Xi。他也是 IEEE 会士。

Richard E. Woods

Richard E. Woods 在 Knoxville 的田纳西大学获得电机工程学士、硕士和博士学位。他具有丰富的专业经历,从企业家到传统的科学工作者、政府顾问和工业事务管理者。他创办了 MedData Interactive 公司,这是一家专门开发医用手动焊接计算机系统的高科技公司。他也是 Perceptics 公司的奠基人和副总裁,负责公司的许多定量图像分析和自动判定产品的开发工作。

在任职于 Perceptics 和 MedData 公司之前,Woods 博士担任田纳西大学电气工程与计算机科学助理教授,并且是 Union Carbide 公司的计算机应用工程师。作为顾问,他参与了各种航天和军事机构(其中包括 NASA,弹道导弹系统指挥和 Oak Ridge 国家实验室)的许多专用数字处理器的开发。

Woods 博士发表了大量数字信号处理方面的文章,并是多种专业学会的会员,其中包括 Tan Beta Pi, Phi Kappa Phi 和 IEEE。1986 年他被评为田纳西大学杰出工程毕业生。

致 谢

我们感谢科学界、工业界和政府中为本书这一版本做出贡献的每一个人。他们以不同的方式做出的贡献对本书的编写工作非常重要。特别是,也要对我们的同事 Mongi A. Abidi, William E. Blass, Ramiro Jordan, Yongmin Kim, Bryan Morse, Andrew Oldroyd, Ali M. Reza, Edgardo Felipe Riveron 和 Jose Ruiz Shulcloper 给予感谢,他们对如何改进叙述方法和本书应涵盖的范围提出了建议。

在编写这一版时,许多个人和组织也给予了我们非常重要的帮助,这里再一次列出他们的姓名。特别感谢 Steve Eddins 和 Naomi Fernandes 为我们提供了 MATLAB 软件,以及在生成与阐明许多示例和实验结果时给予了重要支持。这一版所用的很大一部分新图像(与某些情况下它们的说明)都是由一些个人提供的,我们对这些个人的贡献表达诚挚的谢意。特别是,我们要感谢 Serge Beucher, Melissa D. Binde, James Blankenship, Uwe Boos, Ernesto Bribiesca, Dragana Brzakovic, Michael E. Casey, D. R. Cate, Michael W. Davidson, Thomas R. Gest, Lalit Gupta, Zhong He, Roger Heady, Juan Herrera, John M. Hudak, Michael Hurwitz, Chris J. Johannsen, Rhonda Knighton, Ashley Mohamed, A. Morris, Curtis C. Ober, Joseph E. Pascente, David R. Pickens, Michael Robinson, Barrett A. Schaefer, Michael Shaffer, Pete Sites, Sally Stowe, Craig Watson 和 David K. Wehe。我们还要感谢为本书提供大量图表的个人和组织。

特别要感谢 Prentice Hall 的 Tom Robbins, Rose Kernan, Alice Dworkin, Vince O'Brien, Jody McDonnell 和 Heather Scott,对他们在本书这一版本整个制作过程中的大力支持,对他们的创造力、帮助和耐心,表示真诚的感谢。

Rafael C. Gonzalez
Richard E. Woods

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 数字图像处理的概念	1
1.2 数字图像处理的起源	2
1.3 数字图像处理的应用实例	4
1.3.1 伽马射线成像	5
1.3.2 X 射线成像	5
1.3.3 紫外波段成像	8
1.3.4 可见光及红外波段成像	8
1.3.5 微波波段成像	13
1.3.6 无线电波成像	16
1.3.7 其他图像模式应用的实例	16
1.4 数字图像处理的基本步骤	20
1.5 图像处理系统的部件	22
小结	24
参考资料	24
第 2 章 数字图像基础	27
2.1 视觉感知要素	27
2.1.1 人眼的构造	27
2.1.2 眼睛中图像的形成	29
2.1.3 亮度适应和鉴别	30
2.2 光和电磁波谱	33
2.3 图像感知和获取	35
2.3.1 用单个传感器获取图像	36
2.3.2 用带状传感器获取图像	37
2.3.3 用传感器阵列获取图像	38
2.3.4 简单的图像形成模型	39
2.4 图像取样和量化	40
2.4.1 取样和量化的基本概念	40
2.4.2 数字图像表示	42
2.4.3 空间和灰度级分辨率	44
2.4.4 混淆的水纹图样	49
2.4.5 放大和收缩数字图像	50

2.5	像素间的一些基本关系	51
2.5.1	相邻像素	51
2.5.2	邻接性、连通性、区域和边界	51
2.5.3	距离度量	53
2.5.4	基于像素的图像操作	54
2.6	线性和非线性操作	54
	小结	54
	参考资料	55
	习题	55
第3章	空间域图像增强	59
3.1	背景知识	59
3.2	某些基本灰度变换	60
3.2.1	图像反转	61
3.2.2	对数变换	62
3.2.3	幂次变换	63
3.2.4	分段线性变换函数	66
3.3	直方图处理	70
3.3.1	直方图均衡化	72
3.3.2	直方图匹配(规定化)	74
3.3.3	局部增强	81
3.3.4	在图像增强中使用直方图统计法	81
3.4	用算术/逻辑操作增强	85
3.4.1	图像减法处理	86
3.4.2	图像平均处理	88
3.5	空间滤波基础	91
3.6	平滑空间滤波器	93
3.6.1	平滑线性滤波器	94
3.6.2	统计排序滤波器	97
3.7	锐化空间滤波器	98
3.7.1	基础	98
3.7.2	基于二阶微分的图像增强——拉普拉斯算子	100
3.7.3	基于一阶微分的图像增强——梯度法	105
3.8	混合空间增强法	108
	小结	112
	参考资料	112
	习题	113
第4章	频域图像增强	117
4.1	背景知识	117

4.2	傅里叶变换和频域的介绍	118
4.2.1	一维傅里叶变换及其反变换	118
4.2.2	二维 DFT 及其反变换	121
4.2.3	频域滤波	123
4.2.4	空间域滤波和频域滤波之间的对应关系	127
4.3	平滑的频域滤波器	132
4.3.1	理想低通滤波器	132
4.3.2	巴特沃思低通滤波器	136
4.3.3	高斯低通滤波器	137
4.3.4	低通滤波的其他例子	141
4.4	频域锐化滤波器	142
4.4.1	理想高通滤波器	144
4.4.2	巴特沃思高通滤波器	145
4.4.3	高斯型高通滤波器	146
4.4.4	频域的拉普拉斯算子	146
4.4.5	钝化模板、高频提升滤波和高频加强滤波	148
4.5	同态滤波器	152
4.6	实现	154
4.6.1	一些二维傅里叶变换的性质	154
4.6.2	用前向变换算法计算傅里叶反变换	157
4.6.3	更多的关于周期性的讨论:必要的铺垫	158
4.6.4	卷积和相关理论	163
4.6.5	二维傅里叶变换性质总结	165
4.6.6	快速傅里叶变换	166
4.6.7	关于滤波器设计的一些评论	169
	小结	169
	参考资料	170
	习题	170
第 5 章	图像复原	175
5.1	图像退化/复原过程的模型	175
5.2	噪声模型	176
5.2.1	噪声的空间和频率特性	176
5.2.2	一些重要噪声的概率密度函数	176
5.2.3	周期噪声	181
5.2.4	噪声参数的估计	182
5.3	只存在噪声的空间滤波复原	183
5.3.1	均值滤波器	183
5.3.2	统计排序滤波器	185
5.3.3	自适应滤波器	189

5.4	频域滤波削减周期噪声	194
5.4.1	带阻滤波器	194
5.4.2	带通滤波器	195
5.4.3	陷波滤波器	196
5.4.4	最佳陷波滤波器	197
5.5	线性、位置不变的退化	202
5.6	估计退化函数	204
5.6.1	图像观察估计法	204
5.6.2	试验估计法	204
5.6.3	模型估计法	204
5.7	逆滤波	207
5.8	最小均方误差滤波(维纳滤波)	209
5.9	约束最小二乘方滤波器	210
5.10	几何均值滤波	215
5.11	几何变换	215
5.11.1	空间变换	215
5.11.2	灰度级插补	216
	小结	219
	参考资料	220
	习题	220
第6章	彩色图像处理	224
6.1	彩色基础	224
6.2	彩色模型	228
6.2.1	RGB 彩色模型	229
6.2.2	CMY 和 CMYK 模型	232
6.2.3	HSI 彩色模型	233
6.3	伪彩色处理	240
6.3.1	强度分层	240
6.3.2	灰度级到彩色转换	243
6.4	全彩色图像处理基础	247
6.5	彩色变换	248
6.5.1	公式	248
6.5.2	补色	250
6.5.3	彩色分层	252
6.5.4	色调和彩色校正	253
6.5.5	直方图处理	256
6.6	平滑和尖锐化	258
6.6.1	彩色图像平滑	258
6.6.2	彩色图像尖锐化	259

6.7	彩色分割	261
6.7.1	HSI 彩色空间分割	261
6.7.2	RGB 向量空间分割	263
6.7.3	彩色边缘检测	265
6.8	彩色图像的噪声	268
6.9	彩色图像压缩	270
	小结	270
	参考资料	271
	习题	272
第 7 章	小波变换和多分辨率处理	276
7.1	背景知识	276
7.1.1	图像金字塔	276
7.1.2	子带编码	280
7.1.3	哈尔变换	285
7.2	多分辨率展开	288
7.2.1	序列展开	288
7.2.2	尺度函数	289
7.2.3	小波函数	292
7.3	一维小波变换	295
7.3.1	小波序列展开	295
7.3.2	离散小波变换	297
7.3.3	连续小波变换	298
7.4	快速小波变换	300
7.5	二维小波变换	306
7.6	小波包	313
	小结	321
	参考资料	321
	习题	322
第 8 章	图像压缩	326
8.1	基础知识	327
8.1.1	编码冗余	327
8.1.2	像素间冗余	329
8.1.3	心理视觉冗余	331
8.1.4	保真度准则	334
8.2	图像压缩模型	335
8.2.1	信源编码器和信源解码器	336
8.2.2	信道编码器和解码器	337
8.3	信息论要素	338