

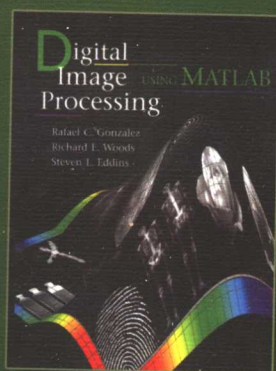
国外电子与通信教材系列



冈萨雷斯

数字图像处理 (MATLAB 版)

Digital Image Processing Using MATLAB



Rafael C. Gonzalez
[美] Richard E. Woods 著
Steven L. Eddins

阮秋琦 等译



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry
<http://www.phei.com.cn>

作
者
力
作
力
作
力
作

国外电子与通信教材系列

数字图像处理

(MATLAB 版)

Digital Image Processing
Using MATLAB

Rafael C. Gonzalez

[美] Richard E. Woods 著

Steven L. Eddins

阮秋琦 等译

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是把图像处理基础理论论述与软件实践方法相结合的第一本书,它集成了冈萨雷斯和伍兹所著的《数字图像处理》一书中的重要内容和MathWorks公司的图像处理工具箱。本书的特色在于它重点强调了怎样通过开发新代码来增强这些软件工具。本书在介绍MATLAB编程基础知识之后,讲述了图像处理的主要内容,具体包括亮度变换、线性和非线性空间滤波、频率域滤波、图像复原与配准、彩色图像处理、小波、图像数据压缩、形态学图像处理、图像分割、区域和边界表示与描述以及对象识别等。

本书概念清晰,层次分明,可供从事信号与信息处理、计算机科学与技术、通信工程、地球物理、医学等专业的大专院校师生学习参考,也可供相应的工程技术人员参考使用。

Simplified Chinese edition Copyright © 2005 by PEARSON EDUCATION NORTH ASIA LIMITED and Publishing House of Electronics Industry.

Digital Image Processing Using MATLAB, ISBN: 0-13-008519-7 by Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins, Copyright © 2004. 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培生教育出版北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: 01-2004-0954

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理(MATLAB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,2005.9

(国外电子与通信教材系列)

书名原文:Digital Image Processing Using MATLAB

ISBN 7-121-01456-4

I. 数... II. ①阮... ②阮... III. 数字图像处理-计算机辅助计算-软件包, MATLAB-教材 IV. TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第067623号

责任编辑:杜闽燕

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

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

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:30.5 字数:781千字 彩插:2页

印 次:2005年9月第1次印刷

定 价:50.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换;若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至zltts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

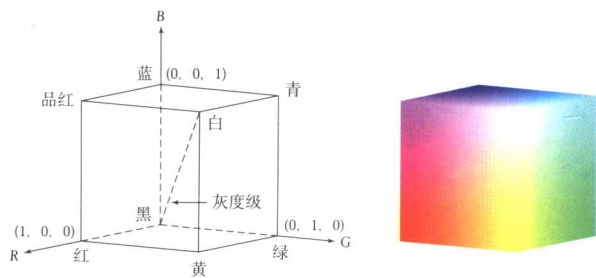


图 6.2

a b

图 6.5

a b

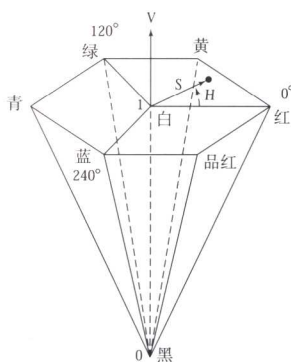
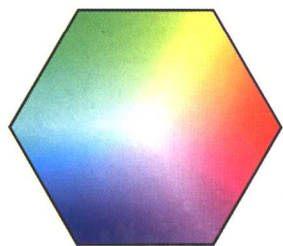


图 6.6

a b

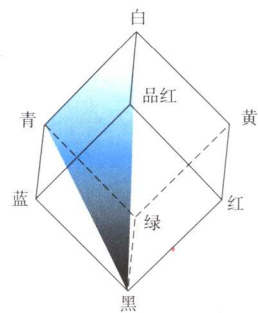
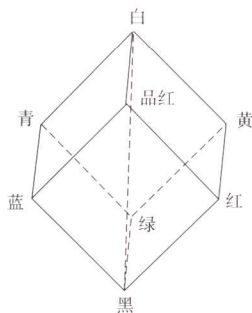


图 6.8

a
b

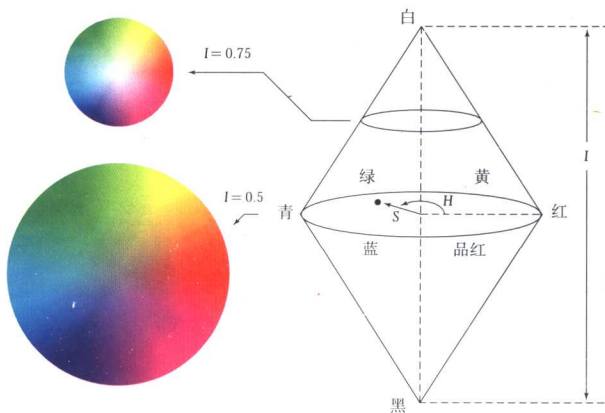
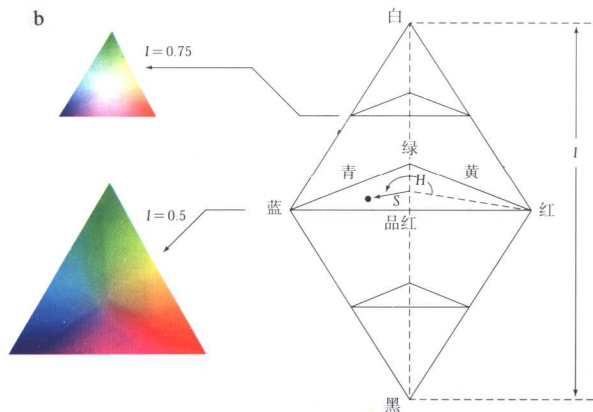


图 6.4

a
b c
d e



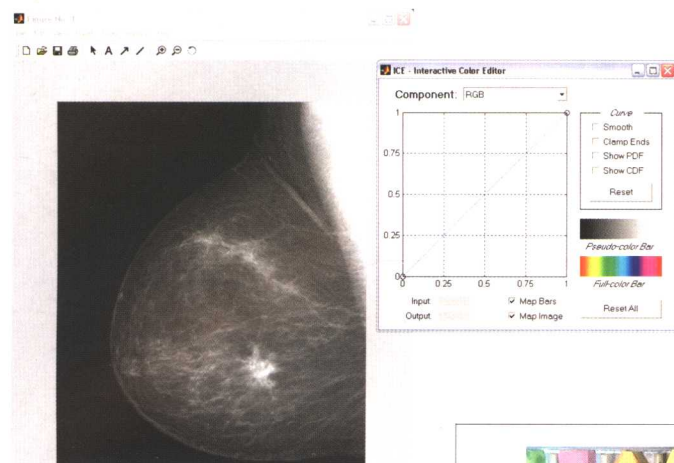


图 6.12

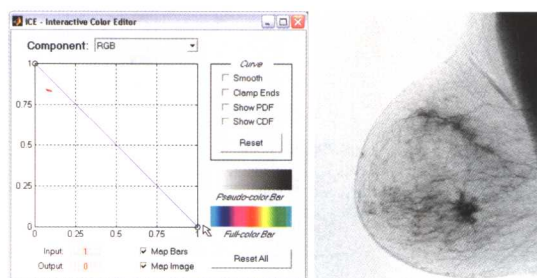


图 6.13

a b

图 6.14

a b

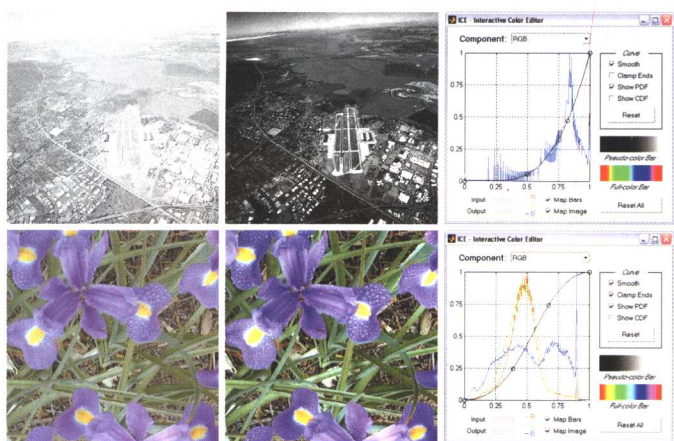


图 6.15

a b c
d e f

图 6.16

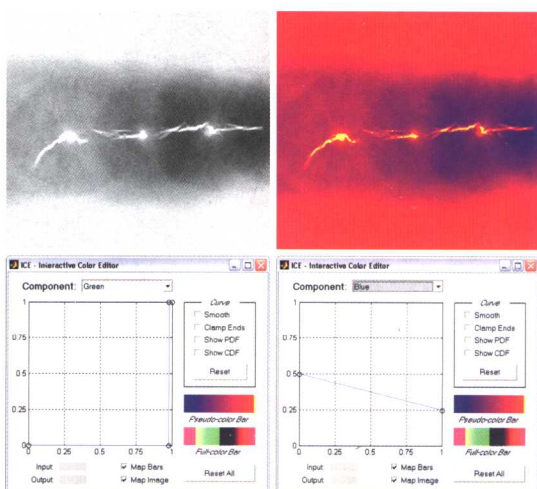
a b
c d

图 6.17

a b c

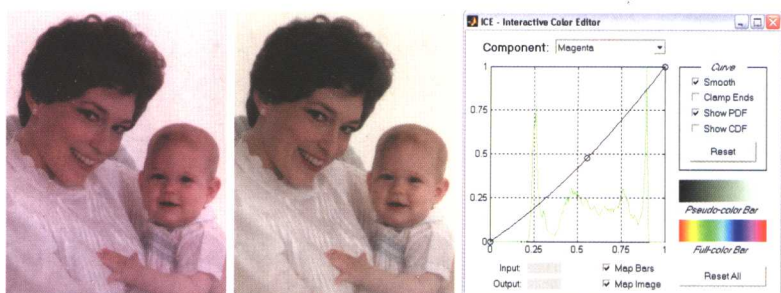




图 6.19

a b
c d

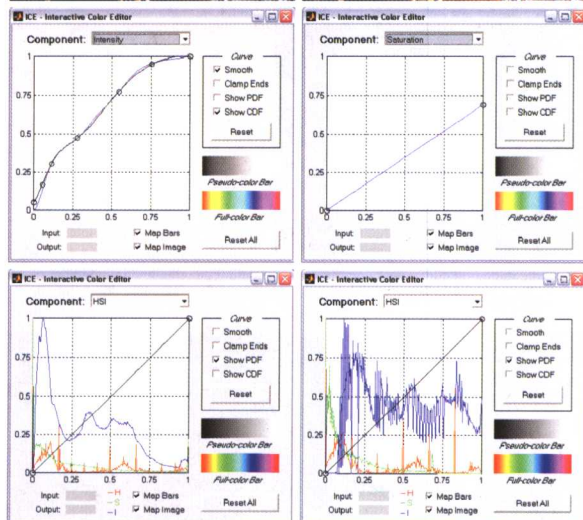


图 6.18

a b
c d
e f



图 6.21

a b c



图 6.22

a b



图 6.24

a	b	c
d	e	f

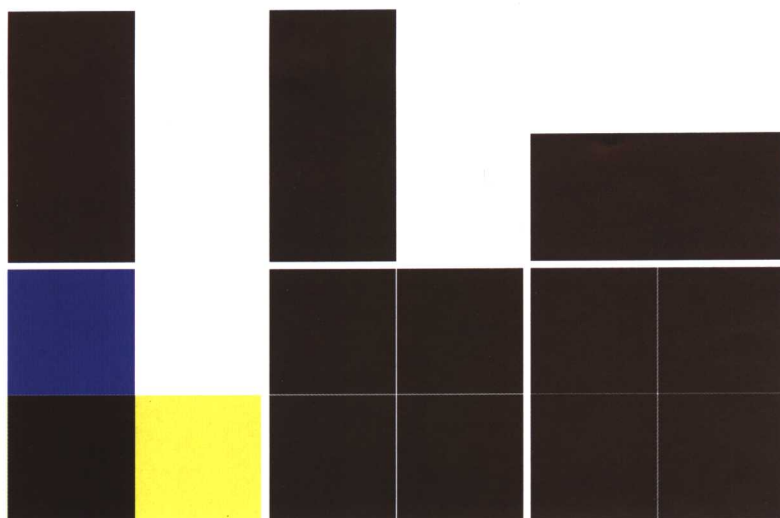


图 6.25

a	b
c	d

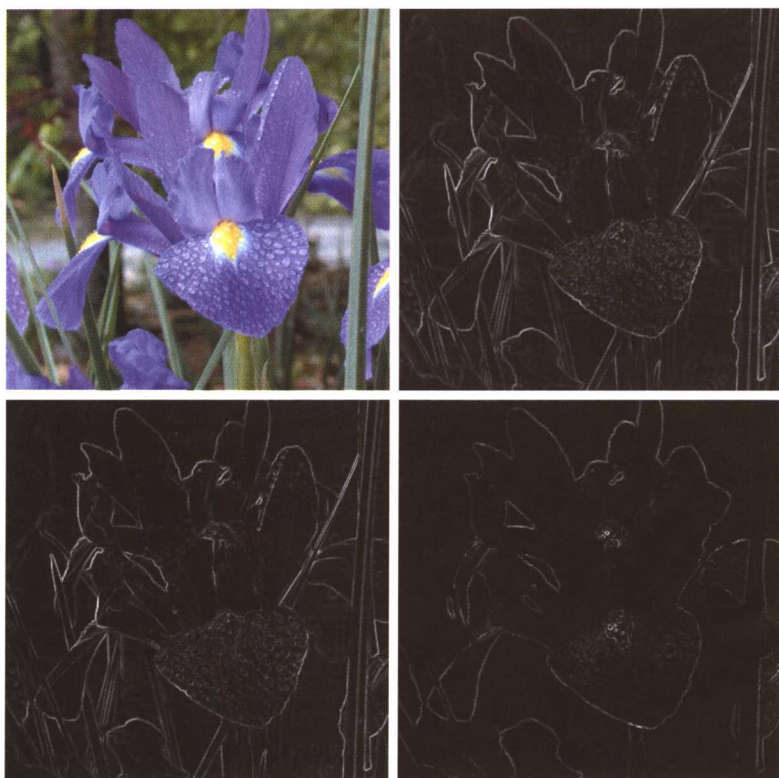
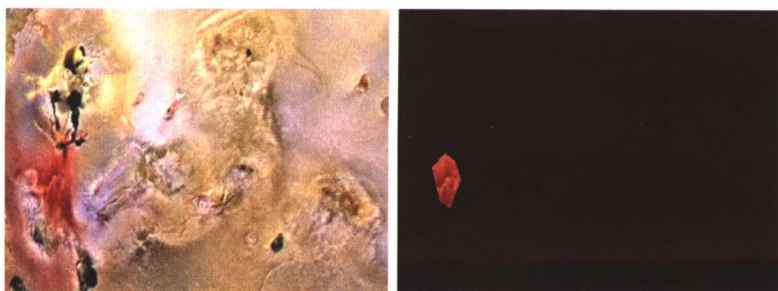


图 6.27

a	b
---	---



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,除了依靠高校的老教师和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。

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
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 教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
	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、移动通信国家重点实验室主任
	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
	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委员
	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、电子与信息工程学院院长 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
	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、秘书长
	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 教育部电子信息科学与电气信息类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长
	范平志	西南交通大学教授、博士生导师、计算机与通信工程学院院长

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伦敦到美国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,使得图像处理技术逐步受到关注并得到了相应的发展。第三代计算机问世后,数字图像处理便开始迅速发展并得到普遍应用。由于CT的发明、应用及获得了备受科技界瞩目的诺贝尔奖,使得数字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之间学习和研究的对象。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,数字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的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联的应用科学,它已为人类带来了巨大的经济和社会效益,不久的将来不仅在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现代化建设的联系之密切、影响之深远是不可估量的。在信息社会中,数字图像处理科学无论是在理论上还是实践上都存在着巨大的潜力。

本书是冈萨雷斯博士继《数字图像处理》问世后的又一力作。这是图像处理基础理论论述和以MATLAB为主要工具的软件实践方法相对照的一本书,将Gonzalez and Woods[2002]所著的《数字图像处理》的重要理论和MATLAB的图像处理工具有机地结合在一起,为图像处理领域的科技工作者提供了一本通俗实用的参考书。众所周知,MathWorks公司是公认的科学计算方面的引领者,它开发的MATLAB图像处理工具为数字图像处理提供了一个稳定、宽泛的软件实现平台。本书的特色在于它重点强调了怎样通过开发新代码来增强这些软件工具的功能。

本书在介绍MATLAB编程基础知识之后,主要围绕数字图像处理的主干内容展开。这些内容包括:亮度变换、线性和非线性空间滤波、频率域滤波、图像复原与配准、彩色图像处理、小波、图像数据压缩、形态学图像处理、图像分割、区域和边界的表示与描述以及目标识别。全书共分为12章,组织格局与《数字图像处理》一书基本一致,为读者的学习、参考带来了极大的方便。

由于时间仓促,本书的翻译难以达到“信、达、雅”的高标准,退而求其次,尽量做到了译文准确,译文风格统一。此外,为了本书的可实现性,本应对书中的程序进行运行实验,但由于时间关系也没能实现,在此深表歉意。不过大部分语法问题在读者进行实验时都会有相应的提示,加之在本书的网站可以下载所有的可执行文件,因此,不会对读者造成太大的困难。

本书由北京交通大学的阮秋琦教授负责翻译,在翻译过程中得了阮宇智、仵冀颖、江立、陆俊、王萌、张成元、王艳霞等人的帮助,在此深表感谢。由于译者水平所限,书中难免有一些错误及不当之处,恳请读者提出宝贵的建议和批评。

前 言

在数字图像处理领域对问题的求解通常需要宽泛的实验工作,包括软件模拟和大量样本图像的测试。虽然典型算法的开发是基于理论支持的,但这些算法的实现几乎总是要求参数估计,并常常进行算法修正与候选求解方案的比较。这样,灵活的、综合的以及由许多资料证明的软件开发环境就是一个关键因素。这些因素在开销、开发时间和图像处理求解方法上都具有重要意义。

尽管它很重要,但却很少有以教材形式编写的涉及数字图像处理的理论原理和软件实现方面的材料。而本书恰好是为此目的而编写的。它的主要目标是提供一个可用现代软件工具实现图像处理算法的基础。本书自成体系,并且对于具有数字图像处理、数学分析及计算机编程基础知识背景的人来说更易阅读,所有这些内容在技术学科初级或高级课程中都可以找到。同时,也希望读者具备 MATLAB 的初级知识。

为了达到这一目的,需要两个关键要素。其一是选择图像处理材料,它在该领域中涵盖在正规课程中;其二是选择被充分支持和证明了的软件工具,该工具在现实世界中有着广泛的应用。

为了满足第一个目的,本书后续章节中的大多数理论概念是从冈萨雷斯和伍兹所著的《数字图像处理》一书中选择的,而该书在 20 多年中被全世界教育工作者选用为引领性的教材。所选择的软件工具来自 MATLAB 图像处理工具箱,其在教育和工业应用中同样占有优势。编写本书的基本策略是在建立理论概念与用软件工具实现技巧间提供一个无缝的集成。本书沿用《数字图像处理》一书的主线组织。通过这种方法,读者很容易参考这里讨论的数字图像处理的概念,并作为进一步阅读的最新参考。

遵循这种方法可使得我们有可能以简明扼要的方式提供理论材料,从而集中精力解决图像处理问题的软件实现。由于图像处理工作于 MATLAB 计算环境下,所以图像处理工具箱提供了极大的便利,不仅体现在计算工具的宽泛性上,而且还体现在它支持今天所用的大多数操作系统上。本书的特点是强调如何开发新的代码以便增强已有 MATLAB 和 IPT 的功能,这在图像处理中也是一个重要的特性。

介绍 MATLAB 函数和编程基础之后,本书致力于图像处理的主流领域论述。其涵盖的主要领域包括亮度变换、线性和非线性空间滤波、频域滤波、图像复原和配准、彩色图像处理、小波图像数据压缩、数学形态学图像处理、图像分割、区域和边界的表示和描述及目标识别。这些材料是作为如何用 MATLAB 和 IPT 函数来解决图像处理问题的大量论述的补充。在没有所需函数的情况下,编写一个新的函数和文本也是本书所强调的内容。本书后面包含有 60 多个新函数,这些函数使 IPT 的范围增加了 35%,并且解决了更多新的图像处理问题。

这些以教材形式出现的材料并不能作为软件手册。虽然本书自成体系,但我们还是建成了一个综合网站(见 1.5 节),该网站被设计用于支持许多领域。对于学生来说,该网站包括背景材料的辅导和综述,以及本书中的所有图像。对于教师来说,网站包含课堂上讲授的材料和书中所用图像、图形的 PPT。个别熟悉图像处理和 IPT 基础的人员将会发现该网站包含有最新参考、最新技术以及在其他地方不容易找到的热点支持材料,读者可适当下载本书开发的所有新函数的可执行文件。

在本书的手稿完成之前,我们一直在努力地修改它。因此,我们在内容的取舍方面已尽了最大努力,我们相应这些内容均是基本的内容,读者在了解这些内容后就可快速地掌握知识。此外,我们相信本书的读者将受益于这种努力,并因此可及时地找到有用的资料。

致谢

我们要感谢学术机构、业界以及政府中的许多人,感谢他们为本书所做的贡献。我们要衷心感谢 Mongi A. Abidi, Peter J. Acklam, Serge Beucher, Ernesto Bribiesca, Michael W. Davidson, Courtney Esposito, Naomi Fernandes, Thomas R. Gest, Roger Heady, Brian Johnson, Lisa Kempler, Roy Lurie, Ashley Mohamed, Joseph E. Pascente, David R. Pickens, Edgardo Felipe Riveron, Michael Robinson, Loren Shure, Jack Sklanski, Sally Stowe, Craig Watson 和 Greg Wolodkin。我们还要感谢本书的图题中所引用的公司,是这些公司允许我们使用了这些图片。

衷心感谢 Prentice Hall 出版公司的 Tom Robbins, Rose Kernam, Alice Dworkin, Xiaohong Zhu, Bruce Kenselaar 和 Jayne Conte, 感谢他们为本书所付出的努力。

Rafael C. Gonzalez

Richard E. Woods

Steven L. Eddins

关于作者

Rafael C. Gonzalez (R. C. 冈萨雷斯)

1965 年于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和博士学位。自 1970 年起,他一直任教于田纳西大学电气和计算机工程系。1973 年晋升为副教授,1978 年晋升为教授,1984 年被评为杰出贡献教授,1994 年到 1997 年任系主任,现已退休。

冈萨雷斯博士是田纳西大学图像和模式分析实验室、机器人和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,西屋股份有限公司收购了这家公司。在他的指导下,Perceptics 公司在图像处理、计算机视觉、光盘存储技术方面获得了极大成功。他还是模式识别、图像处理和机器学习领域企业和政府的常任顾问。他曾获得 1992 年 IEEE 第三区杰出工程师奖等多个奖项,并且是 IEEE 会士。

冈萨雷斯博士在模式识别、图像处理和机器人领域编写或与人合著了 100 多篇技术文章、两本书和 5 本教材。他的书已被全世界 500 多所大学和研究所以使用。

Richard E. Woods (R. E. 伍兹)

伍兹在田纳西大学获得电气工程学士、硕士和博士学位,做过企业家、科学工作者、政府顾问和管理者。他是 MedData Interactive 公司的创建人,还是 Perceptics 公司的奠基人和副总裁,负责多家公司的定量图像分析和自动判定产品的开发工作。伍兹曾是田纳西大学电气工程和计算机工程系的助理教授,并担任过 Union Carbide 公司的计算机应用工程师。

伍兹博士发表了大量有关数字信号处理方面的文章,并且是 IEEE 等多个专业学会的会员。

Steven L. Eddins (S. L. 艾丁斯)

艾丁斯是 MathWorks 公司图像处理开发组的项目经理。他领导开发了公司多个版本的图像处理工具箱。他的专业兴趣包括构建基于最新研究的图像处理算法的软件工具及其宽泛的科学和工程应用。1993 年加盟 MathWorks 公司之前,艾丁斯博士是芝加哥伊利诺伊大学电气工程和计算机科学系的教师,他为研究生和高年级学生讲授数字图像处理、计算机视觉、模式识别、滤波器设计等课程,并完成了图像压缩方面的研究。艾丁斯是 IEEE 会员。

目 录

第1章 绪言	1
前言	1
1.1 背景知识	1
1.2 什么是数字图像处理	2
1.3 MATLAB 和图像处理工具箱的背景知识	2
1.4 本书涵盖的图像处理范围	3
1.5 本书的 Web 站点	4
1.6 MATLAB 工作环境	4
1.6.1 MATLAB 桌面	5
1.6.2 使用 MATLAB 编辑器创建 M 文件	6
1.6.3 获得帮助	6
1.6.4 保存和检索工作会话	7
1.7 参考文献的组织方式	7
小结	7
第2章 基本原理	8
前言	8
2.1 数字图像表示	8
2.1.1 坐标约定	8
2.1.2 图像的矩阵表示	9
2.2 读取图像	9
2.3 显示图像	11
2.4 保存图像	12
2.5 数据类	16
2.6 图像类型	17
2.6.1 亮度图像	17
2.6.2 二值图像	17
2.6.3 术语注释	17
2.7 数据类与图像类型间的转换	17
2.7.1 数据类间的转换	18
2.7.2 图像类和类型间的转换	18
2.8 数组索引	21
2.8.1 向量索引	21
2.8.2 矩阵索引	22
2.8.3 选择数组的维数	26
2.9 一些重要的标准数组	26

2.10 M 函数编程简介	27
2.10.1 M 文件	27
2.10.2 运算符	28
2.10.3 流控制	34
2.10.4 代码优化	39
2.10.5 交互式 I/O	42
2.10.6 单元数组与结构简介	44
小结	45
第 3 章 亮度变换与空间滤波	46
前言	46
3.1 背景知识	46
3.2 亮度变换函数	47
3.2.1 函数 imadjust	47
3.2.2 对数和对比度拉伸变换	48
3.2.3 亮度变换的一些实用 M 函数	50
3.3 直方图处理与函数绘图	54
3.3.1 生成并绘制图像的直方图	54
3.3.2 直方图均衡化	58
3.3.3 直方图匹配 (规定化)	61
3.4 空间滤波	64
3.4.1 线性空间滤波	65
3.4.2 非线性空间滤波	70
3.5 图像处理工具箱的标准空间滤波器	72
3.5.1 线性空间滤波器	72
3.5.2 非线性空间滤波器	75
小结	77
第 4 章 频域处理	78
前言	78
4.1 二维离散傅里叶变换	78
4.2 在 MATLAB 中计算并可视化二维 DFT	80
4.3 频域滤波	83
4.3.1 基本概念	83
4.3.2 DFT 滤波的基本步骤	87
4.3.3 用于频域滤波的 M 函数	88
4.4 从空间滤波器获得频域滤波器	89
4.5 在频域中直接生成滤波器	92
4.5.1 建立用于实现频域滤波器的网格数组	92
4.5.2 低通频域滤波器	94
4.5.3 线框图与表面图	96
4.6 锐化频域滤波器	99
4.6.1 基本的高通滤波器	99

4.6.2 高频强调滤波	101
小结	102
第5章 图像复原	103
前言	103
5.1 图像退化/复原处理的模型	103
5.2 噪声模型	104
5.2.1 使用函数 imnoise 添加噪声	104
5.2.2 使用指定的分布产生空间随机噪声	105
5.2.3 周期噪声	111
5.2.4 估计噪声参数	113
5.3 仅有噪声的复原: 空间滤波	116
5.3.1 空间噪声滤波器	117
5.3.2 自适应空间滤波器	121
5.4 通过频域滤波来降低周期噪声	122
5.5 退化函数建模	123
5.6 直接逆滤波	125
5.7 维纳滤波	126
5.8 约束的最小二乘方(正则)滤波	128
5.9 使用 Lucy-Richardson 算法的迭代非线性复原	130
5.10 盲去卷积	133
5.11 几何变换与图像配准	134
5.11.1 空间几何变换	134
5.11.2 对图像应用空间变换	139
5.11.3 图像配准	141
小结	143
第6章 彩色图像处理	144
前言	144
6.1 MATLAB 中彩色图像的表示方法	144
6.1.1 RGB 图像	144
6.1.2 索引图像	146
6.1.3 用来处理 RGB 图像和索引图像的 IPT 函数	148
6.2 转换至其他彩色空间	151
6.2.1 NTSC 彩色空间	151
6.2.2 YCbCr 彩色空间	152
6.2.3 HSV 彩色空间	152
6.2.4 CMY 和 CMYK 彩色空间	153
6.2.5 HSI 彩色空间	154
6.3 彩色图像处理基础	160
6.4 彩色变换	161
6.5 彩色图像的空间滤波	167
6.5.1 彩色图像平滑	168

6.5.2 彩色图像锐化	171
6.6 在 RGB 向量空间直接处理	171
6.6.1 使用梯度的彩色边缘检测	172
6.6.2 RGB 向量空间中的图像分割	175
小结	178
第 7 章 小波	179
前言	179
7.1 背景知识	179
7.2 快速小波变换	181
7.2.1 使用小波工具箱的快速小波变换	182
7.2.2 不使用小波工具箱的快速小波变换	186
7.3 小波分解结构的运算	193
7.3.1 不使用小波工具箱编辑小波分解系数	194
7.3.2 显示小波分解系数	198
7.4 快速小波反变换	202
7.5 图像处理中的小波	206
小结	210
第 8 章 图像压缩	211
前言	211
8.1 背景知识	211
8.2 编码冗余	214
8.2.1 霍夫曼码	216
8.2.2 霍夫曼编码	220
8.2.3 霍夫曼解码	225
8.3 像素间的冗余	232
8.4 心理视觉冗余	236
8.5 JPEG 压缩	239
8.5.1 JPEG	239
8.5.2 JPEG 2000	245
小结	251
第 9 章 形态学图像处理	252
前言	252
9.1 预备知识	252
9.1.1 集合论中的基本概念	252
9.1.2 二值图像、集合和逻辑运算符	254
9.2 膨胀和腐蚀	255
9.2.1 膨胀	255
9.2.2 结构元素的分解	256
9.2.3 函数 strel	257
9.2.4 腐蚀	259