



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



普通高等教育农业部“十二五”规划教材

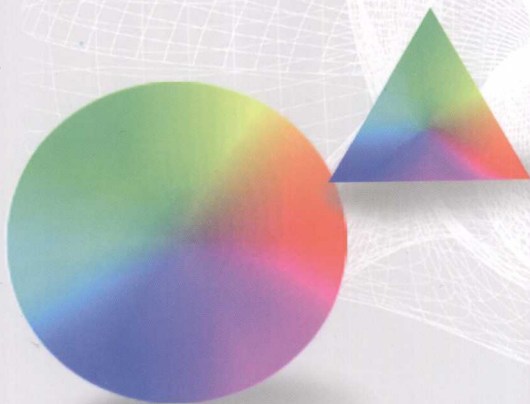
SHIYONG
SHUZITUXIANG
CHULIYUFENXI

实用数字图像 处理与分析

第2版

主 编 ○ 陈兵旗

副主编 ○ 孙 明



中国农业大学出版社

014032587

TN911.73-43

11-2

内容商食

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通高等教育农业部“十二五”规划教材

实用数字图像处理与分析

第2版

主 编 陈兵旗

副主编 孙 明



中国农业出版社

· 北京 ·



北航

C1720598

TN911.73-43

11-2

内 容 简 介

本书以实用为目标,用浅显易懂的语言,从图像处理与分析的基础知识、图像处理与分析编程实现的基本知识以及利用学习版软件 DIPAX 进行图像处理编程的基本步骤开始,到区域分割与目标提取、边缘检测与提取、图像平滑、图像增强、特征选择与描述、彩色变换、彩色分割、几何变换、哈夫变换、频率变换、小波变换、模式识别、神经网络、遗传算法、图像压缩等,由浅入深逐步展开,每章均列举应用研究实例并附相应的 C 语言图像处理源程序,并随书附赠光盘提供相应软件。

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材、普通高等教育农业部“十二五”规划教材,适用于理工类大学本科教学、研究生教学、科研、专业公司和自学者。不论是初次接触图像处理知识和 Visual C++ 编程的读者,还是具有图像处理专业知识的读者,都会从本书独具匠心的编写中获益匪浅。

图书在版编目(CIP)数据

实用数字图像处理与分析/陈兵旗主编. —2 版. —北京:中国农业大学出版社,2014. 2

ISBN 978-7-5655-0893-6

I. ①实… II. ①陈… III. ①数字图像处理 IV. ①TN911. 73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 009330 号

书 名 实用数字图像处理与分析(第 2 版)
作 者 陈兵旗 主编

策划编辑 张苏明 童 云

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

电 话 发行部 010-62818525, 8625

编辑部 010-62732617, 2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2014 年 2 月第 2 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

规 格 787×980 16 开本 28 印张 513 千字 彩插 2

定 价 51.00 元(附赠光盘)

责任编辑 张苏明

责任校对 王晓凤 陈 莹

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

e-mail cbsszs @ cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

W	Ye	Cy	G	Mg	R	B	Bl
白	黄	青	绿	品红	红	蓝	黑

图 8-2

(a)
(b)

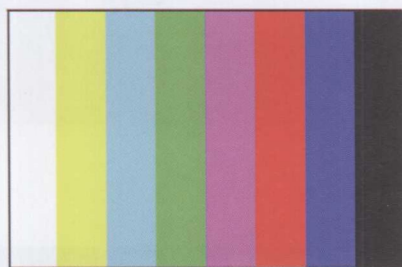
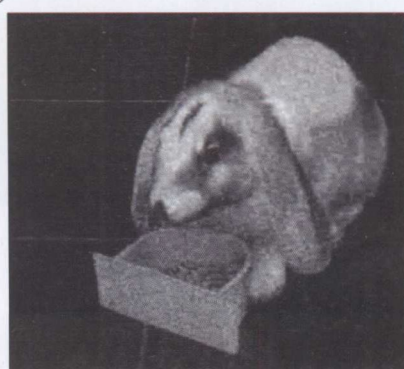
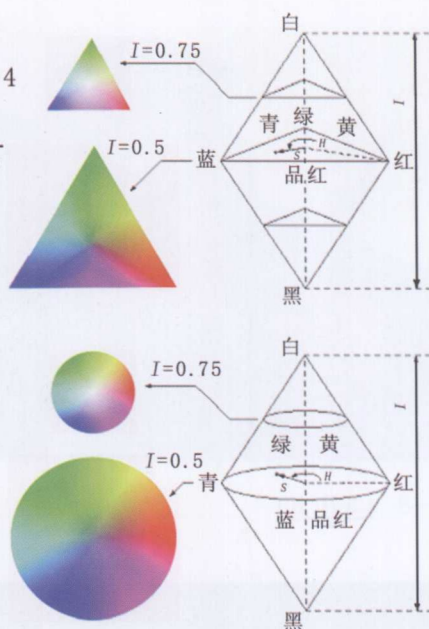
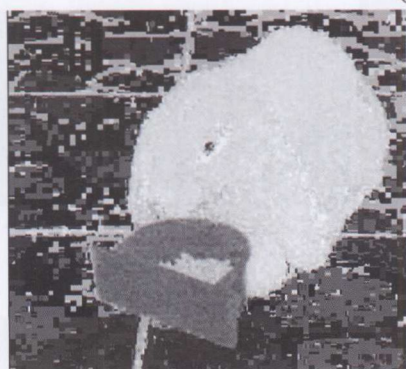


图 8-7

(a) (b)
(c) (d)



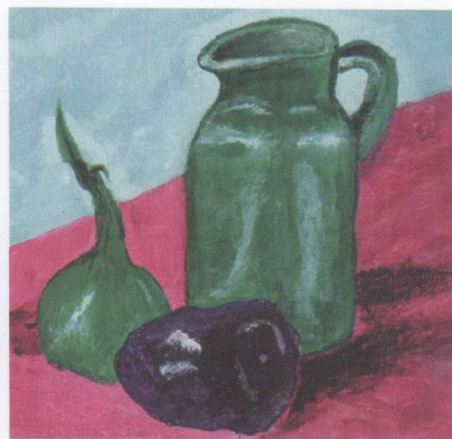
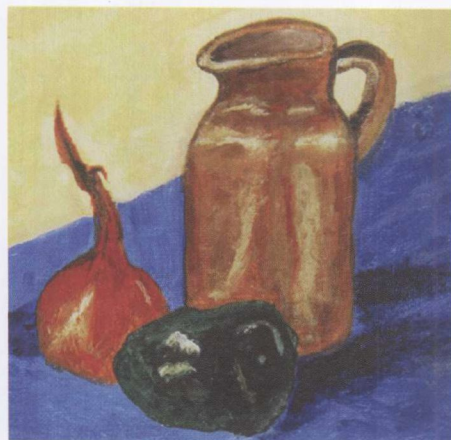


图 8-8 (a)|(b)

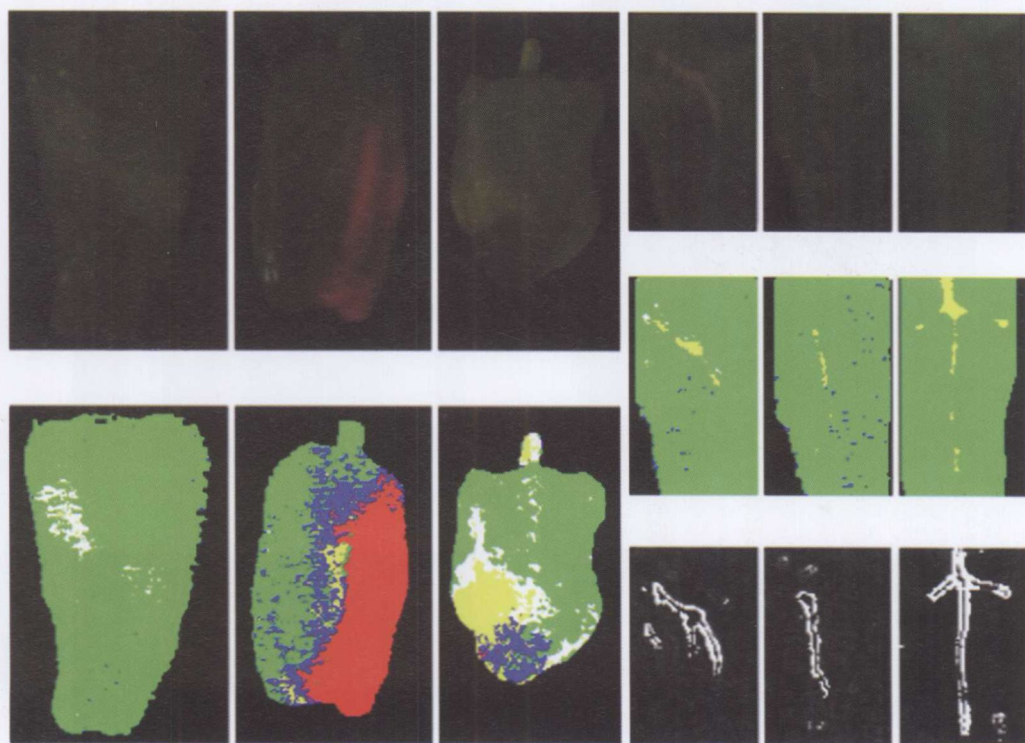


图 8-11 (a)|(c)
(b)|(d)
(e)

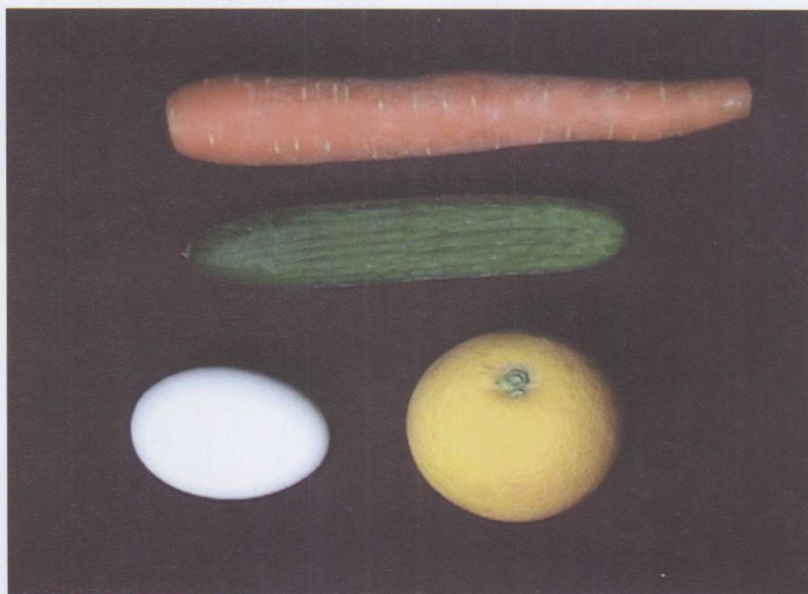


图 9-1



图 9-4 (a)|(b)|(c)

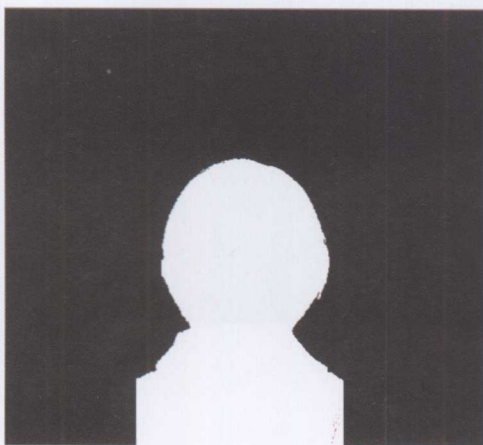


图 9-7 (a) | (b)
(c) | (d)



图 9-9 (a) | (b)

主 编
副 主 编
编写组成员

审 稿

陈兵旗
孙 明
陈兵旗
孙 明
乔 军
赵 颖
宋正河
位耀光
安 冬
孙卫东

博士
博士
博士
博士
博士
博士
博士
博士
博士
博士

编者的话

1. 特点及内容

本书以实用为目标,用浅显易懂的语言介绍了图像处理的理论知识,列举了应用研究实例,给出了图像处理算法的 C 语言程序,并在光盘里附有学习版软件 Visual C++ 工程界面源程序 DIPAX 和演示版可执行程序 DIPA.exe。读者可以按照本书第 2 章的介绍,将各章附录中的 C 语言图像处理源程序输入到学习版 DIPAX 里,添加菜单函数和对话框以后,做成自己的图像处理系统。演示版可执行程序 DIPA.exe 既可以进行图像处理算法演示,也可以作为读者编写程序时进行功能界面设置的参考。

本书的第 1 章介绍了图像处理与分析的基础知识;第 2 章介绍了图像处理与分析编程实现的基本知识,以及利用学习版 DIPAX 进行图像处理编程的基本步骤;以后各章分别介绍了区域分割与目标提取、边缘检测与提取、图像平滑、图像增强、特征选择与描述、彩色变换、彩色分割、几何变换、哈夫变换、频率变换、小波变换、模式识别、神经网络、遗传算法、图像压缩等图像处理知识、应用研究实例以及相应的 C 语言图像处理源程序。

2. 使用对象及方法

本书从图像处理的最基本常识开始,到高深的小波变换、神经网络、遗传算法等,由浅入深逐步展开,可用于不同的读者和目的。对初次接触图像处理知识和 Visual C++ 编程的读者,以及具有图像处理专业知识的读者,本书都具有参考和使用价值。以下分别介绍本书对于不同使用目的和读者的使用方法。

(1) 本科生

本书可以满足不同专业的本科生教学需要,使用时可以根据专业方向选择不同的内容授课。例如,对于信息、机电类专业的学生,为了掌握图像处理的基本技能,可以将重点放在图像处理的编程实践上;对于其他专业的学生,作为对图像处理知识的了解,可以将重点放在理论和应用介绍上。如果以编程实践为主进行授课,需要对第 2 章内容进行 Visual C++ 的课堂编程演示讲解,授课老师应具有 Visual C++ 编程知识,学生最好具有 C 语言基础,有能力的学生在课后可以仿照第 2 章的方法将各章所附源程序添加到学习版 DIPAX 界面上。如果以了解图像

处理知识为目的进行授课,可以不讲解第2章内容,对其他各章只讲解图像处理的理论知识和应用研究实例,并利用 DIPA.exe 进行课堂演示。以编程实践为主时,学时安排大致如下:第1章1学时,第2章4~5学时,其他各章每章2学时。以了解图像处理知识为主时,各章学时可以酌情安排。由于各章内容关联性不大,授课内容可以按照总学时数取舍。

(2) 研究生

研究生教学应该以能进行图像处理编程实践为教学目的,使研究生掌握图像处理的理论知识、图像处理的C语言编程技能以及 Visual C++ 图像处理界面编程方法。学完本课程后,研究生应该能建立起自己的图像处理系统,通过修改本书提供的图像处理C语言函数代码,能够完成自己的研究课题程序编写。教学应该以编程实践为主,学时安排大致如下:第1章1学时,第2章4~5学时,其他各章每章一般2学时。由于大部分学生都是初次接触 Visual C++ 编程,在初期阶段老师需要在课堂上帮助学生调试程序,所以前面章节可能会花费较多学时。第3章以后的教学方法最好是:课堂讲解理论知识、C语言程序,帮助学生调试上一节课 Visual C++ 编程出现的问题;课后学生将C语言程序添加到学习版 DIPAX 的界面上,完成本次课内容的 Visual C++ 编程。要求教师具有 Visual C++ 编程知识,最好有调试程序的经验,学生具有C语言基础。本书既可以作为主教材使用,也可以作为辅助教材,用于图像处理的编程实践。

(3) 大学教师

大学教师可以利用本教材进行教学和科研,无论进行教学或者科研,最好拥有配套的专业版源代码软件 DIPA。该专业版软件是 Visual C++ 的源代码工程软件,内容包含本书各章后面所附的图像处理C语言函数的源代码和 Visual C++ 的界面源代码,需要另行购买。在进行教学时,按照该源代码帮助学生进行软件调试,可以大大减少教师调试程序的工作量。在进行科研时,可以按照自己课题的需要,直接复制或者修改程序源代码,以最快捷的方式完成自己的科研课题。

(4) 科研人员

图像处理与分析在各行各业都有着广泛的应用,在国家每年的科研立项中需要利用图像处理技术的项目越来越多,承担这些项目的科研人员在本专业上都是专家能手,但是在图像处理方面往往不是太精通,本书和配套的专业版源代码软件 DIPA 给这些科研人员提供了掌握和利用图像处理技术的捷径。本教材的浅显易懂使科研人员可以轻松地掌握图像处理理论知识,专业版源代码软件 DIPA 可以为科研人员解决不知从何入手的难题,通过移植和修改源代码可以快速完成课题研究,节省大量宝贵时间。

(5) 图像处理实验室 以本教材和配套的专业版源代码软件 DIPA 为基础建设图像处理实验室,将是教学和科研兼顾的最佳选择。在教学方面,学生可以集中进行编程学习,老师可以进行集中辅导,学生可以通过拷贝、模仿专业版软件 DIPA 来完成自己的学习版系统 DIPAX,可以将老师从帮助学生调试程序的繁忙劳动中解放出来。在科研方面,除了前面介绍的好处以外,为了强化实验室的科研功能,在进行实验室建设时,可以另外配套通用图像处理系统 ImageSys 和二维运动测量分析系统 MIAS,以开拓学生的视野,增强实验室功能和提高实验室的水平。有关图像处理实验室的建设,请参考本书配套光盘里的实验室建设方案。

(6) 专业公司 本书不仅浅显易懂,而且所附的图像处理函数都比较经典,作为专业图像处理软件开发公司或者工程项目开发公司,不仅可以将本书作为新人技术培训教材,而且可以通过直接拷贝或者修改专业版软件 DIPA 的源代码,用于自己的软件系统或者工程项目。

(7) 一般自学者

有许多研究生或者科研人员由于课题的需要,不得不学习图像处理知识和编写图像处理程序,而且其中的绝大部分人既没有条件参加专业培训,也没有条件购买专业图像处理软件,本书是这些人的最佳选择。图像表示、图像存取、Visual C++ 的工程界面设定等等,这些虽然与图像处理没有直接关系,但是在编写图像处理程序时又是不得不首先解决的令人头疼的问题,往往成为图像处理编程初学者难以逾越的障碍。本书配套的学习版 DIPAX 实现了上述功能,读者只需要按要求将各章后所附 C 语言程序输入、加上菜单和窗口即可完成图像处理编程,能够轻松地进入图像处理编程状态,降低了学习图像处理编程的门槛。本书浅显易懂的论述风格,也能使自学者轻松地理解图像处理知识。

3. 技术支持

读者在使用本教材时遇到的一切技术问题,可以直接与北京现代富博科技有限公司联系。网址: <http://www.fubo-tech.com>; 电话: 010-62966687; 传真: 010-62966689; 电子信箱: service@fubo-tech.com。

4. 编程环境

本书的讲解蓝本为 Visual Studio 2010, 也称 Visual C++ 2010, 简称 VS10 或 VC10。本书配套的学习版 DIPAX 是一套完全可执行的 Visual C++ 界面源代码, 界面内容包括图像的表示、读入和保存, 主要用于学生的课后编程练习、自学以及研究开发平台。专业版软件 DIPA 是 Visual C++ 的开放源代码软件, 包含了

教材中的全部图像处理 C 语言程序和 Visual C++ 的界面程序,需要另行购买。安装学习版软件 DIPAX 后,会自动安装专业版 DIPA 的演示版软件,用于教学演示。

5. 配套光盘内容

(1) 学习版 DIPAX 安装与使用: 本教材附带的学习版 DIPAX 软件,可以从北京现代富博科技有限公司的网站 <http://www.fubo-tech.com> 免费下载。

(2) DIPA 演示版

光盘中提供的是专业版软件 DIPA 的可执行程序,可以对本教材图像进行演示处理,主要用于教学演示和编程实践参考。安装学习版 DIPAX 后,DIPA 演示版会自动显示在桌面上。

(3) 专业图像处理软件系统介绍

- 与本教材配套的专业版源代码软件 DIPA 简介;
- 通用图像处理系统 ImageSys 简介;

- 二维运动图像测量分析系统 MIAS 简介;

- 三维运动图像测量分析系统 MIAS3D 简介;

- 实时跟踪测量系统 RTTS 简介。

(4) 图像处理实验室建设方案

- 教学型图像处理实验室;

- 教学科研型图像处理实验室;

- 科研型图像处理实验室;

- 运动测量图像处理实验室。

(5) 图像处理工程应用实例介绍

- 排种器多功能智能检测试验台简介;

- 农田作业机器人行走路线检测实例简介;

- 车牌自动图像识别系统 ALPR 简介;

- 号码图像检测系统简介;

- 千万像素高速矩阵开关状态图像检测系统简介;

- 千万像素事故现场高速图像检测系统简介;

- 三维植物参数测量系统 Plant3D 简介;

- 车流量检测系统简介;

- 羽毛球比赛技战术参数分析系统简介;

- 汽车驾驶桩考仪系统简介；
- 蜜蜂行为捕捉分析系统 DetectBee 简介；
- 车辆尺寸参数测量系统 DetectCar 简介。

(6) 视频资料

- 羽毛球检测
 - 原图像
 - 二值图像
 - 跟踪结果图像
 - 轨迹图像
- 农田导航路线检测
 - 棉花田
 - ◆ 采棉机
 - ◆ 棉花播种
 - ◆ 棉田管理
 - 水田插秧
 - ◆ 苗列线检测
 - ◆ 水泥田埂线检测
 - ◆ 土质田埂线检测
 - 小麦收获
 - 小麦播种
- 车辆参数检测
- 蜜蜂跟踪及舞蹈检测
- 玉米粒在穗计数

前 言

《实用数字图像处理与分析》教材于 2008 年出版发行以来,受到了在校大学生、研究生和专业技术人员的广泛好评。不少在校学生和研究人员,基于本教材提供的图像处理函数,完成了学位论文、学术论文和项目研究,有些人还因此走上了图像处理的专业道路。获得这样的社会好评和社会效益,作为本书作者,甚感欣慰。

20 世纪 80 至 90 年代,随着个人电脑和互联网的普及,人们的生产和生活方式发生了巨大的变化。21 世纪,能够影响人类生存方式的事件,将是各类机器人的推广和普及,图像处理是机器视觉的核心技术,作为机器人的“眼睛”,在新的时代必将发挥举足轻重的作用。时代的进步推动着技术的发展,指纹识别、车牌照识别、智能监控、人脸识别等许多图像处理技术已经实现了产品化和实用化。近年来,国内与图像处理技术相关的研究课题和工程项目也明显多了起来。

技术的发展要求教材内容相应跟进,借本次获批普通高等教育农业部“十二五”规划教材的机会,我们对教材内容进行了修订。第 1 版教材采用的编程工具是 Microsoft Visual C++ 6.0(简称 VC6),第 2 章对在该系统下的上机实践方法进行了详细的介绍。几年来虽然出现过 VC 7.0、7.1、8.0、9.0 等版本,但是都没有撼动 VC6 的主流地位,直到 Visual Studio 2010(简称 VS10 或 VC10)面世。现在 VC10 成了主流编程工具,所以本版教材以 VC10 为编程工具,对教材第 2 章内容和学习版软件进行了更新和升级。这次修订也调整和充实了各章的应用研究实例,删除了不具代表性的例子,增加了具有实用性的实例;增加了经典的大津法二值化处理和彩色图像各分量间的组合处理介绍;丰富了光盘资料,增加了一些应用工程的视频,使读者能够直观理解图像处理技术的实用价值。

陈兵旗

2013 年 11 月

电子邮箱:fbcbq@163.com,cbq93@sohu.com

QQ:1148642280

第1版前言

图像处理是随着计算机的诞生而诞生的一门科学,近几十年来随着计算机技术的蓬勃发展,图像处理技术也得到了空前的发展和应用。目前,图像处理技术已经广泛应用于工业、军事、医学、交通、农业等各个领域,成为各个学科学习和研究的对象。我国主要高等院校已经把图像处理这门课程作为信息与信号处理、通信与电子系统、机器人视觉、机电一体化、电子工程、信息工程、计算机科学与技术、遥感与军事侦察、农业工程、生物医学工程等专业和领域的本科生或者研究生课程,又有越来越多的大学将要开设图像处理课程。

市场上有关图像处理方面的书籍非常繁多,出现了欣欣向荣的景象,对于学习、利用和研究图像处理的读者来说应该是件好事,但是对于许多读者特别是初学者来说,往往不知道选哪类书合适,产生了无所适从的茫然。市场上的图像处理书籍主要有两类,一类是以图像处理理论和算法介绍为主的书籍,另一类是以 Visual C++ 图像处理编程实现为主的书籍。这两类书籍对于初学者来说都不太实用。第一类书籍往往会追求理论的严谨性,公式推导较多,适合具有一定图像处理专业基础的人使用,一般读者特别是初学者,看了这类书籍会觉得图像处理高深莫测,即使理解了也不知道该怎么来应用,有时会因此而丧失了对学习图像处理的兴趣。第二类书籍一般是将图像处理程序直接写在 Visual C++ 界面程序里,读者要想利用或者修改这些程序必须具有较深的 Visual C++ 编程基础,而初学者或者一般读者往往没有 Visual C++ 的编程基础,程序的可移植性差,学习门槛较高。对于大多数工科类大学生、研究生或者一般读者来说,学习图像处理知识主要是为了利用图像处理技术来完成自己的研究课题或者解决实际工程问题,而不是为了探讨图像处理理论或者研究通用算法,所以大多数读者需要的是理论介绍浅显易懂,而且学习后就能够实际应用的图像处理书籍。

我是在日本读的硕士和博士,博士毕业后到日本的一家图像处理软件公司工作了一年,又应聘日本学术振兴会的外国人特别研究员工作了两年,于 2002 年 3 月回国工作。在日本近十年的时间里都是在从事图像处理技术的应用研究,回国后也一直从事着图像处理的教学和应用研究工作。2003 年我在中国农业大学工学院给研究生开设图像处理课程时,找遍了书店没有发现实用性的图像处理教材,

就与孙明一齐,在北京现代富博科技有限公司的支持下,根据自己多年学习和应用图像处理技术的经验,一边上课一边编写了实用性的《Visual C++实用图像处理专业教程》。该教材对以往教材的模式进行了改革,使学生能在实践中理解和掌握图像处理技术。例如,用图文并茂的直观解说代替了烦琐的数学推导过程,提供了各个处理的C语言源程序和一个Visual C++的学习版框架源程序,使学生能够上机实践以加深对图像处理算法的理解,而且对提供的源程序稍加改动就可以组成自己的图像处理程序,使该教材具有很强的实用性。该教材出版几年来受到了广泛欢迎,有不少大学选用该教材作为本科生和研究生的图像处理课程的教材,有一些大学以该教材和配套软件为基础建立了图像处理实验室,一些专业公司也利用该教材和配套软件在开发相关的图像处理产品和项目,全国有许多各个专业的研究生和科研人员在利用该教材和配套软件进行课题研究。

我们秉承上一本教材的实用性理念,于2005年底申报了普通高等教育“十一五”国家级规划教材《实用数字图像处理与分析》,有幸获得了批准,使我们能够有机会对上一本教材进行修订、补充和完善,而且作为国家级规划教材进行推广,能够使更多的在校大学生、研究生、图像处理爱好者以及专业人士从中受益。

本教材力求以浅显易懂的方式来介绍图像处理的理论知识,对上一本教材进行了大量的修订和补充;在各章后面提供了C语言的图像处理程序;提供了一个学习版的Visual C++框架源程序DIPAX,用于读者进行图像处理编程实践;提供了一个专业版的软件DIPA用于课堂演示和科研应用;从第3章开始,各章都附有“应用研究实例”一节,使读者能够在学习完一章内容后,了解本章内容在实际中的应用情况,了解理论和实际应用的差别。本教材不仅有传统图像处理算法的内容,也有哈夫变换、小波变换、模式识别、神经网络、遗传算法等目前被广泛研究和应用的图像处理算法理论介绍和C语言程序。

本教材的几个主要作者孙明博士、宋正河博士、乔军博士以及审稿人孙卫东博士也都在日本留学多年,都有博士后研究经历,包括另外三位作者赵颖博士、位耀光博士和安东博士在内的所有作者都一直从事着图像处理的教学和研究工作。本教材是大家多年的工作和汗水的结晶,希望能给广大读者学习和应用图像处理技术带来帮助。虽然大家经验丰富,但是在内容结构和文字表述方面难免有不合理的地方,敬请批评指正。

陈兵旗
2007年8月
电子邮箱:cbq93@sohu.com

目 录

100	.....	精文文海讯边	
100	.....	素版有路影:景图	
101	.....	雷平雷图	章2第
101	.....	声响图干关	1.2
101	.....	雷平雷图	2.2
101	.....	郑建苗中	2.3
第 1 章	图像处理与分析的基础知识	.....	1
101	1.1	基于计算机的图像处理	1
101	1.2	图像处理的应用领域	2
111	1.3	数字图像处理的特征	4
111	1.4	彩色图像	5
111	1.5	灰度图像	6
111	1.6	采样与量化	8
111	1.7	图像处理的基本步骤	9
第 2 章	图像处理与分析的编程准备	.....	11
121	2.1	图像处理与分析的硬件构成	11
121	2.2	数字图像的计算机表述	12
121	2.3	配套软件的使用方法	15
121	2.4	配套函数的说明	43
第 3 章	区域分割与目标提取	.....	60
121	3.1	基于阈值的区域分割与提取	61
121	3.2	阈值的确定	62
121	3.3	应用研究实例	65
121		应用研究文献	69
121		附录:源程序列表	69
第 4 章	边缘检测与提取	.....	79
141	4.1	边缘性质的描述	79
141	4.2	基于微分的边缘检测与提取	80
141	4.3	基于模板匹配的边缘检测与提取	83
141	4.4	边缘检测与提取的实例	84
141	4.5	二值边缘图像的制作	85
141	4.6	细线化处理	86
141	4.7	应用研究实例	87