

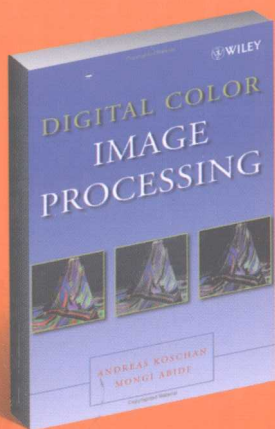


国外经典教材·电子信息



Digital Color Image Processing

彩色数字图像处理



Andreas Koschan
Mongi Abidi

著

章毓晋

译



清华大学出版社

TN911.73
K522

国外经典教材·电子信息

彩色数字图像处理

Digital Color Image Processing

[美] Andreas Koschan 著
Mongi Abidi
章毓晋 译

清华大学出版社
北 京

Andreas Koschan, Mongi Abidi
Digital Color Image Processing
EISBN: 978-0-470-14708-5

Copyright © 2009 by Wiley Publishing, Inc.

All Rights Reserved. This translation published under license.

Simplified Chinese translation edition is published and distributed exclusively by Tsinghua University Press under the authorization by McGraw-Hill Education (Asia) Co., within the territory of the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书中文简体字翻译版由美国 John Wiley & Sons, Inc. 公司授权清华大学出版社在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区和中国台湾)独家出版发行。未经许可之出口,视为违反著作权法,将受法律之制裁。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。

北京市版权局著作权合同登记号 图字 01-2009-8002

本书封面贴有 John Wiley & Sons 公司防伪标签,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

彩色数字图像处理/(美)科斯汗(Koschan, A.), (美)阿比狄(Abidi, M.)著;
章毓晋译. —北京:清华大学出版社, 2010.2

(国外经典教材·电子信息)

ISBN 978-7-302-21697-1

I. ①彩… II. ①科… ②阿… ③章… III. ①数字图像处理—教材

IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 241509 号

责任编辑:龙啟铭

责任校对:徐俊伟

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

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

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:148×210

印 张:13.5

字 数:336 千字

版 次:2010 年 2 月第 1 版

印 次:2010 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:035000-01

译者序

我们周围的世界不仅明暗交织而且五彩缤纷。对彩色的视觉感知是人类视觉系统的固有能力和能力,所以彩色信息在人类认识周围世界中起着重要作用。近年来,随着电子技术和计算技术的进展,以及彩色图像采集设备的应用和普及,彩色图像的使用日渐广泛,对其加工的技术也得到了更大的关注和更多的研究。

该书是一本专门介绍彩色图像技术的书籍。彩色图像技术是在灰度图像技术的基础上发展起来的。现今许多介绍图像技术的教材中都有一章介绍彩色图像技术(但一般也仅有一章),主要内容还是围绕灰度图像技术的。而该书的所有章节都围绕彩色图像来组织。彩色图像比黑白图像包含更多的信息。同时,对彩色图像的加工也比黑白图像更具有挑战。这里的关键,正如该书作者所指出的,涉及到从标量到矢量值图像函数的转换。目前,针对这种转换所带来的问题的理论研究还很少,所使用的技术也不太成熟。该书在此进行了专门介绍,有其独到之处。

该书又是一本全面介绍彩色图像技术的书籍,其内容涉及到图像技术的不同层次。在图像处理层次,该书介绍了彩色视觉、彩色空间和距离、彩色图像采集、彩色图像增强、伪彩色技术及应用;在图像分析层次,该书介绍了彩色边缘检测、彩色图像分割、对高光的检测、相互反射的最小化以及彩色恒常性技术;在图像理解层次,该书介绍了利用彩色信息进行静态和动态场景的立体分析、对彩色目标的时空跟踪、彩色图像与其他类型图像的融合。另外,该

书从技术应用角度,介绍了彩色图像技术的三个典型应用事例:视频监控(利用 PTZ 摄像机基于彩色的跟踪)、生物测定学(利用多光谱成像进行人脸识别)和安全检查(利用伪彩色技术在 X-行李检查中发现低密度武器)。

该书从结构上看,共有 13 章、72 节、134 小节。全书共有编了号的图 173 个、表格 27 个、公式 135 个。另外列出了约 500 篇参考文献和 200 个术语索引。全书译成中文约合 34 万字(包括图片、绘图、表格、公式等)。该书可作为已具有初步图像技术知识的相关专业高年级本科生和低年级研究生的专业课教材,也可供从事彩色图像应用相关领域的科研技术人员参考之用。

这是一本篇幅不算太大的书,但涉及的学科比较多,除与信号信息理论直接有关的数学、电子学、计算机科学等外,还包括生理学(特别是分子生理学、神经生理学)、心理学(特别是实验心理学、视觉心理学)、心理物理学、物理光学、生理光学、仪器工艺学、色度学、生物测定学、辐射度学和光度学等。为此,译者在翻译过程中还查阅和参考了一些相关领域的书籍和词典,但它们对其中有些名词概念的译法并不完全一致,译者根据个人理解进行了选取,尽可能保持全书统一。读者如有异议,欢迎联系探讨。

章毓晋

2009 年暑假于北京

通信地址:北京清华大学电子工程系,100084

电话:(010) 62781430

传真:(010) 62770317

电子邮箱:zhangyj@ee.tsinghua.edu.cn

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

研究室网址:image.ee.tsinghua.edu.cn

前言

彩色信息在数字图像处理中正得到更大的关注。然而,由从标量到矢量值图像函数的过渡所控制的跨跃在大多数数字图像处理的教材中还没有涉及。本书的主要目的是阐述矢量值彩色图像处理的意义并给读者介绍新的技术。在系统地分解彩色数字图像处理为基于单色的技术和新的矢量值技术的基础上,本书介绍了其中若干领域的现状,展示了矢量值彩色数字图像的潜力和需求。

本书根据彩色图像中三维场景的现代技术来组织。从结构上分为 4 部分。前 4 章阐明彩色图像处理的基础和需求。接下来的 4 章讨论对彩色图像的预处理技术。在再下来的 3 章中,考虑使用彩色信息的三维场景分析和使用 PTZ 摄像机基于彩色的跟踪。最后两章介绍多光谱成像的新领域和彩色图像处理应用的一个事例研究。对彩色数字图像处理中一些精选的领域,如边缘检测、彩色分割、相互反射分析和立体分析,详细讨论了其中的技术以澄清算法的各自复杂性。

第 12 章关于多光谱成像讨论图像处理的一个新兴领域,目前在教材中还没有详细覆盖。它还包括了用多谱成像进行人脸识别的一节。在最后三章介绍的三个事例研究总结了作者在行李检查、视频监控和生物测定学研究项目中的成果和经验,这些项目是由美国国家天空安全联盟、美国国家科学基金和美国能源部多年支持的。一些算法已在地方机场的真实条件下进行了测试和评价。

本书对电气和计算机工程或计算机科学的一年级和二年级研究生,以及已有基本的图像处理知识并希望扩展到彩色图像处理的研究人员都是容易理解的。本书教导读者超出图像处理的标准,并是对该领域现有教材的补充。另外,三个应用章能帮助机场的行李检查人员、高安全设施的视频监控人员和多光谱人脸识别验证人员面对当前安全和保险方面的新问题。这些章显著地增加了本书的容量。

本书中的材料基于作者(1)在田纳西诺克斯维尔的田纳西大学电气和计算机工程系和(2)1991年到2007年在德国柏林的柏林技术大学计算科学系的讲座和课程。目前,Andreas Koschan是研究副教授,Mongi Abidi是教授和副系主任。他们都在田纳西大学电气和计算机工程系工作。本书中的技术和算法已由德国柏林和田纳西诺克斯维尔的硕士和博士学生们测试过,本书中的图表给出了获得的结果。

Andreas Koschan

Mongi Abidi

诺克斯维尔 2008 年 4 月

致 谢

作者感谢科学领域以及政府和企业界的许多同事,他们对准备此书以不同的方式做出了贡献。特别地,我们希望对 Besma Abidi、Gunter Bellaire、Karl-Heinz Franke、Ralph Gonzalez、Walter Green、Andrei Gribok、Reinhard Klette、Heinz Lemke、David Page、Joonki Paik、Dietrich Paulus、Volker Rehrmann、Werner Ritter、Volker Rodehorst、Kartsten Schluens 和 Horst Volz 表示感谢。

如果没有很多学生愿意领会我们的想法和建议,本书中介绍的许多研究和结果将不可能取得。我们特别愿意指出下列名字: Vivek Alexander、Agarval Bachem、Faysal Boughorbel、Hong Chang、Klaus Curio、Peter Hannemann、Harishwaran Hariharan、Tobias Harms、Ralf Huetter、Sangkyu Kang、Kannan Kase、Ender Oezquer、Rafal Salustowicz、Wolfram Schimke、Kathrin Spiller、Dirk Stoermer、Sreenivas Sukumar、Kay Talmi、Axel Vogler、Yi Yao、Mingzhong Yi 和 Yue Zheng。我们诚挚地感谢他们所有人的奉献。

我们感谢给予很多帮助将原来为德文的研究和教学材料翻译成英文的 Becky Powell。还有,我们感谢为本书安排格式和更新了一些图表的 Justin Acuff。最后但并非最不重要,需要把特别的感谢给予 Wiley 出版社的 George Telecki、Rachel Witmer 和 Melissa Yanuzzi,他们对出版本书的协助和耐心非常值得欣赏。

AK

MA

目 录

1 引言	1
1.1 本书目标和内容	4
1.2 彩色图像处理术语	6
1.2.1 什么是彩色数字图像	6
1.2.2 彩色图像的导数	9
1.2.3 彩色边缘	10
1.2.4 彩色恒常性	11
1.2.5 彩色图像的对比度	12
1.2.6 彩色图像中的噪声	14
1.2.7 亮度、照度和明度	15
1.3 实际应用中的彩色图像分析	16
1.3.1 医学应用中的彩色图像处理	17
1.3.2 食品科学和农业中的彩色图像处理	18
1.3.3 工业制造和无损材料测试中的彩色 图像处理	19
1.3.4 彩色图像处理的其他应用	19
1.3.5 数字视频和图像数据库	20
1.4 进一步阅读	21
1.5 参考文献	22

2 眼睛和彩色	26
2.1 彩色视觉生理学	27
2.2 感知彩色信息	29
2.3 后感知彩色信息	33
2.3.1 视网膜中神经中枢细胞的神经生理学	34
2.3.2 视网膜中神经中枢细胞对彩色光刺激 的反应	35
2.4 大脑皮层彩色信息	36
2.5 彩色常性感知和 Retinex 理论	37
2.6 参考文献	39
3 彩色空间和彩色距离	41
3.1 标准彩色系统	42
3.1.1 CIE 彩色匹配函数	43
3.1.2 标准彩色值	45
3.1.3 色度图	45
3.1.4 Macadam 椭圆	48
3.2 基于物理学和工艺的彩色空间	49
3.2.1 RGB 彩色空间	49
3.2.2 CMY(K)彩色空间	53
3.2.3 YIQ 彩色空间	54
3.2.4 YUV 彩色空间	55
3.2.5 $Y C_B C_R$ 彩色空间	56
3.2.6 Kodak PhotoCD 和 $Y C_1 C_2$ 彩色空间	57
3.2.7 $I_1 I_2 I_3$ 彩色空间	58
3.3 均匀彩色空间	58
3.3.1 CIELAB 彩色空间	59

3.3.2	CIELUV 彩色空间	62
3.4	基于感知的彩色空间	63
3.4.1	HSI 彩色空间	63
3.4.2	HSV 彩色空间	66
3.4.3	对立彩色空间	68
3.5	彩色差公式	69
3.5.1	RGB 彩色空间中的彩色差公式	69
3.5.2	HSI 彩色空间中的彩色差公式	70
3.5.3	CIELAB 和 CIELUV 彩色空间中的 彩色差公式	70
3.6	彩色排序系统	72
3.6.1	孟塞尔彩色系统	72
3.6.2	Macbeth-彩色检验器	73
3.6.3	DIN 彩色图	74
3.7	进一步阅读	75
3.8	参考文献	75
4	彩色成像	78
4.1	彩色电子相机的工艺设计	78
4.1.1	图像传感器	79
4.1.2	利用彩色滤光器的黑白相机多光谱成像 ..	81
4.1.3	单芯片 CCD 彩色相机	82
4.1.4	三芯片 CCD 彩色相机	83
4.1.5	数字相机	84
4.2	标准彩色滤光器和标准施照体	86
4.2.1	标准彩色滤光器	86
4.2.2	标准施照体	88
4.3	光度学传感器模型	90

4.3.1	衰减、剪切和浮散·····	91
4.3.2	色差·····	94
4.3.3	色差修正·····	96
4.4	光度和色度校准·····	97
4.4.1	相机信号的非线性·····	98
4.4.2	相机线性性质的测量·····	99
4.4.3	白平衡和黑水平的确定·····	101
4.4.4	变换为标准彩色系统 XYZ·····	102
4.5	进一步阅读·····	106
4.6	参考文献·····	106
5	彩色图像增强·····	108
5.1	假彩色和伪彩色·····	109
5.2	真实彩色图像的增强·····	111
5.3	彩色图像中的噪声消除·····	112
5.3.1	盒滤波器·····	112
5.3.2	中值滤波器·····	114
5.3.3	形态滤波器·····	126
5.3.4	频域滤波·····	127
5.4	彩色图像的对比度增强·····	128
5.4.1	彩色饱和度与亮度的处理·····	129
5.4.2	改变色调·····	132
5.5	参考文献·····	134
6	彩色图像中的边缘检测·····	137
6.1	矢量值技术·····	138
6.1.1	坎尼算子的彩色变型·····	138
6.1.2	Cumani 算子·····	140

6.1.3	基于矢量序统计的算子	145
6.2	彩色边缘算子的结果	148
6.3	边缘分类	152
6.3.1	基于物理学的分类	154
6.3.2	利用光度不变梯度的分类	155
6.4	彩色 Harris 算子	156
6.5	参考文献	158
7	彩色图像分割	162
7.1	基于像素的分割	164
7.1.1	直方图技术	164
7.1.2	彩色空间的聚类分析	166
7.2	基于区域的分割	167
7.2.1	区域生长技术	167
7.2.2	分裂合并	168
7.3	基于边缘的分割	170
7.3.1	局部技术	170
7.3.2	利用水线变换的分割	171
7.3.3	图中水线变换的应用	175
7.3.4	彩色图像的水线变换扩展	178
7.4	基于物理学的分割	180
7.4.1	双色反射模型	181
7.4.2	分类技术	184
7.5	分割方法的比较	187
7.6	参考文献	189
8	高光、相互反射和彩色恒常性	193
8.1	彩色图像中的高光分析	193

8.1.1	Klinker-Shafer-Kanade 技术	195
8.1.2	Tong-Funt 技术	197
8.1.3	Gershon-Jepson-Tsotsos 技术	198
8.1.4	SchINs-Teschner 技术	200
8.1.5	使用多幅图像的光谱差分	203
8.1.6	光度多图像技术	206
8.1.7	偏振技术	208
8.2	彩色图像的相互反射分析	212
8.2.1	相互反射的单反弹模型	213
8.2.2	单反弹彩色部分的确定	216
8.2.3	四分之一圆周分析	217
8.2.4	真实彩色图像中相互反射的最小化	218
8.2.5	考虑相互反射和阴影的分割	219
8.2.6	相互反射范围的确定	221
8.2.7	阴影分析	221
8.2.8	相互反射的最小化	222
8.3	彩色恒常性	223
8.3.1	彩色恒常性问题的数学公式化	224
8.3.2	彩色恒常性技术	226
8.4	参考文献	232
9	彩色图像的静态立体分析	239
9.1	立体图像采集系统的几何	241
9.2	基于区域的对应性分析	244
9.2.1	利用色度块匹配获得稠密视差图	244
9.2.2	用于彩色立体分析的色度块匹配	248
9.2.3	彩色图像金字塔中的分层块匹配	254
9.2.4	基于彩色模式投影的立体分析	259

9.3	基于特征的对应性分析	266
9.3.1	基于边缘的对应性分析	267
9.3.2	通用思路	272
9.4	参考文献	273
10	彩色图像的动态和光度立体分析	276
10.1	光流	277
10.1.1	解决方案	277
10.1.2	彩色图像序列的 Horn-Schunck 约束	279
10.2	光度立体分析	284
10.2.1	非稳定场景的光度立体分析	285
10.2.2	非朗伯表面的光度立体分析	287
10.3	参考文献	288
11	利用 PTZ 摄像机基于彩色的跟踪	290
11.1	背景问题	291
11.2	跟踪方法	294
11.2.1	主动形状模型	295
11.2.2	自动目标获取和从固定到 PTZ 摄像 机的移交	296
11.2.3	彩色, 预测方向和运动速度	296
11.3	跟踪的技术层面	298
11.3.1	用于变焦和跟踪的特征提取	298
11.3.2	从运动目标提取彩色	301
11.4	彩色主动形状模型	306
11.4.1	地标点	307
11.4.2	主分量分析	308

11.4.3	模型拟合	309
11.4.4	局部结构建模	310
11.4.5	多分辨率 ASM 的分层策略	311
11.4.6	将 ASM 延伸到彩色图像序列	312
11.4.7	部分遮挡	320
11.4.8	总结	322
11.5	参考文献	323
12	用于生物测定学的多光谱成像	326
12.1	什么是多光谱图像?	326
12.2	多光谱图像获取	327
12.3	融合可见光和红外图像进行人脸识别	333
12.3.1	可见光和热人脸图像的配准	335
12.3.2	经验模式分解	338
12.3.3	使用 EMD 的图像融合	340
12.3.4	实验结果	341
12.4	可见光谱中用于人脸识别的多光谱图像融合	345
12.4.1	基于物理学的加权融合	345
12.4.2	通过数据融合进行照明调整	349
12.4.3	小波融合	351
12.4.4	CMC 测量	351
12.4.5	多光谱、多模式和多光源 IRIS-M ³ 数据库	352
12.4.6	实验结果	357
12.5	参考文献	363
13	单能量 X-光图像的伪彩色化	367
13.1	问题描述	367

13.2	人对彩色的感知.....	369
13.2.1	彩色的生理学加工.....	370
13.2.2	彩色的心理学加工.....	370
13.2.3	最优彩色赋值的通用建议.....	371
13.2.4	基于生理学的指导方针.....	372
13.2.5	基于心理学的指导方针.....	373
13.3	伪彩色化的理论.....	373
13.4	基于 RGB 的彩色映射	377
13.4.1	基于感知的彩色映射.....	377
13.4.2	数学公式化.....	381
13.5	基于 HSI 的彩色映射	384
13.5.1	原始灰度数据的映射.....	384
13.5.2	用于预处理后灰度数据的彩色.....	387
13.6	实验结果.....	388
13.6.1	用基于 RGB 变换产生的彩色编码 图像.....	389
13.6.2	用基于 HSI 变换产生的彩色编码 图像.....	392
13.7	性能评价.....	395
13.7.1	初步的在线调查.....	396
13.7.2	正式的机场评价.....	398
13.8	结论.....	401
13.9	参考文献.....	402
索引.....		404