



高等学校计算机专业规划教材



# 数字图像处理 原理与实践

第2版

全红艳 王长波 编著



*P*  
*inciples and Practice  
of Digital Image Processing  
Second Edition*



机械工业出版社  
China Machine Press

高等学

划教材

# 数字图像处理 原理与实践

## 第2版

全红艳 王长波 编著

*P* rinciples and Practice  
of Digital Image Processing  
Second Edition



机械工业出版社  
China Machine Press

## 图书在版编目 (CIP) 数据

数字图像处理原理与实践 / 全红艳, 王长波编著. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2017.6

(高等学校计算机专业规划教材)

ISBN 978-7-111-57290-9

I. 数… II. ①全… ②王… III. 数字图像处理—高等学校—教材 IV. TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 136454 号

本书从实际应用出发, 讲解数字图像处理的基础知识及实现方法。

本书分为两篇。第一篇共 12 章 (第 1 ~ 12 章), 涵盖数字图像处理的基础知识、常用的数字图像处理算法, 涉及图像处理的基本运算、图像的频域处理基础、空域点处理方法、空域的平滑和锐化技术、频域的平滑和锐化技术、图像复原技术、图像分割方法、彩色图像处理及数学形态学方法等内容, 并在第 12 章给出了具体的应用。第二篇共两章 (第 13 章和第 14 章), 为具体的实践内容, 给出了与第一篇中基础理论相对应的实践内容, 以便使用本书的教师在教学过程中有针对性地安排实践内容。

本书可作为高校软件工程专业、计算机专业、信息管理等相关专业的本科生或研究生教材, 亦可作为相关领域从业人员的参考资料。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 余 洁

责任校对: 殷 虹

印 刷: 北京文昌阁彩色印刷有限责任公司

版 次: 2017 年 7 月第 2 版第 1 次印刷

开 本: 185mm × 260mm 1/16

印 张: 21.25 (含彩插 0.5 印张)

书 号: ISBN 978-7-111-57290-9

定 价: 49.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东



a) 灰度图像



b) 彩色图像

图 1 - 1 图像实例

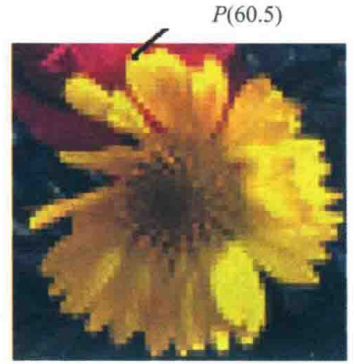


图 2 - 8 数字图像表示实例



图 2 - 17 不同饱和度的图像实例

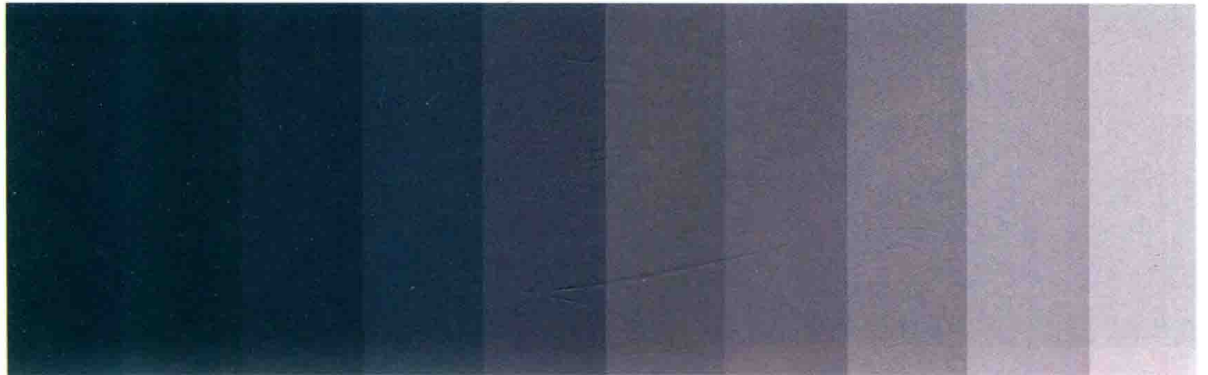


图 2 - 20 人眼马赫带实例



a) 图像1

b) 图像2

c) 相除结果

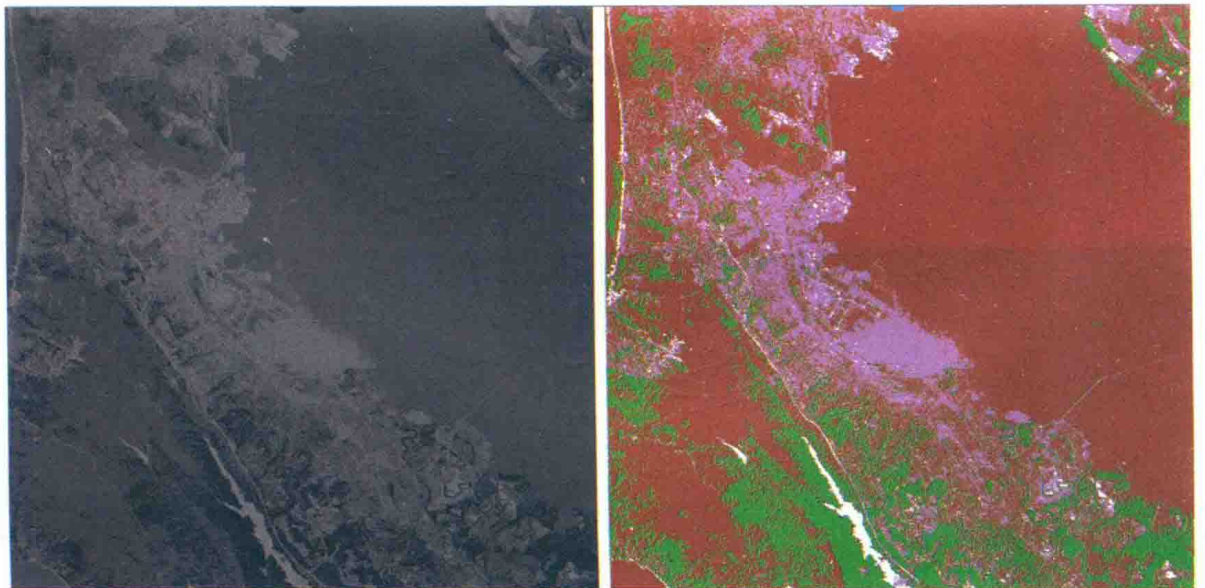
图 3 - 8 图像相除实例



a) 原图像

b) 双线性插值的结果

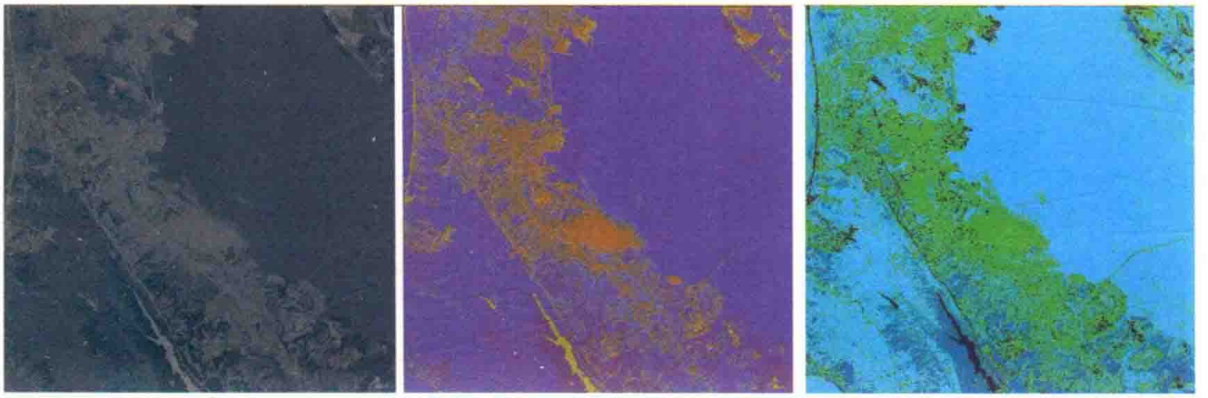
图 3 - 28 双线性插值放大的结果



a) 灰度图像

b) 伪彩色图像

图 5 - 17 强度分层的伪彩色处理的结果



a) 原图像

b) 伪彩色结果1

c) 伪彩色结果2

图 5 - 20 变换方法伪彩色化实例

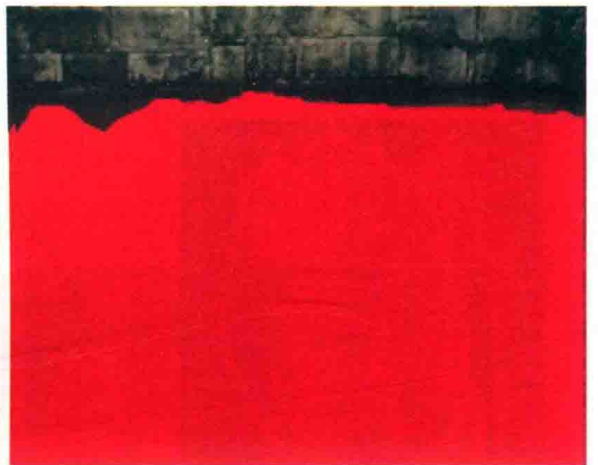
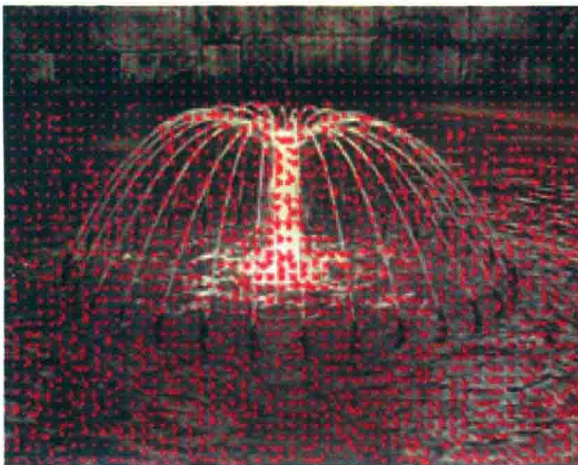
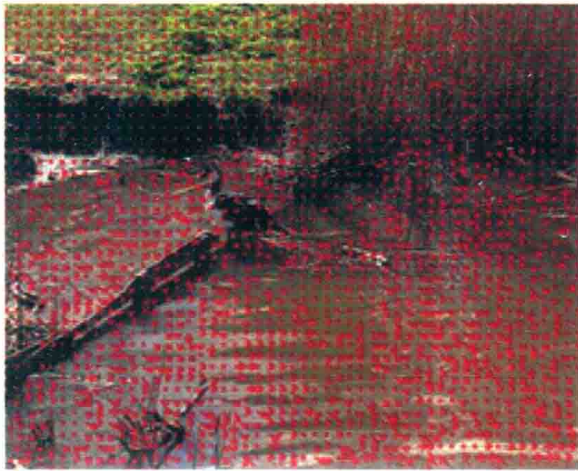


图 8 - 1 图像分割实例

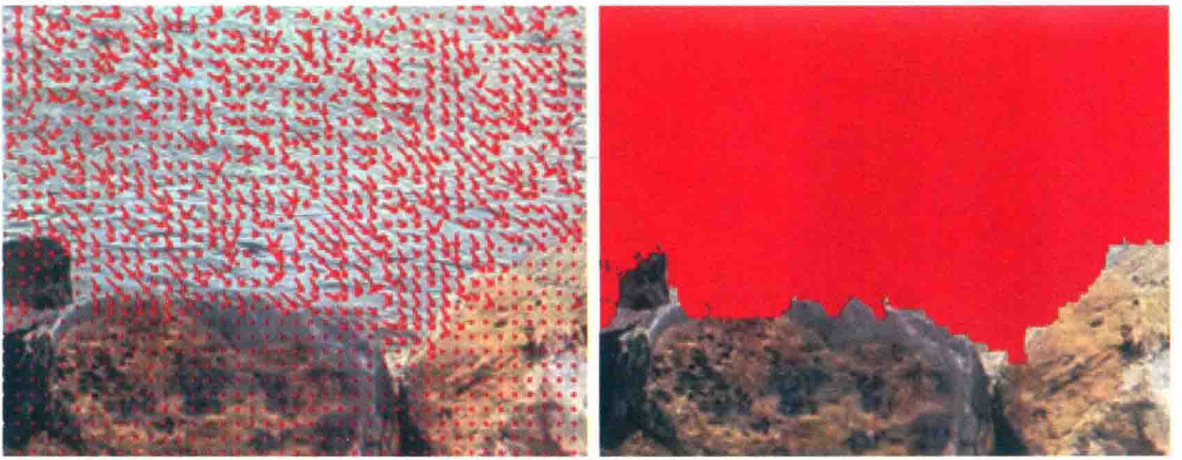


图 8-1 (续)



图 8-3 图像分割示意图

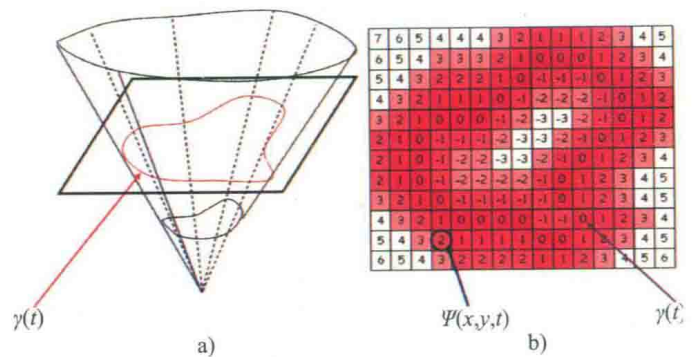
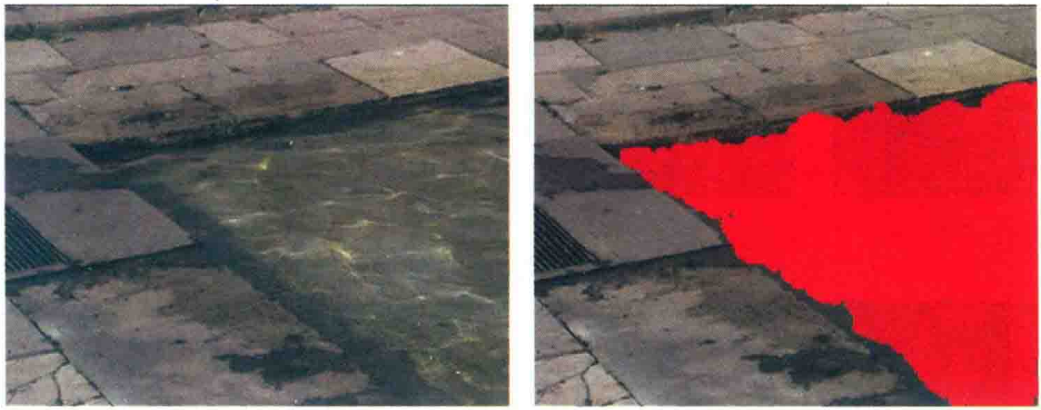


图 8-45 水平集演化过程的初始化



a) 原图像

b) 区域分割的结果

图 8 - 47 水平集区域分割的结果

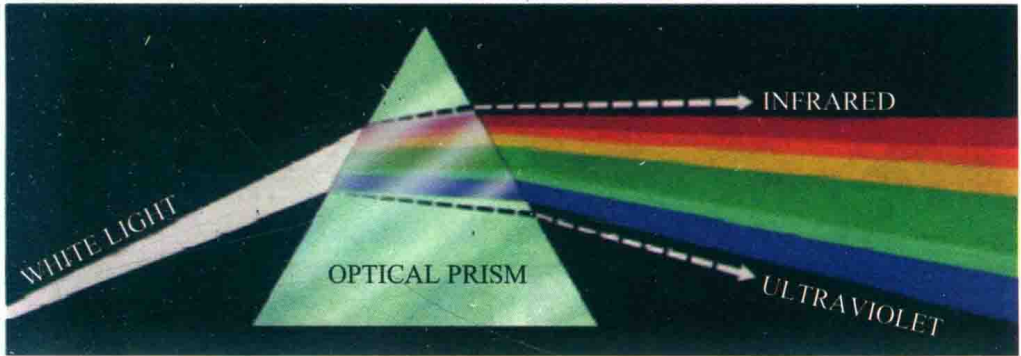


图 9 - 1 三棱镜实验中白光的分解

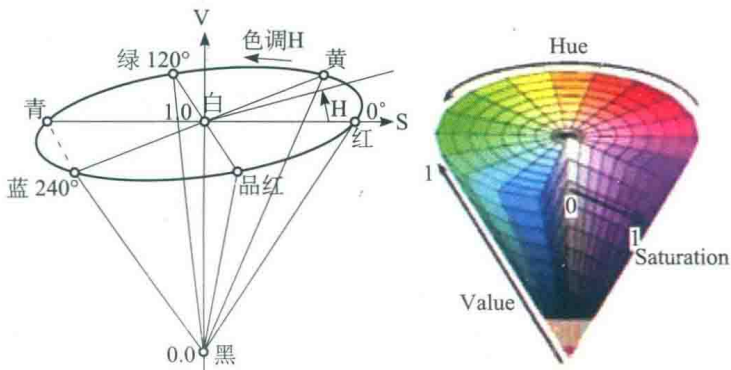
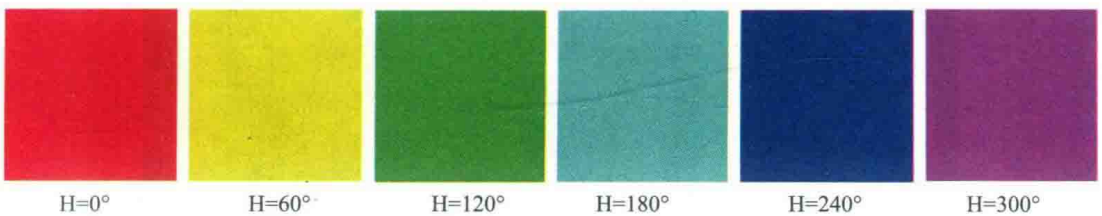


图 9 - 4 HSV 色彩模型



H=0°

H=60°

H=120°

H=180°

H=240°

H=300°

图 9 - 5 不同色调实例





图 9-6 品红颜色不同色饱和度实例



图 9-7 彩色图像的灰度化处理实例

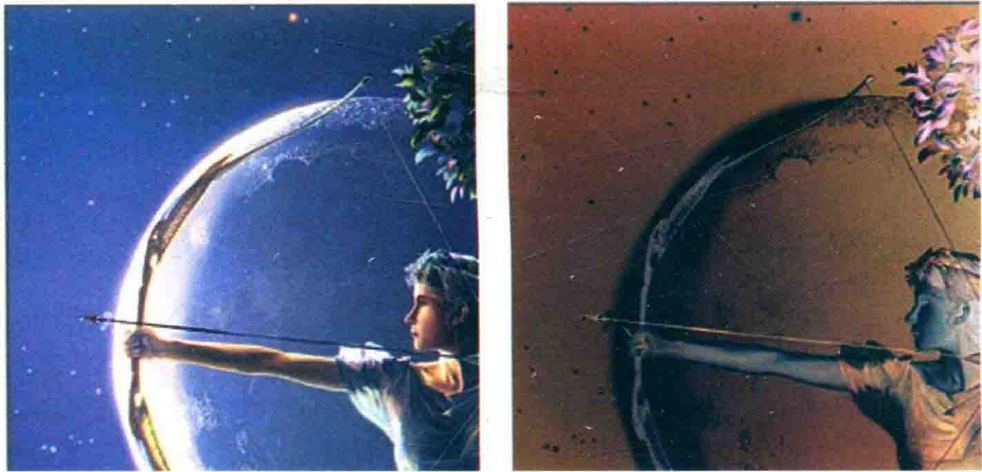


图 9-8 彩色图像取反处理实例



图 9-9 彩色图像的马赛克处理实例

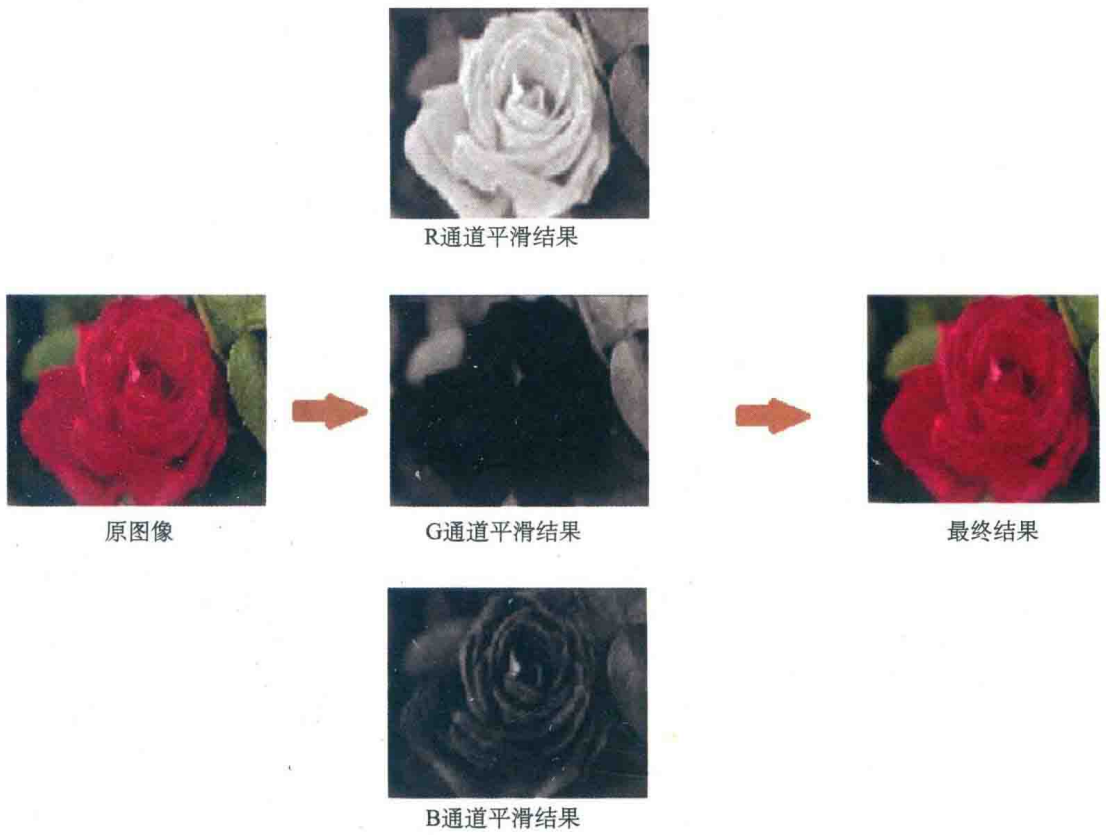


图 9 - 11 RGB 图像空域滤波的结果

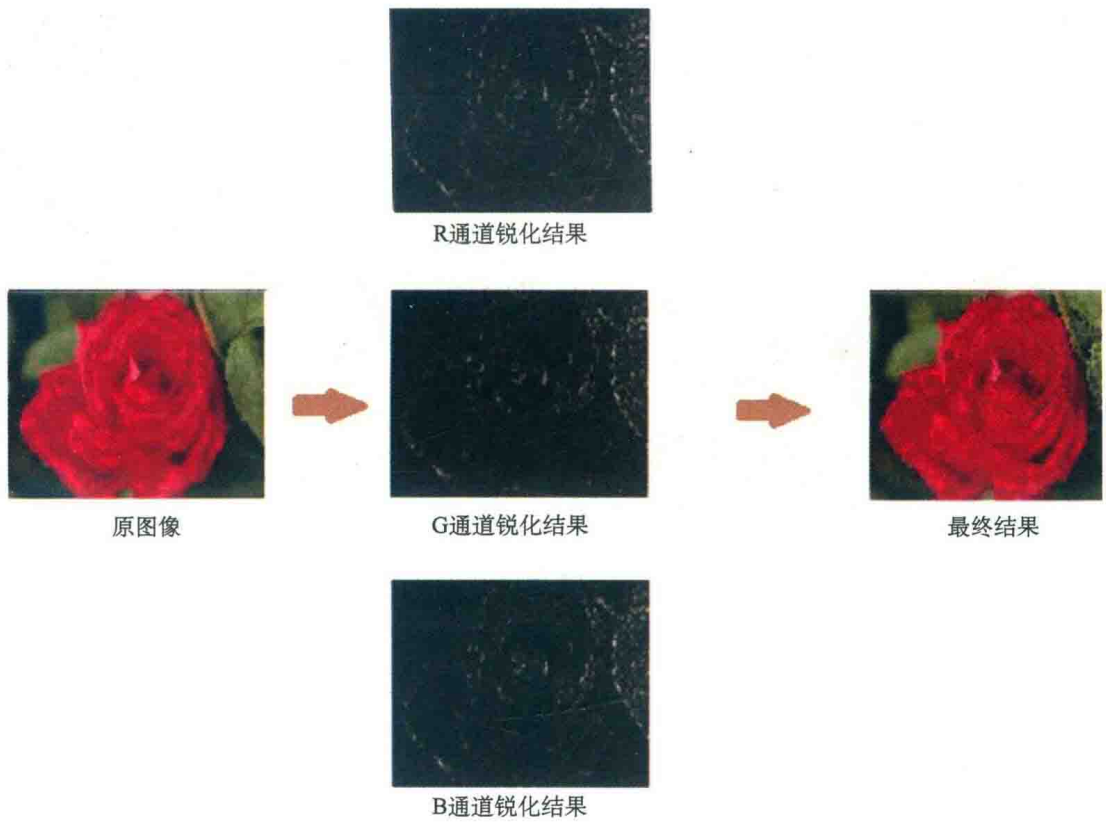


图 9 - 12 RGB 图像锐化的结果

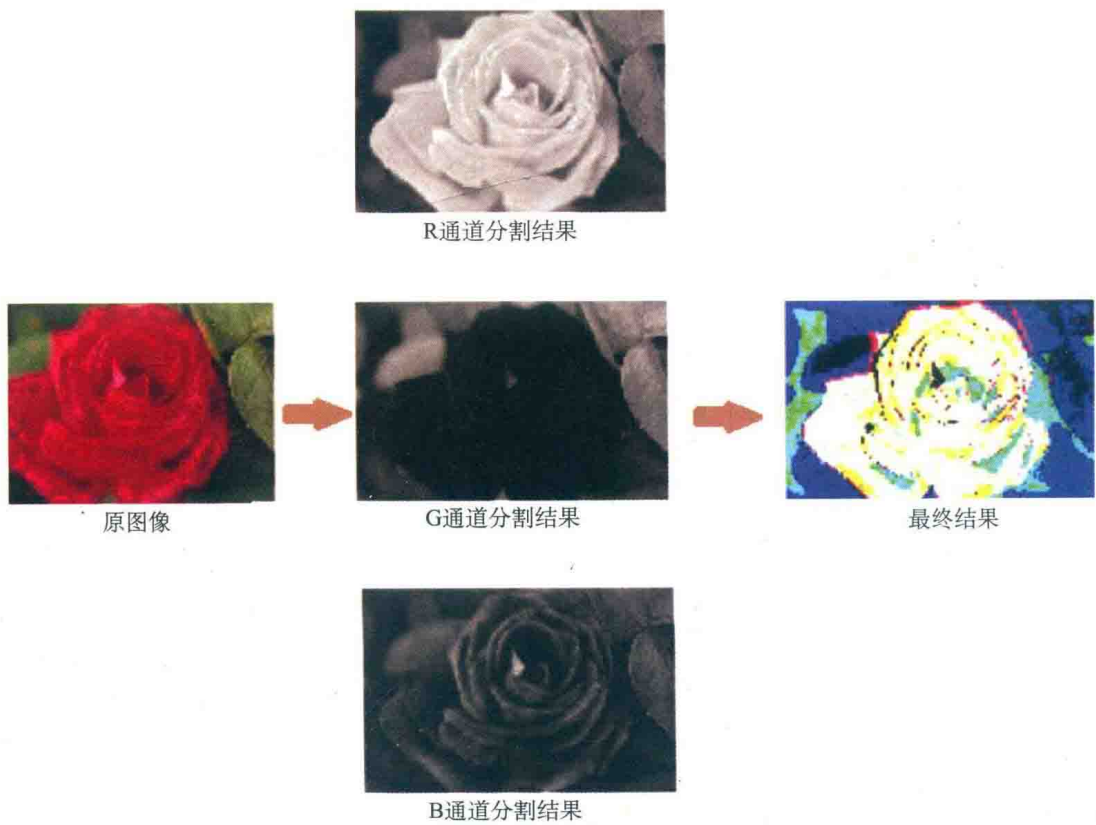


图 9 - 13 RGB 空间彩色图像分割的结果



图 9 - 16 假彩色处理结果

# 前 言

近年来,图像及数字媒体技术发展迅猛。目前,数字图像处理技术已经被广泛应用于航天航空、医学、工业检测及控制、网络等领域中,而掌握图像处理的技术及实践的基本技能是数字图像处理应用的前提和基础。

数字图像处理是一门实践性较强的课程,因此这门课程的教学有必要采用理论与实践相结合的方法,也就是说,实践教学是其中一个主要环节。在第2版中,我们本着提高学生的创新意识、不断提高学生实践能力的目的,一方面讲解数字图像处理的基础知识及实现方法,另一方面根据图像处理教学中实践教学的需要,在第1版的基础上,补充了数字图像处理的实践方法和教学内容。

本书的特点包括以下几个方面:

1. **对于读者,零知识起点即可** 没有学习过图形学及算法设计的学生也可以循序渐进地掌握数字图像处理的技能。

2. **夯实基础,深入浅出** 将复杂的图像处理原理阐述得浅显易懂,便于计算机类、电子类以及其他各类人员学习掌握,在此基础上,由浅入深地介绍图像处理的实现方法及实践技能。

3. **对于图像处理的算法,采用不同软件予以实现** 根据目前实际工程的需要,本书在讲解图像处理方法时,采用常用的图像处理编程软件描述算法,利用 Matlab 方法、OpenCV 方法以及 CDib 类的方法进行实现,以便满足各类专业教学及实践应用的要求。

4. **注重图像处理的实践步骤及技能训练** 为了深入理解图像处理算法,通过实例讲解图像处理实践的具体方法及步骤,使学生扎实地掌握数字图像处理方法及技术,提高图像处理的实践技能。

5. **配有大量习题,供学生练习使用** 多数章节给出了习题,便于学生对知识点的巩固。

本书在撰写过程中参考了大量图像处理方面的书籍、资料和网站,同时融入了我们近些年积累的图像处理实践经验及知识,鉴于作者的经验及知识理解有限,书中难免存在不足之处,敬请各位读者不吝指正!我们也会将读者的反馈作为进一步提高质量的动力。

编 者

# 教学建议

教学章节	教学要求	课时
第1章 概论	掌握数字图像及像素的概念 了解数字图像处理的应用领域、主要方法、未来发展趋势,以及数字图像处理系统构成	2
第2章 数字图像基础	掌握图像的采样和量化以及图像的表达 了解影响数字图像质量的因素、人眼的结构与视觉特性以及常见的图像格式	2
第3章 图像的基本运算	掌握图像代数与逻辑运算 掌握图像几何变换 掌握图像的缩放、插值运算以及图像的控制点变换与图像的变形	4
第4章 频域处理基础	了解频域与频域变换、连续傅里叶变换、离散傅里叶变换、快速傅里叶变换以及二维离散傅里叶变换的性质 掌握用傅里叶变换进行图像处理的方法 了解其他离散变换	2
第5章 空域点处理方法	掌握图像点运算方法 掌握直方图处理的实现方法 掌握图像伪彩色处理的实现方法	4
第6章 图像增强	掌握图像空域的平滑和锐化技术 掌握图像频域的平滑和锐化处理	4
第7章 图像复原	了解图像退化与数学模型、典型的图像复原技术、常用的图像去噪方法 掌握空域滤波复原、频域滤波复原方法	2
第8章 图像分割	掌握阈值分割法、基于区域的分割及基于能量的分割方法	4
第9章 彩色图像处理	掌握24位BMP彩色图像的处理方法 掌握RGB彩色图像、假彩色图像的处理方法	2
第10章 数学形态学方法	了解形态学基本运算 掌握利用形态学处理图像的方法	2
第11章 图像压缩	了解常见的图像压缩技术	2(选讲)
第12章 图像处理实例	—	2(选讲)
第13章 图像处理实践基础	—	2
第14章 图像处理实践	—	2
总课时	第1~11章 建议课时	28~30
	第12~14章 建议课时	4~6

说明:建议教学分为核心知识技能模块(前11章的内容)和技能提高模块(第12~14章的内容,其中第12章偏于理论的应用),不同学校可以根据各自的教学要求和计划学时数对教学内容进行取舍。

# 目 录

前言  
教学建议

## 第一篇 数字图像处理基础理论

第 1 章 概论	2
1.1 基本概念	2
1.1.1 数字图像	2
1.1.2 数字图像处理	3
1.2 数字图像处理技术的发展历程 及其应用	3
1.3 数字图像处理的主要方法	4
1.4 数字图像处理系统的构成	4
习题	4
第 2 章 数字图像基础	5
2.1 图像的采样和量化	5
2.1.1 图像的采样	5
2.1.2 图像的量化	6
2.2 图像表示及实例	6
2.2.1 图像表示	6
2.2.2 图像的类型及实例	7
2.3 影响数字图像质量的因素	9
2.3.1 空间分辨率	9
2.3.2 强度等级分辨率	9
2.3.3 对比度	10
2.3.4 清晰度	10
2.4 人眼的结构与视觉特性	11
2.4.1 人眼的结构	11
2.4.2 人眼的视觉特性	11
2.5 常见的图像格式	13
2.5.1 JPEG	13
2.5.2 GIF	13
2.5.3 TIFF	13
2.5.4 PCX	13
2.5.5 BMP	13
习题	14

第 3 章 图像的基本运算	16
3.1 代数运算	16
3.1.1 加运算	16
3.1.2 减运算	18
3.1.3 乘运算	20
3.1.4 除运算	22
3.2 逻辑运算	23
3.2.1 与运算	25
3.2.2 或运算	27
3.2.3 补运算	29
3.3 几何变换	30
3.3.1 平移变换	30
3.3.2 镜像变换	32
3.3.3 旋转变换	36
3.4 图像的缩放	40
3.4.1 图像的缩小	40
3.4.2 图像的放大	41
3.5 插值运算	41
3.5.1 前向映射法和后向映射法	41
3.5.2 灰度重采样	42
3.5.3 常用的插值法	42
3.6 图像缩放及插值运算的实现方法	43
3.6.1 图像缩放功能的 Matlab 实现方法	43
3.6.2 前向映射法实现缩放功能	44
3.6.3 后向映射法实现缩放功能	45
3.7 图像的控制点变换与图像的 变形处理	49
3.7.1 三角形区域的变换方法	50
3.7.2 四边形区域的变换方法	51
习题	51
第 4 章 频域处理基础	53
4.1 时域与频域表示	53
4.2 傅里叶变换	53
4.2.1 连续傅里叶变换	53
4.2.2 离散傅里叶变换	54

4.3 快速傅里叶变换 .....	56	7.4.3 模型估计法 .....	150
4.4 傅里叶变换的性质 .....	56	7.5 逆滤波复原及其实现方法 .....	150
4.5 利用傅里叶变换进行图像处理 .....	58	7.5.1 逆滤波复原基础 .....	150
4.5.1 图像傅里叶变换基础 .....	58	7.5.2 逆滤波复原的实现方法 .....	151
4.5.2 图像傅里叶变换的实现方法 .....	60	7.6 维纳滤波复原及其实现方法 .....	157
4.6 离散余弦变换及实现方法 .....	63	7.6.1 维纳滤波复原基础 .....	157
4.6.1 离散余弦变换 .....	63	7.6.2 维纳滤波复原的实现方法 .....	158
4.6.2 离散余弦变换的实现方法 .....	63	7.7 噪声模型 .....	164
习题 .....	67	7.8 空域滤波复原 .....	165
第5章 空域点处理方法 .....	68	7.8.1 均值滤波器 .....	165
5.1 点运算 .....	68	7.8.2 统计滤波器 .....	166
5.1.1 点运算基础 .....	68	7.8.3 自适应滤波器 .....	166
5.1.2 点运算的实现方法 .....	74	习题 .....	167
5.2 直方图处理 .....	77	第8章 图像分割 .....	168
5.2.1 直方图处理基础 .....	77	8.1 图像分割基础 .....	168
5.2.2 直方图处理的实现方法 .....	81	8.1.1 图像分割的概念 .....	168
5.3 伪彩色处理 .....	84	8.1.2 图像分割的基本方法 .....	168
5.3.1 伪彩色处理基础 .....	84	8.1.3 图像分割系统的构成 .....	169
5.3.2 伪彩色处理的实现方法 .....	85	8.2 非连续性检测 .....	169
习题 .....	89	8.2.1 孤立点的检测 .....	169
第6章 图像增强 .....	90	8.2.2 线的检测 .....	170
6.1 空域的平滑与锐化 .....	90	8.2.3 边缘检测 .....	171
6.1.1 邻域操作 .....	90	8.3 边缘连接 .....	173
6.1.2 空域的平滑技术 .....	91	8.3.1 局部处理方法 .....	173
6.1.3 空域的锐化技术 .....	99	8.3.2 Hough 变换及实现方法 .....	173
6.1.4 平滑与锐化相结合的滤波 技术 .....	114	8.4 阈值分割法 .....	179
6.2 频域的平滑与锐化 .....	114	8.4.1 单阈值分割与多阈值分割 .....	179
6.2.1 数字图像的频域处理基础 .....	114	8.4.2 均值迭代阈值分割法 .....	181
6.2.2 低通滤波器与图像的 平滑处理 .....	115	8.4.3 最大类间方差分割法 .....	185
6.2.3 高通滤波器与图像的 锐化处理 .....	132	8.4.4 常见的多阈值分割法 .....	191
习题 .....	147	8.5 基于区域的分割方法 .....	193
第7章 图像复原 .....	148	8.5.1 区域生长算法 .....	193
7.1 图像复原基础 .....	148	8.5.2 区域分裂合并算法 .....	198
7.2 图像退化与数学模型 .....	148	8.6 基于能量的分割方法 .....	201
7.3 典型的图像复原方法 .....	149	8.6.1 主动轮廓模型 .....	201
7.4 退化函数估计方法 .....	150	8.6.2 主动轮廓线演化的实例 .....	203
7.4.1 图像观察估计法 .....	150	8.6.3 主动轮廓分割方法的实现 .....	205
7.4.2 试验估计法 .....	150	8.6.4 水平集方法 .....	210
		习题 .....	211
		第9章 彩色图像处理 .....	213
		9.1 色彩模型基础 .....	213





14.10 实践十：图像在空域的 平滑处理 .....	305	14.15 实践十五：图像分割实践—— 阈值分割方法 .....	312
14.11 实践十一：图像在空域的 锐化处理 .....	307	14.16 实践十六：图像分割实践—— 主动轮廓模型方法 .....	313
14.12 实践十二：图像在频域的 平滑处理 .....	308	14.17 实践十七：彩色图像处理 .....	314
14.13 实践十三：图像在频域的 锐化处理 .....	309	14.18 实践十八：数学形态学方法处理 图像实践 .....	315
14.14 实践十四：图像分割实践—— Hough 变换及区域生长方法 .....	311	14.19 实践十九：图像的复原 .....	316
		参考文献 .....	319