



2

Visual C++.NET

数字图像处理技术与应用



欧珊瑚 王倩丽 朱哲瑜 编著



清华大学出版社

Visual C++.NET 数字图像处理 技术与应用

欧珊瑚 王倩丽 朱哲瑜 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书全面介绍了数字图像处理领域的有关技术及其应用。

本书共 10 章, 首先介绍了数字图像的基础知识, 包括数字图像处理概论、数字图像的物理基础、各种流行的图像文件格式以及 Visual C++ .NET 图像编程基础, 然后对数字图像处理中最常用的一些处理方法, 如数字图像的几何变换、正交变换、增强、形态学运算、边缘检测与提取、轮廓跟踪、图像分析、复原以及重建等作了适当的理论推导和分析, 同时, 书中给出了每种常用的数字图像处理方法的完整 Visual C++ .NET 源代码和详细的注解, 以使读者能迅速掌握并灵活运用这些方法。

本书内容丰富, 叙述详细, 实用性强, 适合于高校有关图像处理专业高年级学生和研究生的阅读, 也可供模式识别、机器人和人工智能等领域的科技人员参考。

版权所有, 翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签, 无标签者不得销售。

图书在版编目 (CIP) 数据

Visual C++ .NET 数字图像处理技术与应用 / 欧珊瑚, 王倩丽, 朱哲瑜编著.

—北京: 清华大学出版社, 2003

ISBN 7-302-07854-8

I. V... II. ①欧...②王...③朱... III. C 语言—数字图像处理—程序设计

IV. ①TP391.41 ②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 121873 号

出 版 者: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦

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

邮 编: 100084

社总机: 010-62770175

客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 科海

文稿编辑: 安靖

封面设计: 付剑飞

版式设计: 科海

印 刷 者: 北京市耀华印刷有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 35.25 字数: 857 千字

版 次: 2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-07854-8/TP·5709

印 数: 1~4000

定 价: 49.00 元

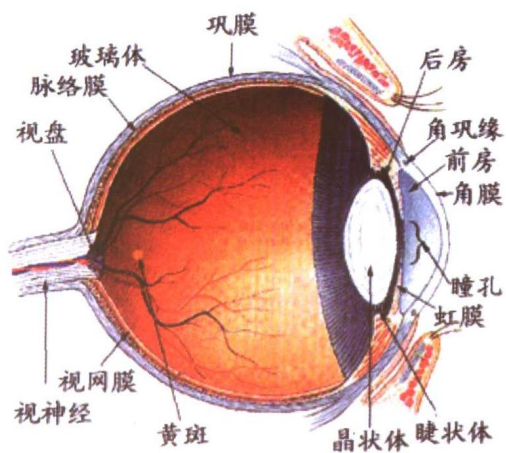


图 1 眼球剖面图

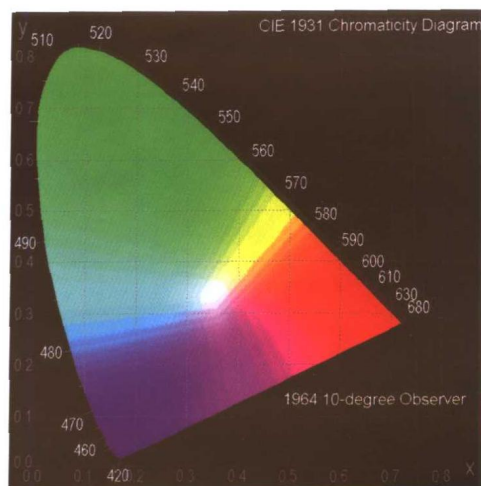


图 2 CIE 1931 色度图

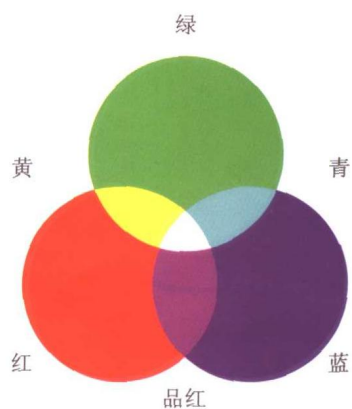


图 3 三基色光相加

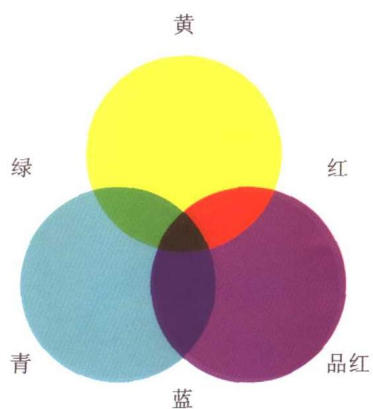


图 4 三基色光相减



图 5 真彩色图像

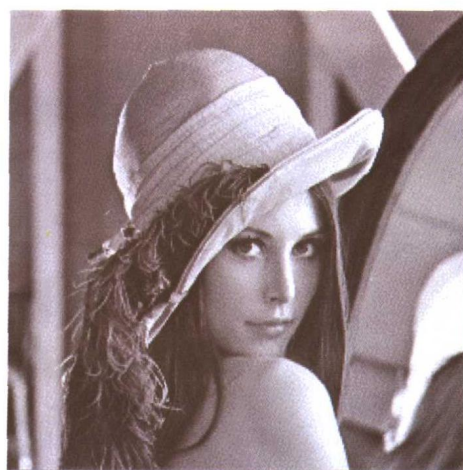


图 6 灰度图像

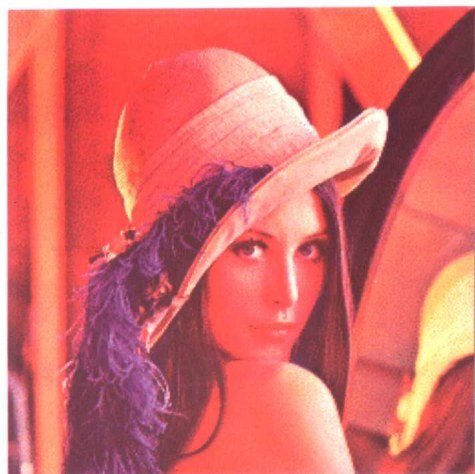


图 7 索引色图像



图 8 二值化图像



图 9 RGB 彩色空间

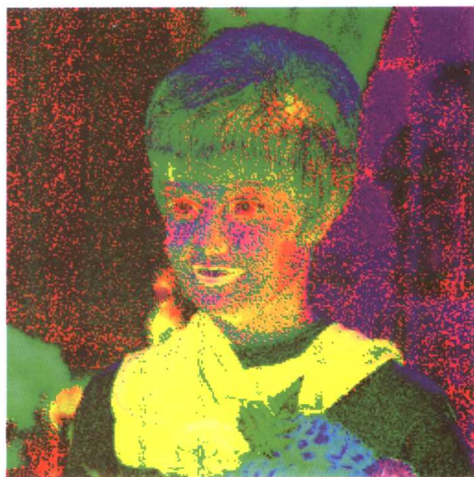


图 10 HSV 彩色空间



图 11 YIQ 彩色空间



图 12 YCbCr 彩色空间



图 13 Airplane 图像

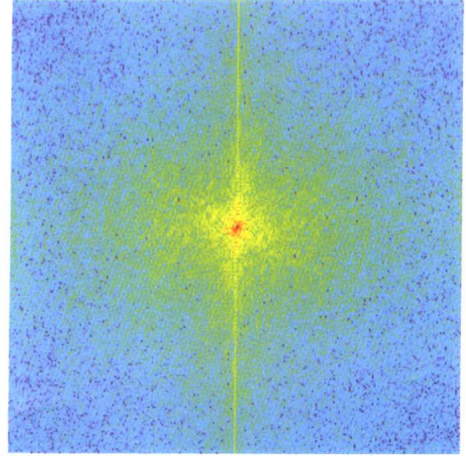


图 14 傅里叶谱



图 15 Baboon 图像

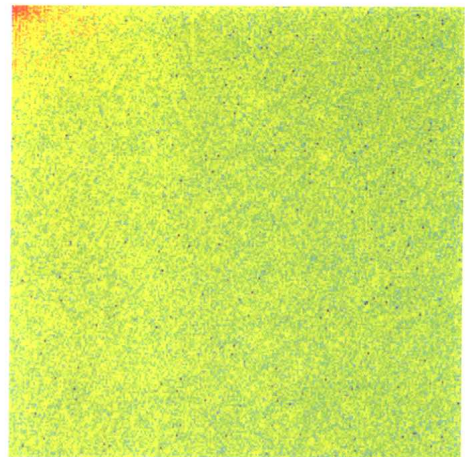


图 16 DCT 变换图像



图 17 Couple 图像



图 18 边缘提取图像 (Canny 算子)

5/30/15

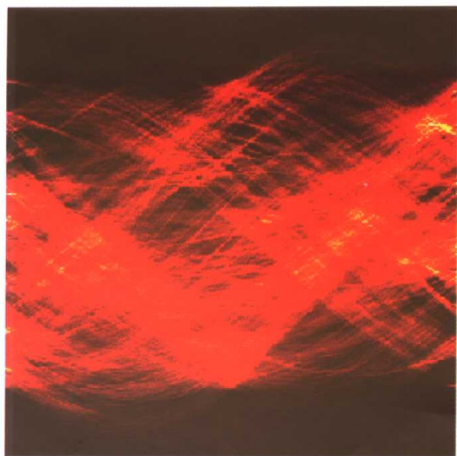


图 19 边缘图像的 Radon 变换图像

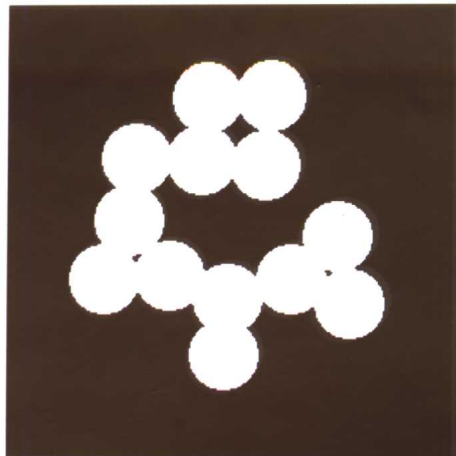


图 20 Circle 图像

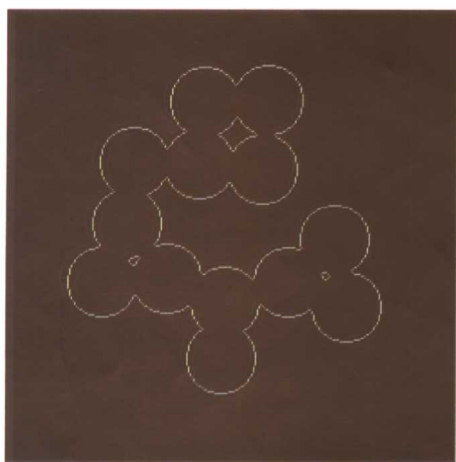


图 21 去除内部点后的图像

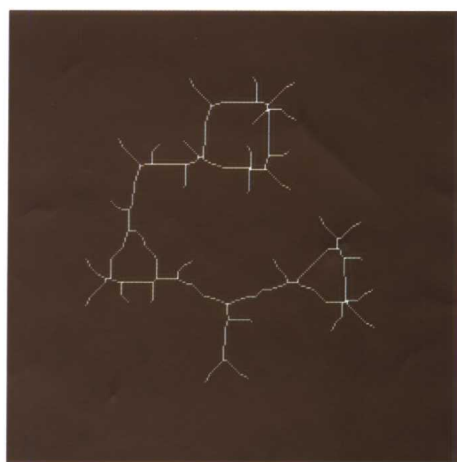


图 22 图像骨架化



图 23 Flowers 图像

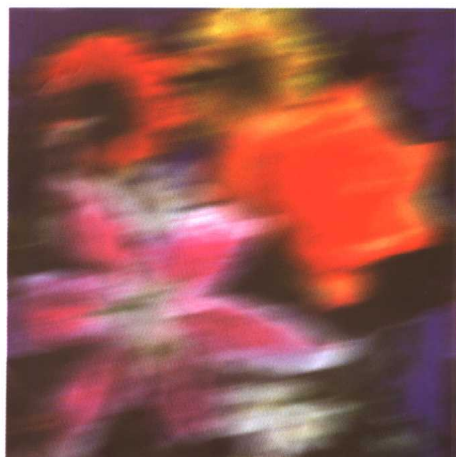


图 24 维纳滤波降噪图像

前 言

数字图像处理科学是一门跨学科的前沿科学。众所周知,在诸如遥感、生物医学、地质、海洋、气象、冶金等许多学科中,都涉及到一个重要的问题:怎样获取图像,如何使得所获取的图像满足人的视觉要求,如何分析和理解一幅图像。这些问题的解决是随着计算机的发展而逐步深化的,图像处理是计算机应用的一个重要分支。特别是从 20 世纪 80 年代中期到 90 年代,随着各个应用科学的发展,图像处理和分析逐渐形成了自己独立的学科体系,新的处理方法层出不穷。同时,它与新的数学理论,如小波变换与分析、马尔科夫随机场、分形理论以及分数论相结合,获得了新的动力,呈现出强大的生命力。

Visual C++ 是 Microsoft 公司开发的一种具有高度综合性能的软件开发工具。它改变了传统的编程手段,使得程序员可以直接在良好的可视化开发环境中进行工作,同时,Visual C++ 还集成了多种有用的工具与功能,从而大大提高了应用程序的开发效率,用它开发出的程序具有运行速度快、可移植能力强等优点,因此,在对数字图像进行处理时,通常采用 Visual C++ 进行编程。Visual C++ .NET (也称为 Visual C++ 7.0) 与以往版本相比,增加了许多新的特性,包括 Web 应用程序、新颖的 C# 编程语言,以及 ATL、DCOM、MFC、数据库等方面的增强,尤其是在开发环境界面上变化更大,它采用平面化的操作界面(这一点有点类似于 Visual Basic),它的亲和性使得更多的程序开发人员乐于接受。本书也适应这一发展形式,所有程序都通过 Visual C++ .NET 开发。

传统的数字图像处理书籍往往存在两种倾向:一种是偏重于理论推导和分析,适合于图像处理专业研究人员使用,这难免与实际工程脱节;另一种基本上是图像处理的编程指导,或某些图像处理工具包的用户说明书,或对某些输入输出设备性能的介绍,由于种种原因,往往难见各种操作背后的理论基础,读者只能使用现有的技术而无法进一步发展和研究。本书综合了以上两种编写方法的优点,既对数字图像处理传统理论作了适当的推导与分析,又对数字图像处理领域的当前发展作了一定的描述,同时还给出了具体处理方法的 Visual C++ .NET 程序实现。

本书共分 10 章,前 4 章介绍了数字图像的基础知识,包括数字图像处理概述、数字图像的物理基础、各种流行的图像文件格式以及 Visual C++ .NET 图像编程基础,掌握了这些知识,可以对后面的图像处理操作打下良好的基础。第 5 章到第 10 章对数字图像处理中最常用的一些处理方法,如数字图像的几何变换、正交变换、增强、形态学运算、边缘检测与提取、轮廓跟踪、图像分析、复原、重建等作了适当的理论推导和分析,几乎对每种常用的数字图像处理方法都提供了完整的源代码和详细注解,这使读者能迅速掌握并灵活运用这些处理方法,这些方法的介绍是按照由简单到复杂的顺序,循序渐进进行的。

本书内容丰富，叙述清晰，适合数字图像处理工作者阅读，也可以作为各大专院校的数字图像处理课程的参考资料。

本书力图在扎实的基础上反映新的发展，使其具有一定的学术价值，书中还引用了许多参考文献，在此对有关作者表示诚挚的谢意。由于时间仓促，书中难免有错误和不足之处，恳请广大读者批评指正。

作者
2004年2月

目 录

第 1 章 数字图像处理概述.....	1
1.1 图像处理方法概述.....	2
1.1.1 图像数字化处理简介.....	3
1.1.2 数字图像处理方法简介.....	6
1.2 数字图像处理系统.....	7
1.2.1 输入系统.....	8
1.2.2 输出系统.....	9
1.2.3 计算机处理器.....	9
1.2.4 大容量存储器.....	10
1.3 数字图像处理的主要研究内容.....	10
第 2 章 数字图像处理基础.....	12
2.1 光度学简介.....	12
2.1.1 光谱光视效率.....	13
2.1.2 明视觉、暗视觉和介视觉.....	14
2.1.3 光通量和发光强度.....	15
2.1.4 亮度.....	16
2.1.5 照度.....	17
2.2 色度学简介.....	19
2.2.1 彩色视觉基础.....	19
2.2.2 颜色视觉理论.....	25
2.3 连续图像简介.....	27
2.3.1 连续图像的表达式.....	27
2.3.2 二维线性系统.....	28
2.3.3 各种算子.....	29
2.3.4 连续图像的统计模型.....	32
2.4 图像的数字化的.....	38
2.4.1 确定型图像场抽样和重建.....	38
2.4.2 随机图像场抽样.....	40
2.4.3 抽样图像的量化.....	42
2.4.4 扫描、彩色制式以及彩色空间的线性变换.....	51
第 3 章 数字图像文件格式.....	62
3.1 数字图像的存储.....	62

3.1.1	位映射图像.....	62
3.1.2	矢量图像.....	64
3.2	MacPaint 图像文件格式.....	64
3.2.1	Mac Binary Header	65
3.2.2	图案数据.....	66
3.2.3	图像数据.....	66
3.2.4	创建 MacPaint 图像文件.....	66
3.3	BMP 图像文件格式.....	67
3.3.1	位图文件头.....	68
3.3.2	位图信息头.....	68
3.3.3	调色板.....	70
3.3.4	实际的位图数据.....	70
3.4	GIF 图像文件格式	71
3.4.1	GIF 文件头	73
3.4.2	逻辑屏幕描述块.....	74
3.4.3	全局彩色表.....	75
3.4.4	图像描述块.....	76
3.4.5	局部彩色表.....	79
3.4.6	表基图像数据.....	79
3.4.7	图形控制扩展块.....	80
3.4.8	无格式文本扩展块.....	82
3.4.9	注释扩展块.....	82
3.4.10	应用程序扩展块.....	83
3.4.11	GIF 文件结束块.....	83
3.5	TIFF 图像文件格式.....	84
3.5.1	TIFF 图像文件头.....	85
3.5.2	TIFF 文件目录.....	86
3.5.3	数据区块.....	89
3.5.4	TIFF 图像文件分类.....	92
3.5.5	TIFF 数据压缩方法.....	95
3.6	PCX 图像文件格式	96
3.6.1	PCX 图像文件的结构	97
3.6.2	PCX 文件头	97
3.6.3	PCX 图像压缩数据	99
3.7	JPG 图像文件格式	103
3.7.1	JPEG 编码过程.....	104
3.7.2	JPEG 文件结构.....	107
3.8	PNG 图像文件格式.....	112
3.8.1	PNG 图像文件结构简介.....	114

3.8.2 PNG 文件署名域.....	114
3.8.3 数据块结构.....	114
3.8.4 数据块摘要.....	116
3.9 Visual C++ .NET 编程实现.....	117
3.9.1 Windows 编程.....	118
3.9.2 源代码及其说明.....	119
3.9.3 编译条件.....	130
3.9.4 运行结果.....	131
第 4 章 图像的几何变换.....	132
4.1 图像几何变换的基础知识.....	132
4.1.1 一般变换.....	133
4.1.2 仿射变换.....	134
4.1.3 透视变换.....	136
4.1.4 多项式变换.....	136
4.1.5 插值.....	137
4.1.6 抗混叠技术.....	137
4.2 图像平移.....	138
4.2.1 基本原理.....	138
4.2.2 Visual C++ .NET 编程实现.....	139
4.3 图像旋转.....	147
4.3.1 基本原理.....	147
4.3.2 Visual C++ .NET 编程实现.....	150
4.4 图像镜像.....	159
4.4.1 基本原理.....	159
4.4.2 Visual C++ .NET 编程实现.....	161
4.5 图像转置.....	163
4.5.1 基本原理.....	163
4.5.2 Visual C++ .NET 编程实现.....	164
4.6 图像缩放.....	166
4.6.1 基本原理.....	166
4.6.2 Visual C++ .NET 编程实现.....	167
4.7 插值算法.....	170
4.7.1 最近邻插值.....	171
4.7.2 双线性插值.....	172
4.7.3 双三次插值.....	172
第 5 章 图像的正交变换.....	174
5.1 正交函数的概念.....	174

5.2 连续傅里叶变换	175
5.2.1 傅里叶变换的基本概念	175
5.2.2 傅里叶变换的性质	177
5.3 离散傅里叶变换	183
5.3.1 离散傅里叶变换的基本概念	183
5.3.2 离散傅里叶变换的性质	185
5.3.3 快速傅里叶变换	192
5.3.4 Visual C++ .NET 编程实现图像傅里叶变换	204
5.4 离散余弦变换	213
5.4.1 离散余弦变换的基本概念	213
5.4.2 离散余弦变换的性质	217
5.5 沃尔什变换	219
5.5.1 沃尔什函数简介	219
5.5.2 沃尔什函数的理论基础	220
5.5.3 沃尔什函数的性质	227
5.5.4 离散沃尔什变换	227
5.6 Hadamard 变换	232
5.7 Slant 变换	235
5.8 离散 K-L 变换	236
5.8.1 一维 K-L 变换	236
5.8.2 图像的 K-L 变换	237
5.8.3 K-L 变换的性质	239
5.8.4 DCT 与 K-L 变换的关系	239
5.8.5 K-L 变换的应用	240
5.9 奇异值分解变换	242
第 6 章 图像增强	244
6.1 空域变换增强	245
6.1.1 灰度级修正	245
6.1.2 灰度变换法	246
6.1.3 直方图修正	262
6.2 空域滤波增强	274
6.2.1 图像的空域平滑	274
6.2.2 图像的空域锐化	290
6.3 频域增强	304
6.3.1 频域增强的理论基础	304
6.3.2 图像的频域平滑	305
6.3.3 图像的频域锐化	306
6.3.4 同态滤波	308

6.4 彩色增强.....	324
6.4.1 伪彩色增强.....	324
6.4.2 真彩色增强.....	332
第7章 图像的数学形态学运算	333
7.1 数学形态学基础知识.....	334
7.1.1 图像与数学形态学的关系	334
7.1.2 数学形态学运算的设计原则	334
7.1.3 图像的定量分析原则.....	335
7.1.4 数学形态学中的基本符号与术语	337
7.2 图像的腐蚀.....	340
7.2.1 图像腐蚀简介.....	340
7.2.2 腐蚀的编程实现.....	345
7.3 图像的膨胀.....	349
7.3.1 图像膨胀简介	349
7.3.2 腐蚀和膨胀的代数性质	353
7.3.3 膨胀的编程实现.....	354
7.4 开运算和闭运算.....	358
7.4.1 开运算和闭运算的基本概念	358
7.4.2 开运算和闭运算的代数性质	364
7.4.3 开运算和闭运算的编程实现	364
7.5 击中与击不中	375
7.6 图像的骨架与细化算法	379
7.6.1 基本概念.....	379
7.6.2 图像细化的编程实现.....	381
7.7 灰度图像的数学形态学	387
7.7.1 投影、表面函数与阴影集合	387
7.7.2 灰度图像的腐蚀.....	388
7.7.3 灰度图像的膨胀.....	389
7.7.4 灰度图像的开运算和闭运算	390
7.7.5 灰度图像的基本几何特征	392
7.7.6 灰度图像代数运算的另一种定义方法	394
第8章 图像的边缘检测、提取以及轮廓跟踪	397
8.1 边缘检测.....	397
8.1.1 基本概念.....	397
8.1.2 基于经典微分算子的边缘检测	398
8.1.3 经典边缘检测算子的性能比较	404
8.1.4 LOG 滤波器与 Marr-Hildreth 边缘检测算子.....	407

8.1.5 多灰度图像的边缘聚焦法	415
8.1.6 Canny 边缘检测算子	416
8.1.7 基于曲面拟合的边缘检测方法	419
8.1.8 松弛标记法	429
8.1.9 经典边缘检测算子的编程实现	432
8.2 边界描述	446
8.2.1 Hough 变换	446
8.2.2 Freeman 链码	454
8.2.3 Hough 变换的编程实现	456
8.3 边缘提取、轮廓跟踪以及种子填充算法	461
8.3.1 边缘提取	461
8.3.2 轮廓跟踪	461
8.3.3 种子填充算法	462
8.3.4 边缘提取与轮廓跟踪的编程实现	466
第 9 章 图像复原	473
9.1 图像的退化	474
9.2 图像复原的模型	475
9.2.1 图像复原的一般模型	475
9.2.2 离散复原模型	476
9.3 连续图像的复原	479
9.3.1 逆滤波法	479
9.3.2 维纳滤波法	482
9.3.3 参数估值滤波法	484
9.4 离散图像的复原	485
9.4.1 伪逆法	485
9.4.2 奇异值分解法	487
9.4.3 约束复原法	489
9.5 离散图像的统计复原	490
9.5.1 线性回归法	490
9.5.2 维纳估计法	491
9.5.3 非线性约束复原法	495
9.6 运动模糊图像的复原	500
9.7 退化模型未知时的复原方法	503
9.8 点扩展函数的确定	504
9.8.1 均匀直线运动时的点扩散函数	504
9.8.2 散焦时的点扩散函数	504
9.8.3 高斯降晰函数	505
9.8.4 大气湍流时的点扩展函数	506

9.9 几何畸变校正	506
9.9.1 图像几何学	506
9.9.2 图像的几何畸变	507
9.9.3 图像的几何校正	508
9.9.4 地球资源卫星多光谱扫描图像的几何校正	510
9.9.5 灰度值的确定	511
第 10 章 图像重建	514
10.1 图像重建的物理基础	514
10.1.1 传输式投影	514
10.1.2 计算机层析摄影原理	516
10.2 图像的重建算法	520
10.2.1 问题的陈述	520
10.2.2 变换方法	523
10.2.3 级数展开法	525
10.3 反投影法	527
10.3.1 连续反投影	527
10.3.2 反投影算子的实现	528
10.4 平行束的卷积法	530
10.4.1 卷积、希尔伯特变换和正则化	530
10.4.2 卷积法的推导	532
10.4.3 卷积法的实现	533
10.4.4 卷积法的优点	534
10.5 傅里叶重建法	535
10.6 发散束的卷积法	536
10.6.1 发散束的卷积算法	537
10.6.2 卷积函数的选择	539
10.6.3 点响应函数	540
10.6.4 噪声的重建	543
10.6.5 重排	543
参考文献	546

第 1 章 数字图像处理概述

数字图像处理一般是指通过数字计算机处理二维图像。更广义地讲，它包括对任何二维数据的数字处理。这门学科的产生和迅速发展主要受 3 个方面因素的影响：一是计算机的发展；二是数学的发展，特别是离散数学理论的创立和完善；三是广泛的军事、工业和医学等方面的应用。20 世纪 20 年代，图像处理首先应用于改善伦敦和纽约之间的海底电缆发送的图片质量上。直到 20 世纪 50 年代，数字计算机技术发展到了了一定的水平后，人们才开始利用计算机来处理图形和图像信息，数字图像处理这一新兴学科也应运而生。数字图像处理的早期应用是对宇宙飞船发回的图像进行各种处理。1964 年，美国喷气推进实验室（Jet Propulsion Laboratory, JPL）对“漫游者 7 号（Ranger 7）”太空飞船发回的月球图片进行了诸如几何校正、灰度变换及去除噪声等处理，并用计算机成功地绘出了月球的表面图。此后对探索者飞船及水手号系列飞船发回的图像也进行了各种相应的处理，处理技术获得迅速发展与完善。到了 20 世纪 70 年代，图像处理技术的应用从宇航领域迅速扩展到生物医学、信息科学、资源环境科学、天文学、物理学、工业、农业、国防、教育、艺术等各个领域与行业，对经济、军事、文化以及人们的日常生活产生了重大的影响。例如 70 年代出现的计算机断层扫描（CT）技术、血球自动分类技术、核磁共振成像（MRI）技术及近期出现的正电子扫描（PET）技术使得传统医学诊断发生了重大的变化。在通信领域，由于数字图像压缩技术的进展，视频会议、可视电话、移动可视电话及高清晰度数字电视等的相继出现，人们的日常生活悄然地发生着巨大的变化。在资源与环境科学领域，遥感图像处理技术被用来监测水灾、森林火灾、地震等自然灾害的灾情，评估农作物的收成，研究污染状况和勘探矿物、地下水及海洋等资源，这些应用的结果都使得经济效益明显得到提高。在工业方面，计算机视觉使得机器人能可靠地完成零件检测和自动装配，以及各种重复烦琐而精度又很高的工作，或在危险环境中工作。在军事上，图像处理技术在目标定位、目标跟踪、武器制导等方面起着关键的作用。在考古学方面，利用数字图像处理技术可以对珍贵文物的模糊图像进行恢复，对古化石植物图像进行自动分类等等。由此可见，数字图像处理技术已广泛地应用到了各行各业，并且已经取得了丰硕的成果。但与此同时，各个应用领域又反过来对数字图像处理不断地提出更新、更高的要求。例如，实时处理、计算机视觉、与图形学密切关联的处理等等。由于人类客观实践对图像处理要求的提高，图像处理的应用领域还在不断扩大，因此，对图像处理的理论要不断地补充和发展，近年来出现的数学形态学、混沌理论和分维理论的引入使得图像处理技术更加丰富了。

计算机图像处理按其输入、输出形式可以分为下述几种类型。

从图像到图像

输入和输出均为图像。这种处理技术主要有图像增强、图像复原和图像编码。