



普通高等教育“十二五”规划教材

数字图像处理与分析基础

——MATLAB和VC++实现

◎ 主编: 孙 明



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

视觉信息学教程

数字图像处理与分析基础

——MATLAB 和 VC++实现

主编 孙 明

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍数字图像处理与分析的基本原理、典型算法和实用技术。第1章为数字图像处理与分析基础,第2~14章分别讨论了图像增强、图像平滑、图像锐化、图像分割、边缘检测、形态学图像处理、特征选择、彩色图像处理、纹理分析、频率变换、几何变换、图像编码、图像复原等数字图像处理与分析的基本知识,从第2章开始每章都包含可自由调用的MATLAB和VC++算法源程序。为了帮助读者更好地掌握书中的源程序,在附录A和附录B中简要介绍了MATLAB和VC++编程基础。

本书可作为高等院校电子信息类专业图像处理与分析课程的教材,也可供相关专业人员以及对MATLAB和VC++程序设计感兴趣的读者阅读参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理与分析基础: Matlab 和 VC++实现 / 孙明主编. —北京: 电子工业出版社, 2013.10
ISBN 978-7-121-21538-4

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第224598号

责任编辑: 董亚峰 特约编辑: 王 纲

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

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

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 20.5 字数: 525 千字

印 次: 2013年10月第1次印刷

定 价: 39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前言

感谢您选择本书，为了更好地帮助您学习本书的知识，请仔细阅读下面的内容。

读者对象

本书适用于大专院校的教学和科研以及采用视觉信息学进行研究或产品开发的人员。视觉信息学集成了多学科的综合知识，它是信息学的一个分支。读者通过本书不仅可以系统地学习这门综合性科学和技术的主要内容，也可以掌握用 MATLAB 和 VC++ 等最常用编程语言编制视觉信息学程序的基本技能，加深对该学科的理解。

知识背景

20 世纪 60 年代，数字图像处理的一些算法只能在大型计算机上运行；在 70 年代，也只能在小型计算机上运行；而到了 80 年代，已能在普通的个人计算机上运行了。由于个人计算机的普及，数字图像处理技术的应用获得了爆炸式的增长，引起了来自工业、农业、军事、医学、交通、航空航天等不同领域研究人员的关注。因此学习和掌握这门科学显得格外重要。我国主要高等院校已经把数字图像处理这门课程作为信息与信号处理、通信与电子系统、模式识别、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研究生课程。为了对各种与视觉信息、图像及交叉科学相关的技术进行综合研究和集成应用，我们有必要构建一个新的统一框架——视觉信息学，它是一门与信息技术相结合，系统地研究各种图像科学的理论、技术和应用的新兴交叉学科。

本书特色

视觉信息学大体包括数字图像处理与分析、图像理解与交叉科学两部分内容，它是一门实践性很强的科学，只有将理论与编程实践有机结合才能收到良好效果。但是以往的著作过于注重概念和原理而忽略了实践环节，过于注重理论性而忽略了实用性，往往极力采用数学公式以突出理论性，因不擅长公式推导等而导致半途而废的情况并不少见。本书为数字图像处理与分析部分的内容，通过对以往模式的改革，能够使读者在学习理论的同时，通过编程的实践演练，透彻直观地理解和掌握数字图像处理与分析的方法和技术，既实用易懂，又系统全面，并且凸显了该领域的最新成果。本书用图文并茂和应用实例的直观解说代替烦琐的数学推导过程，通过提供各种算法的 MATLAB 和 VC++ 程序示例，并对每条语句加以注释，使读者能够在上机实践演练中加深对数字图像处理算法的理解，而且对提供的程序稍加改动就可以组成自己的数字图像处理软件。因此本书既有学术价值，又有实用价值。理论和实践的有机结合是本书的一大特色，可使本课程的学习变得生动有趣，这也体现了本书的实用性特色。另外，本书对所出现的关键词语都加上了英文对照，可为读者阅读与数字图像处理与分析相关的英文资料提供帮助。

教师在向学生传授理论的同时，可用书中所提供的 MATLAB 和 VC++ 程序讲解处理算法程序，示范处理结果，使学生在实践中透彻理解图像处理与分析的算法，一改单一理论灌输的传统教学模式。科

研人员在项目开发中可以通过复制和改写图像处理与分析的程序,达到自己的专用处理目标。

主编孙明博士有着日本留学经历和多年的教学及科研经验,具有广泛的国际联系,能够跟踪图像处理与分析及其应用的国际学术前沿,在国内外学术期刊上发表了大量关于图像处理与分析方面的学术论文。在本书编写过程中,编者参阅了许多学术论文和著作。

全书包括 14 章和两个附录。其中第 1~3 章、第 11~13 章由孙明博士编写,第 4 章、第 7~9 章由刘春红博士编写,第 5、6 章由位耀光博士编写,第 14 章及附录 A 由孙红博士编写,第 10 章及附录 B 由傅隆生博士编写,全书由孙明博士统稿。MATLAB 程序及 VC++ 程序主要由孙明博士开发,傅隆生博士和李嘉伟硕士协助进行了程序的编制和调试。

需要提醒的是,读者可到电子工业出版社华信教育资源网上搜索本书并下载每一章所配套的 VC++ 源程序。

本书编委会

主编:孙明博士(中国农业大学)

其他成员:刘春红博士(中国农业大学),位耀光博士(中国农业大学),孙红博士(中国农业大学),傅隆生博士(西北农林科技大学)。

致谢

本书的编写得到了许多人士的大力支持和帮助。首先要感谢中国农业大学信息与电气工程学院的教授们,诚挚感谢院长高万林博士、副院长杜松怀博士、叶海建先生、张晓东博士,特别要感谢农业工程领域专家、中国工程院院士汪懋华先生的关心、指导和支持,感谢电子工程系的王忠义博士(系主任)、李民赞博士(现代精细农业系统集成研究教育部重点实验室主任)、李道亮博士(中欧农业信息技术研究中心主任)、刘刚博士、杨卫中博士、石庆兰女士、徐云博士、董乔雪博士、张漫博士、王建平先生、陈一飞先生、常华先生等,恕不一一列举,感谢他们作为同事一直以来给予我的热忱帮助。感谢中国农业大学工学院教授陈兵旗博士,曾一起合作于 2004 年 3 月在清华大学出版社出版了《Visual C++ 实用图像处理》一书,并分别作为主编和副主编出版了“十一五”国家级规划教材《实用图像处理与分析》,本书参照和借鉴了这两本书籍的部分内容。同时,要感谢北京农产品质量检测与农田环境监测技术研究中心主任、研究员王纪华博士,他给予我的大力支持和鼎力帮助让我没齿难忘。

我还要感谢我的哥哥——加拿大纽芬兰纪念大学医学部终身教授孙光博士,也要感谢我的弟弟——沈阳百多邦医药保健科技有限公司总经理孙宏,他们对我的真切关爱和帮助让我感受到了血浓于水的手足之情!同时更要深深感谢父母亲的养育之恩!

我尤其要感谢我贤惠的妻子孙海霞和活泼可爱的女儿孙元欣,她们让我在家里得到温馨和快乐,使我无后顾之忧,可以专心从事教学、科研和写作。

另外,本书在编写过程中参考了国内外大量书籍和论文等参考资料,特别是 VC++ 程序编制中参考了周长发编著的《精通 Visual C++ 图像处理编程(第二版)》一书,对此作者表示由衷的感谢。

我热切希望能得到各位读者对本书提出宝贵意见。

孙 明

2013 年 9 月于中国农业大学

sunming@cau.edu.cn

目 录

第 1 章 数字图像处理与分析基础	1
1.1 视觉信息学概述	1
1.2 视觉信息学的应用领域	4
1.3 图像处理的特点	6
1.4 图像处理系统的基本构成	7
1.5 图像表达	9
1.5.1 图像的矩阵表达	9
1.5.2 图像的数据结构	10
1.6 图像格式	13
1.6.1 BMP 格式	13
1.6.2 TIFF 格式	14
1.6.3 JPEG 格式	14
1.6.4 GIF 格式	15
1.6.5 PNG 格式	15
1.7 图像数字化	15
1.8 视觉特性	18
1.8.1 人眼结构与机理要点	18
1.8.2 视觉模型	19
1.8.3 亮度感觉	20
1.9 数字图像处理与分析的基本知识	21
参考文献	22
第 2 章 图像增强	23
2.1 图像增强概述	23
2.2 对比度增强	24
2.3 灰度变换法	25
2.3.1 线性灰度变换	25
2.3.2 非线性灰度变换	28
2.3.3 位面表示	30
2.4 直方图调整法	31
2.4.1 直方图均衡化	32
2.4.2 直方图规定化	34
2.5 同态滤波法	37
2.6 伪彩色与假彩色增强	40
2.6.1 伪彩色增强	40
2.6.2 假彩色增强	46
2.7 应用研究实例	47
参考文献	49
第 3 章 图像平滑	50
3.1 图像噪声概述	50
3.2 图像平滑概述	53
3.3 低通滤波	54
3.4 均值滤波	59
3.5 中值滤波	64
3.6 自适应滤波	67
3.7 其他平滑技术	68
3.7.1 边缘保持均值滤波	68
3.7.2 边缘保持中值滤波	71
3.8 应用研究实例	73
参考文献	75
第 4 章 图像锐化	76
4.1 图像锐化概述	76
4.2 高通滤波	76
4.3 微分法	81
4.4 锐化图像表示方式	84
4.5 反锐化掩模法	86
4.6 应用研究实例	88
参考文献	90
第 5 章 图像分割	91
5.1 图像分割概述	91

5.2 阈值化	92
5.2.1 像素信息	92
5.2.2 阈值化处理	93
5.2.3 阈值的确定	95
5.3 区域生长和分裂合并	101
5.4 应用研究实例	104
参考文献	105
第 6 章 边缘检测	106
6.1 基于边缘的图像分割概述	106
6.2 边缘性质概述	106
6.3 基于微分的边缘检测	108
6.4 基于模板匹配的边缘检测	113
6.5 基于 Hough 变换的边缘检测	115
6.5.1 传统 Hough 变换的 直线检测	115
6.5.2 过已知点 Hough 变换的 直线检测	121
6.5.3 Hough 变换的应用	122
6.6 应用研究实例	123
参考文献	124
第 7 章 形态学图像处理	125
7.1 数学形态学概述	125
7.2 形态学基本运算	126
7.3 形态学图像预处理	130
7.4 形态学图像分割	132
7.5 其他形态学图像处理算法	135
7.6 应用研究实例	137
参考文献	139
第 8 章 特征选择	140
8.1 特征选择概述	140
8.2 二值图像中的基本概念	140
8.3 二值图像的特征参数	142
8.4 区域标记	148
8.5 基于特征参数提取物体	150
8.6 基于特征参数的其他处理	152
8.7 应用研究实例	152
参考文献	153

第 9 章 彩色图像处理	154
9.1 彩色信息概述	154
9.2 彩条制作	156
9.3 彩色模型	158
9.3.1 彩色色度学模型	159
9.3.2 彩色工业模型	161
9.3.3 彩色视觉模型	163
9.3.4 彩色模型变换示例	166
9.4 颜色特征的更改	170
9.5 基于颜色的图像分割	171
9.6 图像合成	173
9.7 应用研究实例	177
参考文献	179
第 10 章 纹理分析	180
10.1 纹理分析概述	180
10.2 统计法	181
10.2.1 灰度分布统计	182
10.2.2 灰度共生矩阵	184
10.2.3 自相关函数	188
10.3 结构法	189
10.4 模型法	190
10.4.1 Markov 随机场	190
10.4.2 分形维	191
10.4.3 局部二进制模式	193
10.5 信号处理法	196
10.5.1 傅里叶变换法	197
10.5.2 小波变换法	199
10.6 纹理分割	199
10.7 应用研究实例	201
参考文献	202
第 11 章 频率变换	203
11.1 频率概述	203
11.2 频率变换概述	204
11.3 离散傅里叶变换	206
11.3.1 一维傅里叶变换	206
11.3.2 二维傅里叶变换	208

11.4 其他频率变换	210	14.3 滤波复原方法	253
11.4.1 线性变换、酉变换、 正交变换	210	14.3.1 逆滤波	253
11.4.2 正弦型变换	211	14.3.2 等功率谱滤波	254
11.4.3 方波型变换	213	14.3.3 维纳滤波	255
11.5 滤波处理	214	14.4 代数复原方法	256
11.6 应用研究实例	216	14.4.1 伪逆法	256
参考文献	217	14.4.2 投影迭代法	257
第 12 章 几何变换	218	14.5 约束最小二乘方复原	258
12.1 几何变换概述	218	14.6 盲去卷积复原	258
12.2 放大缩小	219	14.7 应用研究实例	260
12.3 平移旋转	221	参考文献	261
12.4 齐次坐标变换	222	附录 A MATLAB 编程基础	262
12.5 图像配准	226	A.1 MATLAB 概述	262
12.6 应用研究实例	227	A.1.1 MATLAB 在图像处理中的 优势	262
参考文献	228	A.1.2 MATLAB 基本学习方法	262
第 13 章 图像编码	229	A.1.3 MATLAB 的特点和运行 环境	263
13.1 图像编码概述	229	A.2 图像输入与输出	264
13.2 信源编码的概念	230	A.2.1 图像输入	264
13.3 无失真编码	232	A.2.2 图像显示	265
13.3.1 霍夫曼编码	234	A.2.3 图像输出	267
13.3.2 行程编码	236	A.3 数据类型及其转换	268
13.4 限失真编码	238	A.3.1 数据类型	268
13.4.1 预测编码	238	A.3.2 数据类型之间的转换	269
13.4.2 变换编码	241	A.4 图像类型及其转换	269
13.4.3 混合编码	243	A.4.1 图像类型	269
13.4.4 其他编码方法	244	A.4.2 图像类型之间的转换	270
13.5 图像压缩的标准格式	244	A.5 数组索引	274
13.6 应用研究实例	245	A.5.1 向量索引	274
参考文献	246	A.5.2 矩阵索引	275
第 14 章 图像复原	247	A.5.3 选择数组维数	279
14.1 图像复原概述	247	A.5.4 几个重要的标准数组	279
14.2 图像退化模型	248	A.6 M 文件	280
14.2.1 向量空间表示	250	A.7 MATLAB 算子	281
14.2.2 退化参数确定	252	A.8 流程控制	292
14.2.3 无约束和有约束复原	253	A.9 编码优化	296
		A.10 交互式 I/O	297

A.11	图像的邻域操作和块操作	300			
A.11.1	滑动邻域操作	300			
A.11.2	图像块的操作	302			
附录 B	VC++编程基础	305			
B.1	Windows 编程概念	305			
B.1.1	用户界面概念	305			
B.1.2	对象与句柄概念	306			
B.1.3	匈牙利命名法概念	307			
B.2	MFC 基础	307			
B.2.1	什么是 MFC	307			
B.2.2	MFC 的设计原理	308			
B.2.3	MFC 的目标	308			
B.2.4	MFC 的层次结构及其 子类功能简介	308			
B.3	基于 VC++编制 MFC 应用 程序的示例	310			
B.3.1	生成程序框架	310			
B.3.2	在工程 MfcHello 中添加 hello.h 头文件	310			
B.3.3	在工程 MfcHello 中添加 实现文件 hello.cpp	311			
B.3.4	设置动态链接到 MFC 类库	311			
B.3.5	运行程序	312			
B.4	DirectShow 核心技术	312			
B.4.1	DirectX 介绍	312			
B.4.2	DirectShow 简介	312			
B.4.3	DirectShow 系统	313			
B.4.4	Filter	313			
B.4.5	Filter Graph	313			
B.4.6	WDM 数据流	314			
B.4.7	视频捕获	314			
B.4.8	Pins, Streams, Formats	314			
B.4.9	视频流命名约定	314			
B.5	基于 DirectShow 的图像采集 程序开发	315			
B.6	图像处理与分析教学软件演示及 源程序说明	318			

第1章

数字图像处理与分析基础

1.1 视觉信息学概述

有句谚语“百闻不如一见”，就是说费尽口舌还不如一幅画一目了然。例如，单凭名字不能回忆起某人时，不妨翻看一下他/她的照片；仔细阅读某种机器设备的使用说明书之前，还不如先浏览一下其说明图表等。人类通过眼、耳、鼻、舌、身接收信息、感知世界，约 83% 的信息来自我们的眼睛，即视觉，即使吃东西时也是如此。也许有人 would 认为吃东西时肯定是味觉占主导地位，实际上是眼睛首先看到食物的颜色和形状后刺激了我们的食欲。如果蒙上眼睛、塞住鼻子吃东西，我们甚至连自己吃的是什么都无法判断。曾经有人做过这样的实验，实验者被蒙上眼睛、捏住鼻子，然后分别喝橙汁和苹果汁，结果所有实验者都无法分辨自己喝的是哪种果汁。用同样的方法再做一个实验，实验者对于吃的是苹果还是生土豆也很难分辨。心理学上被称为“麦格克效应 (McGurk effect)”的实验证明了人的听觉在很大程度上也受视觉的影响。可见，视觉是人类获取信息的最重要途径。既然如此，我们就需要研究与视觉信息的获取和处理等相关的学科。那么，哪些学科的概念和术语与此相关呢？下面就介绍几个重要概念和术语。

1. 信息学 (informatics)

信息学是研究信息的获取、处理、传递和利用的规律性的一门新兴学科。信息学是以信息为研究对象，以计算机等技术为研究工具，以扩展人类的信息功能为主要目标的一门综合性学科。

2. 视觉信息 (visual information)

人类视觉系统认识客观世界的过程是通过人眼获取有用的视觉信息，在大脑中形成图像，并对其进行加工、处理和转换，最终获得用以进行思维的抽象概念的一个信息处理过程。

3. 视觉信息学 (visual informatics)

视觉信息学是 20 世纪 90 年代初提出的一个学科概念，并于 2009 年 11 月在马来西亚首都吉隆坡召开了第一届视觉信息学会议^[1]。视觉信息学不仅包括信息学和计算机科学，而且包括工程信息学、虚拟技术与系统、医学和健康信息学及其教育等其他相关领域。它是综合运用数学、光学、计算机科学等基本原理及各种工具，对视觉信息进行有效提取、存储、传递、处理、分析和解释中出现和发展的各种新理论、新方法、新算法、新手段、新设备等进行综合研究和集成应用的一个新的统一框架。最近，它已成为计算机视觉、信息可视化、实时图像处理、虚拟现实、增强现实、表达视觉信息学、3D 图形学、多媒体融合、视觉数据挖掘、视觉本体、视觉文化与服务等多

学科交叉的领域。视觉信息学的内容非常丰富,覆盖范围广,主要包括作为视觉信息基础的图像的处理、分析和解释等相关的科学。

4. 图像 (image)

“图”是物体透射或反射光的分布,是客观存在的。“像”是人的视觉系统对图在大脑中形成的印象或认识,是人的感觉。图像信息(简称图像)是图和像的有机结合,既反映物体的客观存在,又体现人的心理因素;它是客观对象的一种可视表示,包含了被描述对象的有关信息。根据空间坐标和幅度(亮度或色彩)的连续性,图像可分为模拟图像和数字图像。

5. 模拟图像 (analogue image)

模拟图像也称光学图像,是空间坐标和幅度都连续变化的图像。

6. 数字图像 (digital image)

把空间坐标和幅度均用离散的数字(一般是整数)表示的图像,称为数字图像,本书中所涉及的图像都是数字图像,以下简称为图像。图像中每个基本单元叫做图像元素,简称像素(pixel)。根据抽象程度和研究方法等的不同,对数字图像的研究主要分为三个层次:图像处理、图像分析和图像理解。

7. 图像处理 (image processing)

图像处理主要指数字图像处理或计算机图像处理,即利用计算机对图像信息进行加工处理,以满足人的视觉心理需要和实际应用或某种目的的要求。图像处理着重强调在图像之间进行的变换,输入和输出的都是图像,包括图像采集和获取、图像增强、图像平滑、图像锐化、几何变换、图像编码、图像复原等。

8. 图像分析 (image analysis)

图像分析主要针对图像中感兴趣的目标进行检测和测量,以获得它们的客观信息,从而建立对图像的描述。输入的是图像,输出的是特征。它包括图像分割、边缘检测、形态学图像处理、特征选择、彩色图像处理纹理分析、频率变换等。

9. 图像理解 (image understanding)

图像理解的重点是在图像分析的基础上进一步研究图像中各个目标的性质和它们之间的相互联系,并得出对图像内容含义的理解以及对原来客观场景的解释,从而指导和规划行动。输入的是图像,输出的是知识。它包括图像识别、图像融合,以及利用小波变换、神经网络、遗传算法、数字水印、光谱分析、X射线、视频、遥感等新理论、新工具、新技术实现图像的视觉认知、知识表达和更深层理解。

伴随着近年来的技术进步,计算机逐渐成为我们生活中不可或缺的东西。其中用计算机处理图像信息的视觉信息学也得到了迅速的发展和广泛普及。

该学科经过了以下发展历程。

① 20世纪20年代:图像远距离传输。

② 20世纪40年代:数字计算机的出现使数字图像处理成为可能。

③ 20世纪50年代:数字计算机发展到一定水平,但主要还是用于数值计算,满足不了处理大数据量图像的要求。

④ 20世纪60年代中期:美国喷气推进实验室用计算机对“旅行者七号”太空船发回的大批月球照片进行处理。

⑤ 20 世纪 60 年代末至 70 年代初：数字图像处理开始应用于医学图像、地球遥感监测和天文学等领域。数字图像处理较完整的理论体系已形成，成为一门新兴学科。

⑥ 20 世纪 70~80 年代：随着离散数学理论的创立和完善，数字图像处理的理论和方法进一步完善，1976 年第一本数字图像处理专著问世^[2]。20 世纪 80 年代，随着三维图像设备和处理系统等硬件的发展，人们不仅可以处理二维图像，也开始处理三维图像。

⑦ 20 世纪 90 年代至今：数字图像处理向更高级的方向发展，包括实时性、智能化、普及化、网络化和低成本。20 世纪 90 年代初视觉信息学的学科概念被提出，这个学科概念为图像科学发展过程中出现的各种新理论、新方法、新算法、新手段、新设备等的综合研究和集成应用提供了一个新的统一框架。

图像有各种各样的形式，图 1-1 对各种图像进行了分类，总体上可分为动态图像（运动图像、视频）和静态图像（静止图像）。根据处理图像的种类、处理精度、处理速度选择适当的处理方法。

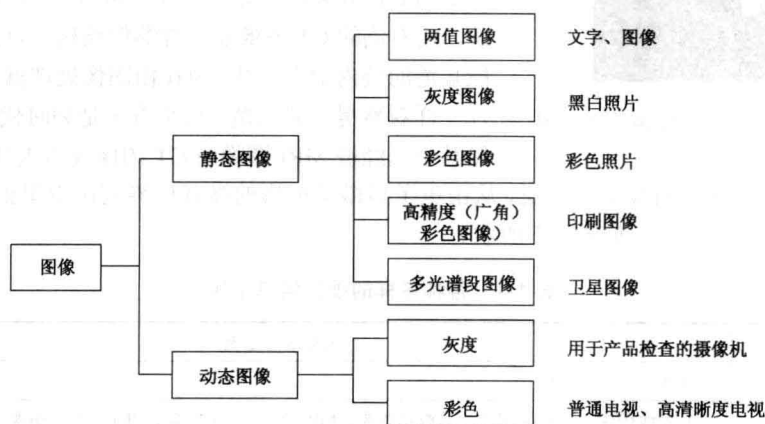


图 1-1 图像分类

另外，现在电视机的显像管已成为个人计算机的显示器，反过来在个人计算机显示器上也可以观看电视节目。这使得拍摄图像的环境越来越复杂，图 1-2 给出了一些示例，不过模拟世界的电视机已经吸收了数字化技术和计算机技术，开始了全数字化的数字电视广播。打字机也从原来只能处理文字和灰度图像发展到能够处理真彩色的动态图像。计算机图形学（computer graphics）与图像处理（image processing）是分别发展起来的技术，但是它们相互作用、共同成长，现在已经很难把它们严格区分开来，虚拟现实技术就是两者高度结合的产物。

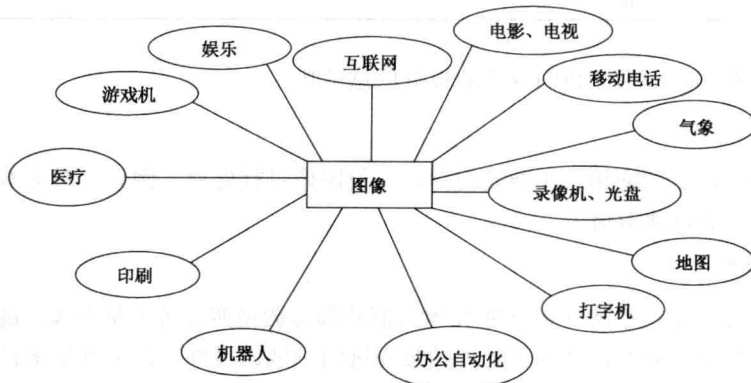


图 1-2 拍摄图像的环境

1.2 视觉信息学的应用领域

电视机中的特殊效果、自动售货机中纸币的读取、邮政编码的自动识别等，都显示出视觉信息学已经越来越接近我们的生活了。例如，在医院里很早就使用 X 射线与显微镜照片来诊断疾病，最近采用计算机处理各种图像也已成为疾病诊断的重要工具。



图 1-3 MRI 图像与 CT 图像融合切片图

另外，把通常拍摄不到的人体内状态的图像可视化的特殊图像处理装置也已在疾病诊断中使用。具有代表性的成果有 MRI（Magnetic Resonance Imaging，核磁共振）和 CT（Computed Tomography，计算机断层摄影），图 1-3 是 MRI 图像与 CT 图像融合切片图，左侧的 MRI 图像显示软组织形态，而右侧的 CT 图像显示骨骼的结构。以前不解剖就不可能知道的脑内形态特征，现在由图像处理就可以像看普通相片一样观察得一清二楚。这个方法是划时代的，许多医学书籍甚至已经被 MRI 图像与 CT 图像技术重新改写。

视觉信息学的研究对象非常广泛，从由电子显微镜拍摄的微观世界到由卫星拍摄的宏观世界，涉及的应用领域方方面面，如表 1-1 所示。

表 1-1 各种各样的视觉信息示例

应用 领域	视觉信息示例
办公室	文本、图面、商标
生物医学	X 射线图像、超声波图像、显微镜图像、MRI 图像、CT 图像、PET、红外图像
遥感	地面探索卫星（LANDSAT）图像、气象卫星图像、航空图片、地图
工业生产	IC 模式图、工业摄像机拍摄的图像、CAD、CAM、产品质量检测、生产过程控制
电影和电视	各种照片（风景、人物）、计算机图形学图像、电影和电视摄像机拍摄的图像
宇宙探测	星体图片
通信	图像传输、电视电话、HDTV
军事	军事目标侦察、制导系统、警戒系统、自动火器控制、反伪装
身份鉴别	虹膜图像、人脸图像、人耳图像、指纹图像、掌纹图像、手型图像、静脉图像
其他	虚拟现实、增强现实、表达视觉信息学、3D 图形学、多媒体融合、视觉数据挖掘、视觉本体、视觉文化与服务

下面来看一看实际应用在我们身边的视觉信息学吧。

1. 办公室

对于文本和画面上的应用，主要是对黑白二值图像进行处理。例如，对文本图像上文字的自动判别、设计图纸的自动识别等。

2. 生物医学

在生物医学领域中很早就开始处理 X 射线照片和显微镜照片等大量图像，进行了染色体的分析与细胞的自动分类等研究，是图像处理的最先进的领域。另外，由于近年来科学技术的快速发展，出现了可以把通常无法看见的物体图像可视化的方法。前面提到的 MRI 和 CT 就是具有代表性的实例，还有使用超声波来观察胎内婴儿活动的装置。

3. 遥感

这是处理由人造卫星拍摄的图像,使资源信息和气象信息等图像可视化的领域,主要应用在农业、渔业、环境污染调查、城市规划等方面。

4. 工业

在工厂自动化中也使用各种视觉信息学的处理方法,主要用在缺陷品的自动检查、产业用机器人的视觉等方面。为了在安装和生产线上使用,对于从摄像机输入的图像,有必要进行简单高速的处理。

5. 电视和电影

在电视和电影领域中,作为特殊效果来使用的情况很多,如在新节目制作方法的开发中利用图像变形或者如图1-4所示的图像合成等。

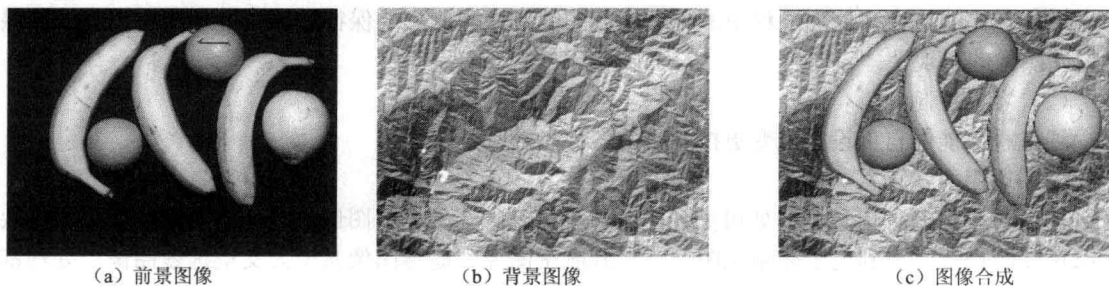


图1-4 图像合成实例

6. 宇宙探测

图像处理技术最先应用于宇宙空间探索,处理大量、难以预测的星体图片。

7. 通信技术

通信技术中,需要通过网络传输图像和视频,实现图像传真、电视电话、卫星电视、高清晰度电视(HDTV)等。

8. 军事技术

视觉信息学在军事中的应用主要有航空和卫星侦察照片的判读、导弹制导、雷达和声纳图像的处理、反伪装等。

9. 身份鉴别

视觉信息学用于身份鉴别的生物特征识别技术,主要包括虹膜图像识别、人脸图像识别、人耳图像识别、指纹图像识别、掌纹图像识别、手型图像识别、静脉图像识别等。

10. 其他

其他方面包括虚拟现实、增强现实、表达视觉信息学、3D图形学、多媒体融合、视觉数据挖掘、视觉本体、视觉文化与服务。

今天,几乎不存在与视觉信息学无关的技术领域,这里讨论的应用领域仅涉及其中的一部分。

个人计算机技术的快速发展,使视觉信息学越发成为我们身边的东西。以前只有高价的大型计算机才能处理的图像,现在用个人计算机便可轻松处理。而且,由于数字通信技术的进步、互联网的普及,许多图像和数字图像处理与分析源程序被上传到网络上,渐渐营造出个人也能容易体验的图像处理与分析环境。

1.3 图像处理的特征

视觉信息学的基础是数字图像处理与分析,这是本书所涉及的内容。现在说到图像处理,就意味着基于计算机的数字图像处理(digital image processing),但是也有使用光学系统的模拟图像处理(analog image processing)。例如,在照片摄影中装上遮光片拍摄柔和的气氛,打开快门拍摄流星的运动。数字图像处理就是通过计算机来实现与上述相同的处理,以下简称为图像处理。图像处理的优点可总结为以下几项。

(1) 正确性和重现性好

由于通过计算机进行处理,正确性就不必说了,而且同样的程序即使数次运行,也能得到同样的结果。理论上图像处理不会因图像的存储、传输等过程而导致质量退化。图像质量主要取决于采样和量化的精度、处理过程中的处理精度的限制,因此只要保持足够的处理精度,就能够保证原始图像的重现性。

(2) 容易控制

通过程序能够自由设定及变更控制用的各种参数。

(3) 适用面宽

图像可来自多种信息源,如可见光图像、不可见的红外光谱图像、超声波图像;还可以反映不同尺度的物体,小到电子显微镜图像,大到航空图像、遥感图像甚至天文望远镜图像。处理都是由程序进行的,只要变更一下程序,就能够实现各种各样的处理。另外,能够重新组合程序,开发新程序。

(4) 综合性强

由于图像处理适用面宽,涉及的技术领域也十分广泛,从学科分类来看,可将其划分为交叉学科。数学、物理学中的光电学等是图像处理的理论基础,计算机技术、电子信息技术、通信技术等是其实现的支撑技术。

另一方面,图像处理也有以下缺点。

(1) 数据量大

图像数据经数字化后输入计算机内。例如,把 17 寸电视屏幕大小的图像按各个颜色数字化后输入计算机内,就相当于水平 700 像素×垂直 500 像素×3 色≈1MB(兆位)的数据。传送彩色电视图像的速率达 108Mbit/s,则每秒的数据量可达 13.5MB。这么大的数据量和传输速率对计算机的计算速度、网络带宽、媒体存储容量等都有很高要求,因此数据压缩成为不可或缺的处理环节。

(2) 占用频带较宽

模拟视频信号的带宽(约为 5.6MHz)比模拟音频信号的带宽(约为 2kHz)约高出两个数量级。数字化后的视频信号所占用的频带进一步加宽。宽频带对其处理和传输提出了更高的要求,因此频带压缩技术在图像处理领域也引起了更多的关注。

(3) 费时

由于图像数据量大,处理所花费的时间多。如果处理一个像素花 1 毫秒,处理 700 像素×500 像素的数据就要花 350 秒。

随着硬件技术的发展,计算机、存储器以及外围设备都迅速便宜下来,过去只有昂贵的大型计算机才能进行的庞大处理,现在用数千元个人计算机就能完成。

硬件越来越便宜,但问题是软件。输入的图像如何进行处理,这与软件密切相关。计算机处

理图像时，要编制程序来执行。依据程序才能实现图 1-5 (a) 所示的几何变换中的图像旋转、图 1-5 (b) 所示的边缘检测等操作。

到目前为止，已经有不少的图像处理书籍问世。但是由于图像处理中采用的方法多、范围广，而且从简单到复杂要处理的图像种类也多，如果想要网罗所有方法，就会成为浩浩巨著，这是没有必要的。另外，通常的专业书籍以算法为中心来进行讲述，但是实际中往往采用多种算法的组合。在这种情况下，如果不面面俱到地阅读，就可能无法编制出有针对性的处理程序。

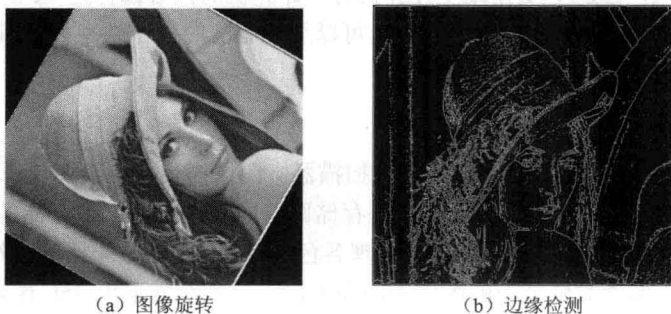


图 1-5 图像处理实例

本书为了使初学者也能马上使用与验证所学到的东西，首先确定具体的图像处理与分析的目的，然后对必要的算法进行说明。例如，为了实现图像平滑、图像分割、边缘检测等目的，有什么样的算法？如何组合这些算法呢？我们将以此为中心进行说明。进而，对于典型的算法，我们将通过具体的图像与 MATLAB 程序和 VC++ 程序示例予以说明。

1.4 图像处理系统的基本构成

那么图像处理与分析需要什么设备呢？图 1-6 显示了一般图像处理系统的硬件构成 (components of an image processing system)，包括输入及数字化设备、计算机、显示及记录设备等。如果我们仔细地观察，就会发现，一台个人计算机 (personal computer) 加上扫描仪 (scanner) 不就构成了一个图像处理系统吗？的确如此，个人计算机完全能够胜任各种图像处理任务。下面将比较详细地阐述图像处理系统的构成。

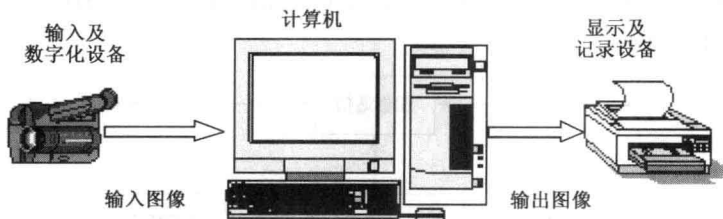


图 1-6 图像处理系统的硬件构成

1. 输入及数字化设备

传统的图像输入 (image acquisition) 方式是由摄像机 (video camera)、扫描仪 (scanner) 等装置，通过图像采集卡 (image grabber)，把模拟图像数字化后输入计算机中。现在，由于数码技术的高速发展，输入及数字化设备也发生了革命性变化，可以由数码相机 (digital still camera)、数码扫描仪 (digital scanner)、VCD 和 DVD 播放装置等所有具有 USB 接口或者 IEEE 1394 接口的

数码图像设备直接把图像输入计算机中。计算机的主板上都有 USB 接口。大多数便携式计算机，除了 USB 接口之外，还带有 IEEE 1394 接口。台式计算机在用 IEEE 1394 接口的数码图像装置进行图像输入时，目前需要另配一枚 IEEE 1394 图像采集卡，但是最近台式计算机的主板上也开始附加 IEEE 1394 接口了。

2. 计算机

可采用个人计算机 (PC)、工作站型计算机等。计算机的核心部件是 CPU (Central Processing Unit)，CPU 的发展是非常迅速的，现在的 PC 可以与数年前的工作站型计算机、十多年前的大型计算机相匹敌。

3. 显示及记录设备

显示及记录设备包括内存、显示器、鼓式扫描器、图像拷贝机、绘图仪、打印机等。

内存 (或称帧存储器, frame memory) 是存储图像的地方。通常被存储的图像可在显示器上适时地显示出来。一般的图像处理装置需要处理各色 8 比特, 总计 24 比特, 约 1677 万色的彩色图像 (color image)。像素数依处理的图像不同而不同, 早期经常采用 256 像素×256 像素与 512 像素×512 像素的图像。后来, 大多处理从摄像机输入的 640 像素×480 像素及以上图像。

显示器 (display) 表示图像和命令指示窗口。最近的个人计算机的显示器可以选择多种像素及色彩的表示方式。从 640 像素×480 像素的 256 色到 1600 像素×1200 像素以及更高分辨率的 24 比特的真彩色 (true color) 都可以选择。

数字化的图像数据, 与计算机的程序数据相同, 被存储在个人计算机内的硬盘或 U 盘中。也就是说, 即使个人计算机本体从硬盘或 U 盘输入图像数据, 通过计算机处理, 在帧存储器上也能表示出来。进而, 用扫描仪就能够从通常的照片或书刊把图像输入计算机中, 也可以通过数码相机和摄像机来输入图像。另外, 可以通过市场上出售的存有图像的光盘或者通过因特网下载来获取图像。

打印机用于在纸上输出的图像, 有喷墨打印机和激光打印机。特别是激光打印机可打印出较高分辨率的图像。

所谓昂贵的图像处理装置, 只不过是具有多个帧存储器、高性能图像输入装置、大容量的图像存储装置或者具有图像处理专用的硬件而已。但是, 就一般图像处理而言, 个人计算机已经足够了。

另外, 一个图像处理系统由图像输入、图像存储、图像输出、图像通信、图像处理与分析五个模块组成, 如图 1-7 所示。

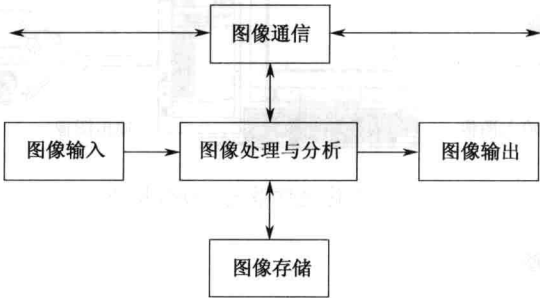


图 1-7 图像处理系统的组成

图像输入也称图像采集, 该模块是利用前述的输入及数字化设备来获取图像, 将要处理的模拟图像转化成适于计算机处理的数字图像。图像存储模块主要用来存储图像信息。图像输出模块