

高等学校电气信息类教材

# 智能图像处理技术

李弼程 彭天强 彭波 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

## 内 容 简 介

本书主要讨论了智能图像处理技术，系统介绍了智能图像处理技术的有代表性的思想、算法与应用，跟踪了图像处理技术的发展前沿。

全书共分为 15 章，重点介绍了图像边缘检测、图像分割、图像特征分析、图像配准、图像融合、图像分类、图像识别、基于内容的图像检索与图像数字水印。此外，为了内容的完整性，本书还介绍了图像预处理技术，如图像采集、图像变换、图像增强、图像恢复、图像编码与压缩。

本书既可作为高等学校信息与通信工程、信号与信息处理、应用数学等相关专业方向的高年级本科生或研究生的教材或参考书，也可作为工程技术人员和研究人员的参考用书。

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

智能图像处理技术/李弼程, 彭天强, 彭波等编著. —北京: 电子工业出版社, 2004.7

高等学校电气信息类教材

ISBN 7-121-00047-4

. 智... . 李... 彭... 彭... . 计算机应用—图像处理—高等学校—教材 . TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 060599 号

责任编辑: 刘宪兰 特约编辑: 联 霞

印 刷:

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

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×980 1/16 印张: 25.5 字数: 648 千字

印 次: 2004 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 32.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。  
联系电话 (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

# 前 言

传统的图像处理技术主要集中在图像的获取、变换、增强、恢复（还原）、压缩编码、分割与边缘提取等方面。随着信息技术的发展，图像特征分析、图像配准、图像融合、图像分类、图像识别、基于内容的图像检索与图像数字水印等技术都取得了长足的进展。这些图像处理技术反映了人类的智力活动，其在计算机上模仿、延伸和扩展了人的智能，具有智能化处理功能，因而称之为智能图像处理技术。

智能图像处理技术是在传统的图像处理技术基础上发展起来的，并以传统的图像处理技术作为预处理技术。智能图像处理技术是图像处理智能化发展的必然趋势，它们能够更好地满足人类的信息处理需求。

与国内同类教材相比，本书有如下几个特色：

1. 大多数现有的图像处理教材主要介绍传统的图像处理技术，即图像的获取、变换、增强、还原、编码、边缘检测与分割等方面的内容。而本书主要讨论图像处理的最新发展，如图像的特征分析、配准、融合、分类、识别、检索与数字水印技术，具有前沿性与先进性。此外，为了内容的完整性，本书也介绍了图像预处理技术。

2. 本书系统介绍了智能图像处理技术的有代表性的思想、算法与应用，具有很强的实用性。

3. 本书是作者在多年的科学研究与教学基础上总结出来的，经过了反复讲解、筛选与修改，使之更适合作为高等学校信息与通信工程、信号与信息处理、应用数学等相关专业方向的高年级本科生或研究生“图像处理”课程的教材或参考书，以及用做工程技术人员与研究人员的应用参考用书。

本书共分为15章，其中，第1、3、6、9、11、14章由李弼程编写；第2章由李弼程与彭波共同编写；第4、5章由彭波编写；第7、8章由曹闻与高世海共同编写；第10章由曹闻编写；第12、13章由彭天强编写；第15章由陈琦编写。全书由李弼程负责整理与统稿。

在全书的编写过程中，郭志刚老师、肖永隆老师，研究生姚宏宇、苏环与徐毅琼参与了资料整理，在此表示感谢。另外，感谢电子工业出版社的刘宪兰老师，是她的辛勤劳动和宝贵意见，才使本书得以顺利出版。

本书参考了国内外许多同行的论文、著作，引用了其中的观点、数据与结论，在此一并表示谢忱。

由于作者学识有限，加上时间紧张，错误、缺点在所难免，敬请读者批评、指正。

作 者  
2004年3月1日于郑州

# 目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 图像与图像处理的概念	1
1.2 数字图像处理研究的内容	1
1.2.1 传统的图像处理技术	2
1.2.2 智能图像处理技术	3
1.3 数字图像处理系统	4
1.4 数字图像处理的应用	5
1.5 人的视觉系统与色度学基础	6
1.5.1 人的视觉系统	6
1.5.2 色度学基础	6
1.6 本书的安排	7
本章参考文献	8
第 2 章 图像采集	9
2.1 图像数字化	9
2.1.1 图像的数学模型	9
2.1.2 采样与量化	9
2.2 量化技术	11
2.2.1 标量量化	11
2.2.2 矢量量化	12
2.2.3 LBG 算法与初始码书设计	14
2.3 图像输入	16
2.3.1 图像采集系统	17
2.3.2 图像输入设备	19
2.4 图像文件格式	24
2.4.1 BMP (位图) 文件格式	24
2.4.2 GIF 文件格式	29
2.4.3 JPEG 文件格式	32
本章参考文献	34
第 3 章 图像变换	37
3.1 傅里叶变换	37
3.1.1 一维傅里叶变换	37

3.1.2	二维傅里叶变换	39
3.1.3	二维离散傅里叶变换的性质	40
3.1.4	正交变换的基本概念	43
3.2	离散余弦变换	44
3.2.1	离散余弦变换的定义	44
3.2.2	离散余弦变换的快速实现	44
3.3	K-L 变换	45
3.3.1	K-L 变换的定义	46
3.3.2	K-L 变换的性质	47
3.4	小波变换	48
3.4.1	连续小波变换	48
3.4.2	二进小波变换	48
3.4.3	离散小波变换	51
3.5	其他可分离变换	59
3.5.1	沃尔什变换	59
3.5.2	哈达玛变换	60
3.5.3	斜变换	60
	本章参考文献	61
<b>第 4 章</b>	<b>图像增强</b>	<b>63</b>
4.1	空间域单点增强	63
4.1.1	灰度变换	63
4.1.2	直方图修正	66
4.2	图像平滑	71
4.2.1	噪声门限法	71
4.2.2	邻域平均法	72
4.2.3	加权平均法	73
4.2.4	中值滤波	74
4.2.5	掩膜平滑法	77
4.2.6	空间低通滤波	78
4.3	图像锐化	78
4.3.1	微分算子方法	79
4.3.2	Sobel 算子	80
4.3.3	拉普拉斯算子	81
4.3.4	统计差值法	83
4.3.5	掩膜匹配法	84
4.3.6	空间高通滤波	85

4.4	图像滤波	85
4.4.1	低通滤波	86
4.4.2	同态滤波	88
4.4.3	高通滤波	89
4.5	彩色增强	91
4.5.1	假彩色处理	91
4.5.2	伪彩色处理	92
	本章参考文献	95
<b>第5章 图像恢复</b>		97
5.1	图像退化的数学模型	97
5.1.1	图像退化模型	97
5.1.2	点冲激函数的退化模型	97
5.1.3	连续图像退化模型	99
5.1.4	离散图像的退化模型	100
5.1.5	离散退化模型的求解	102
5.2	无约束图像恢复	104
5.2.1	最小二乘估计	104
5.2.2	运动模糊图像的恢复	106
5.3	有约束图像恢复	108
5.3.1	有约束的最小二乘图像恢复	108
5.3.2	维纳滤波	108
5.3.3	功率谱均衡恢复	110
5.3.4	有约束最小平方恢复	112
5.4	图像几何校正	115
5.4.1	几何校正方法	116
5.4.2	空间几何坐标变换	116
5.4.3	重采样	118
	本章参考文献	120
<b>第6章 图像编码与压缩</b>		123
6.1	图像编码基础	123
6.1.1	数据压缩的概念	123
6.1.2	图像压缩的性能评价	123
6.2	统计编码	124
6.2.1	编码效率与冗余度	125
6.2.2	霍夫曼编码	126
6.2.3	香农-费诺编码	128

6.2.4	算术编码 .....	129
6.3	预测编码 .....	131
6.3.1	预测编码的基本原理 .....	131
6.3.2	差值脉冲编码调制 .....	132
6.3.3	最优线性预测 .....	133
6.4	变换编码 .....	134
6.4.1	变换编码系统结构 .....	134
6.4.2	正交变换编码 .....	135
6.4.3	小波变换编码简介 .....	137
6.5	无失真压缩编码 .....	139
6.5.1	引言 .....	139
6.5.2	基于线性预测的无失真压缩 .....	139
6.5.3	基于 S+P 变换的无失真压缩 .....	140
6.5.4	基于第二代小波变换的无失真压缩 .....	141
6.6	国际标准简介 .....	143
6.6.1	JPEG .....	143
6.6.2	H.261 建议 .....	144
6.6.3	MPEG-1 标准 .....	144
6.6.4	MPEG-2 标准 .....	144
6.6.5	MPEG-4 标准 .....	144
6.6.6	MPEG-7 标准 .....	144
6.6.7	MPEG-21 标准 .....	146
	本章参考文献 .....	146
<b>第 7 章</b>	<b>图像边缘检测 .....</b>	<b>149</b>
7.1	边缘检测的基本概念 .....	149
7.2	微分边缘检测算子 .....	150
7.2.1	梯度方法 .....	150
7.2.2	二阶微分算子 .....	156
7.3	多尺度边缘检测 .....	160
7.3.1	Marr-Hildreth 边缘检测 .....	161
7.3.2	Witkin 尺度滤波理论 .....	161
7.3.3	小波变换边缘检测 .....	161
7.4	基于模糊增强的边缘检测 .....	164
7.4.1	引言 .....	164
7.4.2	单层次模糊增强简介 .....	164
7.4.3	多层次模糊增强 .....	166

7.4.4	基于多层次模糊增强的边缘提取	168
7.5	基于 Snake 模型的边缘检测	169
7.5.1	Snake 模型的数学描述	169
7.5.2	基于 Snake 模型的边缘检测	171
7.6	曲面拟合边缘检测	172
	本章参考文献	173
<b>第 8 章</b>	<b>图像分割</b>	<b>177</b>
8.1	图像分割的一般模型	177
8.2	基于阈值选取的图像分割方法	178
8.2.1	直方图阈值	178
8.2.2	最大熵阈值	179
8.2.3	二维直方图阈值	180
8.2.4	统计判决确定门限	182
8.2.5	局部阈值法	185
8.3	基于区域的图像分割方法	185
8.3.1	区域生长法	185
8.3.2	分裂-合并	188
8.4	基于边缘检测的图像分割	192
8.4.1	Hough 变换原理	193
8.4.2	Hough 变换应用	194
8.4.3	广义 Hough 变换	195
8.5	模糊分割技术	197
8.5.1	模糊阈值分割方法	197
8.5.2	基于二维直方图的模糊门限分割方法	197
	本章参考文献	199
<b>第 9 章</b>	<b>图像特征分析</b>	<b>203</b>
9.1	颜色特征分析	203
9.1.1	颜色的表示	203
9.1.2	颜色直方图	208
9.1.3	直方图不变特征量	208
9.1.4	颜色矩	209
9.2	纹理特征分析	210
9.2.1	空间自相关法	210
9.2.2	傅里叶功率谱法	211
9.2.3	共生矩阵法	212
9.2.4	基于邻域特征统计的纹理分析方法	216

9.2.5	灰度差分统计方法与行程长度统计法	217
9.2.6	用分数维描述纹理	218
9.2.7	Tamura 纹理特征	219
9.3	形状特征分析	220
9.3.1	引言	220
9.3.2	基于轮廓的全局方法	221
9.3.3	基于轮廓的结构方法	227
9.3.4	基于区域的全局方法	231
9.3.5	基于区域的结构方法	234
	本章参考文献	236
<b>第 10 章</b>	<b>图像配准</b>	<b>239</b>
10.1	图像配准基础	239
10.1.1	图像配准的概念	239
10.1.2	图像配准的一般模型	240
10.1.3	相似性测度	241
10.2	基于图像灰度的图像配准	242
10.2.1	互相关匹配方法	243
10.2.2	投影匹配算法	244
10.2.3	基于傅里叶变换的相位匹配方法	245
10.2.4	图像矩匹配方法	246
10.3	基于图像特征的配准	246
10.3.1	算法步骤与特点	246
10.3.2	图像预处理	247
10.3.3	特征选择	248
10.3.4	图像匹配	251
10.4	最小二乘图像匹配方法	256
10.4.1	基本思想	256
10.4.2	基本算法	256
10.5	快速匹配方法	261
10.5.1	分层搜索算法	261
10.5.2	基于遗传算法的匹配方法	262
10.5.3	基于金字塔分级搜索的匹配方法	264
	本章参考文献	266
<b>第 11 章</b>	<b>图像融合</b>	<b>269</b>
11.1	图像融合的基本原理	269
11.1.1	信息融合的概念	269

11.1.2	多源遥感图像融合	269
11.1.3	图像融合的模型框架与算法	270
11.1.4	遥感图像融合效果的评价	271
11.2	小波变换融合法	273
11.2.1	传统的小波变换融合方法	273
11.2.2	基于特征的小波变换融合方法	273
11.3	基于 PCA 变换与小波变换的图像融合	274
11.3.1	PCA (主分量分析) 变换融合法	274
11.3.2	基于 PCA 变换与小波变换的融合算法	275
11.4	基于 IHS 变换与小波变换的图像融合	279
11.4.1	IHS 变换融合法	279
11.4.2	基于 IHS 变换与小波变换的融合算法	279
	本章参考文献	281
<b>第 12 章</b>	<b>图像分类</b>	<b>285</b>
12.1	图像分类的概念与原理	285
12.1.1	图像分类的概念	285
12.1.2	图像分类的原理	285
12.2	统计分类方法	286
12.2.1	监督分类	286
12.2.2	非监督分类	288
12.3	模糊分类方法	291
12.3.1	模糊集合	291
12.3.2	模糊关系	296
12.3.3	模糊分类	299
12.3.4	基于模糊关系的模式分类	299
12.3.5	模糊聚类方法	302
12.3.6	改进的模糊 C-均值算法	303
12.4	神经网络分类方法	304
12.4.1	人工神经网络基础	304
12.4.2	神经网络监督分类方法	308
12.4.3	神经网络非监督分类方法	311
12.5	基于广义图像的神经网络遥感图像分类方法	313
12.5.1	广义图像	313
12.5.2	算法的实现过程	313
12.5.3	实验结果与性能比较	314
12.6	基于证据理论与神经网络的遥感图像分类方法	315

12.6.1	证据理论 .....	315
12.6.2	算法的实现过程 .....	316
12.6.3	实验结果与性能比较 .....	317
	本章参考文献 .....	318
<b>第 13 章</b>	<b>图像识别 .....</b>	<b>321</b>
13.1	图像识别的基本原理 .....	321
13.2	模板匹配识别技术 .....	322
13.2.1	模板匹配一般模型 .....	322
13.2.2	序贯相似性检测算法 .....	323
13.3	神经网络图像识别技术 .....	324
13.3.1	神经网络识别的一般模型 .....	325
13.3.2	BP 神经网络识别技术 .....	325
13.3.3	Kohonen 神经网络识别技术 .....	326
13.4	模糊识别技术 .....	326
13.4.1	隶属原则识别法 .....	327
13.4.2	择近原则识别法 .....	327
13.4.3	一种手写文字模糊识别技术 .....	329
13.5	基于隐马尔可夫模型的识别技术 .....	330
13.5.1	隐马尔可夫模型基础 .....	330
13.5.2	基于隐马尔可夫模型的人脸识别 .....	333
13.6	车牌识别技术 .....	336
13.6.1	系统简介 .....	336
13.6.2	车牌图像定位分割算法 .....	337
13.6.3	车牌字符的识别 .....	339
	本章参考文献 .....	340
<b>第 14 章</b>	<b>基于内容的图像检索 .....</b>	<b>343</b>
14.1	基于内容的图像检索概述 .....	343
14.1.1	基于内容的检索 .....	343
14.1.2	基于内容的图像检索 .....	343
14.1.3	基于内容的图像检索相关技术 .....	344
14.1.4	基于内容的图像检索系统 .....	346
14.2	基于颜色特征的图像检索 .....	347
14.2.1	直方图方法 .....	347
14.2.2	中心矩法 .....	349
14.2.3	参考颜色表法 .....	349
14.2.4	颜色对方法 .....	351

14.2.5	基于主色调的检索方法	351
14.2.6	结合空间信息的图像检索方法	353
14.3	基于纹理特征的图像检索	354
14.3.1	基于共生矩阵的纹理匹配	354
14.3.2	基于小波变换的纹理匹配	355
14.3.3	基于 Gabor 变换的纹理匹配	356
14.4	基于形状特征的图像检索	357
14.4.1	基于傅里叶描述的形状检索	357
14.4.2	基于形状矩的形状检索	358
	本章参考文献	359
<b>第 15 章</b>	<b>图像数字水印技术</b>	<b>363</b>
15.1	图像数字水印技术概述	363
15.1.1	信息隐藏技术	363
15.1.2	数字水印技术	364
15.2	空域水印技术	369
15.3	DCT 域图像水印技术	370
15.3.1	DCT 域图像水印研究综述	370
15.3.2	算法实例	371
15.3.3	水印的稳健性测试	372
15.4	小波域图像水印技术	376
15.4.1	技术流程	376
15.4.2	基于低频子带方法	376
15.4.3	细节分量方法	377
15.4.4	利用图像编码的方法	378
15.4.5	Inoue 算法	379
15.5	脆弱图像数字水印技术	382
15.5.1	脆弱图像数字水印的基本特征和研究状况	382
15.5.2	算法实例	385
	本章参考文献	388

# 第 1 章

## 绪 论

### 1.1 图像与图像处理的概念

图像在人类的感知中扮演着非常重要的角色，人类随时随地都要接触图像。据统计，在人类接受的信息中，视觉信息占 70% 以上。正所谓“百闻不如一见”，在许多场合，图像所传递的信息比其他任何形式更加丰富和真切。由此可见，图像信息是非常重要的。

图像 (Image) 就是采用各种观测系统获得的，能够为人类视觉系统所感觉的实体。人的视觉系统本身也是一个观测系统，它得到的图像就是客观景物在人们心目中的有形想像。图像的范围非常广泛，包括：各类图片 (Picture)，如普通照片、X 光片、遥感图片；各类光学图像，如电影、电视画面；客观世界在人们心目中的有形想像以及外部描述，如绘画、绘图；等等。

数字图像处理是指，使用数字计算机对图像进行加工与处理。数字图像处理技术起源于 20 世纪 20 年代，采用数字压缩技术，通过海底电缆从英国伦敦传输了一幅照片到美国纽约。20 世纪 50 年代，人们开始对数字图像处理技术进行系统的研究。1964 年，美国加利福尼亚的喷气推进实验室使用数字计算机，处理了太空船“旅行者 7 号”发回的月球照片，这是数字图像处理技术的一个重要的里程碑，标志着第三代计算机问世后数字图像处理概念开始得到应用。其后数字图像处理发展迅速，到了 20 世纪 70 年代初，数字图像处理已经形成了较完善的学科体系，并成为一门独立的新学科。本书中，图像处理指的就是数字图像处理。

近 30 年来，随着相关学科的发展，以及各领域对图像处理的要求越来越高，数字图像处理技术得到了更加深入、广泛和迅速的发展。目前，数字图像处理已成为人们认识世界、改造世界的重要手段。

### 1.2 数字图像处理研究的内容

数字图像处理学科所涉及的知识非常广泛，具体的方法种类繁多。传统的图像处理技术主要集中在图像的获取、变换、增强、恢复 (还原)、压缩编码、分割与边缘提取等方面，并且随着新工具、新方法的不断出现，这些图像处理技术也一直在更新与发展。

近十多年来，随着信息技术的发展，图像特征分析、图像配准、图像融合、图像分类、图像识别、基于内容的图像检索与图像数字水印等领域取得长足的进展。这些图像处理技术反映了人类的智力活动，它在计算机上模仿、延伸和扩展了人的智能，具有智能化处理功能，因而称之为智能图像处理技术。

智能图像处理技术是在传统的图像处理技术基础上发展起来的，并以传统的图像处理技术作为预处理技术。智能图像处理技术是图像处理向智能化方向发展的必然结果，它能够更好地满足了人类的信息处理需求。

## 1.2.1 传统的图像处理技术

### 1. 图像数字化

由于计算机只接收和处理数字信号，因此需要将一幅模拟图像进行采样与量化处理，转化为数字图像，然后交由计算机进行处理。图像采集是数字图像处理的基础，其目的是将模拟形式的图像通过数字化设备转换为数字计算机可用的离散的图像数据。

### 2. 图像变换

图像变换就是把图像从空间域转换到变换域（如频率域）的过程。图像变换可以使人们从另一个角度来分析图像信号的特性，利用变换域中特有的性质，使图像处理过程更加简单、有效。图像变换是许多图像处理与分析技术的基础，它广泛应用于图像增强、编码、融合、数字水印与特征提取等领域。

### 3. 图像增强

图像增强就是增强图像中用户感兴趣的信息，它的目的主要有两个：一是改善图像的视觉效果，提高图像成分的清晰度；二是使图像变得更有利于计算机的处理。图像增强的方法一般分为空间域和变换域两大类。空间域方法直接对图像像素的灰度进行处理。变换域方法在图像的某个变换域中对变换系数进行处理，然后通过逆变换获得增强图像。

### 4. 图像恢复

图像恢复，也称为图像还原，就是尽可能地减少或者去除数字图像在获取过程中的降质，恢复被退化图像的本来面貌，从而改善图像质量。图像恢复的方法可以分为两类：一类适用于对于图像缺乏先验知识的情况；另一类是事先已经知道是哪些因素引起的图像降质，并对原始图像有比较足够的了解，此时，可对原始图像的退化过程建立一个数学模型，并对图像退化的影响进行拟合。

### 5. 图像数据压缩

图像数据量非常巨大，无论传输或存储都需要对图像数据进行有效的压缩。数据压缩就是减少表示信号所需的数码，从而减少容纳给定消息集合或数据采样集合的物理存储空间，进而减少数据传输所需要的时间区间与电磁频谱区域。

### 6. 图像边缘检测

图像边缘是指图像灰度（亮度）发生空间突变或者在梯度方向上发生突变的像素的集合。图像边缘是图像的基本特征之一，蕴含了图像丰富的内在信息（如方向、阶跃性质与形状等），它广泛应用于图像分割、图像分类、图像配准和模式识别中。

## 7. 图像分割

图像分割就是将图像表示为物理上有意义的连通区域的集合。人们一般是通过对图像的不同特征如边缘、纹理、颜色、亮度等的分析达到图像分割的目的。图像分割通常是为了进一步对图像进行分析、识别、跟踪、理解、压缩编码等，分割的准确性直接影响后续任务的有效性，因此具有十分重要的意义。

### 1.2.2 智能图像处理技术

#### 1. 图像特征分析

图像特征分析与提取是智能图像处理的基础，常用的图像特征有颜色、纹理与形状等。目前，图像内容的描述主要采用图像的特征及其组合。

#### 2. 图像配准

图像配准是指同一目标的两幅（或者两幅以上）图像在空间位置上的对准。图像配准的技术过程，称为图像匹配，或者图像相关。图像配准应用十分广泛，例如，航空航天技术、地理信息系统、图像镶嵌、图像融合、目标识别、医学图像分析、机器人视觉、虚拟现实等领域。

#### 3. 图像融合

十几年来，多传感器信息融合技术获得了普遍的关注和广泛应用。多传感器信息融合是人类或其他逻辑系统中常见的基本功能。人非常自然地运用这一能力把来自人体各个传感器（眼、耳、鼻、四肢）的信息（景物、声音、气味、触觉）组合起来，并使用先验知识去估计、理解周围环境和正在发生的事件。信息融合模仿了人脑综合处理复杂问题的思维方式。

图像融合就是将不同类型传感器获取的同一对象的图像数据进行空间配准，然后采用一定的算法将各图像数据中所含的信息优势或互补性有机地结合起来产生新图像数据的技术。这种新数据具有描述所研究对象的较优化的信息表征，同单一信息源相比，能减少或抑制对被感知对象或环境解释中可能存在的多义性、不完全性、不确定性和误差，最大限度地利用各种信息源提供的信息。

#### 4. 图像分类

图像分类就是利用计算机对图像进行定量分析，把图像中的每个像元或区域划归为若干个类别中的一种，以代替人的视觉判读。图像分类的过程就是模式识别过程，是目视判读的延续和发展。图像分类的特点是速度快、计算精度高，图像测量（如面积计算）比目视估计要准确得多。

图像分类主要用于遥感、医学与军事等领域。以遥感图像分类为例，遥感技术是通过通过对遥感传感器接收到的电磁波辐射信息特征的分析来识别地物类型的，这可以通过人工目视解释来实现，或是用计算机进行自动分类处理，也可以用人工目视解释与计算机自动分类处理

相结合来实现。用计算机对遥感图像进行地物类型识别是遥感图像数字处理的一个重要内容，也是模式识别技术在遥感技术领域中的具体应用。

## 5. 图像识别

图像识别就是利用计算机识别出图像中的目标并分类，用机器智能代替人的智能。它所研究的领域十分广泛，例如，机械加工中零部件的识别、分类；从遥感图片中分辨农作物、森林、湖泊和军事设施；从气象观测数据或气象卫星照片准确预报天气；从 X 光照片判断是否发生癌肿；从心电图的波形判断被检查者是否患有心脏病；在交通中心实现交通管制、识别违章行驶的汽车及司机，等等。

## 6. 基于内容的图像检索

传统的图像检索、查询方法是用文本将图像进行标识，检索时以文本为基础进行。这种采用对图像建立关键词等文本描述信息的方式已越来越不适应现代信息的检索要求，它主要存在如下局限性：由于图像数据量巨大，对图像加注文本信息、分类与归档仍由手工完成，这种方法费时、费力；由于文本描述信息是非常主观的，不同的人对同一图像有不同的理解，用文本描述很难一致，因而查询时所匹配的内容难免会有遗漏和错判；“一幅画胜过一千句话”，区区几个关键词很难将图像所反映的内容描述清楚。为了突破文本检索方式的弊端，必须从图像本身的内容入手，以图像所包含的内容信息作为图像的索引，即基于内容的图像检索。

基于内容的图像检索就是根据图像的语义和感知特征进行检索，具体实现就是从图像数据中提取出特定的信息线索（或特征指标），然后根据这些线索从大量存储在图像数据库的图像中进行查找，检索出具有相似特征的图像数据。与传统的基于关键词的数据库检索手段相比，具有相似度检索、近似检索和要求给出检索结果的集合限制等特点。

## 7. 图像数字水印

数字水印 (Digital Watermarking) 是一种新的、有效的数字产品版权保护和数据安全维护的技术，它是一种十分贴近实际应用的信息隐藏技术。数字水印是将具有特定意义的标记 (水印)，利用数字嵌入的方法隐藏在数字图像、声音、文档、图书、视频等数字产品中，用以证明创作者对其作品的所有权，并作为鉴定、起诉非法侵权的证据，同时通过对水印的检测和分析保证数字信息的完整可靠性，从而成为知识产权保护和数字多媒体防伪的有效手段。

# 1.3 数字图像处理系统

数字图像处理系统是执行图像处理、分析理解图像信息任务的计算机系统。图像处理系统种类很多，但系统的基本结构是相近的，一般由主机及其外设装置构成。数字图像处理系统通常包括：计算机、图像显示器、大规模存储、硬拷贝输出装置、特殊的图像处理硬件、图像处理软件和图像传感器，如图 1-1 所示。

图像传感器的作用是为了获取数字图像。图像传感器通常包含两个部分：一是物理感知

设备，该设备对人们希望成像的物体发射的能量很敏感，可产生模拟数据；二是数字化器，它把物理感知设备输出的模拟数据转换为数字图像。

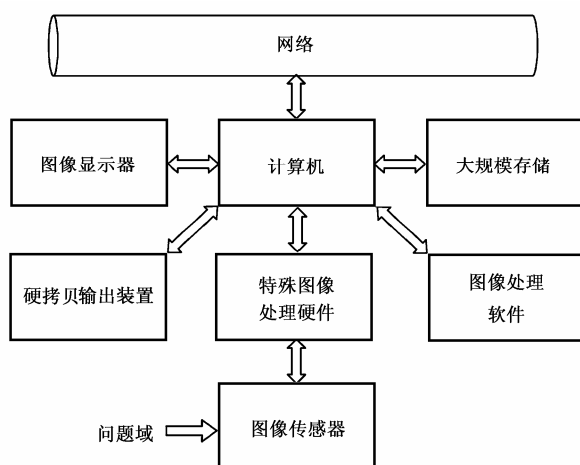


图 1-1 通用的数字图像处理系统框图

图像处理中所使用的计算机是通用的计算机，从普通的 PC 到超级计算机。在一些专门应用中，为了达到所要求的性能水平，一般也采用特殊设计的计算机。

图像处理软件由执行图像处理任务的程序模块组成。程序模块过去是由汇编语言编写的，以提高处理的速度。近十多年来，由于计算机性能的提高，越来越多的图像处理软件是由高级语言编写成的。对于一些应用较多、计算量较大的程序可以固化成硬件，以进一步提高运算速度，从而产生了一些特殊的图像处理硬件。

大规模存储在图像处理中是必需的。图像处理应用的存储主要有：处理时的短期存储，如计算机内存；快速调用的再现存储，如硬盘、光存储介质；档案存储，如磁带、光盘，其特点是不需要频繁的访问。

图像显示器主要是彩色电视监视器。监视器通常也是计算机系统的一部分。如果存在立体显示的需要，则要求配备特殊的显示设备，如立体头盔等。

记录图像的硬拷贝输出装置包括：激光打印机、胶片照相机、热敏装置、喷墨装置和其他数字单元（如 CD-ROM）等。

如今，计算机几乎都默认网络功能。图像处理中数据量非常巨大，带宽是图像传输的首要问题。

## 1.4 数字图像处理的应用

目前，数字图像处理的应用越来越广泛，它渗透到许多领域，如遥感、生物医学、通信、工业、航空航天、军事、安全保卫等。

在遥感应用方面，人们采用数字图像处理技术处理和分析卫星或飞机拍摄的遥感图像，