

21
Century

21世纪高等院校电气信息类系列教材

Electrical Information
Science and Technology

数字图像处理与识别

孙正 等编著



附赠电子教案

<http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等院校电气信息类系列教材

数字图像处理与识别

孙 正 等编著



机械工业出版社

本书从工程应用的角度出发,介绍了数字图像处理和识别的基础理论和实用技术,以及近年来的最新研究成果。全书分为10章,主要内容包括:数字图像处理、分析与识别的基本概念和基础理论;图像增强、复原和变换等预处理技术;图像分割的主要方法和技术;图像特征的概念、提取和分类方法;基于模板匹配的图像识别方法;运动图像序列的分析方法;变形模型技术及其应用以及三个综合应用实例。

本书可作为通信与信息工程、电子科学与技术、计算机科学与技术、控制科学与工程、生物医学工程等相关专业的本科及研究生的教材和参考用书,也可供从事图像处理、分析和识别等相关领域的科技工作者和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理与识别 / 孙正等编著. —北京:机械工业出版社, 2014.10
21世纪高等院校电气信息类系列教材
ISBN 978-7-111-47968-0

I. ①数… II. ①孙… ②数字图像处理—高等学校—教材 ②数字图像—模式识别—高等学校—教材 I. ①TN911.73

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第212991号

机械工业出版社(北京百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:尚晨 责任编辑:尚晨

责任校对:张艳霞 责任印制:李洋

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2014年10月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·19.25印张·476千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-47968-0

定价:46.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

出版说明

随着科学技术的不断进步，整个国家自动化水平和信息化水平的长足发展，社会对电气信息类人才的需求日益迫切、要求也更加严格。在教育部颁布的“普通高等学校本科专业目录”中，电气信息类（Electrical and Information Science and Technology）包括电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、通信工程、计算机科学与技术、电子科学与技术、生物医学工程等子专业。这些子专业的人才培养对社会需求、经济发展都有着非常重要的意义。

在电气信息类专业及学科迅速发展的同时，也给高等教育工作带来了许多新课题和新任务。在此情况下，只有将新知识、新技术、新领域逐渐融合到教学、实践环节中去，才能培养出优秀的科技人才。为了配合高等院校教学的需要，机械工业出版社组织了这套“21世纪高等院校电气信息类系列教材”。

本套教材是在对电气信息类专业教育情况和教材情况调研与分析的基础上组织编写的，期间，与高等院校相关课程的主讲教师进行了广泛的交流和探讨，旨在构建体系完善、内容全面新颖、适合教学的专业教材。

本套教材涵盖多层面专业课程，定位准确，注重理论与实践、教学与教辅的结合，在语言描述上力求准确、清晰，适合各高等院校电气信息类专业学生使用。

机械工业出版社

前 言

随着计算机技术、微电子技术和图像处理技术的飞速发展，数字图像处理、分析与识别技术在包括航空航天、生物医学工程、工业检测、机器人视觉、公安司法、武器制导、文化艺术等许多应用领域受到广泛重视并取得了重大的开拓性成就。

本书主要介绍数字图像处理和识别的基础理论和实用技术，以及近年来的最新研究成果。全书分为 10 章，每章都结合多个具体的工程实例来叙述其相关的理论和算法。本课程建议授课学时为 40 学时，建议实验学时为 10 学时。

第 1 章介绍数字图像处理、分析和识别的基本概念、理论和研究内容，以及计算机模式识别的概念、研究内容和主要方法。目的是使读者了解图像识别的研究内容和研究现状以及与其他图像处理技术和模式识别技术的联系和区别。

第 2 章介绍图像预处理的主要技术和方法，包括图像增强、复原和变换等。

第 3 章介绍图像分割的各种基本技术、评价方法、研究现状和发展趋势等。

第 4 章介绍图像特征提取和分类的基本理论和相关算法，包括颜色特征、纹理特征、形状特征和空间关系特征的描述和主要提取方法；主成分分析法（PCA）、Fisher 线性判别分析法（FLDA）、多维尺度法（MDS）等特征空间的降维方法；Adaboost、支持向量机（SVM）和随机森林分类器等特征向量的分类方法。

第 5 章介绍基于模板匹配的图像识别方法、研究现状和目前的发展趋势，包括基于图像灰度的模板匹配、基于图像特征的模板匹配、二阶段模板匹配、投影模板匹配、自适应模板匹配和模板匹配快速算法等。

第 6 章介绍运动图像序列的分析方法，包括运动基础知识、基于光流场的运动分析方法、基于配准的运动图像分析方法。

第 7 章介绍变形模型技术，包括 snake 模型及其改进模型、可变形曲面、超二次曲面等，及其在图像分割、运动跟踪和运动图像序列分析中的应用。

第 8 章介绍一个医学图像的应用实例——血管内超声图像中血管壁边缘的提取、斑块的自动识别、标定和按照成分的分类。

第 9 章介绍一个交通监控图像的应用实例——车辆图像中车牌字符的自动识别。

第 10 章介绍一个工业图像的应用实例——航拍绝缘子图像自动分割和定位。

本书各章之间的理论分析和算法介绍具有一定的相关性和独立性。从实际应用的角度来讲，图像处理与识别的各种不同方法之间没有明显的界限，也并不是完全独立的，在解决实

际问题时，通常需要各种方法的配合和协调才能达到最佳的应用效果。本书在章节安排上考虑了一般教科书的层次性、连贯性、系统性，各章节既可独立阅读，也可相互贯通地理解和实践。

本书可作为工科院校相关专业的高年级本科生、研究生和工程软件人员的“数字图像处理、分析与识别”课程的参考教材和自学用书，能够帮助读者了解图像识别技术的基本概念、典型方法和发展趋势以及国内外相关领域的研究现状和一些最新研究成果与实用技术。

本书由孙正等编著。其中：第 1、2、3、5、6、7、9 章由孙正编写；第 4 章和第 8 章由周雅编写；第 10 章由赵振兵编写，全书由孙正负责统稿。石振海、姜浩、阮鹏、康元元、杨宇、郭晓帅、田美影、丁伟荣、韩少勤、刘存、刘冰茹、白桦、纪四稳、董艺、高启翔、李梦婵、王立欣和胡宏伟等硕士研究生完成了书中的图表制作、文字录入编排、习题解答及电子课件的制作整理工作。本书的出版得到了国家自然科学基金资助项目（编号：61372042）和中央高校基本科研业务费专项资金（项目号：2014ZD31）的资助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平与能力有限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

出版说明

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 数字图像处理	1
1.1.1 图像的概念及分类	1
1.1.2 数字图像处理的发展概况	2
1.1.3 数字图像处理的研究范畴	3
1.1.4 数字图像处理的基本特点	5
1.1.5 数字图像处理与相关学科的关系	5
1.1.6 数字图像处理的应用	6
1.2 模式识别	7
1.2.1 模式和模式识别的概念	8
1.2.2 研究内容	8
1.2.3 系统组成	8
1.2.4 主要方法	9
1.2.5 应用现状	10
1.3 图像识别	10
1.3.1 系统的基本构成	10
1.3.2 研究现状	11
1.3.3 应用现状	12
1.4 本章小结	13
第 2 章 图像预处理技术	14
2.1 基本概念	14
2.1.1 邻域、邻接、区域和连通的概念	14
2.1.2 邻域(模板)运算	15
2.2 图像增强	17
2.2.1 图像增强的概念	17
2.2.2 基于点操作的图像增强	17
2.2.3 基于邻域操作的图像增强	23
2.3 图像复原	26
2.3.1 图像的退化和复原概述	26
2.3.2 图像退化的数学模型	27
2.3.3 几种经典的图像复原方法	30
2.4 图像变换	35
2.4.1 图像变换概述	35

1.01	2.4.2	傅里叶变换	36
1.01	2.4.3	离散余弦变换	47
1.01	2.4.4	离散沃尔什-哈达玛变换	52
1.01	2.4.5	离散 K-L 变换	56
1.01	2.4.6	离散小波变换	58
1.11	2.5	本章小结	62
	第 3 章	图像分割技术	63
0.11	3.1	图像分割概述	63
0.11	3.2	并行边界分割	64
0.11	3.2.1	边缘的定义和种类	64
0.11	3.2.2	并行边缘检测方法	65
0.11	3.3	串行边界分割	71
0.11	3.4	并行区域分割	72
0.11	3.4.1	阈值分割概述	72
0.11	3.4.2	典型的阈值选取方法	74
0.11	3.4.3	动态阈值分割法	77
0.11	3.4.4	阈值插值法	78
0.11	3.4.5	分水岭阈值分割方法	79
0.11	3.4.6	基于熵的阈值分割方法	81
0.11	3.4.7	多阈值分割方法	85
0.11	3.4.8	其他局部阈值分割方法	86
0.11	3.5	串行区域分割	86
0.11	3.5.1	区域生长	86
0.11	3.5.2	区域分裂合并	89
0.11	3.6	其他灰度图像分割方法	91
0.11	3.6.1	基于小波变换的图像分割	92
0.11	3.6.2	基于马尔可夫随机场模型的图像分割	92
0.11	3.6.3	基于遗传算法的图像分割	92
0.11	3.6.4	基于人工神经网络的图像分割	93
0.11	3.6.5	基于聚类的图像分割	93
0.11	3.6.6	基于图论的图像分割	94
0.11	3.6.7	基于能量泛函的图像分割	94
0.11	3.6.8	基于 NSCT 的图像分割	95
0.11	3.7	二值图像的分割——数学形态学图像处理	96
0.11	3.7.1	基本符号和关系	97
0.11	3.7.2	腐蚀运算	98
0.11	3.7.3	膨胀运算	100
0.11	3.7.4	开运算	101
0.11	3.7.5	闭运算	102

3.7.6	细化	103
3.7.7	粗化	105
3.8	彩色图像的分割	106
3.8.1	颜色基础	106
3.8.2	彩色模型(彩色规范)	109
3.8.3	彩色分割策略	114
3.9	图像分割的评价	115
3.10	本章小结	116
第4章	图像特征提取与分类	118
4.1	图像特征基础	118
4.1.1	图像特征的概念	118
4.1.2	特征形成和提取	119
4.1.3	特征选择	119
4.2	颜色特征表示与提取	119
4.2.1	颜色直方图	119
4.2.2	颜色矩	122
4.2.3	颜色集	122
4.2.4	颜色聚合向量	123
4.2.5	颜色相关图	123
4.2.6	颜色布局	123
4.3	纹理特征表示与提取	124
4.3.1	纹理的概念和研究内容	124
4.3.2	灰度共生矩阵	127
4.3.3	Tamura 纹理特征	132
4.3.4	局部二值模式	133
4.3.5	局部累积矩	136
4.3.6	自回归纹理模型	136
4.3.7	分形分析	137
4.3.8	基于小波变换的纹理特征提取	139
4.3.9	Gabor 滤波	140
4.4	形状特征表示与提取	141
4.4.1	基本概念	142
4.4.2	区域描述	142
4.4.3	边界描述	150
4.4.4	Hough 变换	161
4.4.5	其他形状特征	165
4.5	空间关系特征	165
4.5.1	空间关系特征的特点	165
4.5.2	常用的空间特征提取方法	166

4.6	特征空间的降维	166
4.6.1	主成分分析	167
4.6.2	Fisher 线性判别分析	168
4.6.3	PCA 和 FLDA 的比较	170
4.6.4	多维尺度法	171
4.7	特征向量的分类方法	172
4.7.1	模式识别简介	172
4.7.2	Adaboost 分类器	173
4.7.3	支持向量机	176
4.7.4	随机森林分类器	179
4.7.5	分类器的评价与比较	180
4.8	综合应用实例——基于内容的图像检索	181
4.8.1	研究背景	181
4.8.2	研究内容	182
4.8.3	研究现状	182
4.8.4	发展方向	183
4.9	本章小结	184
第 5 章	基于模板匹配的图像识别技术	185
5.1	模板匹配概述	185
5.1.1	研究现状	186
5.1.2	一般流程	186
5.1.3	应用现状	187
5.2	基于图像灰度的模板匹配	189
5.2.1	平方误差度量	189
5.2.2	差的绝对值和相关法	189
5.2.3	互相关法	190
5.2.4	序贯相似性度量	191
5.2.5	最大互信息法	192
5.3	基于图像特征的模板匹配	193
5.4	其他模板匹配方法	193
5.4.1	二阶段模板匹配	193
5.4.2	投影模板匹配	194
5.4.3	自适应模板匹配	194
5.4.4	模板匹配快速算法	194
5.5	本章小结	195
第 6 章	运动图像序列分析	196
6.1	运动基础知识	196
6.1.1	刚性运动	197
6.1.2	非刚性运动	198

6.2	基于光流场的运动图像分析	200
6.2.1	光流和光流场	200
6.2.2	光流约束方程	202
6.2.3	孔径问题	203
6.2.4	梯度光流法	205
6.2.5	特征光流法	209
6.3	基于配准的运动图像分析	212
6.3.1	配准方法	212
6.3.2	最优匹配的搜索	214
6.3.3	结果举例及讨论	216
6.4	本章小结	219
第7章	变形模型技术	220
7.1	变形模型的数学基础	220
7.1.1	能量最小化变形模型	220
7.1.2	动态可变形模型	221
7.1.3	离散化和数字仿真	221
7.2	变形模型在医学图像处理中的应用	222
7.2.1	采用可变形曲线的图像分割	222
7.2.2	采用可变形曲面的体视图像分割	223
7.2.3	先验知识	223
7.2.4	图像的匹配	223
7.2.5	运动跟踪和分析	224
7.3	参数活动轮廓模型	225
7.3.1	模型原理	225
7.3.2	能量最小值的求解	227
7.4	改进的 snake 模型	233
7.4.1	气球模型	233
7.4.2	T-snake 模型	233
7.4.3	强约束 T-snake 模型	236
7.4.4	Kalman snake 模型	241
7.5	几何活动轮廓模型	244
7.5.1	常用的几何活动轮廓模型	244
7.5.2	数值化求解	246
7.6	基于超二次曲面的变形模型	247
7.6.1	超二次曲面的数学描述	247
7.6.2	超二次曲面的变形	249
7.6.3	扩展超二次曲面	249
7.6.4	拟合 ESQ 曲面模型	250
7.7	本章小结	253

第 8 章	综合应用实例——血管内超声图像的分割和斑块的自动识别	254
8.1	血管内超声成像简介	254
8.1.1	成像原理	254
8.1.2	图像特点	255
8.2	血管内超声图像的分割	259
8.2.1	方法分类	259
8.2.2	典型方法	260
8.2.3	展望	264
8.3	血管内超声图像中斑块的自动识别	265
8.3.1	方法分类	265
8.3.2	血管内超声图像纹理特征的提取和描述	266
8.3.3	血管内超声图像纹理特征的分类	270
8.4	本章小结	272
第 9 章	综合应用实例——车辆牌照字符的自动识别	273
9.1	汽车牌照图像的特点	273
9.1.1	中国汽车牌照分类	273
9.1.2	汽车牌照图像的特点	274
9.2	车辆牌照自动识别系统概述	275
9.3	车牌字符自动识别的研究现状	276
9.3.1	主要方法	276
9.3.2	技术难点	278
9.4	车牌字符自动识别方法举例	278
9.4.1	车辆图像的预处理	278
9.4.2	牌照定位	280
9.4.3	车牌字符识别及结果输出	281
9.5	本章小结	283
第 10 章	综合应用实例——航拍绝缘子图像的自动分割和定位	284
10.1	航拍绝缘子图像的特点	284
10.2	航拍绝缘子图像的分割	285
10.2.1	建立基于 NSCT 分解的灰度-梯度共生矩阵	285
10.2.2	采用灰熵模型及 BF-PSO 算法计算阈值	286
10.3	绝缘子串的自动定位	289
10.3.1	主要方法	289
10.3.2	基于形状特征的绝缘子串的自动定位	290
10.4	本章小结	294
	参考文献	295

第1章 绪 论

数字图像处理又称为计算机图像处理，它是指将图像信号转换成数字信号并利用计算机对其进行处理的过程。本章主要介绍数字图像处理的发展概况、研究内容以及与其他相关学科的关系，从而引出数字图像识别的研究内容。

1.1 数字图像处理

1.1.1 图像的概念及分类

图像是对客观对象的一种相似性的、生动的描述或表示^[1]。图像的种类很多，属性及分类方法也很多。从不同的视角看图像，其分类方法也不同。

(1) 按人眼的视觉特点对图像分类

按人眼的视觉特点，可将图像分为可见图像和不可见图像。其中可见图像又包括生成图像（通常称为图形或图片，如图 1-1 所示）和光图像（如图 1-2 所示）两类。图形侧重于根据给定的物体描述模型、光照及想象中的摄像机的成像几何，生成一幅图或像的过程。光图像侧重于用透镜、光栅和全息技术产生的图像。我们通常所指的图像是后一类图像。不可见的图像包含不可见光（如 X 射线、红外线、紫外线、超声、磁共振等）成像和不可见量成像，如温度、压力及人口密度的分布图等。



图 1-1 生成图像（图形）

(2) 按波段分类

按波段可将图像分为单波段、多波段和超波段图像。单波段图像在每个像素点只有一个亮度值；多波段图像上的每一个像素点具有不止一个亮度值，例如红、绿、蓝三波段光谱图像或彩色图像在每个像素具有红、绿、蓝三个亮度值，这三个值表示在不同光波段上的强度，人眼看来就是不同的颜色；超波段图像上每个像素点具有几十或几百个亮度值，如遥感图像等。

(3) 按空间坐标和明暗程度的连续性分类

按空间坐标和明暗程度的连续性，可将图像可分为模拟图像和数字图像。模拟图像的空间坐标和明暗程度都是连续变化的，计算机无法直接处理。数字图像是指其空间坐标和灰度均不连续、用离散的数字表示的图像，这样的图像才能被计算机处理。因此，数字图像可以理解为图像的数字表示，是时间和空间的非连续函数（信号），是由一系列离散单元经过量化后形成的灰度值的集合，即像素的集合。

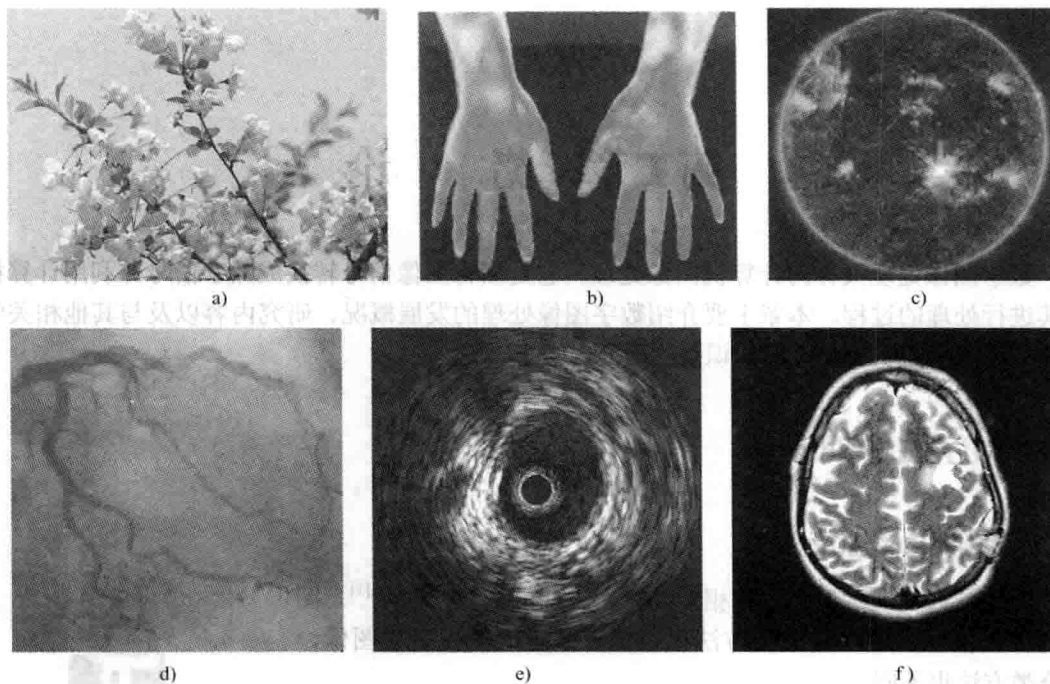


图 1-2 光图像

a) 可见光图像 b) 红外线图像 c) 紫外线图像 d) X 射线血管造影图像 e) 血管内超声图像 f) 人脑磁共振图像

1.1.2 数字图像处理的发展概况

20 世纪 50 年代，人们开始利用电子计算机来处理图形和图像信息。数字图像处理作为一门学科大约形成于 20 世纪 60 年代初期。早期图像处理的目的是提高图像的质量，改善图像的视觉效果，输入的是质量较低的图像，输出的是改善质量后的图像，常用的方法有图像增强、复原、编码、压缩等。首次获得实际成功应用的是 1964 年美国宇航局喷气推进实验室 (JPL) 对航天探测器“徘徊者 7 号”发回的几千张月球照片使用了图像处理技术，如几何校正、灰度变换、去除噪声等，并考虑了太阳位置和月球环境的影响，由计算机成功地绘制出月球表面地图。随后又对探测飞船发回的近十万张照片进行了更为复杂的图像处理，获得了月球的地形图、彩色图以及全景镶嵌图，为人类登月壮举奠定了坚实的基础，也推动了数字图像处理这门学科的发展。

20 世纪 60 年代到 70 年代，由于离散数学的创立和完善，使数字图像处理技术得到迅猛发展，理论和方法进一步完善，应用范围更加广阔。这一时期，数字图像处理取得的另一个巨大成绩是在医学上获得的成果。1972 年英国 EMI 公司工程师 Housfield 发明了用于头颅诊断的 X 射线计算机断层摄影装置 (Computer Tomography, CT)，它根据人头部截面的 X 射线投影，经计算机处理来重建截面图像。1975 年 EMI 公司又成功研制出全身用的 CT 装置，获得了人体各个部位鲜明清晰的断层图像，1979 年这项无损伤诊断技术获得了诺贝尔奖。

与此同时，图像处理技术在许多应用领域受到广泛重视并取得了重大的开拓性成就，例如航空航天、生物医学工程、工业检测、机器人视觉、公安司法、武器制导、文化艺术等，

使图像处理成为一门引人注目、前景远大的新兴学科。

从 20 世纪 70 年代中期开始，随着计算机技术和人工智能、思维科学研究的迅速发展，数字图像处理向更高、更深层次发展。人们已经开始研究如何用计算机系统解释图像，实现类似人类视觉系统的功能来理解外部世界，这被称为图像理解或计算机视觉。其中代表性的成果是 20 世纪 70 年代末 Marr 提出的视觉计算理论，该理论成为计算机视觉领域其后十多年的主导思想。

图像的计算机处理和理解虽然在理论方法研究上已取得不小的进展，但因人类本身对自己视觉过程的了解还不完全，因此仍然是一个有待进一步探索的新领域。

1.1.3 数字图像处理的研究范畴

图像是人类获取信息、表达信息和传递信息的重要手段。因此，数字图像处理技术已经成为信息科学、计算机科学、工程科学、地球科学等诸多领域的学者研究图像的有效工具。

1. 图像处理

所谓数字图像处理，就是利用计算机对数字图像进行的一系列操作，从而获得某种预期结果的技术。数字图像处理离不开计算机，因此又称为计算机图像处理。

数字图像处理的内容相当丰富，包括狭义的图像处理、图像分析（识别）与图像理解。狭义的图像处理着重强调在图像之间进行的变换，如图 1-3 所示，它是一个从图像到图像的过程，属于底层的操作。它主要在像素级进行处理，处理的数据量非常大。虽然人们常用图像处理泛指各种图像技术，但狭义图像处理主要指对图像进行各种加工，以改善图像的视觉效果，并为自动识别打基础，或对图像进行压缩编码，以减少所需存储空间或传输时间。它以人为最终的信息接收者，主要目的是改善图像的质量。主要研究内容包括图像变换、编码压缩、增强和复原、分割等。

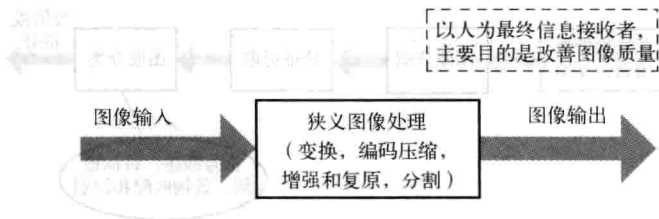


图 1-3 狭义图像处理

(1) 图像变换

由于图像阵列很大，直接在空间域中进行处理涉及的计算量很大。因此，往往采用各种图像变换方法，如傅里叶变换、离散余弦变换、哈达玛变换、小波变换等间接处理技术，将空间域的处理转化为变换域的处理，不仅可以减少计算量，而且可获得更有效的处理。

(2) 图像的压缩编码

图像压缩编码技术可减少用于描述图像的数据量（即比特数），以便节省图像传输和处理的时间，并减少存储容量。压缩可以在不失真的前提下获得，也可以在允许的失真条件下进行。编码是压缩技术中最重要的方法，它在图像处理技术中是发展最早且比较成熟的技术。

(3) 图像的增强和复原

图像增强和复原技术的目的是为了改善图像的质量，如去除噪声，提高清晰度等。其中

图像增强不考虑图像降质的原因，目的是突出图像中所感兴趣的部分。如果强化图像的高频分量，可使图像中物体的轮廓清晰，细节明显。强调低频分量则可减少图像中噪声的影响。图像复原要求对图像降质（或退化）的原因有一定的了解，建立降质模型，再采用某种方法，如去除噪声、干扰和模糊等，恢复或重建原来的图像。

(4) 图像分割

图像分割是将图像中有意义的特征（包括图像中物体的边缘、区域等）提取出来，是进一步进行图像识别、分析和理解的基础。虽然目前已研究出不少边缘提取、区域分割的方法，但还没有一种普遍适用于各种图像的有效方法。因此，对图像分割的研究还在不断深入之中，是目前图像处理研究的热点之一。

2. 图像分析

图像分析是对图像中感兴趣的目标进行检测和测量，从而建立对图像的描述。它以机器为对象，目的是使机器或计算机能自动识别目标。

图像分析是一个从图像到数值或符号的过程，主要研究用自动或半自动装置和系统，从图像中提取有用的测度、数据或信息，生成非图像的描述或者表示。它不仅给景物中的各个区域进行分类，还要对千变万化和难以预测的复杂景物加以描述。因此，常依靠某种知识来说明景物中物体与物体、物体与背景之间的关系。目前，人工智能技术正在被越来越普遍地应用于图像分析系统中，进行各层次控制和有效地访问知识库。

如图 1-4 所示，图像分析的内容包括特征提取、符号描述、目标检测、景物匹配和识别等。它是一个从图像到数据的过程，数据可以是对目标特征测量的结果，或是基于测量的符号表示，它们描述了图像中目标的特点和性质，因此图像分析可以看作是中层处理。

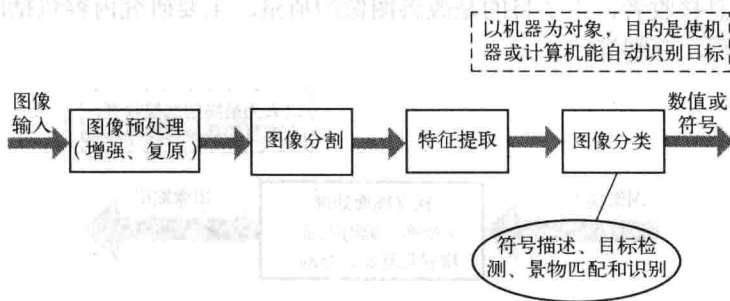


图 1-4 图像分析流程图

3. 图像理解

利用计算机系统解释图像，实现类似人类视觉系统的功能来理解外部世界，被称为图像理解或计算机视觉，有时也叫做景物理解。正确地理解要有知识的引导，因此图像理解与人工智能等学科有密切联系。

图像理解是由模式识别发展起来的，输入的是图像，输出的是一种描述，如图 1-5 所示。这种描述不仅仅是单纯的用符号做出详细的描述，而且要利用客观世界的知识使计算机进行联想、思考及推论，从而理解图像所表现的内容。

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。如果说图像分析主要是以观察者为中心研究客观世界，那么图像理解在一定程度上则是以客观世界为中心，并借助知识、经验来把握和解释整个客观世界。因此图像理解是高层操作，其处理过程和方法与人类的思维推理有许多类似之处。

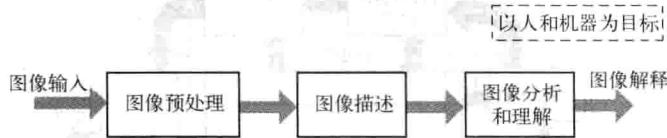


图 1-5 图像理解流程图

1.1.4 数字图像处理的基本特点

数字图像处理具有如下的特点：

1) 处理的信息量很大。如一幅 256×256 像素的低分辨率黑白（二值）图像，需要约 64kbit 的数据量；对高分辨率彩色 512×512 像素的图像，则需要 768kbit 数据量；如果要处理 30 帧/秒的电视图像序列，则每秒需要 500kbit~22.5Mbit 数据量。因此对计算机的计算速度、存储容量等要求较高。

2) 占用的频带较宽。与语言信息相比，图像占用的频带要大几个数量级。如电视图像的带宽约 5.6MHz，而语音带宽仅为 4kHz 左右。所以在成像、传输、存储、处理、显示等各个环节的实现上，技术难度较大，成本也高，这就对频带压缩技术提出了更高的要求。

3) 数字图像中各个像素是不独立的，相关性较大。在图像画面上，常有多个像素有相同或接近的灰度或颜色。就电视画面而言，同一行中相邻两个像素或相邻两行间的像素，其相关系数可达 0.9 以上，而相邻两帧之间的相关性比帧内相关性一般来说还要更大些。因此，图像处理中信息压缩的潜力很大。

4) 在理解三维景物时需要知识导引。由于图像是三维景物的二维投影，一幅图像本身不具备复现三维景物的全部几何信息的能力，很显然三维景物背后的部分信息在二维图像画面上是反映不出来的。因此，要分析和理解三维景物必须作适当的假设或附加新的测量，例如双目图像或多视点图像，这也是人工智能中正在致力解决的问题。

5) 结果图像一般是由人来观察和评价的。对图像处理结果的评价受人的主观因素影响较大。由于人的视觉系统很复杂，受环境条件、视觉性能、人的情绪爱好以及知识状况影响很大，对图像质量的评价还有待进一步深入研究。另一方面，计算机视觉是模仿人的视觉，因而人的感知机理必然影响着计算机视觉的研究。例如，什么是感知的初始基元、基元是如何组成的、局部与全局感知的关系、优先敏感的结构、属性和时间特征等，这些都是心理学和神经心理学正在着力研究的课题。

1.1.5 数字图像处理与相关学科的关系

综上所述，数字图像处理技术包括三种基本范畴，如图 1-6 所示。低级处理：包括图像获取、预处理，不需要智能分析；中级处理：包括图像分割、表示与描述，需要智能分析；高级处理：包括图像识别、解释，但缺少理论支持，为降低难度，常设计得更专用。

数字图像处理是一门系统研究各种图像理论、技术和应用的新的交叉学科。从研究方法