

数字图像处理

基于XAVIS组态软件

韩九强 杨 磊 著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

数字图像处理

基于XAVIS组态软件



韩九强 杨磊 著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书介绍了数字图像处理的概念、原理、方法和典型应用。全书共 12 章,内容分三部分,第一部分包括绪论和数字图像处理的基本知识;第二部分是数字图像处理的主要方法与理论,包括图像基本运算、图像变换、图像增强、图像复原与重建、边缘检测与图像分割、图像压缩编码基础、彩色图像处理及图像数学形态学;第三部分是图像模式识别基本方法和应用,包括图像特征描述与模式分类初步知识、图像拼接、运动检测、图像加密以及车牌识别等四个典型应用实例。

本书以国产机器视觉组态软件 XAVIS 为工具,较为系统地实现了数字图像处理的主要算法和功能,并给出了典型应用。本书可作为大专院校自动化、计算机、电气工程、机电一体化等专业的教材,也适用于从事视觉测量、图像检测、视觉控制、视觉机器人等系统的研究、设计和开发的科研与工程技术人员参考。

VAX 千基

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理:基于 XAVIS 组态软件/韩九强,杨磊著. —西安:西安交通大学出版社,2018.5(2019.3 重印)
ISBN 978-7-5693-0571-5

I. 数… II. ①韩… ②杨… III. ①数字图像处理
IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 084568 号

书 名 数字图像处理——基于 XAVIS 组态软件
著 者 韩九强 杨磊
责任编辑 杨璠 李佳

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 西安日报社印务中心

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 21.25 字数 513 千字
版次印次 2018 年 8 月第 1 版 2019 年 3 月第 2 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5693-0571-5
定 价 49.00 元

读者购书、书店添货,如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82665379

读者信箱:lg_book@163.com

版权所有 侵权必究

前言

根据霍华德·加德纳的多元智能理论,人类智能可以分成七个范畴:语言、逻辑、空间、肢体运作、音乐、人际,以及内省。人工智能(Artificial Intelligence)是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法及应用系统的一门新的技术科学。人工智能经过几十年的发展已经从实验室走向产业化,走向人们的生活应用。近期,人工智能相关技术在我国上升为国家战略。模式识别是人类的一项基本智能,是人类对客观事物的抽象、分析判断的过程。作为一门学科,模式识别是对表征事物或现象的各种形式的特征(数值的、文字的和逻辑关系的)进行处理和分析,以对事物或现象进行描述、辨认、分类和解释的过程,它是信息科学和人工智能的重要组成部分。通俗的讲,图像处理是对图像进行分析和处理以达到所需结果的过程。数字图像处理(Digital Image Processing)是通过计算机对图像进行去除噪声、增强、复原、分割、提取特征等处理的方法和技术。

现实生活中,人脸识别、车牌识别、指纹识别、虹膜识别、视觉跟踪、视觉机器人,以及无人驾驶等技术等都需要以数字图像处理为基础。可见,模式识别是实现人工智能的技术路径;如同人类获取自然界的百分之七十左右来自视觉,图像模式识别是模式识别的重要组成部分;数字图像处理旨在研究图像模式识别中使用的具体理论、方法与技术。

基于上述认识,结合两位作者在西安交通大学与上海大学自动化专业的本科及研究生“数字图像处理”、“计算机视觉”的教学,以及近年来指导研究生的相关研究工作,编写了本书。主要内容包括三部分12章。第一部分包括绪论和数字图像处理基本知识,概述了数字图像处理的历史、主要内容、应用,以及数字图像处理的基础知识。第二部分是第三章到第十章,介绍了数字图像处理的主要方法与理论,包括图像基本运算、图像变换、图像增强、图像复原与重建、边缘检测与图像分割、图像压缩编码基础、彩色图像处理、图像数学形态学。这些方法构成了数字图像处理的具体内容。第三部分是第十一章和第十二章,介绍了图像模式识别基础知识和应用,包括图像特征描述与模式分类初步、图像拼接、运动检测、图像加密以及车牌识别等四个数字图像处理的典型应用实例。

本书的写作原则是理论方法与实验并重。理论上,本书讲述了数字图像处理中的主要概念、原理、算法和方法。实验上,书中算法都经过作者验证,并首次以国产机器视觉组态软件XAVIS为工具较为系统地实现了数字图像处理的主要算法和功能,并在第三部分给出了四个典型应用。相比与Matlab仿真环境、VC++开发周期长等的不足,XAVIS具有良好的组态编程模式,通过图像实时采集、数字图像处理、模式识别算法和机器人运动控制等库函数组态编程开发,既可以实现数字图像处理的基本功能,也可以快速建立数字图像处理实际应用系统。本书正文给出了XAVIS组态软件程序,同时作者也实现了Matlab程序。考虑到Matlab版本的程序涉及版权,读者如有需要请联系作者,Email:yangyoungya@sina.com。本书中涉及的彩色图像可与作者联系获得其电子版。

本书的内容可作为大专院校自动化、计算机、电气工程、机电一体化等专业本科生或研究生数字图像处理课程的教材,也适用于从事视觉测量、图像检测、视觉控制、视觉机器人等系统的研究、设计和开发的科研与工程技术人员参考。

本书是在多年教学和科研基础上编写而成,本书编写过程中得到西安交通大学自动化系的大力支持,感谢上海大学自动化系各位领导的关心,感谢上海市电站自动化技术重点实验室提供良好的科研环境,感谢上海大学模式识别专业数字图像处理课程的各级同学参与讨论,感谢2016级硕士课程数字图像处理的学生提供了相关图像素材的搜集工作和研究生庞芳等的编辑工作。同时,本书参考了国内外近40本不同时期数字图像处理相关教材的内容和相关文献,对书中所引用的参考资料表示感谢。感谢西安交通大学出版社编辑付出辛勤、仔细的劳动。

由于编者水平有限、编写时间仓促,书中难免存在不足之处敬请读者批评指正。

作者 2018年6月

目 录

第1章 绪论	(1)	1.4.11 特征提取	(15)
1.1 数字图像处理基本概念	(1)	1.4.12 图像分类与识别	(16)
1.1.1 图像	(1)	1.4.13 图像理解	(16)
1.1.2 图像分类概述	(1)	1.5 数字图像处理的基本步骤、特点与 相关学科	(17)
1.1.3 图像处理概念	(2)	1.5.1 数字图像处理的基本步骤	(17)
1.1.4 数字图像及其处理概述	(3)	1.5.2 数字图像处理的特点	(18)
1.2 数字图像处理的发展简史与未来	(4)	1.5.3 数字图像处理相关学科	(19)
1.2.1 数字图像发展简史	(4)	第2章 数字图像基础知识	(21)
1.2.2 数字图像处理的发展方向	(5)	2.1 人眼色度学原理	(21)
1.3 数字图像处理的应用	(6)	2.1.1 三基色原理	(21)
1.3.1 医学上的应用	(6)	2.1.2 人眼视觉特性介绍	(23)
1.3.2 指纹识别技术中的应用	(7)	2.2 成像系统介绍	(26)
1.3.3 航空遥感领域中的应用	(7)	2.2.1 模拟成像系统	(26)
1.3.4 工业和工程方面的应用	(8)	2.2.2 数字成像系统	(27)
1.3.5 机器视觉方面的应用	(8)	2.2.3 单像素数码相机	(28)
1.3.6 通信工程方面的应用	(9)	2.3 摄像机成像模型	(29)
1.3.7 军事与安全方面的应用	(9)	2.3.1 光照反射模型的光度学原理	(29)
1.3.8 文化艺术方面的应用	(10)	2.3.2 图像合成方法	(32)
1.3.9 电子商务方面的应用	(10)	2.4 数字图像处理系统	(33)
1.3.10 科学可视化方面的应用	(10)	2.4.1 数字图像处理系统构成概述	(33)
1.4 数字图像处理的主要内容	(11)	2.4.2 图像输入设备	(33)
1.4.1 图像感知和图像数字化	(11)	2.4.3 图像存储设备	(34)
1.4.2 图像变换	(11)	2.4.4 图像处理设备	(34)
1.4.3 图像增强	(12)	2.4.5 图像输出设备	(35)
1.4.4 图像复原	(12)	2.4.6 图像处理系统主要衡量指标	(35)
1.4.5 图像重建	(13)	2.5 数字图像处理常用软件	(36)
1.4.6 图像编码	(13)		
1.4.7 图像隐藏	(14)		
1.4.8 图像分割	(14)		
1.4.9 图像拼接	(15)		
1.4.10 彩色图像处理	(15)		

2.5.1 Visual C++	(36)	3.3.4 或运算	(61)
2.5.2 Matlab	(36)	3.4 图像几何变换	(61)
2.5.3 Halcon	(36)	3.4.1 齐次坐标	(61)
2.5.4 XAVIS	(37)	3.4.2 图像仿射变换	(62)
2.6 图像数字化	(38)	3.4.3 图像缩小	(68)
2.6.1 图像采样	(38)	3.4.4 图像放大	(69)
2.6.2 图像量化	(38)	3.4.5 图像错切变换	(72)
2.6.3 图像质量评价	(40)	3.4.6 图像复合变换	(73)
2.7 数字图像常用存储格式	(41)	3.4.7 透视变换	(75)
2.7.1 数字图像基本数据结构	(42)	第4章 图像频域变换	(78)
2.7.2 BMP 格式	(43)	4.1 图像频域变换概述	(78)
2.7.3 JPEG 格式	(43)	4.1.1 图像变换的概念	(78)
2.7.4 PNG 格式	(44)	4.1.2 图像变换方法概述	(78)
2.7.5 RAW 格式	(44)	4.2 离散傅里叶变换	(78)
2.7.6 PCX 格式	(45)	4.2.1 一维离散傅里叶变换	(79)
2.7.7 TIFF 格式	(45)	4.2.2 二维离散傅里叶变换	(79)
2.7.8 GIF 格式	(46)	4.2.3 傅里叶变换在图像处理中的 应用	(83)
2.7.9 FPX 格式	(46)	4.3 离散余弦变换	(84)
2.7.10 PSD 格式	(46)	4.3.1 一维离散余弦变换	(84)
2.7.11 EPS 格式	(47)	4.3.2 二维离散余弦变换	(85)
第3章 图像基本运算	(48)	4.3.3 偶函数的构造	(86)
3.1 图像点运算	(48)	4.3.4 离散余弦变换应用及快速算法	(87)
3.1.1 概述	(48)	4.4 沃尔什-哈达姆变换	(88)
3.1.2 线性点运算	(48)	4.4.1 一维离散沃尔什变换	(88)
3.1.3 对数变换	(50)	4.4.2 二维离散沃尔什变换	(89)
3.1.4 伽玛变换	(51)	4.4.3 一维离散沃尔什-哈达玛变换	(90)
3.1.5 灰度阈值变换	(52)	4.4.4 二维离散沃尔什-哈达玛变换	(92)
3.1.6 分段线性变换	(53)	4.4.5 实例分析	(93)
3.1.7 点运算的应用	(55)	4.5 K-L 变换	(94)
3.2 图像代数运算	(56)	4.5.1 K-L 变换定义	(94)
3.2.1 加运算	(56)	4.5.2 协方差矩阵及其性质	(94)
3.2.2 减运算	(57)	4.5.3 K-L 变换矩阵计算	(95)
3.2.3 乘运算	(58)	4.5.4 图像 K-L 变换的实现步骤	(95)
3.2.4 除运算	(59)		
3.3 图像逻辑运算	(59)		
3.3.1 求反运算	(59)		
3.3.2 异或运算	(60)		
3.3.3 与运算	(60)		

4.5.5 K-L 变换的性质	(96)	5.5 同态滤波	(145)
4.5.6 K-L 变换的应用	(96)	5.5.1 同态映射概念	(145)
4.6 Radon 变换	(97)	5.5.2 同态滤波	(146)
4.6.1 Radon 变换的定义	(97)	5.5.3 同态滤波器设计	(146)
4.6.2 Radon 变换的性质	(98)	5.5.4 实例分析	(147)
4.6.3 Radon 变换应用简介	(98)		
4.7 小波变换	(99)	第 6 章 图像复原与重建	(149)
4.7.1 傅里叶变换的局限性	(99)	6.1 图像退化原因及退化一般模型	
4.7.2 连续小波变换理论	(100)		(149)
4.7.3 离散小波变换	(101)	6.1.1 图像退化原因	(149)
4.7.4 二进制小波变换	(102)	6.1.2 图像退化一般模型	(150)
4.7.5 离散小波 Mallat 算法	(102)	6.1.3 退化函数常用辨识方法	(151)
4.7.6 小波变换在图像处理中的		6.2 只存在噪声的图像复原-空间滤波	
应用介绍	(105)		(152)
4.7.7 实例分析	(106)	6.2.1 均值滤波器	(153)
		6.2.2 统计排序滤波器	(154)
		6.2.3 自适应滤波器	(155)
第 5 章 图像增强	(109)	6.3 图像代数复原法	(157)
5.1 图像增强概述	(109)	6.3.1 无约束复原法	(157)
5.1.1 图像增强的概念	(109)	6.3.2 有约束最小二乘复原法	(158)
5.1.2 图像增强的目的	(109)	6.4 图像频域复原法	(158)
5.1.3 图像增强的分类	(109)	6.4.1 逆流波复原法	(158)
5.2 直方图均衡化	(110)	6.4.2 维纳滤波法	(159)
5.2.1 灰度直方图	(110)	6.4.3 点扩散函数法	(161)
5.2.2 直方图的性质	(111)	6.5 频域滤波消除周期噪声	(161)
5.2.3 直方图均衡	(113)	6.5.1 带阻滤波器	(161)
5.2.4 直方图规格化	(117)	6.5.2 带通滤波器	(162)
5.3 空间滤波	(120)	6.5.3 陷波滤波器	(162)
5.3.1 数字图像处理模板法的一般		6.6 匀速运动模糊图像复原	(163)
形式	(120)	6.6.1 运动模糊图像恢复问题描述	
5.3.2 空间平滑滤波器	(121)		(163)
5.3.3 空间锐化滤波器	(126)	6.6.2 匀速直线运动模糊的退化模型	
5.4 频域滤波	(131)		(163)
5.4.1 图像频域变换的意义	(131)	6.6.3 点扩散函数 PSF 参数的估计	
5.4.2 空域滤波与频域滤波的关系			(164)
	(131)	6.7 图像几何校正	(167)
5.4.3 频域低通滤波	(133)	6.7.1 几何畸变的描述	(167)
5.4.4 频域高通滤波	(138)	6.7.2 几何校正	(168)
5.4.5 带阻滤波介绍	(143)	6.8 图像投影重建介绍	(169)
5.4.6 带通滤波介绍	(144)		

第 7 章 边缘检测与图像分割	(171)	8.3.2 算术编码	(205)
7.1 图像分割概述	(171)	8.3.3 香农-费诺编码	(207)
7.1.1 图像分割的目的	(171)	8.3.4 LZW 编码	(209)
7.1.2 图像分割的定义	(171)	8.3.5 几种接近最优的变长编码	(209)
7.1.3 图像分割的分类	(172)	8.4 限失真编码	(211)
7.2 边缘检测算子	(173)	8.4.1 信息率失真理论	(212)
7.2.1 边缘检测概述	(173)	8.4.2 预测编码	(212)
7.2.2 一阶导数边缘检测算子	(174)	8.4.3 变换编码	(215)
7.2.3 二阶导数边缘检测算子	(177)	8.4.4 变换解码	(218)
7.2.4 方向梯度算子	(179)	8.5 二值图像编码	(219)
7.2.5 边缘检测算子性能比较	(182)	8.5.1 常数块编码	(219)
7.3 Hough 变换	(182)	8.5.2 游程编码	(219)
7.3.1 Hough 变换直线检测	(183)	8.5.3 四叉树编码	(220)
7.3.2 Hough 变换圆检测	(186)	8.6 小波编码	(221)
7.3.3 广义 Hough 变换介绍	(187)	8.6.1 图像的小波变换	(221)
7.4 图像阈值分割	(188)	8.6.2 嵌入式零树小波编码(EZW)	(224)
7.4.1 灰度阈值分割原理	(188)	8.7 图像/视频压缩编码标准介绍	(227)
7.4.2 最佳阈值分割算法	(189)	8.7.1 JPEG	(227)
7.4.3 Otsu 阈值分割算法	(190)	8.7.2 MPEG	(228)
7.4.4 最大熵分割方法	(191)	8.7.3 H.26x	(229)
7.4.5 自适应阈值法	(193)	第 9 章 彩色图像处理	(230)
7.4.6 实验结果分析	(193)	9.1 彩色图像处理基础	(230)
7.5 基于区域的图像分割	(195)	9.1.1 颜色的属性	(230)
7.5.1 区域生长法	(195)	9.1.2 三基色原理	(231)
7.5.2 区域分割与合并	(197)	9.1.3 色度图	(232)
7.6 基于跟踪的图像分割	(198)	9.1.4 常用彩色模型	(233)
7.6.1 局部边缘连接法	(198)	9.1.5 彩色模型转换	(236)
7.6.2 光栅扫描跟踪法	(198)	9.2 彩色变换	(240)
第 8 章 图像压缩编码基础	(200)	9.2.1 反色变换	(240)
8.1 图像压缩编码概述	(200)	9.2.2 彩色分层	(242)
8.1.1 图像压缩编码的必要性	(200)	9.2.3 灰度化	(242)
8.1.2 图像压缩编码的可能性	(200)	9.2.4 真彩色转变为 256 色	(243)
8.1.3 图像压缩编码的分类	(201)	9.2.5 彩色平衡	(243)
8.2 信息论基础	(202)	9.2.6 直方图处理	(244)
8.2.1 信息的概念	(202)	9.3 彩色增强	(246)
8.2.2 图像压缩效率评价	(204)		
8.3 无损压缩编码算法	(204)		
8.3.1 哈夫曼编码	(204)		

9.3.1 伪彩色增强	(246)	10.5.4 高帽变换	(277)
9.3.2 真彩色增强	(248)	10.6 彩色图像形态学介绍	(278)
9.3.3 假彩色增强	(248)	10.6.1 彩色图像形态学的基本方法	(278)
9.4 彩色图像平滑、锐化与滤波	(248)	10.6.2 基于数学形态学的彩色图像滤波	(279)
9.4.1 彩色图像平滑	(248)		
9.4.2 彩色图像锐化	(249)		
9.4.3 彩色图像滤波	(250)		
9.5 彩色图像边缘检测与分割	(253)	第 11 章 图像模式识别与图像特征描述	(280)
9.5.1 彩色图像边缘检测	(253)	11.1 图像模式识别概述	(280)
9.5.2 彩色图像分割	(254)	11.2 模式识别方法基础	(280)
9.6 彩色图像处理应用举例	(254)	11.2.1 统计模式识别	(280)
9.6.1 基于颜色信息的车辆牌照提取	(254)	11.2.2 结构模式识别	(282)
9.6.2 彩色零件识别分类	(255)	11.2.3 模糊模式识别	(283)
		11.2.3 神经网络模式识别	(284)
第 10 章 形态学图像处理	(258)	11.3 图像的特征分析	(285)
10.1 引言	(258)	11.3.1 图像的颜色特征	(286)
10.1.1 数学形态学概述	(258)	11.3.2 图像的几何特征	(287)
10.1.2 基本符号和定义	(258)	11.3.3 边界特征	(289)
10.2 二值形态学滤波	(260)	11.3.4 矩函数	(292)
10.2.1 腐蚀	(260)	11.3.5 纹理特征	(294)
10.2.2 膨胀	(261)	11.4 图像模式识别方法	(296)
10.2.3 开运算与闭运算	(261)	11.4.1 基于模板匹配的形狀识别	(296)
10.2.4 击中与击中不中变换	(262)	11.4.2 基于感知机的简单字母分类	(299)
10.3 二值形态学的应用	(263)	11.4.3 基于 Bayes 分类器的模式分类	(302)
10.3.1 骨架提取	(263)		
10.3.2 边界提取	(264)	第 12 章 数字图像处理应用	(306)
10.3.3 区域填充	(264)	12.1 基于 SIFT 的图像拼接方法	(306)
10.3.4 细化	(265)	12.1.1 SIFT 特征匹配算法	(306)
10.3.5 粗化	(266)	12.1.2 RANSAC 模型参数估计	(308)
10.4 灰度形态学	(267)	12.1.3 图像融合	(308)
10.4.1 灰度腐蚀	(267)	12.1.4 实验结果	(309)
10.4.2 灰度膨胀	(269)	12.2 基于光流法的运动目标检测	(310)
10.4.3 灰度开运算	(271)		
10.4.4 灰度闭运算	(272)		
10.5 灰度形态学应用	(274)		
10.5.1 边缘检测	(274)		
10.5.2 噪声滤除	(275)		
10.5.3 图像分割	(277)		

12.2.1 光流法检测运动目标原理	12.4 基于模板匹配的车牌字符识别
..... (310)	 (319)
12.2.2 基于梯度的光流场	12.4.1 概述
..... (311)	 (319)
12.2.3 Horn-Schunck 算法	12.4.2 车牌识别系统组成与工作流程
..... (311)	 (319)
12.2.4 实验结果	12.4.3 基于模板匹配的车牌识别方法
..... (312)	 (321)
12.3 一种简单的数字图像加密算法	12.4.4 实验结果
..... (314)	 (323)
12.3.1 概述	12.5 数字图像处理与计算机视觉
..... (314)	 (325)
12.3.2 图像置乱加密原理	参考文献
..... (315)	 (328)
12.3.3 Arnold 变换	
..... (316)	
12.3.4 Logistic 混沌系统	
..... (317)	
12.3.5 加密/解密算法	
..... (317)	
12.3.6 实验结果	
..... (318)	

第1章 绪论

本章介绍数字图像、图像处理以及数字图像处理的基本概念,简述数字图像处理的发展历史与前景、数字图像处理的应用,最后介绍数字图像处理的主要内容。

1.1 数字图像处理基本概念

1.1.1 图像

“图像”,分开来讲:“图”表示物体透射或反射光的分布,是客观存在的;“像”表示人的视觉系统对图在大脑中形成的印象或认识,是人的主观感觉。因此,图像是图与像的有机结合,既反映物体的客观存在,又体现人的心理因素。图像也是对客观对象的一种近似、生动性的描述或写真,是人类社会活动中最常用的信息载体。图像是客观对象的一种可视表示,它包含了被描述对象的有关信息,是人们最主要的信息源。据统计,一个人所获取的信息大约有 70% 是来自视觉。

图像是用各种观测系统以不同形式和手段观测客观世界而获得的,可以直接或间接作用于人眼并进而产生视知觉的实体。常见的观测系统包括照相机、摄像机、显微图像摄像系统、卫星多光谱扫描成像系统、医学成像系统(超声成像系统、核磁共振成像系统等)等。从观测系统所获取的图像类型包括静止图像、运动图像、三维图像、黑白图像、彩色图像、红外图像等形式。

1.1.2 图像分类概述

从视觉特点来区分,图像可分为可见光图像和不可见图像。其中,可见光图像包括照片、几何线条图、画和光学器件产生的图像等;不可见光图像包括红外成像、微波成像、X 光成像、超声波成像、 γ 射线成像和数学物理模型成像等。

从图像空间坐标和幅度(亮度或色彩)的连续性来区分,图像可分为模拟(连续)图像和数字图像,模拟图像是空间坐标和幅度都连续变化的图像,数字图像是空间坐标和幅度均用离散的数字(一般是整数)表示的图像。

通常计算机对图像进行处理时,只能处理数字图像,数字图像通常分为以下 6 类类型。

(1)二值图像。二值图像又称黑白图像,一幅二值图像的二维矩阵仅由 0、1 两个值构成,“0”代表黑色,“1”代白色。由于每一像素取值仅有 0、1 两种可能,没有中间过渡,所以计算机中二值图像的数据类型通常为 1 个二进制位。二值图像通常用于文字、线条图的扫描识别和掩膜图像的存储等。

(2)灰度图像。灰度图像是每个像素只有一个采样颜色的图像,这类图像通常显示从最暗

黑色到最亮白色的灰度,不包括彩色信息。若灰度图像是 uint8(8 位无符号整数)型,则表示的整数数值范围是 $[0, 255]$,这就是常用的 256 级灰度图像。“0”表示纯黑色,“255”表示纯白色,中间的数字从小到大表示由黑到白的过渡色。灰度图像与二值图像不同,黑白图像只有黑色与白色两种颜色,而灰度图像在黑色与白色之间还有许多级颜色深度。灰度图像通常是在单一电磁波频谱如可见光内测量每个像素的亮度得到,并用每个采样像素 8 位无符号整数来表示,这样可以有 256 级灰度(如果用 16 位无符号整数来表示,则有 65536 级灰度)。

(3)RGB 彩色图。RGB 彩色图像又称为真彩色图像,它利用红(R)、绿(G)、蓝(B)三基色的组合来表示每个像素的颜色。一幅尺寸为 $M \times N$ 的 RGB 图像需要一个三维矩阵来存储,三维矩阵的尺寸为 $M \times N \times 3$ 。若要读取图像中(100,50)处的像素值,需查看三元数据(100,50,1:3)。RGB 图像可用双精度数据存储,亮度值范围是 $[0, 1]$,也可以用无符号整数表示,8 位无符号整数表示的亮度值范围为 $[0, 255]$ 。

(4)索引图像。索引图像采用两个矩阵来表示一幅图像,分别是图像数据矩阵和调色板矩阵 MAP。MAP 是由一个 3 列和若干行的色彩映射矩阵,其大小由存放图像的矩阵元素值域决定,如矩阵元素值域为 $[0, 255]$,则 MAP 矩阵的大小为 256×3 。MAP 中每一行代表一个颜色,3 列分别指定该行对应颜色的红、绿、蓝单色值,如某一像素的灰度值为 64,则该像素就与 MAP 中的第 64 行建立了映射关系,该像素在屏幕上的实际颜色由第 64 行的[RGB]组合决定。图像在屏幕上显示时,每一像素的颜色由存放在矩阵中该像素的灰度值作为索引通过检索颜色索引矩阵 MAP 得到。索引图像的数据类型也可采用双精度浮点型。索引图像一般用于存放色彩要求比较简单的图像,如 Windows 中色彩构成比较简单的壁纸多采用索引图像存放。

(5)位图图像(点阵图)。位图图像是由像素(pixel)组成的,像素是位图最小的信息单元,存储在图像栅格中。其主要特点如下:①位图图像与分辨率有关,它们包含固定数量的像素,每个像素都分配有特定的位置和颜色值,放大位图图像时,系统无法为它创建新的像素,只能将原来的像素变大填充放大后的空间,因此图像产生锯齿。所以单位长度内像素越多,分辨率越高,位图图像的效果越好。②位图可以表示层次和色彩比较丰富,画面细致的图像。③位图图像所占存储空间较大。

(6)矢量图像。矢量图像是由图像软件创建的图像,常用的矢量图像软件有 Illustrator、CorelDraw 等。矢量图像在数学上定义为一系列由线连接的点,图形以线条和色块为主。例如,一条线段只需记录两个端点的坐标、线段的粗细和色彩即可。其主要特点如下:①矢量图像与分辨率无关,可以将它们任意缩放或按照任意分辨率打印,而不丢失细节和清晰度;②矢量图像不适合制作色调丰富、色调变化较多的图像;③相对于位图,矢量图像所占存储空间较小。

1.1.3 图像处理概念

图像处理是对图像信息进行一系列加工、处理与分析,以满足人的视觉心理或应用需要。图像处理可分为以下三类。

(1)模拟图像处理。模拟图像处理包括光学透镜处理(如利用 zoom 镜头和鱼镜头头的处理)、摄影(如暗房的摄影后期处理)、广播级电视制作(如画面变换、重叠、变形)等。模拟图像处理具有实时性强、速度快、处理信息量大、分辨率高等优点。模拟图像处理的缺点是精度低、灵活性差,基本上无判断功能和非线性处理功能。

(2)数字图像处理。数字图像处理即计算机图像处理,指将图像由模拟信号转化为数字信号,并利用计算机对图像进行去噪、增强、复原、分割、提取特征等处理的过程。数字图像处理具有精度高、处理内容丰富、方法易变、可进行复杂的非线性处理等优点,所以具有非常灵活的变通能力。其缺点是处理速度受计算机和数字器件运算速度的限制,一般也是串行处理,故处理速度比较慢。随着计算机技术的不断发展,数字图像处理速度慢的缺点已在逐渐克服。

(3)光电结合处理。光电结合处理是用光学方法完成运算量巨大的处理(如频谱变换等),用计算机对光学处理结果(如频谱)进行分析判断等处理。该方法是模拟图像处理与数字图像处理的有机结合,它结合了二者的优点。光电结合处理是今后图像处理的发展方向,也是一个值得关注的研究方向。随着集成光学的发展和光电结合的应用,在光学计算机出现以后,图像处理技术将会有全新的巨大突破。

1.1.4 数字图像及其处理概述

数字图像是指用工业相机、摄像机、扫描仪等设备经过拍摄得到的一个二维数组,该数组的元素称为像素,其值称为灰度值。数字图像由像素函数值构成的二维矩阵排列组成。一幅灰度图像可用二维离散亮度函数 $f(x,y)$ 表示,其中 (x,y) 是图像像素的坐标,函数值代表了在点 (x,y) 处的亮度值。数字图像可以用二维矩阵 $A[m,n]$ 表示,其中 m 和 n 表示图像的宽和高,矩阵元素 $A(i,j)$ 的值表示图像在第 i 行第 j 列的像素的灰度值。对于灰度图像来说,每个像素的亮度用一个数值来表示,通常数值范围为 $0\sim 255$, 0 表示黑、 255 表示白,其他值处于黑白之间的灰度。彩色图像中,三元组的每个数值也在 $0\sim 255$, 0 表示相应的基色在该像素中为 0 , 255 表示相应的基色在该像素中取得最大值。数字图像的主要参数有像素、图像分辨率,图像深度等。

(1)像素。像素是组成图像的基本单位。如果说像素是点,那么图像就是由无数个点组成的集合,点越多,图像包含的细节就越多,图像也就越会清晰。

(2)图像分辨率。图像分辨率指图像中存储的信息量,是每英寸图像内有多少个像素点,分辨率的单位为 PPI(Pixels Per Inch),即像素每英寸。图像文件的分辨率的表达式为“水平像素数 $\times$ 垂直像素数”。图像分辨率是以比例关系影响着文件的大小,即文件大小与其图像水平方向分辨率与垂直方向分辨率乘积成正比。像素与分辨率的关系:像素数可以看成分辨率的乘积。如分辨率为 4572×3168 ,那像素大约为 $4572\times 3168=14484096\approx 1500$ 万像素。

(3)图像深度。图像深度是指存储每个像素所用的位数,用于量度图像的亮度分辨率。图像深度确定彩色图像的每个像素可能的颜色数,或者确定灰度图像的每个像素可能的灰度级数。如一幅单色图像,每个像素有 8 位,则最大灰度数目为 2 的 8 次方,即 256 。再如一幅 RGB 图像 3 个分量的像素位数分别为 $4,4,2$,则最大颜色数目为 2 的 10 次方,即 1024 ,就是说像素的深度为 10 位,每个像素可以是 1024 种颜色中的一种。一幅图像的分辨率为 1024×768 ,深度为 16 ,则它的数据量为 $1.5\text{M}(1024\times 768\times 16\text{bit}=1024\times 768\times 16/8\text{Byte}=1536\text{KB}=1.5\text{MB})$ 。

数字图像处理是利用计算机或其他数字设备将图像信息转变成数字信息来进行保存、处理、传输、重现等的过程。数字图像处理是一门发展很快的新兴学科,其早期应用于宇宙飞船发回图像的各种处理,随着信息化技术的发展,数字图像处理的应用范围也越来越广。从处理的顺序和数据复杂度上来划分,数字图像处理可以分为图 1-1 所表示的 3 个层次。

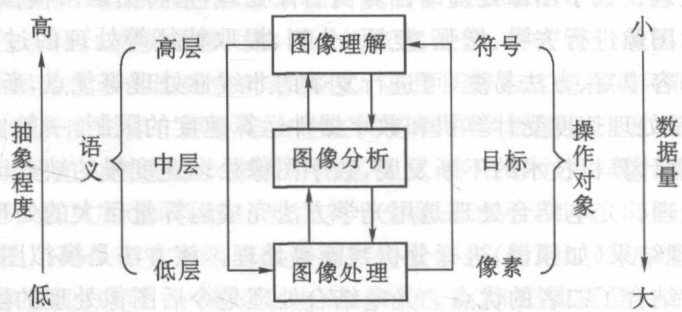


图 1-1 图像处理三个层次

- (1)底层处理。图像预处理主要是进行一些像素级初级操作,如图像去噪、图像增强、图像锐化等,其目的是改善图像质量,或强化图像中的关键数据信息,为中、高层处理做好准备。
- (2)中层处理。图像中层处理是在图像底层处理的基础上,对图像进行分割操作,膨胀腐蚀,区域优化等进一步分析,其目的是对图像中感兴趣的目标进行检测和测量,为后续图像识别与图像理解提供相应的对象描述。
- (3)高层处理。图像识别与理解是在图像中层处理的基础上,通过分析图像各个目标之间特征的区别和相关联系对描述对象进行识别,进而得到对图像内容的总体理解。

1.2 数字图像处理的发展简史与未来

数字图像处理技术的发展涉及信息科学、计算机科学、数学、物理学、摄影学以及生物学等学科。因此,相关学科对图像处理科学的发展有越来越大的影响。下面概述数字图像处理的发展历史和未来发展方向。

1.2.1 数字图像发展简史

上世纪 20 年代,数字图像处理最早应用于报纸行业。由于报纸行业信息传输的需要,一根海底电缆从英国伦敦连输到美国纽约,实现了第一幅数字照片的传送。在当时如果不采用数字图像处理,一幅图像传输大概需要 7 天,而借助数字图像处理技术仅耗费 3 小时。随着计算机技术的发展,计算机技术与数字图像处理两者之间结合得越来越紧密,从而促进了数字图像处理技术的发展。图 1-2 是一幅上世纪 20 年代的图像。



图 1-2 上世纪 20 年代的图像

上世纪 60 年代,能够实现图像处理任务的计算机诞生,作为第一台图像处理的计算机标志着数字图像处理技术开始进入快速发展阶段,人们利用计算机实现了更加高级的图像处理。在上世纪 60 年代末至 70 年代初,数字图像处理技术仅用于空间开发,之后慢慢进入医学图像、天文学等领域。其中最值得一提的就是计算机断层(CT)图像的出现,它是整个医学诊断领域最重要的应用。图 1-3 是美国航天器传送的第一张月球照片,1964 年 7 月 31 日在光线影响月球表面 17 分钟摄取的图像。

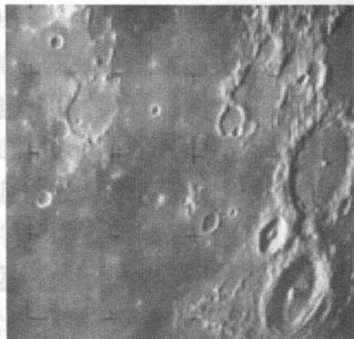


图 1-3 上世纪 60 年代的图像

上世纪 70 年代,借助计算机、人工智能等方面的快速发展,数字图像处理技术实现了更高层次的发展。相关工作人员已经着手研究如何使用计算机进行图像解释。

上世纪 80 年代,研究人员将数字图像处理应用于地理信息系统。从这个阶段开始数字图像处理技术的应用领域不断扩大,在工业检测、遥感等方面也得到了广泛应用,在遥感方面实现了对卫星传送回来的图像的处理。

上世纪 90 年代,数字图像处理技术得到了快速发展,其中特别是小波理论和变换方法的诞生,更好地实现了数字图像的分解与重构。数字图像处理技术发展速度快、应用范围广的主要原因有两个:最初由于数字图像处理的数据量庞大,而计算机运行处理速度相对较慢,这就限制了数字图像处理的发展。现在计算机的计算能力迅速提高,运行速度大大提高,价格迅速下降,图像处理设备从中、小型计算机迅速过渡到个人计算机,为图像处理在各个领域的应用准备了条件;第二个原因是由于视觉是人类感知外部世界的最重要手段。据统计,在人类获取的信息中,视觉信息占 70% 左右。而图像正是人类获取信息的主要途径。因此,和视觉紧密相关的数字图像处理技术的潜在应用范围自然十分广阔。近年来,数字图像处理技术日趋成熟,它广泛应用于空间探测、遥感、生物医学、模式识别、人工智能以及工业检测等许多领域,并促使这些学科产生了新的发展。

1.2.2 数字图像处理的发展方向

自上世纪 60 年代第三代数字计算机问世以来,数字图像处理技术出现了空前的发展,其形势可谓方兴未艾。图像是人类获取和交换信息的主要来源。因此,图像处理的应用领域必然涉及到人类生活和工作的各个方面。随着科学技术的不断发展,数字图像处理技术的应用领域及发挥的作用也将随之不断扩大,数字图像处理技术未来发展大致可归纳为如下几点:①数字图像处理技术的发展将向着高速、高分辨率、立体化、多媒体、智能化和标准化方向发展。②进一步加强软件研究,开发新的软、硬件图像处理方法。③加强基础学科、边缘学科的研究工作,促进数字图像处理技术的进一步发展。④逐步完善数字图像处理科学自身的理论体系。⑤图像、图形相结合朝着三维成像或多维成像的方向发展。⑥新理论与新算法研究,近年来在图像处理领域引入了一些新的理论并提出了一些新的算法,如小波理论、分形理论、形态学、遗传算法、机器学习等广泛用于图像处理、图形处理、纹理分析,同时还可以用于数学、物理、生物、神经和音乐等。⑦图像处理芯片化。目前,结合多媒体技术的研究,硬件芯片越来越多。如 Thomson 公司 ST13220 采用 SyStO11C 结构作运动预测器;INMOS 公司 IMS-A121

采用流水线结构,C-Cube 公司 CL-550 把 JPEG 做到一个芯片上,芯片化更便于数字图像处理技术和方法的推广应用。⑧虚拟现实,计算机的运算速度发展到今天,已为虚拟现实提供了可能性。网上虚拟现实、可视电话及会议系统等方面的发展及应用都为数字图像处理技术的发展提供了新的机遇。⑨机器人视觉,随着各种相关技术和相关学科研究的不断发展,机器人视觉将由 2D 向 3D,由低速响应向高速响应发展。

1.3 数字图像处理的应用

随着计算机的普遍使用,人类已经进入了一个高速发展的信息时代,图像处理技术越来越成为科学技术各领域中必不可少的手段。数字图像处理在短短 50 年间就迅速地发展成为一门独立的有强大生命力的学科。它的应用领域包括生物医学工程、航空航天、工业检测、公安司法、军事制导和文化艺术等各个行业。

1.3.1 医学上的应用

图像处理在医学上的应用非常广泛。自伦琴 1895 年发现 X 射线以来,在医学领域可以用图像的形式揭示更多有用的医学信息,医学诊断方式也发生了巨大的变化。图 1-4 是伦琴与第一张 X 光片。随着科学技术的不断发展,现代医学已越来越离不开医学图像的信息处理,医学图像在临床诊断、教学科研等方面有重要的作用。目前的医学图像主要包括 CT(计算机断层扫描)图像、MRI(核磁共振)图像、B 超扫描图像、数字 X 光机图像、X 射线透视图像、各种电子内窥镜图像、显微镜下病理切片图像等。与其他领域的应用相比较,医学影像等卫生领域信息更具独特性,医学图像较普通图像纹理更多,分辨率更高,相关性更大,存储空间更大,并且为严格确保临床应用的可靠性,其压缩、分割等图像预处理、图像分析及图像理解等要求更高。医学图像处理跨计算机、数学、图形学、医学等多学科研究领域。医学图像处理技术包括图像变换、图像压缩、图像增强、图像平滑、边缘锐化、图像分割、图像识别、图像融合等。



图 1-4 伦琴与第一张 X 光片