

人工智能应用丛书

# 智能图像 处理及应用

杨露菁 吉文阳 郝卓楠 李翀伦 吴俊锋 编著

中国铁道出版社有限公司  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE CO., LTD.

# 智能图像

# 处理及应用

ZHINENG TUXIANG CHULI JI YINGYONG

杨露菁 吉文阳 郝卓楠 李翀伦 吴俊锋 编著

中国铁道出版社有限公司  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE CO., LTD.

## 内 容 简 介

本书紧贴当前实际,将最新的人工智能技术与图像处理相结合,系统介绍了智能图像处理的基本概念、处理技术及其应用领域。全书以图像处理基本流程为主线,内容包括智能图像处理技术、图像分割、图像特征提取、目标检测、图像识别、图像跟踪、目标行为分析、图像融合、图像处理应用实例、图像处理发展趋势。本书将智能图像处理算法和大量的应用实例相结合进行阐述,内容涵盖生物医学、机器视觉、智能交通、智能安防、军事等领域,在各章都列举了有代表性的实例,这些实例具有较好的通用性和应用性,便于读者学习理解,并能很快将这些方法投入到实际应用中。

本书适合作为高等院校师生学习智能图像处理技术的教辅材料,也可作为科研院所和公司研发人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

智能图像处理及应用/杨露菁等编著. —北京:中国铁道出版社,2019.3

(人工智能应用丛书)

ISBN 978-7-113-25289-2

I. ①智… II. ①杨… III. ①计算机应用-图像处理  
IV. ①TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第297054号

书 名: 智能图像处理及应用

作 者: 杨露菁 吉文阳 郝卓楠 李翀伦 吴俊锋 编著

策 划: 周海燕

读者热线: (010) 63550836

责任编辑: 周海燕 冯彩茹

封面设计: 穆 丽

责任校对: 张玉华

责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社有限公司(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com/51eds/>

印 刷: 三河市航远印刷有限公司

版 次: 2019年3月第1版 2019年3月第1次印刷

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张: 20 字数: 405 千

书 号: ISBN 978-7-113-25289-2

定 价: 59.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 51873659



# “人工智能应用丛书”编委会

## 主 任:

何新贵(北京大学教授、博导,中国工程院院士)

## 副 主 任:

蔡庆生(中国科技大学计算机科学与技术系教授、博导,中国人工智能学会会士,曾任中国人工智能学会常务理事、中国人工智能学会机器学习专委会主任)

徐洁磐(南京大学教授、博导,原中国人工智能学会理事、中国人工智能学会离散智能专委会主任、中国计算机学会计算机理论专委会副主任)

贲可荣(海军工程大学电子工程学院教授、博导,中国计算机学会理论计算机科学专委会副主任)

## 编 委:(排名不分先后)

王献昌(吉林大学计算机学院教授、博导,成都凯斯人工智能研究院院长,千人计划特聘专家)

朱频频(小i机器人创始人、首席执行官,中国人工智能学会理事,中国语音产业联盟副理事长,上海机器人协会副会长)

邵志清(致公党上海市委专职副主委,原上海市经济和信息化委员会副主任、华东理工大学信息科学与工程学院院长)

黄金才(国防科技大学教授,军委装备发展部人工智能专家组秘书长)

娄 岩(中国医科大学计算机教研室主任、教授,高等学校智能医学教产学研联盟理事长)

周 芸(上海擎云物联网有限公司董事长、创始人)

徐龙章(上海信息化发展研究协会常务副会长,上海首席信息官联盟秘书长)

王江锋(北京交通大学交通运输学院教授、博导,交通工程系副主任)

杨露菁(海军工程大学教授)

谢能付(中国农业科学院农业信息研究所副研究员)

顾进广(武汉科技大学计算机科学与技术学院教授、博导,武汉科技大学大数据科学与工程研究院副院长)

马慧民(上海大数据联盟常务副秘书长,经济学博士)

马 楠(北京联合大学机器人学院副院长,中国人工智能学会智能交互专委会副秘书长,中国计算机学会高级会员)

黄智生(荷兰阿姆斯特丹自由大学人工智能系终身教授,武汉科技大学大数据研究院副院长)



# “人工智能应用丛书”序

当前人工智能技术正以前所未有的速度与力量,成长为未来科学技术革命的重要驱动力,它将进一步促进新兴科技、新兴产业的发展与深度融合,推动新一轮的信息技术革命,成为经济结构转型升级的新支点。2017年10月24日习近平总书记在中国共产党第十九次全国代表大会报告中明确提出要发展人工智能产业与应用。

人工智能作为科技领域最具代表性的技术,在我国已取得了重大的进展,近期,它在人脸识别、自动驾驶汽车、机器翻译、智能机器人、智能客服等多个应用领域取得了突破性进展,这标志着新的人工智能时代已经来临。国务院于2017年6月出台了“新一代人工智能发展规划”。根据此规划,我国在人工智能领域发展分为2018—2020年、2021—2025年及2026—2030年三个阶段实施。到2030年在人工智能理论、技术与应用方面全面达到国际领先水平。2018年伊始,工信部根据此规划,发布了2018—2020三年行动计划,其主要目标是使人工智能产业与集成应用在我国落地生根。

为了响应党和政府的号召,为发展新兴产业,同时满足读者对人工智能的认识需要,人工智能应用丛书编委会联合中国铁道出版社组织并推出以阐述人工智能应用为主的系列丛书,命名为“人工智能应用丛书”。本丛书以应用为驱动,应用带动理论,反映最新发展趋势作为主要编写方针。本丛书大胆创新、力求务实,在内容编排上努力将理论与实践相结合,尽可能反映人工智能领域的最新发展;在内容表达上力求由浅入深、通俗易懂;在内容和形式体例上力求科学、合理、严密和完整,具有较强的系统性和实用性。

本丛书适合人工智能产品开发和应用人员阅读,也可作为高等院校计算机专业、人工智能相关专业的课程教材及教学参考材料以及对人工智能领域感兴趣的读者阅读。

本丛书在出版过程中得到了计算机界、人工智能界很多专家的支持和指导,特别是得到了何新贵院士的指导与帮助,本丛书的完成不但是全体作者的共同努力,同时也参考了许多中外有关研究者的文献和著作,在此一并致谢。

人工智能是一个日新月异、不断发展的领域,许多理论与应用问题尚在探索和研究之中,观点的不同、体系的差异在所难免,如有不当之处,恳请专家及读者批评指正。

“人工智能应用丛书”编委会

2018年1月

# 前言

近年来人工智能尤其是深度学习的发展已超出人们的预料,广泛应用于视频图像领域,并且取得了极大的成功。智能图像处理从早期在军事、科研领域的“小众”应用,发展至今已经广泛应用到智慧城市、医疗、交通、安防、农业、工业、娱乐等各行各业,成为与人们生活和生产息息相关的“大众”应用。

本书紧贴当前实际,将最新的人工智能技术与图像处理相结合,系统介绍了智能图像处理的基本概念、处理技术及其应用领域。全书以图像处理基本流程为主线,内容包括智能图像处理技术、图像分割、图像特征提取、目标检测、图像识别、图像跟踪、目标行为分析、图像融合、图像处理应用实例、图像处理发展趋势。

第1章介绍智能图像处理的基本概念、图像处理过程、图像处理发展历史以及智能图像处理的应用领域。第2章介绍智能图像处理技术基础,包括机器学习理论、神经网络以及深度学习算法,为后续将这些智能方法应用于图像处理各环节奠定基础。第3章介绍智能图像分割的基本概念、智能图像分割方法及其多领域实际图像分割效果。第4章介绍智能图像特征提取的基本概念,图像底层特征及其特征提取方法,图像深层特征和深度学习特征提取方法,以及实际问题的图像特征。第5章介绍智能目标检测的基本概念和技术框架,基于深度学习的智能目标检测算法以及智能目标检测的应用。第6章介绍智能图像识别的基本原理及其应用,包括文字识别、人脸识别、手部生物特征识别。第7章介绍智能图像跟踪的概念、跟踪步骤和目标跟踪算法分类,智能目标跟踪方法以及跟踪应用的例子。第8章介绍智能视频行为分析及其应用,包括智能视频分析的基本概念、实现方式、功能,以及典型的行为分析的例子。第9章介绍智能图像融合的基本概念、基于卷积神经网络的智能图像融合方法,以及图像融合在医学、遥感、交通领域的应用。第10章列举了智能图像处理的部分实际应用,内容囊括身份鉴别、智能安防、机器视觉、人机交互几个方面。第11章介绍智能图像处理技术和应用方面的发展趋势,阐述了智能图像处理的发展动力和发展趋势,介绍了图像处理与分析的开发平台,分析了智能图像处理存在的问题。

本书由杨露菁、吉文阳、郝卓楠、李翀伦、吴俊锋编著。具体分工如下:海军工程大学的杨露菁,负责全书主要章节的编写及统稿;中国科学院的吉文阳编写第5、6章的部分内容,航天科技集团的郝卓楠编写第8、10章的部分内容,某部研究院的李翀伦编



写第3、7章的部分内容,中国电子科技集团的吴俊锋编写第11章和第9章的部分内容。

本书由南京大学计算机科学与技术系徐洁磐教授主审,他对本书的构思及内容提出了宝贵意见,在本书付梓之际特表示衷心感谢。

本书将智能图像处理算法和大量的应用实例相结合进行阐述,内容涵盖生物学、机器视觉、智能交通、智能安防、军事等领域,在各章都列举了有代表性的实例,这些实例具有较好的通用性和应用性,便于读者学习理解,并能很快将这些方法投入到实际应用中。

本书参考了大量国内外学者的学术论文和互联网资讯,在书后列举了这些参考文献,在此对原作者表示衷心的感谢!由于作者学识有限,书中难免存在疏漏和不足之处,敬请批评指正。

编 者

2019年1月

# 目 录

|                       |    |
|-----------------------|----|
| <b>第 1 章 绪论</b>       | 1  |
| 1.1 图像与图像处理概述         | 1  |
| 1.1.1 图像与图像处理的概念      | 1  |
| 1.1.2 图像处理过程          | 2  |
| 1.1.3 图像处理任务          | 5  |
| 1.2 智能图像处理概述          | 6  |
| 1.2.1 智能图像处理概念        | 6  |
| 1.2.2 智能图像基准数据集       | 8  |
| 1.2.3 智能图像处理基准测试      | 15 |
| 1.3 智能图像处理应用领域        | 17 |
| 1.3.1 医疗领域            | 17 |
| 1.3.2 机器视觉            | 19 |
| 1.3.3 智能交通            | 23 |
| 1.3.4 智能安防            | 28 |
| 1.3.5 军事领域            | 29 |
| <b>第 2 章 智能图像处理技术</b> | 34 |
| 2.1 机器学习理论            | 34 |
| 2.1.1 机器学习概述          | 34 |
| 2.1.2 机器学习方式          | 36 |
| 2.1.3 机器学习算法          | 39 |
| 2.2 人工神经网络            | 43 |
| 2.2.1 人工神经元           | 43 |
| 2.2.2 感知器             | 45 |
| 2.2.3 支持向量机           | 47 |
| 2.2.4 递归神经网络          | 48 |
| 2.3 卷积神经网络            | 50 |





|                        |    |
|------------------------|----|
| 2.3.1 深度学习概述 .....     | 50 |
| 2.3.2 卷积神经网络原理 .....   | 52 |
| 2.3.3 VGG 卷积神经网络 ..... | 58 |

### 第3章 智能图像分割 .....

---

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 3.1 图像分割基本概念 .....         | 60 |
| 3.1.1 图像分割概念 .....         | 60 |
| 3.1.2 传统图像分割方法 .....       | 62 |
| 3.2 智能图像分割方法 .....         | 65 |
| 3.2.1 基于模糊聚类的分割方法 .....    | 65 |
| 3.2.2 基于群智能的图像分割方法 .....   | 67 |
| 3.2.3 基于 CNN 的图像分割方法 ..... | 70 |
| 3.3 图像分割的应用效果 .....        | 74 |
| 3.3.1 医学图像分割 .....         | 74 |
| 3.3.2 交通图像分割 .....         | 81 |
| 3.3.3 身体部位分割 .....         | 82 |

### 第4章 智能图像特征提取 .....

---

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 4.1 图像特征概述 .....        | 85  |
| 4.1.1 图像特征的基本概念 .....   | 85  |
| 4.1.2 图像的底层特征 .....     | 88  |
| 4.2 智能图像特征提取方法 .....    | 96  |
| 4.2.1 图像的深层特征 .....     | 96  |
| 4.2.2 深度学习特征提取 .....    | 99  |
| 4.2.3 深度学习特征提取的例子 ..... | 100 |
| 4.3 图像特征提取应用 .....      | 101 |
| 4.3.1 医学图像特征 .....      | 102 |
| 4.3.2 水面目标特征 .....      | 103 |

### 第5章 智能目标检测 .....

---

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 5.1 图像目标检测原理 .....   | 111 |
| 5.1.1 目标检测技术框架 ..... | 111 |
| 5.1.2 目标检测评价指标 ..... | 113 |

|       |                   |     |
|-------|-------------------|-----|
| 5.1.3 | 目标检测应用分类 .....    | 117 |
| 5.2   | 智能目标检测算法 .....    | 119 |
| 5.2.1 | R-CNN .....       | 120 |
| 5.2.2 | SPPNet .....      | 121 |
| 5.2.3 | Fast RCNN .....   | 122 |
| 5.2.4 | Faster RCNN ..... | 123 |
| 5.2.5 | YOLO 系列 .....     | 124 |
| 5.3   | 智能目标检测应用 .....    | 126 |
| 5.3.1 | 人脸检测 .....        | 126 |
| 5.3.2 | 无人艇目标检测 .....     | 134 |
| 5.3.3 | 车辆检测 .....        | 138 |
| 5.3.4 | 缺陷检测 .....        | 140 |

## 第6章 智能图像识别 ..... 143

|       |                        |     |
|-------|------------------------|-----|
| 6.1   | 图像识别基本原理 .....         | 143 |
| 6.1.1 | 图像识别概述 .....           | 143 |
| 6.1.2 | 图像识别过程 .....           | 144 |
| 6.1.3 | 传统图像识别方法 .....         | 146 |
| 6.1.4 | 卷积神经网络识别模型 .....       | 148 |
| 6.2   | 文字识别 .....             | 151 |
| 6.2.1 | 文字识别系统 .....           | 152 |
| 6.2.2 | LeNet 网络文字识别 .....     | 156 |
| 6.2.3 | 文字识别应用——车牌识别 .....     | 160 |
| 6.3   | 人脸识别 .....             | 163 |
| 6.3.1 | 人脸识别系统 .....           | 164 |
| 6.3.2 | 人脸识别算法 .....           | 164 |
| 6.3.3 | 人脸识别应用——人机交互 .....     | 165 |
| 6.4   | 手部生物特征识别 .....         | 167 |
| 6.4.1 | 指纹识别 .....             | 167 |
| 6.4.2 | 掌纹识别 .....             | 169 |
| 6.4.3 | 静脉识别 .....             | 171 |
| 6.4.4 | 手部生物特征识别应用——身份鉴别 ..... | 172 |

**第7章 智能图像跟踪 ..... 176**

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 7.1 图像跟踪概述 .....            | 176 |
| 7.1.1 图像跟踪问题描述 .....        | 176 |
| 7.1.2 图像跟踪步骤 .....          | 178 |
| 7.1.3 图像跟踪算法分类 .....        | 180 |
| 7.2 智能图像跟踪算法 .....          | 183 |
| 7.2.1 DLT 和 SO-DLT 算法 ..... | 184 |
| 7.2.2 FCNT 和 HCFVT 算法 ..... | 187 |
| 7.2.3 MDNet 算法 .....        | 190 |
| 7.2.4 RTT 算法 .....          | 191 |
| 7.3 图像跟踪应用 .....            | 192 |
| 7.3.1 图像跟踪应用概述 .....        | 192 |
| 7.3.2 交通视频车辆跟踪 .....        | 193 |
| 7.3.3 街景视频行人跟踪 .....        | 195 |

**第8章 智能目标行为分析 ..... 199**

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 8.1 智能视频分析概述 .....      | 199 |
| 8.1.1 智能视频分析的基本概念 ..... | 199 |
| 8.1.2 智能视频分析的实现方式 ..... | 201 |
| 8.1.3 智能视频分析功能 .....    | 203 |
| 8.2 人体行为分析 .....        | 204 |
| 8.2.1 人体行为分析概述 .....    | 204 |
| 8.2.2 人体行为分析方法 .....    | 206 |
| 8.2.3 人体行为分析应用 .....    | 209 |
| 8.3 行人异常行为分析 .....      | 211 |
| 8.3.1 行人摔倒行为分析 .....    | 212 |
| 8.3.2 人群异常行为分析 .....    | 213 |
| 8.4 手势识别 .....          | 217 |
| 8.4.1 手势识别概述 .....      | 217 |
| 8.4.2 基于视觉的手势识别 .....   | 219 |
| 8.5 多人视频中关键事件识别 .....   | 221 |

**第9章 智能图像融合** ..... 224

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 9.1 图像融合概述 .....            | 224 |
| 9.1.1 图像融合的基本概念 .....       | 224 |
| 9.1.2 图像融合的处理层次 .....       | 225 |
| 9.2 图像融合方法 .....            | 227 |
| 9.2.1 图像融合方法概述 .....        | 227 |
| 9.2.2 基于卷积神经网络的图像融合方法 ..... | 231 |
| 9.3 图像融合应用 .....            | 233 |
| 9.3.1 多模态医学影像融合 .....       | 233 |
| 9.3.2 多元遥感图像融合 .....        | 238 |
| 9.3.3 多源交通图像融合 .....        | 241 |
| 9.3.4 多波段舰船图像融合 .....       | 243 |

**第10章 智能图像处理应用实例** ..... 247

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 10.1 身份鉴别 .....            | 247 |
| 10.1.1 苹果手机刷脸解锁 .....      | 247 |
| 10.1.2 刷脸的生活应用 .....       | 249 |
| 10.2 智能安防 .....            | 251 |
| 10.2.1 格灵深瞳监控系统 .....      | 251 |
| 10.2.2 商汤科技智能人群分析 .....    | 252 |
| 10.2.3 全球眼 .....           | 253 |
| 10.2.4 智能视频监控产品 .....      | 255 |
| 10.3 机器视觉 .....            | 258 |
| 10.3.1 百度机器人人脸识别 .....     | 258 |
| 10.3.2 百度无人驾驶 .....        | 261 |
| 10.3.3 亚马逊无人超市 .....       | 265 |
| 10.4 人机交互 .....            | 270 |
| 10.4.1 百度识图 .....          | 270 |
| 10.4.2 腾讯云 OCR 文字识别 .....  | 273 |
| 10.4.3 Facebook 图片搜索 ..... | 275 |

**第11章 智能图像处理发展趋势** ..... 277

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 11.1 智能图像处理的发展动力 ..... | 277 |
|------------------------|-----|

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 11.2 智能图像处理的发展趋势 .....    | 279 |
| 11.2.1 总体发展特点 .....       | 279 |
| 11.2.2 图像设备发展趋势 .....     | 280 |
| 11.2.3 图像处理硬件系统发展趋势 ..... | 283 |
| 11.2.4 图像处理技术发展趋势 .....   | 284 |
| 11.3 图像处理与分析开发平台 .....    | 287 |
| 11.3.1 OpenCV .....       | 287 |
| 11.3.2 Face++ .....       | 288 |
| 11.3.3 NiftyNet .....     | 291 |
| 11.3.4 其他开源项目 .....       | 292 |
| 11.4 智能图像处理应用发展趋势 .....   | 293 |
| 11.4.1 智能安防行业 .....       | 293 |
| 11.4.2 智能交通领域 .....       | 294 |
| 11.4.3 身份识别 .....         | 295 |
| 11.4.4 工业生产领域 .....       | 296 |
| 11.4.5 农业生产领域 .....       | 298 |
| 11.5 智能图像处理存在的问题 .....    | 299 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| <b>参考文献</b> ..... | 301 |
|-------------------|-----|

# 第 1 章

## 绪 论

近年来,图像处理领域已成为人工智能技术应用最为成熟的一个方面,本章概述智能图像处理的基本概念及其应用领域,包括图像与图像处理的基本概念、图像处理过程及图像处理任务、智能图像处理的基本概念、智能图像处理常用的基准数据库和基准测试,以及智能图像处理在医疗领域、机器视觉、智能交通、智能安防和军事领域的应用。

### 1.1 图像与图像处理概述

#### 1.1.1 图像与图像处理的概念

在地球生物向更高智慧水平进化的过程中,视觉是非常重要的推动力量。寒武纪大爆发之后,地球上几乎所有的动物都进化出了某种形式上的视觉系统。5.4 亿年之后的今天,对于人类,眼睛已成为最重要的传感器,超过一半的大脑都会参与视觉功能,人类的视觉系统是令人惊叹的。1996 年,神经心理学家 Simon J. Thorpe 在《自然》上发表了一项研究,通过脑电波观察人脑对复杂图像进行分类的速度,发现仅需  $150\ \mu\text{s}$ ,大脑就会发出一道区分信号,对画面中的物体是否为动物做出判断。这说明对物体的识别是视觉最基础的部分之一。视觉是人类发展的重要基石,在过去的几亿年中,不同生物的视觉系统不断发展,至今已成为人类大脑中最复杂的系统。

视觉系统的发展使得图像成为人类和各种生物认识世界的最重要的信息来源,据国内外学者的统计,人类所得到的外界信息中有 80% 以上都是来自于眼睛所摄取到的图像。在许多场合中,图像中传递出来的信息较之其他方式更为形象、直观、内容丰富,古人云“百闻不如一见”“一目了然”便是这个道理。人类的视觉感知是有限的,仅对电磁波谱中的视觉波段敏感。但是随着科技的发展,成像机器能够捕获的电磁波段越来越多,从伽马射线到无线电波,并能通过各种图像处理技术,将其转换成可见图像。广义上,图像就是所有具有视觉效果的画面,包括纸介质上的,底片或照片上的,电视、投影仪或计算机屏幕上的。

根据图像记录方式的不同,可分为两大类:模拟图像和数字图像。模拟图像可以

通过某种物理量(如光、电等)的强弱变化来记录图像亮度信息,例如模拟电视图像;对模拟图像进行采样量化处理后,就可以得到一幅数字图像,它是用计算机存储的数据来记录图像上各点的亮度信息。将其在横向与纵向上等间距地进行分割,构成矩形网状结构,所形成的微小方格称为像素点,简称像素。

彩色数字图像可以用一个三维数字矩阵  $A_{m \times n \times r}$ , ( $r = 1, 2, 3$ ) 来表示。矩阵中的每个元素处的值称为像素值,一般取整数。 $r = 1, 2, 3$  代表红色、绿色、蓝色三个通道。红色、绿色、蓝色三个通道的缩览图均以灰度显示。当只有一个通道时,图像称为灰度数字图像,对应的数字图像矩阵元素取值为  $[0, 255]$ , 通常显示为从最暗的黑色到最亮的白色的灰度。若  $L$  为数字图像中所有像素所具有的离散灰度的个数,则称  $L$  为该幅图像的灰度级数,描述了图像中不同灰度值的个数,一般取  $2^k$ 。灰度级数越多,图像层次越清楚逼真。灰度级数取决于每个像素对应的存储单元的位数,如每个像素的颜色用 16 位二进制数表示,就称为 16 位图,它可以表达  $2^{16}$  即 65 536 种颜色;同理,如果每一个像素采用 24 位二进制数表示,就称为 24 位图,它可以表达  $2^{24}$  即 16 777 216 种颜色。

分辨率是衡量图像细节表现力的技术参数,通常是以像素数来计量的,如  $1\,024 \times 1\,024$ 。一幅精度为  $1\,024 \times 1\,024 \times 10\text{ bit}$  的数字图像表示每个像素点的量化数为 10 bit (10 比特),灰度级数为  $2^{10} = 1\,024$  级。

数字图像处理是指通过数学计算的方式对那些不符合人们日常视觉或者应用需求的原始图像进行加工和处理,以改善人类的视觉效果,符合人类的视觉需求 and 应用需求,从而大大延伸人类观测和认识客观世界的能力。近年来,随着计算机技术和人工智能技术的飞速发展,数字图像处理技术得到迅速发展,它与机器视觉、计算机视觉、人工智能、机器学习、神经生物学、统计学、几何学、光学等学科都有交叉,其学科关系如图 1-1 所示。

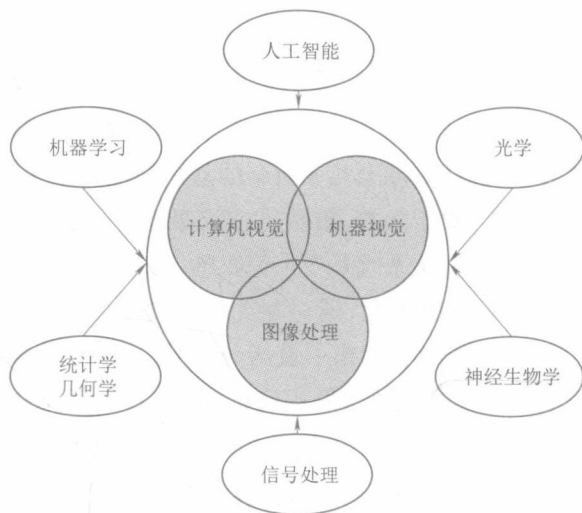


图 1-1 数字图像处理技术相关学科关系图

### 1.1.2 图像处理过程

人类之所以能在自然界中长期生存,一个重要原因是拥有迅速认识并理解所处环境的能力,而这其中关键的环节就是利用人类自身的视觉系统。研究如何让计算机具有观察、识别、分析事物的能力是计算机视觉的研究领域,最终目的是期望计算机能够达到像人类视觉系统那样的能力,包括目标分类、目标识别、姿态估计、三维重建等。



尽管人类的视觉感知很快速方便,但是利用计算机自动处理和分析图像信息,使它被人们所理解并不是一个简单的过程,这涉及一系列复杂的过程,需要各种图像处理技术来完成。

图像处理技术的广义含义是指各种与图像相关的技术的总称,泛指对各种图像信息进行加工、分析、处理以达到预期目的的技术,如图像获取、图像存储、图像压缩、图像编码、图像传输、图像变换、图像增强、图像滤波、图像复原、图像分割、目标检测、图像识别等。一般来讲,对图像进行处理(或加工、分析)的主要目的有以下几个方面:

(1) 图像增强和复原,改善图像的视觉效果和提高图像的质量。在图像的采集、保存以及处理过程中,可能含有噪声、出现失真,这对图像的高质量处理存在消极的影响,因此需要进行图像的亮度、彩色变换,增强、抑制某些成分,对图像进行几何变换等,以改善图像的质量。突出图像中人们感兴趣的区域,去除或减弱无用的信息和噪声,提高图像的清晰度等。如强化图像高频分量,可使图像中物体轮廓清晰,细节明显;强化低频分量可减少图像中的噪声影响。图像复原要求对图像降质的原因有一定的了解,一般应根据降质过程建立“降质模型”,再采用某种滤波方法,恢复或重建原来的图像。

(2) 提取图像中包含的某些特征或特殊信息,为计算机分析图像提供便利。例如提取特征或信息作为模式识别或计算机视觉的预处理。提取的特征包括很多方面,如频域特征、灰度或颜色特征、边界特征、区域特征、纹理特征、形状特征、拓扑特征和关系结构等。

(3) 图像数据的变换、编码和压缩,以便于图像的存储和传输。图像变换可以直接在空间域中进行,但是由于图像阵列很大,计算量很大。因此,往往通过各种图像变换的方法,将空间域的处理转换为变换域处理,如傅里叶变换、沃尔什变换、离散余弦变换、小波变换等,以减少计算量,或者获得在空间域中很难甚至是无法获取的特性。图像编码压缩技术可减少图像数据量(即比特数),节省图像传输、处理时间,减少所占用的存储器容量。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,在图像处理技术中是发展最早且比较成熟的技术。

(4) 图像分割。根据几何特性或图像灰度选定的特征,将图像中有意义的特征部分提取出来,包括图像中的边缘、区域等,这是进一步进行图像识别、分析和理解的基础。虽然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,图像分割是图像处理中研究的热点之一。

(5) 图像重建。通过物体外部测量的数据,经数字处理获得三维物体的形状信息的技术。图像重建的典型应用就是CT技术,它的主要算法有傅里叶反投影法、代数法、卷积反投影法和迭代法。近年来,三维重建算法发展很快,而且它与计算机图形学相结合,可以把多个二维图像合成三维图像,并加以光照模型和各种渲染技术,从而生成各种具有高品质和强烈真实感的图像。

(6) 图像描述。图像描述是图像识别和理解的必要前提。作为最简单的二值图像可采用几何特性描述物体的特性,一般图像的描述方法采用二维形状描述,有边界描

述和区域描述两类方法。对于特殊的纹理图像可采用二维纹理特征描述。随着图像处理研究的深入发展,已经开始进行三维物体描述的研究,出现了体积描述、表面描述、广义圆柱体描述等方法。

(7)图像分类、识别。图像分类、识别属于模式识别的范畴,主要内容是图像经过某些预处理(增强、复原、压缩)后,进行图像分割和特征提取,从而进行判决分类。图像分类常采用统计模式分类、句法(结构)模式分类和人工神经网络模式分类等方法。

上述图像处理技术可以纳入图1-2所示的层次结构中,包括低层的图像采集与图像预处理;中间处理层的图像表达、目标检测、特征提取与匹配、目标跟踪、物体识别与分类等;高层的信息分析,包括动作分析、行为分析、场景语义分析等。

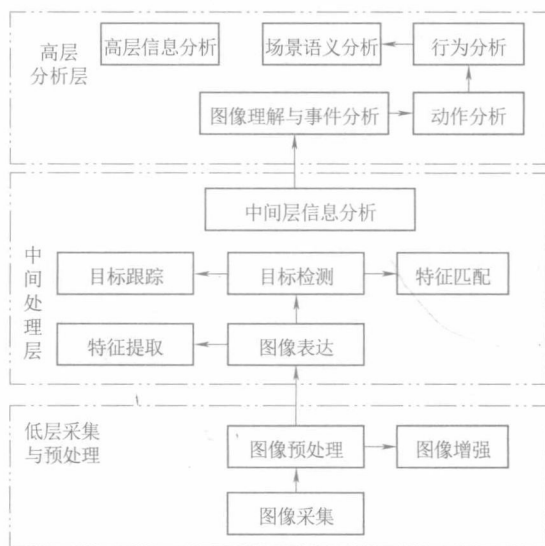


图1-2 图像处理的层次结构

(1)低层采集与预处理。指的是像素层次上的处理,这个层次的目的是改善图像的质量。它是对图像进行各种加工如图像滤波、图像增强,以改善图像视觉效果并为其后的目标自动识别奠定基础,或者对图像进行压缩编码以减少图像存储所需的空间或图像传输所需的时间。这是一个从图像到图像的过程,主要在图像像素级上进行处理,处理的数据量非常大。

(2)中间处理层。图像分析主要是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,从而建立对图像和目标的描述。图像分析是一个从图像到数据的过程,这里的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。图像分析涉及图像表达、特征提取、目标检测、目标跟踪和目标识别。将原来以像素描述的图像转变成比较简洁的非图像的描述,如得到图像中目标的类型。

(3)高层分析层。指的是在中层处理的基础上进行图像理解与事件分析,包括目标动作分析、行为分析、场景语义分析。图像处理的最高目标是让计算机具有人那样的视觉系统,这样在某些领域可以代替人更好地完成任务,这个层次的目标是使计算