

机器视觉技术 及应用



教育部高等学校自动化专业
教学指导分委员会规划
工程应用型自动化专业系列教材

韩九强 主编

韩九强 胡怀中
张新曼 刘瑞玲 编著



教育部高等学校自动化专业
教学指导分委员会规划
工程应用型自动化专业系列教材

机器视觉技术 及应用

本书可作为高等院校自动化专业及相关专业的教材，也可供从事机器视觉工作的工程技术人员参考。

本书可作为高等院校自动化专业及相关专业的教材，也可供从事机器视觉工作的工程技术人员参考。

本书可作为高等院校自动化专业及相关专业的教材，也可供从事机器视觉工作的工程技术人员参考。

本书可作为高等院校自动化专业及相关专业的教材，也可供从事机器视觉工作的工程技术人员参考。

本书可作为高等院校自动化专业及相关专业的教材，也可供从事机器视觉工作的工程技术人员参考。

本书可作为高等院校自动化专业及相关专业的教材，也可供从事机器视觉工作的工程技术人员参考。

韩九强 主编

韩九强 胡怀中

张新曼 刘瑞玲 编著

内容简介

本书介绍了机器视觉系统的基本组成原理和图像处理基础,重点介绍机器视觉系统涉及的新技术、新方法、新器件及机器视觉的典型应用案例。全书共分10章,第1章简要介绍机器视觉技术的基本概念、系统构成以及发展趋势;第2章介绍机器视觉系统的硬件技术和教学实验设备;第3章介绍机器视觉组态软件 XAVIS;第4章介绍图像处理技术;第5、6章分别介绍机器视觉应用最普遍的尺寸测量技术与缺陷检测技术;第7章介绍模式识别技术;第8章介绍图像融合技术;第9章介绍基于机器视觉的运动目标跟踪技术;第10章介绍三维重构的初级视觉理论与方法。

本书重在理论联系实际,在每一章都安排有涉及编者教学科研的典型机器视觉系统案例或机器视觉实验专题。本书主要内容都具有工程应用项目研究的工业实际背景,每章配套的典型案例、习题和实验均选自工业实际对象,很多来自科研项目研究的实际内容。配套的教学实验提供了30余种实验案例和200多种机器视觉算法库函数供学生做实验选学,并为乐于动手的学生提供了自学习实验环节,也为有兴趣深入钻研机器视觉理论的学生介绍了图像融合、视觉跟踪以及三维重构的新理论和新方法。

本书既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,也适用于从事测量、检测、控制及机器视觉等系统研究、设计和开发的科研与工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机器视觉技术及应用/韩九强主编. —北京:高等教育出版社,2009.12

ISBN 978-7-04-027868-2

I. 机… II. 韩… III. 计算机视觉 IV. TP302.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第182277号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 23.5
字 数 530 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2009年12月第1版
印 次 2009年12月第1次印刷
定 价 37.10元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 27868-00

出版说明

为了适应高等工程教育改革,满足社会对工程应用型自动化专业人才的需要,在“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”主任委员吴澄院士的领导下,设立了“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设”专项研究课题,从全国高等院校遴选了既有工程研究实践背景、又有教材编写经验的专家教授,以及企业界知名特邀代表共40余人,对工程应用型自动化专业的课程体系、教学内容进行系统深入的调查、分析和研究,提出了工程应用型自动化专业课程体系结构和系列教材的三级目录。采用个人报名、专家推荐、“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会”匿名评审相结合的方式,组织编写出版一套工程应用特点明显、国内一流的工程应用型自动化专业系列教材。

工程应用型自动化专业系列教材力求达到理论与应用相统一、教学与实际相结合、工程应用特点明显、国内一流。通过对人才市场需求、专业培养定位、自动化技术发展动态的分析研究,提出从实际工程应用自动化系统出发,结合系统中涉及的单元技术与理论方法,归类归纳工程应用型自动化专业的课程体系结构,凝练解决自动化应用系统问题的每门课程的内容与知识点,使学生能够学以致用,能够解决工程实际应用问题。经过40多位专家教授的辛勤劳作,第一批19本工程应用型自动化专业系列教材于2010年陆续出版。为了满足不同应用背景、不同应用层次的工程需要,部分应用面广的同类教材有两种版本可供选用。

本系列教材主要内容覆盖自动化应用系统涉及的实用技术、理论与方法、器件与工具等内容。第一批教材包括针对自动化系统数据获取部分的机器视觉技术及应用、现代检测技术及应用等;系统驱动部分的电机与拖动、电力电子技术、电力拖动自动控制系统等;系统控制方法部分的自动控制原理、过程控制、运动控制等;控制器硬件设计部分的单片机原理、嵌入式系统、DSP原理、可编程控制器等;自动化系统部分的计算机控制、自动化系统集成、自动控制工程设计、自动化专业实践初步等;数据处理部分的控制工程数据库技术等。

本系列教材的主要特色在于注重课程体系的应用系统性和技术先进性,注重培养学生的自动化系统的集成组态设计能力和前瞻意识。课程体系按系统单元划分,教材章节按解决问题所需的知识安排,培养学生解决工程实际应用问题的针对性和有效性。在教材章节上尽可能引入相关新技术、新理论、新方法和新器件,培养学生利用新知识解决问题的思维方式和实际应用创新能力。

如何培养适应信息时代要求的工程师是我国高等工程教育改革的核心,也是本系列教材编写的主导思想。通过本系列教材的学习,使学生能够具备一个工程师进行自动化系统或相应系统设计开发以及选型集成的基本创新能力。本系列教材主要面向工程应用型自动

化及相关专业的大学生和研究生。我们希望本套工程应用型系列教材的出版,能够有力促进我国高等院校工程应用型自动化专业人才培养质量的提高,也能为广大科技工作者和工程技术人员提供参考和帮助。

感谢使用本系列教材的广大教师、学生和科技工作者的热情支持,欢迎提出宝贵批评意见和建议,请将您的建议反馈至 hanying@hep.com.cn。

工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会

2009年12月

序

自动化技术在我国现代化建设进程中具有重要地位。五十多年来,自动化技术对我国社会主义现代化建设的众多领域发挥了重要作用,产生了深远影响。最具代表性的两弹一星的成功发射、载人飞船的顺利返回、嫦娥探月的环绕飞行等充分体现了自动化技术在国家重大工程应用中的示范作用。自动化技术也有力地推动着我国整体工业的发展和改变着人们的生活方式,如集成制造系统的普及推广使机械加工制造自动化程度达到了更高的水平,服务机器人代替家政进入了家庭,改善了人们的生活环境,如此等等。

我国正在全面建设小康社会,走新型工业化道路,促进信息化与工业化的“两化”融合,实现工业、农业、国防和科学技术现代化。在此进程中,自动化技术起着不可替代的桥梁作用。这就迫切需要高等学校自动化专业办学机构和广大教师进行深入研究和探索,如何能够为各行各业输送大量具有工程实践能力和应用创新能力的工程应用型自动化专业高级技术人才。在“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”主任委员吴澄院士领导下,针对我国高等教育发展快、规模大、社会各行各业对工程应用型自动化专业人才需求量大的特点,按照大众化高等教育阶段分类指导的思想和原则,抓住有利时机,成立了“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会”,对工程应用型自动化专业的知识体系、课程体系、能力培养等进行了有益的探索,为工程应用型自动化专业人才培养、教材建设奠定了基础。

工程应用型自动化专业涉及面广、行业多,其人才培养模式与课程体系涉及的因素众多复杂,包括如何结合通识教育,拓宽应用口径、突出专业重心、强化实践教学、理论联系实际、提高应用创新能力等,其中构建既不照搬研究型、也不雷同技能训练型的工程应用型自动化专业课程体系,编写一套有利于促进面向不同行业、应对不同层次问题的工程应用型学生个性发展的一流教材尤为重要,着力培养学生由解决工程实际问题到提出新问题的探索思维方式,即运用知识的创新能力。“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”在对工程应用型自动化专业课程体系研究的基础上,从全国遴选有工程应用背景、有教材编写经验的教授与专家,组织编写了这套工程应用型自动化专业系列教材,这对工程应用型自动化专业人才的创新能力培养具有重要意义。作为长期从事自动化专业高等教育和研究队伍中的一员,在本系

列教材即将付印之际,我谨向参与本系列教材规划、组织、编写工作的各位老师致以崇高的敬意!

希望广大教师、学生和科技人员积极使用这套教材,并提出宝贵意见。

A large, stylized handwritten signature in black ink, reading '吴启迪' (Wu Qidi).

2009年12月于北京

序

工程应用型自动化专业系列教材是“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”在组织实施全国高等学校自动化专业系列教材之后,按照《自动化学科专业发展战略研究报告》分层次、多模式、多规格培养的指导思想 and 原则,结合《高等学校本科自动化指导性专业规范》实施的又一套工程应用特点明显、国内一流的自动化专业系列教材。该系列教材力求达到教学与实际相结合、理论与应用相统一、案例教学与知识传授并举,培养学生解决实际问题的能力和运用新知识的集成创新能力,使工程应用型自动化专业的学生能够真正成为解决实际工程应用问题的工程师。

我国工程应用型自动化专业以往的课程体系与知识体系基本照搬研究型自动化专业课程体系,带有浓厚的“理论的应用、应用的理论”内容,工程应用特点不明显。这也正是规划工程应用型自动化专业系列教材所面临的主要问题。为此,设立了“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设”的专项研究课题,成立了以西安交通大学韩九强教授、杭州电子科技大学薛安克教授、清华大学萧德云教授负责的联合研究小组,介入的高校达40多所,从全国遴选出40多名有工程实际背景和教材编写经历的教授和企业界知名代表。通过对工程应用型自动化专业的课程体系的深入研究,提出从实际工程应用自动化系统涉及的技术与理论方法出发,按自动化系统的组成,归纳分类工程应用型自动化专业的课程体系结构;分应用层次和对象功能凝练解决自动化应用系统中工程问题的知识内容与教材体系,建立知识传授与创新能力培养相结合的课程体系结构。以此为基础,组织规划了涵盖自动化应用系统涉及的数据获取、系统驱动、控制方法、数据处理、控制器设计、系统集成等20多门课程内容的系列教材。从数据获取到数据处理,从控制方法到控制器设计,从系统集成到组态工具,从课程体系到三级目录起草,先后经过了6次全国会议的认真研讨,凝聚着40多位专家教授的辛劳。教材主编采取个人申请,“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会”匿名评审确定,至此,第一批审定通过的19本工程应用型自动化专业系列教材于2010年陆续出版问世。

工程应用型自动化专业系列教材的出版,对工程应用型自动化专业知识体系的更新、教学方式的变化、工程实践的强化将起到积极的推动作用。但本系

列教材从体系结构到每本教材的三级目录组成,以至每本教材的具体内容都可能存在许多不当之处,恳请使用本系列教材的老师、学生及各界人士不吝批评指正。

教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会主任委员



2009年12月于清华大学

前 言

本书在讲述机器视觉系统的基本原理和理论方法的基础上,重点介绍机器视觉系统涉及的新技术、新方法、新器件以及机器视觉的典型应用系统实例。全书涵盖了以下内容:

(1) 介绍机器视觉技术与机器视觉系统的基本概念、机器视觉系统构成以及机器视觉技术的发展趋势,概述机器视觉涉及的图像处理方法、组态软件 XAVIS 和机器视觉系统硬件技术。

(2) 对机器视觉系统硬件技术,重点介绍机器视觉系统涉及的光源技术、镜头技术、摄像机技术和典型接口技术,对标定技术进行较为详细的叙述,对国家发明专利产品“机器视觉教学创新实验平台”进行简介。

(3) 对机器视觉组态软件,主要对具有软件著作权的机器视觉组态软件 XAVIS 进行了详细介绍,包括软件的基本语句、功能函数、使用方法、组态编程以及与高级语言链接的方法等。结合 ZM-VS1200 机器视觉教学创新实验平台,介绍视觉检测与图像处理的典型教学实例。

(4) 对机器视觉预处理算法,主要介绍机器视觉预处理的基本算法,包括图像增强、边缘提取、形态学分析、图像投影、配准定位以及图像特征提取等图像处理方法。

(5) 对尺寸测量技术,主要介绍特征提取方法,结合长度测量、面积测量、圆度测量、角度测量和线弧测量等内容,对最小二乘拟合、哈夫变换、Harris 角点变换等常用方法进行深入讨论,并给出在机器视觉组态软件 XAVIS 编程环境下的组态编程测量实例。

(6) 对模式识别技术,主要介绍模式识别的基本概念与识别方法,针对不同识别对象,重点讨论印刷字符与手写字符识别、一维与二维条码识别、车牌与工件识别等识别方法,并介绍基于 XAVIS 组态软件编程的模式识别检测实例。

(7) 对图像融合技术,主要介绍图像融合分类、图像融合算法、图像融合的评价标准等,以及基于多光照、多聚焦和异质图像融合的典型实例。

(8) 对视觉跟踪技术,主要介绍视频运动目标跟踪的基本概念、跟踪原理、数据处理方法及其在智能交通监控系统中的典型应用。

(9) 对三维重构技术,在介绍三维形状重构初级视觉基本概念和发展趋势的基础上,重点讨论基于 SFS 和光度立体学的重构理论与重构方法。

本书内容按照机器视觉系统的组成和由浅入深的发展过程组织编排,在加强基本概念、基本理论和基本方法的基础上,注重理论联系实际,强调机器视觉技术在工程应用中的独特性和适用性。编者长期从事机器视觉测控技术与测控系统方面的教学和科研工作,注重机器视觉领域的新技术、新理论、新方法和新成就,跟踪机器视觉技术,特别是初级视觉理论的

发展前沿。通过将多年研究的诸多典型机器视觉测量系统案例引入相关章节中,使各章节内容的实用性得到有力加强,这有利于学生理论联系实际创新意识与创新思维能力的培养。图像融合、运动目标跟踪和三维重构等理论性强的内容,为本科生、研究生扩大知识面和进行探索性研究能力的培养有促进意义。

本书参考学时为 48 学时,可根据不同专业需要和学时限制,自行组合加以取舍。对于本科生教学,建议讲授第 1、2、3、4、5、6、7 章,其内容包括机器视觉涉及的图像处理方法、图像测量硬件技术、机器视觉组态软件、尺寸测量与缺陷检测应用技术以及模式识别等;对于工程应用型本科教学,由于重点在工程应用,建议讲授第 1、2、3、5、6、7 章,这实际上是一个完整的工程应用型课程教学大纲;对于研究生教学,可讲授本书全部内容,即在本科生讲授内容的基础上,增加图像信息融合、视觉跟踪和三维重构等新内容。在讲授图像处理技术一章时,应注重理论联系实际,结合基于机器视觉组态软件 XAVIS 和 ZM-VS1200 机器视觉教学实验平台进行教学,会使学生收到事半功倍的效果。在讲授第 8、9、10 章时,涉及机器视觉的前沿研究方向、机器视觉研究新方法和初级视觉理论等内容,是研究生学习的重点内容。本书各章均附有习题或 XAVIS 组态编程教学实验,还附有供学生进一步阅读的参考文献。

本书在编者从事多年机器视觉教学和科研工作的基础上编著而成,全书由韩九强教授主编,胡怀中、张新曼、刘瑞玲等参加编写,参加编写的还有谢科、贾红海、吕红强、毛立泉、高建伟、孙鲁兵、陈飞等人。本书由清华大学张长水教授主审。在编写过程中,参考了编者 20 余名博士生和硕士生的学位论文,并得到课题组全体教师、研究生以及自动控制研究所其他教师的关心和支持,在此一并向他们表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中内容难免存在缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 者
2009 年 3 月

工程应用型自动化专业 课程体系研究与教材建设委员会

主任委员:吴 澄(清华大学)

副主任委员:韩九强(西安交通大学)

萧德云(清华大学)

薛安克(杭州电子科技大学)

专家委员(按姓氏笔画):

王 普(北京工业大学)

刘小河(北京信息科技大学)

吴晓蓓(南京理工大学)

赵光宙(浙江大学)

彭 瑜(上海工业自动化仪表研究院)

韩力群(北京工商大学)

任德祥(上海宝钢集团)

吴重光(北京化工大学)

张德江(长春工业大学)

凌志浩(华东理工大学)

谢克明(太原理工大学)

戴先中(东南大学)

委 员(按姓氏笔画):

于微波(长春工业大学)

王 俊(合肥学院)

王再英(西安科技大学)

王建华(上海应用技术学院)

艾 红(北京信息科技大学)

张丽香(山西大学工程学院)

李现明(山东大学)

陈在平(天津理工大学)

周亚军(杭州电子科技大学)

胡向东(重庆邮电大学)

聂诗良(西南科技大学)

黄 坚(南京工程学院)

韩 颖(高等教育出版社)

孔亚广(杭州电子科技大学)

王万良(浙江工业大学)

王存旭(沈阳工程学院)

白 晶(北华大学)

许晓峰(沈阳工程学院)

李全利(哈尔滨理工大学)

汪贵平(长安大学)

陈桂友(山东大学)

罗 敏(湖北汽车工业学院)

徐昱琳(上海大学)

崔桂梅(内蒙古科技大学)

黄江平(华东交通大学)

薛为民(北京联合大学)

秘 书:韩 颖(兼)(高等教育出版社)

目 录

第 1 章 绪论	1	2.3.3 环形光源	28
1.1 机器视觉技术发展与应用	1	2.3.4 点光源	29
1.1.1 机器视觉技术发展现状	1	2.3.5 可调光源	31
1.1.2 机器视觉技术的应用	3	2.4 图像采集卡	31
1.2 机器视觉系统组成	4	2.5 摄像机标定技术	32
1.2.1 系统硬件	5	2.5.1 成像几何模型	33
1.2.2 组态软件	6	2.5.2 典型标定方法	36
1.3 机器视觉方法分类	7	2.5.3 标定策略	41
1.3.1 尺寸测量	7	2.6 ZM-VS1200 机器视觉教学	
1.3.2 缺陷检测	8	实验平台	43
1.3.3 模式识别	9	习题与实验	45
1.3.4 图像融合	10	参考文献	45
1.3.5 目标跟踪	11	第 3 章 机器视觉组态软件 XAVIS	46
1.3.6 三维重构	13	3.1 XAVIS 简介	46
1.4 机器视觉发展趋势	13	3.2 XAVIS 基本操作	46
习题与实验	15	3.2.1 主窗口	47
参考文献	15	3.2.2 子窗口	48
第 2 章 机器视觉硬件技术	16	3.2.3 操作示例	48
1.1 镜头技术	17	3.3 XAVIS 基本函数	52
2.1.1 视场角	17	3.3.1 参数类型	52
2.1.2 焦距	17	3.3.2 文件操作	56
2.1.3 自动调焦	18	3.3.3 控制函数	56
2.1.4 滤光镜	18	3.3.4 功能函数	57
1.2 摄像机技术	20	3.3.5 扩展函数	58
2.2.1 数字摄像机	20	3.4 XAVIS 接口技术	59
2.2.2 分辨率	20	3.4.1 动态链接库技术	59
2.2.3 帧速	21	3.4.2 自定义算法库加载	59
2.2.4 智能相机	22	3.5 XAVIS 编程实例	63
2.2.5 相机接口	24	3.5.1 边缘提取	64
1.3 光源技术	25	3.5.2 图像滤波	64
2.3.1 前光源	26	3.5.3 尺寸测量	65
2.3.2 背光源	27	3.5.4 印刷体字符检测	67

3.5.5 三维重构	68	5.2.1 基于区域标记的面积测量	158
3.6 提示和操作技巧	70	5.2.2 基于轮廓向量的面积测量	160
习题与实验	71	5.3 圆测量	161
第4章 图像处理技术	72	5.3.1 正圆的测量方法	161
4.1 图像增强	72	5.3.2 多圆测量	166
4.1.1 空域图像增强	73	5.3.3 利用曲率识别法识别圆	167
4.1.2 频域图像增强	89	5.3.4 椭圆的测量方法	169
4.2 图像分割	95	5.4 线弧测量	172
4.2.1 双峰法	96	5.4.1 基于 Harris 角点检测的线弧 分离	172
4.2.2 迭代法	96	5.4.2 基于哈夫变换的线弧分离	173
4.2.3 大津法	97	5.5 角度测量	176
4.2.4 判别分析法	97	习题与实验	178
4.2.5 一维最大熵方法	98	参考文献	178
4.3 边缘提取	98	第6章 缺陷检测技术	179
4.3.1 边缘定义及分类	99	6.1 缺陷检测的分类方法	179
4.3.2 边缘检测算子	99	6.2 瑕疵缺陷检测	182
4.3.3 轮廓提取方法	105	6.2.1 瑕疵缺陷图像特点	182
4.4 数学形态学分析	107	6.2.2 瑕疵缺陷检测算法	183
4.4.1 数学形态学原理	108	6.2.3 应用实例	189
4.4.2 图像数学形态学基本运算	109	6.3 划痕检测	195
4.4.3 图像数学形态学应用	114	6.3.1 划痕图像的特点	195
4.5 图像投影	121	6.3.2 划痕检测算法	196
4.6 图像特征提取	122	6.3.3 应用实例	197
4.6.1 图像特征	123	6.4 焊点检测与分类方法	200
4.6.2 兴趣点提取	125	6.4.1 PCB 焊点的分类	200
4.6.3 直线提取	128	6.4.2 焊点检测与分类算法	202
4.6.4 圆弧提取	132	6.4.3 应用实例	207
4.7 配准定位方法	135	习题与实验	208
4.7.1 图像配准数学建模	135	第7章 模式识别技术	210
4.7.2 图像配准方法	136	7.1 字符识别	210
4.7.3 图像配准的主要步骤	148	7.1.1 印刷体字符识别	210
习题与实验	149	7.1.2 手写体字符识别算法	226
参考文献	150	7.2 条码识别	230
第5章 尺寸测量技术	151	7.2.1 条码技术	231
5.1 长度测量	151	7.2.2 一维条码识别	232
5.1.1 距离测量	151	7.2.3 二维条码识别	237
5.1.2 多距离测量和齿长测量	153	7.3 车牌识别	242
5.1.3 线段测量	156	7.3.1 车牌图像预处理	242
5.2 面积测量	158		

7.3.2 车牌字符分割与识别	243	9.2.2 背景差分算法	290
7.4 工件识别	244	9.3 运动目标跟踪	302
7.4.1 工件识别方法	244	9.3.1 特征匹配搜索算法	303
7.4.2 识别实例	250	9.3.2 均值漂移算法	305
7.5 医学图像识别	254	9.3.3 目标遮挡跟踪算法	313
7.5.1 血管识别	254	9.4 运动目标跟踪实例	316
7.5.2 细胞识别	257	9.4.1 无遮挡目标跟踪实例	317
习题与实验	260	9.4.2 有遮挡目标跟踪实例	317
参考文献	261	习题与实验	320
第8章 图像融合技术	262	参考文献	321
8.1 图像融合分类	262	第10章 三维重构技术	322
8.1.1 像素级融合	262	10.1 三维重构技术分类	322
8.1.2 特征级图像融合	263	10.2 三维重构基本概念	323
8.1.3 决策级图像融合	264	10.2.1 辐射度	324
8.2 图像融合算法	265	10.2.2 目标表面朝向	327
8.2.1 基本图像融合算法	265	10.2.3 反射类型与反射模型	327
8.2.2 金字塔图像融合算法	268	10.3 SFS 三维重构算法	329
8.2.3 小波变换图像融合算法	270	10.3.1 基于混合反射模型的 SFS 算法(AHRM)	334
8.3 图像融合的评价标准	272	10.3.2 AHRM 算法实例分析	338
8.3.1 主观评价标准	272	10.3.3 基于透视成像模型的 SFS 算法(APM)	341
8.3.2 客观评价标准	273	10.3.4 APM 算法的实例分析	347
8.4 图像融合应用	275	10.3.5 SFS 三维重构变分算法	348
8.4.1 多光照图像融合	275	10.3.6 变分算法实例分析	351
8.4.2 多聚焦图像融合	281	10.4 光度立体学	352
8.4.3 异质图像融合	283	10.4.1 光度立体视觉法	352
习题与实验	286	10.4.2 算法实例	354
参考文献	287	习题与实验	356
第9章 目标跟踪技术	288	参考文献	358
9.1 检测与跟踪的关系	288		
9.2 运动目标检测	288		
9.2.1 相邻帧间差分算法	289		

第1章 绪 论

机器视觉是用机器代替人眼进行目标对象的识别、判断和测量,主要研究用计算机来模拟人的视觉功能。机器视觉技术涉及目标对象的图像获取技术、对图像信息的处理技术以及对目标对象的测量和识别技术。机器视觉系统主要由视觉感知单元、图像信息处理与识别单元、结果显示单元以及视觉系统控制单元组成。视觉感知单元获取被测目标对象的图像信息,并传送给图像信息处理单元;图像信息处理单元经过对图像的灰度分布、亮度以及颜色等信息进行各种运算处理,从中提取出目标对象的相关特征,达到对目标对象的测量、识别和 NG 判定,并将其判定结论提供给视觉系统控制单元;视觉系统控制单元根据判别结果控制现场设备,实现对目标对象进行相应的控制操作。在工业生产过程中,相对于传统测量检验方法,机器视觉技术的最大优点是快速、准确、可靠与智能化,对提高产品检验的一致性、产品生产的安全性、降低工人劳动强度以及实现企业的高效安全生产和自动化管理具有不可替代的作用。

随着视觉传感技术、计算机技术和图像处理技术的快速发展,机器视觉技术日臻成熟,已成为现代加工制造业不可或缺的核心技术,广泛应用于食品、制药、化工、建材、电子制造、包装以及汽车制造等各种行业,对提升传统制造装备的生产竞争力与企业现代化生产管理水平发挥着越来越重要的作用。

1.1 机器视觉技术发展与应用

机器视觉技术是一项综合技术,包括视觉传感器技术、光源照明技术、光学成像技术、数字图像处理技术、模拟与数字视频技术、计算机软硬件技术和自动控制技术等。机器视觉技术的特点不仅在于模拟人眼功能,更重要的是它能完成人眼所不能胜任的某些工作。作为当今最新技术之一,机器视觉技术在电子学、光学和计算机等技术不断成熟和完善的基础上得到了迅速发展。

1.1.1 机器视觉技术发展现状

人类感知外部世界主要是通过视觉、触觉、听觉和嗅觉等感觉器官,其中约 80% 的信息是通过视觉器官获取的。视觉感知环境信息的效率很高,它不仅指对光信号的感受,还包括对视觉信息的获取、传输、处理、存储与理解的全过程。对人类而言,视觉信息传入大脑之后,由大脑根据已有的知识进行信息处理,进而判断和识别。机器视觉系统就是通过摄像机和计算机来对外部环境进行测量、识别和判断。但是,机器视觉和人类视觉有着本质上的不

同,机器视觉系统主要应用于不适合人工作业或者人类视觉无法达到要求,以及高速大批量工业产品制造自动生产流水线的一些场合。由于机器视觉较易实现信息集成,因此使其成为实现计算机集成制造的基础技术。

机器视觉技术是计算机视觉理论在具体问题中的应用。20世纪70年代,David Marr提出了视觉计算理论,该理论从信息处理的角度系统概括了当时解剖学、心理学、生理学、神经学等方面已取得的成果,明确规范了视觉研究体系。计算机视觉以视觉计算理论为基础,为视觉研究提供了统一的理论框架。由于实际中的视觉问题常常是具体的,包含丰富的先验知识,所以将计算机视觉理论应用于解决具体实际问题就产生了机器视觉。

20世纪80年代以来,机器视觉技术一直是非常活跃的研究领域,并经历了从实验室走向实际应用的发展阶段,从简单的二值图像处理到高分辨率多灰度的图像处理以至于彩色图像处理,从一般的二维信息处理到三维视觉模型和算法的研究都取得了很大进展。作为一种先进的检测技术,机器视觉技术已经在工业产品检测、自动化装配、机器人视觉导航、虚拟现实以及无人驾驶等许多领域的智能测控系统中得到广泛应用。

目前,发展最快、使用最多的机器视觉技术主要集中在欧美、日本等发达国家和地区。发达国家在针对工业现场的实际情况开发机器视觉硬件产品的同时,对软件产品的研究也投入了大量的人力和财力。机器视觉的应用普及主要集中在半导体和电子行业,其中40%~50%集中在半导体制造行业,如PCB印制电路板组装工艺与设备、SMT表面贴装工艺与设备、电子生产加工设备等。此外,机器视觉技术在其他领域的产品质量检测方面也得到了广泛应用,如在线产品尺寸测量、产品表面质量判定等。

在国内,由于半导体及电子行业属于新兴领域,机器视觉技术产品普及还不够深入,导致机器视觉技术在相关行业的应用十分有限。值得一提的是,借助于国际电子、半导体制造业向我国珠三角、长三角等地区的延伸和转移,这些行业和地区已成为机器视觉技术应用最前沿和最优质的集聚地。随着我国制造业的快速发展,给机器视觉技术广泛应用创造了条件,许多致力于机器视觉专门应用系统研发与推广的企业也相继诞生。相信随着我国配套基础建设的完善以及技术、资金的积累,各行各业对机器视觉的应用需求将快速增长。目前,国内许多大中专院校、研究所和企业单位都在图像和机器视觉技术领域进行着积极探索和实验,逐步开展机器视觉技术在工业现场和其他领域的应用。

国内在机器视觉产品(包括视觉软件、相机系统、光源等)研发方面虽然取得了一些成果,但与国外先进的机器视觉技术与设备相比还有较大的差距。目前国内在机器视觉产品研发方面主要存在技术水平较低、应用面窄、基本处于软硬件定制的专用视觉系统研发和应用阶段,开发成本高、效率低;在机器视觉算法研究方面,仍采用经典的数字图像处理算法和通用软件编程开发,组态集成开发能力弱;在产品方面,具有自主知识产权的机器视觉技术与系统产品较少,不利于批量生产和广泛推广。在我国高校,机器视觉教学与科研方面也有喜有忧,在科研领域,涌现出大量机器视觉科研机构 and 学者,对机器视觉算法研究取得了长足进步,发表了大量学术论文,但在机器视觉应用,特别是机器视觉教学方面,与工业应用不相适应,有的没有开设相应课程,有的没有开设相应实验,有的甚至认为机器视觉属于科学前沿,未能将机器视觉应用技术列入教学计划和课程体系,这些问题和不足主要是我们的教