

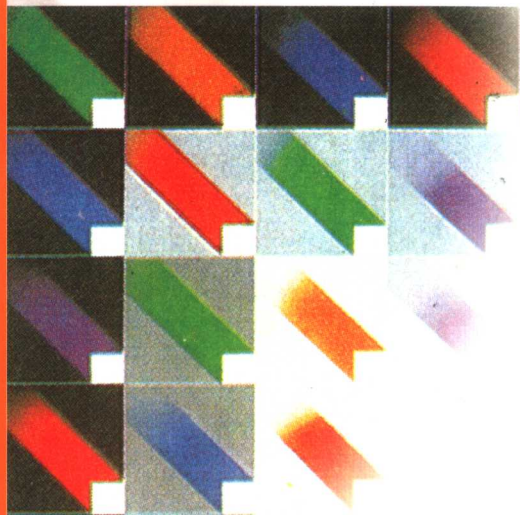
斛兵博士文丛

HUBING BOSHI WENCONG

基于信息融合的 图像理解方法研究

著 胡良梅 ● 导师 高 隼

合肥工业大学出版社



基于信息融合的图像理解方法研究

胡良梅 ● 著

合肥工业大学出版社

合肥工业大学研究生科技创新基金资助出版

基于信息融合的图像 理解方法研究

著 胡良梅 导师 高 隽

合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基于信息融合的图像理解方法研究/胡良梅著. —合肥:合肥工业大学出版社, 2007. 10

(斛兵博士文丛)

ISBN 978-7-81093-681-1

I. 基… II. 胡… III. 图像处理—研究 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 161883 号

基于信息融合的图像理解方法研究

胡良梅 著 策划编辑 马国锋 责任编辑 孟宪余 吴毅明

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2007 年 10 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2007 年 10 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	710×1000 1/16
电 话	总编室:0551-2903038	印 张	10
	发行部:0551-2903198	字 数	153 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	合肥创新印务有限公司
E-mail	press@hfutpress.com.cn	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-81093-681-1

定价: 25.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

《斛兵博士文丛》出版委员会学术委员会

主任委员：徐杻巍

副主任委员：陈心昭 赵 韩

委 员(按姓氏笔画为序)：

史铁钧 刘全坤 陈心昭

张崇巍 杨伯源 费业泰

赵 韩 钟玉海 徐杻巍

出版编辑委员会

主任委员：吴玉程 马国锋

委 员：朱 红 孟宪余 曹 兵

郭志勇 王连超 权 怡

出版说明

为贯彻教育部《关于实施研究生教育创新计划 加强研究生创新能力培养 进一步提高培养质量的若干意见》(教研[2005]1号)文件精神,培养研究生创新意识、创新能力,提高研究生培养质量,合肥工业大学设立了研究生科技创新基金,以支持和资助研究生的教育创新活动,为创新人才的成长创造条件。学校领导高度重视研究生教育创新,出版的《斛兵博士文丛》就是创新基金资助的项目之一。

《斛兵博士文丛》入选的博士学位论文是合肥工业大学 2006 届部分优秀的博士学位论文。为提高学位论文的出版质量,《斛兵博士文丛》以注重创新为出版原则,充分展示我校博士研究生在基础与应用研究方面的成绩。

《斛兵博士文丛》的出版,得到了相关兄弟院校和有关专家的大力支持,也得到了研究生导师和研究生的热情支持,我们谨此表示感谢,希望今后能继续得到他们的支持与帮助。

我们力求把这项工作做好,但由于我们经验不足和学识水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者给予批评指正。

合肥工业大学研究生学位论文出版编辑委员会

2007 年 11 月

总 序

当今世界科学技术突飞猛进,知识经济飞速发展,以经济和科技为基础的综合国力的竞争日趋激烈。而科技的竞争、经济的竞争乃至综合国力的竞争,归根结底是人才的竞争。面对新的形势、新的要求,党中央先后作出了实施“科教兴国”、“人才强国”战略和走自主创新道路,建设创新型国家的重大决策。胡锦涛同志在党的十七大报告中又提出,建设人力资源强国和创新型国家是我国全面夺取建设小康社会新胜利的两大新目标。高等学校是国家创新体系的重要组成部分,肩负着培养自主创新型人才的历史使命。研究生教育处于高等教育的最高层次,是国家培养高层次创新型人才的主要渠道。研究生,特别是博士研究生的科研工作,一般处于本学科的前沿,具有一定的创造性。为鼓励广大研究生,特别是博士研究生选择具有重大意义的科技前沿课题进行研究,进一步提高研究生的创新意识、创新精神、创新能力,激励、调动我校博士研究生及其指导教师进一步重视提高博士学位论文质量和争创优秀博士学位论文的主动性和积极性,展示我校博士研究生的学术水平,为他们的尽快成才搭建平台,学校经过精心策划,编辑出版了《斛兵博士文丛》。

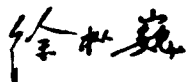
此次入选《斛兵博士文丛》的论著,均为2006年毕业并获得博士学位的博士研究生学位论文,是在广泛动员、严格把关的基础上,根据质量第一、公平公开、规范评审的原则认真遴选出来的。同时这些论著注重坚持基础研究与应用研究并举,是兼顾理论价

值与实践意义的最新研究成果。可以说,这套《斛兵博士文丛》(第一卷)虽然也可能有这样或那样的不足,但基本反映了我校博士研究生所具有的坚实的理论基础、系统的专门知识,以及较高的学术造诣和分析能力;体现了他们崇尚学术、追求真理、勇于创新的科学精神,实事求是、严谨认真的治学态度,不断进取、追求卓越的学术品格;展现了我校“勤奋、严谨、求实、创新”的校风学风。

建校 62 年来,学校充分发挥人才培养、科学研究和服务社会的功能,为国家和社会培养了一大批杰出人才,一代又一代的莘莘学子在这里勤奋耕耘、茁壮成长。出版《斛兵博士文丛》也是我校实施研究生教育创新工程、培养研究生创新精神、提高研究生创新能力的一个重要举措。合肥工业大学经过 62 年的建设和发展,逐步形成自身的办学特色,也取得许多令人瞩目的成就。我们正在不断改善办学条件,逐步完善相关政策,营造有利于高层次创新型人才尽快成长的良好环境,确保学校多出人才、快出人才、出好人才。

我衷心希望广大研究生特别是博士研究生,发扬我校优良的传统、校风、学风,在合肥工业大学自由宽松、开放和谐、充满生机和活力的学术环境中奋发努力、锐意进取、勇于创新,通过自己的辛勤劳动和刻苦钻研写出更好的论文,为进一步提高我校的学术水平、科研创新能力和综合实力作出更大的贡献,努力把学校建设成为国内先进、国际知名的创新型高水平大学。

合肥工业大学校长
教授、博士生导师



二〇〇七年十一月

致 谢

时光荏苒,转眼又将跨越另一个阶段,回首过去,感触良多。

值此博士论文即将完成之际,首先感谢我的导师——高隽教授。高老师不仅在学术上高瞻远瞩,对我们悉心指导,严谨有加;在生活上事无巨细,对我们无微不至,关怀备至。还经常教导我们如何树立正确的人生观和掌握正确的方法论。高老师的言传身教以及他所带领的图像信息处理研究室“协同形成结构,竞争促进发展”的独特宗旨,都给我带来了潜移默化的影响,将使我受益终身。

衷心感谢图像信息处理研究室的所有老师和同学,为我的学业及生活带来的长足进步和点滴欢乐。图像室良好的学术氛围、协作竞争的团队精神是我得以顺利完成博士论文的重要基石。特别感谢张旭东老师、杨学志老师、偶春生老师、汪荣贵老师等对我学业方面的指导;感谢谢昭、范之国、钱乐乐等同学在论文相关内容方面的合作;感谢胡静、路子赞、王晓嘉、徐小红、王磊、赵莹、邵静、陈果、孙永宣、伯梅等同学在工作中给我带来的启示和帮助。

感谢图像室已经毕业的各位同窗。特别感谢骆祥峰博士、王安东硕士、胡勇硕士、董火明硕士、曹薇硕士、吴田富硕士、赵琴硕士、何柯峰硕士、李建安硕士等在相关工作方面对我的帮助。

感谢2003级博士一班所有的同学,难忘大家在一起学习和交流的日子。

感谢计算机与信息学院所有领导和老师在我攻读博士学位期间的鞭策和支持,特别感谢通信工程系各位领导和老师对我的鼓励和帮助。

感谢研究生院各个部门的领导和老师对我的关怀和帮助。

感谢中国科学院合肥智能机械研究所的各位领导和专家对论文相关研究工作的指导、建议和帮助。

论文是在国家自然科学基金项目和安徽省重点科研项目研究工作的基础上完成的,特向国家自然科学基金委员会和安徽省自然科学基金委员会表示衷心的感谢。

感谢我的父母、家人数十年来对我默默无闻地照顾和关心,你们的理解和支持是我前进的最大动力。感激之情,无以言表,无以回报,歉然于胸,谨以此文献给你们。

其他老师、同学、朋友和亲人的帮助,在此无法一一列出,但这些都是我要感谢的人。

再次感谢所有关爱我的人,你们的支持将激励我不断进取。

胡良梅

2006 年 4 月

摘 要

图像理解的根本任务就是要正确解释所感知的图像场景。图像数据本身存在含糊性,图像理解中的信息获取、知识表述以及目标识别等都存在信息的不确定问题。而信息融合技术研究多源信息的加工和协同利用,形成多形式信息互补,获得对同一事物或目标更客观、更本质的认识。采用信息融合的智能信息处理技术可以有效解决图像理解中的不确定性问题,是一种新颖的研究思路,具有深远的理论意义和广阔的应用前景。

论文在对信息融合理论和方法研究的基础上,采用信息融合技术分别从像素层融合、特征层融合和决策层融合三个层次对于图像理解中的信息获取、知识表述和目标识别问题展开研究。

论文主要工作如下:

(1)通过分析图像理解中的信息获取、数据和知识表述方法及目标识别问题的研究现状和存在问题,讨论了研究基于信息融合的图像理解方法的有效性。

(2)从图像数据融合的角度研究基于像素层融合的图像信息获取方法。比较了常用的像素层图像融合算法,分析了融合图像的质量评价问题,提出了一种新的融合图像质量评价标准,并提出了一种新的夜视图像彩色化融合算法,通过实验对比验证了该算法的有效性。

(3)将 D-S 证据理论等不确定性处理的方法引入到特征层融合,研究其在图像理解中知识表述方面的应用。分析了 D-S 证据理论中的关键问题和解决途径,提出了基于 D-S 证据理论的融合图像分割及融合边缘提取

的新方法,实验结果表明该方法能得到较好的图像分割及边缘提取结果。

(4)研究基于决策层融合的多分类器目标识别。针对图像理解中的多类目标识别问题,提出并实现了一种基于 D-S 证据理论的多特征的层次识别方法,该方法大大提高了识别率。讨论了 D-S 证据理论与模糊集合方法的联系,并应用于生物特征认证和交通标志识别中。

关键词:图像理解;信息融合;信息获取;知识表述;目标识别

ABSTRACT

The essential task of image understanding is to interpret the acquired image scene accurately. Since image data are some extent fuzzy, the processing of the uncertainty information is of vital importance to all three major steps of image understanding: information acquisition, data representation, and object recognition. Information fusion techniques involve how to process and synthesize information from multi-source, and make them complementary to each other, to obtain knowledge on the object observed which are more objective, more essential than from single source. It is effective to apply information fusion, which is one of the most important fields in intelligent information processing, to process the uncertainty in image understanding. It can be seen as a novel idea which is of high theoretic value and wide application.

In this thesis, based on the theories and methodologies of information fusion technology, information acquisition, data representation, and object recognition in image understanding are studied by using pixel-level fusion, feature-level fusion and decision-level fusion respectively.

This thesis includes the following contents:

(1) The effectiveness of the new approach to image understanding using information fusion are investigated, by analyzing the state of the art of information acquisition, representation of data and knowledge, and object recognition in image understanding.

(2) A new method for image data acquisition via image fusion is proposed. Based on the methods of pixel-level fusion and the analysis of the

measures of fused image quality in existence, a new evaluation of fused image is proposed. A new method of colorizing night-vision images is also studied, and experiments demonstrate the effectiveness of this method.

(3) D-S evidence theory which is often used in uncertainty processing is introduced to the feature-level fusion and its application to the representation of data and knowledge in image understanding are investigated. Key problems and their solutions in D-S evidence theory are discussed in details, based on which, new methods for the segmentation of fused image and edge detection are proposed. Experiments demonstrate the excellent performance of the fused algorithms.

(4) Multi-classifier-based object recognition using decision-level fusion is studied. A multi-feature hierarchical recognition method based on D-S evidence theory is then proposed and implemented to recognize multi-class objects in image understanding, which can increase the recognition rate greatly. The relationships between D-S evidence theory and fuzzy set theory are investigated and applied in multibimetrics and traffic signs recognition.

Keywords: Information fusion, Image understanding, Information acquisition, Data representation, Object recognition

目 录

第 1 章 绪 论	(001)
1.1 研究背景	(001)
1.2 研究内容	(004)
1.3 论文主要工作及章节安排	(007)
第 2 章 图像理解概述及其主要问题	(010)
2.1 图像理解概述	(010)
2.2 图像理解的研究内容	(014)
2.3 本章小结	(022)
第 3 章 信息融合理论	(024)
3.1 信息融合定义和基本原理	(026)
3.2 信息融合模型	(029)
3.3 信息融合的体系结构	(035)
3.4 信息融合的层次结构	(039)
3.5 信息融合算法	(044)
3.6 信息融合的研究现状和发展趋势	(049)
3.7 本章小结	(053)
第 4 章 基于信息融合的图像信息获取方法	(054)
4.1 图像融合概述	(055)
4.2 像素层图像融合算法	(061)

J 基于信息融合的图像理解方法研究

4.3 图像融合的评价标准	(068)
4.4 色彩融合	(077)
4.5 本章小结	(084)
第5章 基于D-S证据理论的融合特征提取方法	(085)
5.1 D-S证据理论的概念及其主要问题	(086)
5.2 基于融合的图像分割	(094)
5.3 基于融合的边缘提取	(099)
5.4 本章小结	(105)
第6章 基于决策层融合的目标识别方法	(106)
6.1 目标识别中不确定信息的处理	(106)
6.2 一种基于D-S证据理论的多类目标的层次识别方法	(113)
6.3 基于决策层融合的目标识别方法	(124)
6.4 本章小结	(130)
第7章 总结和展望	(131)
7.1 总结	(131)
7.2 展望	(132)
参考文献	(133)

第1章 绪论

1.1 研究背景

1.1.1 图像理解的层次结构

图像理解是研究用计算机系统解释图像,实现类似人类视觉系统理解外部世界的一门科学。所讨论的问题是:为完成某一任务需要从图像中获取哪些信息,以及如何利用这些信息获得必要的解释。图像理解的研究显然要涉及或包含研究获取图像的方法、装置和具体应用的实现,这就形成了所谓计算机视觉。计算机视觉是目前正在蓬勃发展的人工智能中的一个重要领域。人类或其他高等生物的视觉过程要解决的两个最基本的问题是:在视场中有什么和在哪儿?这是一个复杂的信息处理过程,大致可分为感知和信息处理两个部分。计算机视觉也有相仿的过程,包括成像和信息处理。成像用的装置可以是光学照相机、红外相机、X光机、超声仪、电视摄像机、综合孔径雷达成像仪、微波成像仪、电子显微镜、天文望远镜、热成像传感器、同位素成像仪等。信息处理可粗略地认为由图像理解系统担负^[1]。

图像理解系统有以下几个鲜明的特点^[1]:

- (1)分阶段的信息处理带来了信息的多层表示;
- (2)对图像的解释是以某种形式的描述实现的;
- (3)图像的正确解释离不开知识的导引。

图像理解的根本任务是由感知的图像去认识它们反映的客观世界,或者说正确解释所感知的图像。由于图像本身存在解释的含糊性,很难考虑直接由传感器获得的图像数据去建立解释的描述,需要引入外部知识去消除局部的含糊,去推断成像过程中因遮挡、阴影等引起部分目标或景物的丢失;需要进一步将传感器传来的原始图像数据进行抽象化、符号化。所以将图像信息的分层处理是不可避免的,同时也是不同具体任务的实际需要。一般将图像信息处理分为三层:低层处理、中层处理和高层处理^[1]。

低层处理是对传感器传来的图像数据进行的,在每个像元或围绕其局部领域作一致性的计算。这类计算可以包括:平滑去噪声、边缘检测、区域分割、特征提取和在图像序列中特征点匹配等。低层处理是一个由图像到图像的处理过程。

中层处理是对低层处理结果进一步简化抽象,以形成可以与目标表示自然匹配的结构形式,起承上启下的作用。所做的计算是比较和加工低层提取的,与区域、直线、表面有关的记号,再进一步编组、累积以形成与目标表示匹配的所谓中层符号描述。这里涉及数据与符号两种处理,它要求结构支持中层内与中层外的快速通讯以及数据加工指令的灵活清单。

高层处理根据低层、中层处理的结果,产生与试验可供解释的有关假设,基于知识进行推断、证实,以形成满足三维或二维模型及其结构限制的复杂的描述。这里涉及的大部分是符号计算,也涉及一些管理目标模型的几何数据的计算。

需要指出的是,三层处理并不是孤立分开的,当高层处理出现竞争解释,需要新信息支持决策时,会反过来控制或重新进行有关的低层、中层处理。解释的方式也不一定都是低层——中层——高层的自下而上的方式;也可以从目标模型出发,采用高层——中层——低层的自上而下的方式;或采用混合方式。

图像理解系统的结构模型正朝着并行化的方向发展。就视觉问题而言,不可能找到能够同时处理并行的低层的精细数据以及高层的粗略数据的单一的、同类的模型,这就需要研究异类的模型。因而,第二代图像理解结构模型保留了第一代图像理解中基本的三层的层次化结构,但是更强调异类的、多层次并行的处理过程以及设计本身具有处理功能的多类型的物