



用于机器人信息融合的 RS 智能系统¹⁾

张启忠 蒋静坪

(浙江大学电气工程学院 杭州 310027)

(E-mail: eejiang@dial.zju.edu.cn)

摘要 粗集理论是一种处理不精确知识的数学工具. 该文提出了一种将粗集理论与人工神经网络、模糊聚类结合起来的信息融合方法, 用于装配机器人的工件识别与分类. 实验结果表明, 该方法在优选属性、分类正确率方面具有优越性.

关键词 粗集理论, 机器人, 信息融合, 目标识别与分类

中图分类号 TP391

A ROUGH SET INTELLIGENT SYSTEM APPLIED TO ROBOTIC DATA FUSION

ZHANG Qi-Zhong Jiang Jing-Ping

(Electrical Engineering College of Zhejiang University, Hangzhou 310027)

(E-mail: eejiang@dial.zju.edu.cn)

Abstract Rough set theory is a kind of new tool for dealing with imprecise knowledge. In this paper, a data fusion system combining RS with artificial neural network and fuzzy clustering is applied to object recognition and classification. Experiment on the system with an intelligent robot shows that the system could get satisfying result in optimizing attributes and high classification rate.

Key words Rough set theory, robot, data fusion, target recognition and classification

1 引言

目标识别与分类的多传感器信息融合技术是机器人研究中的重要课题之一. 目前, 用于这一目标的信息融合方法主要有贝叶斯估计理论、Dempster-Shafer 理论及模糊理论等不确定性方法, 并都已取得了较好的成果. 然而, 这些方法也有其不足之处, 如在贝叶斯估计理论中, 先验概率的确定较为困难. 而采用证据理论时, 若所用的传感器数据特征较多时, 存在着

1) 国防科技研跨行业基金(00J16.6.3.JW040)资助

收稿日期 2000-05-16

收修改稿日期 2001-07-28

数据的组合爆炸问题. 波兰科学家 Z. Pawlak 提出的粗集理论为处理具有不精确和不完全信息的分类问题^[1~4]提供了一种新的框架.

本文描述了一个用于物体识别与分类的信息融合系统. 在融合算法中, 利用了粗集理论与人工神经网络、模糊数学各自的长处, 提出了 RS 神经网络智能系统, 用以提高多感觉智能机器人的智能水平. 通过实验还发现, 粗集理论在用于改进其它信息融合方法效果方面也有其重要参考作用.

2 系统概况

在系统中, 多传感器信息融合的基础是具有多种感觉的智能机器人. 该机器人具有视觉、力觉、滑觉、热觉、温度觉等多种感觉. 在这几种传感器中视觉传感器用作环境理解, 滑觉传感器用于获取物体的摩擦系数特征, 力觉传感器获得物体的重量特征, 热觉及温度觉传感器用来获得物体导热系数.

在智能信息的融合过程中主要采用了粗集理论和神经网络理论. 基本思想是, 用模糊聚类算法进行属性量化, 用粗集理论对量化后的属性进行优化, 对优化后的属性选用 BP 网络进行学习, 再用量化参数及训练好的 BP 网络对待识样本进行分类. 系统流程框图如图 1 所示.

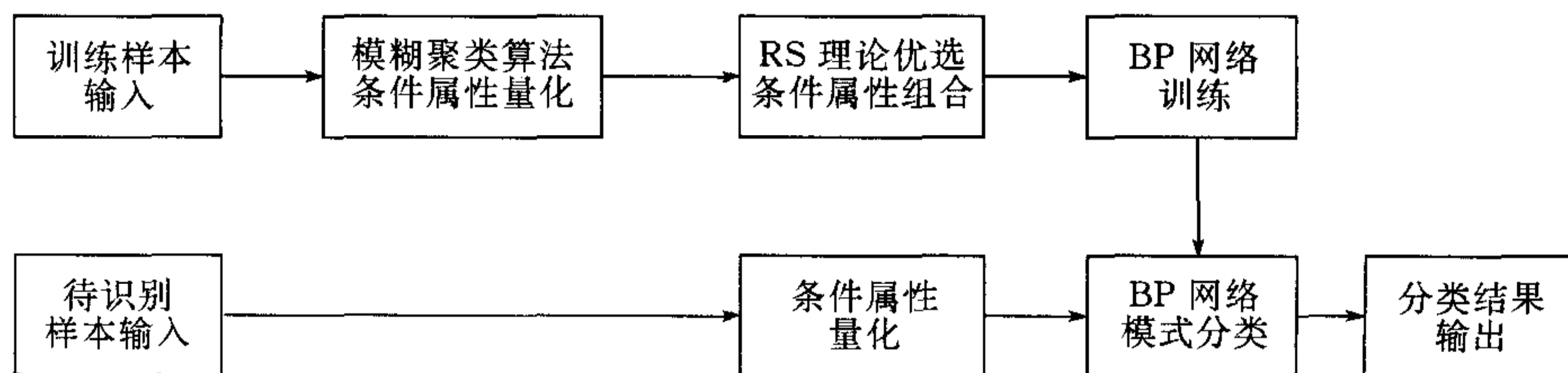


图 1 RS 神经网络智能系统

3 Rough Set 神经网络信息融合方法

由于 RS 理论优选条件属性组合只能使用量化属性, 因此, 连续条件属性量化是 RS 理论应用的关键问题. 模型采用了模糊协方差聚类算法^[5]对各条件属性进行量化, 该方法不仅能完成数值的聚类, 而且还能给出每一类别的聚类中心. 因此, 可用聚类算法得到的类别序数作为属性量化值. 在识别时又可以聚类中心为标准求属性值, 这对于机器人工件识别与分类问题是非常适合的.

当把这一聚类方法应用于机器人的工件识别时, 则可用它对工件的每一数据特征分别进行量化, 作为粗集理论决策表的条件属性与工件类别即决策属性一起构成一个相容的决策表. 以 $K = (U, C, D)$ 表示知识表达系统, C, D 分别称为条件属性和决策属性. 为得到一个相容的决策表其量化过程如下:

1) 对 n 个条件属性所对应的原始值作归整化, 使其统一到一个合适的并且一致的范围, 给各条件属性赋初始分类数;

- 2) 采用模糊聚类算法分别对属性进行量化;
- 3) 利用粗集理论对决策表作相容性判定,若相容则转到步骤 5);
- 4) 比较条件属性分类后的模糊类内散布矩阵的迹,选取迹最大的相应的条件属性,并将其分类数加 1,利用模糊聚类算法对该属性重新进行量化,转到步骤 3);
- 5) 利用粗集理论对决策表作条件属性的简化,得到简化后的决策表.

值得指出的是,在利用粗集理论对决策表作条件属性的简化过程中,还可导出系统在特定任务中每一类数据特征的重要性度量 R . 这一参数对于在设计机器人传感器系统时具有重要的参考意义. 其计算公式为

$$R = r_c(D) - r_{c-x}(D) = \text{card}(\text{pos}_c(D)) / \text{card}(U) - \text{card}(\text{pos}_{c-x}(D)) / \text{card}(u) \quad (1)$$

可简化的条件属性其相应的重要性度量为 0. 而重要性度量值较大可选用性能好的传感器或增加同类传感器的个数,以增加其冗余性.

得到机器人物体识别的决策信息表以后,接下来的工作就是用于工件分类的 BP 神经网络的训练,而不再作属性值的简化. BP 网络的拓扑结构按下面方法设计:输入层神经元个数按条件属性个数决定;输出层神经元个数与工件的类别数相同. 由输出值即可确定工件的类别.

在分类时,系统取得被测工件的特征数据,然后分别计算各类数据和它们相应的聚类中心的距离,以距离最小且不能超过某一阈值的聚类中心序号作为该数据的量化值. 然后把量化值输给已训练好的 BP 网络,得到判决结果.

4 实验结果与分析

为了验证这一方法的有效性,在多感觉智能机器人实验平台上,与机器人原单纯采用模糊技术及模糊神经网络分类器模型的融合方法(简称为方法 1,方法 2)作了对比实验.

方法 1 的步骤是,首先按各类数据特征分别计算出待识别物体属于各类工件的隶属度值,然后给各类特征数据赋权系数进行融合计算. 方法 2 的分类器模型中,其输入为按各数据特征得到的物体属于各类别的隶属度值,输出为融合各个数据特征后物体属于各类的隶属度.

上述两种方法中所遇到的两个共同问题是,隶属度函数及其参数的确定. 文献[6]采用梯形函数的形式建立隶属度函数. 融合后结果的判定问题,采用了相同的三条决策规则:目标类别应具有最大的隶属度值;目标类别的隶属度值必须大于某一阈值;目标类别的隶属度值与其它类别的隶属度值的差必须大于某一阈值.

另外,对于方法 1,还存在着数据特征权系数的确定问题,在没有足够的先验知识及实验分析之前,只能给各类数据特征赋以相等的权系数.

在实验中,选用了材质分别为铜、铝、胶木和木头的 4 类工件. 同一类别内其工件重量略有差异,而各类别之间重量差异相对较大. 实验所用数据为反映工件重量、颜色亮度 Y 、热传导性、摩擦系数(皆为相对值). 这样对于 RS 智能分类系统来说,条件属性分别为重量、热传导性、摩擦系数和材质亮度,决策属性工件可用 $e = \{0, 1, 2, 3\}$ 表示.

通过隶属度函数曲线对比发现,材质亮度在工件的分类中作用不大,因此在模型 1,2 中不采用. 表 1 为 RS 模型决策表.

表 1 机器人物体分类决策表

序号	重量	热传导性	摩擦系数	材质亮度	材质	序号	重量	热传导性	摩擦系数	材质亮度	材质
0	4	4	1	1	0	11	1	1	2	1	2
1	4	4	0	1	0	12	1	2	1	1	2
2	2	3	1	1	1	13	1	2	2	1	2
3	2	3	2	1	1	14	2	1	1	1	2
4	3	3	1	1	1	15	2	1	2	1	2
5	3	3	2	1	1	16	2	2	1	1	2
6	2	4	1	1	1	17	2	2	2	1	2
7	2	4	2	1	1	18	0	0	3	1	3
8	3	4	1	1	1	19	0	1	3	0	3
9	3	4	2	1	1	20	1	0	3	0	3
10	1	1	1	1	2	21	1	1	3	1	3

同样经属性相容性检查,可知颜色亮度的属性重要性度量为 0,可简化.表 2 是三种融合方法在相同的原始数据下所取得的分类结果.

表 2 三种融合方法效果对比表

融合模型	实验次数	拒识次数	误判次数	成功次数	识别率(%)
方法 1	50	13	4	33	66
方法 2	50	6	0	44	88
RS 模型	50	4	0	46	92

实验结果分析

1) 采用 RS 分类器模型和模糊神经网络模型的识别率较采用纯模糊数学方法高得多.究其原因,给各数据特征赋一权系数的方法,使得融合的结果是一线性函数,遇到数据有交错情况时,很难得到较好的效果,而且所赋的数据特征权系数的确定较为困难.而模糊神经网络的方法,融合的结果事实上为一个非线性函数,隐含地解决了各数据特征权系数的分配问题,又利用了前一方法的优点,自然取得了较好的融合结果.

2) RS 分类器模型比模糊神经网络模型所取得的识别率略高.这是由于这两种模型都利用了人工神经网络、模糊数学,具有较强的自组织能力、容错能力这些优点.但后者在建立隶属度函数模型及模型参数的确定较为困难,本次实验中由于同一类别的工件重量一致性较差,使得建立的基于物体重量的隶属度函数合理性降低.另外,考虑到模型 2 在数据特征的选取方面不如 RS 分类器模型.由此可得结论,RS 分类器模型较模糊神经网络模型也有较大的优越性.

值得指出的是,采用式(1)对表 1 计算可得到重量、热传导性、摩擦系数的重要性度量依次是 $3/22, 6/22, 3/22$. 经归一化处理用于确定第一类融合方法的权系数分配,可较大地提高其识别率.表 3 为两者结果的比较.

表 3 融合效果对比表

权系数分配	实验次数	拒识次数	误判次数	成功次数	识别率(%)
$1/3:1/3:1/3$	50	13	4	33	66
$1/4:1/2:1/4$	50	11	1	38	76

5 结束语

本文所介绍的用于工件识别与分类的信息融合系统,是由粗集理论、神经网络和模糊聚

类方法结合在一起的智能系统,充分利用了各自理论的优点,克服了它们的不足之处.概括起来是:利用了粗集理论中属性的选取和简化较易实现的优点;用模糊方法对特征数据进行量化,抗干扰能力强,增强了系统的强固性;神经网络则具有自组织能力.因而非常适合于机器人多传感器系统的信息融合.

参 考 文 献

- 1 Pawlak Z. Rough Sets: Theoretical Aspects of Reasoning About Data. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991
- 2 Slawinski K. Sensitivity analysis of rough classification. *Int. J. Man-Machine Studies*, 1990, **32**:693~705
- 3 Pawlak Z. Vagueness and uncertainty: a rough set perspective. *Int. J. of Computational Intelligence*, 1995, **11**(2): 227~232
- 4 陈遵德. Rough Set 神经网络智能系统及其应用. 模式识别与人工智能, 1999, **12**(1):1~5
- 5 冯保成等. 模糊数学实用集粹. 北京:中国建筑工业出版社, 1991
- 6 张启忠等. 用于物体分类的多传感器集成与信息融合系统. 模式识别与人工智能, 1998, **11**(1):112~117

张启忠 博士研究生. 研究领域为机器人技术、信息融合.

蒋静坪 博士生导师. 研究领域为自动控制、机器人技术、信息融合、电力电子与电力传动.

2003 年 IFAC 冶金自动化新技术国际会议

征文通知

IFAC (International Federation of Automatic Control) 冶金自动化新技术国际会议 (IFAC Workshop on New Technologies for Automation of Metallurgical Industry) 将于 2003 年 10 月 11—13 日在上海浦东召开. 本次会议将为冶金自动化方面的专家和学者提供一个相互交流的论坛. 会议由 IFAC 采矿、矿物和金属加工自动化技术委员会发起, IFAC 低成本自动化技术委员会和 IFAC 发展中国家技术委员会联合发起. 受中国自动化学会委托、经 IFAC 批准, 会议由大连理工大学和上海宝信软件股份有限公司联合承办.

一、征文范围

与冶金工业生产过程有关的检测与自动化装置、建模与控制、故障诊断、计划与调度、管理与优化等, 上述有关方法与技术的实际应用, 具有冶金应用背景或实际考虑的相关理论研究论文也在征文范围.

二、征文要求

论文作者应向会议程序委员会秘书处提交英文论文全文, 一式三份. 投稿封面应包括: 论文题目、作者姓名、所属单位、联系电话及 email 地址、论文摘要、3—5 个关键字. 投稿的论文经国际程序委员会审稿, 接受的论文要求至少一位作者注册并参加会议. 按照 IFAC 惯例, 会议向与会代表提供会议论文预印集 (Preprints), 参加会议并在会上选读的论文将被收入 IFAC 正式论文集 (Proceedings), 论文集由 Elsevier Science Ltd, Oxford, UK, 出版. 优秀论文可推荐到 *Control Engineering Practice* 等国际期刊, 详细的英文征文通知请见 <http://www.baosight.com/ifac03>.

三、国际程序委员会秘书处

潘学军副教授, 大连理工大学信息与控制研究中心, 116024

电话: 0411-4707576, 传真: 0411-4707579, Email: panxj@dlut.edu.cn

四、组织委员会秘书处

丛力群博士, 上海宝信软件有限责任公司, 201020

电话: 021-50803342, 传真: 021-50800701, Email: congliqun@baosight.com

五、重要日期

论文提交日期: 2003 年 2 月 30 日 录用通知: 2003 年 5 月 31 日

论文终稿(按 IFAC 发表论文版式)提交日期: 2003 年 7 月 30 日