

粗糙集理论在多传感器目标识别中的应用

孙东延^{1,2}, 杨万海¹, 陶建锋²

(1. 西安电子科技大学 电子工程学院, 陕西 西安 710071; 2. 空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:针对多传感器目标识别中存在的问题,提出了一种基于粗糙集理论的目标识别方法。该方法利用粗糙集理论对数据进行分析,通过决策系统的可辨识矩阵导出分类识别规则,建立目标识别规则库。实例分析表明,该方法的是可行的。

关键词:粗糙集; 目标识别; 分类规则; 数据融合

中图分类号: TP18 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2007)04-0042-03

用于多传感器目标识别的算法已有很多种^[1-2],使用较广泛的有 Bayes 推理算法、D-S 证据推理算法及人工神经网络方法等。其中 Bayes 推理算法最早提出,但由于 Bayes 算法需要先验概率,因此,其应用有很大的局限性。D-S 证据推理算法不需要先验信息,满足比 Bayes 概率更弱的条件。然而 D-S 证据理论本身也存在着固有的不足,例如证据组合引起的焦元爆炸,组合条件十分严格,无法处理证据冲突及证据基本概率指派确定的主观性等。人工神经网络(ANN)以自适应、自学习、自组织、较好的容错性和鲁棒形等优点受到了世人的注目,但是在利用神经网络进行目标识别时,要求有足够的训练样本集。由于在实际应用中难以得到足够丰富的样本,因此,必然难以训练出识别率较高的网络。为了解决这些问题,许多学者作了大量的工作。本文在对粗糙集理论进行研究的基础上,将粗糙集理论引入目标分类识别中,提出了一种基于粗糙集理论的多传感器目标识别方法。

1 粗糙集相关理论

粗糙集理论(Rough Set Theory)是1982年波兰学者 Z. Pawlak 教授首先提出的,它是研究模糊性和不确定性知识的一种新的数学工具^[3-4],它的一个重要特性是可以直接从给定问题的描述集合出发,通过不可分辨关系和不可分辨类确定问题的近似域,找出其内在规律,而不需要预先给定某些特征或属性的数学描述。换句话说就是在保持分类能力不变的情况下,通过知识约简,导出问题的分类或决策规则。目前粗糙集理论已被广泛地应用于机器学习、决策分析、过程控制与数据挖掘等领域^[3]。

1.1 约简及相对约简

粗糙集理论认为知识是基于对对象分类的能力^[5-6],分类的过程就是将相差不大的对象分为一类,它们的关系就是不可分辨关系,也称为等价关系。

定义1 设 R 是一等价关系族, $r \in R$, 如果 $IND(R) = IND(R - \{r\})$, 则称 r 在 R 中是可被约去的知识; 如果 $P = R - \{r\}$ 是独立的, 则 P 是 R 中的一个约简, 用 $RED(R)$ 表示。一个等价关系族 R 可能有多个约简, 全部约简的交集定义为 R 的核, 记为 $CORE(R)$, $CORE(R) = RED(R)$, $RED(R)$ 表示 R 的所有约简。

定义2 设 P 和 Q 都是等价关系族, 如果 $POS_{IND(P)}(IND(Q)) = POS_{IND(P - \{r\})}(IND(Q))$, 则称 $R \in P$ 是

收稿日期: 2006-11-28

基金项目: 陕西省自然科学研究计划项目(2004F36)

作者简介: 孙东延(1965-), 女, 吉林通化人, 讲师, 博士生, 主要从事粗糙集理论及其在目标识别与故障检测中的应用研究;

杨万海(1938-), 男, 吉林榆树人, 教授, 博士生导师, 主要从事雷达系统仿真、目标识别与数据融合研究;

陶建锋(1963-), 男, 河南通许人, 教授, 主要从事雷达信号处理、系统仿真及目标识别研究。

P 上 Q -可约去的;否则 R 是 P 上 Q 不可约去的。

定义 3 如果 P 上每个等价关系 R 都是 Q -上不可约去的,则称 P 是 Q -独立的或 P 关于 Q 是独立的。

同样,所有 P 中 Q -不可约去等价关系的交集被成为 P 的 Q -核,记为 $CORE_Q(P)$,即 $CORE_Q(P) = \cap RED_Q(P)$,其中 $RED_Q(P)$ 是 P 中的所有 Q -约简族。当 $P=Q$ 时,则退化为前面受限的特殊情况。

1.2 可辨识矩阵和分辨函数

一个决策系统可能有多个相对约简,人们总是关心具有最少属性的约简——最小约简,因为可以通过最小约简得到系统的最简的决策规则集^[7-8]。然而已经证明,找出一个决策系统的最小约简是一个 NP-hard 问题。但决策表的核是唯一的,因为核属性包含在所有的约简中,所以找出核属性是约简计算的基础。由数学家斯科龙(Skowron)提出的可辨识矩阵可以方便地求出决策系统的属性核。

定义 4 令决策表系统为 $S = \langle U, A, V, f \rangle$, $A = C \cup D$ 是属性集合, $C = \{a_i | i = 1, 2, \dots, m\}$ 和 $D = \{d\}$ 分别为条件属性集和决策属性集, $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 是论域, $a_i(x_j)$ 是样本 x_j 在属性 a_i 上的取值。 $M_D(i, j)$ 表示可辨识矩阵第 i 行第 j 列的元素,则可辨识矩阵 M_D 定义为

$$M_D(i, j) = \begin{cases} \{a_k | a_k \in C \wedge a_k(x_i) \neq a_k(x_j)\}, & d(x_i) \neq d(x_j) \\ 0, & d(x_i) = d(x_j) \end{cases}$$

显然,可辨识矩阵是一个依主对角线对称的矩阵,在考虑可辨识矩阵的时候,只需考虑其上三角或下三角部分就可以了。核是可辨识矩阵中所有单个元素组成的集合。

由可辨识矩阵 M_D 唯一确定了一个分辨函数 F ,分辨函数实际上是一个布尔函数,对每个属性 $a \in A$,若 $a(x, y) = \{a_1, 2, \dots, a_k\} \neq \emptyset$,指定一个布尔函数 $a_1 \vee a_2 \vee \dots \vee a_k$,用 $\sum a(x, y)$ 来表示,则分辨函数定义为

$$F = \prod_{(x, y) \in U \times U} \sum a(x, y)$$

经研究发现,分辨函数的极小析取范式中的所有合取范式是条件属性 C 的所有决策属性 D 简化集。

2 基于粗糙集理论的目标分类识别方法

目标分类识别就是对基于不同的传感器得到的目标属性数据形成一个组合的目标身份说明。基于粗糙集理论的目标分类识别方法,就是根据已知的目标属性数据,通过知识约简获取目标分类识别的规则,利用获取的识别规则,对现有的属性数据进行判决,获得未知目标的属性。具体识别步骤如下:①将目标识别系统的训练数据变为符合粗糙集理论要求的决策表系统 $S = \langle U, C \cup D, V, f \rangle$,其中 $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$: 是对象的有限集合; $C = \{a_i | i = 1, 2, \dots, m\}$ 为条件属性集合; $D = \{d\}$ 为决策属性集合;②利用领域知识,对条件属性值进

行量化处理;③样本相容性检查,删除不相容的样本;④分别求出决策系统 S 的可辨识矩阵 M_D 和分辨函数 F ,由可辨识矩阵 M_D 求得 C 相对 D 的核;⑤计算分辨函数 F 的极小析取范式中的所有合取范式,得到条件属性 C 的所有决策属性 D 简化集 $RED_D(C)$ 。⑥根据约简的结果,建立约简后的信息表,写出目标识别规则;⑦建立的目标识别规则库,对未知的目标进行分类识别,如图 1 所示。

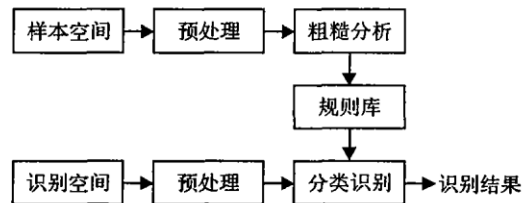


图 1 基于粗糙集理论的目标分类识别原理

3 应用举例

这里选取一个实例,该实例系统有 3 个传感器分别是 S_1, S_2, S_3 , 3 个传感器所测量的数据是独立的,不同的传感器对 U 进行分类和识别,每个传感器的分类结果被看成 U 上的一个等价关系。假设我们选择 10 个研究对象,即 $U = \{x_1, x_2, \dots, x_{10}\}$,他们分别属于 3 类目标,可以通过条件属性, a, b, c 来区别,构成条件属性集 $C = \{a, b, c\}$, $D = \{d\}$ 表示决策属性集,其中 $d = 1, 2, 3$,分别表示 3 类目标,根据传感器测量结果,我们得到如表 1 所示的知识表达系统。

利用上述方法,我们得到核集 $\{b, c\}$,而 a 是无关紧要的,因此,可以得到属性约简后并删去重复行的约

简信息表2。

表1 原始信息表

U	a	b	c	d
x_1	3	3	3	3
x_2	3	2	3	2
x_3	2	2	2	2
x_4	2	3	2	3
x_5	2	3	3	3
x_6	1	2	1	1
x_7	1	1	1	1
x_8	1	2	2	2
x_9	2	2	3	2
x_{10}	1	1	2	1

表2 约简信息表

U	b	c	d
x_1	3	3	3
x_5	2	3	2
x_9	2	2	2
x_3	2	2	2
x_8	3	2	3
x_4	2	1	1
x_6	1	1	1
x_7	1	1	1
x_{10}	1	2	1

表2对应一组决策算法,它们是含有最少条件属性值的决策算法,也就是: $b_3c_3 \rightarrow d_3, b_3c_2 \rightarrow d_3, b_2c_3 \rightarrow d_2, b_2c_2 \rightarrow d_2; b_2c_1 \rightarrow d_1, b_1c_1 \rightarrow d_1, b_1c_2 \rightarrow d_1$ 。组合这些决策算法,我们可以得到下面的规则集: $(c_3 \vee c_2)b_3 \rightarrow d_3; (c_3 \vee c_2)b_2 \rightarrow d_2; (c_1 \vee b_2) \vee (c_1 \vee c_2)b_1 \rightarrow d_1$ 。

由此可见,基于粗集理论获得的多传感器目标识别规则集具有规则简单齐整,且不重复,有利于对新数据进行推理和决策的特点。

4 结束语

本文将粗集理论用多传感器于目标识别,该方法不需要领域专家知识,能总结自身经验,从实例中提取规则,简单易行,在获取大量实验数据的基础上,基本反映客观事实,具有规则简单明了,判别简单易行的特点。当然,粗集理论用于目标识别仅仅是开始,大量的工作仍需进一步进行。

参考文献:

- [1] 刘同明. 目标类型识别方法研究[J]. 计算机应用研究, 1999, 16(7): 49-51.
- [2] 何友, 王国宏, 彭应宁, 等. 多传感器信息融合及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [3] Pawlak Z. Rough Sets [J]. International Journal of Information and Computer Science, 1982, 11(5): 341-356.
- [4] 王珏, 苗夺谦, 周育健. 关于 Rough Set 理论与应用的综述[J]. 模式识别与人工智能, 1994, 7(4): 337-344.
- [5] 王国胤. Rough 集理论与知识获取[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001.
- [6] 张文修, 吴伟志, 梁吉业, 等. 粗糙集理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [7] 袁修久, 杨合俊, 张小水. 广义决策约简同相对约简的关系[J]. 空军工程大学学报: 自然科学版, 2005, 6(1): 44-47.
- [8] Jelonek J. Rough Set Reduction of Attributes and Their Domains for Neural Networks[J]. Computational Intelligence, 1995, 11(2): 339-347.

(编辑: 田新华)

Applications of Rough Set in Target Identification

SUN Dong - yan^{1,2}, YANG Wan - hai¹, TAO Jian - feng²

(1. School of Electronic Engineering, Xidian University, Xi'an 710071, China; 2. The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, Shaanxi, China)

Abstract: Aiming at the problem of target identification in multi - sensor data fusion, a method of target identification based on the rough set is proposed. Through this method the rough set theory is used to analyze data, the classing rule is derived from the matrix and discernible matrix and discernible function of the known decision making system and thus creating the rule sets. The effectiveness is illustrated by an example.

Key words: rough set; target identification; classing rule; data fusion