

# 基于不完备信息的粗糙集确定备件品种

黄建新, 杨建军, 张志峰

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

**摘 要:** 针对确定备件品种不完备信息的多属性决策问题, 给出了基于不完备信息系统的粗糙集模型, 并依据扩展优势关系确定粗糙集的上、下近似集, 从而获取分类决策规则; 通过一个实例说明该方法的可行性和有效性。

**关 键 词:** 不完备信息; 粗糙集; 备件

**中图分类号:** E 911

**文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-0127(2005)03-0044-03

## Defining the Class of Spare Parts Based on the Rough Set of Incomplete Information

HUANG Jian-xin, YANG Jian-jun, ZHANG Zhi-feng

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan Shaanxi 713800, China)

**Abstract:** In this paper, a model based on the rough set of the incomplete information system is proposed to multi-attribute decision making problems to define incomplete information of the spare parts class. Then up and down-approximation sets of the rough set are defined by the extended dominance relation, and the sorting decision rules are obtained. Finally, the feasibility and effectiveness of the method are demonstrated by a real example.

**Key words:** incomplete information; rough set; spare parts

装备备件品种的确定是制定备件贮供标准的重要内容,其确定的准确、合理与否直接影响部队的战斗力。若备件品种确定不准,会使有些零、部件损坏无法及时进行更换修理,影响装备效能的发挥;若备件品种过多,必然会造成经费的浪费。以往备件品种的定量确定以模糊评判为主,主要是针对完备的信息而言。本文研究出基于不完备信息的粗糙集方法,确定装备备件品种,经实践检验是一种行之有效、先进的科学方法,可提高备件的可用度和节约备件经费。

粗糙集理论<sup>[1,2]</sup>是波兰数学家 Z. Pawlak,于1982年提出的一种新的处理模糊和不确定性知识的数据分析理论。其主要思想是在保持分类能

力不变的前提下,通过知识约简,导出问题的决策或分类规划。粗糙集主要着眼于知识的粗糙性,研究不同类中对象组成的集合之间的关系,重在分类。本文针对确定备件品种不完备信息的多属性决策问题,即属性缺省值的情况问题进行讨论;基于不完备信息系统下的粗糙集模型,并依据扩展优势关系确定的粗糙集的上、下近似集,从而获取分类决策规则,使备件品种的确定智能化。

## 1 不完备信息系统

确定装备备件品种的多属性决策中,各属性都具有偏好信息,且条件属性经常未知,因此,备件品种的确定就是一个不完备的信息系统。设

收稿日期: 2004-06-30

作者简介: 黄建新(1969-),男(汉族),甘肃临夏人,工程师,博士研究生, hix692003@yahoo.com.cn;

杨建军(1955-),男,教授,博士生导师; 张志峰(1960-),男,教授,博士生导师。

$S = (U, A, V, f)$  是一个知识表达系统,也称为信息系统,简称为  $S = (U, A)$ 。其中: $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  是对象的非空有限集合; $A$  是属性的非空有限集合, $A = C \cup D, C \cap D = \emptyset, C = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$  是一个非空、有限的条件属性集, $D = \{d\}$  为决策属性集; $V$  是属性  $A$  的值, $V = V_C \cup V_D, V_C = \{V_a \mid a \in C\}$  是条件属性值集, $V_D$  是决策属性值集,且  $V_C$  和  $V_D$  有偏好次序; $f:U \times A \rightarrow V$  是一个信息函数,它为每个对象的属性赋予一个信息值,即  $\forall a \in A, x \in U, f(x, a) \in V_a$ 。

若至少有一个属性  $a \in C$  使得  $V_a$  含有空值,则称  $S$  为一个不完备信息系统。用“\*”表示空值,并假设:决策属性值  $V_d$  没有空值; $\forall x \in U$  至少存在一个  $a \in C$ ,使得  $f(x, a) \neq *$ 。

假设决策属性  $d$  把  $U$  分成有限的类, $C_1 = \{C_1, \dots, C_l\}, T = \{1, 2, \dots, l\}$  则对象中的任意  $x \in U$  属于一个且仅属于一个  $C_t, t \in T$ ,并且假定这种分类是有序的,即对于所有的  $r, s \in T$ ,如  $r > s$ ,则  $C_r$  中的对象优于  $C_s$  的对象。为了处理多属性的偏好信息,根据文献[3]定义一个决策类  $C_t$  向上累积集和向下累积集分别为

$$C_{t+} = \bigcup_{s \leq t} C_s, \quad C_{t-} = \bigcap_{s \geq t} C_s$$

它表明:若  $x \in C_t$ ,则  $x$  至少属于  $C_t$ ;若  $x \in C_t$ ,则  $x$  至多属于  $C_t$ 。

由向上、向下累积集的定义,得出如下性质:  
 $C_1+ = C_l+ = U, C_l- = C_1-, C_1+ = C_1-;$   
 $C_{t-1}+ = U - C_t-, C_{t-}+ = U - C_{t-1}-, t = 2, 3, \dots, l。$

## 2 扩展优势集的粗糙集决策分析

传统的粗糙集方法是直接从给定问题的决策表出发,通过不可分辨关系对问题的论域划分获得粗糙近似,从而通过知识约简,得到决策规则。在确定装备备件品种的不完备信息系统中,为更好反映备件属性的偏好信息,可通过优势关系来代替不可分辨关系从而获取粗糙集中的上、下近似<sup>[4]</sup>。由于确定备件品种的多属性决策表中存在不完备信息,可将优势关系扩展,得到优势集的粗糙近似,作为确定备件品种不完备信息粗糙集方法的核心。

### 2.1 扩展优势关系

假设  $x, y \in U, P \subseteq C$ ,定义  $P$  中的扩展优势关系  $EDOM(P)$  为

$$EDOM(P) = \{(x, y) \in U \times U \mid \forall a \in P,$$

$$f(x, a) \succcurlyeq f(y, a) \text{ or } f(x, a) = * \text{ or } f(y, a) = *\}$$

称  $x D_P^+ y$  为  $x$  扩展优势于  $y$ ,且扩展优势关系  $D_P^+$  满足自反性及传递性。

对于  $P \subseteq C, x \in U, D_P^+(x) = \{y \in U \mid y D_P^+ x\}$  称为  $P$  的扩展优势集, $D_P^-(x) = \{y \in U \mid x D_P^+ y\}$  称为  $P$  的扩展被优势集。

对象子集  $X \subseteq U$ ,在扩展优势关系下  $P$  的扩展优势集与  $P$  的扩展被优势集之间的关系为

$$D_P^+(D_P^+(X)) = \{x \in U \mid D_P^+(x) \cap X \neq \emptyset\}$$

$$D_P^-(D_P^-(X)) = \{x \in U \mid D_P^-(x) \cap X \neq \emptyset\}$$

### 2.2 扩展优势集的粗糙近似

根据文献[5],基于扩展优势集的粗糙近似为

$$P^+(C_{1t}) = \{x \in U \mid D_P^+(x) \subseteq C_{1t}\}, \quad t = 1, 2, \dots, l \quad (1)$$

$$\bar{P}^+(C_{1t}) = \{x \in U \mid D_P^-(x) \subseteq C_{1t}\} \\ \emptyset = \bigcap_{x \in C_{1t}} D_P^-(x), t = 1, 2, \dots, l \quad (2)$$

$$P^-(C_{1t}) = \{x \in U \mid D_P^-(x) \subseteq C_{1t}\}, \quad t = 1, 2, \dots, l \quad (3)$$

$$\bar{P}^-(C_{1t}) = \{x \in U \mid D_P^+(x) \subseteq C_{1t}\} \\ \emptyset = \bigcap_{x \in C_{1t}} D_P^+(x), t = 1, 2, \dots, l \quad (4)$$

对于  $C_{1t}, C_{1s} (t = 1, 2, \dots, l)$  和  $P \subseteq C$  有

$$\begin{cases} P^+(C_{1t}) \subseteq C_{1t} \subseteq \bar{P}^+(C_{1t}) \\ P^-(C_{1t}) \subseteq C_{1t} \subseteq \bar{P}^-(C_{1t}) \end{cases}$$

$C_{1t} (C_{1s})$  的  $P$  边界分别定义为

$$B_{nP}^+(C_{1t}) = \bar{P}^+(C_{1t}) - P^+(C_{1t}), \quad t = 1, 2, \dots, l \quad (5)$$

$$B_{nP}^-(C_{1t}) = \bar{P}^-(C_{1t}) - P^-(C_{1t}), \quad t = 1, 2, \dots, l \quad (6)$$

且

$$B_{nP}^+(C_{1t}) = B_{nP}^+(C_{1t-1}), (t = 2, 3, \dots, l);$$

$$B_{nP}^-(C_{1t}) = B_{nP}^-(C_{1t+1}), (t = 1, 2, \dots, l-1)$$

式中: $B_{nP}^+(C_{1t})$  与  $B_{nP}^-(C_{1t})$  分别为向上、向下累积集基于扩展优势集的粗糙上、下近似之差。

### 2.3 决策规则的提取<sup>[6]</sup>

1) 根据式(1)表示的下近似,可得到确定性决策规则:若  $f(x, a_1) \succcurlyeq r_{a1}, f(x, a_2) \succcurlyeq r_{a2}, \dots, f(x, a_p) \succcurlyeq r_{ap}$ ,则  $x \in C_{1t}$ ;

2) 根据式(3)表示的下近似,可得到确定性决策规则:若  $f(x, a_1) \succcurlyeq r_{a1}, f(x, a_2) \succcurlyeq r_{a2}, \dots, f(x, a_p) \succcurlyeq r_{ap}$  则  $x \in C_{1t}$ ;

3) 根据式(5)和式(6)表示的边界,可得到可能性决策规则:若  $f(x, a_1) \geq r_{a1}, f(x, a_2) \geq r_{a2}, \dots, f(x, a_k) \geq r_{ak}$  而  $f(x, a_{k+1}) < r_{ak+1}, f(x, a_{k+2}) < r_{ak+2}, \dots, f(x, a_p) < r_{ap}$ , 则  $x \in C1_s$  或  $x \in C1_{s-1}$ ; 若  $f(x, a_1) \geq r_{a1}, f(x, a_2) \geq r_{a2}, \dots, f(x, a_k) \geq r_{ak}$  而  $f(x, a_{k+1}) < r_{ak+1}, f(x, a_{k+2}) < r_{ak+2}, \dots, f(x, a_p) < r_{ap}$ , 则  $x \in C1_{s-1}$  或  $x \in C1_s$ 。

### 3 实例

设装备的某一系统零、部件是否需要设置备件的决策如表 1 所示。其中有 8 个零、部件作为决策对象,影响备件品种确定的因素主要有零、部件的关键性、耗损性和经济性,因此,有 3 个条件属性  $a = \{a_1, a_2, a_3\}$  和一个决策属性  $d$ 。其中: $a_1$  为零、部件的关键性; $a_2$  为零、部件的耗损性; $a_3$  为零、部件的经济性; $d$  为零、部件设置备件或不设置备件。

表 1 决策表

零、部件	条件属性			决策属性
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$d$
1	重要	一般	低	设置
2	*	不损	高	不设置
3	关键	*	中	设置
4	一般	不损	中	不设置
5	重要	易损	*	设置
6	一般	一般	中	不设置
7	重要	一般	*	不设置
8	关键	易损	低	设置

表 1 中“\*”为未知的条件信息,各属性值分别表示为

$$\begin{cases} a_1 = \{ \text{关键, 重要, 一般} \} = \{ 2, 1, 0 \}; \\ a_2 = \{ \text{易损, 一般, 不损} \} = \{ 2, 1, 0 \}; \\ a_3 = \{ \text{低, 中, 高} \} = \{ 2, 1, 0 \}; \\ d = \{ \text{设置, 不设置} \} = \{ 2, 1 \}. \end{cases}$$

由决策属性将对象分为不设置的对象集  $C1_1$  和设置的对象集  $C1_2$  :

即  $C1_1 = \{ 2, 4, 6, 7 \}$   $C1_2 = \{ 1, 3, 5, 8 \}$

且  $C1_1 = \{ 2, 4, 6, 7 \}$   $C1_2 = \{ 1, 3, 5, 8 \}$

得出  $C1_1$ 、 $C1_2$  表示的上、下近似及边界:

$P^+(C1_1) = \{ 2, 4, 6 \}$   $\bar{P}^+(C1_1) = \{ 1, 2, 4, 6, 7 \}$

$P^+(C1_2) = \{ 3, 5, 8 \}$   $\bar{P}^+(C1_2) = \{ 1, 3, 5, 7, 8 \}$

$B_n^+(C1_1) = \{ 1, 7 \}$   $B_n^+(C1_2) = \{ 1, 7 \}$

从而得出决策规则:

1) 若  $a_2 = 0, a_3 = 0$  或  $a_1 = 0, a_2 = 0$ , 则  $x \in C1_1$ 。表明若零、部件不耗损、经济性高或关键性一般、不耗损,则零、部件肯定不需设置备件。

2) 若  $a_1 = 1, a_2 = 2$  或  $a_1 = 2, a_3 = 1$ , 则  $x \in C1_2$ 。表明若零、部件关键性至少重要,易耗损或零、部件关键,经济性中等,则零、部件肯定需要设置备件。

3) 若  $a_1 = 1, a_2 = 1$  或  $a_1 = 1, a_2 = 1$ , 则  $x \in C1_1$  或  $x \in C1_2$ 。表明若零、部件的关键性至多是重要而至多是较易耗损,或者零、部件的关键性至少是重要而至多是较易耗损,则零、部件可能需要设置备件或不设置备件。

### 4 结论

通过以上计算结果,可确定某类零、部件是否需要设置备件。因此,运用粗糙集理论可较好地解决备件品种不完备信息下的多属性决策问题,不必将不完备信息变为完备信息,而是直接在不完备信息的备件属性决策系统上获得决策规则,这样可避免一些主观因素的影响。在确定备件品种的多属性粗糙集方法中,用扩展优势关系代替经典粗糙集中的不可分辨关系,可获得分类决策规则,为解决不完备信息系统下的确定备件品种多属性决策问题,提供了一种有效的方法。

### 参考文献 (References)

[1] 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.  
 [2] 张文修,梁怡,吴伟志.信息系统与知识发现[M].北京:科学出版社,2003.9.  
 [3] Greco S, Matarazzo B, Slowinski R. Extension of the rough set approach to multicriteria decision support[J]. European Journal of Operational Research, 2000, 38(3): 161-195.  
 [4] 徐泽水. 求解不确定型多属性决策问题的一种新方法[J]. 系统工程学报, 2002, 17(2): 177-181.  
 [5] Greco S, Matarazzo M, Slowinski R. Dealing with missing data in rough set analysis of multi-attribute and multi-criteria decision problems[J]. Applied Optimization, 2000, 45: 295-316.  
 [6] 何亚群,胡寿松. 不完全信息的多属性粗糙决策分析方法[J]. 系统工程学报, 2004, 19(2): 117-120.

(责任编辑:李江涛)