三种差别矩阵的比较

刘启和　李　凡　颜俊华　杨国纬

（电子科技大学计算机科学与工程学院　成都 610054）

摘　要　差别矩阵是 Rough 集理论中重要概念之一，使用差别矩阵可以计算决策表的核和约简。当前有多种定义差别矩阵的方法，导致差别矩阵有多种定义的原因是决策表的不一致性。本文分析一致决策表和不一致决策表关系，给出将不一致决策表转换为一致决策表的方法，并给出差别矩阵的等价性定义。在此基础上，讨论并证明三种差别矩阵的关系，结果表明利用这种转换方法和等价性定义可以将三种差别矩阵统一起来，从而保证在实际应用中可以用统一方法来构造差别矩阵。

关键词　Rough 集理论，差别矩阵，决策表

Comparison with the Three Types of Discernibility Matrix

LIU Qi-He　LI Fan　YAN Jun-Hua　YANG Guo-Wei

(College of Computer Science and Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054)

Abstract　The discernibility matrix is an important concept in the rough set theory and is the basis of computing the core and reducts of decision tables. Inconsistent data in decision tables results in the different definitions of discernibility matrix. In this paper, the relationship between inconsistent deision tables and consistent decision tables is analyzed, and the method which can convert inconsistent decision tables into consistent decision tables is presented. The equivalent definition about any two types of discernibility matrix is proposed. Based on these results above, the relationship of three types of discernibility matrix is discussed and some properties are proved. The properties show that the three types of discernibility matrix can be unified based on the converting method and the equivalent definition, so one can use only method to construct the discernibility matrix in practice.

Keywords　Rough set theory, Discernibility matrix, Decision tables

1　引言

Rough 集是一种新的处理不精确、不确定和模糊信息的数学工具，其主要思想是在保持信息系统分类能力不变的前提下，通过知识约简来获得问题的分类或决策规则。自波兰学者 Pawlak 于 1982 年提出 Rough 集理论以来，它已经在机器学习、知识发现等领域取得了较大的成功[1,2]。

差别矩阵是 Rough 集理论中重要概念之一，使用差别矩阵可以计算决策表的核和约简[2,5]。Hu Xiao-hua 提出了利用差别矩阵求核的方法[3]，而叶东毅指出[6]：利用这种差别矩阵求不一致决策表的核是错误的，并给出了一种新的差别矩阵。利用新的差别矩阵可以正确计算决策表的核。张文修在文[5]中给出差别矩阵的另一定义，并指出它能够计算决策表的核和约简。由此可见，有三种定义差别矩阵的方法，即 Hu

刘启和　讲师，博士研究生，主要研究方向：Rough 集理论，自然语言处理。

$$\Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} |(\overline{R}X)_\beta|+|(\overline{R}Y)_\beta|-|(\overline{R}X)_\beta\cap(\overline{R}Y)_\beta|-|(\underline{R}(X\cup Y))_\alpha|+ \\ \quad |(\overline{R}(X\cap Y))_\beta|-|(\underline{R}X)_\alpha\cap(\underline{R}Y)_\alpha| \\ =|(\overline{R}X)_\beta|-|(\underline{R}X)_\alpha|+|(\overline{R}Y)_\beta|-|(\underline{R}Y)_\alpha| \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} -|(\overline{R}X)_\beta\cap(\overline{R}Y)_\beta|-|(\underline{R}(X\cup Y))_\alpha|+|(\overline{R}(X\cap Y))_\beta| \\ \quad -|(\underline{R}X)_\alpha\cap(\underline{R}Y)_\alpha| \\ =-(|(\underline{R}X)_\alpha\cup(\underline{R}Y)_\alpha|+|(\underline{R}X)_\alpha\cap(\underline{R}Y)_\alpha|) \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow -|(\overline{R}X)_\beta\cap(\overline{R}Y)_\beta|-|(\underline{R}(X\cup Y))_\alpha|+|(\overline{R}(X\cap Y))_\beta|=-|(\underline{R}X)_\alpha\cup(\underline{R}Y)_\alpha|$$

$$\Leftrightarrow |(\overline{R}(X\cap Y))_\beta|-|(\overline{R}X)_\beta\cap(\overline{R}Y)_\beta|=|(\underline{R}(X\cup Y))_\alpha|-|(\underline{R}X)_\alpha\cup(\underline{R}Y)_\alpha|$$

由引理 1，$\overline{R}(X\cap Y)\subseteq\overline{R}X\cap\overline{R}Y$ 和 $\underline{R}(X\cup Y)\supseteq\underline{R}X\cup\underline{R}Y$ 成立。对 $\forall 1\geqslant\alpha、\beta\geqslant 0$，必有 $|(\overline{R}(X\cap Y))_\beta|\leqslant|(\overline{R}X)_\beta\cap(\overline{R}Y)_\beta|$，以及 $|(\underline{R}(X\cup Y))_\alpha|\geqslant|(\underline{R}X)_\alpha\cup(\underline{R}Y)_\alpha|$ 成立，这样上式等价于

$$\Leftrightarrow\begin{cases} (\overline{R}(X\cap Y))_\beta=(\overline{R}X)_\beta\cap(\overline{R}Y)_\beta, \\ (\underline{R}(X\cup Y))_\alpha=(\underline{R}X)_\alpha\cup(\underline{R}Y)_\alpha \end{cases}$$

结论　将经典粗糙集理论拓广到模糊关系领域是粗集理论发展及其应用研究的一个重要方向。本文首先讨论经典的等价关系下粗糙集粗糙度问题，证明其中的一个充分必要条件，然后将其推广到模糊关系下的模糊粗糙集情形，得到了相同的结论。

参 考 文 献

1　王珏，苗夺谦，周育健．关于 Rough Set 理论与应用的综述．模式识别与人工智能，1998，11：34～40
2　刘贵龙．粗糙集的粗糙度．计算机科学，2004，31(3)：140～141
3　闫德勤，迟忠先．粗糙集与 Vague 集．计算机科学，2004，31(8)：133～135
4　Chan C-C. A rough set approach to attribute generalization in data mining. Journal of Information Sciences 107，1998. 169～176
5　王基一，顾沈明．一种基于模糊粗糙集知识获取方法．计算机科学，2004，31(6)：169～170

的定义、叶东毅的定义和张文修的定义。

王国胤[7]进一步分析 Hu 的差别矩阵的不足，指出 Hu 方法错误的根本原因在于信息系统的不相容性（不一致性），即 Hu 方法对一致决策表正确，而对不一致决策表不正确。因此，导致差别矩阵多种定义的原因是决策表的不相容性。

本文给出将不一致决策表转换为一致决策表的方法，该转换方法能够保持转换前后的核和约简不变。对转换前后的差别矩阵进行比较，结果表明转换后的一致决策表上由 Hu 定义的差别矩阵就是原决策表上由张文修定义的差别矩阵；给出差别矩阵的等价性定义，等价的差别矩阵具有相同的区分能力，并且由等价的差别矩阵计算的核和约简相等。在这个等价定义之下，证明了叶东毅定义的差别矩阵与张文修定义的差别矩阵等价。这些结论表明，在实际应用中只需设计 Hu 的差别矩阵构造算法和将不一致决策表转换为一致决策表的算法，就可以克服 Hu 的差别矩阵的不足，也就能根据它正确计算核和约简集合。

本文第 2 节介绍 Rough 集理论的相关概念；第 3 节用例子说明三种差别矩阵的不同，给出将不一致决策表转换为一致决策表的方法；第 4 节给出等价性定义并证明三种差别矩阵之间的联系；最后给出结论。

2 基本概念

三元组 $S=\langle U, C, D\rangle$ 是一个决策表，其中 U 是对象的非空有限集合，C 是条件属性的非空有限集合，D 是决策属性的非空有限集合，且 $C\cap D=\varnothing$。对任意的 $x\in U$ 和 $a\in C\cup D$，$a(x)$ 表示 x 在属性 a 下的属性值。对任意非空属性子集 $B\subseteq C\cup D$，定义一个不可区分关系 $I(B)$：

$$I(B)=\{(x, y)\in U\times U \mid \forall a\in B, a(x)=a(y)\} \tag{1}$$

显然 $I(B)$ 是一个等价关系。由等价关系 $I(B)$ 可以得到 U 上的一个划分，记为 $U/I(B)$，可简写为 U/B。对象 x 在 $I(B)$ 中的等价类 $[x]_B$ 定义为：

$$[x]_B=\{y \mid y\in U, (x, y)\in I(B)\} \tag{2}$$

设 $X\subseteq U$，集合 X 的 B-下近似和 B-上近似分别定义如下：

$$\underline{B}(X)=\underline{B}X=\bigcup\{[x]_B \mid [x]_B\subseteq X\} \tag{3}$$

$$\overline{B}(x)=\bigcup\{[x]_B \mid [x]_B\cap X\neq\Phi\} \tag{4}$$

在决策表 $S=\langle U, C, D\rangle$ 中，设决策属性集 D 导出 U 上划分记为 $U/D=\{Y_1, Y_2, \cdots, Y_m\}$。

定义 1 设 $\varnothing\neq P\subseteq C$，则决策属性集 D 的 P-正区域定义为：

$$POS_P(D)=\bigcup_{X\in U/D}\underline{P}(X) \tag{5}$$

定义 2[7] 在决策表 $S=\langle U, C, D\rangle$ 中，若 $POS_C(D)=U$，则称决策表 S 为一致决策，否则称 S 为不一致决策表。

定义 3[5] 在决策表 $S=\langle U, C, D\rangle$ 中，条件属性子集 $B\subseteq C$，如果 $POS_B(D)=POS_C(D)$，且对任意的 $a\in B$，有 $POS_{B-\{a\}}(D)\neq POS_C(D)$，则称 B 为决策表 S 的一个约简。S 的所有约简记为 $RED_D(C)$。

定义 4[5] 称 $CORE_D(C)=\bigcap_{B\in RED_D(C)}B$ 为决策表 S 的核。

在决策表 $S=\langle U, C, D\rangle$ 中，令 $Y_0=U-POS_C(D)$，易知 $\underline{C}Y_0=Y_0$。由定义 1，如果 S 是一致决策表，则 $\underline{C}Y_0=\varnothing$。

定义 5 在决策表 $S=\langle U, C, D\rangle$ 中，称 $\underline{C}Y_0=U-POS_C(D)$ 为决策属性集 D 相对于 C 的边界域；称 $\underline{C}Y_0$ 中的元素为不相容数据或不一致数据。

3 三种差别矩阵和转换方法

3.1 三种差别矩阵

定义 6[3]（Hu 的差别矩阵） 设在决策表 $S=\langle U, C, D\rangle$ 中，差别矩阵 $M_S^{(1)}=(m_{ij}^{(1)})$，其矩阵元素定义为：

$$m_{ij}^{(1)}=\begin{cases}\{a \mid a(x_i)\neq a(x_j)\}, & \text{当 } d(x_i)\neq d(x_j)\\ \Phi & \text{其它情况}\end{cases} \tag{6}$$

其中 d 是 S 的决策属性（$D=\{d\}$）。

定义 7[6]（叶东毅的差别矩阵） 设在决策表 $S=\langle U, C, D\rangle$ 中，差别矩阵 $M_S^{(2)}=(m_{ij}^{(2)})$，其矩阵元素定义为：

$$m_{ij}^{(2)}=\begin{cases}\{a \mid a(x_i)\neq a(x_j)\}, & \text{当 } d(x_i)\neq d(x_j) \text{ 且 } \min\{k(x_i), k(x_j)\}=1\\ \Phi & \text{其它情况}\end{cases} \tag{7}$$

其中 $k(x_i)=|\{d(y) \mid y\in[x_i]_C\}|$，$d$ 是 S 的决策属性（$D=\{d\}$），即 $k(x_i)$ 表示等价类 $[x_i]_C$ 中所用元素的决策属性值的基数。

定义 8[5]（张文修的差别矩阵） 设在决策表 $S=\langle U, C, D\rangle$ 中，差别矩阵 $M_S^{(3)}=(m_{ij}^{(3)})$，其矩阵元素定义为：

$$m_{ij}^{(3)}=\begin{cases}\{a \mid a(x_i)\neq a(x_j)\}, & \text{当 } w(x_i, x_j) \text{ 成立}\\ \Phi & \text{其它情况}\end{cases} \tag{8}$$

其中对任意的 $x_i, x_j\in U$，$w(x_i, x_j)$ 满足：

$(x_i\in POS_C(D)\wedge x_j\in\underline{C}Y_0)\vee(x_j\in POS_C(D)\wedge x_i\in\underline{C}Y_0)\vee(x_i\in POS_C(D)\wedge x_j\in POS_C(D)\wedge d(x_i)\neq d(x_j))$。

显然，如果 S 是一致决策表，则

$$M_S^{(1)}=M_S^{(2)}=M_S^{(3)} \tag{9}$$

3.2 例子

我们仍旧用文[6]中的例子来说明这三种差别矩阵的不同。

例 1 表 1 是一个决策表 $S=\langle U, C, D\rangle$，其中 $U=\{x_1, x_2, \cdots, x_5\}$，$C=\{c_1, c_2, c_3\}$，$D=\{d\}$。

表 1 一个决策表系统 S

U	c_1	c_2	c_3	d
x_1	1	0	1	1
x_2	1	0	1	0
x_3	0	0	1	1
x_4	0	0	1	0
x_5	1	1	1	1

在 S 中，$U/D=\{\{x_1, x_3, x_5\}, \{x_2, x_4\}\}$，$U/C=\{\{x_1, x_2\}, \{x_3\ x_4\}, \{x_5\}\}$，故 $POS_C(D)=\{x_5\}$，$U-POS_C(D)=\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$，$CORE_D(C)=\{c_2\}$，$RED_D(C)=\{\{c_2\}\}$。则根据定义 6、7、8，Hu 的差别矩阵为：

$$\begin{bmatrix}\Phi & \Phi & \Phi & \{c_1\} & \Phi\\ \Phi & \Phi & \{c_1\} & \Phi & \{c_2\}\\ \Phi & \{c_1\} & \Phi & \Phi & \Phi\\ \{c_1\} & \Phi & \Phi & \Phi & \{c_1, c_2\}\\ \Phi & \{c_2\} & \Phi & \{c_1, c_2\} & \Phi\end{bmatrix} \tag{10}$$

叶东毅的差别矩阵为：

$$\begin{bmatrix}\Phi & \Phi & \Phi & \Phi & \Phi\\ \Phi & \Phi & \Phi & \Phi & \{c_2\}\\ \Phi & \Phi & \Phi & \Phi & \Phi\\ \Phi & \Phi & \Phi & \Phi & \{c_1, c_2\}\\ \Phi & \{c_2\} & \Phi & \{c_1, c_2\} & \Phi\end{bmatrix} \tag{11}$$

张文修的差别矩阵为：

$$\begin{bmatrix} \Phi & \Phi & \Phi & \Phi & \{c_2\} \\ \Phi & \Phi & \Phi & \Phi & \{c_2\} \\ \Phi & \Phi & \Phi & \Phi & \{c_1,c_2\} \\ \Phi & \Phi & \Phi & \Phi & \{c_1,c_2\} \\ \{c_2\} & \{c_2\} & \{c_1,c_2\} & \{c_1,c_2\} & \Phi \end{bmatrix} \tag{12}$$

设矩阵 M 是决策表 S 的差别矩阵，则矩阵 M 中所有单个元素组成的集合就是决策表 S 的核[2,5]，即

$CORE_D(C)=\{a|m_{ij}=\{a\}$，其中 m_{ij} 是 M 的元素。

文[3,6,5]分别按定义6、7、8中的差别矩阵来计算核。差别矩阵不仅可以用来计算核，还可以计算约简，即由差别矩阵构造区分函数：

$$f=\prod_{(x_i,x_j)\in U\times U}\sum m_{ij} \tag{13}$$

计算该区分函数的极小析取范式，则此极小范式中的所有合取式是决策表 S 的所有约简。根据这三个差别矩阵，则计算核和约简的结果如下表。

表2 用三种矩阵计算表1的核和所有约简

使用的差别矩阵	核	所有约简
Hu	$\{c_1,c_2\}$	$\{\{c_1,c_2\}\}$
叶东毅	$\{c_2\}$	$\{\{c_2\}\}$
张文修	$\{c_2\}$	$\{\{c_2\}\}$

显然，使用叶东毅和张文修的差别矩阵均获得正确结果，而使用Hu的差别矩阵不能获得正确结果。

由于导致Hu方法错误的根本原因是决策表的不相容性[7]，而叶东毅和张文修的差别矩阵分别从不同方面描述了决策表的不相容性。在叶东毅的定义中，使用 $k(x_i)$ 来描述不相容性，根据定义2，显然 S 是一致决策表的充分必要条件是对任意的 $x_i\in U$，有 $k(x_i)=1$。在张文修的定义中，$w(x_i, x_j)$ 用 $\underline{C}Y_0$ 来描述，显然 S 是一致决策表的充分必要条件是 $\underline{C}Y_0=\varnothing$。因此在这两种差别矩阵定义中，均描述了不相容性，进而使用它们计算核和约简能够获得正确的结果。

3.3 转换方法

既然Hu方法错误的根本原因是决策表的不相容性，即不一致性，那么能否给出一种将不一致决策表转换为一致决策表的方法？这样就可以克服Hu方法的不足，并且也能更加深刻理解这三种矩阵的不同和联系。由于核和约简是决策表知识约简中最重要的概念，而且差别矩阵的主要目标也是为了计算核和约简，因此转换方法应该保持核和所有的约简不变。

引理1 在决策表 $S=\langle U, C, D\rangle$ 中，集簇 $\{\underline{C}Y_0, \underline{C}Y_1, \underline{C}Y_2, \cdots, \underline{C}Y_m\}$ 是集合 U 上的一个划分。

注意，如果集簇 $\{\underline{C}Y_0, \underline{C}Y_1, \underline{C}Y_2, \cdots, \underline{C}Y_m\}$ 中有空集，则去掉空集后仍是 U 上的一个划分。为叙述方便，如果没有特别说明，不妨假设集簇 $\{\underline{C}Y_0, \underline{C}Y_1, \underline{C}Y_2, \cdots, \underline{C}Y_m\}$ 中没有空集。

定理1(不一致决策表的一致化) 设在决策表 $S=\langle U, C, D\rangle$ 中，引入一个新的属性 d_1，使得由 $\{d_1\}$ 导出 U 上的划分 $U/\{d_1\}=\{\underline{C}Y_0, \underline{C}Y_1, \underline{C}Y_2, \cdots, \underline{C}Y_m\}$，令 $D_1=\{d_1\}$，得到一个新的决策表 $T=\langle U, C, D_1\rangle$，则决策表 T 是一致决策表。

证明：显然，决策表 S 和 T 仅仅在决策属性集不同，则对任意的条件属性子集 $P\subseteq C$，则 P 在决策表 S 中导出的等价关系与 P 在决策表 T 中导出的等价关系相同。进而，对任意的对象集 $X\subseteq U$，X 在决策表 T 中 P-下近似与 X 在决策表 S 中 P-下近似相等。所以在决策表 T 中，

$$POS_C(D_1)=\bigcup_{i=0}^{m}\underline{C}(\underline{C}(Y_i))=\bigcup_{i=0}^{m}\underline{C}(Y_i)=U \tag{14}$$

故决策表 $T=\langle U, C, D_1\rangle$ 是一致决策表。

定义9 称决策表 $T=\langle U, C, D_1\rangle$ 是决策表 $S=\langle U, C, D\rangle$ 的一致化决策表。

如在例1中，使用定理1对决策表1进行转换，转换后的决策表如下。

表2 一个决策表系统T

U	c_1	c_2	c_3	d_1
x_1	1	0	1	0
x_2	1	0	1	0
x_3	0	0	1	0
x_4	0	0	1	0
x_5	1	1	1	1

显然，表1和表2有相同的核和约简。为此，可以证明(略)下面的定理2和定理3成立。

定理2 设决策表 $T=\langle U, C, D_1\rangle$ 是决策表 $S=\langle U, C, D\rangle$ 的一致化决策表，则

$$RED_D(C)=RED_{D_1}(C) \tag{15}$$

定理3 设决策表 $T=\langle U, C, D_1\rangle$ 是决策表 $S=\langle U, C, D\rangle$ 的一致化决策表，则

$$CORE_D(C)=CORE_{D_1}(C) \tag{16}$$

定理2和定理3说明，S 与 T 有相同的核和约简集合，因此可以通过计算 T 的核和约简来获得 S 的核和约简。

4 三种差别矩阵的关系

定义10 设矩阵 $M=(m_{ij})$ 与 $M^*=(m^*_{ij})$ 都是差别矩阵，如果

(1)对矩阵 M 中的任一非空元素 m_{ij}，存在 M^* 中的元素 m^*_{pq}，使得 $m_{ij}=m^*_{pq}$；

(2)对矩阵 M^* 中的任一非空元素 m^*_{ij}，存在 M 中的元素 m_{pq}，使得 $m^*_{ij}=m_{pq}$；

则称差别矩阵 M 与差别矩阵 M^* 等价。

如果差别矩阵 M 与 M^* 等价，由核和约简的计算方法[10]知，通过差别矩阵 M 计算的核和约简与通过差别矩阵 M^* 计算的核和约简相同。

定理4 在决策表 $S=\langle U, C, D\rangle$ 中，差别矩阵 $M^{(2)}_S=(m^{(2)}_{ij})$(定义7)与 $M^{(3)}_S=(m^{(3)}_{ij})$(定义8)等价。

证明：对任意的 $x_i, x_j\in U$，如果 $m^{(2)}_{ij}\neq$，则有 $d(x_i)\neq d(x_j)$ 且 $\min((k(x_i), k(x_j))=1$。下面分3种情况讨论：

(1)如果 $k(x_i)=k(x_j)=1$，则有 $x_i\in POS_C(D)\wedge x_j\in POS_C(D)\wedge d(x_i)\neq d(x_j)$，所以 $m^{(2)}_{ij}=m^{(3)}_{ij}$；

(2)如果 $k(x_i)=1$ 且 $k(x_j)>1$，则 $x_i\in POS_C(D)\wedge x_j\in \underline{C}Y_0$，所以 $m^{(2)}_{ij}=m^{(3)}_{ij}$；

(3)如果 $k(x_i)>1$ 且 $k(x_j)=1$，同情况(2)可证。

对任意的 $x_i, x_j\in U$，如果 $m^{(3)}_{ij}\neq\varnothing$，则 $w(x_i, x_j)$ 成立。下面分3种情况讨论：

(1)如果 $x_i\in POS_C(D)\wedge x_j\in POS_C(D)\wedge d(x_i)\neq d(x_j)$，则显然有 $d(x_i)\neq d(x_j)\wedge\min((k(x_i), k(x_j))=1$，所以有 $m^{(3)}_{ij}=m^{(2)}_{ij}$；

(2)如果 $x_i\in POS_C(D)\wedge x_j\in \underline{C}Y_0$，则一定存在 $x_p\in U$，有 $x_p\in[x_j]_C$ 且 $d(x_i)\neq d(x_p)$。显然此时 $d(x_i)\neq d(x_p)\wedge\min((k(x_i), k(x_p))=1$，所以 $m^{(3)}_{ij}=m^{(2)}_{ip}$；

(3)如果 $x_j \in POS_C(D) \wedge x_i \in \underline{C}Y_0$，同情况(2)可证。

因此，定理4成立。

定理4说明，差别矩阵 $M_S^{(2)}$ 与 $M_S^{(3)}$ 等价，有相同的区分能力，因此由它们求出的核和约简应是相同的。那么它们与Hu所定义的差别矩阵(定义6)有什么联系呢? 在一致化决策表 T 中，由Hu所定义的差别矩阵 $M_T^{(3)}=(m_{ij}^{(3)})$ 为：

$$m_{ij}^{(3)}=\begin{cases}\{a \mid a(x_i)\neq a(x_j)\}, & \text{当 } d_1(x_i)\neq d_1(x_j)\\ \Phi & \text{其它情况}\end{cases} \tag{17}$$

由于 $U/D_1=U/\{d_1\}=\{\underline{C}Y_0, \underline{C}Y_1, \underline{C}Y_2, \cdots, \underline{C}Y_m\}$，则 $\forall x_i, x_j \in U$，

$$d_1(x_i)\neq d_1(x_j)\Leftrightarrow w(x_i, x_j) \tag{18}$$

因此，$M_S^{(3)}=M_T^{(1)}$，即决策表 S 的差别矩阵 $M_S^{(3)}$ 与 S 的一致化决策表 T 的差别矩阵 $M_T^{(1)}$ 相等。于是可得定理5：

定理5 (1)如果决策表 S 是一致决策表，则 $M_S^{(1)}=M_S^{(2)}=M_S^{(3)}$；(2)决策表 S 的 $M_S^{(2)}$ 与 $M_S^{(3)}$ 等价；(3)设决策表 T 是决策表 S 的一致化决策表，有 $M_S^{(3)}=M_T^{(1)}$。

定理5揭示了三种差别矩阵的联系与区别。张文修定义的差别矩阵($M_S^{(3)}$)就是对应一致化决策表上按Hu定义的差别矩阵($M_T^{(1)}$)，它克服了信息系统不相容性。因为在利用Hu定义的差别矩阵($M_S^{(1)}$)计算核的方法[6]中，其错误的根本原因是信息系统的不相容性[8]，所以张文修定义的差别矩阵更好地揭示了Hu方法错误的根本原因。

结论 差别矩阵是Rough集理论中重要概念之一，利用它可以计算决策表的核和约简。由于不相容数据的存在，使用Hu的差别矩阵计算核存在不足，于是学者改进Hu的方法，并给出了另外两种差别矩阵。本文在保持核和约简集合不变的前提下，将不一致决策表转换为一致决策表的方法，并给出差别矩阵等价定义。在此基础上，讨论并证明了三种差别矩阵之间的关系(定理5)，这些关系既可以更深理解差别矩阵的本质，又将三种差别矩阵统一起来，从而保证在实际应用中可以用统一方法来构造差别矩阵。

参考文献

1 Pawlak Z. Rough set approach to knowledge-based decision support. European Journal of Operational Research ,1997,99: 46～57

2 Komorowski J, Pawlak Z, Polkowski L, et al. Rough sets: A tutorial. In: S. Pal, A. Skowron, eds. Rough Fuzzy Hybridization, Springer, Berlin, 1999. 3～98

3 Hu Xiaohua, Cercone N. Learning in relational databases: a rough set approach. Computational Intelligence, 1995, 11(2): 323～327

4 Wang Jue, Wang Ju. Reduction algorithms based on discernibility matrix: the ordered attributes method. Journal of computer science & technology, 2001, 16(6): 489～504

5 张文修，等. 粗糙集理论与方法. 北京：科学出版社，2001

6 叶东毅，陈昭炯. 一个新的差别矩阵及其求核方法. 电子学报，2002，30(7)：1086～1088

7 王国胤. 决策表核属性的计算方法，计算机学报，2003，26(5)：611～615

8 苗夺谦，胡桂荣. 知识约简的一种启发式算法. 计算机研究与发展，1999，36(6)：681～684

(上接第138页)

信息管理功能：

一是整个资讯系统的个性化：根据银行对财经证券资讯内容的需求，系统提供个性化的资讯栏目设计和主题检索功能，系统信息管理员可以根据银行对资讯需求的变化，自由选择增加或删除信息来源。

二是针对银行各位职员的工作岗位、业务内容不同和关注的主题不同，提供个性化的资讯定制和收藏管理功能。用户利用系统信息管理员分配的用户帐号登入系统，一经定制关注主题之后，以后用户每次登入后，进入的将是其自己的个性化页面。该种形式有别于系统一站式检索的“拉”信息的过程，个性化信息定制强调的是系统主动将每日最新的信息主动“推”给用户，从而达到“所查即所得、所得即所想”的目的，如此大大提高员工的工作效率，降低银行的时间成本。

三是系统信息管理员可以根据银行各工作人员的工作性质不同，分配浏览、发布等不同的系统信息访问权限。

4)客户定制邮件(电子简报)发送系统 资讯系统为银行提供客户资料管理以及银行客户定制信息自动邮件发送(电子简报)功能。

银行的客户经理利用系统管理员分配的权限对自有客户的资料进行管理，包括客户资料的录入、修改、删除等。同时根据客户所属的行业、地理区域等资料，在数据库中为客户定制相关信息，定制完毕后，由系统每日自动为银行的客户搜索信息，并定期以电子邮件(简报)的形式发送给客户。

客户经理同样可以将给客户的投资咨询建议、参考意见等信息整合到系统数据库中，定期随电子简报发送给客户，从而真正实现“一对一”的“量身定做”的客户咨询服务。

5)信息共享系统 资讯系统给系统信息管理员和部分工作人员(经过授权)提供信息发布的权限，可以将其银行本地的各种文献(通知、会议纪要、活动安排、规章制度、业务资料等)发布到系统数据库中，以此达到信息共享之目的。

结论 网络信息管理系统能够根据客户对信息的个性化需求，整合、组织、检索和管理互联网信息和本地资源信息，解决客户高效使用、管理信息资源的问题。对于大量使用各种信息的相关行业的发展具有重大意义。

系统具有很强的开放性和应用性，能有效地优化企业的商业运作模式，强化企业不同业务之间或同种业务的不同业务流程间的联系，为用户增强市场营销价值、提高用户的服务水平，为用户提升企业核心竞争力提供了强大的技术支持。

参考文献

1 王欣. 管理信息系统. 北京：中国水利水电出版社，2004

2 樊月华. 管理信息系统与案例分析. 北京：人民邮电出版社，2004