

文章编号: 1005—0523(2005)05—0124—05

粒计算及其应用的研究

黄兆华, 邓毅雄

(华东交通大学 信息工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要:粒计算是一种新的计算模式,涉及到如何利用粒来求解问题的方法,其基本问题是两个相关问题的研究:粒的结构和粒的计算.本文介绍了有关粒计算中的研究问题和相关的主要研究工作;使用 Rough 集理论作为工具,在信息系统 S 上提出了粒计算的一种模式,给出了粒语言、粒语义和粒运算的形式定义;并探讨了该粒计算模式在数据挖掘中的应用.

关 键 词:粒计算;数据挖掘;Rough 集;信息系统

中图分类号:TP18

文献标识码:A

1 引 言

L. A. Zadeh^[1,2,3] 近期提出必须开拓一个新的研究分支——词计算(Computing with Word, CW),其目标是为将来的智能计算以及基于词的信息系统实现计算而建立一个理论基础.实现 CW 的方法之一是通过粒计算(Granular Computing, GrC), GrC 的主要观念是信息粒化(Information Granulation),尤其是信息粒(Information Granules).同时 Zadeh 提出有三个基本的概念是人类认知的基础,即:粒化、组织和因果关系.“粒化包括从整体到部分的分解;组织包括从部分到整体的综合;因果关系包括原因和结果的联系.”人类在认识世界、对问题的求解、推理和作出各种决策均是在大量信息中进行的.信息粒化是指人类在解决和处理大量复杂信息问题时,由于人的能力有限,把大量复杂信息按其各自的特征和性能将其划分成若干个较为简单的块,而每个如此划分出来的块被看成一个粒,这种处理信息的过程就称为信息的粒化.粒是指一些个体(元素、点等)通过不分明关系(indistinguishability)、相似关系(similarity)、邻近关系(proximity)或功能关系(functionality)等所形成的块^[1].粒计算是人们看待客观世界的一种世界观和方法论,也是人类求解问题的基础,其在数据挖掘、分类问题、基于示例的学习、D—S 理论、区间分析、定性推理、图像分割、分布式系统和软件工程等领域有着广泛的应用前景.

粒的计算涉及到如何利用粒来求解问题的方法,粒计算的基本问题是两个相关问题的研究:粒的结构和粒的计算.粒的结构涉及到粒的形式化表示和解释,主要包括三个方面的问题:①如何定义粒;②如何度量粒之间的近似度;③如何将多个粒合成为更为复杂的粒.粒的形式化表示涉及到粒结构的算法问题,主要研究如何将两个个体放在同一个粒中的问题,为了构造粒,必须开发有效的算法.粒的解释着重于粒的语义,研究两个个体为什么处于同一个粒的问题.粒的计算要研究语义和算法两个方面.一方面,需要解释粒之间的各种关系,例如:邻近(closeness)、依赖(dependency)、关联(association)等,并且要定义和解释基于粒的各种算子;另一方面,要设计一些算法和工具来计算粒.

本文的第 2 节介绍了粒计算及其应用的一些主要相关研究工作;在第 3 节中我们以 Rough 集理论为工具,提出了粒的一种形式化表示方法(粒语言)及该表示方法的解释(粒语言的语义);第 4 节定义了粒的运算,并探讨了粒计算在数据挖掘中的应用;最后我们在第 5 节中给出了相关结论和今后工作的展望.

2 相关的研究工作

近年来,粒计算及其应用这一研究领域引起了国际上许多著名学者的关注,并做了许多相关的研究工作.目前关于这一领域的研究,特别是当一个问题包含不完全的、不确定

收稿日期: 2005—05—16

基金项目: 江西省自然科学基金(0411035)和华东交通大学科研基金资助.

作者简介: 黄兆华(1966—),男,江西丰城人,副教授,研究方向为粒计算、数据挖掘、Rough 集及其应用.

中国知网 <https://www.cnki.net>

的或模糊的信息时,主要是沿着三个方向进行:①Fuzzy 集理论;②Rough 集理论;③Rough 集与 Fuzzy 集,并且结合神经网络和遗传算法等技术以及使用逻辑、代数或拓扑的方法。

Zadeh^[1,3]提出了一个基于 Fuzzy 集理论的粒计算通用框架,其基于通用约束概念来构造和定义粒,用 Fuzzy 图表或 if-then 规则来表示粒之间的关系,这个关联计算方法被称为词计算,并且指出粒计算是软计算中的一个重要研究内容。

近期,基于 Rough 集理论来研究粒计算尤显活跃。Pawlak^[4]在不分明关系和 Rough 隶属函数的基础上,探讨了知识粒的结构和粒度问题。Polkowski 和 Skowron 等人^[5]使用 Rough Mereology 方法和神经网络技术,在基于知识粒化思想的基础上,提出了一个 Rough 神经计算(RNC)模型。Skowron^[6]使用 RNC,在基于一个参数化的近似空间(AS#, S)上,讨论了信息粒的语法、语义、分解和综合问题,给出了粒语言的概念,提出了在分布式系统中关于信息粒结构的模式。但是没有提出一套行之有效的粒计算系统,也未涉及对分布式环境下基于粒计算的多-Agent 推理中的冲突问题,对信息粒结构模式中的参数也没有提出较为有效的技术来优化。Peters 等人^[7]使用不分明关系将实数划分成多个子区间,利用此划分将一个全域划成若干个网格单元,每个网格单元被看成是一个粒,提出了两个信息粒之间的邻近关系以及包含关系的度量,但其提出的方法只能局限于单个传感器的样本数据。Peters 等人^[8]在 2002 年举办的 RSCTC 国际会议上撰文综述了关于 RNC 模型的三个主要研究线索:①训练集的生成;②粒演算;③区间分析。Lin^[9]基于二元关系提出了邻域 Rough 系统,并在其基础上建立了粒计算模型,邻域 Rough 系统也引起了许多学者的研究兴趣,尤其是在粒计算和数据挖掘方面。Lin^[10]使用 Rough 集中的近似空间作为信息粒结构,定义了粒隶属函数 $F_X(x)$,进而提出了粒 Fuzzy 集,并得出了一些重要的性质。J. T. Yao 和 Y. Y. Yao^[11]使用粒计算模型来学习分类规则,用粒网格来表示学习所得的分类知识,提出了粒之间关联性的度量公式,通过搜索粒来归纳分类规则,并给出了构造粒网格的一个算法,但是该算法仅局限于一致性分类问题,而不能用来解决不一致性和有噪音的分类问题,且在搜索过程中没有用任何启发式知识,效率不高。

我们在 Rough 集理论的基础上对粒语言和粒逻辑方面做了一些有益的探索工作^[12],但在粒计算方面所提出的关于“隐含”(→)和“等值”(↔)两个运算的定义中,均用了上、下近似算子(m^* 和 m_*),而该两个算子的计算在实际算法的实现中效率不高,本文避免了该问题。我们在文献^[12]中还构造了一个定义在信息系统上的 G-逻辑系统,并给出了其归结推理方法,可用于决策规则的挖掘,但由于目前还没有找到比较好的归结策略,在决策规则的挖掘过程中其实际效率还不高。

3 基于 Rough 集的粒语言及其语义

中国知网 <https://www.cnki.net>

在 Rough 集的研究中,知识被表示成一信息系统。设 S

$= (U, A, V, f)$ 是一信息系统,其中 U 是一个非空有限集,称为个体的全域, A 是个体的属性非空有限集, V 为属性 A 的值域($V = \bigcup_{a \in A} V_a$, V_a 称为 $a \in A$ 的值集), f 为映射函数, $f: U \times A \rightarrow V$, $\forall u \in U$ 对 $\forall a \in A$ 和有 $f(u, a) \in V$ 。在 S 中对任意一个属性子集 $B (B \subseteq A)$, 可以在 $U \times U$ 上定义一个不分明关系(等价关系) $R: R(B) = \{(u, u') \in U \times U; \forall a \in B \text{ 有 } f(u, a) = f(u', a)\}$ 。在 U 上按不分明关系 $R(B)$ 所得的划分 $U/R(B)$ 中的等价类,记为 $[u]_B$, 可定义为: $[u]_B = \{u' \in U; uR(B)u'\}$ 。令, $X \subseteq U, B \subseteq A, R(B)$ 为 $U \times U$ 上的不分明关系,则子集 X 的下近似集 BX 、 $\overline{BX}$ 上似近集可分别定义如下:

$BX = \{u \in U; [u]_B \subseteq X\}; \quad \overline{BX} = \{u \in U; [u]_B \cap X \neq \emptyset\}$ ($\emptyset$ 为空集);

定义 1 在信息系统 S 中,令 $a \in A, v \in V_a$, 则 (a, v) 称为一条原子公式, m 称为信息系统 S 中的语义函数, $m((a, v))$ 表示 U 上满足 $f(u, a) = v$ 的所有个体的集合,显然有: $0 < |m(\varphi)| < |U|$ ($|m(\varphi)|$ 和 $|U|$ 分别表示集合 U 和 $m(\varphi)$ 中元素的个数)。

定义 2(基本粒) 二元对 $((a, v), m(a, v))$ 称为信息系统 S 中的基本粒。

定义 3(粒语言) 在信息系统 S 中,粒可递归定义如下:

- 1) 一个基本粒 $((a, v), m((a, v)))$ 是粒;
- 2) 如果 φ 和 ψ 是由原子公式通过逻辑联结词 $\wedge, \vee, \sim, \rightarrow$ 和 $\leftrightarrow$ 组成的合适公式,则二元对 $(\varphi, m(\varphi)), (\sim \varphi, m(\sim \varphi)), (\varphi \wedge \psi, m(\varphi \wedge \psi)), (\varphi \vee \psi, m(\varphi \vee \psi)), (\varphi \rightarrow \psi, m(\varphi \rightarrow \psi))$ 和 $(\varphi \leftrightarrow \psi, m(\varphi \leftrightarrow \psi))$ 均是粒;
- 3) 所有的粒均是由上面规则产生的。

定义 4(粒语言的语义) 粒语言的语义在信息系统 S 中可定义为:

- 1) 粒 $(\varphi, m(\varphi))$ 中的语义函数 m :
 - ① $m((a, v)) = \{u \in U; f(u, a) = v, a \in A, v \in V_a\}$;
 - ② $m(\sim \varphi) = U - m(\varphi)$;
 - ③ $m(\varphi \wedge \psi) = m(\varphi) \cap m(\psi)$;
 - ④ $m(\varphi \vee \psi) = m(\varphi) \cup m(\psi)$;
 - ⑤ $m(\varphi \leftrightarrow \psi) = (U - m(\varphi)) \cup m(\psi)$;
 - ⑥ $m(\varphi \leftrightarrow \psi) = m(\varphi \rightarrow \psi) \cap m(\psi \rightarrow \varphi)$;
- 2) 粒 $(\varphi, m(\varphi))$ 中的逻辑公式 φ 在信息系统 S 中的真假值和可满足性:
 - ① φ 为真,当且仅当, $|m(\varphi)| = |U|$;
 - ② φ 为假(不可满足的),当且仅当, $|m(\varphi)| = 0$;
 - ③ φ 为 Rough 真,当且仅当, $|m(\varphi)| / |U| > 0.5$;
 - ④ φ 为 Rough 假,当且仅当, $|m(\varphi)| / |U| < 0.5$;
 - ⑤ φ 为不可确定的(Rough),当且仅当, $|m(\varphi)| / |U| = 0.5$;
 - ⑥ φ 为可满足的,当且仅当, $|m(\varphi)| \neq 0$ 。

信息系统 S 中隐含了粒 $(\varphi, m(\varphi))$,当且仅当 φ 在 S 中是可满足的,也即 $|m(\varphi)| \neq 0$ 。我们在 S 中做数据挖掘

时,总是希望把其隐含的粒全部计算出来,这个过程本质上可以看成是粒计算的过程.在信息系统 S 上定义的粒 $(\varphi, m(\varphi))$ 实际上是知识的内涵和外延的联合表示, φ 可以看成是 S 中所隐含的知识(概念)的内涵表示, $m(\varphi)$ 是与其对应的外延表示.在数据挖掘和知识发现中,此种表示知识的方法比单纯的内涵表示更具有灵活性,尤其是在增量式挖掘算法中,可以节省重算概念外延的时间.另外,当挖掘所得到的知识是不确定的时,便于在挖掘算法中计算其不确定度.经典的逻辑是二值逻辑,不便于描述现实世界知识中的不确定性,而粒中的逻辑公式(实际上是一个五值逻辑(真、假、*Rough* 真、*Rough* 假和 *Rough*)),这对于描述知识中的不确定性更有实际价值.

4 粒运算及其应用

在粒语言和其语义的基础上,我们可以进一步定义两个粒关于逻辑联结词 $\sim$ 、 $\wedge$ 、 $\vee$ 、 $\rightarrow$ 和 $\leftrightarrow$ 的运算,这实际上也是将多个粒合成为一个更为复杂的粒的运算.

定义 5 设 $(\varphi, m(\varphi))$ 和 $(\psi, m(\psi))$ 是两个粒,其关于逻辑联结词的运算定义为:

- 1) $\sim(\varphi, m(\varphi)) = (\sim\varphi, U - m(\varphi));$
2) $(\varphi, m(\varphi)) \wedge (\psi, m(\psi)) = (\varphi \wedge \psi, m(\varphi) \cap m(\psi));$
3) $(\varphi, m(\varphi)) \vee (\psi, m(\psi)) = (\varphi \vee \psi, m(\varphi) \cup m(\psi));$
4) $(\varphi, m(\varphi)) \rightarrow (\psi, m(\psi)) = (\varphi \rightarrow \psi, M)$, 当 $m(\varphi) \subseteq m(\psi)$ 时, $M = m(\varphi)$, 否则 $M = \phi$;
5) $(\varphi, m(\varphi)) \leftrightarrow (\psi, m(\psi)) = (\varphi \leftrightarrow \psi, N)$, 当 $m(\varphi) = m(\psi)$ 时, $N = m(\varphi)$, 否则 $N = \phi$.

在文献[13]中我们给出了基于信息系统 S 上的一条决策规则的一般形式: $(\bigwedge_{i=1}^n (a_i, v_i) \Rightarrow \bigwedge_{j=1}^m (d_j, v'_j))$, 其中, $C = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\} \subseteq A - C$, C 和 D 分别为条件属性集和决策属性集,并给出了其在 S 中为真的条件为: $\| \bigwedge_{i=1}^n (a_i, v_i) \subseteq \bigwedge_{j=1}^m (d_j, v'_j) \|$ ($\| \varphi \|$ 表示在 S 中满足公式 φ 的个体的集合).此决策规则用粒的形式可等价表示为: $(\bigwedge_{i=1}^n ((a_i, v_i), m(a_i, v_i)) \rightarrow \bigwedge_{j=1}^m ((d_j, v'_j), m(d_j, v'_j)))$.

根据定义 5 中的(2)(4),此决策规则可等价变换成: $(\bigwedge_{i=1}^n (a_i, v_i) \rightarrow \bigwedge_{j=1}^m (d_j, v'_j), M)$, 其中 M 为: 当 $\bigcap_{i=1}^n m(a_i, v_i) \subseteq \bigcap_{j=1}^m m(d_j, v'_j)$ 成立时, $M = \bigcap_{i=1}^n m(a_i, v_i)$; 否则, $M = \phi$.

依据定义 4 可知 $(\bigwedge_{i=1}^n (a_i, v_i) \rightarrow \bigwedge_{j=1}^m (d_j, v'_j), M)$ 在 S 中是可满足的条件为:

$$\bigcap_{i=1}^n m(a_i, v_i) \subseteq \bigcap_{j=1}^m m(d_j, v'_j), \text{ 即: } M \neq \phi.$$

定理 设 $S = (U, A, V, f)$ 为一信息系统, 令 $C = \{a_1, a_2, \dots, a_n\} \subseteq A$, $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\} \subseteq A - C$ 和 D 分别为条件属性集和决策属性集, 且 $C \cap D = \phi$, $X \in U/R(D)$ (X 为一个

决策类), 如果 $CX \neq \phi$, 则 $\forall u \in CX$ 形成的决策规则 $(\bigwedge_{i=1}^n (a_i, v_i) \rightarrow \bigwedge_{j=1}^m (d_j, v'_j), \bigcap_{i=1}^n m(a_i, v_i))$ 在 S 中是可满足的.

证明 因为, $X \in U/R(D)$, X 中的所有个体 u 用粒的形式可表示为: $(\bigwedge_{j=1}^m ((d_j, v'_j), m(d_j, v'_j)))$, 根据定义 5(2) 其可变换为: $(\bigwedge_{j=1}^m (d_j, v'_j), \bigcap_{j=1}^m m(d_j, v'_j))$, 由语义函数 m 的定义可知: $X = \bigcap_{j=1}^m m(d_j, v'_j)$. 依据 *Rough* 集的性质 $CX \subseteq X$, 故有: $CX \subseteq \bigcap_{j=1}^m m(d_j, v'_j)$.

类似地, CX 中的全部个体 u 用粒的形式可表示为: $(\bigwedge_{i=1}^n (a_i, v_i), \bigcap_{i=1}^n m(a_i, v_i))$, 根据语义函数 m 和下近似的定义可知: $CX = \bigcap_{i=1}^n m(a_i, v_i)$, 故有: $\bigcap_{i=1}^n m(a_i, v_i) \subseteq \bigcap_{j=1}^m m(d_j, v'_j)$.

又因为 $CX \neq \phi$, 即, $\bigcap_{i=1}^n (a_i, v_i) \neq \phi$, 再根据定义 4 中关于可满足性的定义, 故有 $\forall u \in CX$ 形成的决策规则 $(\bigwedge_{i=1}^n (a_i, v_i) \rightarrow \bigwedge_{j=1}^m (d_j, v'_j), \bigcap_{i=1}^n m(a_i, v_i))$ 在 S 中是可满足的, 证毕.

根据此定理, 我们可对文献[13]中提出的 *MDRA* 算法稍加改进(在算法中的第 11 步, 增加计算对应规则的语义函数 m), 就可以用该算法来挖掘粒形式的决策规则, 此改进后的 *MDRA* 算法可以看成是一种基于信息系统 S 上的粒计算算法.

例, 设 $S = (U, A, V, f)$ 为一信息系统, 条件属性集 $C = \{a, b, c, d\}$, 决策属性集 $D = \{e\}$, 如下表所示.

表 1 信息系统 S

$U/C \cup D$	a	b	c	d	e
u_1	3	1	1	1	1
u_2	3	2	1	1	1
u_3	3	2	2	3	1
u_4	2	1	1	3	2
u_5	1	1	2	2	2
u_6	1	1	1	2	2

使用改进后的 *MDRA* 算法, 可挖掘出 9 条如下粒形式的决策规则:

- ① $((a, 3) \rightarrow (e, 1), \{u_1, u_2, u_3\})$
② $((b, 2) \rightarrow (e, 1), \{u_2, u_3\})$
③ $((d, 1) \rightarrow (e, 1), \{u_1, u_2\})$
④ $((c, 2) \wedge (d, 3) \rightarrow (e, 1), \{u_3\})$
⑤ $((a, 1) \rightarrow (e, 2), \{u_5, u_6\})$
⑥ $((a, 2) \rightarrow (e, 2), \{u_4\})$
⑦ $((d, 2) \rightarrow (e, 2), \{u_5, u_6\})$
⑧ $((b, 1) \wedge (c, 2) \rightarrow (e, 2), \{u_5\})$
⑨ $((b, 1) \wedge (d, 3) \rightarrow (e, 2), \{u_4\})$

这些规则(粒)是该信息系统 S (表 1)中在指定条件属性集 C 和决策属性集 D 的前提下所隐含的全部决策规则. 通

过应用定义5中关于粒运算的定义,可以将粒①、②、③和④合成更为复杂的粒 g^1 ,也可以将粒⑤、⑥、⑦、⑧和⑨合成更为复杂的粒 g^2 :

$$g^1. (((a, 3) \vee (b, 2) \vee (d, 1) \vee ((c, 2) \vee (d, 3))) \rightarrow (e, 1), \{u_1, u_2, u_3\})$$

$$g^2. (((a, 1) \vee (a, 2) \vee (d, 2) \vee ((b, 1) \wedge (c, 2)) \vee ((b, 1) \wedge (d, 3))) \rightarrow (e, 2), \{u_4, u_5, u_6\})$$

5 结 论

粒计算作为一种崭新的计算模式,目前还处于研究的初级阶段.在对粒计算的两个基本问题(粒的结构和粒的计算)的研究目前还非常不充分.在粒的结构方面,还没有一个比较完善的形式化描述方法和恰如其分的语义解释;在基于 Rough 集的粒度计算方面,大部分模型还是基于不分明关系(等价关系)上的,其对实际应用有很大的约束;在粒的计算方面,所提出的一些近似推理方法在理论上还缺乏完备性,同时也缺少高效的粒计算算法.

本文基于信息系统 S 上使用 Rough 集理论作为工具而提出的粒语言、粒语义和粒运算仅仅是粒计算模式中的一种,对于不同领域中的问题以及在使用不同理论工具来解决同一领域中的问题时,其粒计算模式可能会不一样.在数据挖掘中用粒的形式来表示决策规则,可以同时表达知识的内涵和外延,用于增量式挖掘算法中,可避免用知识的内涵来重新推导外延的计算工作量,提高效率;用于不一致的信息系统中,可以很方便地计算决策规则的可信度.本文中所提出的粒计算模式可以很好地用于信息系统的决策规则的挖掘中.粒形式表示的决策规则和 D-S 理论中的规则有相似之处,如何在粒计算模式中应用 D-S 理论的不确定性推理模型,以及不一致信息系统和分布式环境下的粒计算模式是我们今后的研究目标.

参考文献:

- [1] Zadeh L. A., Fuzzy Logic = Computing with Words, IEEE Trans. On Fuzzy Systems, Vol. 4, 1996, pp. 103—111.
- [2] Zadeh L. A., Kacprzyk J. (Eds.), Computing with Words in Information/Intelligent Systems, Vol. 1—2, Studies in Fuzziness and Soft Computing Vol. 30, Physica-Verlag, Heidelberg, 1999.

- [3] Zadeh L. A., A New Direction in AI: Toward a Computational Theory of Perceptions, AI Magazine, Vol. 22 No 1, 2001, pp. 73—84.
- [4] Pawlak Z., Granularity of knowledge, Indiscernibility and rough sets, Proceedings of 1998 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 1998, pp. 106—110.
- [5] Polkowski L. and Skowron A., Rough — Neuro Computing, Proceedings of the Second International Conference on Rough Sets and Current Trends in Computing (RSCTC '2000), October 16—19, 2000, Banff, Canada, Lecture Notes in Artificial Intelligence Vol. 2005, Springer-Verlag, Berlin, pp. 25—32.
- [6] Skowron A., Toward Intelligent Systems: Calculi of Information Granules, Proceedings of International Workshop on Rough Set Theory and Granular Computing (RSTGC '2001), May, 20—22, 2001, Matsue, Shimane, Japan, pp. 9—30.
- [7] Peters J. F., Skowron A., Suraj Z., Borkowski M. and Rzaia W., Measures of Inclusion and Closeness of Information Granules: A Rough Set Approach, Proceedings of the Third International Conference on RSCTC '2002, October 14—16, 2002, Malvern, PA, USA, Springer, pp. 300—307.
- [8] Peters J. F. and Szczuka M. S., Rough Neurocomputing: A Survey of Basic Models of Neurocomputation, Proceedings of the Third International Conference on RSCTC '2002, October 14—16, 2002, Malvern, PA, USA, Springer, pp. 308—315.
- [9] Lin T. Y., Granular Computing on Binary Relations II: Rough Set Representations and Belief Functions. Rough Sets in Knowledge Discovery 1, by L. Polkowski and A. Skowron. Physica-Verlag, Heidelberg, 1998.
- [10] Lin T. Y., Granular Fuzzy Sets: A View from Rough Set and Probability Theories, International Journal of Fuzzy Systems, Vol. 3, No. 2, June 2001, pp. 373—381.
- [11] Yao J. T. and Yao Y. Y., Induction of Classification Rules by Granular Computing, Proceedings of the Third International Conference on RSCTC '2002, October 14—16, 2002, Malvern, PA, USA, Springer, pp. 331—338.
- [12] 刘清, 黄兆华. G-逻辑及其归结推理[J]. 计算机学报, 2004. 27(7): 856—873.
- [13] 黄兆华. 属性渐增式的决策规则挖掘算法[J]. 计算机科学, 2004. 31(10. A): 192—194.

An Approach for Granular Computing and Its Application

HUANG Zhao-hua, DENG Yi-xiong

(School of Information Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

中国知网 <https://www.cnki.net>

Abstract: Granular computing is a new computing model, it relates to the methods of problem solving. Granular comput-

ing may be studied based on two basic related issues, i.e., the construction of granule and the computing of granule. In this paper, using rough set as tools, based on information system, a framework of granular computing has been provided. We define the granular language and its semantics, the granule calculus has define with logical connectives in this paper too. The application in data mining of granular computing has been discussed.

Key words: granular computing; data mining; rough set; information system

(上接第 120 页)

Management System for Artistic Student Recruiting Based on Web

XIAO Lei¹, FU Jun-dong²

(1. Office of Student Manage, 2. Office of Recruiting and Employ, East China Jiaotong Univ., Nanchang 330013, China)

Abstract: The scores Inputting work is important in artistic student recruiting, the workload of data inputting and checking is considerable. A system based on Web which enables multi-user input & check can make this work easier. The system's functions consist of data input, data check, data query and certificate making. It's proven that this system features with friendly interface, reliable and accurate data collection, and easy, safe and steady operation.

Key words: artistic student recruiting; management ; checking; lookup

(上接第 123 页)

Information Security Strategy Research in Financial Charge System

LI Li-qing

(East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper elaborated a security policy system overhead construction in financial charge system, discussed in detail the possibly appearing security problem and produced a solution.

Key words: information security project; information security; AES; MD⁵