一致覆盖决策系统的属性约简

吉晨莉 杨 勇
(西北师范大学数学与信息科学学院 兰州 730070)

摘 要 现实生活中总存在大量复杂且庞大的数据库,运用同态函数的概念可以对一致覆盖决策系统进行数据压缩。首先介绍关于覆盖的一致函数的定义、覆盖映射的概念以及相关属性,然后提出一致覆盖决策系统中同态函数的定义,并证得一个一致覆盖决策系统可以被压缩成一个相对规模较小的决策系统。同时,在同态函数的条件下,两者的属性约简等价。

关键词 一致覆盖决策系统,一致函数,覆盖映射,同态函数,数据压缩,属性约简

中图法分类号 TP18 **文献标识码** A

Attribute Reduction of Consistent Covering Decision System

JI Chen-li YANG Yong
(College of Mathematics and Information Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract In our real life, there always are a great deal of complex massive databases. The notion of homomorphism can be used as a tool to study data compression in consistented covering decision systems. First, we presented the concept of consistent function related to coverings, the concept of covering mapping, and their properties were studied. Next, we proposed the notion of homomorphism of consistent covering decision systems, and proved that a consistent covering decision system can be compressed into a relatively small-scale decision system. Meanwhile, their attribute reductions are equivalent to each other under the condition of homomorphism.

Keywords Consistent covering decision system, Consistent function, Covering mapping, Homomorphism, Data compression, Attribute reduction

1 引言

现实生产实践中总存在大量复杂且庞大的信息系统。如何在保持数据结构不变的基础上消除冗余数据?如何发现潜在的有用信息?这些都是我们关注的重要问题。波兰数学家 Pawlak 于 1982 年提出的粗糙集理论[1]是研究这些问题的有效工具。目前,粗糙集理论已被成功应用于过程控制、医疗诊断、机器学习、决策分析、模式识别与数据挖掘等领域。经典粗糙集以等价关系为基础,但在很多实际问题中,其严格性限制了 Pawlak 粗糙集在很多领域的应用。为解决这个问题,人们相继提出各种扩展粗糙集模型。其中,Zakowski 从实际应用出发,提出了覆盖粗糙集模型并讨论了相关性质[2]。学者们从不同的角度研究覆盖粗糙集,主要有:构造性方法[3-5]、代数方法[6-8]和拓扑方式[9]。

属性约简是信息系统和数据挖掘中消除冗余数据的一种技术。近年来,人们在覆盖粗糙集的基础上给出了各种属性约简方法[10,11],其共性为在给定的某个覆盖信息系统上直接进行操作。1986 年,Graymala-Busse[14]首次提出了可以运用同态函数来研究两个信息系统的关系。Li 和 Ma[12]讨论了冗余的属性以及在同态函数条件下信息系统的约简。然而,他们没有运用同态函数来研究数据压缩。在文献[15]中,Wang 等人研究了关系信息系统在同态函数条件下的一些不变属性,并证得原系统与像系统的属性约简等价。在文献[16]中,Wang 定义了模糊信息系统中同态函数的定义,并研究了模糊信息系统的等价属性约简。通过以上两个工作,Wang 指出,两个信息系统间的同态函数可以作为复杂且庞大数据库进行数据压缩的工具。在许多情况下,信息系统是基于覆盖的,而不是基于二元关系,两者有很大差别,从而用于发现两个关系信息系统间同态函数的方法不适用于覆盖信息系统。Wang 和 Chen 等人[13]研究了覆盖信息系统的同态函数和数据压缩。在文献[13]中,Wang 和 Chen 等人仅仅研究了覆盖信息系统,而没有研究一致覆盖决策系统,这也正是本文的工作。

本文旨在对一致覆盖决策系统进行数据压缩的基础上做属性约简操作,使其实现高效性。首先基于覆盖的一致函数的定义、覆盖映射的概念以及相关属性,提出了一致覆盖决策系统中同态函数的定义,从而将一个数据量较大的一致覆盖决策系统压缩成一个相对规模较小的像决策系统。然后通过证明得出,在同态函数的条件下,原决策系统与压缩产生的像决策系统的属性约简等价。

本文受国家自然科学基金地区科学基金项目(61163036)资助。

吉晨莉(1988—),女,硕士生,主要研究方向为粗糙集理论,E-mail:jcl_1128@163.com;杨 勇(1967—),男,博士,教授,主要研究方向为粗糙集理论及其应用。

2 基础知识

2.1 基本定义

定义 1 设 U 是有限非空论域，C 是 U 的一簇子集，如果 C 中任一子集非空且 $\bigcup C=U$，则称 C 为 U 的一个覆盖，称 C 中的每个子集为覆盖类，称 $\langle U,C\rangle$ 为一个覆盖近似空间。

定义 2 设 $C=\{K_1,K_2,\cdots,K_n\}$ 是论域 U 上的一个覆盖，$\forall x\in U$，$C_x=\bigcap\{K_j:K_j\in C,x\in K_j\}$，$Cov(C)=\{C_x:x\in U\}$，则 $Cov(C)$ 也是 U 上的一个覆盖，称 $Cov(C)$ 为 U 上的 C 诱导覆盖。

定义 3 设 $\Delta=\{C_i:i=1,\cdots,m\}$ 是论域 U 上的一族覆盖，对于任意 $x\in U$，令 $\Delta x=\bigcap\{C_{ix}:C_{ix}\in Cov(C_i),x\in C_{ix}\}$，则 $Cov(\Delta)=\{\Delta x:x\in U\}$ 也是 U 上的一个覆盖，称 $Cov(\Delta)$ 为 U 上的 Δ 诱导覆盖。

2.2 一致函数与覆盖映射及主要属性

定义 4 设 $f:U\to V$ 是一个 U 到 V 的映射，$C=\{K_1,K_2,\cdots,K_n\}$ 是 U 上的一个覆盖且 $Cov(C)=\{C_x:x\in U\}$。令 $[x]=\{y\in U:f(y)=f(x)\}$，若 $\forall x\in U$，$[x]\subseteq C_x$，则称 f 是一个关于覆盖 C 的一致函数。

定理 1 设 $f:U\to V$ 是一个 U 到 V 的映射，$C=\{K_1,K_2,\cdots,K_n\}$ 是 U 上的一个覆盖。若 f 是一个关于覆盖 C 的一致函数，则 $f(K_i\cap K_j)=f(K_i)\cap f(K_j)$。

定义 5 设 U 是一个有限论域，C_1,C_2 是 U 上的两个覆盖，且 $C_1=\{K_{11},K_{12},\cdots,K_{1m}\}$，$C_2=\{K_{21},K_{22},\cdots,K_{2n}\}$。令 $C_1\cap C_2=\{C_{1x}\cap C_{2x}:C_{ix}\in Cov(C_i),i=1,2,x\in U\}$，则称 $C_1\cap C_2$ 为 C_1 和 C_2 的交集。

定理 2 设 U 是一个有限论域，C_1,C_2 是 U 上的两个覆盖。若 f 是分别关于 C_1 和 C_2 的一致函数，则 f 是关于 $C_1\cap C_2$ 的一致函数。

定义 6 设 $f:U\to V$，$x\mapsto f(x)$ 是一个 U 到 V 的满射，$C(U)$、$C(V)$ 分别是 U 和 V 上所有覆盖的集合。f 可以诱导出一个 $C(U)$ 到 $C(V)$ 的映射，即：

$$f':C(U)\to C(V),C\mapsto f(C)\in C(V),\forall C\in C(U)$$

$$f'(C)\triangleq\{f(K_i):K_i\in C\}$$

称 f' 是由 f 诱导出的覆盖映射，$f'(C)$ 是 C 的像。在以后的讨论中，我们将 f' 简写为 f。

定理 3 设 $f:U\to V$，$C_1,C_2\in C(U)$。若 f 是分别关于 C_1 和 C_2 的一致函数，则 $f(C_1\cap C_2)=f(C_1)\cap f(C_2)$。

推论 1 设 $f:U\to V$，$\Delta=\{C_i:i=1,\cdots,m\}$ 是论域 U 上的一族覆盖。若 $\forall C_i\in\Delta$，f 是关于 C_i 的一致函数，则 $f(\bigcap_{i=1}^{m}C_i)=\bigcap_{i=1}^{m}f(C_i)$。

3 一致覆盖决策系统的属性约简

文献[13]中运用同态函数对覆盖信息系统进行数据压缩，从而可以等价地在一个相对规模较小的诱导覆盖信息系统中进行属性约简，提高了约简效率。下面我们基于同态函数，考虑一致覆盖决策系统的属性约简。首先给出一些基本定义：

定义 7 设 $\Delta=\{C_i:i=1,\cdots,m\}$ 是论域 U 上的一族覆盖，D 是决策属性集，U/D 是 U 上的决策划分。如果 $\forall x\in U$，$\exists Bj\in U/D$，使得 $\Delta_x\subseteq B_j$，则称决策系统 (U,Δ,D) 为一致覆盖决策系统，记作 $Cov(\Delta)\leqslant U/D$，否则称 (U,Δ,D) 为非一致覆盖决策系统。

设 $D=\{d\}$，则 $d(x)$ 是一个从论域 U 到集值 V_d 上的决策函数 $d:U\to V_d$。

定理 4 设 U 和 V 是两个有限论域，$f:U\to V$ 是一个 U 到 V 的满射。$\Delta=\{C_i:i=1,\cdots,m\}$ 是论域 U 上的一族覆盖，$D=\{d\}$ 是决策属性集，U/D 是 U 上的决策划分，且 $\forall C_i\in\Delta$，f 是关于 C_i 的一致函数。若 (U,Δ,D) 是一致覆盖决策系统，则 $\forall B_i,B_j\in U/D$，$f(B_i)\cap f(B_j)=\varnothing$。

证明：不妨假设 $\forall B_i,B_j\in U/D$，$f(B_i)\cap f(B_j)\neq\varnothing$，则至少存在一个 $y\in V$ 使得 $y\in f(B_i)\cap f(B_j)$，从而有 $y\in f(B_i)$ 且 $y\in f(B_j)$。

由此可得，$\exists x_1\in B_i$，$x_2\in B_j$ 使得 $f(x_1)=y$，$f(x_2)=y$。已知 $\forall C_i\in\Delta$，f 是关于 C_i 的一致函数，由定义 4 得 $[x_1]=[x_2]$。又由定义 3 和 (U,Δ,D) 是一致覆盖决策系统得 $[x_1]\subseteq\Delta_{x_1}\subseteq B_i$，$[x_2]\subseteq\Delta_{x_2}\subseteq B_j$，故 $B_i\cap B_j\neq\varnothing$。这与 U/D 是 U 上的决策划分相矛盾，所以假设不成立。

由定理 4 可知，$f(D)$ 是 V 上的决策属性集，$f(U/D)$ 是 V 上的决策划分。

定理 5 设 U 和 V 是两个有限论域，$f:U\to V$ 是一个 U 到 V 的满射。$\Delta=\{C_i:i=1,\cdots,m\}$ 是论域 U 上的一族覆盖，$D=\{d\}$ 是决策属性集，U/D 是 U 上的决策划分，且 $\forall C_i\in\Delta$，f 是关于 C_i 的一致函数。决策系统 (U,Δ,D) 是一致覆盖决策系统，即 $\forall x\in U$，$\exists B_j\in U/D$，使得 $\Delta_x\subseteq B_j$ 成立当且仅当 $f(\Delta)_{f(x)}\subseteq f(B_j)$ 成立。

证明：必要性。由 $f:U\to V$ 是一个 U 到 V 的满射，根据定义 6，f 可以诱导出一个 $C(U)$ 到 $C(V)$ 的映射，即 $f:C(U)\to C(V)$，$C\mapsto f(C)\in C(V)$，$\forall C\in C(U)$，这里是 $\Delta\mapsto f(\Delta)$。

根据 (U,Δ,D) 是一致覆盖决策系统，即 $\forall x\in U$，$\exists B_j\in U/D$，使得 $\Delta_x\subseteq B_j$，显然有 $f(\Delta_x)\subseteq f(B_j)$。下面证明 $f(\Delta_x)=f(\Delta)_{f(x)}$。已知 $\Delta=\{C_i:i=1,\cdots,m\}$ 是论域 U 上的一族覆盖，$\forall C_i\in\Delta$，f 是关于 C_i 的一致函数。由定义 3、定理 3 和推论 1 得 $f(\Delta_x)=f(\bigcap_{i=1}^{m}C_{ix})=\bigcap_{i=1}^{m}f(C_{ix})$。

令 K_i^x 为 C_i 中包含 x 的覆盖类，由定义 2 得 $C_{ix}=\bigcap K_i^x$，从而 $\bigcap_{i=1}^{m}f(C_{ix})=\bigcap_{i=1}^{m}f(\bigcap K_i^x)=\bigcap_{i=1}^{m}(\bigcap f(K_i^x))$。又 $K_i^x\supseteq C_{ix}\supseteq[x]$，则 $\bigcap_{i=1}^{m}(\bigcap f(K_i^x))$ 是 $f(\Delta)$ 中所有包含 $f(x)$ 的覆盖类的交集。由定义 3 得，$\bigcap_{i=1}^{m}(\bigcap f(K_i^x))=f(\Delta)_{f(x)}$。综上所得，$f(\Delta_x)=f(\Delta)_{f(x)}$。故 $f(\Delta)_{f(x)}\subseteq f(B_j)$。

充分性：由已知条件，同理可证 $f(\Delta)_{f(x)}=f(\Delta_x)$，故 $f(\Delta)_{f(x)}\subseteq f(B_j)$ 可等价地表示为 $f(\Delta_x)\subseteq f(B_j)$，显然有 $\Delta_x\subseteq B_j$。

定义 8 设 U 和 V 是两个有限论域，$f:U\to V$ 是一个 U 到 V 的满射。$\Delta=\{C_i:i=1,\cdots,m\}$ 是论域 U 上的一族覆盖，$D=\{d\}$ 是决策属性集，且 $\forall C_i\in\Delta$，f 是关于 C_i 的一致函数。若 (U,Δ,D) 是一致覆盖决策系统，则称 $(V,f(\Delta),f(D))$ 为 (U,Δ,D) 的 f 诱导一致覆盖决策系统，记作 $Cov(f(\Delta))\leqslant f(U/D)$，并且称 f 为 (U,Δ,D) 到 $(V,f(\Delta),f(D))$ 的同态函数。

定义 9 设 (U,Δ,D) 是一个一致覆盖决策系统，若 $\exists C_i\in\Delta$，使得 $Cov(\Delta-\{C_i\})\leqslant U/D$，则称 C_i 相对于 D 是 Δ 中不

必要的；否则称 C_i 相对于 D 是 Δ 中必要的。对于任意 $P\subseteq\Delta$，$Cov(P)\leqslant U/D$，且 P 中任意一元是 P 中必要的，即对于任意 $C_i\in P$，$Cov(P-\{C_i\})\leqslant U/D$ 不成立，则称 P 是相对于 D 的 Δ 的一个约简。Δ 中所有必要元素的集合称为 Δ 相对于 D 的核，记作 $Core_D(\Delta)$。

定理 6 设 (U,Δ,D) 是一个一致覆盖决策系统，$(V,f(\Delta),f(D))$ 是 (U,Δ,D) 的 f 诱导一致覆盖决策系统，$P\subseteq\Delta$，则 P 是相对于 D 的 Δ 的一个约简当且仅当 $f(P)$ 是相对于 $f(D)$ 的 $f(\Delta)$ 的一个约简。

证明：由定理 5 和定义 8、9 即可得。

推论 2 设 $(V,f(\Delta),f(D))$ 是 (U,Δ,D) 的 f 诱导一致覆盖决策系统，$C_i\in\Delta$，$P\subseteq\Delta$，则：

1. C_i 在 Δ 中相对于 D 是必要的当且仅当 $f(C_i)$ 在 $f(\Delta)$ 中相对于 $f(D)$ 是必要的；

2. P 在 Δ 中相对于 D 是不必要的当且仅当 $f(P)$ 在 $f(\Delta)$ 中相对于 $f(D)$ 是不必要的；

3. $f(Core_D(\Delta))=Core_{f(D)}(f(\Delta))$。

由定理 6 可知，对于一个给定的包含大量数据的一致覆盖决策系统，如果可以为这个覆盖决策系统找到一个多对一的同态函数，那么原覆盖决策系统就可以被压缩成一个相对规模较小但与之等价的系统，即诱导一致覆盖决策系统，从而可将对原系统的属性约简转化成对压缩产生的像系统的属性约简，大大提高了约简效率。下面通过一个实例来说明这种方法的高效性。

例 1 我们考虑一个裙子评价问题。假设 $U=\{x_1,\cdots,x_{15}\}$ 是 15 条裙子的集合，$E=\{price,quality,appearance\}$ 是一组属性集，"$price$"的取值为 $\{high,middle,low\}$，"$quality$"的取值为 $\{good,general,bad\}$ 以及"$appearance$"的取值为 $\{beautiful,common,ugly\}$。一共有 4 个顾客 $\{A,B,C,D\}$ 评价这些裙子，他们对于相同的属性可能有不同的评价结果，结果如下：

属性"$price$"：

A：$high=\{x_1,x_2,x_4,x_{10},x_{15}\}$，$middle=\{x_6,x_8,x_9,x_{13},x_{14}\}$，$low=\{x_3,x_5,x_7,x_{11},x_{12}\}$；

B：$high=\{x_1,x_2,x_4,x_{15}\}$，$middle=\{x_6,x_8,x_9,x_{10},x_{13},x_{14}\}$，$low=\{x_3,x_5,x_7,x_{11},x_{12}\}$；

C：$high=\{x_1,x_2,x_8,x_{10},x_{15}\}$，$middle=\{x_4,x_6,x_9,x_{13},x_{14}\}$，$low=\{x_3,x_5,x_7,x_{11},x_{12}\}$；

D：$high=\{x_1,x_2,x_8,x_{15}\}$，$middle=\{x_4,x_6,x_9,x_{10},x_{13},x_{14}\}$，$low=\{x_3,x_5,x_7,x_{11},x_{12}\}$

属性"$quality$"：

A：$good=\{x_3,x_5,x_6,x_9,x_{13},x_{14}\}$，$general=\{x_1,x_2,x_4,x_7,x_8,x_{10},x_{11},x_{12}\}$，$bad=\{x_{15}\}$；

B：$good=\{x_3,x_5,x_6,x_9,x_{13},x_{14}\}$，$general=\{x_2,x_4,x_7,x_8,x_{10},x_{11},x_{12},x_{15}\}$，$bad=\{x_1\}$；

C：$good=\{x_3,x_5,x_6,x_9,x_{13},x_{14}\}$，$general=\{x_2,x_4,x_7,x_8,x_{10},x_{11},x_{12},x_{15}\}$，$bad=\{x_1\}$；

D：$good=\{x_3,x_5,x_6,x_9,x_{13},x_{14}\}$，$general=\{x_1,x_4,x_7,x_8,x_{10},x_{11},x_{12},x_{15}\}$，$bad=\{x_2\}$

属性"$appearance$"：

A：$beautiful=\{x_1,x_2,x_3,x_7,x_{11},x_{12}\}$，$common=\{x_5,x_6,x_9,x_{13},x_{14}\}$，$ugly=\{x_4,x_8,x_{10},x_{15}\}$；

B：$beautiful=\{x_1,x_7,x_{11},x_{12}\}$，$common=\{x_5,x_6,x_9,x_{13},x_{14}\}$，$ugly=\{x_2,x_3,x_4,x_8,x_{10},x_{15}\}$；

C：$beautiful=\{x_2,x_3,x_7,x_{11},x_{12},x_{15}\}$，$common=\{x_6,x_9,x_{13},x_{14}\}$，$ugly=\{x_1,x_4,x_5,x_8,x_{10}\}$；

D：$beautiful=\{x_5,x_7,x_{11},x_{12},x_{15}\}$，$common=\{x_3,x_6,x_9,x_{13},x_{14}\}$，$ugly=\{x_1,x_2,x_4,x_8,x_{10}\}$

假设每个顾客的评价同等重要，为了不丢失信息，我们需要将每个顾客对每个属性的评价合并，使每个属性可以得到相对应的一个覆盖：

属性"$price$"：

$C_1=\{\{x_1,x_2,x_4,x_8,x_{10},x_{15}\},\{x_4,x_6,x_8,x_9,x_{10},x_{13},x_{14}\},\{x_3,x_5,x_7,x_{11},x_{12}\}\}$

属性"$quality$"：

$C_2=\{\{x_3,x_5,x_6,x_9,x_{13},x_{14}\},\{x_1,x_2,x_4,x_7,x_8,x_{10},x_{11},x_{12},x_{15}\},\{x_1,x_2,x_{15}\}\}$

属性"$appearance$"：

$C_3=\{\{x_1,x_2,x_3,x_5,x_7,x_{11},x_{12},x_{15}\},\{x_3,x_5,x_6,x_9,x_{13},x_{14}\},\{x_1,x_2,x_3,x_4,x_5,x_8,x_{10},x_{15}\}\}$

则得到论域 $U=\{x_1,\cdots,x_{15}\}$ 上的一族覆盖为 $\Delta=\{C_1,C_2,C_3\}$。

我们给出一个决策划分：

$U/D=\{\{x_1,x_2,x_6,x_9,x_{13},x_{14},x_{15}\},\{x_3,x_5,x_7,x_{11},x_{12}\},\{x_4,x_8,x_{10}\}\}$

由定义 3 得 $\Delta_{x_1}=\Delta_{x_2}=\Delta_{x_{15}}=\{x_1,x_2,x_{15}\}$，$\Delta_{x_3}=\Delta_{x_5}=\{x_3,x_5\}$，$\Delta_{x_4}=\Delta_{x_8}=\Delta_{x_{10}}=\{x_4,x_8,x_{10}\}$，$\Delta_{x_6}=\Delta_{x_9}=\Delta_{x_{13}}=\Delta_{x_{14}}=\{x_6,x_9,x_{13},x_{14}\}$，$\Delta_{x_7}=\Delta_{x_{11}}=\Delta_{x_{12}}=\{x_7,x_{11},x_{12}\}$。

由定义 7 可知 (U,Δ,D) 是一个一致覆盖决策系统。

设 $V=\{y_1,y_2,y_3,y_4,y_5\}$，我们定义一个满射 $f:U\to V$ 如下：

x_1,x_2,x_{15}	y_1
x_3,x_5	y_2
x_4,x_8,x_{10}	y_3
x_6,x_9,x_{13},x_{14}	y_4
x_7,x_{11},x_{12}	y_5

得

$f(C_1)=\{\{y_1,y_3\},\{y_3,y_4\},\{y_2,y_5\}\}$

$f(C_2)=\{\{y_2,y_4\},\{y_1,y_3,y_5\},\{y_1\}\}$

$f(C_3)=\{\{y_1,y_2,y_5\},\{y_2,y_4\},\{y_1,y_2,y_3\}\}$

$f(U/D)=\{\{y_1,y_4\},\{y_2,y_5\},\{y_3\}\}$

则 $f(\Delta)=\{f(C_1),f(C_2),f(C_3)\}$ 是 V 上的一族覆盖，$f(U/D)$ 是 V 上的决策划分。

根据一致函数的定义及属性，可以验证 f 是关于 Δ 中任意覆盖 C_i 的一致函数，其中 $i=1,2,3$。$(V,f(\Delta),f(D))$ 是 (U,Δ,D) 的 f 诱导一致覆盖决策系统，f 是 (U,Δ,D) 到 $(V,f(\Delta),f(D))$ 的同态函数。同时可以验证，$f(C_2)$ 在 $f(\Delta)$ 中相对于 $f(D)$ 是不必要的当且仅当 C_2 在 Δ 中相对于 D 是不必要的，$\{f(C_1),f(C_3)\}$ 是相对于 $f(D)$ 的 $f(\Delta)$ 的一个约简当且仅当 $\{C_1,C_3\}$ 是相对于 D 的 Δ 的一个约简。

在这个例子中，一致覆盖决策系统 (U,Δ,D) 包含较多的数据，在运用同态函数进行数据压缩后产生一个相对规模较小的像系统 $(V,f(\Delta),f(D))$，两者有相同的约简。因此我们

（下转第 303 页）

[J]. 计算机研究与发展,2003,40(3):381-386
[2] 陈曦,柳林. 基于遗传算法的时延受限多播路由研究[J]. 计算机工程与应用,2002(17):170-171
[3] Aboelela E, Douligeris C. Fuzzy multiobjective fouting model in B-ISDN. Computer Communications, 1998, 21(17):1571-1584
[4] 孙宝林,李腊元. 基于遗传算法的 QoS 多播路由优化算法[J]. 计算机工程,2005,31(14):70-73
[5] 韩院彬,张京军,王立国. 基于改进遗传算法的满足可靠性 QoS 约束的组播路由算法[J]. 计算机应用与软件,2009,29(5):98-100
[6] Dorigo M, Colornia M V. Ant system: Optimization by a colorny of cooperating agents[J]. IEEE Transactions on Systems, Manand Cybernetics, 1996, 26(1):29-41
[7] Dorigo M, Carog D, Gambarsellal M. Ant algorithems for discrete optimization[J]. Artificial Life, 1999, 5(2):137-172
[8] Ke Xiong. Multi-constrained Shortest Disjoint Paths for Reliable QoS Routing[J]. ETRI Journal, 2009, 31(5):534-544
[9] Liu C H. Cross-Layer Design for QoS in Wireless Mesh Networks[J]. Wireless Pers Commun, 2009, 51:593-613
[10] Mantar H A. A QoS Routing Architecture for Multi-Domain Networks[C]//Proceedings of the Seventh IEEE International Symposium on Computer Networks (ISCN'06). IEEE, 2006
[11] Huang han, Hao Zhi-feng. The convergence speed of ant colony optimization[J]. Chinse journal of computers, 2007, 30(8): 1345-1353
[12] Mantar H A. A QoS Routing Architecture for Multi-Domain Networks[C]//Proceedings of the Seventh IEEE International Symposium on Computer Networks (ISCN'06). IEEE, 2006
[13] Ke Xiong. Multi-constrained Shortest Disjoint Paths for Reliable QoS Routing[J]. ETRI Journal, 2009, 31(5):534-544
[14] Liu C H. Cross-Layer Design for QoS in Wireless Mesh Networks[J]. Wireless Pers Commun, 2009, 51:593-613
[15] Gong Yue, Song Ying-ying, Wang Yu-zhuo. Data Mail Delivery QoS Model Based on Distributed System[J]. Computer Engineering, 2010, 36 (4):103-104
[16] 龚跃,宋瑛瑛,付慧霞,等. 基于数据邮递的并行传输技术研究. 长春理工大学学报:自然科学版,2008,31(3):158-159
[17] Gong Yue, Wu Hang, Bao Jie, et al. Research on Data Routing Model Based on Ant Colony Algorithms[J]. Journal of China Ordnance, 2010, 6(4):269-272

(上接第 290 页)

可以通过求像系统的约简来获得原系统的约简。

如果不对上述例子中的一致覆盖决策系统(U,Δ,D)进行数据压缩处理,即在给定的系统上直接进行属性约简,根据定义 9,常见算法如下:首先观察覆盖 C_1 是否必要。然后根据定义 3,计算出论域U中 15 个对象在覆盖集$\{C_2,C_3\}$中的邻域。就计算邻域这一步,我们在观察任意一个覆盖是否必要时,计算量都是比较大的。而运用同态函数对系统进行数据压缩后,论域中的对象变为 5 个,明显提高了约简效率。

结束语 近年来,属性约简一直是粗糙集理论中的热门话题。就覆盖粗糙集,各式各样的属性约简方法相继被提出,本文也是关于约简方法的讨论。与其他约简方法不同的是,本文无需提出新的约简算法就实现了高效性。运用同态函数将一个数据量较大的一致覆盖决策系统压缩成一个相对规模较小但与之等价的像决策系统,从而可以将对原决策系统的属性约简转移到压缩产生的像决策系统上,这大大提高了约简效率。在今后的工作中,我们将对非一致覆盖决策系统做出相应的研究,并进一步探讨新的属性约简方法。

参考文献

[1] Palwak Z. Rough set[J]. International computer and Information Sciences, 1982, 11:341-356
[2] Zakomski W. Approximations in the space(U. II)[J]. Demonstratio Mathematica, 1983, 16:761-769
[3] Yao Y Y. Relational interpretations of neighborhood operators and rough set approximation operators[J]. Information Sciences, 1998, 111:239-259
[4] Zhu W, Wang F Y. Reduction and axiomization of covering generalized rough sets[J]. Information Sciences, 2003, 152:217-230
[5] Zhu W. Relationship among basic concepts in covering-based rough sets[J]. Information Sciences, 2009, 179(14):2478-2486
[6] Yao Y Y. Constructive and algebraic methods of the theory of rough sets[J]. Information Sciences, 1998, 109:21-47
[7] 祝峰,何华灿. 粗集的公理化[J]. 计算机学报,2000,23:331-333
[8] 杨勇,朱晓钟,李廉. 覆盖粗糙集的公理化[J]. 计算机科学,2009,36(5):181-182
[9] Zhu W. Topological approaches to covering rough sets[J]. Information Sciences, 2007, 177(6):1499-1508
[10] Chen D G, Wang C Z, Hu Q H. A new approach to attribute reduction of consistent and inconsistent covering decision systems with covering rough sets[J]. Information Sciences, 2007, 177: 3500-3518
[11] 张亚军,王艳平,付上金. 基于覆盖粗糙集理论中的约简与求核[J]. 模糊系统与数学,2007,21(6):152-156
[12] Li D Y, Ma Y C. Invariant characters of information systems under some homomorphisms[J]. Information Sciences, 2000, 129: 211-220
[13] Wang C Z, Chen D G, Wu C, et al. Data compression with homomorphism in covering information systems[J]. International Journal of Approximate Reasoning, 2011, 52:519-525
[14] Graymala-Busse J W. Algebraic properties of knowledge representation systems [C]//Proceedings of the International Symposium on Method for Intelligent Systems. 1986:432-440
[15] Wang C Z, Wu C X, Chen D G, et al. Some properties of relation information systems under homomorphisms[J]. Applied Mathematics Letters, 2008, 21:940-945
[16] Wang C Z, Chen D G, Zhu L K. Homomorphisms between fuzzy information systems[J]. Applied Mathematics Letters, 2009, 22:1045-1050