

DOI:10.3969/j.issn.1673-4785.201307018

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/CNKI;23-1538/TP.20131105.1201.001.html>

基于覆盖粗糙集的语言动力系统

汤建国¹, 汪江桦¹, 韩莉英¹, 祝峰²

(1. 新疆财经大学 计算机科学与工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830012; 2. 闽南师范大学 粒计算实验室, 福建 漳州 363000)

摘要:语言动力系统以语言中的词作为运算对象, 这为描述复杂大系统提供了一种有效手段。然而, 用语言描述事物具有很强的不确定性, 这使得语言动力系统在具体实现时面临严峻挑战。覆盖粗糙集在处理不确定问题中有着独特的优势, 可用其来解决语言动力系统的不确定问题。为此, 将语言中的词用覆盖块的形式来表示, 再利用覆盖粗糙集中的上下近似思想建立状态方程、输出方程和反馈控制的上、下近似映射, 得到基于覆盖粗糙集的语言动力系统模型, 进一步给出模型在分析与解决问题时的具体推理方法。实例分析证明了所建模型及推理方法的正确性和有效性。

关键词:粗糙集理论; 人工智能; 数据挖掘; 语言学; 控制理论; 粒计算; 近似理论; 知识获取

中图分类号: TP18 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4785(2014)02-0229-06

中文引用格式: 汤建国, 汪江桦, 韩莉英, 等. 基于覆盖粗糙集的语言动力系统[J]. 智能系统学报, 2014, 9(2): 229-234.

英文引用格式: TANG Jianguo, WANG Jianghua, HAN Liying, et al. Linguistic dynamic systems based on covering-based rough sets[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2014, 9(2): 229-234.

Linguistic dynamic systems based on covering-based rough sets

TANG Jianguo¹, WANG Jianghua¹, HAN Liying¹, ZHU Feng²

(1. School of Computer Science and Engineering, Xinjiang University of Finance and Economics, Urumqi 830012, China; 2. Lab of Granular Computing, Minnan Normal University, Zhangzhou 363000, China)

Abstract: Linguistic dynamic systems (LDS) make computing and reasoning by using words. In this way, LDS provides an effective measure to describe large complex systems. However, words have major uncertainties with describing things. This causes serious challenges for LDS. Covering-based rough sets have distinctly unique advantages in dealing with uncertain problems. This paper details how they can be effective with solving the problems in LDS. Firstly, the words in languages are represented by using the form of covering blocks; secondly, mappings of the state equation, output equation and feedback control are established by using the thought of the lower and upper approximations, then a LDS model based on the covering-based rough sets is obtained; thirdly, an inference method of the model is proposed to analyze and solve real problems; finally, the validity and the efficiency of the model and the inference method have been proved by some instance analysis.

Keywords: rough set theory; artificial intelligence; data mining; linguistics; control theory; granular computing; approximation theory; knowledge acquisition

语言动力系统 (linguistic dynamic systems, LDS) 的概念是王飞跃教授在 20 世纪 90 年代初提

出的, 它是以词计算为基础来对问题进行动态描述、分析、综合, 进而设计、控制和评估的系统^[1-2]。由于语言具有很强的不确定性, 其语义会随着语境及语调等因素的不同而发生改变, 因而如何处理这种不确定性是 LDS 研究中的一个关键问题。王飞跃教授在这方面做了大量基础性工作^[3-6], 他利用模

收稿日期: 2013-07-05. 网络出版日期: 2013-11-05.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (61170128); 福建省自然科学基金资助项目 (2011J01374, 2012J01294); 新疆财经大学博士启动基金资助项目.

通信作者: 祝峰. E-mail: williamfengzhu@163.com..

糊数学的方法来解决不确定问题,建立了基于模糊逻辑的 LDS 模型。

近年来,粗糙集^[7-8]作为一种处理不确定问题的有效方法得到了快速发展,其扩展理论覆盖粗糙集^[9-16]也引起很多学者的关注和研究兴趣,涌现出许多重要的研究成果^[17-24]。本文将利用覆盖粗糙集方法来研究语言动力系统的不确定问题,建立基于覆盖粗糙集的 LDS 模型,利用粗糙集中的上下近似思想探讨解决实际问题的推理方法,并通过实例对其具体的应用和计算方法进行阐述。

1 相关定义

为了讨论方便,在本文的后续内容中,令 U 表示一个非空有限集合,称为论域。

1.1 覆盖粗糙集

设 U 是一个论域, C 是 U 的一个子集族。如果 C 中的所有子集都不空,且 $\cup C = U$,则称 C 是 U 的一个覆盖;称有序对 (U, C) 为覆盖近似空间。对于任意一个子集 $X \subseteq U$,定义 X 关于 C 的下近似和上近似分别为:

$$\underline{X} = \cup \{K \in C \mid K \subseteq X\} \quad (1)$$

$$\bar{X} = \cup \{K \in C \mid K \cap X \neq \emptyset\} \quad (2)$$

如果 $\underline{X} = \bar{X}$,则称 X 是关于 C 的精确集;否则,称 X 是关于 C 的一个覆盖粗糙集。 X 的下近似和上近似各自对应的覆盖块集族分别记为:

$$C_*(X) = \{K \in C \mid K \subseteq X\} \quad (3)$$

$$C^*(X) = \{K \in C \mid K \cap X \neq \emptyset\} \quad (4)$$

在粗糙集中,一个集合的下近似中的元素被认为是确定属于该集合的,而上近似中的元素则被认为是可能属于该集合的。因此,可以根据下近似来获取确定的规则和知识,而依据上近似来获取可能性的规则和知识。由于 $C_*(X) \subseteq C^*(X)$,所以在 $C^*(X)$ 中除去 $C_*(X)$ 后剩余的集合都是可能属于集合 X 的。令 $C_*^*(X)$ 表示 $C^*(X)$ 与 $C_*(X)$ 的差集,即:

$$C_*^*(X) = C^*(X) - C_*(X) \quad (5)$$

对于 U 中的任意一个元素 x ,其关于 C 的邻域为

$$N(x) = \cap \{K \in C \mid x \in K\} \quad (6)$$

1.2 语言动力系统

语言动力系统是一类特殊的动力学系统,它将问题(过程)、情形(状态)、策略(控制器)、观察(反馈)、目标和评估用文字术语来表达^[2]。王飞跃教

授结合词计算将 LDS 建模成一个模糊动力学系统,其状态方程、输出方程和反馈控制分别表示如下:

$$\text{状态方程: } X_{k+1} = F(X_k, U_k, k), F: I_n \times I_m \times Z^+ \rightarrow I_n。$$

$$\text{输出方程: } Y_k = H(X_k, k), H: I_n \times Z^+ \rightarrow I_p。$$

$$\text{反馈控制: } U_k = R(Y_k, V_k, k), R: I_p \times I_q \times Z^+ \rightarrow I_m。$$

式中: $Z^+ = \{0, 1, \dots, K\}$, $X_k \in I_n$ 是一个表示系统状态的向量, $Y_k \in I_p$ 是输出, $V_k \in I_q$ 是输入, $U_k \in I_m$ 是控制, k 是离散时间实例, F, H, R 是模糊逻辑算子,它们各自定义了 LDS 中的系统、输出和控制映射。系统中变量 X, Y, U 和 V 的定义域分别为:

$$D_X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

$$D_Y = \{y_1, y_2, \dots, y_p\}$$

$$D_U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$$

$$D_V = \{v_1, v_2, \dots, v_q\}$$

2 问题的提出

语言动力系统是一个非常复杂的动力学系统,它面向的处理对象是自然语言所表达的人类知识,而这种知识具有很强的不确定性。因而,如何有效应对这种不确定性是语言动力系统研究中的一个关键的问题。

王飞跃教授利用基于模糊逻辑的词计算对 LDS 进行建模,来处理 LDS 中的不确定问题。词计算是以隶属函数为基础的一种计算理论,它可以在一定程度上很好地反映和处理自然语言中的不确定性。但由于如何确定隶属函数是一件繁琐而困难的工作,因而在面对复杂的大数据问题时,这种方法就显得力不从心。

粗糙集是一种重要的处理不确定问题的理论,与词计算不同的是,粗糙集在解决问题时不依赖给定数据之外的任何先验知识,而是完全根据所给数据来客观地获取知识。因此,利用粗糙集分析和处理数据时不需去确定隶属函数。经典的粗糙集理论是建立在对论域划分的基础上,即不同概念之间不存在交集。而在现实世界中,用自然语言描述的概念往往具有一定的模糊性,如很难对“年轻”这一概念予以确切地描述和区分,这就会将“年轻”中的一些人也分到诸如“较年轻”或“较不年轻”等概念中去,反之亦然。鉴于此,Zakowski^[9]将经典粗糙集扩展为了覆盖粗糙集,从而允许不同概念之间可以存在非空交集,增强了粗糙集对实际问题的处理能力。

覆盖的这一特征与自然语言表达知识的特点非常相似,即在对概念的表述上都存在一定的不确定

性,这就使得利用覆盖粗糙集来研究语言动力系统具有很强的可行性。目前,覆盖粗糙集研究已取得长足发展,在诸如公理化和模型扩展等理论方面和数据挖掘等应用方面都取得了很多成果,已成为一种重要的研究不确定问题的方法。因此,基于上述分析,本文将利用覆盖粗糙集对语言动力系统的不确定问题展开探索性的研究。

3 覆盖粗糙集的 LDS 模型

3.1 模型

自然语言的丰富内涵造成了语言表达知识的不确定性,如何用计算机准确地判断一句话所要表示的意义,对计算机科学来说无疑是一个巨大的挑战。覆盖粗糙集通过上、下近似逼近的方式来近似地刻画目标集合,可以快速地给目标集合的不确定性划定一范围,提高了知识获取的效率。这一思想为处理不确定问题提供了一个很好的方法,借助这种思想建立了基于覆盖粗糙集的 LDS 模型:

状态方程: $\underline{X}_{k+1} = \underline{F}(\underline{X}_k, \underline{U}_k, k)$, $\bar{X}_{k+1} = \bar{F}(\underline{X}_k, \bar{U}_k, k)$, $\underline{F}: 2^{D_X} \times 2^{D_U} \times Z^+ \rightarrow 2^{D_X}$, $\bar{F}: 2^{D_X} \times 2^{D_U} \times Z^+ \rightarrow 2^{D_X}$ 。

输出方程: $\underline{Y}_k = \underline{H}(\underline{X}_k, k)$, $\bar{Y}_k = \bar{H}(\underline{X}_k, k)$, $\underline{H}: 2^{D_X} \times Z^+ \rightarrow 2^{D_Y}$, $\bar{H}: 2^{D_X} \times Z^+ \rightarrow 2^{D_Y}$ 。

反馈控制: $\underline{U}_k = \underline{R}(\underline{Y}_k, V_k, k)$, $\bar{U}_k = \bar{R}(\bar{Y}_k, V_k, k)$, $\underline{R}: 2^{D_Y} \times 2^{D_V} \times Z^+ \rightarrow 2^{D_U}$, $\bar{R}: 2^{D_Y} \times 2^{D_V} \times Z^+ \rightarrow 2^{D_U}$ 。

在上述各式中, $Z^+ = \{0, 1, \dots, K\}$, D_X, D_Y, D_U 和 D_V 分别表示变量 X, Y, U 和 V 的定义域, k 是离散时间实例, \underline{F} 和 \bar{F} 分别表示 LDS 中系统的上近似和下近似映射, \underline{H} 和 \bar{H} 分别表示 LDS 中输出的上近似和下近似映射, \underline{R} 和 \bar{R} 则分别表示 LDS 中反馈控制的上近似和下近似映射。

3.2 推理方法

在覆盖粗糙集理论中,认为目标集合的下近似集是确定成立的知识,而上近似集则是可能成立的知识。根据这一特点,设计了基于覆盖粗糙集的 LDS 分析和解决问题的推理过程,其主要步骤为:

1) 将语言描述的背景知识转换为覆盖形式的知识。粗糙集中认为知识是一种分类能力,并将每类事物都用一个集合来表示。在覆盖粗糙集中,这

些类对应的集合被称为覆盖块。于是,为了求解问题需要先将已有的知识转换为反映分类能力的覆盖。具体来说,首先要依据实际问题来获得论域 U , 其次再根据已有知识得到覆盖 C , 最后为了实现用自然语言来描述计算结果,需要给予覆盖中的每个覆盖块一个语言标签 ω 。

①根据实际情况确定论域 U ;

②根据对问题的已有知识来获得 U 上的覆盖 $C = \{K_1, K_2, \dots, K_n\}$;

③根据问题的具体情况给各覆盖块添加语言标签 $\rightarrow \omega(C) = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$, 其中, $\forall K_i \in C$, $\omega(K_i) = \omega_i$ 。

2) 将要求解的问题转换成目标集合。通过分析问题的特点,将问题转换为目标集合 X 。

3) 根据得到的覆盖和式(3)、(4)求得目标集合 X 的 $C_*(X)$ 和 $C^*(X)$ 。

4) 根据 $C_*(X)$ 和 $C^*(X)$ 来得出确定成立和可能成立的知识。在这一过程中,一方面要根据问题给出描述结论的 2 种语言范式,即描述确定成立知识和描述可能成立知识的语言范式。另一方面,需要结合 1) 中的 $\omega(C)$ 来实现计算结果的语言表示。

此外,在实际问题中经常会遇到以一个数值区间表示的集合,本文对于这类集合的一些基本运算和相互间的关系做出如下规定:

设 a, b, c 和 d 是 4 个任意实数,其中 $a \leq b, c \leq d$, $A = [a, b]$ 和 $B = [c, d]$ 是 2 个数值区间。定义 A 和 B 的交运算、并运算以及子集等关系如下:

1) $A \cap B$ 。

若 $a \geq c$ 且 $b \leq d$, 则 $A \cap B = [a, b]$;

若 $c \leq a \leq d$ 且 $b > d$, 则 $A \cap B = [a, d]$;

若 $a \leq c$ 且 $c \leq b \leq d$, 则 $A \cap B = [c, b]$;

若 $a \leq c$ 且 $b > d$, 则 $A \cap B = [c, d]$;

若 $b < c$ 或 $a > d$ 则 $A \cap B = \emptyset$ 。

2) $A \cup B$ 。

若 $a \geq c$ 且 $b \leq d$, 则 $A \cup B = [c, d]$;

若 $c \leq a$ 且 $b > d$, 则 $A \cup B = [c, b]$;

若 $a \leq c$ 且 $b \leq d$, 则 $A \cup B = [a, d]$;

若 $a \leq c$ 且 $b > d$, 则 $A \cup B = [a, b]$ 。

3) $A \subseteq B$ 。

若 $c \leq a$ 且 $b \leq d$, 则称 A 是 B 的子集, 记为 $A \subseteq B$ 。

4) $A \in B$ 。

若 $a = b$ 且 $A \subseteq B$, 则称 A 属于 B , 记为 $A \in B$ 。

5) $A = B$ 。

若 $a = c$ 且 $b = d$, 则称 A 等于 B , 记为 $A = B$ 。

4 实例与分析

例1 将学生的成绩分为优、良、中、差4个等级, 对应的分值区间分别为 $(85, 100]$ 、 $(75, 90)$ 、 $(65, 80)$ 、 $[0, 70)$ 。假设学生小明的成绩等级为“中”, 分析哪些成绩等级的学生成绩比小明的成绩好。

按照前面给出的推理过程, 依次展开如下4个推理步骤:

1) 根据已知条件可知学生的成绩分数范围为 $[0, 100]$, 即: 论域 $U = [0, 100]$;

其次, 将各成绩等级作为不同的类别, 从而得到 U 上的覆盖 $C = \{K_1, K_2, K_3, K_4\} = \{(85, 100], (75, 90), (65, 80), [0, 70)\}$;

最后, 对覆盖 C 中的各覆盖块添加语言标签。从例题中可知, C 中的4个覆盖块分别对应成绩等级中的优、良、中、差, 于是可得:

$\omega(C) = \{\text{优}, \text{良}, \text{中}, \text{差}\}$, 其中, $\omega(K_1) = \text{优}$, $\omega(K_2) = \text{良}$, $\omega(K_3) = \text{中}$, $\omega(K_4) = \text{差}$ 。

2) 由于小明的成绩等级为“中”, 其对应的成绩为 $(65, 80)$, 也就是说小明的具体成绩可以是这个区间中的任何一个实数。若令小明的成绩为 a ($65 < a < 80$), 则对于任意 b ($80 \leq b \leq 100$), 都满足 $b > a$, 也就是说成绩为 b 要好于成绩 a 。于是, 将 $[80, 100]$ 看作目标集合 X , 即: $X = [80, 100]$ 。

3) 根据得到的 C 和 X 可知, 在 C 中只有覆盖块 $K = (85, 100] \subseteq X$, 其余覆盖块均不是 X 的子集。根据式(3)可得

$$C_*(X) = \{K_1\}$$

类似地, $K_1 \cap X = (85, 100] \neq \emptyset$, $K_2 \cap X = (80, 90] \neq \emptyset$ 。根据式(4)可得

$$C^*(X) = \{K_1, K_2\}$$

进一步地, 根据式(5)可得: $C_*(X) = \{K_2\}$ 。

4) 给出描述结论的2种语言范式。

① 确定成立知识的语言范式。

“成绩等级为“ $\omega(K)$ ”的学生成绩“一定”比小明的成绩好。”这里 $K \in C_*(X)$ 。

② 可能成立知识的语言范式。

“成绩等级为“ $\omega(K)$ ”的学生成绩“可能”比小明的成绩好。”这里 $K \in C^*(X)$ 。

其次, 结合 $\omega(C)$ 来实现计算结果的语言表示。

由 $C_*(X) = \{K_1\}$ 且 $\omega(K_1) = \text{“优”}$ 可得

“成绩等级为“优”的学生成绩“一定”比小明的

成绩好。”

再由 $C^*(X) = \{K_2\}$ 且 $\omega(K_1) = \text{“良”}$ 可得

“成绩等级为“良”的学生成绩“可能”比小明的成绩好。”

这说明如果一个学生的成绩等级是“优”, 则他\她的成绩一定比小明要好。如果一个学生的成绩等级为“良”, 则他的实际成绩也有可能比小明好。由此可见, 这种方法判断结果与在现实中的理解和分析是一致的。

上例通过对一个用自然语言描述的问题进行推理后得出了用自然语言描述的结果, 下面再通过一个例子来从另一个角度展示如何对一个非自然语言问题进行推理。

例2 假设在例1中, 小明的期中和期末考试成绩分别是76分和83分。请对小明的这2次成绩进行等级评价。

先对小明的期中成绩进行评价。由于论域 U 、覆盖 C 以及 $\omega(C)$ 都与例1相同, 只需确定本例中的目标集合 X 。小明的成绩是76分, 可将此成绩看成是区间 $[76, 76]$ 。由于单个分值不具代表性, 以该分值的所在的邻域作为目标集合。根据式(6)可得:

$$N(76) = \cap \{K_2, K_3\} = (75, 80)$$

即目标集合为 $X = (75, 80)$ 。从而根据式(3)和(4)可得

$$C_*(X) = \emptyset, C^*(X) = \{K_2, K_3\}$$

进一步地, 由式(5)可得: $C_*(X) = \{K_2, K_3\}$ 。

由于 $C_*(X)$ 为空, 所以在本例的问题中不存在确定成立的结论, 而只有可能成立的结论。

可能成立知识的语言范式:

“小明的成绩等级“可能”为“ $\omega(K)$ ””。

结合 $\omega(C)$ 可得

“小明的成绩等级‘可能’为‘中’”。

“小明的成绩等级‘可能’为‘良’”。

同理, 在分析小明的期末成绩时, 可以得到对应于83分的邻域为区间 $(75, 90)$, 即目标集合 $X = (75, 90)$ 。从而根据式(3)和(4)可得

$$C_*(X) = \{K_2\}, C^*(X) = \{K_2\}$$

进一步地, 根据式(5)可得: $C_*(X) = \emptyset$ 。

从而可得小明期末成绩等级评价的结果为: “小明的成绩等级“一定”为“良””。

上例对一个具体成绩的等级进行了推理和描述, 其结果大体与在现实中的判断结果一致。所以说大体上一致是因为在现实中, 用“中”或“良”来

描述小明的成绩还是显得有些宽泛,通常根据经验或感觉将其更细致地表述为诸如“中上”或“良下”等。在现实生活中,人们的这种“经验”和“感觉”在描述事物和表达信息时往往非常微妙,虽然其传递的是一种模糊的信息,但却并不让人感到费解。相反,人们多数会更愿意接受这种描述。

那么在推理方法中,如何反映和实现自然语言中类似人的这种“经验”和“感觉”呢?其实已有的很多方法都可以用来解决这个问题,比如概率的方法、模糊集中的隶属度方法以及粗糙集中的描述距离的熵等。但由于自然语言本身是灵活多变的,相同的一句话在不同场景或时间背景下意义会存在很大不同,所以在用这些方法解决这个问题是,还需要采取具体问题具体对待的方式来灵活处理。在后续的研究中,将对这一问题展开深入的分析 and 研究。

5 结束语

本文利用覆盖粗糙集的方法对语言动力系统进行了建模,提出了分析和解决问题的推理方法,通过实例对其进行了阐述和验证,结果表明模型计算得出的结论与现实中的实际情况基本一致。在后续研究中,将对人在用自然语言描述事物时的模糊性修饰和表述进行研究,以使模型的计算结果更加准确合理。

参考文献:

- [1] WANG Feiyue. Modeling, analysis and synthesis of linguistic dynamic systems: a computational theory[C]//IEEE International Workshop on Architecture for Semiotic Modeling and Situation Control in Large Complex Systems. Monterey, CA, 1995: 173-178.
- [2] 王飞跃. 词计算和语言动力学系统的计算理论框架[J]. 模式识别与人工智能, 2001, 14(4): 377-384.
WANG Feiyue. Computing with words and a framework for computational linguistic dynamic systems[J]. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2001, 14(4): 377-384.
- [3] WANG F Y. On the abstraction of conventional dynamic systems: from numerical analysis to linguistic analysis[J]. Information Sciences, 2005, 171(1/2/3): 233-259.
- [4] WANG F Y, YANG T, MO H. On fixed points of linguistic dynamic systems[J]. Journal of System Simulation, 2002, 14(11): 1479-1485.
- [5] 王飞跃. 词计算和语言动力学系统的基本问题和研究[J]. 自动化学报, 2005(6): 32-40.
WANG Feiyue. Fundamental issues in research of computing with words and linguistic dynamic systems[J]. Acta Auto-
- matica Sinica, 2005(6): 32-40.
- [6] 莫红,王飞跃. 基于词计算的言动力系统及其稳定性[J]. 中国科学: F 辑, 2009, 39(2): 254-268.
- [7] PAWLAK Z. Rough sets[J]. International Journal of Computer and Information Sciences, 1982, 11(5): 341-356.
- [8] PAWLAK Z. Rough Sets: Theoretical aspects of reasoning about data [M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1991: 1-79.
- [9] ZAKOWSKI W. Approximations in the space (U, Π) [J]. Demonstratio Mathematica, 1983(16): 761-769.
- [10] ZHU W, WANG F. Reduction and axiomization of covering generalized rough sets [J]. Information Sciences, 2003, 152: 217-230.
- [11] ZHU W, WANG F. Axiomatic systems of generalized rough sets[C]//Proceedings of the 1st International Conference on Rough Sets and Knowledge Technology. Chongqing, China, 2006: 216-221.
- [12] ZHU W, WANG F. Covering based granular computing for conflict analysis [C]//IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics. San Diego, CA, USA; 2006: 566-571.
- [13] ZHU W, WANG F. Relationships among three types of covering rough sets [C]//IEEE International Conference on Granular Computing. Atlanta, GA, USA, 2006: 43-48.
- [14] ZHU W, WANG F. Topological properties in covering-based rough sets [C]//Proceedings of the 4th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. Haikou, China, 2007: 289-293.
- [15] ZHU W, WANG F. On three types of covering-based rough sets[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2007, 19(8): 1131-1143.
- [16] ZHU W, WANG F. The fourth type of covering-based rough sets[J]. Information Sciences, 2012, 201: 80-92.
- [17] YAO Y Y, YAO B X. Covering based rough set approximations[J]. Information Sciences, 2012, 200: 91-107.
- [18] GE X, BAI X L, YUN Z Q. Topological characterizations of covering for special covering-based upper approximation operators[J]. Information Sciences, 2012, 204: 70-81.
- [19] WANG L J, YANG X B, YANG J Y, et al. Relationships among generalized rough sets in six coverings and pure reflexive neighborhood system [J]. Information Sciences, 2012, 207(10): 66-78.
- [20] TANG J G, SHE K, WANG Y Q. Covering-based soft rough sets[J]. Journal of Electronic Science and Technology, 2011, 9(2): 118-123.
- [21] TANG J G, SHE K, ZHU W. The refinement in covering-based rough sets [C]//Proceedings of the International Conference on Granular Computing. Taipei, China, 2011:

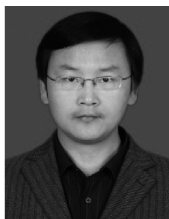
641-646.

[22] TANG J G, SHE K, ZHU W. Covering-based rough sets based on the refinement of covering-element[J]. International Journal of Computational and Mathematical Sciences, 2011, 5: 198-208.

[23] WANG S P, ZHU W. Matroidal structure of covering-based rough sets through the upper approximation number[J]. International Journal of Granular Computing, Rough Sets and Intelligent Systems, 2011, 2(2): 141-148.

[24] ZHANG Y, LI J, WU W. On axiomatic characterizations of three pairs of covering based approximation operators[J]. Information Sciences, 2010, 180(2): 274-287.

作者简介:



汤建国,男,1978年生,讲师,博士,主要研究方向为粗糙集、粒计算和语言动力学。参与国家自然科学基金项目3项,发表论文十余篇,其中SCI检索2篇,EI检索4篇;出版专著1部。



汪江桦,女,1982年生,讲师,博士,主要研究方向为数据挖掘。发表学术论文多篇,其中核心论文6篇,参与国家社科项目1项。



韩莉英,女,1972年生,副教授,主要研究方向为人工智能和数据库应用。发表论文多篇,其中核心论文3篇。



祝峰,男,1962年生,教授,博士,闽江学者,主要研究方向为粗糙集、粒计算、拟阵、语言动力学等。发表论文数十篇,其中SCI检索50余篇,主持国家自然科学基金项目3项和省部级项目多项。

2014 集对分析湖州会议通知

第13次全国集对分析学术研讨会(SPA2014:湖州)暨集对分析提出25周年纪念会定于2014年11月1日—2日在浙江湖州召开,由湖州师范学院信息工程学院承办,会议主题为“集对分析与信息处理”,本次会议拟在会前由清华大学出版社出版会议论文集,现向各界征集以下内容的论文:

- 集对分析与计算机信息处理;
- 集对分析与信息安全;
- 集对分析与大数据数据挖掘;
- 集对分析与绿色智能计算;
- 集对分析联系数中的信息与应用;
- 信息处理的数学基础与集对分析;
- 联系概率中的信息与应用;
- 集对分析在航空、航天、水文、气象、地质、地理、矿山、电力、环境、交通、物流、邮电、通讯、农业、工业、林业、医学、商务、经济、军事、教育、体育、生活、安全与非传统安全等领域各种信息处理中的应用;
- 信息不确定性的集对分析;
- 集对分析在人工智能与模式识别和不确定性推理中的应用;
- 有关集对分析和信息处理的其他内容。

应征论文应当是未公开发表过的研究成果,有创新点,论文格式按正式出版物要求,包括中英文文题、摘要、关键字、正文、参考文献在内的总字数在6000字以内,应征论文请在2014年7月1日前发送到以下电子邮箱:

spacnm@163.com jylsy@hutc.zj.cn gyg68@hutc.zj.cn

联系电话:18258527568,联系人:赵老师