

基于不协调决策信息系统的有效教学影响因素分析

陈亚菲 王 霞

(浙江海洋学院数理与信息学院 舟山 316022)

摘 要 有效教学理念的推广与实施是新课程改革的重点项目之一,然而在深入贯彻有效教学方针的过程中,教学效果不明显等问题不断凸显。首先根据粗糙集约简理论给出约简算法。其次在对有效教学影响因素进行实地调查研究的基础上,通过随机抽样得到有关有效教学影响因素分析表,并将其转化为决策信息系统。然后利用约简算法对有效教学影响因素实例进行分析,得到分布约简、最大分布约简、分配约简、下近似约简和上近似约简。最后对有效教学影响因素决策信息系统的约简结果进行解释,从而指导有效教学方案的制定,提高有效教学的效果。

关键词 粗糙集,有效教学,属性约简,不协调信息系统

中图分类号 TP181 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2015.6.024

Analysis of Factors of Effective Teaching Based on Inconsistent Decision Information Systems

CHEN Ya-fei WANG Xia

(School of Mathematics, Physics & Information Science, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China)

Abstract To popularize and apply the idea of effective teaching is one of important projects about curricular reform. However, many problems such as unremarkable teaching effect occur in the process of effective teaching. According to the theory of attribute reduction in rough set, an algorithm was firstly obtained for attribute reduction. Then a table about factors of effective teaching was constructed based on investigations about factors of effective teaching and randomly sampling, and transformed into a decision information system. Using the attribute reduction algorithm, the factors about effective teaching were also analyzed in order to obtain distribution reducts, maximum distribution reducts, assignment reducts, lower approximate reducts and upper approximate reducts attribute reducts. Finally the results of attribute reduction and attribute analysis were explained to guide the plan of effective teaching and further to improve teaching effect.

Keywords Rough set, Effective teaching, Attribute reduction, Inconsistent decision information systems

1 引言

有效教学的理念源于20世纪上半叶西方的教学科学化运动,是为了提高教师的工作效益、强化过程评价和目标管理的一种现代教学理念^[1]。当时,与实用主义哲学紧密联系的机能主义心理学和西方心理学“第一势力”的行为主义心理学在各国产生较大反响,在两大流派的影响下,有效教学理念逐渐成为教育学领域的重点研究对象。有效教学从效果、效用和效率这3个维度出发,指师生以课程标准为导向,遵循教学活动特别是学生活动的规律,以尽可能少的时间、精力和物力的投入,取得尽可能多的教学效果,产生尽可能好的教学效益,从而实现特定的教学目标,满足社会和个人的教育价值需求而组织实施的活动^[2]。有效教学是一种趋于现代化的教学理念,它强调的是:在全面提高教师工作效益的同时,尽可能地达到强化教学过程评价和教学目标管理的统一。而正确推进有效教学的实践,要求我们正确认识有效教

学的核心理念,明确有效教学的关键影响因素。在实践研究中,往往把影响教学活动进行并促成教学取得预期教学结果的相关因素称作有效教学活动的影响因素。目前,基于教育学与心理学的理论基础进行有效教学影响因素的分析是较为普遍的一种研究方法,文献[3-6]分别以教育学、心理学已有的理论为依据,讨论了影响课堂教学有效性的因素,对有效教学的进一步研究与实际应用具有一定的借鉴意义。但是,数学课堂教学结果的有效性受不同层面的因素影响,纯粹理论性解说与定性分析对于较为复杂的有效教学活动而言,则缺少一定的说服力。从一个新的角度分析有效教学影响因素问题是迫切需要的。

粗糙集理论(Rough Set Theory)^[7]由波兰著名学者Z. Pawlak于1982年提出,它是数据分析、信息处理和知识表示的一种重要工具,得到了广泛研究与应用。知识约简已成为粗糙集理论的重要研究课题之一,它的主要思想是在属性集中寻找能完全确定知识发现的最小属性子集,即最小属性

到稿日期:2014-04-01 返修日期:2014-05-22 本文受国家级大学生创新创业训练项目(201310340013),浙江省新苗人才项目(2013R411027)资助。

陈亚菲(1993-),女,主要研究方向为粗糙集方法及其应用;王霞(1980-),女,博士,副教授,主要研究方向为粗糙集理论、智能计算与不确定性推理,E-mail:bblylm@126.com。

子集确定的分类知识与用全体属性集确定的分类知识是相同的^[8]。我们知道,现实生活中大多数的决策数据库由于受到预测能力、数据噪声干扰、测量误差、主观意愿等各种各样的因素影响而导致数据信息的不协调性。所谓不协调性是指属于同一条件分类的对象却划分到不同的决策分类中,简单地说,即相同的条件得出不同的决策。目前,粗糙集的知识约简理论已取得了丰硕的研究成果^[8-16],这些理论为智能信息处理以及复杂数据库的知识约简和规则获取等问题提供了有效的处理技术。文献[13]提出了不协调决策信息系统的可能约简、近似约简、广义决策约简、 μ -决策约简以及 μ -约简,并讨论几种约简之间的关系。文献[14-16]提出了不协调决策信息系统的分布约简、最大分布约简、分配约简以及上、下近似约简,详细讨论了几种约简之间的关系,最后给出了可辨识矩阵约简方法。在对调查问卷的随机抽样过程中,我们发现抽取的有效教学影响因素构成的信息系统大多数是不协调的,所以本文利用文献[14-17]中提出的不协调决策信息系统的约简方法对数学课堂有效教学的各种影响因素做进一步分析研究。

本文首先从关于数学课堂有效教学的调查问卷中随机抽样建立决策信息系统;然后利用分布约简、最大分布约简、分配约简,以及上、下近似约简方法对其进行属性约简与属性特征分析,得到了5种属性约简下的所有属性约简集,并对其进行解释,从而指导有效教学方案的制定,提高有效教学的效果。

2 预备知识

本节给出粗糙集理论的相关概念与定义。

定义 1^[15] 称 (U, A, F) 为一个信息系统, $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为对象集, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ 为属性集。 F 为 A 和 U 的关系集,即 $F = \{f_j : j \leq m\}$,其中 $f_j : U \rightarrow V_j (j \leq m)$, V_j 为属性 a_j 的值域。

定义 2^[15] 称 (U, A, F, D, G) 为决策信息系统,其中 (U, A, F) 是信息系统, A 称为条件属性集, D 称为决策属性集或决策属性集,即 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_p\}$, G 为 U 和 D 的关系集,即 $G = \{g_j : j \leq p\}$,其中 $g_j : U \rightarrow V_j' (j \leq p)$, V_j' 为决策属性 d_j 的值域。

定义 3^[15] 设 (U, A, F, D, G) 为一个决策信息系统,记 $R_D = \{(x_i, x_j) : g_i(x_i) = g_j(x_j) (\forall d_i \in D)\}$,若 $R_A \subseteq R_D$,则称决策信息系统是协调的,否则,称其为不协调的。

设 (U, A, F, D, G) 是决策信息系统, R_A 与 R_D 分别为条件属性集 A 和决策属性集 D 生成的 U 上的等价关系。对于 $B \subseteq A$,记 $U/R_B = \{[x]_B : x \in U\}$, $U/R_D = \{D_1, D_2, \dots, D_r\}$,其中 $[x]_B = \{y \in U : (x, y) \in R_B\}$ 。

记

$$D(D_j/[x]_B) = \frac{|D_j \cap [x]_B|}{|[x]_B|} (j \leq r) \quad (1)$$

则 D 是 $P(U)$ 上的包含度。若记

$$\mu_B(x) = (D(D_1/[x]_B), D(D_2/[x]_B), \dots, D(D_r/[x]_B))$$

则称 $\mu_B(x)$ 为对象 x 关于属性 B 在决策信息系统中的广义决策分布函数。

进一步记

$$m_B(x) = \max_{j \leq r} (D(D_j/[x]_B)) = (D(D_{j_0}/[x]_B)) (x \in U)$$

则 $m_B(x)$ 是不确定性命题规则“若 $y \in [x]_B$,则 $y \in D_{j_0}$ ”的可信度。记

$$\gamma_B(x) = \{D_{j_0} : D(D_{j_0}/[x]_B) = \max_{j \leq r} D(D_j/[x]_B)\} (x \in U)$$

定义 4^[15] 设 (U, A, F, D, G) 是决策信息系统。对任意的 $B \subseteq A$:

(1)若 $\forall x \in U$ 有 $\mu_B(x) = \mu_A(x)$,则称 B 是分布协调集。若 B 是分布协调集,且 B 的任何真子集不是分布协调集,则称 B 是分布约简。

(2)若 $\forall x \in U$ 有 $\gamma_B(x) = \gamma_A(x)$,则称 B 是最大分布协调集。若 B 是最大分布协调集,且 B 的任何真子集不是最大分布协调集,则称 B 是最大分布约简。

定义 5^[15] 设 (U, A, F, D, G) 是决策信息系统。若 $\forall x \in U$ 有 $\delta_B(x) = \delta_A(x)$,则称 B 是分配协调集。若 B 是分配协调集,且 B 的任何真子集不是分配协调集,则称 B 是分配约简。其中 $\delta_B(x) = \{D_j : [x]_B \cap D_j \neq \emptyset\} (x \in U)$ 。

对任意的 $B \subseteq A$,不协调决策信息系统 (U, A, F, D, G) 下近似分布函数和上近似分布函数分别定义如下: $\underline{R}_B = (\underline{R}_B(D_1), \underline{R}_B(D_2), \dots, \underline{R}_B(D_r))$, $\bar{R}_B = (\bar{R}_B(D_1), \bar{R}_B(D_2), \dots, \bar{R}_B(D_r))$,其中,

$$\underline{R}_B(D_j) = \{[x]_{R_B} : [x]_{R_B} \subseteq D_j\}$$

$$\bar{R}_B(D_j) = \{[x]_{R_B} : [x]_{R_B} \cap D_j \neq \emptyset\}$$

$\underline{R}_B(D_j)$ 表示属于决策属性类 D_j 的条件属性类构成的集合,而 $\bar{R}_B(D_j)$ 表示可能属于决策属性类 D_j 的条件属性类构成的集合。

定义 6^[15] 设 (U, A, F, D, G) 是决策信息系统。

(1)若 $\forall x \in U$ 有 $\underline{R}_B = \underline{R}_A$,则称 B 是下近似协调集。若 B 是下近似协调集,且 B 的任何真子集不是下近似协调集,则称 B 是下近似约简。

(2)若 $\forall x \in U$ 有 $\bar{R}_B = \bar{R}_A$,则称 B 是上近似协调集。若 B 是上近似协调集,且 B 的任何真子集不是上近似协调集,则称 B 是上近似约简。

对任意的 $B \subseteq A$ 和 $x \in U$,记

$$G_B(x) = \{D_j \in U/R_D : [x]_{R_B} \subseteq D_j\}$$

$$M_B(x) = \{D_j \in U/R_D : [x]_{R_B} \cap D_j \neq \emptyset\}$$

定义 7^[15] 设 (U, A, F, D, G) 是决策信息系统, $U/R_A = \{C_1, C_2, \dots, C_t\}$ 。记

$$D_1^* = \{([x]_A, [y]_A) : \mu_A(x) \neq \mu_A(y)\}$$

$$D_2^* = \{([x]_A, [y]_A) : \gamma_A(x) \neq \gamma_A(y)\}$$

$$D_3^* = \{([x]_A, [y]_A) : \delta_A(x) \neq \delta_A(y)\}$$

$$D_4^* = \{([x]_A, [y]_A) : G_A(x) \neq G_A(y)\}$$

$$D_5^* = \{([x]_A, [y]_A) : M_A(x) \neq M_A(y)\}$$

用 $f_k(C_i)$ 表示属性 a_k 关于 C_i 中对象的取值。定义

$$D_l(C_i, C_j) = \begin{cases} \{a_k \in A : f_k(C_i) \neq f_k(C_j)\}, & (C_i, C_j) \in D_l^* \\ A, & (C_i, C_j) \notin D_l^* \end{cases}$$

当 $l=1, 2, 3, 4, 5$ 时,分别称 $D_l(C_i, C_j)$ 为 C_i 与 C_j 的分布、最大分布、分配、下近似和上近似可辨识属性集。 $D_l = (D_l(C_i, C_j), i, j \leq t) (l=1, 2, 3, 4, 5)$ 分别称为决策信息系统的分布、最大分布、分配、下近似和上近似可辨识属性矩阵。

3 有效教学影响因素的分析

随着教育理念的不断革新,有效教学理念从萌芽到发展是教育教学领域研究的热点问题。有效教学从效用、效果、效率这 3 个维度阐述了以最少投入获取最优成果的教学观,符合时代进步和个体全面发展的要求。但是有效教学在实施过程中受诸多不确定性因素影响,以调研数据构建协调决策信息系统进行属性约简,一定程度上突破了理论分析的局限,但是约简结果具有一定的偶然性。因此我们结合教学实际,将有效教学影响因素分析转化为不协调决策信息系统的知识发现与知识约简问题,旨在通过介绍不协调决策信息系统属性约简的方法,分析有效教学影响因素之间的关联规则,研究更为普遍的教学现象,获取较客观的研究结果。

有效教学受诸多不确定因素影响,而教学是教师“教”、学生“学”与教材 3 个层面的有机统一,因此我们以教育学理论和客观教学规律为基础,分别从教师、学生和教材 3 个角度分析有效教学的主要影响因素:学习兴趣、学习习惯、学生学段;授课风格、多媒体设备应用;师生关系、教材难度等。其中,本文的研究对象是分别处于 3 个不同学段的学生,教师的授课风格以常用的分类(幽默型、技巧型、自然型)为讨论对象,多媒体设备应用根据设备与板书的结合程度分为整合式、传统式与现代式 3 类,师生关系则集中研究典型的和谐型、单向型与间离型。以此为依据设计了调查问卷,并做了实地调查。利用粗糙集的属性约简理论对回收的调查问卷进行分析,得出各影响因素对教学效果的影响程度。

3.1 约简算法

根据粗糙集的约简理论,利用 Matlab 软件给出如下约简算法:

```
Step 1 生成可辨识矩阵
A=xlsread('data1.xls');%'data1'为原始数据
[m,n]=size(A);
for i=1:m-1
    for j=1:m-i
        if A(i,:)==A(i+j,:)
            disp('A|各个元素对应相等')
        else
            B=A(i,:)-A(i+j,:);
            L=find(B)
        end
    end
end
for i=1:m
    for j=1:m-i
        C=intersect(L(i,:),L(i+j,:))
        if C==L(i,:)|C==L(i+j,:)
            if size(L(i,:))<size(L(i+j,:))
                L(i+j,:)=L(i,:)
            else
                L(i,:)=L(i+j,:)
            end
        end
    end
end
```

```
end
Step 2 生成约简集
C=xlsread('data2.xls')%'data2.xls'为所有属性子集构成的数据库
[q,r]=size(C);
for i=1:q
    for j=1:m
        D=intersect(C(i,:),L(j,:)); %属性子集与可辨识集求交集
        if D~=0 %属性子集与可辨识集相交非空
            L=find(C(i,:)) %标出符合条件的属性子集
        end
    end
end
end
```

3.2 有效教学影响因素实例分析

由于篇幅限制,本节从回收的调查问卷中随机抽取 10 份,建立有效教学影响因素抽样调查表,如表 1 所列。

表 1 关于有效教学影响因素抽样调查表

	学习 兴趣	授课 风格	设备 应用	师生 关系	教材 难度	学生 学段	学习 习惯	教学 结果
1	一般	幽默型	整合式	和谐型	难	第二学段	好	理想
2	一般	技巧型	现代式	单向型	易	第一学段	差	不佳
3	浓厚	幽默型	整合式	和谐型	难	第二学段	好	理想
4	浓厚	自然型	整合式	和谐型	难	第二学段	一般	一般
5	浓厚	幽默型	整合式	和谐型	难	第二学段	好	一般
6	较淡	自然型	传统式	间离型	一般	第三学段	一般	不佳
7	浓厚	幽默型	整合式	和谐型	难	第二学段	好	理想
8	浓厚	自然型	整合式	单向型	难	第二学段	好	一般
9	一般	技巧型	现代式	单向型	易	第一学段	差	一般
10	浓厚	自然型	整合式	和谐型	难	第二学段	一般	不佳

我们首先将各字段离散化,代码表示如下:

- a(学习兴趣):3—浓厚,2—一般,1—较淡;
- b(授课风格):3—幽默型,2—自然型,1—技巧型;
- c(师生关系):3—和谐型,2—单向型,1—间离型;
- d(设备应用):3—现代式,2—整合式,1—传统式;
- e(教材难度):3—难,2—一般,1—易;
- f(学生学段):3—第三学段,2—第二学段,1—第一学段;
- g(学习习惯):3—好,2—一般,1—差;
- h(教学结果):3—理想,2—一般,1—不佳;

按照上述离散方法,将有效教学影响因素抽样调查表中的数据离散化,得到有效教学决策信息系统 $(U,A,F,\{h\},\{g_h\})$,其中 $U=\{1,2,3,\cdots,10\}$, $A=\{a,b,c,d,e,f,g\}$,决策属性为 h ,如表 2 所列。

表 2 有效教学决策信息系统 $(U,A,F,\{h\},\{g_h\})$

	a	b	c	d	e	f	g	h
1	2	3	2	3	3	2	3	3
2	2	1	3	2	1	1	1	1
3	3	3	2	3	3	2	3	3
4	3	2	2	3	3	2	2	2
5	3	3	2	3	3	2	3	2
6	1	2	1	1	2	3	2	1
7	3	3	2	3	3	2	3	3
8	3	2	2	2	3	2	3	2
9	2	1	3	2	1	1	1	2
10	3	2	2	3	3	2	2	1

根据定义 3 可知

$U/R_A=\{\{1\},\{2,9\},\{3,5,7\},\{4,10\},\{6\},\{8\}\}$
 $U/R_h=\{\{1,3,7\},\{4,5,8,9\},\{2,6,10\}\}$

根据上述结果容易验证, $R_A \subsetneq R_h$, 即有效教学决策信息系统 $(U, A, F, \{h\}, \{g_h\})$ 是不协调的。

由上一节的算法可得 5 类可辨识矩阵(如表 3—表 7 所列)以及相应的 5 类约简集。由于可辨识矩阵是对称矩阵, 因此以下可辨识矩阵表中只列出矩阵的下三角部分。

表 3 分布可辨识矩阵 D_1^*

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
C ₁	A					
C ₂	bcdefg	A				
C ₃	a	A	A			
C ₄	abg	A	bg	A		
C ₅	A	A	A	acdefg	A	
C ₆	abd	abcef	bd	dg	acdefg	A

表 4 最大分布可辨识矩阵 D_2^*

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
C ₁	A					
C ₂	bcdefg	A				
C ₃	A	A	A			
C ₄	abg	A	bg	A		
C ₅	A	A	A	acdefg	A	
C ₆	abd	abcef	bd	dg	acdefg	A

表 5 分配可辨识矩阵 D_3^*

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
C ₁	A					
C ₂	bcdefg	A				
C ₃	a	A	A			
C ₄	abg	A	A	A		
C ₅	A	A	A	acdefg	A	
C ₆	abd	abcef	bd	dg	acdefg	A

表 6 下近似可辨识矩阵 D_4^*

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
C ₁	A					
C ₂	bcdefg	A				
C ₃	a	A	A			
C ₄	abg	A	A	A		
C ₅	A	A	A	acdefg	A	
C ₆	abd	abcef	bd	dg	acdefg	A

表 7 上近似可辨识矩阵 D_5^*

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
C ₁	A					
C ₂	bcdefg	A				
C ₃	a	A	A			
C ₄	abg	A	bg	A		
C ₅	A	A	A	acdefg	A	
C ₆	abd	abcef	bd	dg	acdefg	A

$B_1 = \{a, d, g\}, B_2 = \{a, b, g\}, B_3 = \{a, b, d\}$ 是有效教学决策信息系统 $(U, A, F, \{h\}, \{g_h\})$ 的 3 个分布约简。

易知分布协调集 B_1, B_2, B_3 均保持了对象在每个决策类中的隶属程度, B_1, B_2, B_3 是有效教学目标信息系统 $(U, A, F, \{h\}, \{g_h\})$ 的分布约简, 它们所产生的规则与由 A 产生的规则有相同的可信度。

$B_4 = \{b, g\}, B_5 = \{b, d\}$ 是有效教学决策信息系统 $(U, A, F, \{h\}, \{g_h\})$ 的两个最大分布约简。

B_4, B_5 保持每个对象的最大分布决策类不变, 由它们产生的不确定性命题规则与由 A 产生的规则相同, 但是可信度可能不同。

$B_6 = \{a, d\}$ 是有效教学决策信息系统 $(U, A, F, \{h\},$

$\{g_h\})$ 的分配约简。

分配约简 B_6 保持所有对象的可能决策类不变, 它所产生的对象可能决策类与 A 产生的相同。

$B_6 = \{a, d\}$ 也是有效教学决策信息系统 $(U, A, F, \{h\}, \{g_h\})$ 的下近似约简。

$B_1 = \{a, d, g\}, B_2 = \{a, b, g\}, B_3 = \{a, b, d\}$ 也是有效教学决策信息系统 $(U, A, F, \{h\}, \{g_h\})$ 的上近似约简。

结束语 通过实地调查收集影响有效教学的相关因素, 在基于协调决策信息系统分析有效教学影响因素的基础上, 本文合理考虑问卷抽样的随机性与客观性, 构建关于有效教学影响因素的不协调决策信息系统, 利用不协调决策信息系统的 5 种约简方法对有效教学决策信息系统进行属性约简和属性特征分析, 分别得到如下约简结果: 分布约简集为 $B_1 = \{a, d, g\}, B_2 = \{a, b, g\}$ 和 $B_3 = \{a, b, d\}$; 最大分配集为 $B_4 = \{b, g\}$ 和 $B_5 = \{b, d\}$; 分配协调集和下近似协调集均为 $B_6 = \{a, d\}$; 上近似协调集为 B_1, B_2, B_3 。根据如上约简结果, 可以得出: 设备应用(c)、教材难度(e)与学生学段(f)这 3 个属性在有效教学方案的实施过程中影响并不显著, 教师在教育教学过程中应注重学生学习兴趣(a)的激发和良好学习习惯(g)的培养; 同时, 教师应重视自身素质的提高, 加强教师技能的锻炼和专业文化素养的提升, 适当提升自身对软件等多媒体设备的学习与应用, 加强师生之间的交流与互动, 在学习和生活中构建和谐和谐的师生关系(d), 积累丰富的教学经验, 能够做到根据不同的教学内容设计相对应的教学过程, 灵活改变授课风格(b), 有效提高教学效果, 使时间、精力分配最优化, 落实新课程改革的有效教学理念的实施。

参 考 文 献

- [1] 陈厚德. 基础教育新概念——有效教学[M]. 北京: 教育科学出版社, 2000
Chen H D. The new conceptions of elementary education——effective teaching [M]. Beijing: Education and Science Press, 2000
- [2] 余文森. 有效教学的三大内涵及其意义[J]. 中国教育学报, 2012, 33(5): 42-46
Yu W S. The connotation and significance of effective teaching [J]. Journal of the Chinese society of education, 2012, 33(5): 42-46
- [3] 冯运忠. 浅谈如何提高小学数学课堂教学效率[J]. 教育科学, 2012, 28(1): 114
Feng Y Z. How to improve the teaching efficiency of mathematics class of primary school[J]. Education and Science, 2012, 28(1): 114
- [4] 赵晓曼, 冯文全. 中小学课堂教学效率低下的原因及对策[J]. 内江师范学院学报, 2003, 18(3): 94-97
Zhao X M, Feng W Q. The cause and countermeasures of teaching inefficiency of primary and middle school class[J]. Journal of Neijing Normal University, 2003, 18(3): 94-97
- [5] 莫如彪, 虞忠富, 汪珏, 等. 课堂教学效率影响因素分析[J]. 中国民族教育, 2006, 21(4): 36
Mo R B, Tuo Z F, Wang J, et al. Analysis of the factors affecting the efficiency of class teaching[J]. Education of Central Nationalities, 2006, 21(4): 36

(下转第 134 页)

- for video streaming services in multi-cloud[J]. Tsinghua Science and Technology, 2013, 18(3): 308-317
- [2] Ashraf A, Jokhio F, Deneke T, et al. Stream-based admission control and scheduling for video transcoding in cloud computing [C]// 2013 13th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid). IEEE, 2013: 482-489
 - [3] 吴冀衍, 乔秀全, 程瀚, 等. 延迟敏感的移动多媒体会议端到端服务质量保障[J]. 计算机学报, 2013, 36(7): 1399-1412
Wu Ji-yan, Qiao Xiu-quan, Cheng Bo, et al. End-to-end QoS guarantee for delay-sensitive mobile multimedia conferencing [J]. Chinese Journal of Computers, 2013, 36(7): 1399-1412
 - [4] Chu S L, Lo M J. Novel memory access scheduling algorithms for a surveillance system[J]. Appl. Math, 2013, 7(2): 801-808
 - [5] 熊李艳, 张胜辉. WRR 算法在多类别实时数据流调度中的优化[J]. 计算机工程与科学, 2012, 34(7): 35-38
Xiong Li-yan, Zhang Sheng-hui. The optimization of the WRR algorithm in multi-class real-time data scheduling[J]. Computer Engineering & Science, 2012, 34(7): 35-38
 - [6] 王勇, 张应刚, 袁集燕. 一种高效率的零延迟 VBR 编码视频流调度算法[J]. 计算机工程与科学, 2013, 35(8): 130-134
Wang Yong, Zhang Ying-gang, Yuan Cao-yan. A high efficient scheduling algorithm for VBR-encoded video stream with zero delay[J]. Computer Engineering & Science, 2013, 35(8): 130-134
 - [7] 李懿雯, 白光伟, 沈航, 等. 无线网络视频感知机会网络编码协议及其仿真研究[J]. 系统仿真学报, 2014, 26(2): 345-352
Li Yi-wen, Bai Guang-wei, Shen Hang, et al. Simulation study of video-aware opportunistic network coding protocol over wireless networks[J]. Journal of System Simulation, 2014, 26(2): 345-352
 - [8] 朱予辰, 冯冬芹, 褚健. 基于 EPA 的块数据流通信调度与控制[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2012, 46(11): 2097-2115
Zhu Yu-chen, Feng Dong-qin, Chu Jian. EPA based communication scheduling algorithm and control scheme for block stream [J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2012, 46(11): 2097-2115
 - [9] Chen J, Mahindra R, Khojastepour M A, et al. A scheduling framework for adaptive video delivery over cellular networks [C]// Proceedings of the 19th Annual International Conference on Mobile Computing & Networking. ACM, 2013: 389-400
 - [10] Bhatia R, Lakshman T V, Netravali A, et al. Improving mobile video streaming with link aware scheduling and client caches [C]// 2014 Proceedings INFOCOM. IEEE, 2014: 100-108
 - [11] Hua K L, Chiu G M, Pao H K, et al. An efficient scheduling algorithm for scalable video streaming over P2P networks[J]. Computer Networks, 2013, 57(14): 2856-2868
 - [12] Sheikh A M, Fiandrotti A, Magli E. Distributed scheduling for scalable P2P video streaming with network coding [C]// 2013 Proceedings IEEE INFOCOM. IEEE, 2013: 11-12
 - [13] Molazem Tabrizi F, Peters J, Hefeeda M. Dynamic control of receiver buffers in mobile video streaming systems [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2013, 12(5): 995-1008
 - [14] Zhou L, Hu R Q, Qian Y, et al. Energy-spectrum efficiency tradeoff for video streaming over mobile ad hoc networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2013, 31(5): 981-991
 - [15] Zhou L, Hu R Q, Qian Y, et al. Energy-spectrum efficiency tradeoff for video streaming over mobile ad hoc networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2013, 31(5): 981-991
 - [16] 姚杰, 谭建明, 唐超, 等. 基于运动估计的视频质量评价[J]. 重庆理工大学学报: 自然科学版, 2012, 26(5): 74-78
Yao Jie, Tan Jian-ming, Tang Chao, et al. Video Quality Assessment Based on Motion Estimation[J]. Journal of Chongqing University of Technology: Natural Science, 2012, 26(5): 74-78

(上接第 110 页)

- [6] 刘国华. 试析影响数学课堂教学质量的内部因素[J]. 安顺师专学报, 1997, 15(2): 40-46
Liu G H. Analysis of the internal factors affecting the quality of mathematics class teaching[J]. Journal of Anshun Normal University, 1997, 15(2): 40-46
- [7] Pawlak Z. Rough sets [J]. Journal of Computer and Information Science, 1982, 11(5): 341-356
- [8] Pawlak Z. Rough Sets: Theoretical Aspects of Reasoning about Data[M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991
- [9] Skowron A, Rauszer C. The discernibility matrices and functions in information systems [C]// Intelligent Decision Support, Handbook of Applications and Advances of the Rough Set Theory, Kluwer Academic Publisher. Slowinski R. ed., Dordrecht, 1991: 331-362
- [10] Slezak D. Approximate reducts in decision tables [C]// Proc. 6th Conf. Int. on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU 1996). Granada, Spain, 1996: 1159-1164
- [11] Stefanowski J. On rough set based approaches to induction of decision rules [C]// Polkowski L, Skowron A. eds., Rough Sets in Knowledge Discovery. Heidelberg, Physica-Verlag, 1998: 500-529
- [12] Mi J S, Wu W Z, Zhang W X. Approaches to knowledge reduction based on variable precision rough set model [J]. Information Sciences, 2004, 159: 255-272
- [13] Kryszkiewicz M. Comparative study of alternative type of knowledge reduction in inconsistent systems [J]. International Journal of Intelligent Systems, 2001, 16: 105-120
- [14] Zhang W X, Mi J S, Wu W Z. Approaches to knowledge reductions in inconsistent systems [J]. International Journal of Intelligent Systems, 2003, 21: 989-1000
- [15] 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
Zhang W X, Liang Y, Wu W Z. Information System and Knowledge Discovery [M]. Beijing: Science Press, 2003
- [16] Mi J S, Wu W Z, Zhang W X. Approaches to approximation reducts in inconsistent decision tables [C]// Proc. 9th Int. Conf. on Rough Sets, Fuzzy Sets, Data Mining and Granular Computing (RSFDGrC 2003). Wang G Y, Liu Q, Yao Y Y, et al. eds., Chongqing, China, 2003: 283-286
- [17] 张文修, 米据生, 吴伟志. 不协调目标信息系统的知识约简 [J]. 计算机学报, 2003, 26(1): 12-18
Zhang W X, Mi J S, Wu W Z. Knowledge reduction of inconsistent decision information systems [J]. Chinese Journal of Computers, 2003, 26(1): 12-18