

# Vague 集方案优选算法在传动方案优选中的应用

王海丰<sup>1,2</sup> 王鸿绪<sup>2</sup> 张 鯤<sup>3</sup>

(东北林业大学信息与计算机工程学院 哈尔滨 150040)<sup>1</sup> (琼州学院电子信息工程学院 三亚 572022)<sup>2</sup>

**摘要** 针对火力发电厂的圆锥滚筛主结构传动设计方案问题,提出完整的 Vague 集传动设计方案决策优选算法。应用 Vague 集的相似度量分析,在一套新的 Vague 集(值)之间的相似度量公式的基础上,提出两个从区间值数据向 Vague 数据转化的公式,这两类公式成为完整的 Vague 方案优选方法的两个技术支撑。实验数据结果说明文中所提出的公式和方法都是实用的。

**关键词** Vague 集,方案决策,相似度量,区间值数据,转化公式

中图分类号 TP301 文献标识码 A

## Application of Optimization Algorithm of Vague Sets in Transmission Scheme Optimum Seeking

WANG Hai-feng<sup>1,2</sup> WANG Hong-xu<sup>2</sup> ZHANG Kun<sup>3</sup>

(Information and Computer Engineering College, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)<sup>1</sup>

(School of Electronic and Information Engineering, Qiongzhou University, Sanya 572022, China)<sup>2</sup>

**Abstract** For transmission design schemes to main structure of Tapered Roller Screen for Thermal Power Plant, we propose the intact optimization algorithm of Vague sets for transmission decision schemes. Applying similarity measures analysis of vague sets, we come up with more than two ways that was transformed from interval data to vague data that based on a set of new similarity measure formula for vague sets(value). Two kinds of proposed formulas are two technical supports for optimization algorithm of vague scheme. Experimental results show that the proposed formulas and optimization algorithm of vague scheme can provide a useful way for the application examples.

**Keywords** Vague sets, Decision of schemes, Similarity measures, Interval-valued data, Conversion formulas

### 1 引言

Vague 集理论<sup>[1]</sup>自 1993 年提出以来,已经在模式识别、机械设计、模糊控制、方案决策分析与专家系统<sup>[2-4]</sup>等许多领域得到应用。但是不能不注意到制约 Vague 集大规模应用的瓶颈尚未解决,即原始数据的 Vague 化问题。原始数据通常有两种:一类为单值数据,诸如整数 309 等,可用文献[5]所提供的公式将其 Vague 化。另一类为区间值数据,例如文献[32,59],可用文献[6,7]所提供的公式将其 Vague 化。本文将给出两个区间值数据向 Vague 数据转化的公式,并尝试应用完整的 Vague 方案优选方法重新研究文献[8]的圆锥滚筛主结构传动设计方案决策优选问题。

### 2 区间值数据转化成 Vague 数据的方法

**定义 1**<sup>[6]</sup> 设  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$  为指标集,  $Z$  上的集合  $R_i (i=1, 2, \dots, m)$  的指标  $z_j (j=1, 2, \dots, n)$  的数据为区间值数据  $[c_{ij}, d_{ij}] (d_{ij} \geq c_{ij} \geq 0)$ 。如果  $[c_{ij}, d_{ij}]$  转化成的 Vague 数据  $R_i(z_j) = [t_{ij}, 1-f_{ij}]$  满足平凡准则和效益准则,那么称这种区间值数据转化成的 Vague 数据的转化公式为效益型转化公式。如果  $[c_{ij}, d_{ij}]$  转化成的 Vague 数据  $R_i(z_j) = [t_{ij}, 1-$

$f_{ij}]$  满足平凡准则和成本准则,则称这种区间值数据转化成的 Vague 数据的转化公式为成本型转化公式。其中

a) 平凡准则:  $0 \leq t_{ij} \leq 1 - f_{ij} \leq 1$ 。

b) 效益准则: 如果  $z_{pj} > z_{qj} \geq 0$ , 而区间值数据  $[z_{pj}, z_{pj}]$  和  $[z_{qj}, z_{qj}]$  分别转化成的 Vague 值数据  $R_p(z_j) = [t_{pj}, 1-f_{pj}]$  和  $R_q(z_j) = [t_{qj}, 1-f_{qj}]$  满足  $t_{pj} \geq t_{qj}, 1-f_{pj} \geq 1-f_{qj}$ 。

c) 成本准则: 如果  $z_{pj} > z_{qj} \geq 0$ , 而区间值数据  $[z_{pj}, z_{pj}]$  和  $[z_{qj}, z_{qj}]$  分别转化成的 Vague 值数据  $R_p(z_j) = [t_{pj}, 1-f_{pj}]$  和  $R_q(z_j) = [t_{qj}, 1-f_{qj}]$  却满足  $t_{pj} \leq t_{qj}, 1-f_{pj} \leq 1-f_{qj}$ 。

**定理 1** 如果  $z_{j \max} = \max\{c_{1j}, d_{1j}, c_{2j}, d_{2j}, \dots, c_{mj}, d_{mj}\}$ ,  $k \geq h \geq 1, (k, h \in N^+)$ , 那么区间值数据  $[c_{ij}, d_{ij}]$  转化成的 Vague 数据的效益型转化公式如式(1)所示。

$$R_i(z_j) = [t_{ij}, 1-f_{ij}] = \left[ \frac{c_{ij}^k}{z_{j \max}^k}, \frac{d_{ij}^k}{z_{j \max}^k} \right] \quad (1)$$

区间值数据  $[c_{ij}, d_{ij}]$  转化成的 Vague 数据的成本型转化公式如式(2)所示。

$$R_i(z_j) = [t_{ij}, 1-f_{ij}] = \left[ 1 - \frac{d_{ij}^k}{z_{j \max}^k}, 1 - \frac{c_{ij}^k}{z_{j \max}^k} \right] \quad (2)$$

说明: ①当指标的数值取“越大越好”时,适合使用效益型转化公式;而当指标的数值取“越小越好”时,适合使用成本型转化公式。②式(1)和式(2)也适合于单值数据的 Vague 化。

本文受国家林业公益性行业科研专项(201204715),海南省高校科学研究项目(Hjkj2012-46)资助。

王海丰(1980-),男,博士生,讲师,主要研究方向为模式识别与智能控制, E-mail: wyfxxz@163.com; 王鸿绪(1946-),男,教授,主要研究方向为模糊控制、模糊信息处理; 张 鯤(1981-),男,硕士,副教授,主要研究方向为数据库设计、嵌入式系统设计。

### 3 Vague 集(值)之间的新相似度量公式

对 Vague 值  $z=[t_z, 1-f_z]$ , 文献[10]提出一种数据挖掘方法如下:记  $\pi_z=1-t_z-f_z$ ,  $t_z^{(0)}=t_z$ ,  $f_z^{(0)}=f_z$ ,  $\pi_z^{(0)}=\pi_z$ ; 并对  $m=1, 2, \dots$ , 定义  $t_z^{(m)}=t_z(1+\pi_z+\pi_z^2+\dots+\pi_z^{m-1})$ ;  $f_z^{(m)}=f_z(1+\pi_z+\pi_z^2+\dots+\pi_z^{m-1})$ ,  $\pi_z^{(m)}=\pi_z^{m+1}$ ;  $u_z^{(m)}=t_z^{(m)}-f_z^{(m)}$ 。

引理 1<sup>[10]</sup>  $[t_z^{(m)}, 1-f_z^{(m)}]$  是 Vague 值。

定义 2<sup>[11]</sup> 设  $z=[t_z, 1-f_z]$  和  $y=[t_y, 1-f_y]$  是两个 Vague 值,  $T(z, y)$  是 Vague 值  $z$  和  $y$  之间的相似度量, 如果满足

- (1) 平凡性:  $1 \geq T(z, y) \geq 0$ ;
- (2) 对称性:  $T(z, y) = T(y, z)$ ;
- (3) 反身性:  $T(z, z) = 1$ ;
- (4) 最小性: 当  $z=[1, 1]$ ,  $y=[0, 0]$  或  $z=[0, 0]$ ,  $y=[1, 1]$  时,  $T(z, y) = 0$ 。

定理 2 设  $a, b, c \in [0, 1]$  且  $a+b+2c=4$ ,  $m=0, 1, 2, \dots$  则 Vague 值  $z=[t_z, 1-f_z]$  和  $y=[t_y, 1-f_y]$  之间的相似度量如式(3)所示。

$$T_m(z, y) = \frac{4-a|t_z^{(m)}-t_y^{(m)}|-b|f_z^{(m)}-f_y^{(m)}|-c|u_z^{(m)}(z)-u_z^{(m)}(y)|}{4+a|t_z^{(m)}-t_y^{(m)}|+b|f_z^{(m)}-f_y^{(m)}|+c|u_z^{(m)}(z)-u_z^{(m)}(y)|} \quad (3)$$

类似于定义 2 来定义 Vague 集  $R$  和  $G$  之间的相似度量, 此处省略。

定理 3 设论域为  $Z=\{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ , 其上有 Vague 集  $R = \sum_{i=1}^n [t_{R_i}(z_i), 1-f_{R_i}(z_i)]/z_i$  和  $G = \sum_{i=1}^n [t_G(z_i), 1-f_G(z_i)]/z_i$ ; 分别简记为  $R = \sum_{i=1}^n [t_{z_i}, 1-f_{z_i}]/z_i$  和  $G = \sum_{i=1}^n [t_{y_i}, 1-f_{y_i}]/z_i$ ;  $m=0, 1, 2, \dots$ , 则 Vague 集  $R$  和  $G$  之间的相似度量如式(4)所示。

$$T_m(R, G) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{4-a|t_{z_i}^{(m)}-t_{y_i}^{(m)}|-b|f_{z_i}^{(m)}-f_{y_i}^{(m)}|-c|u^{(m)}(z_i)-u^{(m)}(y_i)|}{4+a|t_{z_i}^{(m)}-t_{y_i}^{(m)}|+b|f_{z_i}^{(m)}-f_{y_i}^{(m)}|+c|u^{(m)}(z_i)-u^{(m)}(y_i)|} \quad (4)$$

定理 4 如果元素  $z_i$  的权数为  $w_i \in [0, 1]$  且  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ , 那么在定理 3 的条件下, Vague 集  $R$  和  $G$  之间的加权相似度量如式(5)所示。

$$WT_m(R, G) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \frac{4-a|t_{z_i}^{(m)}-t_{y_i}^{(m)}|-b|f_{z_i}^{(m)}-f_{y_i}^{(m)}|-c|u^{(m)}(z_i)-u^{(m)}(y_i)|}{4+a|t_{z_i}^{(m)}-t_{y_i}^{(m)}|+b|f_{z_i}^{(m)}-f_{y_i}^{(m)}|+c|u^{(m)}(z_i)-u^{(m)}(y_i)|} \quad (5)$$

### 4 完整的 Vague 方案优选方法及算例分析

#### 4.1 Vague 方案优选方法

文献[3, 4, 9]所提出的方法, 总结之可称为“Vague 方案优选方法”, 该方法设计合理、科学。在此方法中增加第一步: 原始数据 Vague 化, 便可以得到完整的 Vague 方案优选方法。其详细应用步骤是:

- (1) 建立待优选方案集合;
- (2) 对各个指标按照方案优劣排序, 提取理想最优方案;
- (3) 确定评价方案的经济技术指标, 建立评价指标体系;
- (4) 使用式(1)将原始数据 Vague 化; 主要包括两个部分, 一是将语言值转化为 Vague 区间值, 二是将区间值和单值数据 Vague 化;

(5) 分析 Vague 方案, 并得到最优方案。

#### 4.2 算例分析

采用文献[8]的圆锥滚筒筛主结构传动方案优化问题的数据来验证本文提出的方案优选算法的正确性和准确性。

(1) 建立待优选方案集合

文献[8]采用的原始数据如表 1 所列。其中, 方案  $R_1$ : 采用中心轴式主结构传动方案; 方案  $R_2$ : 采用拖轮组式主结构传动方案; 方案  $R_3$ : 采用圆柱齿轮传动式主结构传动方案; 方案  $R_4$ : 采用链轮传动式主结构传动方案。

表 1 原始数据表

	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	G
$z_1$	坏	好	良好	良好	$R_2$
$z_2$	易	中等	难	难	$R_1$
$z_3$	8~10	10~13	6~8	7~9	$R_2$
$z_4$	120	140	110	130	$R_2$
$z_5$	25	23	35	33	$R_2$
$z_6$	难	易	中等	中等	$R_2$

(2) 提取理想最优方案

根据文献[8]给出的各指标, 各方案优劣的排序, 得到各指标最优的方案, 组成理想设计方案  $G$ 。

(3) 建立评价指标体系

主要技术及经济指标为:  $z_1$ : 影响整机性能好坏程度;  $z_2$ : 安装调试难易程度;  $z_3$ : 使用寿命(a);  $z_4$ : 效益比率系数(%);  $z_5$ : 原材料成本(万元);  $z_6$ : 制造工艺难易程度。

各待优选方案和理想设计方案的主要技术及经济指标的原始数据如表 1 所列。

(4) 原始数据的 Vague 化

a) 语言值数据赋值

对表 1 中的语言值数据, 赋值(Vague 化)为: 好, 易:  $[0.8, 1]$ ; 良好, 中等:  $[0.6, 0.8]$ ; 坏, 难:  $[0.4, 0.6]$ , 则可把指标  $z_1, z_2, z_6$  的语言值转化成 Vague 值数据, 如表 2 所列。

表 2 Vague 数据表

	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	G
$z_1$	$[0.4, 0.6]$	$[0.8, 1]$	$[0.6, 0.8]$	$[0.6, 0.8]$	$[0.8, 1]$
$z_2$	$[0.8, 1]$	$[0.6, 0.8]$	$[0.4, 0.6]$	$[0.4, 0.6]$	$[0.8, 1]$
$z_3$	$[0.38, 0.77]$	$[0.77, 1]$	$[0.21, 0.62]$	$[0.29, 0.69]$	$[0.77, 1]$
$z_4$	$[0.73, 0.86]$	$[1, 1]$	$[0.62, 0.79]$	$[0.86, 0.93]$	$[1, 1]$
$z_5$	$[0.51, 0.71]$	$[0.43, 0.66]$	$[1, 1]$	$[0.89, 0.94]$	$[0.43, 0.66]$
$z_6$	$[0.4, 0.6]$	$[0.8, 1]$	$[0.6, 0.8]$	$[0.6, 0.8]$	$[0.8, 1]$

b) 区间值数据和单值数据的 Vague 化

在式(1)中, 取  $k=2, h=1$ , 则可把指标  $z_3$  的区间值数据以及  $z_4$  和  $z_5$  的单值数据 Vague 化, 如表 2 所列。表 2 给出了待优选方案  $R_i (i=1, 2, 3, 4)$  和理想设计方案  $G$  的 Vague 集表示。

(5) 分析 Vague 方案, 得到最优方案

应用本文给出的 Vague 集之间的相似度量式(4)(取  $m=2, a=b=c=1$ ), 计算待优选方案  $R_i (i=1, 2, 3, 4)$  和理想设计方案  $G$  之间的相似度量  $T_2(R_i, G)$ , 计算结果如下:

$$T_2(R_1, G) = 0.616, T_2(R_2, G) = 0.934,$$

$$T_2(R_3, G) = 0.511, T_2(R_4, G) = 0.555.$$

相似度量  $T(R, G)$  的数值越大, 表示  $R$  和  $G$  越相似; 数值越小, 表示  $R$  和  $G$  越不相似。所以从上述计算结果得到方案优劣的排序为  $R_2 > R_1 > R_4 > R_3$ 。其中符号“ $>$ ”表示“优

(下转第 119 页)

务架构需求冲突的元模型。接着,文中对业务架构需求冲突进行建模,探索出导致需求冲突的方法,并以医院的案例对方法的可行之处进行验证。其中用到了 KAOS 方法以及语义网络、本体建模等技术。本文的创新之处在于,在 TOGAF 视角下,尝试着对企业架构需求冲突进行验证,并取得了初步的进展。当然,对于技术架构需求、安全架构需求和数据架构需求这些子需求还有很多地方无法建模实现冲突检测,这也是今后继续研究扩展的方向。

### 参 考 文 献

[1] 郭树行,兰雨晴,金茂忠. 多维状态驱动的需求过程方法研究[J]. 四川大学学报:工程科技版,2007,39(Supp.):32-36

[2] 郭树行,高静,兰雨晴,等. 面向可信的构件本体建模研究[J]. 南京大学学报,2005,41:90-95

[3] GuoShu-hang, LanYu-qing, JinMao-zhong, et al. A New Method of Requirements Engineering Process Design[C]//Proceeding of the 4<sup>th</sup> International Conference on Advances in Computer Science and Technology. Langkawi, Malaysia, To be included AC-TA xplore,2008

[4] Nuseibeh B, Easterbrook S, Russo A. Leveraging inconsistency in software development [J]. IEEE Computer, 2000, 33(4): 24-

29

[5] Nuseibeh B, Easterbrook S, Russo A. Making inconsistency respectable in software development [J]. Journal of Systems and Software, 2001, 58(2):171-180

[6] Nuseibeh B, Easterbrook S. Requirements engineering: A roadmap[C]//Finkelstein A, ed. Proc. of the 22<sup>nd</sup> Int'l conf. on Software Engineering, Future of Software Engineering Track. Limerick; IEEE Computer Press, 2000; 35-46

[7] Jin Z, Lu R, Bell D. Automatically multi-paradigm requirements modeling and analyzing: An ontology-based approach[J]. Science in China(Series F), 2003, 46(4): 279-297

[8] Lu Ru-qian, Jin Zhi, Wan Rong-lin, et al. An approach of acquiring requirement information base on domain knowledge[J]. Journal of Software, 1996, 7(3): 137-144

[9] 金芝. 基于本体的自动需求获取[J]. 计算机学报, 2000, 23(5): 486-492

[10] 朱雪峰, 金芝. 关于软件需求中的不一致性管理[J]. 软件学报, 2005, 16(7)

[11] 涂成茂. 一种基于 KAOS 和 XML 的横切关注点识别方法[J]. 武汉工程大学学报, 2011, 33(9)

[12] 朱麟, 张友华, 李绍稳, 等. 基于本体的 HACCP 体系只是获取与知识表示[J]. 数字技术与应用, 2009: 69-71

(上接第 92 页)

[3] 胡明涵, 张刚, 任飞亮. 模糊形式概念分析与模糊概念格[J]. 东北大学学报, 2007, 28(9): 1274-1277

[4] Qu K S, Zhai Y H, Liang J Y, et al. Study of decision implications based on formal concept analysis [J]. International Journal of General Systems, 2007, 36(2): 147-156

[5] Wu W Z, Leung Y, Mi J S. Granular computing and knowledge reduction in formal contexts [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2009, 21(10): 1461-1474

[6] Pei D, Li M Z, Mi J S. Attribute reduction in fuzzy decision formal contexts[C]//Proceedings of MLC. 2011; 204-208

[7] Yang H Z, Leung Y, Shao W M. Rule acquisition and attribute reduction in real decision formal contexts [J]. Soft Computing, 2011, 15(6): 1115-1128

[8] Li J H, Mei C L, Lv Y J. Knowledge reduction in real decision

formal contexts [J]. Information Sciences, 2012, 189: 191-207

[9] Li J H, Mei C L, Lv Y J. Incomplete decision contexts: Approximate concept construction, rule acquisition and knowledge reduction [J]. International Journal of Approximate Reasoning, 2013, 54(1): 149-165

[10] 杨丽, 徐阳. 基于格值逻辑的模糊概念格[J]. 模糊系统与数学, 2009, 23(5): 15-20

[11] 吴强, 周文, 刘宗田, 等. 基于粗糙集理论的概念格属性约简及算法[J]. 计算机科学, 2006, 33(6): 179-181

[12] 魏玲, 祈建军, 张文修. 概念格与粗糙集的关系研究[J]. 计算机科学, 2006, 33(3): 18-21

[13] 宋笑雪, 张文修, 李红. 变精度对象概念格的构造及其性质[J]. 计算机科学, 2010, 37(12): 197-200, 214

[14] 刘保相, 张春英. 一种新的概念格结构区间概念格[J]. 计算机科学, 2012, 39(8): 273-277

(上接第 104 页)

于”。最优方案是  $R_2$ , 此结论与文献[9]应用模糊数学方法和布林法所得到的结果一致。

**结束语** 完整的 Vague 方案优选方法是 Vague 集的一种新方法。这种方法的思路是:在待优化的设计方案中,对单个指标提取最理想数据,组成理想设计方案的数据;应用 Vague 集的相似度量分析,得到待优化的设计方案的(相对于理想设计方案的)优劣排序。从而给诸如圆锥滚筒主结构传动方案优化设计问题,提供了一种 Vague 集应用的新方法。

### 参 考 文 献

[1] Gau Wen-lung, Buehrer D J. Vague sets[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1993, 23(2): 610-614

[2] 王昌. 一种新区间值 vague 集及其在模式识别中的应用[J]. 计算机科学, 2010, 37(10): 221-224, 274

[3] 彭安华. Vague 集的相似度量分析在材料选择中的应用[J]. 煤

矿机械, 2006, 27(5): 891-893

[4] 张均富, 梁丽. 基于 Vague 集的绿色包装设计评价方法[J]. 包装工程, 2007, 28(2): 110-112

[5] 王鸿绪. 单值数据转化为 Vague 值数据的定义和转化公式[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(24): 42-44

[6] 王鸿绪. 关于区间值数据向 Vague 值数据转化公式的研究[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(23): 56-58

[7] 王鸿绪. 区间值数据向 Vague 值数据的转化公式[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(18): 43-44

[8] 张伟. 圆锥滚筒主结构传动的优化设计[J]. 煤矿机械, 2009, 30(5): 15-17

[9] 娄建国. Vague 集之间的相似度量及其在方案决策中的应用[J]. 工程设计学报, 2005, 12(6): 325-328

[10] 刘华文, 王凤英. Vague 集的转化与相似度量[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(32): 79-81, 84

[11] 王鸿绪. Vague 集之间的相似度量公式及其应用[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(26): 198-199