Vague 综合评判方法

张东风[1],张金隆[1],窦亚玲[2]
ZHANG Dong-feng[1],ZHANG Jin-long[1],DOU Ya-ling[2]

1.华中科技大学 管理学院,武汉 430074
2.华中科技大学 计算机学院,武汉 430074
1.School of Management,Huazhong University of Science & Technology,Wuhan 430074,China
2.School of Computer Science,Huazhong University of Science & Technology,Wuhan 430074,China
E-mail:hustzdf@gmail.com

ZHANG Dong-feng,ZHANG Jin-long,DOU Ya-ling.Vague comprehensive evaluation approach.Computer Engineering and Applications,2009,45(9):154-156.

Abstract: An improved fuzzy comprehensive evaluation method based on vague sets is proposed.Utilize the operators between vague sets to obtain the overall fuzzy appraisal of all alternatives.By establishing the probability matrix,get the rank vector of the alternative set.A practical application is shown to illustrate the proposed method.
Key words: fuzzy sets;comprehensive evaluation;vague sets;probability matrix

摘 要:给出了一种基于 Vague 集的模糊综合评判方法,利用 Vague 集的运算得到全部候选方案的总体模糊评判值,通过两两比较建立可能度矩阵,得到候选方案集的排序向量,从而实现对候选方案的最优选择。通过实例表明,该方法切实可行,可以很好地帮助用户从多个候选方案中选择最适合的方案。
关键词:模糊集;综合评判;Vague 集;可能度矩阵
DOI:10.3778/j.issn.1002-8331.2009.09.044 **文章编号:**1002-8331(2009)09-0154-03 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP311

1 引言

建立在 Fuzzy 集理论[1]基础上的模糊综合评判方法是工业、管理评价领域常用的一种方法,它的评价结果比较全面和客观,适合于多主体、多层次、多类指标评价。但在 Fuzzy 集理论中,隶属度是一个单值,无法同时表示支持和反对的证据。Gau 和 Buehrer 于 1993 年提出的 Vague 集理论[2]扩展了 Fuzzy 集理论,定义了真隶属函数与假隶属函数两个值,能够更好地表示模糊、不确定性信息。目前,已经有许多学者广泛使用 Vague 集理论来研究评价与决策问题[3-5]。借鉴模糊综合评判方法的原理思想,采用 Vague 集的基本理论,利用 Vague 集的运算得到全部候选方案的总体模糊评判值,通过两两比较建立全部候选方案的可能度矩阵。进一步得到候选方案的排序向量,从而实现对候选方案的优选。通过算例证明,给出的方法切实可行,有很好的比较和选择能力。

2 Vague 集理论

2.1 Vague 集

令 U 是一个点(对象)的空间,其中的任意一个元素用 u 表示,U 中的一个 Vague 集 A 用一个真隶属函数 t_A 和一个假隶属函数 f_A 表示,$t_A(u)$是从支持 u 的证据所导出的的隶属度下界,$f_A(u)$则是从反对 u 的证据所导出的 u 的否定隶属度下界,$t_A(u)$和 $f_A(u)$将区间[0,1]中的一个实数与 U 中的每一个点联系起来,即

$$t_A:U\to[0,1],f_A:U\to[0,1]$$

其中,$t_A(u)+f_A(u)\leqslant 1$。元素 u 在 Vague 集 A 中的隶属度被区间[0,1]的一个子区间$[t_A(u),f_A(u)]$所界定,称该区间为元素 u 在 A 中的 Vague 值,记作 $v_A(u)$。

当 U 是连续的时候,有

$$A=\int_U[t_A(u),1-f_A(u)]/u=\int_U v_A(u)/u(u\in U)$$

当 U 为离散的时候,有

$$A=\sum_{i=1}^{n}[t_A(u_i),1-f_A(u_i)]/u_i=\sum_{i=1}^{n}v_A(u_i)/u_i\ (u_i\in U)$$

由上可知,关于 u 的不确定性可以用差$(1-f_A(u)-t_A(u))$来表示,如果该差值小,这表明相当精确地知道 u;如果该差值大,则表明关于 u 知道得很少;如果 $1-f_A(u)=t_A(u)$,则表明精确地知道 u,此时 Vague 集就退化为 Fuzzy 集;如果 $1-f_A(u)$和 $t_A(u)$同时为 1 或 0,这取决于 u 属于还是不属于 Vague 集,此时关于 u 的信息是很精确的,也就是说 Vague 集已退化为普通集合。

2.2 Vague 集运算

Vague 集本质上是一类直觉模糊集[6],许多模糊集之间的

基金项目:国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.70571025,No.70731001)。
作者简介:张东风(1975-),男,博士生,工程师,主要研究领域为管理评价与决策。
收稿日期:2008-02-03 **修回日期:**2008-04-18

运算同样可以定义在 Vague 集上。下面给出 Vague 集之间常用的关系与运算。

设 Vague 值 $x=[t_x,1-f_x]$,$y=[t_y,1-f_y]$,其中 $t_x,f_x,t_y,f_y\in[0,1]$且 $t_x+f_x\leqslant 1$,$t_y+f_y\leqslant 1$。Vague 值的运算与关系如下:

交运算:

$$x\wedge y=[\min(t_x,t_y),\min(1-f_x,1-f_y)]=[\min(t_x,t_y),1-\max(f_x,f_y)]$$

并运算:

$$x\vee y=[\min(t_x,t_y),\max(1-f_x,1-f_y)]=[\max(t_x,t_y),1-\min(f_x,f_y)]$$

补运算:$\bar{x}=[f_x,1-t_x]$

包含关系:$x\leqslant y\Leftrightarrow t_x\leqslant t_y$ & $f_x\geqslant f_y$

相等关系:$x=y\Leftrightarrow t_x=t_y$ & $f_x=f_y$

设 Vague 集 $A=\sum\limits_{i=1}^{n}[t_A(u_i),1-f_A(u_i)]/u_i$,$B=\sum\limits_{i=1}^{n}[t_B(u_i),1-f_B(u_i)]/u_i$,定义 Vague 集的运算与关系如下:

交运算:$A\cap B=\sum\limits_{i=1}^{n}\{[t_A(u_i),1-f_A(u_i)]\wedge[t_B(u_i),1-f_B(u_i)]\}/u_i$

并运算:$A\cup B=\sum\limits_{i=1}^{n}\{[t_A(u_i),1-f_A(u_i)]\vee[t_B(u_i),1-f_B(u_i)]\}/u_i$

补运算:$\bar{A}=\sum\limits_{i=1}^{n}[f_A(u_i),1-t_A(u_i)]/u_i$

包含关系:$A\subseteq B\Leftrightarrow t_A(u_i)=t_B(u_i)\&f_A(u_i)\geqslant f_B(u_i)\quad\forall u_i\in U$

相等关系:$A=B\Leftrightarrow t_A(u_i)=t_B(u_i)\&f_A(u_i)=f_B(u_i)\quad\forall u_i\in U$

2.3 Vague 值的可能度

在形式上,Vague 值也是一种区间值。参照区间值的相关概念,给出 Vague 值的可能度定义。

对 Vague 值 $x=[t_x,1-f_x]$,$y=[t_y,1-f_y]$, 其中 $t_x,f_x,t_y,f_y\in[0,1]$,定义 $x\geqslant y$ 的可能性程度:

$$P(x\geqslant y)=\frac{\mathrm{Max}(0,L_x+L_y-\mathrm{Max}(0,1-f_y-t_x))}{L_x+L_y}$$

其中,$L_x=1-f_x-t_x$、$L_y=1-f_y-t_y$ 分别为 Vague 值 x,y 的长度。

根据定义,容易得到如下性质:

(1)$0\leqslant P(x\geqslant y)\leqslant 1$;

(2)如果 $P(x\geqslant y)=P(y\geqslant x)$,那么 $P(x\geqslant y)=P(y\geqslant x)=0.5$;

(3)$P(x\geqslant y)+P(y\geqslant x)=1$;

(4)对于任意三个 Vague 值 x,y,z,若 $P(x\geqslant y)\geqslant 0.5$,$P(y\geqslant z)\geqslant 0.5$,则 $P(x\geqslant z)\geqslant 0.5$。

3 基于 Vague 集的模糊综合评判断

提出一个基于 Vague 集的模糊综合评判方法,使用 Vague 值表示相应的评价指标权重和指标取值,该方法很适合帮助用户在不确定性环境下做出自己的决策。

设 $A=\{A_1,A_2,\cdots,A_K\}$是 K 个候选方案的集合,$\boldsymbol{C}=\{C_1,C_2,\cdots,C_N\}$是 N 类一级评价指标,每类指标下面包括多个子指标,$\boldsymbol{C}=\{C_{i1},C_{i2},\cdots,C_{iM_i}\}$ $(i=1,\cdots,N)$是类别 C_i 下面的 M_i 个二级指标。相应地,$\boldsymbol{C}=\{C_1,C_2,\cdots,C_N\}$对应的指标权重为 $\boldsymbol{W}=\{W_1,W_2,\cdots,W_N\}$,$\boldsymbol{C}_i=\{C_{i1},C_{i2},\cdots,C_{iM_i}\}$ 对应的权重向量为 $\boldsymbol{W}_i=\{W_{i1},W_{i2},\cdots,W_{iM_i}\}$。对于候选方案 $A_k(k=1,\cdots,K)$,对应的二级指标评价值为 $R_i^k=\{R_{i1}^k,R_{i2}^k,\ \cdots,R_{iM_i}^k\}$。评价指标权重和取值都是 Vague 值表示的数据。

具体选择过程总结如下:

(1)使用语言变量来评价指标权重,一级指标的权重值为,子指标 $\boldsymbol{C}=\{C_1,C_2,\cdots,C_n\}$的权重值为 $\boldsymbol{W}=\{W_1,W_2,\cdots,W_n\}$,子指标 $\boldsymbol{C}_i=\{C_{i1},C_{i2},\cdots,C_{im}\}$的权重值为 $\boldsymbol{W}_i=\{W_{i1},W_{i2},\cdots,W_{im}\}$。

(2)使用语言变量对所有子指标 $C_{ij}(i=1,\cdots,n;j=1,\cdots,m)$做出评判,$C_{ij}$ 的评判值记为 R_{ij}。

(3)使用 Vague 集运算得到候选方案对应的一级指标 $\boldsymbol{C}=\{C_1,C_2,\cdots,C_N\}$的模糊评价值 $\boldsymbol{R}^k=\{R_1^k,R_2^k,\cdots,R_N^k\}$,具体表示为:

$$R_i^k=\bigcup_{j=1}^{M_j}W_{ij}\wedge R_{ij}^k\tag{1}$$

(4)计算候选方案 A_k 的总体模糊评价值,具体为:

$$R^k=\bigcup_{i=1}^{N}W_i\wedge R_i^k\tag{2}$$

由上得到候选方案 $A_1,A_2,\cdots,A_k$ 对应的 K 个总体模糊综合评价值 $R^1,R^2,\cdots,R^k$。

(5)利用 Vague 值的可能度公式,两两比较评价值 R^j 和 R^l $(j,l=1,\cdots,k)$,得到总体模糊综合评价值对应的可能度矩阵:

$$\boldsymbol{P}=\begin{bmatrix}P_{11}&P_{12}&\cdots&P_{1K}\\P_{21}&P_{22}&\cdots&P_{2K}\\\vdots&\vdots&&\vdots\\P_{K1}&P_{K2}&\cdots&P_{KK}\end{bmatrix}\tag{3}$$

其中,$p_{jl}=P(R^j\geqslant R^l)$。

利用可能度矩阵 $\boldsymbol{P}$ 的行和来定义候选方案集的排序向量 $\boldsymbol{O}=\{O_1,\cdots,O_K\}$,其中

$$O_j=\frac{\sum\limits_{l=1}^{K}p_{jl}}{\sum\limits_{j=1}^{K}\sum\limits_{l=1}^{K}p_{jl}}\tag{4}$$

依据排序向量 $\boldsymbol{O}$ 对候选方案集 $A=\{A_1,A_2,\cdots,A_K\}$进行排序。当 O_j 较大时,就表示应该选取 A_j。

4 应用实例

假如有三个候选方案供用户选择,选择的具体指标如图 1 所示。

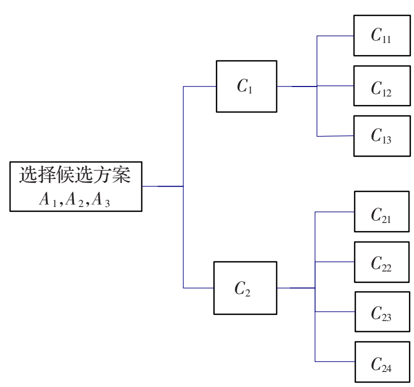

图 1　选择指标体系

C_1,C_2是选择所需考虑的两大类别,下面分别有三个、四个子指标。在本例中,$K=3,N=2,M_1=3,M_2=4$。

根据实际的情况,得到各指标权重如下:

$\boldsymbol{W}=([0.55,0.75],[0.60,0.85])$

表 1 第一类二级指标取值

	A_1	A_2	A_3
R_{11}	[0.50,0.85]	[0.45,0.65]	[0.75,0.95]
R_{12}	[0.50,0.65]	[0.35,0.70]	[0.65,0.90]
R_{13}	[0.70,0.90]	[0.45,0.75]	[0.55,0.80]

表 2 第二类二级指标取值

	A_1	A_2	A_3
R_{21}	[0.35,0.60]	[0.55,0.70]	[0.60,0.75]
R_{22}	[0.40,0.55]	[0.65,0.90]	[0.45,0.70]
R_{23}	[0.45,0.70]	[0.55,0.85]	[0.35,0.55]
R_{24}	[0.35,0.50]	[0.60,0.75]	[0.45,0.60]

表 3 候选方案集总体模糊综合评判值

	A_1	A_2	A_3
R_1	[0.70,0.90]	[0.45,0.75]	[0.55,0.80]
R_2	[0.45,0.70]	[0.65,0.85]	[0.60,0.75]
R	[0.70,0.90]	[0.65,0.85]	[0.60,0.80]

$\boldsymbol{W}_1=([0.35,0.70],[0.45,0.80],[0.75,0.90])$

$\boldsymbol{W}_2=([0.75,1.0],[0.65,0.85],[0.45,0.80],[0.35,0.75])$

对于第一类二级指标,A_1,A_2,A_3 的取值如表 1 所示。

对于第二类二级指标,A_1,A_2,A_3 的取值如表 2 所示。

应用公式(1)、(2),可以得到 A_1,A_2,A_3 的总体模糊综合判断值,如表 3 所示。

应用公式(3),得到可能度矩阵如下:

$$\boldsymbol{P}=\begin{bmatrix}0.500\,0 & 0.625\,0 & 0.750\,0\\ 0.375\,0 & 0.500\,0 & 0.625\,0\\ 0.250\,0 & 0.375\,0 & 0.500\,0\end{bmatrix}$$

应用公式(4),得到排序向量为:

$\boldsymbol{O}=\{0.416\,7,0.333\,3,0.250\,0\}$

显示,A_1 对应的 O_1 最大。因此,可以说,对于用户来讲,A_1 是最适合的候选方案,可以最大程度上满足用户的偏好。

5 结束语

Vague 集理论比较客观地描述了现实世界对象的模糊本质,是处理不确定、不精确信息的有效数学方法,受到了越来越多的关注。提出了一个基于 Vague 集的改进的模糊综合判断方法。借鉴了模糊综合评判方法的原理思想,充分利用了 Vague 集处理不确定信息的优势,定义了 Vague 值比较的可能度概念,通过建立可能度矩阵对候选方案集进行排序。实例计算表明,该方法为用户选择最优方案提供了一条有效的途径。同时,提出的方法也可以应用于经济与社会等其它评价领域。

参考文献:

[1] Zadeh L A.Fuzzy sets[J].Information and Control,1965,8(3):338-353.

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

[3] Chen S M,Tan J M.Handling multi-criteria fuzzy decision-making problems based on vague set theory[J].Fuzzy Sets and Systems,1994,67(2):163-172.

[4] 周珍,吴祈宗.基于 Vague 集的多准则模糊决策方法[J].小型微型计算机系统,2005,26(8):1350-1353.

[5] 张东风,黄数林,李凡.An approach to measuring the similarity between Vague sets[J].华中科技大学学报,2004,32(5):59-60.

[6] Ye Jun.Improved method of multicriteria fuzzy decision-making based on vague sets[J].Computer-Aided Design,2007,39:164-169.

[7] Atanassov K.Intuitionistic fuzzy sets[J].Fuzzy sets and Systems,1986,20(1):87-96.

(上接 153 页)

在 N 对网络使用率的影响实验中,主要测试 N 在取不同值的情况下对网络使用率的影响。如图 7,随着 N 的增大,多重计时算法(s-$k$nn)在网络使用率上高于组查询算法(g-$k$nn),组查询算法在网络使用率上有优势。同样 N 值的增大对查询的影响不明显,这也再次验证了 P2P 结构框架特有的稳定性。

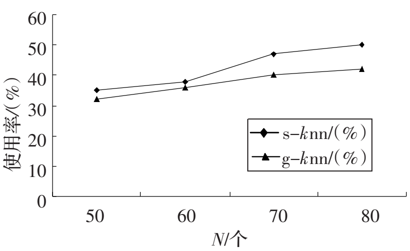

图 7 N 对网络使用率的影响

5 总结

本文探索了原有 kNN 查询框架中的组查询部分。在组查询算法中,移动物体按照一定的规则合并计时器,建立计时区间,并重新设计了临界物体的通信协议,提出了区间计时算法和临界点信息处理算法,有效降低了移动物体的处理负担和无线通信消耗。在模拟实验中,组查询算法在各项指标上均优于改进前的算法,尤其在查询数目增多时,优势更明显。

参考文献:

[1] Han Jiawei,Kamber M.数据挖掘概念与技术[M].北京:机械工业出版社,2001.

[2] Raptopou lou K,Papadopoulos A,Manolopoulos Y.Fast nearest-neighbor query processing in moving-object databases[J].GeoInformatica,2003,7(2):113-137.

[3] Tao Yufei,Faloutsos C,Papadias D,et al.Prediction and indexing of moving objects with unknown motion patterns[C]//Proceedings of the International Conference on Management of Data(SIGMOD 2004).Paris,France:ACM Press 2004:611-622.

[4] Yu Xiaohui,Pu Ken Q,Koudas N.Monitoring K-nearest neighbor queries over moving objects[C]//Proceedings of the 21st International Conference on Data Engineering,ICDE 2005,5-8 April 2005,Tokyo,Japan:IEEE Computer Society,2005.

[5] Li Yifan,Yang Jiong,Han Jiawei.Continuous K-nearest neighbor search for moving objects[C]//Proceedings of the 16th International Conference on Scientific and Statistical Database Management(SSDBM 2004),21-23 June 2004.Santorini Island,Greece:IEEE Computer Society,2004.

[6] Iwerks G S,Samet H,Smith K P.Continuous K-nearest neighbor queries for continuously moving points with updates[C]//Proceedings of 29th International Conference on Very Large Data Bases,September 9-12,2003.Berlin,Germany:Morgan Kaufmann,2003.

[7] Hu Haibo,Xu Jianliang,Lee Dik Lun.A generic framework for monitoring continuous spatial queries over moving objects[C]//Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data,Baltimore,Maryland,USA,June 14-16,2005.ACM,2005.

[8] 宋晓宇,王睿,孙焕良.基于 P2P 结构的 kNN 查询框架[J].沈阳建筑大学学报,2007,23(6):1040-1043.