(b,c)扩展的 Vague 集之间相似度量及其应用

符晓芳[1],张福金[2],王鸿绪[1,3]
FU Xiao-fang[1],ZHAGN Fu-jin[2],WANG Hong-xu[1,3]

1.琼州学院 数学系,海南 五指山 572200
2.琼州学院 物理系,海南 五指山 572200
3.琼州学院 计算机系,海南 五指山 572200
1.Department of Mathematics,Qiongzhou University,Wuzhishan,Hainan 572200,China
2.Department of Physics,Qiongzhou University,Wuzhishan,Hainan 572200,China
3.Department of Computer Science and Technology,Qiongzhou University,Wuzhishan,Hainan 572200,China
E-mail:fuxiaofang2008@126.com

FU Xiao-fang,ZHAGN Fu-jin,WANG Hong-xu.Similarity measures between Vague sets of (b,c) expand and its application.Computer Engineering and Applications,2009,45(30):37-39.

Abstract: Three series similarity measures formulas between vague sets(elements) based on three-dimensional representation and (b,c) expand and fuzzy set operations are presented.An example of the network information filtered is used to interpret that these formulas is practical.

Key words: Vague sets;three-dimensional representation;(b,c) expand;fuzzy set operations;similarity measures

摘 要:基于 Vague 值的三维表示,(b,c)扩展和模糊集运算,给出 Vague 集(值)间的相似度量的三个系列公式。应用于网络信息过滤的实例表明这些公式是实用的。

关键词: Vague 集;三维表示;(b,c)扩展;模糊集运算;相似度量
DOI:10.3778/j.issn.1002-8331.2009.30.012 **文章编号:**1002-8331(2009)30-0037-03 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP18

Zadeh 于1965 年提出模糊集理论[1],用精确的数学语言来刻画模糊概念,用多值逻辑的思想巧妙地处理了模糊信息的问题。已经在包括模糊控制、人工智能、数据库、模式识别、决策分析等众多应用领域得到广泛地应用,方法日臻成熟。

Gau 和 Buehrer 于 1993 年提出 Vague 集理论[2]。在隶属度上它从模糊集理论的一维($\mu_A(x)$)表示,变成 Vague 集理论的二维($[t_A(x),1-f_A(x)]$)表示。事实上直接用三维表示($(t_A(x),f_A(x),\pi_A(x))$)会将模糊信息更全部直接地呈现在人们的面前。鉴于 Vague 集理论已经在包括近似推理、模式识别、决策分析及其他智能系统在内的领域中得到应用,并且应用时相似度量成为不可或缺的工具。基于三维表示、(b,c)扩展和模糊运算,而提出三个系列的 Vague 集(值)间的相似度量公式。

1 基础知识

1.1 Vague 集的概念

设论域为 X,A 为 X 上的一个 Vague 集,可用一个真隶属函数 t_A 和一个假隶属函数 f_A 刻画:$t_A:X\to[0,1]$,$f_A:X\to[0,1]$。其中 $t_A(x)$是从支持 x 的证据所导出的隶属度的下界,$f_A(x)$是从反对 x 的证据所导出的否定隶属度的下界。x 对 A 的 Vague 值可记为 $A(x)=[t_A(x),1-f_A(x)]$,简记为 $x=[t_x,1-f_x]$,并满足约束条件:$t_x+f_x\leqslant 1$。记 $\pi_x=1-f_x-t_x$。Vague 值 $A(x)$也可用三维表示为 $A(x)=(t_A(x),f_A(x),\pi_A(x))$或者 $x=(t_x,f_x,\pi_x)$,其中 t_x、f_x、π_x 分别称为 x 对 A 的赞成度、反对度、跨踌度。

对于有限论域 $X=\{x_1,x_2,\cdots,x_m\}$上的 Vague 集 A,其二维、三维表示分别为

$$A=\{[t_A(x_1),1-f_A(x_1)],[t_A(x_2),1-f_A(x_2)],\cdots,[t_A(x_m),1-f_A(x_m)]\}$$

或者 $A=\sum_{i=1}^{m}[t_A(x_i),1-f_A(x_i)]/x_i,x_i\in X$

$$A=\{(t_A(x_1),f_A(x_1),\pi_A(x_1)),(t_A(x_2),f_A(x_2),\pi_A(x_2)),\cdots,(t_A(x_m),f_A(x_m),\pi_A(x_m))\}$$

或者 $A=\sum_{i=1}^{m}(t_A(x_i),f_A(x_i),\pi_A(x_i))/x_i,x_i\in X$

当 X 为连续时,可记 X 上的 Vague 集 A 的二维、三维表示分别为

$$A=\int_X[t_A(x),1-f_A(x)]/x,x\in X$$

$$A=\int_X(t_A(x),f_A(x),\pi_A(x))/x,x\in X$$

基金项目:海南教育厅资助科研项目(the Research Project of Department of Education of Hainan Province,China under Grant No.Hjkj2009-57)。
作者简介:符晓芳(1973-),女,副教授,主要研究方向为信息处理和计算机应用;张福金(1956-),男,副教授,主要研究方向为工业控制等;王鸿绪(1946-),男,教授,主要研究方向为模糊信息处理等。
收稿日期:2008-06-10 **修回日期:**2008-08-29

1.2 Vague 值 x 的 (b,c) 扩展

由文献[3]给出的思想，得到下述 Vague 值 x 的 (b,c) 扩展的定义。

定义 1 对于论域 X 上的 Vague 值 $x=(t_x,f_x,\pi_x)$，取参数 $b,c\in[0,1]$，且 $b+c\leqslant1$。定义（$n=0,1,2,3,\cdots$）：

$t_x^{<0>}=t_x, f_x^{<0>}=f_x, \pi_x^{<0>}=\pi_x$；

$t_x^{<n+1>}=t_x^{<n>}+b\pi_x^{<n>}, f_x^{<n+1>}=f_x^{<n>}+c\pi_x^{<n>}, \pi_x^{<n+1>}=(1-b-c)\pi_x^{<n>},\cdots$。

1.3 Vague 集(值)间的相似度量的定义

定义 2[4] 设 $x=(t_x,f_x,\pi_x)$，$y=(t_y,f_y,\pi_y)$ 是论域 X 上的两个 Vague 值。称函数

$$M(x,y)=\begin{cases}\text{任意}, x=y=(0,0,1)\text{时}\\ P(x,y),\text{其他}\end{cases}$$

为 Vague 值 x 和 y 之间的相似度量。如果函数 $P(x,y)$ 满足如下公理：

公理 1 有界性：$P(x,y)\in[0,1]$；

公理 2 对称性：$P(x,y)=P(y,x)$；

公理 3 边界条件 1：当 $x=y$ 且 $\neq(0,0,1)$ 时，有 $P(x,y)=1$；

公理 4 边界条件 2：当 $x=(1,0,0)$，$y=(0,1,0)$ 或 $x=(0,1,0)$，$y=(1,0,0)$ 时，有 $P(x,y)=0$。

而称函数 $P(x,y)$ 为 Vague 值 x 和 y 之间的相似度量的伴随函数。

定义 3[4] 设有限论域 $X=[x_1,x_2,\cdots,x_m]$ 上的三维表示的 Vague 集：

$$A=\sum_{i=1}^{m}(t_A(x_i),f_A(x_i),\pi_A(x_i))/x_i, x_i\in X$$

$$B=\sum_{i=1}^{m}(t_B(x_i),f_B(x_i),\pi_B(x_i))/x_i, x_i\in X$$

称函数

$$M(A,B)=\begin{cases}\text{任意，当 }A=B=\{(0,0,1),(0,0,1),\cdots,(0,0,1)\}\text{时}\\ P(A,B),\text{其他}\end{cases}$$

为 Vague 集 A 与 B 之间的相似度量，如果函数 $P(A,B)$ 满足如下公理：

公理 5 有界性：$P(A,B)\in[0,1]$；

公理 6 对称性：$P(A,B)=P(B,A)$；

公理 7 边界条件 1：当 $A=B$ 且 $\neq\{(0,0,1),(0,0,1),\cdots,(0,0,1)\}$ 时，有：$P(A,B)=1$；

公理 8 边界条件 2：当 $A(x_i)=(1,0,0)$，$B(x_i)=(0,1,0)$ 或者 $A(x_i)=(0,1,0)$，$B(x_i)=(1,0,0)$，$(i=1,2,\cdots,m)$ 时，有 $P(A,B)=0$。

而称函数 $P(A,B)$ 为 Vague 集 A 和 B 之间的相似度量的伴随函数。

2 Vague 集(值)间的相似度量

定理 1 对 $n=0,1,2,3,\cdots$，有

(1) $[t_x^{<n>},1-f_x^{<n>}]$ 是论域 X 上的 Vague 值；

(2) $x^{<n>}$ 的三维表示为 $x^{<n>}=(t_x^{<n>},f_x^{<n>},\pi_x^{<n>})$，且 $t_x^{<n>}+f_x^{<n>}+\pi_x^{<n>}=1$。

记 $x^{<n>}=[t_x^{<n>},1-f_x^{<n>}]$，称为 Vague 值 x 的 (b,c) 扩展的 n 次 Vague 值。文献[3]用投票模型解释为：当第一轮投票没有胜出者时，需要进行第二轮投票。在第一轮投弃权票的人中可能有 b 比例的人在每二轮投赞成票，有 c 比例的人在第二轮投反对票。如此下去便得到 Vague 集串：$x^{<1>},x^{<2>},\cdots,x^{<n>}\cdots$。并有如下结论：

定理 2 当 $b+c\neq0$ 时，有

(1)[3] $t_x^{<+\infty>}=\lim\limits_{n\to+\infty}t_x^{<n>}=t_x+\dfrac{b\pi_x}{b+c}$，$f_x^{<+\infty>}=\lim\limits_{n\to+\infty}f_x^{<n>}=f_x+\dfrac{c\pi_x}{b+c}$，$\pi_x^{<+\infty>}=\lim\limits_{n\to+\infty}\pi_x^{<n>}=0$。

(2) 记 $x^{<+\infty>}=[t_x^{<+\infty>},1-f_x^{<+\infty>}]$，则 $t_x^{<+\infty>}=1-f_x^{<+\infty>}$。

定义 4 设 $x=(t_x,f_x,\pi_x)$，$y=(t_y,f_y,\pi_y)$ 是论域 X 上的两个 Vague 值。对 $n=0,1,2,\cdots,+\infty$，当 $u,v\in[0,1]$ 时，规定 $u\wedge v=\min\{u,v\}$，$u\vee v=\max\{u,v\}$，定义函数

$$P_{1,n}(x,y)=(t_x^{<n>}\wedge t_y^{<n>})+(f_x^{<n>}\wedge f_y^{<n>})+(\pi_x^{<n>}\wedge\pi_y^{<n>})$$

$$P_{2,n}(x,y)=\frac{(t_x^{<n>}\wedge t_y^{<n>})+(f_x^{<n>}\wedge f_y^{<n>})}{(t_x^{<n>}\vee t_y^{<n>})+(f_x^{<n>}\vee f_y^{<n>})}$$

$$P_{3,n}(x,y)=\frac{(t_x^{<n>}\wedge t_y^{<n>})+(f_x^{<n>}\wedge f_y^{<n>})+(\pi_x^{<n>}\wedge\pi_y^{<n>})}{(t_x^{<n>}\vee t_y^{<n>})+(f_x^{<n>}\vee f_y^{<n>})+(\pi_x^{<n>}\vee\pi_y^{<n>})}$$

定理 3 定义 4 中的函数具有下列性质：

(1) 有界性：$P_{i,n}(x,y)\in[0,1]$，$i=1,2,3$；

(2) 对称性：$P_{i,n}(x,y)=P_{i,n}(y,x)$，$i=1,2,3$；

(3) 边界条件 1：当 $x=y$ 时，$P_{i,n}(x,y)=1$，$i=1,2,3$；

(4) 边界条件 2：当 $x=(1,0,0)$，$y=(0,1,0)$ 或 $x=(0,1,0)$，$y=(1,0,0)$ 时，$P_{i,n}(x,y)=0$，$i=1,2,3$。

定理 4 对于 $n=0,1,2,\cdots,+\infty$，函数 $P_{1,n}(x,y)$、$P_{2,n}(x,y)$、$P_{3,n}(x,y)$ 皆为 Vague 值 x 和 y 之间的相似度量的伴随函数，而下列函数分别为它们对应的 Vague 值 x 和 y 之间的相似度量：

$$M_{k,n}(x,y)=\begin{cases}\text{任意}, x=y=(0,0,1)\text{时}\\ P_{k,n}(x,y),\text{其他}\end{cases}, k=1,2,3$$

注：当 $n=0$ 时，文献[6]中所给公式 $M_Q(x,y)$ 即是该文中的 $P_{3,0}(x,y)$。

定义 5 设论域 $X=\{x_1,x_2,\cdots,x_m\}$ 上有三维表示的 Vague 集：

$$A=\sum_{i=1}^{m}(t_A(x_i),f_A(x_i),\pi_A(x_i))/x_i=\sum_{i=1}^{m}(t_{x_i},f_{x_i},\pi_{x_i})/x_i, x_i\in X$$

$$B=\sum_{i=1}^{m}(t_B(x_i),f_B(x_i),\pi_B(x_i))/x_i=\sum_{i=1}^{m}(t_{y_i},f_{y_i},\pi_{y_i})/x_i, x_i\in X$$

对 $n=0,1,2,\cdots,+\infty$，定义 Vague 集 A 与 B 之间的函数为

$$P_{k,n}(A,B)=\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}P_{k,n}(A(x_i),B(x_i)), k=1,2,3$$

若元素 $x_i(i=1,2,\cdots,m)$ 的权重为 $\omega_i(\in(0,1])$，且 $\sum\limits_{i=1}^{m}\omega_i=1$，还可定义 A 与 B 之间的加权函数

$$WP_{k,n}(A,B)=\sum_{i=1}^{m}\omega_iP_{k,n}(A(x_i),B(x_i)), k=1,2,3$$

定理 5 当 $n=1,2,\cdots,+\infty$ 时，则

(1) 函数 $P_{k,n}(A,B)$，$(k=1,2,3)$ 是 Vague 集 A 与 B 之间的相似度量的伴随函数；

(2) 函数

$$M_{k,n}(A,B)=\begin{cases}\text{任意，当 }A=B=\{(0,0,1),(0,0,1),\cdots,(0,0,1)\}\text{时}\\ P_{k,n}(A,B),\text{其他}\end{cases}$$

为与 $P_{k,n}(A,B)$ 对应的 Vague 集 A 与 B 之间的相似度量，其中 $k=1,2,3$。

定理 6 当 $n=1,2,\cdots,+\infty$ 时，则

(1) 函数 $WP_{k,n}(A,B)$，$(k=1,2,3)$ 是 Vague 集 A 与 B 之间

的加权相似度量的伴随函数；

（2）函数

$$WM_{k,n}(A,B)=\begin{cases}\text{任意，当}A=B=\{(0,0,1),(0,0,1),\cdots,(0,0,1)\}\text{时}\\ WP_{k,n}(A,B),\text{其他}\end{cases}$$

为与 $P_{k,n}(A,B)$对应的 Vague 集 A 与 B 之间的加权相似度量，其中 $k=1,2,3$。

3　Vague 集间的相似度量在网络信息过滤中的应用

这里把何新贵院士提出的对正文的模糊检索方法[7]应用于网络信息 Vague 过滤问题。下面给出基于 Vague 集间的相似度量在网络信息过滤中的应用步骤：

（1）建立 Vague 集表示的不良信息数据库。按文献[7]所述的方法抽取正文的 Vague 集表示的关键字集。

（2）一旦建立了这种正文的不良信息库后，用户可用一个正文的“Vague 集关键字集”A 来进行检索。即计算 A 与库中各不良信息的 Vague 集关键字集 B_i之间的 Vague 集间的相似度量 $M(A,B_i)$。若对某量 $\lambda(\lambda\in(0,1))$有 $M(A,B_i)>\lambda$，则称 B_i所代表的不良信息正文 T_i和 A 的正文是 λ-关联的（即 A 的正文属于 T_i类不良信息）。对于不良信息库中全部 Vague 集关键字集 $B_1,B_2,\cdots,B_m$，皆有 $M(A,B_i)<\lambda$，则A 的正文就不是不良信息。

例 1　设有 Vague 集的三维形式表示的不良信息正文的关键字集库为 B_1,B_2,B_3和待检索的正文的关键字集 A 如下：

$B_1=\{(0.1,0.1,0.8),(0.4,0.2,0.4),(0.2,0.2,0.6)\}$

$B_2=\{(0.4,0.4,0.2),(0.6,0.3,0.1),(0.1,0.8,0.1)\}$

$B_3=\{(0.6,0.2,0.2),(0.2,0.7,0.1),(0.4,0.3,0.3)\}$

$A=\{(0.1,0.2,0.7),(0.2,0.3,0.5),(0.2,0.1,0.7)\}$

取 $b=0.3,c=0.2,n=2,n=+\infty$，计算结果见表 1。

由表 1 可见，如果取 $\lambda=0.9$，则 $M_{1,2}(A,B_1)=0.902$，$M_{1,+\infty}(A,B_1)=0.913$ 都大于 λ，说明 B_1所代表的正文 T_1和 A 是 λ—相关的，即 A 的正文属于 T_1类不良信息。

表 1　Vague 集相似度量计算表

	B_1	B_2	B_3
	A	A	A
$M_{1,2}(A,B_i)$	0.902	0.712	0.782
$M_{2,2}(A,B_i)$	0.820	0.632	0.703
$M_{3,2}(A,B_i)$	0.823	0.578	0.650
$M_{1,+\infty}(A,B_i)$	0.913	0.793	0.873
$M_{2,+\infty}(A,B_i)$	0.843	0.744	0.781
$M_{3,+\infty}(A,B_i)$	0.843	0.744	0.781

如果取 $\lambda=0.95$，则表 1 显示 A 所代表的正文不是不良信息。

4　结束语

Vague 值的三维表示可更直接地反映出 Vague 集理论的思想。应用 Vague 值的三维表示，把 Vague 值 $A(x)$进行(b,c)扩展，并在此基础上，应用模糊集中最基本的取大取小运算，给出 Vague 集（值）间三个系列相似度量公式，文献[6]中的公式是该文公式的特例。这些公式为 Vague 集在工程和理论研究中更广泛地应用提供更多的相似度量公式的选择余地。和其他相似度量方法一样，虽然采用分段函数定义，也并不能证明这些公式满足所有的反例。应用实例表明该文提出的公式皆是实用的。

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] 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.

[4] 符晓芳，王鸿绪.Vague 集间的相似度量及其在正文检索中的应用[J].计算机工程与应用，2008，44(12)：151-153.

[5] 张福金，王鸿绪.再论 Vague 集间的相似度量[J].计算机科学，2006，33(5)：197-199.

[6] 邱卫根.Vague 集及其相似度量[J].计算机科学，2007，34(1)：156-158.

[7] 何新贵.模糊集间的语义关联度及其应用[J].软件学报，1994，5(6)：19-24.

（上接 36 页）

表 2　DQPSO、QPSO、PSO 神经网络权值优化结果对比

算法	最小误差	最大误差	平均误差	收敛率/(%)	平均时间/s
DQDPSO	0.022 34	0.493	0.137 4	100	1.267
QPSO	0.082 32	0.645	0.348 6	87	1.687
PSO	0.100 23	0.821	0.432 8	73	1.813

由实验结果可知，对于高维优化问题，DQPSO 同样表现出优于 QPSO 和 PSO 的特性。

4　结论

针对量子粒子群优化算法的早熟收敛问题，提出了一种改进的混合量子粒子群优化算法——基于混沌搜索解决早熟收敛的双量子粒子群算法。算法通过早熟判断机制进行早熟判定，使用混沌搜索进行早熟处理。而考虑到当搜索空间比较大时，混沌搜索的效果不能令人满意及如何利用目前量子粒子群所得到的有效信息以加快搜索速度，故此针对这两个方面文中采用了一种新的比较简单的缩小变量空间的方法。实验表明，混合量子粒子群算法不但具有很强的全局搜索能力和较快的收敛速度，而且能有效避免粒子群优化算法的早熟收敛问题，具有较大的实用价值。

参考文献：

[1] Kennedy J，Eberhart R C.Particle swarm optimization[C]//IEEE International Conference on Neural Networks.Perth，Piscataway，NJ，Australia：IEEE Service Center，1995，IV：1942-1948.

[2] 李士勇.求解连续空间优化问题的量子粒子群算法[J].量子电子学报，2007，40(35)：50-52.

[3] Eberhart R C，Hu X.Human tremor analysis using particle swarm optimization[C]//Proceeding of the IEEE Congress on Evolutionary Computation(CEC 1999).Washinggon D C：IEEE Press，1999：1927-1930.

[4] Yoshida H，Kawata K，FuKuyama Y，et al.A particle swarm optimization for reactive power and voltage control considering voltage security assessment[J].IEEE Transactions on Power Systems，2000，15(4)：1232-1239.

[5] 张彤，王宏伟，王子才.变尺度混沌优化方法及其应用[J].控制与决策，1999，14(3)：285-289.

[6] Parsopoulos K E，Vrahatis M N.Particle swarm optimizer in noisy and continuously changing environments[C]//Hamzaed M H.Proceedings of the IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing.Mexico：ACTA Press，2001：289-294.