

文章编号: 1001-9081(2012)11-3136-04

doi: 10.3724/SP.J.1087.2012.03136

基于灰色语言变量的移动银行网络安全风险评估方法

沈利香¹, 曹国^{2*}, 朱宇光¹

(1. 常州工学院 计算机信息工程学院, 江苏 常州 213002;

2. 常州工学院 经济与管理学院, 江苏 常州 213002)

(* 通信作者电子邮箱 kindeg@163.com)

摘要: 针对移动银行网络安全风险评估问题, 提出一种灰色加性语言有序加权平均算子的网络安全多人评估模型。首先在灰色模糊数中将语言变量融入其模部形成灰色语言变量, 在此基础上界定了灰色加性语言变量间的运算法则、可能度以及几种灰色加性语言信息集成算子, 最后构建了移动银行网络安全多人评估模型。仿真示例验证了模型的可行性。

关键词: 网络安全; 灰色加性语言变量; 灰色加性语言信息集成算子; 移动银行

中图分类号: TP393. 08 **文献标志码:** A

Network security risk evaluation model based on grey linguistic variables in mobile bank

SHEN Li-xiang¹, CAO Guo^{2*}, ZHU Yu-guang¹

(1. School of Computer and Information Engineering, Changzhou Institute of Technology, Changzhou Jiangsu 213002, China;

2. School of Economics and Management, Changzhou Institute of Technology, Changzhou Jiangsu 213022, China)

Abstract: A multi-person decision method based on the grey additive linguistic variables weighted aggregation operator was presented to solve the Network Security Risk Evaluation problems in mobile bank, in which the attribute values took the form of the grey additive linguistic variables(GALV). Firstly, some properties were defined, such as the concept and the relational calculation rules of grey additive linguistic variables. Then, some operators were defined to solve the Network Security Risk Evaluation problems in mobile banking, such as grey additive linguistic weighted aggregation operator, and grey additive linguistic ordered weighted aggregation operator. At last, a simulation case shows the effectiveness of this method.

Key words: network security; grey additive linguistic variable; grey additive hybrid weighted aggregation operator; mobile bank

0 引言

随着银行业务的不断拓展, 移动金融服务成为当今银行业务发展的主线。作为业务创新基础的网络技术得到了广泛的发展, 极大提高了移动金融服务质量与效率。然而, 随着移动银行各项业务对网络的依赖程度不断增加, 移动网络安全问题随之暴露出来, 要解决移动网络安全问题, 网络安全评估是最有效方法之一。然而, 网络安全评估涉及多方面、多知识领域的问题, 网络安全风险评估过程又存在大量的不确定性, 难以严格量化, 完全客观的评估也难以实现。文献[1]结合无线传感器网络现有的安全方案存在密钥管理和安全认证效率低等问题的特点, 提出了无线传感器网络的轻量级安全体系和安全算法。文献[2]将梯形模糊数引入信息安全风险评估中, 通过集成梯形模糊数的语言评价信息的群决策模型构建了信息安全风险群决策评估方法。Fatih等^[3]利用遗传算法和概率神经网络模型提出了一种动态安全改进模型。Lo等^[4]利用网络层次分析法构建了一种考虑评价指标体系之间关联性的网络安全评价模型, 在该模型中, 作者首先利用决策实验室分析法(Decision-making Trial and Evaluation

Laboratory, DEMATEL)理论探索网络安全评价指标之间的关联性, 同时利用网络层次分析方法建立了网络安全评价模型, 最后利用模糊语言引导下的最大熵有序加权平均算子(Fuzzy Linguistic Quantifiers-Guided Maximum Entropy Order-Weighted Averaging Operator, FLQ-MEOWA)集成专家评估价值。文献[5]提出一种基于支持向量机的网络安全态势预测方法, 该方法首先利用支持向量机对将来网络安全状态进行预测, 同时采用遗传算法对支持向量机参数优化。文献[6]提出了基于攻击图的网络安全评估方法, 作者在攻击图的基础上提出了脆弱点依赖图的定义, 并将影响评估的因素分为脆弱性自身特点、网络环境因素和脆弱性关联关系三部分, 最后利用自下向上、先局部后整体的思想, 直观地给出了漏洞、主机和整个网络系统三个层次的脆弱性指数评估值。综上可以看出, 当前网络安全评估方法中主要是利用传统综合评估方法进行, 其评语集合和相应的评价价值对每一种指标已基本固定, 不能针对具体评估指标进行评语集范围的重新划分和评估价值函数的重新界定, 而灰色评估方法在这方面可以根据具体指标的特点确定对应的灰类和隶属度函数。因此, 本文设计

收稿日期: 2012-05-10; 修回日期: 2012-06-27。 基金项目: 教育部人文社会科学研究青年项目(11YJCZH005); 江苏省教育厅哲学社会科学基金资助项目(09SJD630006); 常州工学院校级项目(YN1115); 江苏省高校自然科学研究面上项目(12KJD520002)。

作者简介: 沈利香(1977-), 江苏海门人, 讲师, 硕士, 主要研究方向: 网络安全、数据挖掘; 曹国(1975-), 男, 安徽舒城人, 讲师, 硕士, 主要研究方向: 数据挖掘; 朱宇光(1966-), 男, 江苏常州人, 副教授, 主要研究方向: 无线传感网络。

一种以灰色理论和语言决策为基础的网络安全的多人综合评估模型。在该模型中,首先在灰色模糊数中将语言变量融入其模部形成灰色语言变量,并界定了灰色加性语言变量间的运算法则、可能度以及几种灰色语言信息集成算子,在此基础上构建了移动银行网络安全多人评估模型。

1 相关基本理论

1.1 灰色模糊关系

设 \bar{A} 是空间 $X = \{x\}$ 上的一个模糊子集,若 x 对于 \bar{A} 的隶属度 $\mu_{\bar{A}}(x)$ 为 $[0,1]$ 上的灰度,其点灰度为 $v_{\bar{A}}(x)$,则称 \bar{A} 为 X 上的灰色模糊集合,并记为: $\tilde{\bar{A}}_{\otimes} = \{(x, \mu_{\bar{A}}(x), v_{\bar{A}}(x)) \mid x \in X\}$,用集偶可表示为 $\tilde{\bar{A}}_{\otimes} = (\bar{A}, A_{\otimes})$,其中: $\bar{A} = \{(x, \mu_{\bar{A}}(x)) \mid x \in X\}$ 可称为灰色模糊集合 $\tilde{\bar{A}}$ 的模部,而 $A_{\otimes} = \{(x, v_{\bar{A}}(x)) \mid x \in X\}$ 为灰色模糊集合 $\tilde{\bar{A}}$ 的灰部,且 $v_{\bar{A}}(x) \in [0, 1]$,它表示决策者对决策信息的不可信程度^[7]。

1.2 加性语言评估标度

由于决策者面对决策环境的不确定性以及决策思维的模糊性,决策者一般喜欢利用定性测度描述决策者的决策结果,而构建适当的语言评价标度是决策者进行定性决策基础。对此,文献[8]构建了一种语言评估术语下标以零为中心对称,且语言术语个数为奇数的语言标度,即: $S = (s_{\alpha} \mid \alpha = -l, \dots, -1, 0, 1, \dots, l)$ 其中: s_{α} 表示语言评估术语, s_{-l} 和 s_l 分别表示决策者实际使用的评估语言标度的下限和上限,且 l 为正整数。显然,对于任意语言标度 S ,语言评估术语 s_{α} 和其对应得下标 α 具有严格单调递增关系。

1.3 灰色语言变量

定义 1 设 $\tilde{\bar{A}}_{\otimes} = (\bar{A}, A_{\otimes})$ 为一个灰色模糊数,它的模糊部分 \bar{A} 为一加性语言变量 $s_{\alpha}, s_{\alpha} \in S$,同时,它的灰色部分 A_{\otimes} 为一个灰数 $[\underline{A}, \bar{A}]$,且 $[\underline{A}, \bar{A}] \subset [0, 1]$,则称 $\tilde{\bar{A}}_{\otimes}$ 为一个灰色语言变量。其中: \underline{A} 和 \bar{A} 分别表示决策者对决策信息的不可信程度的下限和上限,灰数 $[\underline{A}, \bar{A}]$ 的灰度越小,决策信息的可信程度越高。

1.4 灰色语言变量运算法则

假设现有灰色语言变量 $\tilde{\bar{A}}_{\otimes} = (\bar{A}, A_{\otimes}) = (s_{\alpha}, [\underline{A}, \bar{A}])$ 和 $\tilde{\bar{B}}_{\otimes} = (\bar{B}, B_{\otimes}) = (s_{\beta}, [\underline{B}, \bar{B}])$,根据文献[9],对于不同的灰色模糊数,其相应的合成运算可根据灰色模糊数的模部和灰部不同而采纳不同的运算规则。灰色语言变量的运算法定义如下:

$$\begin{aligned}\tilde{\bar{A}}_{\otimes} + \tilde{\bar{B}}_{\otimes} &= (s_{\alpha+\beta}, [(\underline{A} \wedge \underline{B}), (\bar{A} \vee \bar{B})]) \\ \tilde{\bar{A}}_{\otimes} - \tilde{\bar{B}}_{\otimes} &= (s_{\alpha-\beta}, [(\underline{A} \wedge \underline{B}), (\bar{A} \vee \bar{B})]) \\ \tilde{\bar{A}}_{\otimes} \times \tilde{\bar{B}}_{\otimes} &= (s_{\alpha \times \beta}, [(\underline{A} \wedge \underline{B}), (\bar{A} \vee \bar{B})]) \\ \tilde{\bar{A}}_{\otimes} \div \tilde{\bar{B}}_{\otimes} &= (s_{\alpha \div \beta}, [(\underline{A} \wedge \underline{B}), (\bar{A} \vee \bar{B})])\end{aligned}$$

$$k \tilde{\bar{A}}_{\otimes} = (s_{k\alpha}, (\underline{A}, \bar{A})) \quad (1)$$

1.5 灰色加性语言变量的可能度

设有灰色加性语言变量 $\tilde{\bar{A}}_{\otimes} = (\bar{A}, A_{\otimes}) = (s_{\alpha}, [\underline{A}, \bar{A}])$ 和 $\tilde{\bar{B}}_{\otimes} = (\bar{B}, B_{\otimes}) = (s_{\beta}, [\underline{B}, \bar{B}])$,其中 s_{α} 和 s_{β} 为加性语言变量,灰色加性语言变量 $\tilde{\bar{A}}_{\otimes}$ 和 $\tilde{\bar{B}}_{\otimes}$ 的可能度可表示为:

$$\begin{aligned}p(\tilde{\bar{A}}_{\otimes} \geq \tilde{\bar{B}}_{\otimes}) &= \max \left\{ 0, (\bar{A} - \underline{A})\alpha + (\bar{B} - \underline{B})\beta - \right. \\ &\quad \left. \max((1 - \bar{B})\beta - (1 - \bar{A})\alpha), 0 \right\} / ((\bar{A} - \underline{A})\alpha + \\ &\quad (\bar{B} - \underline{B})\beta)\end{aligned} \quad (2)$$

当 $\underline{A} = \bar{A} = \underline{B} = \bar{B} = 0$ 时,灰色加性语言变量退化为语言变量,其可能度计算可采用语言变量可能度计算公式;当 $\underline{A} = \bar{A} \neq 0$ 以及 $\underline{B} = \bar{B} \neq 0$ 时,灰色语言变量的灰部转化为实数,可将灰色语言变量转化为语言变量进行可能度计算,即将灰数与模部相乘形成语言变量,再利用语言变量可能度公式计算。

定理 1 $\tilde{\bar{A}}_{\otimes} = (s_{\alpha}, [\underline{A}, \bar{A}])$ 和 $\tilde{\bar{B}}_{\otimes} = (s_{\beta}, [\underline{B}, \bar{B}])$ 为两个灰色语言变量,易证明以下性质成立:

- 1) $0 \leq p(\tilde{\bar{A}}_{\otimes} \geq \tilde{\bar{B}}_{\otimes}) \leq 1$ 。
- 2) $p(\tilde{\bar{A}}_{\otimes} \geq \tilde{\bar{B}}_{\otimes}) = 1$, 当且仅当 $(1 - \bar{B})\beta \leq (1 - \bar{A})\alpha$ 。
- 3) $p(\tilde{\bar{A}}_{\otimes} \geq \tilde{\bar{B}}_{\otimes}) = 0$, 当且仅 $(1 - \bar{A})\alpha \leq (1 - \bar{B})\beta$ 。
- 4) $p(\tilde{\bar{A}}_{\otimes} \geq \tilde{\bar{B}}_{\otimes}) + p(\tilde{\bar{B}}_{\otimes} \geq \tilde{\bar{A}}_{\otimes}) = 1$, 特别的, $p(\tilde{\bar{A}}_{\otimes} \geq \tilde{\bar{A}}_{\otimes}) = 1/2$ 。

1.6 灰色加性语言信息集成算子

定义 2 设 $GALA: \bar{S}^n \rightarrow \bar{S}$, 则

$$GALA(\tilde{\bar{A}}_{\otimes 1}, \tilde{\bar{A}}_{\otimes 2}, \dots, \tilde{\bar{A}}_{\otimes n}) = \frac{1}{n}(\tilde{\bar{A}}_{\otimes 1} \oplus \tilde{\bar{A}}_{\otimes 2} \oplus \dots \oplus \tilde{\bar{A}}_{\otimes n}) \quad (7)$$

因此,称 $GALA$ 为灰色加性语言变量平均算子。

定义 3 设 $GALWA: \bar{S}^n \rightarrow \bar{S}$, 则

$$GALWA(\tilde{\bar{A}}_{\otimes 1}, \tilde{\bar{A}}_{\otimes 2}, \dots, \tilde{\bar{A}}_{\otimes n}) = w_1 \tilde{\bar{A}}_{\otimes 1} \oplus w_2 \tilde{\bar{A}}_{\otimes 2} \oplus \dots \oplus w_n \tilde{\bar{A}}_{\otimes n} \quad (8)$$

其中: $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 为 $\tilde{\bar{A}}_{\otimes i}$ 的加权向量, $w_i \in [0, 1] (i = 1, 2, \dots, n)$, $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ 。称 $GALWA$ 为灰色加性语言变量加权平均算子。

定义 4 设 $GALOWA: \bar{S}^n \rightarrow \bar{S}$, 则

$$GALOWA(\tilde{\bar{A}}_{\otimes 1}, \tilde{\bar{A}}_{\otimes 2}, \dots, \tilde{\bar{A}}_{\otimes n}) = w_1 \tilde{\bar{A}}'_{\otimes 1} \oplus w_2 \tilde{\bar{A}}'_{\otimes 2} \oplus \dots \oplus w_n \tilde{\bar{A}}'_{\otimes n} \quad (9)$$

其中: $\tilde{\bar{A}}'_{\otimes j}$ 为灰色语言变量 $\tilde{\bar{A}}_{\otimes i}$ 的第 j 大元素, $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 为 $\tilde{\bar{A}}'_{\otimes i}$ 的加权向量, $w_i \in [0, 1] (i = 1, 2, \dots, n)$, $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ 。称 $GALOWA$ 为灰色加性语言变量有序加权平均算子。

2 GALOWA 算子的网络安全多属性评估方法

假设共有 l 个专家 $e_k (k = 1, 2, \dots, l)$ 参与信息系统网络安全风险评估决策, 每个决策者利用灰色加性语言标度对评价指标进行评估。为对多专家评估结果进行加权集成, 可利用灰色加性语言变量有序加权平均算子求解此类决策问题, 具体步骤为:

1) 假设 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 表示评估问题的评价指标集合, $U = (u_1, u_2, \dots, u_m)$ 表示网络安全评估方案集合。对于方案 $u_i \in U$, 决策者 e_k 利用灰色加性语言标度对第 j 个评价指标进行赋值, 得到方案 u_i 对于评价指标 x_j 的灰色语言评价值 $h_{ij}^l = (s_{\alpha j}^l, (\overline{\otimes} h_{ij}^l, \overline{\otimes} h_{ij}^l))$, 在此基础上构建决策者 e_k 的评价矩阵 $H = (h_{ij}^l)_{m \times n}$ 。

2) 利用式(8) 集结专家评估意见, 利用灰色加性语言变量加权平均算子 GALWA 构建网络安全评估综合矩阵 $R = (r_{ij})_{m \times n}$, 其中 $r_{ij} = \sum_{l=1}^L w_l h_{ij}^l, w_l (l = 1, 2, \dots, L)$ 为各评估专家重要程度程度, 且 $\sum_{l=1}^L w_l = 1$ 。

3) 选择适当的模糊语义量化标度计算灰色语言变量的位置权重 w_j , 位置权重 w_j 只与灰色语言变量的位置有关, 而与其大小无关, 计算公式^[10] 如下:

$$w_j = Q\left(\frac{j}{n}\right) - Q\left(\frac{j-1}{n}\right); j \in \mathbb{N} \quad (10)$$

其中模糊语言量化因子 Q 可由式(11) 获得:

$$Q(r) = \begin{cases} 0, & r < a \\ (r-a)/(b-a), & a \leq r \leq b \\ 1, & r > b \end{cases} \quad (11)$$

其中 $a, b, r \in [0, 1]$ 。

4) 利用灰色加性语言变量可能度对方案 u_i 的指标值 r_{ij} 两两进行比较, 并建立相应的可能度矩阵 $P_i = (p_{ij}^i)_{n \times n}$, 其

中 $p_{ij}^i = p(r_{ik} \geq r_{ij})$ 。在此基础上利用模糊互补判断矩阵排法计算出方案 u_i 的各指标值 r_{ij} 的排序, 并根据排序结果从大到小进行排序, 得到方案 u_i 的价值向量 $(\delta_{i1}, \delta_{i2}, \dots, \delta_{in})$, 计算公式^[11] 如下:

$$W_i = \frac{1}{n(n-1)} \left(\sum_{j=1}^n P_{ij} + \frac{n}{2} - 1 \right) \quad (12)$$

5) 利用灰色加性语言变量有序加权平均算子 GALWA 对各方案 u_i 的评价指标值进行集结, 得到各评估方案的综合评价价值 v_i , 即:

$$\begin{aligned} v_i &= GALWA(\delta_{i1}, \delta_{i2}, \dots, \delta_{in}) = \\ &= w_1 \delta_{i1} \oplus w_2 \delta_{i2} \oplus \dots \oplus w_n \delta_{in} \end{aligned} \quad (13)$$

6) 再次利用灰色加性语言变量可能度对方案 u_i 的综合评价指标值 v_i 两两进行比较, 并建立相应的可能度矩阵 $P = (p_{ij})_{m \times m}$, 其中 $p_{ik} = p(v_i \geq v_k)$ 。在此基础上利用模糊互补判断矩阵排方法计算出方案 u_i 的排序向量, 并根据排序向量从大到小进行排序, 进而得到最优评价方案。

3 仿真示例

假设有 3 个决策者 $\{e_1, e_2, e_3\}$ 对移动银行 A、移动银行 B、移动银行 C 和移动银行 D 的网络安全进行评估, 评估指标包括资产(x_1)、脆弱性(x_2)、威胁(x_3)以及风险管理(x_4)。具体评估步骤如下:

1) 每个决策者 e_i 对各银行网络安全指标按灰色加性语言变量进行赋值, 其评估值模部按 $S = (s_\alpha | \alpha = -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5)$ 进行赋值。同时, 其灰部按定性描述来对应一定的灰数取值区间, 即按李克特五级评分规则将不可信信息程度划分为 5 个等级, 即(非常充分, 较充分, 一般, 较贫乏, 非常贫乏), 分别对应灰度区间为: $[0, 0.2]$, $[0.2, 0.4]$, $[0.4, 0.6]$, $[0.6, 0.8]$, $[0.8, 1]$ 。各专家给出的灰色加性语言评估值如表 1。

表 1 专家给出的不同移动银行网络安全不同指标的评价值

专家	移动银行	资产(x_1)	脆弱性(x_2)	威胁(x_3)	风险管理(x_4)
e_1	移动银行 A	$[s_5, (0.4, 0.6)]$	$[s_3, (0.2, 0.4)]$	$[s_1, (0.2, 0.4)]$	$[s_{-2}, (0.6, 0.8)]$
	移动银行 B	$[s_3, (0.6, 0.8)]$	$[s_2, (0.2, 0.4)]$	$[s_{-4}, (0.0, 0.2)]$	$[s_5, (0.0, 0.2)]$
	移动银行 C	$[s_4, (0.0, 0.2)]$	$[s_{-2}, (0.6, 0.8)]$	$[s_3, (0.2, 0.4)]$	$[s_{-1}, (0.2, 0.4)]$
	移动银行 D	$[s_{-3}, (0.4, 0.6)]$	$[s_{-3}, (0.4, 0.6)]$	$[s_5, (0.2, 0.4)]$	$[s_2, (0.4, 0.6)]$
e_2	移动银行 A	$[s_2, (0.2, 0.4)]$	$[s_4, (0.0, 0.2)]$	$[s_{-2}, (0.4, 0.6)]$	$[s_3, (0.4, 0.6)]$
	移动银行 B	$[s_4, (0.2, 0.4)]$	$[s_{-3}, (0.4, 0.6)]$	$[s_{-3}, (0.2, 0.4)]$	$[s_1, (0.8, 1.0)]$
	移动银行 C	$[s_5, (0.6, 0.8)]$	$[s_3, (0.2, 0.4)]$	$[s_2, (0.4, 0.6)]$	$[s_{-2}, (0.2, 0.4)]$
	移动银行 D	$[s_{-2}, (0.2, 0.4)]$	$[s_{-2}, (0.2, 0.4)]$	$[s_5, (0.4, 0.6)]$	$[s_4, (0.2, 0.4)]$
e_3	移动银行 A	$[s_3, (0.2, 0.4)]$	$[s_3, (0.4, 0.6)]$	$[s_{-2}, (0.4, 0.6)]$	$[s_4, (0.2, 0.4)]$
	移动银行 B	$[s_4, (0.6, 0.8)]$	$[s_4, (0.2, 0.4)]$	$[s_0, (0.2, 0.4)]$	$[s_3, (0.0, 0.2)]$
	移动银行 C	$[s_1, (0.4, 0.6)]$	$[s_{-1}, (0.4, 0.6)]$	$[s_2, (0.4, 0.6)]$	$[s_{-2}, (0.4, 0.6)]$
	移动银行 D	$[s_{-3}, (0.0, 0.2)]$	$[s_{-2}, (0.2, 0.4)]$	$[s_5, (0.0, 0.2)]$	$[s_3, (0.6, 0.8)]$

2) 考虑到不同专家的专业知识不同, 本文三个评估专家的权重分配为 $(0.3, 0.4, 0.3)$ 。根据灰色语言变量加权平均算子 GALWA 可计算出网络安全评估的灰色加性语言多人评估值, 如表 2 所示。

3) 选取合适模糊语义量化准则, 选取 $a = 0.15, b = 0.8$ 计算各评价指标位置权重 w_j 。根据式(10) 和(11) 计算灰色语言变量的位置权重向量 $W = (0.0833, 0.4167, 0.4167,$

$0.0833)$ 。

4) 利用灰色加性语言变量可能度计算可能度矩阵 $P_i = (p_{ij}^i)_{n \times n}$:

$$P_1 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3614 & 1 & 1 \\ 0.6386 & 0.5 & 1 & 0.9744 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0.0256 & 1 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= \begin{bmatrix} 0.5 & 1 & 1 & 0.5896 \\ 0 & 0.5 & 1 & 0.0411 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.125 \\ 0.4104 & 0.9581 & 0.875 & 0.5 \end{bmatrix} \\ P_3 &= \begin{bmatrix} 0.5 & 1 & 0.6935 & 1 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.3065 & 1 & 0.5 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0.5 \end{bmatrix} \\ P_4 &= \begin{bmatrix} 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0.5 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0.5 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0.5 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

在获得各银行网络安全评估指标可能度矩阵之后, 利用

模糊互补判断矩阵排方法计算出方案 u_i 的排序向量, 即:

$$w_1 = (0.3218, 0.3428, 0.1250, 0.2105)$$

$$w_2 = (0.3408, 0.2118, 0.1354, 0.3120)$$

$$w_3 = (0.3495, 0.1250, 0.3172, 0.2083)$$

$$w_4 = (0.1250, 0.2917, 0.3750, 0.2083)$$

5) 在得到权重向量和评价指标位置向量之后, 利用灰色加性语言变量有序加权平均算子 GALOWA 对各方案 u_i 的评价指标值进行集结, 得到各评估方案的综合评价值 v_i :

$$v_1 = [s_{2.011}, (0.0, 0.8)]$$

$$v_2 = [s_{1.7250}, (0.2, 1.0)]$$

$$v_3 = [s_{0.5666}, (0.0, 0.8)]$$

$$v_4 = [s_{0.5333}, (0.0, 0.8)]$$

表 2 移动银行网络安全不同指标的综合评价值

移动银行	资产(x_1)	脆弱性(x_2)	威胁(x_3)	风险管理(x_4)
移动银行 A	[$s_{3.2}, (0.2, 0.6)$]	[$s_{3.4}, (0.0, 0.6)$]	[$s_{-1.1}, (0.2, 0.6)$]	[$s_{1.8}, (0.2, 0.8)$]
移动银行 B	[$s_{3.7}, (0.2, 0.8)$]	[$s_{0.6}, (0.2, 0.4)$]	[$s_0, (0.2, 0.6)$]	[$s_{2.8}, (0.0, 1.0)$]
移动银行 C	[$s_{3.5}, (0.0, 0.8)$]	[$s_{0.3}, (0.2, 0.8)$]	[$s_{2.3}, (0.2, 0.6)$]	[$s_{-1.7}, (0.2, 0.6)$]
移动银行 D	[$s_{-2.6}, (0.0, 0.6)$]	[$s_{-2.3}, (0.2, 0.6)$]	[$s_5, (0.0, 0.6)$]	[$s_{3.1}, (0.4, 0.8)$]

6) 再次利用灰色加性语言变量可能度对方案 u_i 的综合评价值 v_i 两两进行比较, 并建立相应的可能度矩阵 $P = (p_{ij})_{m \times m}$:

$$P = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.6728 & 0.9203 & 0.9356 \\ 0.3272 & 0.5 & 0.6909 & 0.7049 \\ 0.0797 & 0.3091 & 0.5 & \\ 0.0644 & 0.2951 & 0 & 0.5 \end{bmatrix}$$

在获得各移动银行网络安全评估指数的可能度矩阵之后, 利用式(13) 可计算出每个移动银行网络安全综合评估指数 Z_i , 即:

$$Z_1 = 0.3357$$

$$Z_2 = 0.2686$$

$$Z_3 = 0.2407$$

$$Z_4 = 0.1550$$

按排序向量大小对各移动银行网络安全综合评估指数进行排序, 得到方案排序为:

$$u_4 < u_3 < u_2 < u_1$$

由排序结果可以看出, 对于待评估的 4 个移动银行网络安全评估指数而言, 移动银行 A 的网络安全评估指数最高。

4 结语

随着商业银行金融电子化建设的逐步深入, 计算机网络问题也日益突出, 网络安全研究也成为网络技术发展亟待解决的前沿主题。然而, 不同评估专家在对网络安全评估过程中存在大量不确定性信息, 而传统的评价方法难以满足这方面需求, 因此, 本文提出一种以灰色决策和语言决策为基础的灰色加性语言有序加权平均算子的网络安全多人评估模型。首先在灰色模糊数中将语言变量融入其模部形成灰色语言变

量, 并界定了灰色加性语言变量间的运算法则、可能度以及几种灰色语言信息集成算子, 在此基础上构建了移动银行网络安全多人评估模型。

参考文献:

- 王潮, 胡广跃, 张焕国. 无线传感器网络的轻量级安全体系研究[J]. 通信学报, 2012, 33(2): 30–35.
- 吴叶科, 宋如顺, 陈波. 梯形模糊数的信息安全风险群决策评估方法[J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2011, 11(1): 51–55.
- FATIH K C, ISTEMIHAN G V M. A new dynamic security enhancement method via genetic algorithms integrated with neural network based tools[J]. Electric Power Systems Research, 2012, 83(1): 1–8.
- LO C-C, CHEN W-J. A hybrid information security risk assessment procedure considering interdependences between controls [J]. Expert Systems with Applications, 2012, 39(1): 247–257.
- 王庚, 张景辉, 吴娜. 网络安全态势预测方法的应用研究[J]. 计算机仿真, 2012, 29(2): 98–101.
- 马俊春, 王勇军, 孙继银, 等. 基于攻击图的网络安全评估方法研究[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(3): 1100–1106.
- 靳娜, 娄寿春. 一种基于灰色模糊关系的多属性决策模型研究[J]. 情报指挥控制系统与仿真技术, 2003, 181(7): 44–47.
- 徐则水. 基于语言信息的决策方法与理论[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- 卜广志, 张宇文. 基于灰色模糊关系的灰色模糊综合评判[J]. 系统工程理论与实践, 2002, 22(4): 141–144.
- XU Z S. A method based on linguistic aggregation operators for group decision making with linguistic preference relations[J]. Information Sciences, 2004, 166 (4): 19–30.
- 徐泽水. 模糊互补判断矩阵排序的一种算法[J]. 系统工程学报, 2001, 16(4): 311–314.