

基于多人网络层次分析法的商业银行网络安全评估模型

沈利香¹, 曹 国^{2*}

(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 kindcg@163.com)

摘 要: 针对商业银行网络安全评估指标之间的相互依赖特性, 提出一种基于网络层次分析法的多人风险评估模型。该模型首先利用网络层次分析法得出个体网络安全评估风险指数, 并利用加权欧氏距离的双层多目标规划模型集结个体专家的决策结果。仿真实验通过对四家案例银行计算机网络安全风险进行评估, 结果显示本模型的评估结果比个体评估更具有可信度。

关键词: 商业银行; 网络安全; 多人网络层次分析; 多人决策; 双层规划

中图分类号: TP393.08 **文献标志码:** A

Network security evaluation model based on multi-person analytic network process in commercial banks

SHEN Li-xiang¹, CAO Guo^{2*}

(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 213002, China)

Abstract: Considering the correlation and dependence among indicators, a multi-person decision model based on analytic network process was designed. In this model, the network security evaluation index was elicited by means of analytic network process, and then, a bi-level programming based on weighted Euclidean distance was used to synthesize the individual decision-making results. An illustrative example was given to demonstrate the feasibility and validity of the proposed method. The result shows that the proposed model has higher credibility to evaluate the network security in commercial banks.

Key words: commercial bank; network security; multi-person analytic network process; multi-person decision; bi-level programming

0 引言

随着银行业务的不断拓展, 金融电子化成为了当今商业银行业务发展的主流。作为业务创新基础的网络技术得到了广泛发展, 极大地提高了商业银行金融服务质量与效率。然而, 随着商业银行各项业务对计算机网络的依赖程度不断增加, 网络安全问题随之暴露出来。计算机网络所导致的安全问题, 特别是金融计算机犯罪, 其危害程度已引起各界专家和学者的高度重视。要解决网络安全问题, 网络安全评估是最为有效方法之一。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^[1]。文献[2]利用 Delphi 和层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 建立了网络安全综合评价模型。该方法首先利用 Delphi 建立网络安全评价指标体系, 并利用 AHP 理论计算网络安全评价指标的权重。文献[3]利用多木桶模型建立信息安全评估方案和公式体系。该模型首先利用特定计算实现木桶效应, 然后考虑现实安全系统的逻辑结构对所设计信息评估方案的影响。从前人研究成果来看, 当前大多数网络安全评估方法缺乏对评估指标之间关联性和依赖性的深入分析, 难以形成对计算机网络安全状况的整体性认识。故此, 本文设计一种以网络层次分析 (Analytic Network Process, ANP) 法为基础的多人风险评估模型, 不仅改变了传统网络安全评估过程中忽视

网络安全指标间关联性和依赖性的不足, 同时也改变了传统 ANP 模型中仅依靠个体专家决策主观性的缺点。最后, 本文建立了一个基于加权欧氏距离的双层规划模型集结个体专家的决策结果。

1 网络层次分析法的基本结构

自从 Statty 提出网络层次分析法^[4]以来, ANP 得到广大专家和学者地广泛研究和应用。ANP 方法是在 AHP 基础上延伸的一种求解多准则、结构复杂且不易量化的决策问题的新工具。与 AHP 不同, ANP 适用于既存在着递阶层次结构, 又存在内部循环相互支配的层次结构, 而且层次结构内部还存在依赖性和反馈性的情况。如果忽视这种依赖和反馈关系, 评价结果可能会出现重大偏差, 甚至会出现错误的评价结论^[5]。网络层次分析方法主要是通过两两比较矩阵来处理评价指标之间的重要程度, 并利用超矩阵来处理指标或元素之间的相互反馈关系, 即处理决策指标间的网络结构层次, 最后对超矩阵 W 做 $2k+1$ 次幂运算, 直到满足收敛条件: $W(k) = W(k+1)$, W 中的列元素就是指标元素的相对重要性指数^[6]。其网络结构如图 1 所示。

2 基于 ANP 的网络安全群体评估模型

2.1 网络安全评估指标体系

商业银行计算机网络系统是一个复杂的系统工程, 既包

收稿日期: 2011-08-08; 修回日期: 2011-10-07。

基金项目: 教育部人文社会科学研究青年项目 (11 YJCZH005); 江苏省教育厅哲学社会科学基金资助项目 (09SJD630006)。

作者简介: 沈利香 (1977-), 女, 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、客户关系管理。

含软硬件,又受外部影响。加之决策者看待问题的视角不同,同一个网络系统的安全性能也不尽相同。因此,要对商业银行计算机网络安全进行评估,首先必须建立一个规范且客观的指标体系。文献[7]以相对威胁指数、安全技术有效性指数和安全技术综合指数为指标,由此建立了主观分析与客观判断相结合的评价方法。文献[8]利用资产、威胁和脆弱性指标构建评价指标体系。本文通过对现有网络安全评价有关的标准进行研究和归纳,根据建立指标的科学性、独立性、全

面性和可操作性原则,建立多维多层次的评价指标框架(如图2所示)。

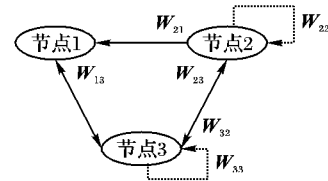


图1 网络层次分析法的网络结构

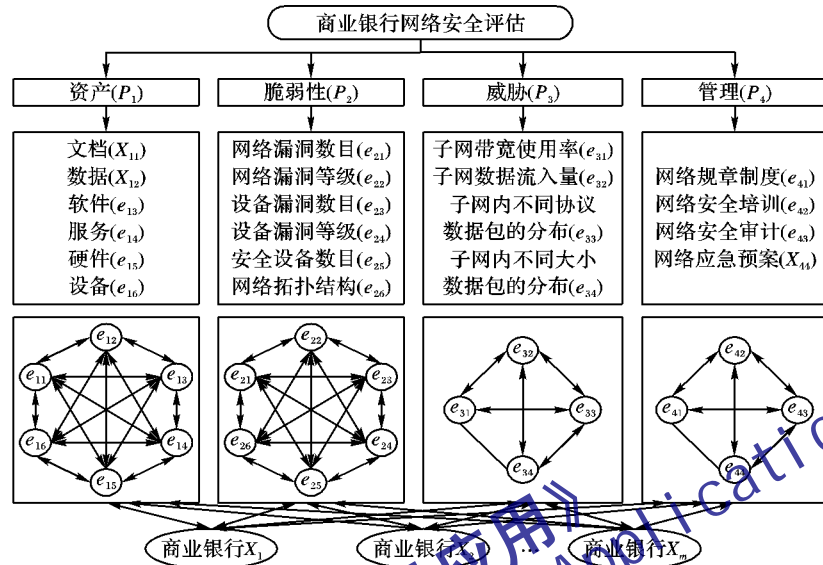


图2 商业银行网络安全评估指标网络结构示意图

2.2 基于多人网络层次分析法的网络安全群体评估模型

2.2.1 建立评价指标的 ANP 模型

设 ANP 模型中控制层有元素 P_1, P_2, \dots, P_m , 相应的网络层中有元素组 C_1, C_2, \dots, C_N , 其中 C_i 中有元素 $e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{in}$ 。以控制层元素 $p_s (s = 1, 2, \dots, m)$ 为准则, C_i 中的元素 $e_{jl} (l = 1, 2, \dots, n_j)$ 为次准则, 逐层分级设计。本文所建立的商业银行网络安全评估指标网络结构如图2所示。在网络层次结构中, 控制层的指标主要包括资产、脆弱性、威胁和管理安全, 并且相对于目标层而言, 指标间相互影响和依赖。在网络层中, 元素组中各指标相互影响和依赖, 但不同控制指标的二级指标之间相互独立。在方案层中, 各评估对象相对于上级指标间具有相互影响和依赖特性。

2.2.2 个体专家建立网络层指标间的优势度矩阵

设决策群体 Ω 中有 k 个决策专家, 群体成员集为 $\Omega = \{D_1, D_2, \dots, D_k\} (k \geq 2)$, 其中 D_k 为第 k 个成员。设有 $n (n \geq 2)$ 个决策方案, 所有决策方案构成方案集 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, 其中 x_i 为第 i 个决策方案, 并且网络安全评价指标集为 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ 。文献[9]认为在群决策中, 每个决策者首先给出自己的判断, 然后再将这些判断信息按照某种规则集结成群体决策结果。故此, 在构建商业银行网络安全评估群决策模型时, 首先构建个体专家的决策模型。在使网络层次分析法进行决策时, 如果要获得超矩阵则需获得评价指标的局部优势度判断矩阵, 并计算指标的相对重要性程度, 即指标权重。假设决策专家 D_k 以控制层元素 $p_s (s = 1, 2, \dots, m)$ 为准则, 以 C_i 中的元素 $e_{jl} (l = 1, 2, \dots, n_j)$ 为网络层指标, 根据控制层评估指标的影响力构建的指标局部优势度判断矩阵为 e_{jl}^k , 并可表示为:

$$\begin{matrix} e_{j1}^k & e_{j2}^k & e_{j3}^k & \dots & e_{jn_j}^k \\ e_{j2}^k & 1 & a_{12}^k & \dots & a_{1n_j}^k \\ e_{j3}^k & a_{21}^k & 1 & \dots & a_{2n_j}^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{jn_j}^k & a_{n_1j}^k & a_{n_2j}^k & \dots & 1 \end{matrix} \quad (1)$$

上述判断矩阵 a_{ij}^k 中的元素由专家 D_k 根据九标度法打分构建, 并由 AHP 方法计算各指标的局部优势度。

2.2.3 计算网络层指标间的超矩阵

在获得指标局部优势度后, 将该权重向量 $w^j(k)$ 输入到 W_j^k 的列向量, 如此类推, 最终得到控制元素 C_j 的局部超矩阵:

$$W_j^k = \begin{bmatrix} 0 & w_1^{j_1}(k) & \dots & w_1^{jn_j}(k) \\ w_2^{j_1}(k) & 0 & \dots & w_2^{jn_j}(k) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n_j}^{j_1}(k) & w_{n_j}^{j_2}(k) & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

在网络层次分析法中, 元素组中各指标自己本身不比较, 故该矩阵中对角线上的元素为 0。同时, 矩阵列向量中其他元素表示其他元素在该指标下各自相应的重要程度。同理, 可计算出控制层元素组中其他指标的局部超矩阵, 并将获得的局部超矩阵输入到网络元素综合超矩阵, 即

$$W_c^k = \begin{bmatrix} W_1^k & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & W_2^k & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & W_n^k \end{bmatrix} \quad (3)$$

2.2.4 个体专家建立网络层指标间的超矩阵

在网络分析中, 为了反映元素之间的依存关系, 超矩阵 W^k 需要做一个稳定处理, 计算 W^k 极限超矩阵, 即

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (W_c^k)^n \quad (4)$$

通过计算超矩阵 W^k 的极限, 使得极限超矩阵得到稳定, 即使极限超矩阵的行向量的数据相等即可。然而, 当 $k \rightarrow \infty$

时,极限超矩阵行向量的数值可能随 k 的奇偶不同而不同,通常 k 取 $2k+1$ (如式(4)所示)^[10]。

$$\bar{W}_c^k = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (W_c^k)^{2k+1} \quad (5)$$

根据网络层次分析原理,当极限超矩阵稳定后,极限超矩阵的行向量的数值即为网络指标相互间的重要程度。即

$$W_{e_{jl}}^{A_j}(k) = (w_{e_{jl}}^{A_j}(k), w_{e_{jl}}^{A_j}(k), \dots, w_{e_{jl}}^{A_j}(k)) \quad (6)$$

2.2.5 个体专家计算网络安全评估综合指数

在得到网络层指标内部相互间的权重以后,还需计算网络指标在控制元素下的相对重要性。此种情况下可通过层次分析法获得。假设决策专家 D_k 以控制层元素 C_j 为准则,则 C_j 中元素 p_s ($s=1,2,\dots,m$)的权重可记为:

$$W_{e_{jl}}^{C_j}(k) = (w_{e_{jl}}^{C_j}(k), w_{e_{jl}}^{C_j}(k), \dots, w_{e_{jl}}^{C_j}(k)) \quad (7)$$

故此,网络层次指标综合重要性指数可表示为:

$$W^{C_j}(k) = (w_{e_{jl}}^{A_j}(k) \times w_{e_{jl}}^{C_j}(k), w_{e_{jl}}^{A_j}(k) \times w_{e_{jl}}^{C_j}(k), \dots, w_{e_{jl}}^{A_j}(k) \times w_{e_{jl}}^{C_j}(k)) \quad (8)$$

式中: $l=1,2,\dots,n_j$, $w_{e_{jl}}^{A_j}(k)$ 表示决策者 D_k 利用网络层次分析计算得到的网络层元素 C_j 相互独立时的重要性指数, $w_{e_{jl}}^{C_j}(k)$ 表示控制元素 C_j 网络层元素 e_{jl} 相互依赖时的重要性指数, $W^{C_j}(k)$ 表示网络元素综合重要性指数向量。同理,控制层指标相对于目标的综合重要性指数可计算出决策者 D_k 利用网络层次分析计算得到的控制元素 p_s 相互独立时的重要性指数 $w_{p_s}^A(k)$,控制元素 p_s 相互依赖时的重要性指数 $w_{p_s}^O(k)$,以及评估对象相对于网络层指标的重要性指数 $w_{e_{il}}^{X_i}$ 。故此商业银行网络网络安全综合评估指数可表示为:

$$D_{X_i}(k) = \sum_{s=1}^m \sum_{j=1}^n w_{p_s}^X w_{p_s}^A w_{e_{il}}^{C_j} w_{e_{il}}^{A_j} w_{e_{il}}^{X_i} \quad (9)$$

2.2.6 网络安全指数的群体评估意见集结

由于评估专家的知识结构和决策能力各不相同,对同一问题的评估具有很大的差异甚至相反。因此,如何在群决策过程中对各专家意见进行集结是网络安全评估决策中非常关键的环节。文献[11]利用正理想解和劣理想解的几何均值来消除专家评价结果;文献[12]利用直觉模糊加权平均(Intuitionistic Fuzzy Weighted Averaging, IFWA)算子来集结群决策专家的个体偏好;文献[13]设计了一种线性规划模型来解决模型互逆模糊矩阵集结问题;文献[14]利用模糊语言变量给出不同单个多属性决策方法的评价结果;文献[15]提出不确定性广义有序加权均值算子进行多属性决策方法。与此不同,本文利用正理想点和劣理想解的思想,利用评估指数与正、劣理想解间的欧氏距离提出一种双层目标规划模型来集结专家决策意见。假设专家 D_k 利用ANP模型得到的四家商业银行网络安全评估指数为 $D^{X_i}(k)$,并利用 $D^{X_i}(k)$ 构建专家决策矩阵,即

$$\begin{bmatrix} D^{X_1}(1) & D^{X_2}(2) & \dots & D^{X_m}(k) \\ D^{X_2}(1) & D^{X_2}(2) & \dots & D^{X_m}(k) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ D^{X_m}(1) & D^{X_m}(2) & \dots & D^{X_m}(k) \end{bmatrix} \quad (10)$$

在上式中,令 D^{X^+} 和 D^{X^-} 分别表示专家决策矩阵的理想解和劣理想解。考虑到评估专家对于商业银行 X_1 的网络安全指数 $D^{X_i}(k)$ 越偏离其劣理想解越好,即网络安全指数 $D^{X_i}(k)$ 和相应的劣理想解的距离越大越好,而同样希望网络安全指数和相应的理想解的距离越小越好。故此,可建立一个多目标规划模型来优化网络安全评估问题。显然,对于网络安全评估对象 X_i 在决策者 D_k 下与理想解和劣理想解的加权欧氏距离可分别定义为:

$$\begin{cases} d_i^+(\omega) = \left[\sum_{k=1}^n (D^{X_i}(k) - D^{X^+})^2 \omega_k \right]^{1/2} \\ d_i^-(\omega) = \left[\sum_{k=1}^n (D^{X_i}(k) - D^{X^-})^2 \omega_k \right]^{1/2} \end{cases} \quad (11)$$

式中: $i=1,2,\dots,m$; ω_k 反映决策者 D_k 的相对重要性,即权重。要求 $d_i^+(\omega)$ 的最优解,只要求 $[d_i^+(\omega)]^2$ 和 $[d_i^-(\omega)]^2$ 的最优解即可。故此,对于给定的权重向量 ω ,可建立下列双层目标规划模型,则最终得到的商业银行网络评估优化模型为:

$$\begin{cases} \min D^+(\omega) = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n (D^{X_i}(k) - D^{X^+})^2 \omega_k \\ \max D^-(\omega) = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n (D^{X_i}(k) - D^{X^-})^2 \omega_k \end{cases} \quad (12)$$

s. t. $\omega \in \Phi$, Φ 为网络安全评估专家的权重集合

求解双层规划模型(12),则决策专家重要性权重向量为: $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k)$,并代入 $[d_i^+(\omega)]^2$ 和 $[d_i^-(\omega)]^2$,则有

$$d_i = \frac{[d_i^+(\omega)]^2}{[d_i^+(\omega)]^2 + [d_i^-(\omega)]^2} \quad (13)$$

d_i 值越大,则商业银行 X_i 网络越安全。

3 基于ANP的网络安全多评估模型实例

假设有4个决策者对商业银行 X_1, X_2, X_3, X_4 的网络安全进行评估,评估指标见图2所示。

3.1 个体专家计算商业银行网络安全指数

考虑到基于ANP模型计算中所涉及的判断矩阵较多,故本文以专家 D_1 的决策过程中网络层 C_4 中的元素来演示模型计算过程。首先构建网络层元素组 C_4 相对于控制元素 P_4 的两两判断矩阵,在此种情况下,假设网络层元素组 C_4 相对于控制元素 P_4 而言两两相互独立,故此采用AHP可得其权重如表1所示。

表1 网络层 C_4 元素两两判断矩阵

e_{4i}	e_{41}	e_{42}	e_{43}	e_{44}	权重
e_{41}	1	2	6	2	0.46
e_{42}	1/2	1	3	1	0.23
e_{43}	1/6	1/3	1	1/3	0.08
e_{44}	1/2	1	3	1	0.23

同理,可计算其他网络层元素组 C_i 相对于控制元素 P_i 的权重向量,即 $w_{e_{il}}^{A_j}$ 。同时,由图2所示,在控制元素组 P_4 内部,元素 e_{4i} 相互依赖和影响,所以利用网络层次分析法求解,首先构建元素组 C_i 中元素 e_{ji} 内部的局部优势度。考虑到本文类似表格很多,本文仍仅以网络层 C_4 中元素 e_{4i} 的局部优势度矩阵为例说明局部优势度的计算过程。根据网络层次分析原理,所构建的局部优势度矩阵如表2所示,其表示的含义为 e_{42}, e_{43} 和 e_{44} 相对于 e_{41} 的重要程度。其余计算过程与层次分析法的计算原理相同。经计算可得 e_{42}, e_{43} 和 e_{44} 相对于 e_{41} 的重要程度为(0.53, 0.14, 0.33),计算所得数据输入超矩阵中。

表2 网络层 C_4 中元素 e_{4i} 的局部优势度矩阵

e_{4i}	e_{42}	e_{43}	e_{44}	权重
e_{42}	1	3	2	0.53
e_{43}	1/3	1	1/3	0.14
e_{44}	1/2	3	1	0.33

同理,可计算出其他元素组 C_i 中元素 e_{ji} 内部其他指标的局部优势度,并将这些局部优势度输入到超矩阵中,由式(2)

可得各局部超矩阵为:

$$W_1^k = \begin{bmatrix} 0 & 0.11 & 0.15 & 0.16 & 0.18 & 0.22 \\ 0.16 & 0 & 0.19 & 0.2 & 0.12 & 0.24 \\ 0.21 & 0.23 & 0 & 0.3 & 0.22 & 0.11 \\ 0.11 & 0.22 & 0.16 & 0 & 0.29 & 0.20 \\ 0.27 & 0.24 & 0.20 & 0.15 & 0 & 0.23 \\ 0.25 & 0.20 & 0.30 & 0.19 & 0.19 & 0 \end{bmatrix}$$

$$W_2^k = \begin{bmatrix} 0 & 0.19 & 0.21 & 0.23 & 0.18 & 0.16 \\ 0.23 & 0 & 0.18 & 0.2 & 0.22 & 0.3 \\ 0.32 & 0.18 & 0 & 0.12 & 0.24 & 0.15 \\ 0.14 & 0.24 & 0.22 & 0 & 0.15 & 0.17 \\ 0.2 & 0.21 & 0.15 & 0.25 & 0 & 0.22 \\ 0.11 & 0.18 & 0.24 & 0.2 & 0.21 & 0 \end{bmatrix}$$

$$W_3^k = \begin{bmatrix} 0 & 0.28 & 0.37 & 0.33 \\ 0.34 & 0 & 0.23 & 0.46 \\ 0.29 & 0.31 & 0 & 0.21 \\ 0.37 & 0.41 & 0.40 & 0 \end{bmatrix}$$

$$W_4^k = \begin{bmatrix} 0 & 0.64 & 0.31 & 0.64 \\ 0.53 & 0 & 0.58 & 0.11 \\ 0.14 & 0.19 & 0 & 0.25 \\ 0.33 & 0.17 & 0.11 & 0 \end{bmatrix}$$

将各局部超矩阵代入式(3)可得网络元素的超矩阵。在超矩阵中,主对角线上的元素值都为零,这表示指标本身不比较。为获得持续、稳定的权重,需对超矩阵求极限超矩阵。由式(3)可求得元素组的极限超矩阵并表示为:

$$\bar{W}_1^k = \begin{bmatrix} 0.1424 & 0.1424 & 0.1424 & 0.1424 & 0.1424 & 0.1424 \\ 0.1548 & 0.1548 & 0.1548 & 0.1548 & 0.1548 & 0.1548 \\ 0.1747 & 0.1747 & 0.1747 & 0.1747 & 0.1747 & 0.1747 \\ 0.1661 & 0.1661 & 0.1661 & 0.1661 & 0.1661 & 0.1661 \\ 0.1778 & 0.1778 & 0.1778 & 0.1778 & 0.1778 & 0.1778 \\ 0.1843 & 0.1843 & 0.1843 & 0.1843 & 0.1843 & 0.1843 \end{bmatrix}$$

$$\bar{W}_2^k = \begin{bmatrix} 0.1623 & 0.1623 & 0.1623 & 0.1623 & 0.1623 & 0.1623 \\ 0.1840 & 0.1840 & 0.1840 & 0.1840 & 0.1840 & 0.1840 \\ 0.1685 & 0.1685 & 0.1685 & 0.1685 & 0.1685 & 0.1685 \\ 0.1564 & 0.1564 & 0.1564 & 0.1564 & 0.1564 & 0.1564 \\ 0.1703 & 0.1703 & 0.1703 & 0.1703 & 0.1703 & 0.1703 \\ 0.1585 & 0.1585 & 0.1585 & 0.1585 & 0.1585 & 0.1585 \end{bmatrix}$$

$$\bar{W}_3^k = \begin{bmatrix} 0.2446 & 0.2446 & 0.2446 & 0.2446 \\ 0.2617 & 0.2617 & 0.2617 & 0.2617 \\ 0.2114 & 0.2114 & 0.2114 & 0.2114 \\ 0.2823 & 0.2823 & 0.2823 & 0.2823 \end{bmatrix}$$

$$\bar{W}_4^k = \begin{bmatrix} 0.3593 & 0.3593 & 0.3593 & 0.3593 \\ 0.3002 & 0.3002 & 0.3002 & 0.3002 \\ 0.1540 & 0.1540 & 0.1540 & 0.1540 \\ 0.1865 & 0.1865 & 0.1865 & 0.1865 \end{bmatrix}$$

在极限超矩阵中,行向量的元素相等,这表示极限超矩阵已经趋于稳定。根据网络分析法的基本原理,极限超矩阵的列元素就是网络指标长期稳定的权重指数,即 $w_{ej}^{C_j}$ 。

考虑各评估银行对网络层评价元素的影响,故需计算网络层评价元素相对于评估对象的重要性指数。有多少个评价元素就必须建立相应于每个评价元素的评价矩阵。同理可计算出控制元素 P_s 相对于总目标的相对局部重要性指数和控制元素 P_s 之间的相对重要性指数,即 w_{ps}^X 和 w_{ps}^A 。最后,由式(12)可计算出商业银行 X_i 网络安全评估指数,重复上述计算过程可得控制层指标的各权重,如表3所示。

表3中: w_{ps}^X 表示控制层指标相对于总目标的权重, w_{ps}^A 表示控制层指标在总目标的影响下彼此之间的重要程度, $w_{ej}^{C_j}$ 表示 C_j 控制指标的子指标相对于目标层的重要程度, $w_{ej}^{A_j}$ 表示 C_j 控制指标的子指标彼此之间的重要程度, $w_{ei}^{X_i}$ ($i=1,2,3,4$) 表示评价对象相对于网络层指标的重要程度。

表3 决策者 D_1 对商业银行网络安全评估指数

P_{il}	w_{ps}^O	w_{ps}^A	$w_{ej}^{C_j}$	$w_{ej}^{A_j}$	$w_{ei}^{X_1}$	$w_{ei}^{X_2}$	$w_{ei}^{X_3}$	$w_{ei}^{X_4}$	$w_{ej}^{C_j}(1)$	$w_{ej}^{C_j}(2)$	$w_{ej}^{C_j}(3)$	$w_{ej}^{C_j}(4)$
e_{11}	0.3330	0.2201	0.26	0.1424	0.21	0.14	0.45	0.20	0.0006	0.0004	0.0012	0.0005
e_{12}	0.3330	0.1934	0.04	0.1548	0.35	0.25	0.18	0.22	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
e_{13}	0.3330	0.1361	0.13	0.1747	0.30	0.21	0.14	0.35	0.0003	0.0002	0.0001	0.0004
e_{14}	0.3330	0.0785	0.26	0.1661	0.31	0.21	0.39	0.09	0.0003	0.0002	0.0004	0.0001
e_{15}	0.3330	0.1394	0.27	0.1778	0.44	0.15	0.28	0.13	0.0010	0.0003	0.0006	0.0003
e_{16}	0.3330	0.1579	0.04	0.1843	0.23	0.13	0.38	0.25	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
e_{21}	0.1922	0.2352	0.24	0.1623	0.24	0.25	0.38	0.13	0.0004	0.0004	0.0007	0.0002
e_{22}	0.1922	0.1477	0.04	0.1840	0.26	0.25	0.26	0.23	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
e_{23}	0.1922	0.1078	0.32	0.1685	0.23	0.28	0.30	0.19	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
e_{24}	0.1922	0.1785	0.03	0.1564	0.11	0.40	0.32	0.17	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000
e_{25}	0.1922	0.1742	0.04	0.1703	0.21	0.3	0.22	0.27	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001
e_{26}	0.1922	0.1790	0.33	0.1585	0.26	0.48	0.05	0.19	0.0005	0.0009	0.0001	0.0003
e_{31}	0.2109	0.4478	0.33	0.2446	0.29	0.35	0.15	0.21	0.0022	0.0027	0.0011	0.0016
e_{32}	0.2109	0.2448	0.35	0.2617	0.30	0.19	0.23	0.28	0.0014	0.0009	0.0011	0.0013
e_{33}	0.2109	0.1286	0.11	0.2114	0.32	0.17	0.21	0.30	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002
e_{34}	0.2109	0.1787	0.21	0.2823	0.28	0.16	0.33	0.23	0.0006	0.0004	0.0007	0.0005
e_{41}	0.2638	0.2053	0.46	0.3593	0.13	0.28	0.50	0.09	0.0012	0.0025	0.0045	0.0008
e_{42}	0.2638	0.4074	0.23	0.3002	0.45	0.28	0.16	0.11	0.0033	0.0021	0.0012	0.0008
e_{43}	0.2638	0.0917	0.08	0.154	0.27	0.38	0.16	0.19	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001
e_{44}	0.2638	0.2956	0.23	0.1865	0.30	0.22	0.11	0.37	0.0010	0.0007	0.0004	0.0012
$D^{X_i}(1)$									0.0137	0.0126	0.0131	0.0089

3.2 集结个体专家计算商业银行网络安全指数

其他专家按案例步骤可分别计算出各自对4个银行网络安全评估指数,并将各指数输入评估决策矩阵,即

$$\begin{bmatrix} 0.0137 & 0.0253 & 0.0117 & 0.0132 \\ 0.0126 & 0.0133 & 0.0156 & 0.0165 \\ 0.0131 & 0.0221 & 0.0111 & 0.0143 \\ 0.0089 & 0.0101 & 0.0142 & 0.0121 \end{bmatrix}$$

则网络安全评估指数理想解为(0.0089, 0.0101, 0.0111, 0.0121),劣理想解为(0.0137, 0.0253, 0.0156, 0.0165)。考虑到商业银行对专家重要程度的偏好问题,决策者给定各评估专家重要性权重区间,即: $\omega_1 \in [0.24, 0.34]$, $\omega_2 \in [0.13, 0.25]$, $\omega_3 \in [0.16, 0.28]$, $\omega_4 \in [0.13, 0.27]$ 。根据式(12),并根据不完全信息下的不同专家的重要性程度,可得双层规划模型为:

$$\begin{cases} \min D^+(\omega) = 0.000054\omega_1 + 0.000385\omega_2 + \\ \quad 0.000030\omega_3 + 0.000025\omega_4 \\ \max D^-(\omega) = 0.000025\omega_1 + 0.000392\omega_2 + \\ \quad 0.000037\omega_3 + 0.000035\omega_4 \end{cases} \quad (14)$$

s. t. $0.24 \leq \omega_1 \leq 0.34, 0.13 \leq \omega_2 \leq 0.25,$
 $0.16 \leq \omega_3 \leq 0.28, 0.13 \leq \omega_4 \leq 0.27$

$$\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1; \omega_i \geq 0$$

考虑到式(14)具有相同的约束条件,利用线性加权法可将双层目标规划集结成单目标规划模型,即式(14)变形为:

$$\max D^-(\omega) = -0.000030\omega_1 + 0\omega_2 + \\ 0.000007\omega_3 + 0.000010\omega_4 \quad (15)$$

s. t. $0.24 \leq \omega_1 \leq 0.34, 0.13 \leq \omega_2 \leq 0.25,$
 $0.16 \leq \omega_3 \leq 0.28, 0.13 \leq \omega_4 \leq 0.27$

$$\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1; \omega_i \geq 0$$

利用 Matlab 7.0 求得各专家重要性权重向量为:

$$\omega = (0.2400, 0.2100, 0.2800, 0.2700)$$

将各专家权重代入式(13),求得距离向量:

$$d = [0.9410, 0.3485, 0.7952, 0.04323]$$

故银行 X_1 网络安全指数明显优于其他各商业银行。

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,不同决策机构在对网络安全评估过程中存在大量不确定性信息,传统的评价方法难以满足这方面需求。为此,本文建立 GANP 模型,不仅改变了传统网络安全评估过程中忽视网络安全指标间的关联性和依赖性,而且也

改变了传统 ANP 模型中仅依靠个体专家决策主观性的缺点。最后,本文利用正理想点和劣理想解的思想,利用评估指数与正、负理想解间的欧氏距离提出一种双层目标规划模型来集结专家决策意见。案例分析结果显示本模型具有一定的可行性和实用性。

参考文献:

- [1] 高会生,朱静.基于D-S证据理论的网络安全风险评估模型[J].计算机工程与应用,2008,44(6):157-168.
- [2] 李健宏,李广振.网络安全综合评价方法的应用研究[J].计算机仿真,2011,28(7):165-168.
- [3] 巫建文,王涛,徐凌魁,等.基于多木桶模型的信息安全量化评估方案[J].计算机应用研究,2011,28(5):1914-1928.
- [4] SATTY T L. How to handle dependence with the analytic hierarchy process [J]. Mathematical Modelling, 1987, 9(3/4/5): 369-376.
- [5] TENG C-C, HORNG J-S, HU M-L M, et al. Developing energy conservation and carbon reduction indicators for the hotel industry in Taiwan [J]. International Journal of Hospitality Management, 2012, 31(1): 199-208.
- [6] DAS S, CHAKRABORTY S. Selection of non-traditional machining processes using analytic network process [J]. Journal of Manufacturing Systems, 2011, 30(1): 41-53.
- [7] 马俊,刘芳,戴葵,等.一种信息系统安全性定量评估方法的研究与实现[J].计算机工程与科学,2008,30(1):18-21.
- [8] 高会生,郭爱玲.组合核函数SVM在网络安全风险评估中的应用[J].计算机工程与应用,2009,45(11):123-126.
- [9] 吕峰,梁昌勇,李绩才.群决策中专家决策意见的可靠性研究[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2009,32(3):366-368.
- [10] AYACIN I, OZDEMIR R G. A hybrid approach to concept selection through fuzzy analytic network process [J]. Computers and Industrial Engineering, 2009, 56(1): 368-379.
- [11] SHIHA H-S, SHYURB H-J, LEE E S. An extension of TOPSIS for group decision making [J]. Mathematical and Computer Modelling, 2007, 45(7/8): 801-813.
- [12] BORAN F E, GENÇ S, KURT M, et al. A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method [J]. Expert Systems with Applications: An International Journal, 2009, 36(8): 11363-11368.
- [13] XU ZESHUI, CHEN JIAN. Group decision-making procedure based on incomplete reciprocal relations [J]. Soft Computing: A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications, 2008, 12(6): 515-521.
- [14] PANG JIFANG, LIANG JIYE. Evaluation of the results of multi-attribute group decision-making with linguistic information [J]. Omega, 2012, 40(3): 294-301.
- [15] ZHOU LI-GANG, CHEN HUA-YOU, MERICÓ J M, et al. Uncertain generalized aggregation operators [J]. Expert Systems with Applications, 2012, 39(1): 1105-1117.

2012年全国开放式分布与并行计算学术年会征文通知

由中国计算机学会开放系统专业委员会主办、宁波大学信息科学与工程学院承办的“2012年全国开放式分布与并行计算学术年会(DPCS2012)”将于2012年9月26—28日在浙江宁波召开。有关征文事宜通知如下:

征文范围(包括但不限于):开放式分布与并行计算模型、体系结构、编程环境、算法及应用;开放式网络、数据通信、网络与信息安全、业务管理技术;开放式海量数据存储与Internet索引技术,分布与并行数据库及数据/Web挖掘技术;开放式网格计算、云计算、Web服务、P2P网络及中间件技术;开放式无线网络、移动计算、传感器网络与自组网技术;分布式人工智能、多代理与决策支持技术;开放式虚拟现实技术与分布式仿真;开放式多媒体技术与流媒体服务,媒体压缩、内容分送、缓存代理、服务发现与管理技术。

论文必须是未正式发表的或者未正式被录用的研究成果,具体格式参照网站提供的样式。务必附上第一作者简历,并注明论文所属领域。来稿一律不退,请自留底稿。

论文投稿截止日期:2012年6月1日;论文录用通知日期:2012年6月20日。

本次会议采用网上投稿方式,作者请在<http://dpcs2012.nbu.edu.cn>查看投稿要求并通过相关链接进行投稿。