

面向风险评估的专家权重自适应调整方法

冷 强 杨英杰 胡 浩
(信息工程大学 郑州 450001)

摘 要 信息资产评估是信息安全风险评估技术重要的研究内容之一。目前,其在资产评估中主要采用专家评估与专家权重相结合的评估量化方法,然而该方法在实际应用中却面临如何科学确定专家权重以降低偏差较大评估意见对整体评估结果影响的问题。针对该问题,提出了一种基于专家偏离度的权重自适应调整评估方法,能够合理地减小专家主观性给出的异常评估值对评估的影响。最后实现算法并通过实验验证算法的有效性。结果表明该方法能够合理地减小异常评估值对评估的影响。

关键词 资产评估,信息安全,专家评估,偏离度,权重自适应调整评估方法

中图法分类号 TP309 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2018.12.015

Self-adaption Adjustment Method for Experts in Risk Assessment

LENG Qiang YANG Ying-jie HU Hao
(Information Engineering University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract Information asset assessment is a part of the important research content of information security risk assessment technology. At present, it mainly uses quantitative evaluation methods based on expert assessment and expert weighting. However, in the implementation of this method, how to scientifically determine the expert weight to reduce the impact of the assessment opinion with larger deviation on the overall evaluation results is a question. Considering this problem, this paper proposed a weight self-adaption adjustment evaluation method based on the deviation degree of experts, which can effectively reduce the impact of abnormal value on evaluation by expert. At the end of this paper, the algorithm was implemented and the algorithm validity experiment was carried out. The results show that this method can effectively reduce the impact of the abnormal evaluation value on the assessment.

Keywords Asset assessment, Information security, Expert assessment, Deviation degree, Weight self-adaption adjustment evaluation method

1 引言

资产评估是信息安全风险评估的核心要素之一,其对信息安全风险评估有着非常重要的影响。信息安全风险评估中的资产是指对组织具有价值的信息或资源,它包括物理资产、信息/数据、软件、生产某种产品或提供服务的能力、人员、无形资产等^[1]。目前对信息系统的资产进行评估的方法是先对信息系统的资产进行分析、识别,然后由专家从资产的保密性、完整性和可用性 3 个方面进行资产价值赋值,最后基于权重法给出资产价值的综合评估值^[2-6]。通过对上述研究内容的分析可知,科学地确定专家权重是对信息资产进行评估的关键。利用专家组对事件进行评估时,基于专家的重要程度都是相同的,Wu 等^[7]、Dubois 等^[8]、Mendel 等^[9]均采用等专家权重评估事件的方法,对专家评估语言的细粒度进行研究。

王丹琛等^[10]在专家权重确定方面首先对信息资产中的业务效能进行评估,然后运用格蕴涵代数和模糊语言的方法对评估进行处理,最后利用专家权重进行综合评估处理。王晋东等^[11]从资产评估方面提出对专家进行权重分配,然后让专家组根据评估后反馈的数据进行多轮评估,但是在进行反馈时会给专家一个主观引导,使得专家向专家组给出的评估值的均值靠拢,增加了非客观性的因素,会降低数据的准确度。Lee 等^[12]提出确定专家权重的方法应遵循两个原则:1)通过对专家与专家之间的权重进行比较来确定专家的权重,当一个专家被另一个专家推荐时,被推荐的专家的权重应该更大;2)专家吸引的关注越多,专家的权重越大。然后利用 Page Rank 算法计算专家权重。但是通过专家之间的推荐关系确定专家重要度时存在片面判断的问题,即一个专家推荐另一个专家不代表该专家权重应该比被推荐的专家的权重小;并

到稿日期:2017-11-24 返修日期:2018-03-21 本文受国家“863”高技术研究发展计划基金项目(2012AA012704,2015AA016006),郑州市科技领军人才项目(131PLJRC644),国家重点研发计划课题(2016YFF0204003),公安部信息安全重点实验室开放课题(C15604)、“十三五”装备预研领域基金(61400020201)资助。

冷 强(1993-),男,硕士生,主要研究方向为信息系统安全,E-mail:lqslly1993@163.com;杨英杰(1971-),男,教授,主要研究方向为信息系统风险评估,E-mail:yangyj-2010@qq.com(通信作者);胡 浩(1989-),男,博士生,主要研究方向为网络安全态势感知和图像秘密共享。

且专家关注度与专家研究的方向也有很大关系,因此,推荐关系对专家的权重不存在决定性的作用。

通过对以上研究的分析可知,目前在专家权重确定方面通常采用的是等专家权重或基于专家给出的评估值的历史数据确定专家权重。其中,等权重方法存在环境因素和专家的主观因素会对资产评估造成影响的问题;而基于专家的历史数据确定权重的方法存在历史数据之间的相关性是当前评估研究的相关性不一致以及专家的评估历史数据难以获取的问题。基于此,本文提出偏离度的概念,在不依赖专家历史评估数据的情况下,根据专家的当前评估给出专家的权重,能够合理地减小环境因素和专家的主观性对评估值的影响。

2 基于权重的资产评估原理

资产评估方法是根据专家权重和专家对资产给出的评估值进行简单的加权计算,然后得到资产评估值。在进行专家权重的资产评估前,需要对资产进行识别。资产往往包含许多指标,首先需要指标进行划分识别,然后对资产指标进行评价,得到资产指标的评估值。

专家组在对资产进行评估时,首先给出专家组专家的权重,专家的权重由被评估的组织根据专家在信息安全方面研究的创新成果和在业务方面的熟悉程度给出,或者使用等权重的专家权重确定方法来确定。假设专家组由 n 位专家组成,得:

$$\sum_{i=1}^n \omega_i = 1 \quad (1)$$

$$\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$$

其中, ω_i 表示第 i 位专家的权重, ω 表示专家权重向量。

然后对资产的指标进行识别处理。假设资产由 m 个指标组成,每个专家对指标集进行评价,得到专家的评估向量,记为 $\vec{a}, \vec{a} = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ 。根据专家组的专家给出的评估值,得到评估矩阵 A :

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix} \quad (2)$$

其中, a_{ij} 表示第 i 位专家对资产的第 j 个指标进行评估而给出的评估值。矩阵的行是专家对指标集进行评价得到的专家评估向量,根据专家权重和专家给出的评估矩阵得到资产下层指标的评估均值。

根据式(1)和式(2),得到专家组对资产指标进行评估的评估均值。令 \bar{a}_j 表示资产的第 j 个指标的评估均值:

$$\bar{a}_j = \sum_{i=1}^n (\omega_i \times a_{ij}), i=1, \dots, n, j=1, \dots, m \quad (3)$$

最后得到评估均值向量 $M, M = (\bar{a}_1, \bar{a}_2, \dots, \bar{a}_m)$ 。

使用该方法直接对专家的权重进行分配时,存在权重划分具有主观性的问题,下面介绍一种基于专家评估值偏离度的权重自适应调整的方法,以确定专家权重,减小专家评估异常值对评估的影响。

3 资产价值评估偏离度

在通常情况下,本文认为如果一个专家给出的评估值偏

离其他专家给出的意见值,那么该专家给出的意见的参考价值就较低,从而应该降低该专家的权重。该思想与文献[13-14]根据专家评估值与专家组的评估值的一致性和差异性确定专家权重的思想相同。文献[13-14]基于专家评估可信性进行研究,给出了确定专家的可信性值 γ_i' 的方法。 γ_i' 越大表示该专家的可信度越高,权重应该越大; γ_i' 越小表示专家的可信度越小,权重应该越小。

根据相同的普适性规律,本文在进行专家权重算法设计时,首先基于专家评估值与专家组的评估均值的欧氏距离提出了偏离度的概念。

通过第 2 节的介绍,在信息系统资产评估中,针对资产的评估各个专家会给出一组评估值,然而各个专家给出的资产评估值之间存在一定的差异,为了量化该差异,文献[11]给出了资产价值偏离量的定义,具体如定义 1 所示。

定义 1(偏离量^[11]) 偏离量表示专家的评估值与专家组的评估值之间的欧氏距离。

偏离量用 S 表示:

$$S_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (a_{ij} - \bar{a}_j)^2} \quad (4)$$

下面将专家的偏离量融入专家的权重,但是在进行权重分配时,存在专家的偏离量在资产指标过多时会出现偏离量数据过大和专家与专家之间横向比较数据分布过大的问题。

为了解决上述关于偏离量的问题,提出了偏离度概念,其应满足下面两个属性:

属性 1(归一化特征) 实现对专家偏离量的归一化处理。

属性 2(一致性特征) 在归一化处理中应保持专家偏离度与原有专家偏离量大小的一致性,即偏离量大的偏离度也相对较大。

在对偏离度进行定义之前,首先给出熵权法^[14]的介绍。

熵权法:也称作客观赋权法,指根据指标的熵对指标进行赋权。

本文引用熵权法的理论对专家的权重进行赋权,也就是专家的熵对应该专家的权重。将相同的原理应用到本文中表示为:专家的偏离度对应专家的权重。为了解决上面的问题并满足要求,对专家偏离度进行定义。

定义 2(偏离度 R) 指专家评估值与专家组的评估均值的偏离程度,其度量方法为:

$$1) \exists S_j = 0 \text{ 时}$$

$$R_j = \frac{f(x_j)}{\sum_{i=1}^n f(x_i)} \quad (5)$$

$$2) \exists S_j = 0 \text{ 时}$$

$$\begin{cases} R_l = \frac{f(x_l)}{\sum_{k \neq j} f(x_k)} \\ R_j = 0 \end{cases} \quad (6)$$

其中, R_j 和 R_l 表示第 j 个和第 l 个专家的偏离度, n 表示 n 位专家对信息资产进行评估。

下面对偏离度的表示进行规范化的处理,其中每个专家偏离度的取值范围为 $[0, 1)$,且所有专家的偏离度值的和为 1。

下面证明偏离度 R 具备一致性特征。

假设 x 是第 i 位专家的偏离量 S_i , a 表示专家组的偏离量总和, 那么在对专家偏离量进行归一化处理时, 得到的专家偏离度与偏离量具有一致性, 其中需要满足:

$$f(x) = \begin{cases} -\frac{1}{\ln \frac{x}{a}}, & x \in (0, +\infty] \\ 0, & x = 0 \end{cases} \quad (7)$$

其中, $a = \sum_{i=1}^n S_i$ 为大于 0 的常数, $x = S_i$. $f(x)$ 在定义域 $[0, +\infty]$ 内是连续增函数。

证明: 首先证明当 $x \in (0, +\infty]$ 时, $a > x$. 因为当专家人数为 0 时, 无意义; 当专家人数为 1 时, $x = 0$. 所以要证明 $x \in (0, +\infty]$ 时, $a > x$, 只需要证明当专家人数大于或等于 2 时, $a > x$ 成立即可。

下面证明当 $n \geq 2$ 时, $a > x$.

当 $n \geq 2$ 时, 有:

1) 专家的偏离量全为 0;

2) 专家的偏离量不全为 0, 因此, 若存在一位专家的偏离量大于 0, 则一定会存在另一位专家的偏离量不为 0。

情况 1) 表示专家评估高度一致, 不需要讨论。下面证明情况 2): 当 $\exists S_i \neq 0$ 则至少存在另一位专家的偏离量不为 0。

反证法: 假设除了 $S_i \neq 0$, 其他所有专家的偏离量都为 0, 那么其他专家的评估值与专家组的评估均值相同。

因为专家组的评估均值是由专家的评估值与专家的权重计算得到, 即 $\bar{a}_j = \sum_{i=1}^n (\omega_i \times a_{ij})$, 得到 $S_i =$

$\sqrt{\sum_{j=1}^m (a_{ij} - (\sum_{i=1}^n (\omega_i \times a_{ij})))^2}$, 显然, 由于 $\exists S_i \neq 0$, 因此专家 i 的评估值与评估均值不相等, 而又要使得其他专家的评估值与评估均值相同, 则只能使得专家 i 的权重为 0, 即不参与该信息资产的评估, 那么剩下的专家的偏离量全为 0, 转情况 1)。所得结论矛盾, 因此当存在专家的偏离量不为 0 时, 至少存在一个 $S_k \neq 0$, 其中 $k \neq i$ 。

证明情况 2) 后可以得到当 $x \in (0, +\infty]$ 时, $a > x$, 得证。

下面证明式(5)在定义域 $(0, +\infty]$ 是连续增函数。

证明: 显然, 当 $x \in (0, +\infty]$, 即 $\frac{x}{a} \in (0, 1)$ 时, 函数 R 是连续增函数, 因此只需要证明函数 R 在 $x = 0$ 时连续。当 $x \rightarrow 0$ 时, $R = -\frac{1}{\ln \frac{x}{a}}$, 可以得到 $R = 0$ 。又有当 $x = 0$ 时, $R = 0$ 。

因此 R 在 $x = 0$ 点连续。又有当 $x \in (0, +\infty]$ 时, 函数 $R > 0$ 。

综上, 函数 R 在定义域内是连续增函数, 证明了偏离度函数具有一致性的属性。

可以看出, 偏离度是根据专家的偏离量的表示, 并且将数值映射到 $[0, 1)$, 使得当专家的评估值偏离专家组的评估均值越远, 得到的偏离度越大, 相应地应该减小偏离度大的专家的权重。本文将在第 4 节对专家的权重进行计算处理, 并且提出专家权重自适应调整算法。

4 基于 R 的专家权重自适应调整算法

在一般情况下, 本文根据多个专家的评估意见比单个专

家的评估意见更重要的普适性规律, 研究专家的偏离度对专家权重的影响, 目的是让偏离度越大的专家的权重越小。由此容易得出偏离度与专家权重是反相关的关系。根据该原理和文献[13-14]中的专家评估可信性研究, 本文利用专家的偏离度来确定专家的权重, 下面给出专家权重影响因子的计算方法和专家权重自适应调整算法过程。

4.1 专家权重影响因子

由第 3 节的研究可知, 对专家的偏离度进行计算而得到的专家的权重调整参数需要满足反相关的要求, 为了方便地确定权重, 本文对数值进行规范化处理并将其映射到 $(0, 1]$ 范围内。借鉴文献[13]的相关研究, 对文献[13]的相关计算方法进行改进。对数据的处理已在第 3 节中阐述, 本小节主要证明满足上述要求。首先证明:

$$g(x) = \begin{cases} \frac{1}{e^x - 1}, & x \in (0, 1) \\ +\infty, & x = 0 \end{cases} \quad (8)$$

在定义域内是连续递减的。

证明: 显然, 式(8)在 $x \in (0, 1)$ 是连续递减的, 只需证明式(8)在 $x = 0$ 处是连续的即可。

当 $x \rightarrow 0$ 时, $\mu = \frac{1}{e^x - 1}$, 其中 $\mu \rightarrow +\infty$, 且当 $x \rightarrow 0$ 时, $\frac{1}{e^x - 1} < +\infty$, 因此式(8)在定义域内是连续递减的函数, 得证。

下面给出专家权重影响因子 μ 的计算方法。

1) $\exists R_j = 0$ 时:

$$\mu_j = \frac{g(x_j)}{\sum_{i=1}^n g(x_i)} \quad (9)$$

2) $\exists R_j = 0$ 时:

$$\begin{cases} \mu_i = \frac{g(x_i)}{\sum_{i \neq j} g(x_i)} \\ \mu_j = +\infty \end{cases} \quad (10)$$

该算法保证了在与其他专家进行比较时, 偏离度越大的专家的权重影响因子使专家在评估中的权重变得越小, 从而降低该专家对资产评估的影响。根据该原理能够合理地减小专家评估异常值对评估结果的影响。

再根据权重影响因子来对专家的权重进行重新分配, 并进行规范化处理, 得到专家重新分配的权重 $\omega_j^{(p)}$:

$$\omega_j^{(p)} = \frac{\omega_j \times \mu_j}{\sum_{i=1}^n (\omega_i \times \mu_i)}, p = 1, 2, \dots, t \quad (11)$$

其中, ω_i, ω_j 为初始权重, $\omega_j^{(p)}$ 表示第 p 次的第 j 个专家的权重。 p 表示在进行专家自适应权重确定时需要得到的专家权重的次数。

式(11)中存在 $\mu_j = +\infty$ 的情况, 出现这种情况时, 得到的结果就是偏离度为 0 的专家的权重为 1, 其他专家权重为 0, 说明本文的偏离度算法对于特例也适用。

特别说明: 上述 $\mu_j = +\infty$ 的情况并不是没有考虑其他专家的评估, 而是由于所有专家的加权评估值与其中一个专家

的评估值相等,说明该专家的评估相比于其他专家给出的评估值更中肯和合理,因此最后结果取与该专家评估值相同的评估值,但是该值不是该专家的评估值,而是专家组的评估均值。

文献[15]采用的计算方法是令本文的最后权重影响因子为 $\mu = \frac{1}{S^a}$,其中 S 为偏离量, a 为人工设置的参数;文献[16-18]考虑到当 $S=0$ 时,上式没有意义,因此对该式进行了改进,将其改为 $\mu = \frac{1}{1+aS}$,其中 a 依然为人工设置的参数;本文基于此与信息熵的相关研究进行改进,得到偏离度和影响因子。本文的优势是不需要人工设定常量因子,并且将 0 作为特殊值进行考虑。

在对专家的权重进行重新计算时,根据初始权重与权重影响因子的计算来确定权重。最后根据新的专家权重得到新的第 j 个指标的评估均值 $\overline{a_j^{(p)}}$:

$$\overline{a_j^{(p)}} = \sum_{i=1}^n (\omega_i^{(p)} \times a_{ij}) \tag{12}$$

其中, $i=1, \dots, n, j=1, \dots, m, p=1, 2, \dots, t$ 。

综上,得到新的评估均值 $M^{(p)}, M^{(p)} = (\overline{a_1^{(p)}}, \overline{a_2^{(p)}}, \dots, \overline{a_m^{(p)}})$ 。

4.2 权重自适应调整算法

在得到评估均值后,专家的偏离度有了新的变化,为了进一步确定专家的权重,将新的评估均值代入专家偏离量的计算中,进行专家权重自适应算法的计算。

下面给出基于专家偏离度确定专家权重的方法,为减小专家评估异常值对评估的影响,首先给出专家权重自适应算法的流程图(见图 1)。

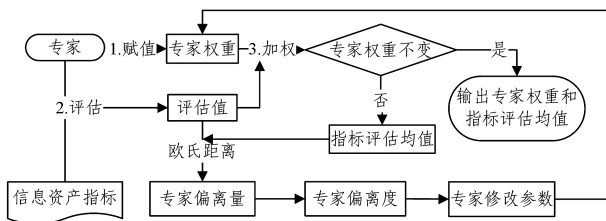


图 1 权重自适应调整算法流程图

Fig. 1 Flowchart of weight self-adaption adjustment evaluation method

算法 1 专家权重自适应算法

输入:专家对信息资产的评估矩阵 A 和专家初始权重 ω_i

输出:专家权重向量 ω^p 和资产评估值向量 M

- 步骤 1 根据专家权重和专家评估矩阵计算得到信息资产评估均值 M 。
- 步骤 2 根据评估均值 $M^{(p-1)}$ 计算专家的偏离量 $S^{(p)}$ 和专家偏离度 $R^{(p)}$ 。
- 步骤 3 计算专家权重影响因子 $\mu^{(p)}$ 和新的专家权重 $\omega_j^{(p)}$,判断 $\omega_j^{(p)} = \omega_j^{(p-1)}$ 是否成立。如果成立,则根据 $\omega_j^{(p)}$ 计算出 $M^{(p)}$,然后转到步骤 5;如果不成立,则转到步骤 4。
- 步骤 4 根据专家权重计算新的评估均值 $M^{(p)}$,并用其替代评估均值 $M^{(p-1)}$,转到步骤 2。
- 步骤 5 输出 $\omega, \omega^{(1)}, \dots, \omega^{(p)}$ 和 $M, M^{(1)}, \dots, M^{(p)}$ 。算法停止。

算法 1 中,步骤 3 的 $\omega_j^{(p)} = \omega_j^{(p-1)}$ 表示判断专家的权重是否达到稳定值。

经过计算,得到的最终的 $M^{(p)}$ 就是本文所求的信息资产评估值。

5 实验验证

为了验证算法是否能够实现专家在进行评估时,偏离度大的专家的权重小和偏离度小的专家的权重大的目的,下面对某高校的一个局域信息系统资产进行评估,然后在 MATLAB 的环境下进行算法实现和数据处理的实验验证。

该局域网包含 15 个资产,6 个专家对这 15 个资产进行评估,由于不考虑资产与资产之间的关联,因此在专家进行评估时只考虑其中一个资产,并且给出该资产的评估值,这里借鉴 GB/T20984-2007^[2]对资产评估的方式。为了更加详细地对资产分级,令资产评估值范围为(0,10)。下面为总资产下的资产评估矩阵:

$$A = \begin{pmatrix} 7 & 6 & 7 & 5 & 8 & 4 & 6 & 5 & 6 & 3 & 5 & 7 & 8 & 4 & 7 \\ 8 & 8 & 8 & 6 & 6 & 6 & 6 & 7 & 7 & 4 & 5 & 6 & 7 & 5 & 7 \\ 8 & 7 & 9 & 4 & 4 & 7 & 5 & 8 & 5 & 2 & 6 & 4 & 6 & 3 & 6 \\ 6 & 7 & 7 & 5 & 6 & 5 & 6 & 8 & 8 & 3 & 6 & 5 & 7 & 5 & 7 \\ 8 & 8 & 8 & 4 & 7 & 4 & 7 & 6 & 7 & 4 & 4 & 6 & 7 & 6 & 6 \\ 7 & 5 & 6 & 5 & 6 & 5 & 4 & 7 & 7 & 4 & 5 & 5 & 8 & 4 & 8 \end{pmatrix}$$

矩阵元素的数值表示当该资产被攻击时对组织造成的损失和该资产的成本之和^[5]。上述评估矩阵是用该方法来对资产进行评估而得到的信息资产评估值矩阵。下面首先确定专家的初始权重,然后根据算法 1 得到专家偏离度。具体步骤如下所示:

- 1)平均划分专家权重,得到专家权重为: $\omega_i = \frac{1}{6}$ 。
- 2)通过式(3)计算得到评估均值: $M = (7.333, 6.833, 7.500, 4.833, 6.167, 5.167, 5.667, 6.833, 6.667, 3.333, 5.167, 5.500, 7.167, 4.500, 6.333)$ 。由式(4)一式(6)计算得到专家的偏离度: $R = (0.1726, 0.1389, 0.2087, 0.1459, 0.1663, 0.1676)$ 。
- 3)通过专家权重自适应调整算法,得到稳定的专家权重,结果取 4 位有效数字。

表 1 是初始权重为等权重,然后经过权重自适应算法计算后得到的专家权重变化表。

表 1 专家权重变化表

Table 1 Expert weight change table

轮次	专家 1	专家 2	专家 3	专家 4	专家 5	专家 6
1	0.1667	0.1667	0.1667	0.1667	0.1667	0.1667
2	0.1574	0.1991	0.1279	0.1889	0.1640	0.1626
3	0.1573	0.2021	0.1234	0.1911	0.1655	0.1605
4	0.1575	0.2024	0.1229	0.1912	0.1660	0.1600
5	0.1575	0.2025	0.1228	0.1912	0.1661	0.1600
6	0.1575	0.2025	0.1228	0.1912	0.1660	0.1599
7	0.1575	0.2025	0.1228	0.1912	0.1660	0.1599

特别说明:表 1 中的数据在进行数据处理时存在有的数据不变,有的数据改变的问题,这是由于在对数据进行处理时省略了小数点后面几位。算法 1 中最后的专家权重精确到 4

位有效数字,图2是专家权重变化折线图。

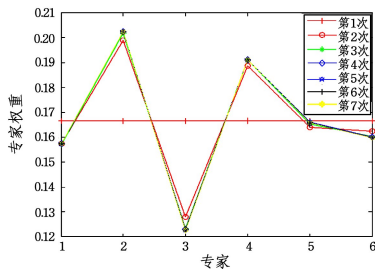


图2 专家权重变化折线图

Fig. 2 Line chart of expert weight change

表2 资产指标评估均值变化表

Table 2 Change of mean evaluation values of asset index

轮次	资产1	资产2	资产3	资产4	资产5	资产6	资产7	资产8	资产9	资产10	资产11	资产12	资产13	资产14	资产15
1	7.333	6.833	7.500	4.833	6.167	5.167	5.667	6.833	6.667	3.333	5.167	5.5	7.167	4.500	6.333
2	7.302	6.880	7.456	4.907	6.223	5.133	5.711	6.838	6.776	3.398	5.153	5.55	7.192	4.588	6.383
3	7.300	6.889	7.454	4.913	6.233	5.1261	5.721	6.834	6.787	3.405	5.149	5.559	7.194	4.601	6.390
4	7.300	6.891	7.454	4.914	6.235	5.125	5.723	6.833	6.788	3.406	5.148	5.56	7.195	4.603	6.391
5	7.300	6.891	7.454	4.914	6.236	5.125	5.723	6.833	6.788	3.406	5.148	5.56	7.195	4.603	6.391
6	7.300	6.891	7.454	4.914	6.236	5.124	5.723	6.833	6.788	3.406	5.148	5.56	7.195	4.603	6.391
7	7.300	6.891	7.454	4.914	6.236	5.124	5.723	6.833	6.788	3.406	5.148	5.56	7.195	4.603	6.391

最后经过专家权重自适应算法,得到专家权重为: $\omega^{(7)} = (0.1575, 0.2025, 0.1228, 0.1912, 0.1661, 0.1599)$ 。评估均值为: $M^{(7)} = (7.300, 6.891, 7.454, 4.914, 6.236, 5.124, 5.724, 6.833, 6.788, 3.407, 5.148, 5.561, 7.195, 4.603, 6.392)$ 。

实验表明,经过6次专家权重自适应算法的计算,可得到精确到小数点后4位的稳定的专家权重。根据表1可以看出:专家3的最终权重变小,相应地,专家2和专家4的权重增大,实现了专家权重自适应调整算法的目的,即减小偏离度大的专家的权重来减小专家异常评估值对评估的影响。

相比于等专家权重的方法,本文考虑了专家主观性对评估值的影响,因此采用本文评估方法得到的评估值更加合理。

相比于基于专家历史数据的先验专家权重的确定方法,本文方法是通过当下的专家评估值给出专家权重,具有不依赖历史数据和更加易于操作的优点。

与文献[13-14]的后验专家权重确定方法相比可知,文献[13-14]的确定专家权重的方法在得到专家的权重后不再对专家的新的权重进行改变,没有考虑到新的专家权重会改变原来的专家组的评估均值,进而改变专家与专家组的评估均值的一致性和差异度的情况。文献[13-14]的基本思想是,专家给出的评估值与其他专家给出的评估值的一致性越高、差异性越小的专家权重应该越大;反之,专家权重则越小。但是在改变了专家权重后,专家组的评估均值会改变,专家评估值的一致性和差异度也会随之改变,因此在得到第一次专家后验权重后应该继续改变专家的权重,实现专家权重与专家的偏离度一致。因此本文的专家权重自适应调整算法的思想对专家权重的处理更加合理。

下面对等专家权重^[2-9]、基于历史数据的先验专家权重确

由专家的偏离度可以看出,相对于其他专家,专家3的偏离度较大,专家2和专家4的偏离度相对较小。这表示专家3由于环境因素或者主观性较强的原因给出了评估异常值,专家2和专家4给出的评估值比较中肯。下面验证该算法是是否能够合理地减小专家3的权重,增加专家2和专家4的权重,最终实现不依赖专家历史数据给出专家权重的目的,以减小异常评估值对评估的影响。

4)根据专家权重,结合专家对信息系统资产给出的评估值进行专家加权评估计算,得到专家评估资产指标的评估均值,如表2所列,表2数据同样精确到4位有效数字。

定方法^[10-12]、基于一致性和差异度的后验专家权重确定方法^[13-14]和本文基于专家偏离度确定专家权重的方法进行比较,结果如表3所列。

表3 专家权重确定方法的对比

Table 3 Comparison of expert weight determination methods

专家权重确定方法	多个专家	多个评估对象	专家主观性	改变专家权重对评估均值的影响
文献[2-9]	✓	✓	—	—
文献[10-12]	✓	✓	—	—
文献[13-14]	✓	✓	✓	—
本文方法	✓	✓	✓	✓

注:✓表示该文献考虑了该情况;—表示该文献没有考虑该情况

从表3可以看出本文对专家权重的确定更加合理。

本文的研究有以下3点意义:

1)符合合适性规律,即偏离度越大的专家的权重越小,偏离度越小的专家的权重越大,与文献[13-14]的思想相符,并且根据专家权重自适应算法继续对改变后的专家权重进行了改进,最终使得专家权重和专家的偏离度一致。

2)相比于等权重评估方法,本文的评估方法能够消减专家主观因素和环境因素对评估的影响,更合理地体现了评估结果。

3)相对于基于历史数据的专家权重评估方法,本文方法减小了对历史数据的依赖,增强了算法的可操作性。

综上所述,本文为信息安全资产评估中确定专家权重的研究做了一个有意义的探索。

结束语 本文创新性地提出了偏离度的概念,给出了信息资产归一化处理方法,并在此基础上设计了专家权重自适应算法,最后进行了仿真实验验证,为确定专家权重做出了创新性的探讨。下一步将对算法的优化处理和具有关联关系的资产的评估进行研究。

参 考 文 献

- [1] Information Technology-Guidelines for the Management of It Security -Part 2: Managing and Planning IT Security; ISO/IEC TR 13335-2 (1997) [S]. New York: Information Technology Task Force, 1998.
- [2] China National Standardization Administration Commission. Information Security Technology Information Security Risk Assessment Standard; GB/T20984-2007[S]. Beijing: China Standards Press, 2007. (in Chinese)
中国国家标准化管理委员会. 信息安全技术信息安全风险评估规范; GB/T20984-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [3] STEVEN N, SUSHIL J, LINGYU W, et al. Measuring Security Risk of Networks Using Attack Graphs[J]. International Journal of Next-Generation Computing, 2010, 1(1): 135-147.
- [4] MOHAMMED A, MARTIN R. Attack Graph-Based Risk Assessment and Optimisation Approach[J]. International Journal of Network Security & Its Applications, 2014, 6(3): 31-43.
- [5] LI X, WANG C Y, WANG S J, et al. Construct Principles and Assessment Method of Index System[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2012, 42(20): 69-74.
- [6] FU Y, WU X P, YE Q. Approach for information systems security situation evaluation using improved FAHP and Bayesian network[J]. Journal on Communications, 2009, 30(9): 135-140. (in Chinese)
付钰, 吴晓平, 叶清. 基于改进 FAHP-BN 的信息系统安全态势评估方法[J]. 通信学报, 2009, 30(9): 135-140.
- [7] WU Z B, XU J P. Possibility distribution - based approach for MAGDM with hesitant fuzzy linguistic information [J]. IEEE Transactions on Cybernetics, 2016, 46(3): 694-705.
- [8] DUBOIS D, PRADE H. Bridging gaps between several forms of granular computing[J]. Granular Computing, 2016, 1(2): 115-126.
- [9] MENDEL J M. A comparison of three approaches for estimating (synthesizing) an interval type-2 fuzzy set model of a linguistic term for computing with words[J]. Granular Computing, 2016, 1(1): 59-69.
- [10] WANG D C, XU Y, LI B, et al. Mixed-index information system security evaluation[J]. Journal of Tsinghua University (Science & Technology), 2016, 56(5): 517-521, 529. (in Chinese)
王丹琛, 徐扬, 李彬, 等. 基于业务效能的信息系统安全态势指标[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2016, 56(5): 517-521, 529.
- [11] WANG J D, ZHANG H W, WANG N, et al. Information System Security Risk Assessment and Defense Decision-making[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2017: 139-161. (in Chinese)
王晋东, 张恒巍, 王娜, 等. 信息系统安全风险评估与防御决策[M]. 北京: 国防工业出版社, 2017: 139-161.
- [12] LEE K C, HSIEH C H, WEI L J, et al. Sec-Buzzer: cyber security emerging topic mining with open threat intelligence retrieval and timeline event annotation (Soft Comput) [EB/OL]. https://doi.org/10.1007/s00500-016-2265-0.
- [13] LIU A Y, WEI F J. The Study on the Method of Weight Determination of the Experts on the Evaluation of Language[J]. Chinese Journal of Management Science, 2011, 19(6): 149-155. (in Chinese)
刘安英, 魏法杰. 基于改进语言评估标度的专家后验权重确定方法研究[J]. 中国管理科学, 2011, 19(6): 149-155.
- [14] TIAN X H. Research on Extended Model for Multiple Attribute Decision Making Based on Fuzzy Information[D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2015. (in Chinese)
田晓娟. 基于模糊信息的多属性决策扩展模型研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2015.
- [15] WANG Y M, XU N R. The Optimal Transitive Matrix Method of Group Comparison Matrices and Weight Vectors[J]. System Engineering Theory and Practice, 1991, 11(4): 70-74. (in Chinese)
王应明, 徐南荣. 群体判断矩阵及权向量的最优传递矩阵求法[J]. 系统工程理论与实践, 1991, 11(4): 70-74.
- [16] XU Z S, WEI C P. A consistency improving method in the Analytic Hierarchy Poress[J]. European Journal of Operational Research, 1999, 116(2): 443-449.
- [17] GAO Y, LUO X X, HU Y. Research on methods for deriving experts' weights based on judgment matrix and cluster analysis [J]. System Engineering and Electronics, 2009, 31(3): 593-596. (in Chinese)
高阳, 罗贤新, 胡颖. 基于判断矩阵的专家聚类赋权研究[J]. 系统工程与电子技术, 2009, 31(3): 593-596.
- [18] LI L, LIU Y Q, LI S G. New Method for Determining the Objective Weight of Decision Makers in Group Decision Based on Judgment Matrix and Cluster Analysis[J]. Operations Research and Management Science, 2011, 20(4): 77-81. (in Chinese)
李琳, 刘雅奇, 李双刚. 一种群决策专家客观权重确定的改进方法[J]. 运筹与管理, 2011, 20(4): 77-81.
- [12] ZHENG B J, LI Y X, WU M C. A function optimization algorithm based on cellular automata [J]. Computer Engineering, 2003, 29(19): 66-67. (in Chinese)
郑波尽, 李元香, 吴漫川. 细胞自动机函数优化算法[J]. 计算机工程, 2003, 29(19): 66-67.
- [13] WAS J, SIRAKOULIS G C. Special issue on Simulation with Cellular Automata [J]. Simulation Transactions of the Society for Modeling & Simulation International, 2016, 92(2): 99-100.
- [14] ALBA E, DORONSORO B. The exploration/exploitation tradeoff in dynamic cellular genetic algorithms [J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2005, 9(2): 126-142.
- [15] KARTHIKEYAN S, SARAVANAN M, RAJKUMAR M. Optimization of worker assignment in dynamic cellular manufacturing system using genetic algorithm [J]. Journal of Advanced Manufacturing Systems, 2016, 15(1): 35-42.
- [16] KARI J. Cellular Automata and Discrete Complex System [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2017, 412(30): 3798-3799.
- [17] YU J J, WU C M. Randomized Algorithm for Virtual Network Mapping Problem Based on Load Balancing [J]. Computer Science, 2014, 41(6): 69-74. (in Chinese)
余建军, 吴春明. 基于负载均衡的虚拟网映射随机算法[J]. 计算机科学, 2014, 41(6): 69-74.

(上接第 70 页)