

基于SWOT与AHP融合分析法在风险管理中的应用

段爱玲, 颜宇航, 苑天文

(河南工业大学信息科学与工程学院, 河南 郑州 450001)

摘要: 针对风险管理提出了一种基于SWOT与AHP算法融合分析法, 首先运用SWOT定性分析存在的风险因素, 梳理其中的内部逻辑关系, 其次利用模糊层分析理论, 构造层次结构, 求出各种风险因素所占比重及风险发生的概率。最后根据风险因素发生概率权重的大小得出战略方位角及战略强度, 为研发大型项目风险管理应对策略提供基本思路 and 方向。本文通过一个银行开发实例, 完整演示了这种融合分析法的有效性和对复杂问题决策提供可靠的依据。

关键词: 风险管理; AHP算法; SWOT分析; 决策

中图分类号: TP311.5 **文献标识码:** A

Application of SWOT and AHP Fusion Analysis Method in Risk Management

DUAN Ailing, YAN Yuhang, YUAN Tianwen

(College of Information Science and Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: In view of risk management, this paper proposes a fusion analysis method based on SWOT and AHP algorithm. Firstly, it uses SWOT to analyze the existing risk factors qualitatively and combs the internal logical relationship among them. Secondly, it uses the theory of fuzzy layer analysis to find out the weight of various risk factors and the probability of risk occurrence. Finally, according to the probability weight of risk factors, the strategic azimuth and strategic strength are obtained, which provides basic ideas and directions for the risk management strategies of large-scale R&D projects. This paper demonstrates the validity of this fusion analysis method and provides a reliable basis for decision-making for complex problems through a bank development example.

Keywords: Risk management; AHP algorithm; SWOT analysis; Policy decision

1 引言(Introduction)

项目风险管理是指项目风险从识别到分析直至采取应对措施等的一系列过程^[1]。该过程以科学的方法对项目开发过程中可能遇到的风险进行规划、识别、评估、评价、应对、监控等, 从而最大程度保证项目开发的顺利进行^[2]。

SWOT分析法是一种基于内外部竞争环境和竞争条件下的态势分析法^[3]。SWOT是优势(Strength)、劣势(Weakness)、机会(Opportunity)和威胁(Threat)的简写, 通过具体的问题分析, 将与研究对象紧密相关的各种主要内部S(优势)、W(劣势)和O(外部机会)、T(威胁)因素, 根据这些因素影响程度进行排列, 构造矩阵, 然后运用系统分析的思想, 将各因素相互匹配起来加以综合识别分析, 得出不同的应对战略及一系列结论。

这些结论可帮助决策者制订下一步应对思路 and 措施。

AHP算法是一种简洁、高效的多层次决策方法, 该方法主要解决一些因素较多、分析复杂的问题^[4]。通过将问题定量处理可以得出不同元素在问题中所占的权重, 从而帮助决策者进行下一步分析。本文以银行管理系统为例, 运用SWOT和AHP算法的融合分析法对该项目的研发过程的风险进行定量定性分析, 以便为项目决策提供依据。

2 依据SWOT识别风险因素(Identification of risk factors based on SWOT)

首先根据项目特点并按照SWOT分类、分组、识别、分析主要风险因素, 为模糊分析理论构造准则层及方案层做准备。软件开发项目流程一般包括以下步骤: 问题定义、需求

分析、概要设计、详细设计、编码、软件测试等，综合以上步骤以及软件项目开发所处的外部环境，可以识别出各种风险因素来源如表1所示。

表1 风险因素
Tab.1 Risk factors

S:优势	W:劣势
S1:软件开发资源	W1:系统安全性要求
S2:开发人员综合素质	W2:体系结构设计
S3:目标硬件要求	W3:功能设计
O:机会	T:威胁
O1:银行资金信誉	T1:市场竞争
O2:法律政策	T2:银行新要求
O3:行业先例	T3:工作周期

3 模糊层次分析法—AHP算法(Fuzzy analytic hierarchy process—AHP algorithm)

运用AHP算法计算各种风险因素在银行系统项目中所占重要性程度。

3.1 运用SWOT构造递阶层次结构

在运用AHP算法对问题进行分析时，首先要将问题拆分成各个单一元素，并按照这些元素的性质进行分类，之后构造出一个有层次的结构模型，分为目标层、准则层和方案层。在银行系统的项目风险管理中，可对问题进行如下分层：

(1)解决的问题是各种风险因素对银行管理系统项目开发的影响程度，此为目标层。

(2)运用SWOT分析银行管理系统项目开发的优势、劣势、机会、威胁等风险因素，构造为解决目标层问题的中间步骤，此为准则层。

(3)分析各种风险因素来源，每一个风险因素对应准则层中的一个元素，此为方案层。

由以上识别出的各种风险因素，构造以下递阶层次结构如图1所示。

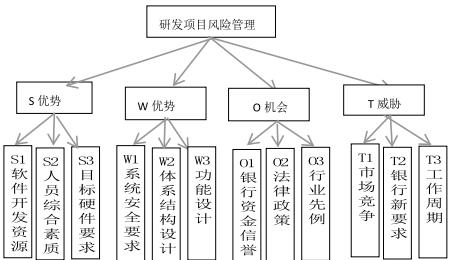


图1 递阶层次结构

Fig.1 Hierarchical structure

3.2 构造正互反矩阵

经过以上分析，可以得出研发银行系统项目风险管理中的各种风险因素之间的对应关系。但每一层中因素较多，单凭决策者的主观评价得不出准确的重要性权重，因此建议对各层的元素进行两两对比来求出最终权重。

(1)成对比较矩阵

假设问题Z是由n个元素 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 所组成，要判断各元素对Z的影响程度，需要对各元素进行两两比较，即每次取其中的两个元素 x_i, x_j ，用 a_{ij} 来表示两元素 x_i, x_j 之间的比值，全部对比之后得出的结果构成矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ ，其中A为问题Z-X的成对比较矩阵。

(2)正互反矩阵

若 x_i 与 x_j 之间的比值用 a_{ij} 来表示，则 x_j 与 x_i 之间的比值用 a_{ji} 来表示。

若矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 满足条件(i) $a_{ij} > 0$ ，(ii) $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$ ($i, j = 1, 2, \dots, n$)。

(3) $a_{ii} = 1$ ($i = 1, 2, \dots, n$)，则称A为正互反矩阵如图2所示。

Z	a_{11}	a_{12}	$\dots$	a_{1n}
a_{11}	1	a_{12}	$\dots$	a_{1n}
a_{21}	a_{21}	1	$\dots$	a_{2n}
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
a_{n1}	a_{n1}	a_{n2}	$\dots$	1

图2 正互反矩阵

Fig.2 Positive and reciprocal matrices

在AHP算法中，确定两元素之间的比值大小对于决策者量化分析问题具有至关重要的作用。通过广泛搜集数据和参考专家意见，得出目标层正互反矩阵如表2所示。

表2 目标层的正互反矩阵

Tab.2 Positive and reciprocal matrices of the target layer

A	s	w	o	t
s	1	3	2	4
w	1/3	1	1/2	2
o	1/2	2	1	2
t	1/4	1/2	1/2	1

根据SWOT和模糊层次分析理论，可得出优势组、劣势组、机会组和威胁组的正互反矩阵，在此不再一一列出。

3.3 层次单排序及一致性检验

层次单排序就是求出该正互反矩阵的最大特征向量，对该最大特征向量中的所有元素进行排序，即可求出该表中各元素对上层元素的权重大小排序。计算正互反矩阵的最大特征向量，一般使用的方法是和积法。

(1)和积法具体计算步骤

①将正互反矩阵按列归一化如式(1)所示。

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \tag{1}$$

并按行求和如式(2)所示。

$$v_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} \tag{2}$$

②对 v_i 进行归一化处理如式(3)所示。

$$w_i = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^n v_i} \tag{3}$$

得到的 w_i 可作为近似最大特征向量。

③该正互反矩阵的最大特征值为如式(4)所示。

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{nw_i} \tag{4}$$

(2)一致矩阵

若正互反矩阵中的元素满足 $a_{ij} * a_{jk} = a_{ik}$ ，其中 $i, j, k = 1, 2, \dots, n$ ，则称该正互反矩阵为一致矩阵。

为解决判断计算出的最大特征向量 w_i 是否能真实代表各元素的权重大小，需要通过一个一致性度量指标 CI (Consistency Index)，用下面的表达式表示偏差或一致性程度如式(5)所示。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \tag{5}$$

将一致性指标 CI 与随机一致性指标 RI 相除，得到一致性比率(Consistency Ratio) CR 如式(6)所示。

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{6}$$

随机一致性指标 RI 的取值如表3所示。

表3 随机一致性指标

Tab.3 Random consistency indicators

n	RI
1	0
2	0
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45

当 $CR \leq 0.1$ 时，则可判断该正互反矩阵的不一致性是可以接受的，即计算出的最大特征向量 w_i 可以作为各元素的权重大小；否则需要对正互反矩阵进行调整。

通过计算得出目标层以下各元素对应的权值、最大特征值 $\lambda_{\max}$ 、一致性指标 CI 、随机一致性指标 RI 以及一致性比率 CR 如表4所示。

表4 目标层结果

Tab.4 Results of target layer	
目标层	结果
s	0.471496
w	0.165267
o	0.254979
t	0.108259
$\lambda_{\max}$	4.045964
CI	0.015321
RI	0.90
	0.017024

同理，可得出优势层、劣势层、机会层和威胁层的各元素对应的权值、最大特征值 $\lambda_{\max}$ 、一致性指标 CI 、随机一致性指标 RI 以及一致性比率 CR 。

由上表可知，所有正互反矩阵的 CR 均小于0.1，故以上数据可信。

3.4 层次总排序及一致性检验

由层次单排序可以得到下一层各元素对上一层对应的元素的权重大小，要计算方案层(各具体的风险因素)对目标层(银行管理系统风险分析)的权重大小，需要从上而下将各层权重综合起来分析^[5]。

假设上一层(A层)含有 $A_1, A_2, \dots, A_m$ 共 m 个元素，它们对应的权重分别为 $a_1, a_2, \dots, a_m$ 。假设A层的下一层B层含有 $B_1, B_2, \dots, B_n$ 共 n 个元素，它们对于 A_j 的层次单排序分别为 $b_{j1}, b_{j2}, \dots, b_{jn}$ (当 B_i 与 A_j 没有关系时， $b_{ij} = 0$)。现在求B层中的各元素的层次总排序权值 $b_1, b_2, \dots, b_n$ ，如式(7)所示。

$$b_p = \sum_{j=1}^m a_j b_{jp} \tag{7}$$

其中， $m, n = p \in n, i \in n, j \in m, k \in n$ 。

在银行管理系统中，各风险因素所占总权重如表5所示。

表5 层次总排序

Tab.5 Hierarchical total sorting				
SWOT组	各组权重	SWOT要素	各组因素权重	因素总权值
S	0.471496	S1	0.307692	0.145076
		S3	0.076923	0.036269
		W1	0.647947	0.107084
W	0.165267	W2	0.229871	0.037990
		W3	0.122182	0.021927
		O1	0.693218	0.176756
O	0.254979	O2	0.095911	0.024455
		O3	0.210871	0.053768
		T1	0.323776	0.035052
T	0.108259	T2	0.586946	0.063542
		T3	0.089277	0.009665

通过以上数据可看出，各个单层次均已通过一致性检验，但综合考察时，各层次的非一致性仍有可能累积起来，引起最终结果较为严重的非一致性。因此，继续检验层次总排序是否一致。检验层次总排序的计算式如式(8)所示。

$$CR = \frac{\sum_{j=1}^m CI(j)a_j}{\sum_{j=1}^m RI(j)a_j}$$

(8)

其中， $CI(j)$ 、 $RI(j)$ 已在层次单排序中求得。通过计算 $CR \leq 0.1$ 时，认为层次总排序结果具有满意的一致性。本例中 $CR \approx 0.003$ ，故通过层次总排序的一致性检验。

由层次总排序结果可得，银行管理系统项目开发的各风险因素的最值得关注是开发人员综合素质(s2)，其次是软件开发环境风险。这与现实中分析存在的风险相吻合。

4 SWOT总力度计算(SWOT total force calculation)

借鉴文献[6]和文献[7]的研究成果，采用合适的统计调查分析工具，对已分析和识别出的影响研发银行系统项目的各风险因素的重要性程度进行评估。分别计算总力度S、总力度W、总力度O和总力度T，其中W、T在之后的计算中取值负^[8]。

$$S = \sum_{ns} \frac{S_i}{ns}$$

(9)

通过式(9)计算得出的总优势力度S，同样可计算总劣势力

度W，总机会力度O和总威胁力度T分别为0.16、0.06、0.08和0.04。

5 SWOT战略向量计算(SWOT strategy vector calculation)

根据SWOT分析法需要将研究对象识别出的优势、劣势、机会、威胁进行内外部两两组合，形成四种不同的战略供决策者分析如表6所示。

表6 战略组合

Tab.6 Strategic mix			
内部因素	外部因素	机会O	威胁T
优势S		SO开拓型战略	ST抗争型战略
劣势W		WO争取型战略	WT保守型战略

开拓型战略(SO)即依靠内部优势，利用外部机会，这是最理想的战略匹配模式；其次是抗争型战略(ST)即发挥内部优势，规避外部威胁，这种战略匹配模式不如开拓型战略SO；再就是争取型战略(WO)即利用外部机会，弥补内部劣势，此战略实行起来比较困难；保守型战略(WT)即减少内部劣势，克服外部威胁，该战略是最糟糕的匹配模式。为了更加准确地计算战略方位，在此引入战略方位角 θ 和战略强度系数 ρ 即记作 (θ, ρ) 。其中 θ 战略方位角表示研究对 θ 象应采取的战略类型，随着 θ 战略方位角的变化， θ 所在的象限对应坐标轴的环境因素的影响大小也会随着发生变化。 ρ 战略强度系数表示研究对象应采取的战略强度，一般当战略强度系数 $\rho > 0.5$ 时，表示研究对象应采取积极的战略措施，反之则表示研究对象应采取保守的战略措施。在极坐标中标记战略向量，即可确定研究对象未来的发展战略^[9]。

5.1 战略方位角 θ 的计算

以总力度S、W、O和T四个变量作为平面直角坐标系的半轴。在该坐标系上分别标注计算的S'、W、O'、T'，并用线段一次链接这四点，构成的图形为即战略四边形S' W' O' T'如图3所示。

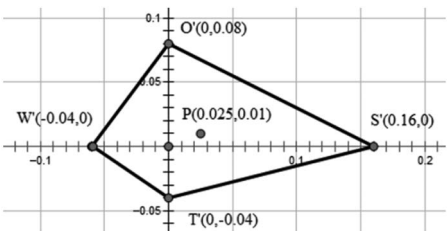


图3 战略四边形

Fig.3 Strategic quadrilateral

对于战略四边形 $S' W' O' T'$ ，其中心坐标 $P(X, Y)$ 由式(10)所示。

$$p(X, Y) = \left(\frac{\sum X_i}{4}, \frac{\sum Y_i}{4} \right) \quad (10)$$

计算 P 点坐标为 $(0.025, 0.01)$ 。

之后计算战略方位角 θ 如式(11)所示。

$$\theta = \arctan \frac{Y}{X} \quad (11)$$

计算得 θ 约为 21.80° 。

可以根据 θ 的大小选择不同的战略类型如图4所示。

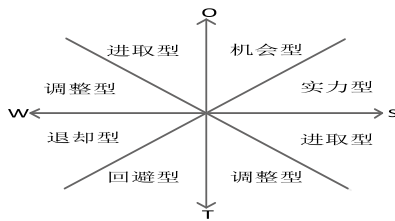


图4 战略类型

Fig.4 Strategic types

针对研发银行系统项目的风险管理，在此选择第一象限的实力型。

5.2 战略强度系数 ρ 的计算

ρ 战略强度有两种情况一是战略正强度二是战略负强度。

战略正强度是研究对象外部机会和内在优势共同作用的结果，计算如式(12)所示。

$$U = O' \times S' \quad (12)$$

其中， O' 、 S' 分别代表机会和优势。对于相同的战略正强度，可以有不同的机会、优势组合，这表明研究对象的外部机会和内部优势在一定程度下可以相互转换。

战略负强度是研究对象外部威胁和内在劣势共同作用的结果。计算式如式(13)所示。

$$V = T' \times W' \quad (13)$$

其中， T' 、 W' 分别代表威胁和劣势。对于相同的战略负强度，可以有不同的威胁、劣势组合，这表明研究对象的外部威胁和内部劣势在一定程度下可以相互转换。战略强度系数的计算如式(14)所示。

$$\rho = \frac{U}{U+V} \quad (14)$$

对于研发银行系统项目的风险管理，通过计算战略强度

$\rho = 0.84 > 0.5$ ，因此，应采取积极的战略措施。

6 结论(Conclusion)

本文提出了有效地风险分析融合法，通过实例充分表明了SWOT与AHP方法结合的融合分析法在风险管理方面是有效地，同时对研发软件项目的决策也提供了清晰的战略方向和战略目标。这种方法不仅对于大型研发软件项目适用，同样也适用于其他大型项目的风险分析、识别及为决策提供依据。

参考文献(References)

- [1] Pan R L, Li Y Q, Zhang H L, et al. Fuzzy-rough attribute reduction algorithm based on α information entropy[J]. Control and Decision, 2017, 32(2): 340-348.
- [2] Liu G L, Hua Z, Zou J Y. Local attribute reductions for decision tables[J]. Information Sciences, 2018(422): 204-217.
- [3] BINESH N, REZGHI M. A new similarity measure for extraction information from social networks and improve the community detection and recommendation results[C]. Information and Knowledge Technology. IEEE, 2015: 146-151.
- [4] 许莹, 隋毅, 罗雄麟. 模糊决策预测控制的等效软约束法研究[J]. 控制工程, 2019(05): 843-850.
- [5] 詹文杰, 王华. 基于AHP算法的地铁AFC系统运营风险分析[J]. 计算机应用与软件, 2018(7): 67-70.
- [6] 张淑丽, 杨帆. 基于AHP分析法的P2P网络借贷平台风险评价[J]. 金融理论与教学, 2018(5): 63-64.
- [7] WANG X M, ZHANG X M, WU Y T, et al. A Collaborative Recommendation Algorithm Based on Heuristic Clustering Model and Category Similarity[J]. Acta Electronica Sinica, 2016, 44(7): 1708-1713.
- [8] 林昶昊, 朱智强. Openstack云平台自适应认证系统负载均衡策略研究[J]. 计算机应用与软件, 2019, 36(9): 301-307.
- [9] 王灯桂, 杨蓉. 基于线性判别分析的Choquet积分的符号模糊测度提取[J]. 计算机科学, 2019, 46(2): 210-214.

作者简介:

段爱玲(1964-), 女, 硕士, 教授. 研究领域: 软件工程, 信息处理.

颜宇航(1996-), 男, 本科生. 研究领域: 软件工程.

苑天文(1997-), 男, 本科生. 研究领域: 软件工程.