

# 企业技术创新风险预警指标研究

柴永红, 韩树荣

(太原科技大学 经济与管理学院, 太原 030024)

**摘要:**分析并提出了企业技术创新风险预警系统及指标体系,采用 AHP 方法和模糊分析法并结合实例论证了该指标体系在企业技术创新风险预警中的可行性;指出应综合运用风险转移、风险回避等相关措施以规避并有效控制企业技术创新过程中的各种风险。

**关键词:**风险预警;预警指标;技术创新

**中图分类号:**F273 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-980X(2008)12-0012-07

由于企业技术创新过程中存在决策风险、技术风险、管理风险等一系列风险,为了及时发现警情、防范风险,所以企业应构建技术创新风险预警系统,以便有效识别和控制企业技术创新风险,提高技术创新效率,促进企业技术创新管理水平不断提高。

## 1 研究综述

### 1.1 国内外风险预警管理的研究

国外较早对风险预警进行研究的是美国学者雷特,他在 1919 年出版的《风险与不确定性》一书中提出了风险预警的概念。其后 Caplan 于 1970 年提出预警研究在心理学方面的临床表现;Smart 和 Vertinsky 对危机决策和集体思考的实施过程进行了研究;Zachary Sheaffer、Bill Richardson 和 Zehava Rosenblatt 以巴林银行倒闭为背景,研究了管理预警信号。目前风险预警主要运用于经济预警,已出现的一些较为成熟的预警模型有:ARCH 模型,即自回归条件异方差模型<sup>[1]</sup>;KLR 信号分析模型,该模型已经成为经济预警中的标准模型;MCS 模型<sup>[2]</sup>,主要用于评估国家的外债风险。近几年学者们还把神经网络模型和 BP 模型运用于风险研究中。此外, Tyebjee 和 Bumo 采用问卷调查和因素分析法对美国风险项目进行评价,并得出相应的评价模型<sup>[2]</sup>。

国内关于预警管理的研究始于 20 世纪 80 年代中期。20 世纪 90 年代,经济预警在微观经济领域得到了广泛应用。余廉的研究主要集中在企业危机

管理方面,其创立了企业逆境管理理论体系和企业预警管理理论体系。他提出的企业逆境的预警管理模式、企业管理波动的预警管理模式、企业管理失误的预警管理模式、企业危机的预警管理模式等,对学术界和企业界都是一个重大贡献,奠定了中国企业危机预警管理的理论基础。谢科范的研究更多地侧重于对企业的全面风险(而不仅仅是危机阶段)以及更微观方面的风险的预警和防范,如技术创新、市场、新产品开发等<sup>[2]</sup>。

### 1.2 技术创新风险预警系统的研究状况

技术创新项目的风险管理一般包括风险识别、风险评估和风险控制,主要的风险管理分析框架有 CRM 模型、Charette 模型、Boehm 模型等<sup>[3]</sup>。对技术创新的风险估计研究主要是利用故障树法、层次分析法等对风险进行辨识、评估和排序。对技术创新风险控制的研究主要是利用决策模型、数据模型和动态模型探讨风险控制的策略。如:Ben 和 Raz 提出了具有成本效益的风险控制措施选择模型,并用贪婪算法对模型进行求解,还讨论了由风险控制策略所带来的二次风险问题;Steven 从项目需求角度分析了技术创新的需求风险,提出了选择风险措施的启发式算法;Edouard 采用决策树方法研究了“接受”、“改进”和“延迟”三种风险控制策略的选择问题<sup>[3]</sup>。

目前国内外学者在风险预警系统方面的研究主要集中在宏观经济风险预警系统、金融风险预警系统、企业日常经营风险预警系统和各种灾害预警系

收稿日期:2008-09-20

基金项目:山西省软科学项目(2007041053-05)

作者简介:柴永红(1970—),女,山西运城人,太原科技大学经济与管理学院副教授,硕士,研究方向:技术创新与管理;韩树荣(1970—),男,山西忻州人,太原科技大学经济与管理学院副教授,硕士,研究方向:技术经济与创新。

统等方面。Ilmari O. Nikand 和 Eero Eloranta<sup>[4]</sup>在信号契合信息理论的基础上,分析了项目预警信号的特征、表象,提出了利用 Ansoff 的弱信号理论识别和处理项目管理中的危险信息的思想,并构建了基于“诱因 - 问题 - 反应”三维关系的项目风险预警系统;有的学者引入了多指标和扩充观测指标集的方法,将整个预警流程划分为长期、中期和短期预警三个层次,提高了预警系统洞察市场变化的能力,以适应不同波动状态下的监测与预警需求<sup>[5]</sup>;陈建华等提出以过程动态控制和多目标综合调控系统过程为基础的项目动态调控预警模型;刘艳玲<sup>[6]</sup>认为项目风险预警系统是一个通过循环而不断获得提升的体系,是度量项目运作过程中某种状态偏离预警线的强弱程度、发出预警信号及提前采取防范措施的体系,该体系包括风险识别、风险分析、风险后评价、风险对策及风险预警 5 个子系统。也有学者运用案例推理系统构建风险预警系统,该方法的主要步骤包括待求问题的案例表达、案例库检索、修正相似案例的解及问题案例的学习等。还有学者建立了风险预警模糊综合评价模型,通过计算机模仿人脑对风险系统的认识和判断,寻求风险管理的满意解,例如采用基于案例的模糊类比推理方法来构建商业银行风险预警系统。

特色预警系统主要包括基于概率分析法和信号分析法的预警系统。概率分析法是根据历史上各个安全状态下的指标表现来制定一套预警指标体系,运用概率分析方法对指标现状进行综合评价,以判断风险管理对象的安全水平和发展趋势;信号分析法<sup>[7]</sup>则是通过分析影响风险事件的主要因素来考察其相互作用及变化,研究风险发生机理、监控指标的发展趋势并形成风险信号,进而为制定风险对策提供依据<sup>[5]</sup>。由于这两种方法自身存在局限性,因此学者们在逐步完善既有方法的基础上,提出了不同的项目风险预警运算方法,如灰色系统 (grey system, GS)<sup>[8]</sup>、模糊分析法 (fuzzy analysis, FA)<sup>[9]</sup>,并将其与计划评审技术 (program evaluation and review technique, PERT)、主观概率法等概率分析方法综合用于项目风险预警。在算法的具体应用方

面,如:肖利民<sup>[10]</sup>应用多目标决策模糊评价法进行国际工程承包项目风险的预警预控;Terry Lyons 等运用案例推理方法,在成功范例基础上进行问题推理求解,从而实现项目风险预警;盛淑凯<sup>[11]</sup>等利用不可修复可靠性串联模型构造预控限,对多投资项目进行项目风险预警控制;徐菊芬<sup>[12]</sup>应用人工神经网络技术对中小软件企业项目风险进行预警预控。以上方法和应用均取得较好的实践效果<sup>[13]</sup>。

通过上述对国内外学者们所做的风险预警研究进行分析和梳理,我们发现目前研究尚存在如下问题值得继续探讨:

第一,从研究现状来看,风险预警研究主要集中于经济预警研究,特别是宏观经济预警研究,但技术创新风险预警系统的管理研究尚不多见。

第二,大部分学者将研究重心放在对研发项目风险的识别、评估,构建研发项目风险管理模型以及一般的风险对策控制上,而诸如如何建立风险预警管理系统、如何确立一套实用的预警指标体系等有关研发项目风险预警管理方面的研究比较欠缺,因此风险管理的“主动、规范”作用难以真正发挥<sup>[13]</sup>。

综上所述,国内外学者从商业、医学、环境学和金融等不同领域论述了风险预警管理的重要性,并提出了一些方法和模型,这为我们进行风险预警研究提供了理论基础。但是,目前国内外关于企业技术创新风险预警的研究还存在一定局限,缺乏对技术创新风险预警的系统研究,因此,厘清技术创新风险预警管理系统的构建思路,明晰技术创新风险预警管理机理,是目前需要重点研究的领域。本文将在现有的研究基础上,对此进行深入探讨。

## 2 风险预警系统结构及预警指标分析

### 2.1 风险预警系统结构

企业技术创新一般涉及的都是全新的技术领域,根据企业技术创新的创新性、风险可控性等特点,结合我国企业的现状,企业技术创新风险预警系统应包括风险识别、风险分析诊断、风险评价、风险警示、风险防范 5 个基本环节,如图 1 所示。



图 1 企业技术创新风险预警系统结构模型示意图

对图 1 所示的企业技术创新风险预警系统结构模型说明如下：

首先,风险识别系统收集初始信息,判别风险来源或潜在的风险,输出风险识别清单。对风险进行识别后,采用蒙特卡洛分析法或德尔菲法分析各风险对项目的影响,对风险进行分类,并选出对项目有重大影响的那些风险,以便进一步分析。其次,总体风险评价系统对诊断数据进行风险评估,判断风险损失程度及风险发展趋势,并将所有结果输送到风险警示系统。风险预报、预警的目的是为了控制风险,在评估风险之后,就要进行风险管理,因此需要建立一套合理的风险预警指标体系,并且为风险评估预警指标选定合理的区间。风险警示系统根据既定评估结果发出总体风险及分项风险的警报,指明项目目前的运行状态属于哪类警级,并将警报清单输出到风险防范系统。风险防范系统根据警报决定是维持现状还是采取预控,若采取预控则要评估实施效果,并将结果通过动态管理系统输出至系统外。预警信号与风险级别如表 1 所示。

表 1 预警信号与风险级别表

预警信号	绿	绿	橙	黄	红
风险级别	低	较低	一般	较高	高

### 2.2 风险预警指标分析

在技术创新风险预警过程中,风险预警指标体系是进行风险预警管理的基础,风险警源识别和警度评价结果的正确与否,将在很大程度上决定技术创新项目的成功与否。为保证风险辨识的科学性、合理性,同时能够充分、客观地反映技术创新风险水平状况,本文在参考大量文献研究成果的基础上,通过专家访谈和实地调研,提出了关于企业技术创新潜在风险因素的初步假设。本文从决策风险、技术风险、管理风险、财务风险、市场风险、环境风险等 6 个方面对企业技术创新的风险因素进行辨识。

决策风险是指在决策活动中由于主、客体等多种不确定因素的存在,导致决策活动不能达到预期目的的可能性及其后果。降低决策风险、减少决策失误一直以来都是人们所关注和探讨的问题。

X1:决策者选择了不适合的项目。X2:技术创新项目与企业长期目标不符。

技术风险是指在技术项目研制过程中技术方面的因素以及伴随着技术的发展而带来的风险,由此导致的风险往往导致项目中断。

X3:技术寿命周期的不确定性。X4:技术开发

难度。

管理风险是指在创新技术项目的经营和管理过程中由管理不善、项目有关各方协调性较差以及其他不确定性而引起的直接影响到项目成功的风险。

X5:成员团结与协调状况。X6:激励机制。X7:人力资源结构的匹配程度。

财务风险是指在技术创新过程中由资金不能及时供应而导致的项目中断。

X8:资金成本的高低。X9:融资渠道与融资方式。X10:资本市场汇率、利率变化。X11:企业资金是否充足。X12:资金的时间价值。X13:投入资金的现金流量分析。X14:预期的通胀率。

市场风险是指市场潜在的不确定性导致的项目风险。

X15:市场需求的变化。X16:消费者的需求和认可。

环境风险是指由于外部环境因素的变动而给项目带来的风险。

X17:政策的多变。X18:宏观经济的波动。

### 3 企业技术创新系统风险预警指标评价

评价企业技术创新风险不是简单的对指标进行评价就可以实现的,而是需要从多个不同的角度对其做出全方位的评估。由于评价标准相对不确定,影响创新风险的一些因素又具有模糊特征,因此本研究采用模糊综合评价方法对企业技术创新风险进行评判。本文以山西某钢铁冶金企业为例,采用 AHP 方法和模糊综合评判法,构建企业技术创新系统风险预警评价模型,具体步骤如下:

1) 确立方案评价的目标、所依据的准则以及评价指标体系。

技术创新风险预警和防范是提高企业技术创新效率和保证企业技术创新顺利完成的重要环节。技术创新对企业的未来发展和企业市场竞争力的增强具有重要的作用。本文认为上述指标体系能及时反映企业技术创新风险警情,使企业及时采取措施,防止风险的进一步发生,减少企业损失。

首先,构造如下评价准则:总目标(A)即最高层目标是防御技术创新风险,提高企业技术创新效率;第二层目标分别为决策风险(B<sub>1</sub>)、技术风险(B<sub>2</sub>)、管理风险(B<sub>3</sub>)、财务风险(B<sub>4</sub>)、市场风险(B<sub>5</sub>)、环境风险(B<sub>6</sub>)。

其次,对上述指标进行细分,考察其在各自预警系统中的作用。其中:U<sub>11</sub>表示决策者选择了不适合

的项目; $U_{12}$ 表示技术创新项目与企业长期目标不符; $U_{21}$ 表示技术寿命周期的不确定性; $U_{22}$ 表示技术开发难度; $U_{31}$ 表示成员团结与协调状况; $U_{32}$ 表示激励机制; $U_{33}$ 表示人力资源结构的匹配程度; $U_{41}$ 表示资金成本的高低; $U_{42}$ 表示融资渠道与融资方式; $U_{43}$ 表示资本市场汇率、利率变化; $U_{44}$ 表示企业资金是

否充足; $U_{45}$ 表示资金的时间价值; $U_{46}$ 表示投入资金的现金流量分析; $U_{47}$ 表示预期的通胀率; $U_{51}$ 表示市场需求的变化; $U_{52}$ 表示消费者的需求和认可; $U_{61}$ 表示政策的多变; $U_{62}$ 表示宏观经济的波动。

2) 建立方案评价的层次结构模型。  
层次结构模型如图 2 所示。

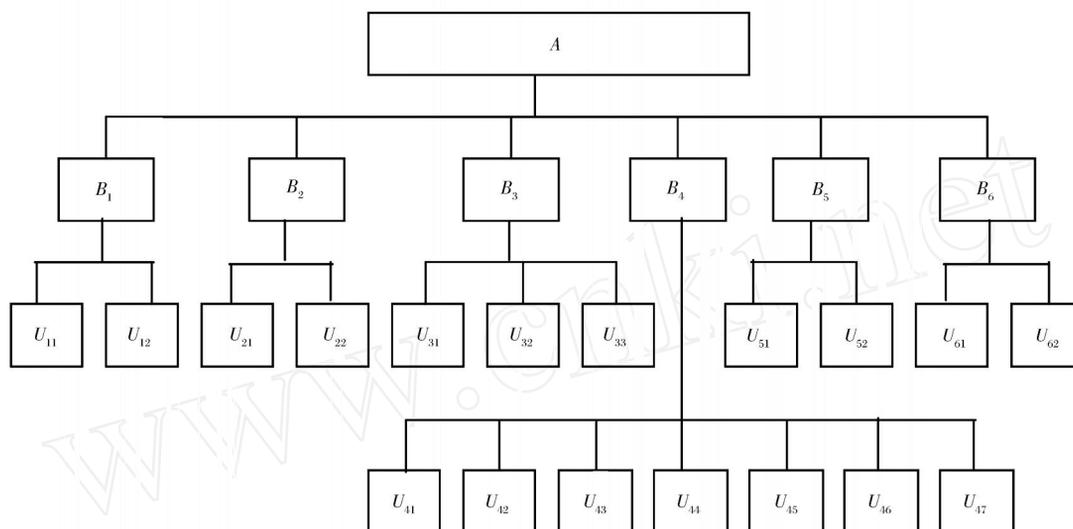


图 2 企业技术创新系统风险预警指标层次结构图

3) 构造判断矩阵。

以最高层(A)为比较准则,对中间层(B)中的因素进行两两比较并构造出判断矩阵  $A-B$ 。同理,再以中间层(B)为比较准则,对第三层(U)中的各因素进行两两比较并构造出判断矩阵。各矩阵的元素是根据目前企业技术创新的实际情况并聘请有关专家 and 实际工作者按 1~9 标度法进行打分确定的。各判断矩阵见表 2 至表 8。

表 2 判断矩阵  $A-B$

$A-B$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$
$B_1$	1	2	3	2	4	5
$B_2$	1/2	1	2	5	3	6
$B_3$	1/3	1/2	1	1/2	5	3
$B_4$	1/2	1/5	2	1	2	4
$B_5$	1/4	1/3	1/5	1/2	1	2
$B_6$	1/5	1/6	1/3	1/4	1/2	1

表 3 判断矩阵  $B_1-U$

$B_1-U$	$U_{11}$	$U_{12}$
$U_{11}$	1	2
$U_{12}$	1/2	1

表 4 判断矩阵  $B_2-U$

$B_2-U$	$U_{21}$	$U_{22}$
$U_{21}$	1	3
$U_{22}$	1/3	1

表 5 判断矩阵  $B_3-U$

$B_3-U$	$U_{31}$	$U_{32}$	$U_{33}$
$U_{31}$	1	3	5
$U_{32}$	1/3	1	3
$U_{33}$	1/5	1/3	1

表 6 判断矩阵  $B_4-U$

$B_4-U$	$U_{41}$	$U_{42}$	$U_{43}$	$U_{44}$	$U_{45}$	$U_{46}$	$U_{47}$
$U_{41}$	1	2	4	2	5	3	3
$U_{42}$	1/2	1	2	3	2	3	4
$U_{43}$	1/4	1/2	1	3	3	5	2
$U_{44}$	1/2	1/3	1/3	1	4	2	3
$U_{45}$	1/5	1/2	1/3	1/4	1	3	5
$U_{46}$	1/3	1/3	1/5	1/2	1/3	1	4
$U_{47}$	1/3	1/4	1/2	1/3	1/5	1/4	1

表 7 判断矩阵  $B_5-U$

$B_5-U$	$U_{51}$	$U_{52}$
$U_{51}$	1	2
$U_{52}$	1/2	1

表 8 判断矩阵  $B_6-U$

$B_6-U$	$U_{61}$	$U_{62}$
$U_{61}$	1	3
$U_{62}$	1/3	1

4) 进行层次单排序及其一致性检验。

我们需要对上述计算得到的相应层次单排序相对重要性权重向量进行一致性检验。这是为了避免在对同一层次上的各因素作两两比较时可能出现的使用比较尺度前后不一致的情况,因为当这种不一致的程度较大时,就可能得出错误的计算结果,因此在对每一层次做单排序时均需要进行一致性检验。一致性检验可通过计算一致性比例  $C.R.$  来确定。

$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$ 。其中:  $C.I. = \frac{\max - n}{n - 1}$ , 为一致性指标;  $R.I.$  为平均随机一致性指标:  $\max$  为最大

特征根;  $n$  为比较判断矩阵  $A$  的阶数(也是该层次所含的因素个数)。 $R.I.$  的取值规则如表 9 所示。

表 9  $R.I.$  的取值规则

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R.I.$	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

若  $C.R. < 0.1$ , 则认为该层次单排序的结果有满意的一致性, 否则需要调整比较判断矩阵  $A$  的元素取值。我们采用方根法对构造判断矩阵  $A-B$  计算, 结果如表 10 所示。

表 10 构造判断矩阵  $A-B$  的计算结果

$A-B$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$W_i$	$W_i$
$B_1$	1	2	3	2	4	5	2.493	0.329
$B_2$	1/2	1	2	5	3	6	2.117	0.280
$B_3$	1/3	1/2	1	1/2	5	3	1.038	0.137
$B_4$	1/2	1/5	2	1	2	4	1.082	0.143
$B_5$	1/4	1/3	1/5	1/2	1	2	0.505	0.067
$B_6$	1/5	1/6	1/3	1/4	1/2	1	0.334	0.044

从表 10 可以看出,  $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6$  的权重向量为

$$W = (0.329, 0.280, 0.137, 0.143, 0.067, 0.044)^T$$

然后, 对表 10 所示的构造判断矩阵  $A-B$  进行一致性检验。

$$AW = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 & 4 & 5 \\ 1/2 & 1 & 2 & 5 & 3 & 6 \\ 1/3 & 1/2 & 1 & 1/2 & 5 & 3 \\ 1/2 & 1/5 & 2 & 1 & 2 & 4 \\ 1/4 & 1/3 & 1/5 & 1/2 & 1 & 2 \\ 1/5 & 1/6 & 1/3 & 1/4 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.329 \\ 0.280 \\ 0.137 \\ 0.143 \\ 0.067 \\ 0.044 \end{bmatrix}$$

$$= [2.092, 1.899, 0.925, 0.948, 0.429, 0.271]^T$$

$$\max = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i} = 6.514$$

求得一致性指标为:

$$C.I. = \frac{\max - n}{n - 1} = \frac{6.514 - 6}{6 - 1} = 0.1028$$

$C.R. = C.I. / R.I. = 0.1028 / 1.24 = 0.0829 < 0.1$ , 具有满意的一致性。

对于  $B-X$  的各矩阵, 采用同样的方法进行计算, 可得到其权重向量, 计算结果如下所示:

$$W_1 = (w_{11}, w_{12}) = (0.667, 0.333);$$

$$W_2 = (w_{21}, w_{22}) = (0.750, 0.250);$$

$$W_3 = (w_{31}, w_{32}, w_{33}) = (0.637, 0.258, 0.105);$$

$$W_4 = (w_{41}, w_{42}, \dots, w_{47}) = (0.301, 0.217, 0.166, 0.123, 0.087, 0.064, 0.042);$$

$$W_5 = (w_{51}, w_{52}) = (0.667, 0.333);$$

$$W_6 = (w_{61}, w_{62}) = (0.750, 0.250)$$

### 5) 模糊综合评价。

首先, 建立模糊判断矩阵。本文评语集设为 5 级, 记为  $V = \{低, 较低, 一般, 较高, 高\}$ , 低和较低对应绿色预警信号, 一般、较高和高分别对应橙色、黄色和红色预警信号。利用德尔菲法依次对各层级指标进行评价, 得到  $U_{ij}$  ( $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6; j$  表示相应层级指标  $U_i$  中包含的评价因子) 隶属于第  $t$  ( $t = 1, 2, 3, 4, 5$ ) 个评语  $v_t$  的程度  $r_{ijt}$ , 其中  $r_{ijt} = m_{ijt} / m$  ( $m$  为参与模糊综合评价的专家总数,  $m_{ijt}$  为参评专家中认为指标  $u_{ij}$  属于评价等级  $v_t$  的人数), 由此可以得到模糊评价矩阵  $R_i$ :

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{i11} & \dots & r_{i15} \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{ij1} & \dots & r_{ij5} \end{bmatrix}$$

对于  $B_1$ , 采用德尔菲法可以得到决策风险的模糊评价矩阵:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.05 & 0.10 & 0.30 & 0.35 & 0.20 \\ 0.10 & 0.15 & 0.35 & 0.30 & 0.10 \end{bmatrix}$$

同理, 我们可以得到技术风险、管理风险、财务风险、市场风险和 环境风险指标的单因素评价矩阵。

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.15 & 0.10 & 0.30 & 0.25 & 0.20 \\ 0.20 & 0.15 & 0.25 & 0.30 & 0.10 \end{bmatrix};$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.05 & 0.15 & 0.30 & 0.30 & 0.20 \\ 0.15 & 0.20 & 0.30 & 0.10 & 0.25 \\ 0.10 & 0.10 & 0.35 & 0.35 & 0.10 \end{bmatrix};$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.05 & 0.20 & 0.35 & 0.10 & 0.30 \\ 0.10 & 0.20 & 0.30 & 0.10 & 0.30 \\ 0.15 & 0.15 & 0.25 & 0.30 & 0.15 \\ 0.20 & 0.10 & 0.35 & 0.20 & 0.15 \\ 0.20 & 0.30 & 0.10 & 0.15 & 0.25 \\ 0.30 & 0.10 & 0.15 & 0.25 & 0.20 \\ 0.25 & 0.15 & 0.20 & 0.25 & 0.15 \end{bmatrix};$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0.15 & 0.20 & 0.30 & 0.05 & 0.30 \\ 0.20 & 0.15 & 0.35 & 0.20 & 0.10 \end{bmatrix};$$

$$R_6 = \begin{bmatrix} 0.25 & 0.10 & 0.30 & 0.15 & 0.20 \\ 0.10 & 0.20 & 0.35 & 0.20 & 0.15 \end{bmatrix}。$$

然后,进行一级模糊综合评判。第一级模糊综合评判是指按结构性指标中的所有分析指标进行评判,根据模糊矩阵  $R_i$ , 结合前文得到的各类分析指标的权重,对每个结构性指标中的分析指标进行综合评价,于是可以得到一级模糊综合评判集:

$$B_i = W_i \circ R_i = (b_{i1}, b_{i2}, b_{i3}, b_{i4}, b_{i5})。$$

关于模糊算子“ $\circ$ ”,根据实际情况,为了区分各因素的作用,本文采取加权平均型,即  $M(\cdot, \otimes)$  型。按照这种合成算子,求得评价结果为  $b_{it} = \sum_{j=1}^n w_{ij} r_{ijt} (i = 1, 2, \dots, 6; t = 1, 2, \dots, 5)$ 。

对于  $B_1$ , 我们可以计算出它的一级模糊评判集。

$$B_1 = W_1 \circ R_1 = (0.067, 0.117, 0.317, 0.333, 0.167)。$$

同理,我们可以得到  $B_2 - B_6$  结构性指标的一级模糊评判集。

$$B_2 = W_2 \circ R_2 = (0.163, 0.113, 0.288, 0.263, 0.175);$$

$$B_3 = W_3 \circ R_3 = (0.081, 0.158, 0.305, 0.254, 0.202);$$

$$B_4 = W_4 \circ R_4 = (0.133, 0.180, 0.282, 0.166, 0.240);$$

$$B_5 = W_5 \circ R_5 = (0.167, 0.183, 0.317, 0.100, 0.233);$$

$$B_6 = W_6 \circ R_6 = (0.213, 0.125, 0.313, 0.163, 0.188)。$$

最后,进行二级模糊综合评判。第二级模糊综合评判是指在各结构性指标之间进行评判,将每个结构性指标当作一个因素,进行  $B_i$  的单因素评价,则模糊综合评价矩阵为:

$$R = (B_1, B_2, \dots, B_6)^T = (b_{it})_{6 \times 5}。$$

同理,采取加权平均模型,可以得到模糊综合评判集为:

$$B = W \circ R = (b_1, b_2, b_3, b_4, b_5)。$$

最后得到该企业的综合评判集为:

$$B = W \circ R = (0.118, 0.135, 0.302, 0.256, 0.190)。$$

因此,该企业的技术创新系统风险预警结果可以认定为一般,信号为橙色,企业应及时找出风险存在的原因,采取相应的预警措施,防止风险进一步蔓延。

## 4 风险防范与控制措施

技术创新项目的成功对企业是至关重要的,利用上述指标评价体系及时发现警情的同时,还应综合运用各种措施防范和控制风险,以确保企业技术创新项目的顺利完成。

首先,在充分收集资料的基础上,事先估计风险产生的可能程度,判断导致其出现的条件和因素,根据自身情况及研发技术优势,选择某些风险较低的空白领域进行技术创新。同时,在选择项目实施方案的过程中,应选择相对成本较低、时间较短的实施方案,在风险事故发生之前完全、彻底地消除某种风险可能造成的损失。

其次,在创新项目运行过程中,项目事故一旦发生,项目管理者一方面可以通过某些技术手段将风险转移给他人,比如通过企业联合开发、合同转移、业务外包、技术转让、委托开发等方式将风险转移,另一方面可以参加科技保险或项目保险,通过向保险公司的投保而将风险转移到保险公司身上,或在项目投资过程中吸引风险投资。

第三,创新过程是一个创新组织不断学习的过程,要采用具有柔性的、有效的组织结构和组织方式,尽可能让潜在用户参与创新过程,并建立良好的内、外部信息资源获取和传递机制,保证创新过程顺利进行<sup>[14]</sup>。

## 5 结论与展望

针对技术创新风险预警系统理论研究的缺乏,本文分析并建立了企业技术创新风险预警指标体系。基于所建立的企业技术创新风险预警指标体系,运用 AHP 评价法和模糊综合评价法对山西某钢铁冶金企业的创新风险进行评价与分析,认为该

企业技术创新系统风险预警结果可以认定为一般风险,信号为橙色,同时,建议该企业应采取风险回避、风险转移等策略,降低企业技术创新的风险。该企业技术创新风险预警指标评价体系对金融企业投资项目的风险预警也有一定的借鉴作用。

为提高评价方法的适用性和有效性,在今后的研究中,笔者将结合现实的经济运行情况继续对所建立的企业技术创新风险预警指标系统进行大样本实证研究,以便对所得结论进一步检验和研讨,为企业有效防范技术创新中的风险、提高创新效率提供理论支持。

### 参考文献

- [1] ENGEL R. Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of variance of United Kingdom inflation [J]. *Econometrica*, 1982, 50(4): 987-1007.
- [2] 高蓉. 风险投资预警管理研究[D]. 湖北:武汉理工大学, 2007.
- [3] 段秉乾. 复杂产品系统创新风险管理研究[D]. 上海:复旦大学, 2006.
- [4] NIKANDE I O, ELORANTA E. Preliminary signals and early warnings in industrial investment project[J]. *International Journal of Project Management*, 1997, 15(6): 371-376.
- [5] 李晓宇. 高新技术项目风险预警系统研究[D]. 北京:北京交通大学, 2006.
- [6] 刘艳玲. 项目风险预警系统的构建[J]. *建筑管理现代化*, 2003(4): 25-29.
- [7] HUANG Fulai, WANG Feng. A system for early-warning and forecasting of real estate development[J]. *Automation in Construction*, 2005, 14(6): 333-342.
- [8] CAGNO E, GIULIO A D, TRUCCO P. Risk and cause-of-risk assessment for an effective industrial safety management[J]. *International Journal of Reliability Quality and Safety Engineering*, 2000, 7(2): 113-128.
- [9] AL-IABTABAI H, ALEX P A. Modeling the cost of political risk in international construction projects[J]. *Project Management Journal*, 2000, 31(3): 4-13.
- [10] 肖利民. 国际工程承包项目风险预警研究[D]. 上海:同济大学, 2006.
- [11] 盛淑凯, 金维兴, 刘宁. 多投资项目风险预警控制方法研究[J]. *工业技术经济*, 2006, 25(4): 144-149.
- [12] 徐菊芬. 中小软件企业项目风险发生机理分析及预警研究[D]. 浙江:浙江大学, 2007.
- [13] 夏谦谦. 研发项目风险预警管理研究[D]. 湖北:武汉理工大学, 2007.
- [14] 傅家骥. 技术创新学[M]. 北京:清华大学出版社, 1998: 67-68.

## Study on Warning Index of Technology Innovation Risk in Enterprises

Chai Yonghong, Han Shurong

(School of Economics & Management, Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China)

**Abstract:** In this paper, the warning system and the warning index on technology innovation risk in enterprises are set up. The AHP and the fuzzy analysis method are used in an example to demonstrate the feasibility of this index system in the warning of technology innovation risk. Finally, it is pointed out that the related measures on risk transfer and risk aversion should be carried on to avoid effectively and control the risks existing in the innovation process.

**Key words:** risk warning; warning index; technology innovation