

# 网络分析法在军工研究所 R&D 人力资本投资风险评估中的应用

王德江, 孙剑平

(南京理工大学经济管理学院, 南京 210094)

[摘要] 在对军工研究所 R&D 人力资本投资风险因素进行识别的基础上, 建立风险评价指标体系, 发现指标之间存在相互影响与反馈的关系, 提出基于网络分析法并同时考虑评估意见模糊性的军工研究所 R&D 人力资本投资风险模糊评估模型, 给出相关算法。最后, 通过实例说明该方法的分析结果更合理、直观, 而且还能决策者提供更为详细的决策信息。

[关键词] R&D 人力资本投资风险; 模糊; ANP; 军工研究所

[中图分类号] F270.5 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)09-0084-06

## 1 前言

在知识经济环境下, 人力资本被认为是现代经济增长的重要内生性因素, 以教育培训为主要内容的人力资本投资在世界范围内日益受到重视<sup>[1]</sup>。作为科技兴国中坚力量的军工研究所, R&D 人力资本的价值更加凸显; 军工研究所要保持连续、高效、敏捷的创新能力也必须通过对 R&D 人力资本的投资来实现。然而, 军工研究所 R&D 人力资本的各种特性以及所隐含的高不确定性导致了人力资本投资的高风险性。

目前, 已有学者在研究人力资本投资风险及其评估问题<sup>[2-6]</sup>, 但现有文献以军工研究所为研究主体, 以 R&D 人力资本为研究对象的并不多见。在研究方法上, 文献[5]提出了人力资源开发风险的模糊综合评价方法; 文献[6]在采用灰色评价方法建立测评矩阵的基础上利用模糊方法进行综合评价, 但以往的研究方法忽略了且难以解决风险因素之间存在的既相互依赖又相互作用的复杂关系。鉴于上述分析, 在分析军工研究所 R&D 人力资本投资风险

因素的基础上, 将在决策领域中广泛运用的网络分析法(analytic network process, ANP)应用于风险评估, 并考虑到评估过程中的认知局限性和不明确性, 引入模糊函数表达, 得到模糊决策评价。

## 2 军工研究所 R&D 人力资本投资风险识别

军工研究所 R&D 人力资本是指蕴含在 R&D 人员身上对研究所具有经济价值的技能、经验和知识的总和。军工研究所 R&D 人力资本具有多种特性, 如产权特性、异质性、需求的高层次性、产出价值计量的难以量化等, 这些特性在形成其显著的外延特征的同时也隐含了诸多的不确定性, 而这些不确定性恰恰是军工研究所 R&D 人力资本投资风险产生的根源。根据军工研究所 R&D 人力资本特性结合军工研究所的典型特征, 将其 R&D 人力资本投资风险划分为 4 种类型: 代理风险、组织风险、人员流失风险与环境风险。

1) 代理风险是指 R&D 人力资本(代理人)的行为偏离军工研究所(委托人)要求而可能给研究院

[收稿日期] 2009-07-25

[作者简介] 王德江(1965-), 男, 江苏盐城市人, 南京理工大学博士研究生, 研究方向为人力资源管理; E-mail: wdjsss@yahoo.cn;  
孙剑平(1953-), 男, 江苏南京市人, 南京理工大学教授, 博士生导师, 研究方向为人力资源管理, 知识管理

所带来损失的不确定性,主要表现为 R&D 人力资本的不满意度和不忠诚度。当军工研究所的激励机制不能产生积极的效果时,就容易引起 R&D 人力资本的“不满意”。而军工研究所 R&D 人力资本的产权、团队等特性使这种“不满意”可能外化为“偷懒”、“搭便车”、“机会主义”行为,甚至可能产生逆向选择(adverse selection)的不忠诚行为。军工研究所要特别警惕这类风险,防止涉密信息和资料外泄。

2) 军工研究所 R&D 人力资本组织风险是指由于对 R&D 人员进行组织安排不当而可能给军工研究所带来损失的不确定性。R&D 人员储备水平不足、岗位设置不合理、项目团队协调性差、管理机制落后等都可视为 R&D 组织风险。

3) 流失风险是指由于 R&D 人力资本的流失而可能给军工研究所带来损失的不确定性。在军工研究所,一部分 R&D 人员一直从事基础性的科研工作,这类工作往往周期性长,压力大,科研成果很难在短时间内表现出来,于是可能表现出较高的流动意愿。另外,随着研究所向知识型企业的转制,一部分 R&D 人员可能由于利益驱使或职业发展而流向其他大公司、大企业,甚至选择自己创业。这些员工,特别是核心研发人员的流失会给研究所造成致命打击。如北京某技术研究所的一名高工由于和所领导在诸多观点上的分歧,而选择辞职,并自己成立公司。由于该高工几乎是所有生产任务、科研项目的负责人,结果给该研究所带来了巨大的损失。

4) 由于人力资本投资是一项长期的动态过程,期间会不可避免地受到投资环境的影响。因此,军工研究所 R&D 人力资本投资除了上述因素,还需要考虑其他外部因素,如新的法律法规、产业政策、科技进步、研究所组织变革等因素。

### 3 网络分析法(ANP)

经典的层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)所考虑的问题都具有内部独立的递阶层次结构,然而在实际应用中,这种结构的合理性往往受到怀疑。因为系统中,元素之间更普遍的联系不是递阶结构形式,而是网络结构,即系统中的每一个元素都可以影响系统中任何其他元素,系统中的每一个元素也都可能受到任何其他元素的影响。1996年,Thomas L. Saaty 在层次分析法的基础上提出了一种新的实用决策方法——ANP,用以处理存在内部依存和反馈效应的复杂系统决策问题<sup>[7]</sup>。

#### 3.1 网络结构模型

ANP 首先将系统元素划分为两大部分,第一部分称为控制因素层,包括问题目标及决策准则。所有的决策准则均被认为是彼此独立的,且只受目标元素支配。控制因素中可以没有决策准则,但至少有一个目标。控制层中每个准则的权重均可用传统的 AHP 方法获得。第二部分为网络层,它是由所有受控制层支配的元素组组成的,其内部是互相影响的网络结构,图 1 就是一个典型的 ANP 结构模型。

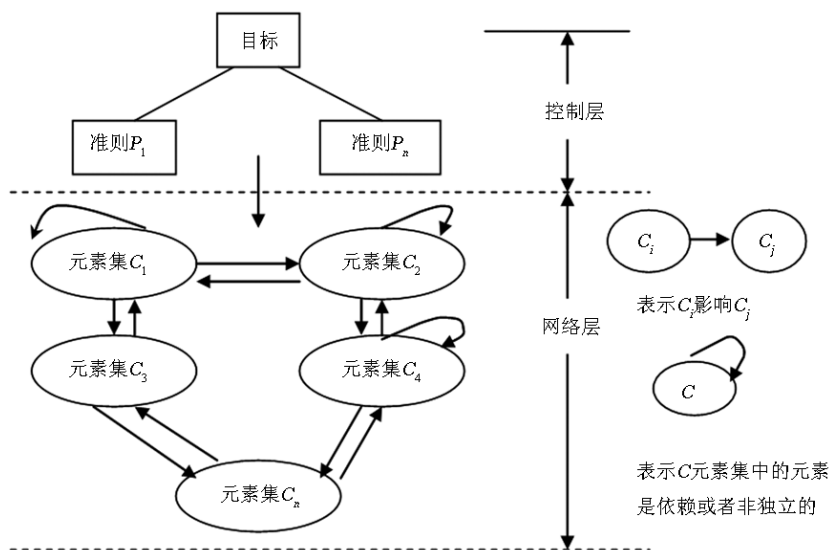


图 1 典型的 ANP 网络结构模型

Fig. 1 Classic structural model of ANP

### 3.2 超矩阵运算与权重确定

设 ANP 的控制层中有  $n$  个准则,分别为  $p_1, p_2, \dots, p_n$ ,网络层由元素集  $C_1, C_2, \dots, C_n$  构成,其中元素集  $C_h (h = 1, 2, \dots, n)$  有  $n_h$  个元素,一般用  $e_{h,1}, e_{h,2}, \dots, e_{h,n_h}$  表示。以控制层元素  $P_k (k = 1, 2, \dots, n)$  为准则,以  $C_h$  中元素  $e_{hl} (l = 1, 2, \dots, n_h)$  为次准则,元素集  $C_i$  中元素按其对应  $e_{hl}$  的影响程度进行比较(可基于 Saaty 的 1-9 判断尺度),形成成对比较矩阵,如表 1 所示。

表 1  $C_i$  对元素  $e_{hl}$  的成对比较矩阵

Table 1 Comparison matrix of  $C_i$  to  $e_{hl}$

$e_{hl}$	$e_{i1}$	...	$e_{i, n_i}$
$e_{i1}$	1	...	$K(K:1-9)$
...	...	1	...
$e_{i, n_i}$	$1/K$	...	1

由特征根法得出上述矩阵的排序向量  $(w_i^{(hl)}, w_{i2}^{(hl)}, \dots, w_{i, n_i}^{(hl)})^T$ , 记  $W_{ih}$  为:

$$W_{ih} = \begin{bmatrix} w_{i1}^{(h1)} & w_{i1}^{(h2)} & \dots & w_{i1}^{(hn_h)} \\ w_{i2}^{(h1)} & w_{i2}^{(h2)} & \dots & w_{i2}^{(hn_h)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_{i, n_i}^{(h1)} & w_{i, n_i}^{(h2)} & \dots & w_{i, n_i}^{(hn_h)} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式(1)中,  $W_{ih}$  的列向量为元素集  $C_i$  中元素  $e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{i, n_i}$  对  $C_h$  中元素  $e_{h1}, e_{h2}, \dots, e_{h, n_h}$  影响度的排序向量。得到在准则  $P_k$  下未加权的超矩阵(super matrix)  $W$ :

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{21} & \dots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_{n1} & W_{n2} & \dots & W_{nn} \end{bmatrix}$$

超矩阵  $W$  的子块  $W_{ih}$  是列归一化的,但  $W$  却不是列归一化的。对超矩阵  $W$  内的每一列块进行相对权重确定,也就是将每个元素集作为一个元素,针对某一个元素集进行两两比较,判断哪一个元素集

对它的影响作用更大,从而得到该元素集对其他元素集的归一化的排序向量。这里用  $a_{ih}$  表示第  $i$  个元素集对第  $h$  个元素集的影响权值,如果没有影响,就记为“0”,且  $\sum_{i=1}^n a_{ih} = 1$ 。对超矩阵  $W$  进行加权运算,得到加权超矩阵  $W = (W_{ih})$ ,其中  $W_{ih} = a_{ih} W_{ih}$ 。

可以证明  $W$  是一个幂收敛矩阵,即  $W^\infty$  存在,并且  $W(W^\infty) = W^\infty$ ,这样  $W^\infty$  的每一列均为加权超矩阵  $W$  对应于特征根 1 的特征向量,并且 1 是单根<sup>[8]</sup>。故  $W$  的对应于 1 的归一化的特征向量便是在准则  $P_k$  下,网络层中各元素的全局权重值。

## 4 ANP 在军工研究所 R&D 人力资本投资风险模糊评估中的应用

ET 研究所是我国电子系统工程领域中历史较久、规模较大、专业覆盖面较广、研发力量较强、技术成果丰富的大型综合性高科技研发基地,为我国科学技术进步和国防现代化建设作出了突出贡献。为了进一步增强研究所的研发能力与科研水平,需要进行一系列新一轮的 R&D 人力资本投资活动(晋升、培训、轮岗等)。鉴于 R&D 人力资本的诸多特性以及所隐含的高不确定性导致了投资的高风险性,ET 研究所需要对 R&D 人力资本投资活动进行系统的风险评价,充分考虑风险因素之间的相互影响关系,采用科学的评价方法评估投资的风险水平,然后与风险评价基准进行比较,确定是否要对投资活动采取控制措施。

### 4.1 构造基于 ANP 的风险评估模型

在现有研究成果的基础上<sup>[2-6]</sup>,结合军工研究所 R&D 人力资本特性以及军工研究所的典型特征,选取 14 个评价指标来对其 R&D 人力资本投资风险进行评估,具体如表 2 所示。

表 2 军工研究所 R&D 人力资本投资风险评价指标及权重

Table 2 Evaluation index of invest risk and the their weights

一级指标	二级指标 C	权重	三级指标 E	权重	
军工研究所 R&D 人力资本投资风险	代理风险	0.269 475	R&D 人员工作自主程度不高	0.097 733	
			R&D 人员工作缺乏满足感和成就感	0.077 814	
			R&D 人员对薪酬水平不满意	0.093 928	
			R&D 人力资本储备不足	0.083 295	
			R&D 人员结构设置不合理	0.058 685	
	组织风险	0.310 992	R&D 团队协作化水平不高	0.081 236	
			R&D 人员存在多头领导现象	0.087 776	
			人员流失风险	0.253 966	
				缺乏对 R&D 人员进行系统职业生涯规划	0.253 39

一级指标	二级指标 C	权重	三级指标 E	权重
			R&D 人员难以融入研究所的文化之中	0.070 972
			对 R&D 人员激励效果不明显	0.078 929
			R&D 人员的工作环境缺乏柔性	0.078 726
			技术更新过快	0.053 263
	环境风险	0.165 567	无法适应组织变革	0.065 656
			新出台不利政策	0.046 648

从表 2 可以看出,二级评价指标之间可能相互影响,例如,代理风险、组织风险和環境风险都可能对人员流动风险产生影响。而对于三级指标,也可能受到其他指标的影响和支配,例如,R&D 人员对薪酬水平不满意就会导致对 R&D 人员激励效果不

明显的结果。因此,引入网络分析法可以很好地解决指标间相互影响的问题。

根据表 2 可以建立 ANP 风险评估模型(可参考图 1)。为了方便计算该模型,可应用 ANP 运算软件 Super Decisions,得到风险评估的网络图,如图 2。

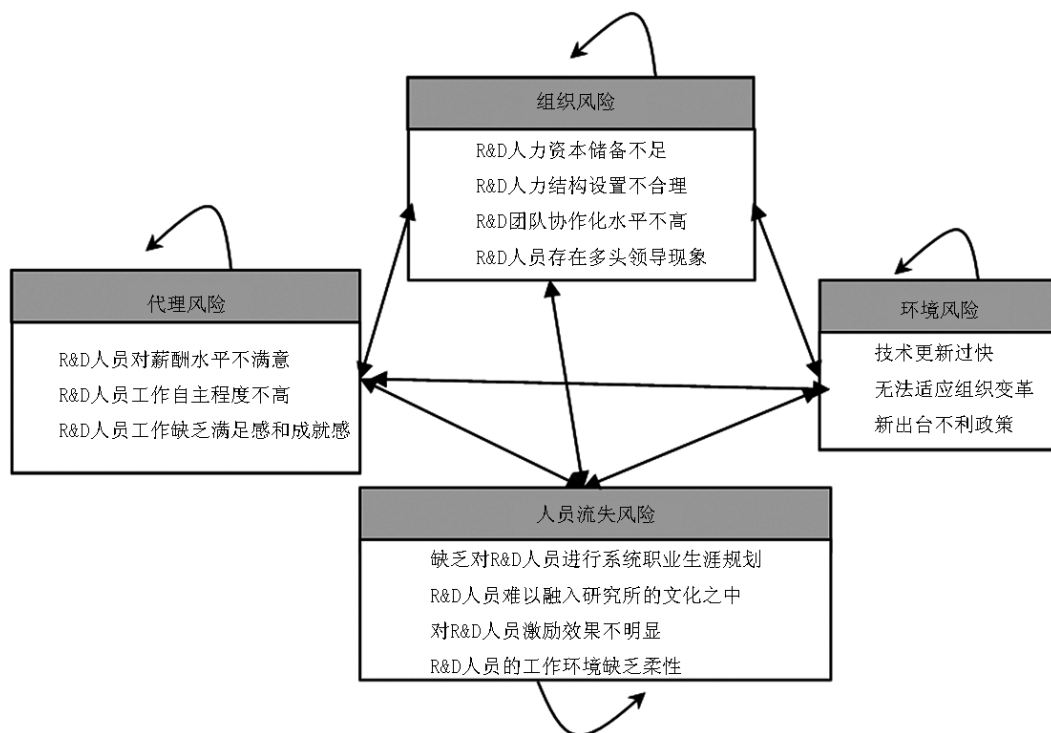


图 2 风险评估网络图

Fig. 2 Network of risk evaluation

#### 4.2 确定风险评语集

评语集是对各层次评价指标的一种语言描述,它是评审人对各评价指标所给出的评语集合。由于 R&D 人力资本投资风险问题就其自身特征来说属于不确定性问题的一种,风险因素和风险后果指标具有一定的模糊性,难以用具体数值表达。笔者将评语分为 5 个等级,记为  $V, V = \{ \text{风险水平高、风险水平较高、风险水平中等、风险水平较低、风险水平低} \}$ 。

#### 4.3 确定模糊判断矩阵

为了综合评价 R&D 人力资本投资风险,该模型选取部门负责人、员工代表、外部专家等 20 人组成评审小组,以问卷调查的形式让他们对表 2 中综合评价系统第三层元素进行单因素评价。通过对调查表的回收、整理、统计,得到评价结果的统计表,并以此建立模糊关系矩阵,也就是建立从  $E$  到  $V$  的模糊关系  $R$ ,构造模糊评判矩阵  $R$ :

$$R = \begin{bmatrix} 0.05 & 0.10 & 0.50 & 0.25 & 0.10 \\ 0.05 & 0.20 & 0.25 & 0.45 & 0.05 \\ 0.35 & 0.40 & 0.20 & 0.05 & 0.00 \\ 0.00 & 0.10 & 0.15 & 0.55 & 0.25 \\ 0.05 & 0.05 & 0.40 & 0.35 & 0.15 \\ 0.15 & 0.45 & 0.30 & 0.05 & 0.05 \\ 0.10 & 0.10 & 0.20 & 0.25 & 0.35 \\ 0.10 & 0.30 & 0.30 & 0.15 & 0.15 \\ 0.00 & 0.10 & 0.35 & 0.40 & 0.15 \\ 0.05 & 0.25 & 0.45 & 0.20 & 0.05 \\ 0.10 & 0.15 & 0.30 & 0.35 & 0.10 \\ 0.00 & 0.20 & 0.45 & 0.25 & 0.10 \\ 0.10 & 0.05 & 0.20 & 0.45 & 0.20 \\ 0.05 & 0.10 & 0.15 & 0.30 & 0.40 \end{bmatrix}$$

Comparisons wrt "R&D人员工作缺乏满足感和成就感"node in "人员流失风险"cluster		
1. R&D人员的工作环境缺乏柔性	5 4 3 2 1 2 3 4 5 6	R&D人员难以融入研究所的文化之中
2. R&D人员的工作环境缺乏柔性	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2	对R&D人员激励效果不明显
3. R&D人员难以融入研究所的文化之中	4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	对R&D人员激励效果不明显

注:所选比较值以黑色、斜体标示,完整的备选数值应该为“9,8,⋯,1,⋯,9”,这里限于篇幅只给出部分数值

图3 以问卷形式确定的判断矩阵  
Fig. 3 Judgment matrix by questionnaire

进一步得到图3的排序向量(0.389 731, 0.260 937, 0.349 332)<sup>T</sup>。所有局部排序向量便构成未加权超矩阵。再比较元素集(Cluster)间的相对重要性,得到加权矩阵与加权超矩阵。最后,利用超级决策软件SD进行极限超矩阵分析,得到各评价指标的局部权重和综合权重,如表2所示。

#### 4.5 模糊综合评估

根据前面步骤建立的模糊判断矩阵R与各评价指标权重集U合成,就可以得到模糊综合评估结果。这里,选用加权平均算子M(·, ⊕)作为合成算子,加权平均型算子适用于兼顾考虑整体因素的综合评价。

$$Z = U^T \cdot R = (0.088\ 800, 0.184\ 345, 0.300\ 674, 0.288\ 889, 0.141\ 456)$$

#### 4.6 结果分析

根据最大隶属性原则, Z = (0.088 800, 0.184 345, 0.300 674, 0.288 889, 0.141 456)中最大值为0.300 674,说明ET研究所R&D人力资本投

#### 4.4 运用ANP算法确定权重

运用超级决策软件Super Decisions可以有效解决ANP运算的复杂性问题。首先,根据已建立的风险评价网络(见图2),对存在相互依存关系和反馈关系的元素进行两两比较。Super Decisions给出了图形、口头、矩阵和问卷的形式以确定成对比较值。图3是以“人员流动风险”为主准则,以“R&D人员工作缺乏满足感和成就感”为次准则,元素“R&D人员的工作环境缺乏柔性”、“R&D人员难以融入研究所的文化之中”、“对R&D人员激励效果不明显”分别对“R&D人员工作缺乏满足感和成就感”的重要程度进行比较的判断矩阵。

资风险状态为中等。另外,从评价指标权重集U可以看出,“R&D人员工作自主程度不高”,“R&D人员对薪酬水平不满意”,“R&D人员存在多头领导现象”,“R&D人力资本储备不足”因素对ET研究所R&D人力资本投资风险状态产生较大影响,从而为决策者提供了更为详细的决策信息,为最大程度地降低或规避该风险提供依据。

### 5 结语

根据军工研究所R&D人力资本特性结合军工研究所的典型特征,将其R&D人力资本投资风险划分为4种类型:代理风险、组织风险、人员流失风险与环境风险,并在此基础建立了风险评价指标体系。由于评价指标之间存在相互影响与反馈的关系,需要引入网络分析法进行风险评价问题的结构建模。并考虑到人们对事物认知的局限性和由此产生的不确定性,因而引入模糊函数表达,得到模糊决策评价。由于ANP算法涉及到大量矩阵运算,导致计算

过程复杂、计算量较大,通常借助超级决策软件 SD 可提高运算准确度和效率。

#### 参考文献

- [1] Baker G S. Human capital: a theoretical and empirical analysis with special reference to education [M]. Chicago: The University of Chicago Press, 1993.
- [2] Bhattacharya, Wright P. Managing human assets in an uncertain world: applying real options theory to HRM [J]. International Journal of Human Resource Management, 2005, 16(6): 929 - 948
- [3] 王爱华, 武恒光. 企业人力资本投资管理风险指标体系研究 [J]. 统计研究, 2004, (11): 61 - 64
- [4] 孙泽厚, 李冬梅. 人力资源管理中的风险管理 [J]. 中国人力资源开发, 2002, (9): 32 - 35
- [5] 聂会平, 肖小勇, 郭毅夫. 企业人力资源开发风险综合评价 [J]. 工业技术经济, 2007, 26(10): 128 - 131
- [6] 孟卫东, 陈 龙, 双海军. 基于灰色评价方法的企业人力资本投资风险研究 [J]. 科技管理研究, 2008, (7): 142 - 144
- [7] Saaty T L. Decision Making with Dependence and Feedback: the Analytic Network Process [M]. Pittsburgh, Pa., USA: RWS Publication, 1996. 10 - 65
- [8] Cooper D H. On the maximum eigen value of a reducible nonnegative real matrix [J]. Math. Z., 1973(131): 213 - 217

## A fuzzy evaluation model based on ANP for R&D human capital investment risk in military institutions

Wang Dejiang, Sun Jianping

(School of Economics and Management, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

[ **Abstract** ] Based on identification of R&D human capital investment risk in military institutions, the risk evaluation model was constructed. Both interior - dependences and interactions among the constructed index exist. A fuzzy evaluation model was proposed, which is not only based on the analytic network process (ANP) but also on the fuzziness of evaluations, as well as its algorithm. Finally, an example was given to demonstrate that the analysis result was more reasonable, direct and including more abundant information.

[ **Key words** ] R&D human capital investment risk; fuzzy; ANP; military institutions