

层次分析法在风险投资项目风险评价中的应用

张家峰*

摘要:层次分析法是一种将定性分析与定量分析有效结合的多目标决策方法。对于风险投资项目而言,风险评价问题是一个非常重要、非常复杂的决策问题,它涉及到很多风险因素。本文运用层次分析法对影响风险投资项目风险的各种因素进行相对比较,在进一步完善风险投资项目风险评价指标体系的基础上,提出了层次分析法风险评价模型,并通过实际案例进行了验证,为风险投资评价提供了一种有益的思路。

关键词: 风险投资; 风险评价; AHP

一、引言

风险投资项目的风险是指在风险投资活动中投资者不希望的结果出现的潜在可能性,或者说风险投资项目失败的可能性。由于风险投资的对象大多是具有较高增长潜力的高新技术项目,从技术的研发、产品的试制与生产,到产品的销售要经历许多阶段,而投资风险存在于整个过程中,并来自于多个方面,所以风险投资的失败率极高。因此,对投资项目的风险进行客观的评估和分析,从而有效地规避风险,是风险投资能否成功的关键。

风险投资的主要风险包括技术风险、管理风险、市场风险、财务风险和環境风险等。由于风险投资过程是一种投资期限长、投资结果高度不确定的创新过程,风险投资主体很难获取关于整个风险投资过程的比较完整、准确的信息,即信息是不完全的。投资主体虽然对未来情况(如对某些定性评价指标)有所了解,但对如概率、可能的风险损失、投资收益变动等定量指标很难做出估计,只能借助专家的意见和知识用定性指标进行评价,其中层次分析法 AHP (Analytical Hierarchy Process) 是一种常用的分析方法。

骆秦丽(2000)和王世波、崔金鉴、王世良(2003)分别提出了一个基于技术、市场潜力、管理和创业者素质的风险投资项目评价指标体系和评价标准,设计并构建了一个 AHP 评价模型,并结合具体案例进行了验证;陈学中、李文喜、李光红(2001)介绍了几种主要的投资项目选择方法,并将投资项目的风险分为系统风险和非系统风险,运用 AHP 方法提出了一种投资项目选择的风险评价模型;钱水土、周春喜(2002)将风险投资项目的风险分为系统风险和非系统风险,并运用 AHP 法和模糊数学原理进行指标权重确定和专家打分的数学处理,提出了一种基于模糊综合评价方法的风险投资风险综合评价模型;陈红艳、吴凤平(2004)则综合考虑风险投资项目的收益性和风险性,提出了一个风险投资项目的加性加权评价模型;杜晓玲、邓绍敏(2005)则运用 AHP 对影响风险投资项目的各种因素进行比较,将风险投资项目风险分为整体环境风险、技术风险和非技术风险三大类,并在上述分析的基础上提出了一个 AHP 在风险投资项目评价体系中的改进应用方法。高风险性是风险投资的固有属性,上述文献大多是从整体上对风险投资项目的选择进行了分析,而对风险投资项目的风险缺乏进一步的深入分析。本文针对风险投资的风险提出了一个较完整的综合评价指标体系,利用层次分析法科学地计算指标的权重,并结合一个风险投资实例进行具体说明,从而为风险投资的风险评价提供了一种有益的思路。

二、风险投资风险的层次分析评价模型

风险投资项目面临着很多风险,其中每种风险对于不同的项目、不同的投资者,其重要性是不同的。如何确定各风险指标的权重,关系到最后评价结论的正确性。确定各种风险指标的权重有多种方法,其中层次分析法 AHP 是一种较为成熟和有效的方法。它是由美国数学家托马斯·萨迪(T.L. Saaty)教授首创的一种有效地处理那些错综复杂、模糊不清的相互关系如何转化为定量分析的方法。

* 张家峰,中南财经政法大学新华金融保险学院教师,博士生。

法。它把需要研究的复杂问题分解为不同的组成元素，并针对总目标按相互关系影响划分为有序递阶层次结构图，通过两两比较，确定层次中诸因素相对于上一层次某因素的相对重要性，构造出两两比较判断矩阵，然后综合人的判断以决定各因素相对重要性的总的顺序。

应用层次分析法确定风险投资风险评价指标体系中各风险指标权重的步骤如下：

1. 建立风险投资风险评估的指标体系

采用层次分析法，根据影响风险投资风险的主要因素建立递阶层次结构体系。其中 A 为目标层，B 为准则层，C 为指标层，D 为风险大小（如图 1 所示）。

风险投资的风险评价指标体系，是综合反映投资自身运行和经营环境的不同属性指标，按一定层次结构和隶属关系有序组成的集合按照全面性、层次性、交叉性和科学性等原则，将风险投资的风险分为非系统风险和系统风险，并对影响风险投资风险的因素加以系统分析和合理综合，建立四层结构的风险分析指标体系（如图 1 所示）。

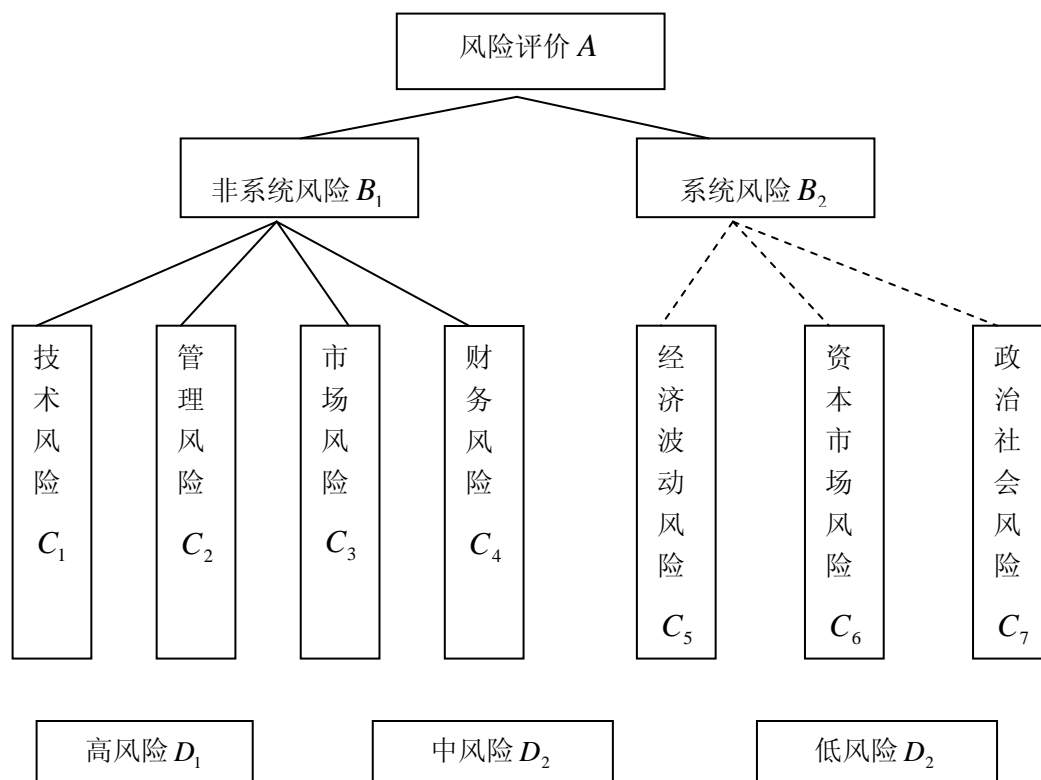


图 1 风险投资的风险评价指标体系

其中 C_1, C_2, \dots, C_7 分别表示不同性质的指标集，具体意义如下：

$$B_1 = \{C_1, C_2, C_3, C_4\} = \{\text{技术风险, 管理风险, 市场风险, 财务风险}\}$$

$$B_2 = \{C_5, C_6, C_7\} = \{\text{经济波动风险, 资本市场风险, 政治社会风险}\}$$

其中技术风险主要是指风险企业在技术研发和生产过程中由于对内外环境因素的控制失败（包括无法控制）而造成技术研发和生产损失的可能性，它主要包括技术的先进性、成熟性、适用性、配套性、创新性和技术的生命周期等；管理风险是指风险企业在生产过程中因管理不善而导致投资失败所带来的风险，它主要包括企业组织制度的合理性与科学性、决策制衡机制的健全程度、管理者素质和经验和经营者的经营决策水平等；市场风险是指风险企业生产的新产品或提供的服务与市场需求不匹配而给企业带来的风险，它主要包括产品的市场需求规模与时机、产品的可替代性、产

品的性价比、产品的潜在竞争性和产品的生命周期等；财务风险主要是指风险企业资本供给和资本回收的风险，它主要包括风险企业的资信程度、资金的供应状况、资产负债情况、追加投资的可获得性和资金结构的合理性等；经济波动风险是指由于宏观经济形势发生变化和经济波动所导致的投资失败而带来的风险，它主要考虑国家的经济发展水平、经济景气指数和通货膨胀等；资本市场风险是指由于资本市场不完善而导致的融资和资本退出困难，它主要考虑利率和汇率变动情况、资本市场投资收益率和多层次资本市场的健全程度等；政治社会风险是指由于社会和政局动荡、有关风险投资政策变动等所带来的投资损失，它主要包括风险投资政策法规的健全程度、宏观政策法规调整变化频率、政局和社会的稳定性以及民间风险投资意识等。

2. 构造判断矩阵

在建立递阶层次结构指标体系后，根据上下层次之间的隶属关系，构造判断矩阵。即以上一层次某因素为准则，依据它对下一层次诸因素的支配关系，通过两两比较下一层次诸因素对上一层次某因素的相对重要性，并赋予一定的分值。分值一般采用比较标度法确定，比较标度用 1~9 个数字表示，1、3、5、7、9 分别表示“同等重要、稍微重要、重要、明显重要、绝对重要”，2、4、6、8 是四个亚等级，用来表示上述相邻两个标度之间的重要性程度。

设对于某一准则 X，几个比较因素构成了一个两两判断矩阵： $U=(u_{ij})_{n \times n}$ ，式中 u_{ij} 为因素 U_i 与 U_j 相对于 X 的重要性的比例标度，且 $u_{ii}=1$ 。

3. 计算各层次因素的权重

根据判断矩阵提供的信息，可以用幂法求解得到任意精度的最大特征根和特征向量，特征向量就代表了该层次各因素对上一层次某因素影响大小的权重。但在实际应用层次分析法时，并不需要很高的精度，因为判断矩阵本身就存在一定的误差，而应用层次分析法求得某层次中各因素的权重，从本质上说就是表述某种定性的概念，所以可以采用更为简便的近似求解法，如方根法或和积法等，它们的精度完全可以满足实际应用的要求。如方根法的具体步骤为：

- (1) 计算判断矩阵每一行因素的乘积 M_i ，

$$M_i = \prod_{j=1}^n u_{ij}; \quad i=1, 2, \dots, n$$

- (2) 计算 M_i 的 n 次方根： $w_i = \sqrt[n]{M_i}$

- (3) 对向量 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 作归一化处理，即：

$$\tilde{w}_i = \frac{w_i}{\sum_{j=1}^n w_j}$$

则 $\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n)^T$ 即是所求的特征向量（权重）。

4. 一致性检验

由于判断矩阵是人为赋予的，故需进行一致性检验，即评价判断矩阵的可靠性。其计算步骤如下：

- (1) 计算随机一致性指标 CI

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n u_{ij} \tilde{w}_j}{\tilde{w}_i}$$

式中 λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征根； n 为判断矩阵的阶数。

(2) 计算一致性比率 CR

$$CR = CI / RI$$

式中 RI 为平均随机一致性指标，由表 1 查得。

表 1 平均随机一致性指标表矩阵

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 阶数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| RI | 0 | 0 | 0.58 | 0.89 | 1.12 | 1.26 | 1.36 | 1.41 | 1.46 | 1.49 | 1.52 | 1.54 | 1.56 | 1.58 | 1.59 |

当 $CR < 0.1$ 时，认为判断矩阵的一致性可以接受；当 $CR \geq 0.1$ 时，应对判断矩阵作适当修正。

5. 层次总排序

根据子目标层对目标层的权重矩阵 A 以及指标层对子目标层的权重矩阵 \tilde{W} ，可以求出各相关

指标（即方案层）对目标层的权重矩阵 \hat{W} ：

$$\hat{W} = A\tilde{W} = (a_1, a_2) \begin{pmatrix} \tilde{W}_1, 0 \\ 0, \tilde{W}_2 \end{pmatrix}$$

三、风险评价的实例分析

假设某风险投资公司要在审慎调查（Due diligence）的基础上，要对一个风险投资项目的风险进行评价。

1. 构造判断矩阵并计算各指标权重

在分层结构模型的基础上，通过专家调查法对每层要素进行两两比较，并构造各层次指标相对重要性的判断矩阵。各判断矩阵以及经过层次分析法计算所得各指标权重如表 2~表 11 所示（各判断矩阵均通过一致性检验）。

表 2 子目标对总目标 A 的重要性评价判断矩阵

| | | | |
|-----|-----|----|--------|
| 对 A | B1 | B2 | 风险指标权重 |
| B1 | 1 | 2 | 0.6667 |
| B2 | 1/2 | 1 | 0.3333 |

表 3 指标对子目标 B1 的重要性评价判断矩阵

| | | | | | | | |
|------|----|-----|-----|----|----------------------|--------|---------------------------|
| 对 B1 | C1 | C2 | C3 | C4 | 风险指标权重 \tilde{W}_1 | 总权重 | 一致性检验 |
| C1 | 1 | 1/4 | 1/2 | 2 | 0.1333 | 0.0889 | $\lambda_{\max} = 4.0003$ |
| C2 | 4 | 1 | 2 | 8 | 0.5333 | 0.3556 | CI=0.0001 |

| | | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|---|--------|--------|---------------|
| C3 | 2 | 1/2 | 1 | 4 | 0.2667 | 0.1778 | |
| C4 | 1/2 | 1/8 | 1/4 | 1 | 0.0667 | 0.0444 | CR=0.0001<0.1 |

表 4 指标对子目标 B2 的重要性评价判断矩阵

| 对 B2 | C5 | C6 | C7 | 风险指标权重 \tilde{W}_2 | 总权重 | 一致性检验 |
|------|-----|-----|----|----------------------|--------|-------------------------|
| C5 | 1 | 2 | 4 | 0.5584 | 0.1861 | $\lambda \max = 3.0121$ |
| C6 | 1/2 | 1 | 3 | 0.3196 | 0.1065 | CI=0.0060 |
| C7 | 1/4 | 1/3 | 1 | 0.1220 | 0.0406 | CR=0.0104<0.1 |

表 5 第四层次相对于指标 C1 的风险可能性评价判断矩阵

| 对 C1 | D1 | D2 | D3 | 可能性 | 加权可能性 | 一致性检验 |
|------|-----|-----|----|--------|--------|-------------------------|
| D1 | 1 | 1/3 | 2 | 0.2158 | 0.0192 | $\lambda \max = 3.0024$ |
| D2 | 3 | 1 | 7 | 0.6817 | 0.0606 | CI=0.0012 |
| D3 | 1/2 | 1/7 | 1 | 0.1025 | 0.0091 | CR=0.0021<0.1 |

表 6 第四层次相对于指标 C2 风险可能性评价判断矩阵

| 对 C2 | D1 | D2 | D3 | 可能性 | 加权可能性 | 一致性检验 |
|------|-----|-----|-----|--------|--------|-------------------------|
| D1 | 1 | 3 | 7 | 0.6774 | 0.2409 | $\lambda \max = 3.0002$ |
| D2 | 1/3 | 1 | 7/3 | 0.2258 | 0.0803 | CI=0.0001 |
| D3 | 1/7 | 3/7 | 1 | 0.0968 | 0.0344 | CR=0.0002<0.1 |

表 7 第四层次相对于指标 C3 风险可能性评价判断矩阵

| 对 C3 | D1 | D2 | D3 | 可能性 | 加权可能性 | 一致性检验 |
|------|-----|-----|----|--------|--------|-------------------------|
| D1 | 1 | 2 | 4 | 0.5714 | 0.1016 | $\lambda \max = 3.0002$ |
| D2 | 1/2 | 1 | 2 | 0.2857 | 0.0508 | CI=0.0001 |
| D3 | 1/4 | 1/2 | 1 | 0.1429 | 0.0254 | CR=0.0002<0.1 |

表 8 第四层次相对于指标 C4 风险可能性评价判断矩阵

| 对 C4 | D1 | D2 | D3 | 可能性 | 加权可能性 | 一致性检验 |
|------|----|-----|-----|--------|--------|-------------------------|
| D1 | 1 | 1/4 | 1/2 | 0.1429 | 0.0063 | $\lambda \max = 3.0002$ |
| D2 | 4 | 1 | 2 | 0.5714 | 0.0254 | CI=0.0001 |
| D3 | 2 | 1/2 | 1 | 0.2857 | 0.0127 | CR=0.0002<0.1 |

表 9 第四层次相对于指标 C5 风险可能性评价判断矩阵

| 对 C5 | D1 | D2 | D3 | 可能性 | 加权可能性 | 一致性检验 |
|------|-----|-----|-----|--------|--------|-------------------------|
| D1 | 1 | 3 | 5 | 0.6577 | 0.1224 | $\lambda \max = 3.0173$ |
| D2 | 1/3 | 1 | 9/8 | 0.1923 | 0.0358 | CI=0.0087 |
| D3 | 1/5 | 8/9 | 1 | 0.1500 | 0.0279 | CR=0.0149<0.1 |

表 10 第四层次相对于指标 C6 风险可能性评价判断矩阵

| 对 C6 | D1 | D2 | D3 | 可能性 | 加权可能性 | 一致性检验 |
|------|-----|----|----|--------|--------|-------------------------|
| D1 | 1 | 2 | 4 | 0.5714 | 0.0609 | $\lambda \max = 3.0002$ |
| D2 | 1/2 | 1 | 2 | 0.2857 | 0.0304 | CI=0.0001 |

| | | | | | | |
|----|-----|-----|---|--------|--------|---------------|
| D3 | 1/4 | 1/2 | 1 | 0.1429 | 0.0152 | CR=0.0002<0.1 |
|----|-----|-----|---|--------|--------|---------------|

表 11 第四层次相对于指标 C7 风险可能性评价判断矩阵

| 对 C7 | D1 | D2 | D3 | 可能性 | 加权可能性 | 一致性检验 |
|------|----|-----|-----|--------|--------|-------------------------|
| D1 | 1 | 1/4 | 1/3 | 0.1253 | 0.0051 | $\lambda \max = 3.0712$ |
| D2 | 4 | 1 | 3/5 | 0.3841 | 0.0156 | CI=0.0356 |
| D3 | 3 | 5/3 | 1 | 0.4906 | 0.0199 | CR=0.0614<0.1 |

风险投资项目的风险评价需将风险指标的重要性和风险大小可能性有机地结合起来,其综合评价模型为:

$$Z_j = \sum_{i=1}^m \tilde{W}_i \times P_{ij} (j = 1, 2, 3)$$

式中 Z_j 为风险投资项目出现第 j 种风险状态 ($j=1$ 为高风险, $j=2$ 为中风险, $j=3$ 为低风险) 的风险综合评价价值; W_i 为第 i 项风险指标的重要性权数, 共有 m 项风险指标; P_{ij} 为第 i 项风险指标出现第 j 种风险状态的概率。

由此可得到该风险投资项目的综合风险评价表, 如表 12 所示。

表 12 风险评价 AHP 计算结果

| 子目标 | 指标 | 风险大小加权可能性 | | |
|------------------|-------------|-----------|--------|--------|
| | | 高风险 | 中风险 | 低风险 |
| B1 (0.67) | C1 (0.0889) | 0.0192 | 0.0606 | 0.0091 |
| | C2 (0.3556) | 0.2409 | 0.0803 | 0.0344 |
| | C3 (0.1778) | 0.1016 | 0.0508 | 0.0254 |
| | C4 (0.0444) | 0.0063 | 0.0254 | 0.0127 |
| B2 (0.33) | C5 (0.1861) | 0.1224 | 0.0358 | 0.0279 |
| | C6 (0.1065) | 0.0609 | 0.0304 | 0.0152 |
| | C7 (0.0406) | 0.0051 | 0.0156 | 0.0199 |
| 项目风险综合评价价值 Z_j | | 0.5564 | 0.2989 | 0.1446 |

分析结果表明: 针对该风险投资项目而言, 准则层中的非系统风险是主要的风险, 它是一个比系统风险更需要考虑的风险因素; 在非系统风险的各项具体指标中, 项目的管理风险是最重要的风险, 其次是市场风险和技术风险, 最不重要的风险是财务风险; 在系统风险的各项具体指标中, 经济形势与经济波动风险是最重要的风险, 其次是资本市场市场, 最不重要的风险是社会政治风险。在专家判断的基础上, 该风险投资项目呈现高风险的概率是 0.5564, 呈现中等风险的概率是 0.2989, 而呈现低风险的概率仅为 0.1446, 这充分说明该风险投资项目风险很大, 是一个极需要慎重对待的投资项目。

四、结束语

本文通过对我国风险投资和风险投资项目评价实践的调研分析, 在借鉴前人研究成果的基础上, 提出了一个基于非系统风险 (包括技术风险、市场风险、管理风险和财务风险四大要素) 和系

统风险（包括经济波动风险、资本市场风险和政治社会风险三大要素）的风险投资项目风险评价指标体系，构建了具体的层次分析（AHP）评价模型，从而较好地解决了以往风险评价指标过于笼统所带来的问题，提高了风险评价模型的准确性及评价结果的正确性。实际案例验证了该指标体系和评价模型的合理性和较好的可操作性，对于风险投资项目风险评价向科学的定量化、规范化方向发展具有积极的促进作用，为风险投资公司进行风险投资项目风险评价提供了一种有益的思路。

但风险投资项目风险评价毕竟是一项复杂的系统工程，影响风险投资项目风险评价的因素众多。因此，除了上述风险影响因素外，肯定还存在其它不确定性影响因素。如何更全面、更合理地设计风险评价指标体系，从而使风险投资决策更加科学，还需要进一步研究。

参考文献

1. Tyebjee, T.T. and A. V. Bruno, A Model of Venture Capitalists Investment Activity, Management Science, Vol.30, No.9, 1984.
2. 陈湛匀：《现代决策应用和方法分析》，立信会计出版社 1994 年版。
3. 成思危主编：《风险投资家如何选择投资项目》，民主与建设出版社 2001 年版。
4. 杜晓玲、邓绍敏：《层次分析法在风险投资项目评价体系中的改进应用》，载《南昌大学学报（工科版）》2005 年第 4 期。
5. 陈红艳、吴凤平：《风险投资项目的加权评价模型》，载《价值工程》2004 年第 8 期。
6. 王世波、崔金鉴、王世良：《基于层次分析法的风险投资项目评价》，载《工业技术经济》2003 年第 6 期。
7. 钱水土、周春喜：《风险投资的风险综合评价研究》，载《数量经济技术经济研究》2002 年第 5 期。
8. 陈学中、李文喜、李光红：《投资项目选择的 AHP 模型及其应用》，载《系统工程与电子技术》2001 年第 2 期。
9. 骆秦丽：《层次分析法在风险投资项目选择中的应用》，载《技术经济》2000 年第 4 期。

The Application of AHP in Venture Investment Project Risk Evaluation

Zhang Jiafeng

Abstract: AHP is an effective multi-target decision method combining qualitative analysis with quantitative analysis. As far as venture investment project is concerned, risk evaluation is a very important and complicated decision problem and it concerns many risk factors. This paper uses AHP to contrast different kinds of factors, which affect venture capital project, the AHP model is built and the judgment matrixes are constructed for risk evaluation based on perfect evaluation system of venture capital project. Comparing application example validates this model, so it provides a useful consideration for venture investment project risk evaluation.

Key Words: venture investment; risk evaluation; analytic hierarchy process