

文章编号: 1005—8893 (2005) 03—0053—04

企业科技创新的数学模型及其应用^{*}

费忠华¹, 徐 辉², 李 博¹

(1. 江苏工业学院 信息科学系, 江苏 常州 213016; 2. 东华理工学院 计算科学与信息管理系, 江西 抚州 344000)

摘要: 对科技成果在企业的转让过程中收益分配率确定的基本原则进行了分析, 在此基础上综合考虑企业投资所承担的风险, 应用层次分析法和模糊综合评判法在科技成果转让中对企业的风险进行客观评价, 提出了一种确定收益分配率科学计算的数学模型, 并进行实证分析说明其科学性和有效性, 为科技成果转让对于企业经济与发展的风险决策提出了具体、可行的依据。

关键词: 科技成果; 收益分配率; 层次分析; 风险决策

中图分类号: O 29; F 2

文献标识码: A

企业的可持续发展实质上是一个不断创新的过程。要使企业能够不断创新, 关键是建立一种旺盛和持久的创新机制。其中特别重要的是科技成果转化为企业的经济收益, 但由于我国转化环境不够完善, 使得我国科技与经济脱节的问题还没有从根本上得到解决, 科技向现实生产力转化能力薄弱, 技术商品化或产业化程度低, 依然是制约我国经济发展的一大障碍, 致使我国目前每年得科技成果3万余项, 在生产中稳定使用且具有一定规模的不足20%, 而最后形成现实生产力的只有5%左右, 科技对经济的贡献率远远低于发达国家, 科技资源的浪费十分严重^[1]。基于科学的发展观, 为了提高我国经济增长的质量, 降低增长成本, 提升我国的绿色GDP (GG—DP), 保障科技成果的有效转化, 其中有一个值得人们关注的问题: 科技成果转化过程中, 企业收益分配有效机制的建立及分配比例的确定。在科技成果转化过程中, 对于企业来说, 其根本目的是为了取得一定的经济收益, 对企业经济与发展起推动作用。众所周知, 科技成果转化具有一定的风险性, 对企业来说, 投资、收益和风险不可分割, 而企业能否合理实现投资、收益/风险的分配/分担, 在一定程度上就成为一个决定科技成果转化过程中企业经济与发展成败的关键问题。其

中, 如何建立和设计有效分配机制及投资、收益/风险分配比例的确定, 是企业实际运作过程中必须要解决的一个问题^[2]。基于“投资、风险分担、收益共享”的原则和多元函数微分学原理, 建立了企业收益有效分配机制的数理模型。综合考虑企业的投资与承担的风险, 利用层次分析法 (AHP) 和模糊综合评判法提出一种收益分配比例的科学计算方法, 并进行实证分析。

1 数理模型及计算方法

企业坚持收益的实现原则, 是企业生产经营活动和理财活动的效率与效益的综合体现。因此, 企业收益不仅是反映企业经营活动的动态形式的一个基本指标, 而且是考核企业经营活动与经济效益的最综合的尺度。假设科技成果转化过程中有 n 个企业合作, 其中 V_i , β_i , I_i , R_i 分别为企业 i 的收益、收益分配比例、投资额和风险系数, 基于“投资、风险分配、收益共享”的原则, 由于投资的不可逆性及机会成本, 综合分析可得企业 i 的收益分配比例应是自身的 R_i 和 I_i 的函数 $\beta_i (R_i, I_i)$, 即 β_i 由 R_i , I_i 共同决定, $i=1, 2, \dots, n$ ^[3]。另外, 在确定收益分配比例时必须考虑:

(1) “多赢原则”。从科技成果转化过程中, 获

* 收稿日期: 2005—05—07

基金项目: 江苏工业学院科技基金资助 (QD2004015)

作者简介: 费忠华 (1953—), 男, 江苏江阴人, 教授。

取某种经济利益和市场利益是企业参与合作的主要目的,也是所有参与企业的共同目的。因此,收益分配比例的确定应该保证参与科技成果转化合作的各个合作者均“有利可图”,这样才有可能形成企业之间的合作——信任关系。

②“促进企业之间合作的公平分配的激励机制”。由于企业之间所负责工作不同,投资额不同,所以收益的多少也应该有所不同,这样才能更好地激励企业之间的工作和投资热情。另外,动态收益分配机制,不仅要保证企业“有利可图”,且还因保证企业之间能够“多劳多得”,当然这里的“劳”是指企业之间所承担的风险和所付出的投资。由此可得收益分配的数学模型:

①科技成果转化的收益应全部由企业之间分享,即

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

②各个企业得到的收益应随企业所承受的风险 R_i 和投资 I_i 的增大而增大,设 $\beta_i (R_i, I_i)$ 是关于 R_i 的增函数,那么

$$\frac{\partial \beta_i (R_i, I_i)}{\partial R_i} = \frac{\partial \beta_i}{\partial R_i} > 0, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\frac{\partial \beta_i (R_i, I_i)}{\partial I_i} = \frac{\partial \beta_i}{\partial I_i} > 0, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (3)$$

③基于“多赢原则”:对任意企业 i , 若 $V_i = 0$, 则

$$V_j = 0, \quad i \neq j \quad (i, j=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

对任意企业 i , 若 $V_i > 0$, 则

$$V_j > 0, \quad i \neq j \quad (i, j=1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

(3) 企业收益分配比例的确定^[4]: 设有 n 个企业合作参与某项科技成果转化, 则它们的收益

$$V_i = \frac{I_i R_i}{\sum_{i=1}^n I_i R_i} V \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

其中 R_i 为风险系数, $R_i \in (0, 1)$; V 为最终收益。即第 i 个企业所承担的风险(技术风险 R_t 、市场风险 R_m 、合作冲突风险 R_c 等)的评价, I_i 为投资额(启动资金、人力成本及融资成本等)。所以,企业收益分配比例^[3]

$$\beta_i = \frac{I_i R_i}{\sum_{i=1}^n I_i R_i} V \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

显然, β_i 满足以上所述的分配比例原则。

2 企业风险系数的确定

企业风险是一个广义的概念,它涉及的范围相

当广泛。不管是在采购、生产、销售等不同的经营过程,还是在计划、组织、决策等不同职能领域,企业都会遇到风险。但战略风险、技术创新风险、产品营销风险及投资风险是 4 类最为重要的企业风险。因篇幅原因,本文就技术风险、市场风险、企业竞争风险进行分析。技术风险,即技术开发从调研立项到样品试制成功阶段的风险。它主要是由技术成功的不确定性、技术效果的不确定性及技术寿命的不确定性所引起的;市场风险,即在技术项目调研及新产品上市过程中所遇到的风险。其来源主要有二:一是调研过程中对市场需求、竞争结构及产业发展趋势判断不准确,决策失误,二是新产品销售过程中由于消费者偏好变化或者竞争性产品的出现而导致的产品销售前景的不确定;企业竞争风险,一是企业的内部条件,主要包括资金、技术、人力、设备原料、信息以及管理策略、企业文化等软件和硬件要素,企业的内部条件决定着企业实力的水平,内部条件越好,就意味着企业实力越强,抵抗风险的能力也越大;反之亦然。二是企业的生存环境,它包含的要素多而且杂,涉及面也相当广泛,对企业而言,尤其是在市场经济条件下,市场需求日趋多样,竞争程度愈加激烈,经营环境呈现出更加动荡的态势,企业面临的风险也相应增加。

企业风险系数的确定以技术风险系数的确定为例,同理可得其它风险系数。

(1) 建立一套科学、合理和可行的企业风险评价指标体系,是对科技成果转化过程中企业风险进行评价的关键。按照企业风险评价指标体系的设计原则:“系统性、科学性、国际性、可操作性、前瞻性”,建立如图 1 所示的评价指标体系。

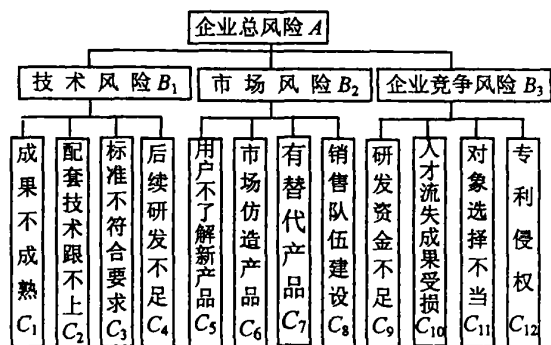


图 1 企业风险评价指标体系

Fig 1 Chart of the factors for evaluating the enterprise's risk

(2) 依据上面建立的企业风险评价指标体系,运用层次分析法(AHP)来确定风险各个评价指标的权重^[5],而运用层次风险法来确定风险各个

指标的权重的关键是, 要准确确定从上到下各层次具体的风险指标之间的相对重要性程度。通过有关方面专家的判断、打分, 构造判断矩阵, 然而对判断矩阵的各层次进行单排序计量和一致性检验, 从而得到风险各个评价指标的权重。相对于总风险来说, 对一级指标内指标进行两两比较, 得到相对重要性判断矩阵

$$B_1 = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 3 & 3 \\ \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{3} & 2 & 1 & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & 2 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

利用 AHP 法中的方根法,

$$m_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n c_{ij}}, \quad n=4, \quad i=1, 2, 3, 4 \tag{8}$$

由 (8) 式得 $m_1=45, \quad m_2=1/20, \quad m_3=2/9, \quad m_4=2$ 。

$$\overline{w_i} = \sqrt[n]{m_i}, \quad n=4, \quad i=1, 2, 3, 4 \tag{9}$$

由 (9) 式得 $\overline{w_1}=2.59, \quad \overline{w_2}=0.473, \quad \overline{w_3}=0.687, \quad \overline{w_4}=1.189$ 。

对向量 $\overline{w} = (\overline{w_1}, \overline{w_2}, \overline{w_3}, \overline{w_4})^T$ 按照

$$w_i = \frac{\overline{w_i}}{\sum_{i=1}^4 \overline{w_i}}, \quad i=1, 2, 3, 4 \tag{10}$$

作归一化处理得特征向量 $W = (w_1, w_2, w_3, w_4)^T = (0.524\ 4, 0.958\ 0, 0.139\ 0, 0.240\ 8)^T$ 即为相对重要性权重。

$$BW = (2.142\ 8, 0.390\ 6, 0.585\ 7, 1.024\ 2)^T \tag{11}$$

计算判断矩阵的最大特征根

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \frac{(BW)_i}{w_i} = 4.157\ 4, \quad n=4, \quad R_1=0.90 \tag{12}$$

$$C_1 = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = 0.084\ 0 \tag{13}$$

$$C_R = \frac{C_1}{R_1} = 0.093\ 3 < 0.10 \tag{14}$$

通过一次性检验。

(3) 模糊综合评判模型^[6 7]:

①因素集

$$U = \{u_1, u_2, \cdots, u_n\} \tag{15}$$

②评判集

$$V = \{v_1, v_2, \cdots, v_n\} \tag{16}$$

③单因素评判

$$f: U \rightarrow F(V) \tag{17}$$

$u_i \mapsto f(u_i) = (r_{i1}, r_{i2}, \cdots, r_{im}) \in F(V)$ 由 f 可诱导模糊关系 $R \in F(U \times V)$, 它可用一个模糊矩阵 $R = (r_{ij})_{n \times m}$ 来表示, R 又可看成是 $U \rightarrow V$ 的一个模糊变换。 (U, V, R) 就构成了一个模糊综合评判模型。即给定 $A \in F(U)$, 实际问题中即为因素的权重。

$A = (a_1, a_2, \cdots, a_n)$ 满足 $\sum_{i=1}^n a_i = 1$, 由 $B = A \circ R$ 得 V 上模糊子集 $B = (b_1, b_2, \cdots, b_m) \in F(V) \xrightarrow{\text{输入 } A} R \xrightarrow{\text{输入 } B}$, R : “模糊变换器” 综合评判: $A \circ R = B$ 。

因此, 不难得到因素集为 $U = \{\text{成熟性, 配套性, 标准性, 后续研发}\}$, 根据其对技术风险影响程度的不同, 以及通过上述层次分析法 (AHP) 的计算, 分别赋予各因素相应的权向量 $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ 。因素的评价集为 $V = \{\text{低风险, 较低风险, 中等风险, 较高风险, 高风险}\}$, 并赋予评价集各元素的向量值 $V = \{0, 1, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0, 9\}$, 表示评价集各元素与技术风险数值大小的对应关系。

为了得到从 $U \rightarrow V$ 对模糊关系矩阵, 可邀请有关技术专家组成技术风险评估小组, 对各风险因素的高低进行评价。然后统计所有专家的评价结果, 并把每个因素各等级的评价结果折合成 $[0, 1]$ 区间的数值, 这样就得到了各因素的模糊向量: A_1, A_2, A_3, A_4 , 于是可得从 $U \rightarrow V$ 的模糊关系矩阵

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} & r_{25} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} & r_{35} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} & r_{45} \end{bmatrix} \tag{18}$$

然后, 进行模糊综合评判, 可得

$$\tilde{B} = \tilde{A} \circ \tilde{R} = \{a_1, a_2, a_3, a_4\} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{25} \\ r_{31} & r_{32} & \cdots & r_{35} \\ r_{41} & r_{42} & \cdots & r_{45} \end{bmatrix} = \{b_1, b_2, b_3, b_4\} \tag{19}$$

若 B 中各分量之和不等于 1, 则需归一化处理

$\underline{B}' = \{b'_1, b'_2, b'_3, b'_4, b'_5\}$, 于是可求得企业技术风险的大小

$$R_{it} = \underline{B}' \cdot \underline{V}^T, i = 1, 2, \dots, 5 \quad (20)$$

同理, 可得市场风险系数 R_{im} , 企业竞争风险系数 R_{ic} , $i = 1, 2, \dots, 5$, 则企业 i 总的风险

$$R_i = 1 - (1 - R_{it})(1 - R_{ic})(1 - R_{im})^{[7]} \quad (21)$$

3 实证分析

科技成果转化过程中, 现有 5 个企业合作, 根据本文前述模型, 其收益分配比例计算步骤如下:

(1) 确定各个企业面临的 R_{it} , 先求企业 1 的 R_{1t} , 由专家小组进行评判得到的模糊关系矩阵为

$$\underline{R} = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0.3 & 0.5 \\ 0.1 & 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \underline{A} = \begin{bmatrix} 0.524 & 4 \\ 0.095 & 8 \\ 0.139 & 0 \\ 0.240 & 8 \end{bmatrix}^T$$

(2) 进行模糊综合评判, 得

$$\underline{B} = \{0.37, 0.21, 0.22, 0.11, 0.10\};$$

$$\underline{R}_{1t} = \underline{B} \cdot \underline{V}^T = \{0.37, 0.21, 0.22, 0.11, 0.10\}$$

$\{0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9\}^T = 0.037 + 0.063 + 0.11 + 0.077 + 0.09 = 0.377 0$; 同理, 可得其余企业的技术风险分别为 $R_{2t} = 0.374 1$, $R_{3t} = 0.227 8$, $R_{4t} = 0.079 5$, $R_{5t} = 0.105 8$; 同理可计算出 $R_m = 0.302 1$ 和企业 $R_c = 0.195 7$, 由 (1) 式可得各企业总的 $R_1 = 0.650 3$, $R_2 = 0.648 7$, $R_3 = 0.566 5$, $R_4 = 0.483 3$, $R_5 = 0.498 1$, ……。

4 结论分析

在科技成果转化过程中, 合理公正的收益分配

机制是决定成果转化及企业合作成败的关键。基于“投资、风险分担, 收益共享”的原则提出了收益有效分配的数理模型及原则。综合考虑企业所承担的风险和投资的多少, 运用层次分析法 (AHP) 和模糊综合评判法, 给出了科技成果在企业转化过程中企业的收益分配比例的科学计算方法, 具有如下的创新结论, 通过数理与数量分析, 将科技成果在企业转化过程中, 企业的投资、风险与收益联系起来, 所以具有一定的激励作用, 即企业得到的收益与其所承担的风险和投资成正比, 这有助于提高企业的积极性, 因而较好的体现了企业合作“投资、风险共担、收益共享”的原则。

参考文献:

- [1] 周亚庆, 许为民. 我国科技成果转化的障碍与对策 [J]. 中国软科学, 2000, (10): 61—64.
- [2] 刘学, 庄乾志. 合作创新的风险分担与利益分配 [J]. 科研管理, 1998, 19 (5): 31—35.
- [3] 冯蔚东, 陈剑. 虚拟企业中伙伴收益分配比例的确定 [J]. 系统工程理论与实践, 2002, (4): 45—50.
- [4] 费忠华, 徐辉, 胡斌. 科技成果转让与利润分配率“ β ”的科学计算 [J]. 数学的实践与认识, 2001, 31 (6): 702—705.
- [5] 徐辉, 费忠华. 金刚石钻头优选的层次分析模型及其应用 [J]. 探矿工程, 1995, (5): 36—7.
- [6] 黄健方. 模糊集及其应用 [M]. 银川: 宁夏人民教育出版社, 1999, 11: 57—170.
- [7] 赵恒峰, 邱苑华, 王新哲. 风险因子的模糊综合评判法 [J]. 系统工程理论与实践, 1997, 17 (7): 93—96.

Mathematic Model of Enterprise Science Technology Making Innovations and Its Application

FEI Zhong—hua¹, XU Hui², LI Bo¹

(1. Department of Information Science, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016, China; 2. Department of Computer Science and Information Management, East China Technical Institute, Fuzhou 344000)

Abstract: The basic principle of the distributive rate of profits is analyzed in this article. Considering the risk of the investment, the authors propose an algorithm to calculate the distributive rate of profits by use of the hierarchy analytical method and fuzzy evaluation method. Moreover, examples are used to demonstrate the validity and precision of the mathematic model. The authors offer concrete and available references for the risk decision on the profits which scientific and technological achievements bring about.

Key words: scientific and technological achievements; distributive rate of profits; hierarchy analytical method; risk decision