第24卷 第12期
2007年 12 月

科 技 进 步 与 对 策
Science & Technology Progress and Policy

Vol.24 No.12
Dec. 2007

基于三角模糊数的企业集团技术创新能力FAHP评价方法

张立凡

(南京邮电大学 经管学院, 江苏 南京 210016)

摘　要: 由于企业集团技术创新能力的复杂性,专家往往难以用确定的数值对其进行综合评价。鉴于此,采用三角模糊数的FAHP评价方法,即根据企业集团技术创新能力指标体系,对企业集团进行两两比较,构造三角模糊数互补判断矩阵,并利用三角模糊数互补判断矩阵最小二乘排序模型,对企业集团技术创新能力进行综合评价。最后以石油企业集团为例, 验证了该方法的有效性.

关键词: 企业集团技术创新能力; 技术创新能力; 技术创新能力评价; 三角模糊数互补判断矩阵; 最小二乘法

中图分类号: F276.6　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1001- 7348(2007) 12- 0145- 03

0　前言

目前,国内外关于技术创新能力的研究已经取得了丰硕的成果[1-4], 但是对企业集团技术创新能力的研究多见于定性分析,缺乏适合企业集团特点、科学有效的评价方法。由于企业集团通常为大型的、多企业联合的组织实体,其研究开发和技术工艺涉及门类纷繁复杂, 专家对企业集团技术创新能力进行综合评价时, 很难用确定的数值进行量化。因此,采用三角模糊数的不确定性模糊层次分析法进行评价, 更符合企业集团的实际特点。不确定性模糊层次分析法(FAHP) 是一种将定性与定量分析相结合的方法[5-10], 其核心思想就是运用简单的两两比较方法对系统中各有关因素进行比较评判,构造不确定模糊判断矩阵,最后通过对这种比较评判结果进行综合计算处理。

本文为了更好地融合专家意见和更客观地评价企业集团的创新能力, 构造了采用三角模糊数的FAHP评价方法。首先根据企业集团的特点,建立技术创新能力指标体系,并针对各指标对企业集团进行两两比较,构造三角模糊数互补判断矩阵,并利用三角模糊数互补判断矩阵最小二乘排序模型,对企业集团技术创新能力进行综合评价。 最后以石油企业集团为例, 验证了该方法的有效性。

1　模型内容

1.1　三角模糊数互补判断矩阵的相关理论

首先给出正三角模糊数的一些基本运算[6-7]。

设$M_1=(l_1, m_1, u_1)$,$M_2=(l_2, m_2, u_2)$, 则 $(l_1, m_1, u_1)+(l_2, m_2, u_2)=(l_1+l_2, m_1+m_2, u_1+u_2)$; $(l_1, m_1, u_1)-(l_2, m_2, u_2)=(l_1-u_2, m_1-m_2, u_1-l_2)$; $(l_1, m_1, u_1)(l_2, m_2, u_2)=(l_1l_2, m_1m_2, u_1u_2)$; $(l_1, m_1, u_1)\div(l_2, m_2, u_2)=(l_1/u_2, m_1/m_2, u_1/l_2)$; 任意实数$a\in R$皆可以写成三角模糊数的形式: $\tilde{a}=(a,a,a)$。

(1) 若三角模糊数判断矩阵$A(a_{ij})_{n\times n}$,其中$a_{ij}=(a_{ijl}, a_{ijm}, a_{iju})$, $i, j\in N$满足条件$a_{ij}=0.5$, $a_{ijl}+a_{iju}=a_{ijm}+a_{jim}=a_{iju}+a_{jil}=1$, 则称矩阵A为三角模糊数互补判断矩阵[8-10]。

(2) 如果三角模糊数互补判断矩阵$A=(a_{ij})_{n\times n}$满足

$$a_{ijm}+a_{jkm}+a_{kim}=1.5 \tag{1}$$

$$a_{iju}+a_{ijl}+a_{jku}+a_{jkl}+a_{kiu}+a_{kil}=3 \tag{2}$$

则称矩阵A具有完全一致性。

(3) 若设$V=(v_1, v_2, \cdots, v_n)^T$为完全一致性三角模糊数互补判断矩阵$A=(a_{ijs})_{n\times n}$的排序向量, 则$a_{ij}=0.5+0.2\log_3^{v_i/v_j}$, 其中$v_i, i\in N$为正三角模糊数。

1.2　最小二乘决策排序模型

设评价问题的方案集为$X=(x_1, x_2, \cdots, x_n)$。在实际问题中,专家给出的判断矩阵很难达到完全一致,为了解决这个问题,我们采用最小二乘决策排序模型,即方案的排序向量$V=(v_1, v_2, \cdots, v_n)^T$, 应该使下式达到最小值:

$$\min\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}(a_{ij}-0.5-0.2\log_3^{v_i/v_j})^2 \tag{3}$$

这里不妨令$y_{ij}=a_{ij}-0.5$, $x_i=0.2\log_3^{v_i}$, 则(3) 可化为

$$\min\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij}-x_i+x_j)^2 \tag{4}$$

收稿日期: 2006- 10- 10
基金项目: 国家自然科学基金项目(70473037);江苏省自然科学基金重点项目(BK2003211)

作者简介: 张立凡(1968-) , 女, 辽宁人, 南京航空航天大学经济与管理学院博士研究生,高级讲师, 研究方向为企业战略与评价方法。

对式(4)求最优解,可得如下方程:

$$(n-1)x_i-\sum_{j=1,j\neq i}^{n}x_j=\sum_{j=1,j\neq i}^{n}y_{ij},\ i\in N \tag{5}$$

其中 $y_{ij}=(l_{ij},m_{ij},u_{ij})$,$x_i=(l_i,m_i,u_i)$,$i,j\in N$, 为三角模糊数。进一步,式(5)可化为

$$(n-1)l_i-\sum_{j=1,j\neq i}^{n}u_j=\sum_{j=1,j\neq i}^{n}l_{ij} \tag{6}$$

$$(n-1)m_i-\sum_{j=1,j\neq i}^{n}m_j=\sum_{j=1,j\neq i}^{n}m_{ij} \tag{7}$$

$$(n-1)u_i-\sum_{j=1,j\neq i}^{n}l_j=\sum_{j=1,j\neq i}^{n}u_{ij} \tag{8}$$

为了论述方便,这里令 $\sum_{j=1,j\neq i}^{n}m_{ij}=a_i$, $\sum_{j=1,j\neq i}^{n}l_{ij}=b_i$, $\sum_{j=1,j\neq i}^{n}u_{ij}=c_i$, $i\in N$,将式(7)与式(6)、(8)分别写为矩阵的形式:

$$Dm=a \tag{9}$$

$$Eh=d \tag{10}$$

其中

$$D=\begin{pmatrix} n-1 & -1 & \cdots & -1\\ -1 & n-1 & \cdots & -1\\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\\ -1 & -1 & \cdots & n-1\end{pmatrix},$$

$$E=\begin{pmatrix} n-1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & -1 & \cdots & -1\\ 0 & n-1 & \cdots & 0 & -1 & 0 & \cdots & -1\\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\\ 0 & 0 & \cdots & n-1 & -1 & -1 & \cdots & 0\\ 0 & -1 & \cdots & -1 & n-1 & 0 & \cdots & 0\\ -1 & 0 & \cdots & -1 & 0 & n-1 & \cdots & 0\\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\\ -1 & -1 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & n-1\end{pmatrix}$$

$m=(m_1,m_2,\cdots,m_n)^T$,$h=(l_1,l_2,l_n,u_1,u_2,\cdots,u_n)^T$, $a=(a_1,a_2,\cdots,a_n)^T$, $d=(b_1,b_2,\cdots,b_n,c_1,c_2,\cdots,c_n)^T$, $\sum_{i=1}^{n}a_i=0$, $\sum_{i=1}^{n}(b_i+c_i)=0$。

因为矩阵D的秩 $R(D)=n-1$。又因为 $\sum_{i=1}^{n}a_i=0$, 并且D所有的行向量之和为0, 所以 $R(D,a)=R(D)=n-1$,由线性代数的知识可知方程 $Dm=a$ 必有解,其解的一般形式为[8]

$$m=D^{+}a+P_1 \tag{11}$$

其中 D^+ 是D的伪逆,p_1 亦为任意实数,$P_1=(p_1,p_2,\cdots,p_1)$。当 $P_1=0$ 时,可得方程 $Dm=a$ 的一个特解 $m=D^+a$。

显然 $R(E,d)=R(E)=2n-1$。此时,方程 $Eh=d$ 必有解,其解的一般形式为

$$h=E^{+}d+P_2 \tag{12}$$

其中 E^+ 是E的伪逆,$P_2=(p_2,p_2,\cdots,p_2)^T$ 为任意的实向量。当 $P_2=0$ 时,可得方程 $Eh=d$ 的一个特解 $m=E^+d$。

因为 $x_i=0.2\log_3^{v_i}$,所以 $v_i=243^{x_i}$, $i\in N$, 从而(7)式的解的一般形式为 $v_i(243^{l_i},243^{m_i},243^{u_i})$

2 评价步骤

步骤1 建立层次结构模型;

步骤2 专家经过调查与评分,针对每个指标,分别对评价对象进行两两比较,构造三角模糊数判断矩阵。这里不妨假设评价对象集合为 $\{X_1,X_2,\cdots,X_m\}$,一级指标集为 $\{P_1,P_2,\cdots,P_n\}$。

步骤3 根据式(11)、(12),分别求出每个判断矩阵的排序向量,即得到指标 P_i, $i=1,2,\cdots,n$ 下评价对象 X_j 的权重 t_{ij}, $j=1,2,\cdots,m$;

步骤4 求出被评价对象的综合权重。假设各指标权重分别为 $\omega_1,\omega_2,\cdots,\omega_n$,从而评价对象 X_j 的整体评价值为 $S_j=\sum_{i=1}^{n}\omega_i t_{ij}$, $j=1,2,\cdots,m$。

3 实例分析

以石油企业集团为例,首先结合石油企业特点,参照文献[3-4],给出石油企业技术创新能力评价指标体系,如下:

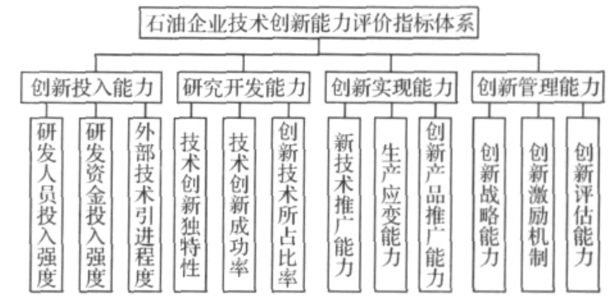

图 1 石油企业技术创新能力评价指标体系

设评价对象集合为 $\{X_1,X_2,\cdots,X_6\}$,其中 X_1 为BP公司,X_2 为EXXON公司,X_3 为SHELL公司,X_4 为中国石油公司,X_5 为中国石化公司,X_6 为中海石油公司。我们依据指标体系构建石油企业技术创新能力结构层次模型。

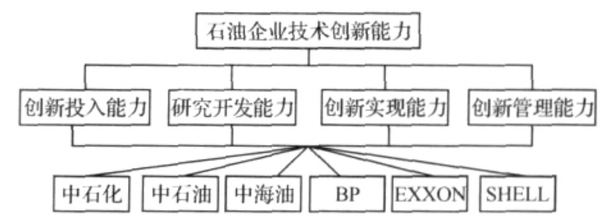

图 2 石油企业技术创新能力层次结构模型

依据指标体系,请专家分别根据创新投入能力指标 P_1、研究开发能力指标 P_2、创新实现能力指标 P_3、创新管理能力指标 P_4,对这6家石油公司进行比较,综合专家意见得到4个三角模糊数判断矩阵,根据式(11)、(12),可得6家企业在各指标下的排序。

创新投入能力 P_1 指标下6家企业权重:

$t_{11}=(1.0000,1.3161,1.7321)$;$t_{12}=(2.4985,3.2882,4.3275)$;
$t_{13}=(1.4425,1.8985,2.4985)$;$t_{14}=(0.6932,0.9123,1.2007)$;
$t_{15}=(0.4387,0.5774,0.7598)$;$t_{16}=(0.1756,0.1756,0.3041)$.

研究开发能力 P_2 指标下6家企业权重:

$t_{21}=(1.7321,2.2795,3.0000)$;$t_{22}=(1.8985,2.4985,3.2882)$;
$t_{23}=(1.0961,1.4425,1.8985)$;$t_{24}=(0.5774,0.7598,1.0000)$;
$t_{25}=(0.4808,0.6328,0.8328)$;$t_{26}=(0.1925,0.2533,0.3333)$.

创新实现能力 P_3 指标下6家企业权重:

t_{31}=(1.4127,1.7321,1.7842);t_{32}=(1.9026,2.4985,3.4341);
t_{33}=(1.0022,1.3161,1.8089);t_{34}=(0.7615,1.0000,1.3744);
t_{35}=(0.3662,0.4808,0.6609);t_{36}=(0.2782,0.3654,0.5022).

创新管理能力P_4指标下6家企业权重:

t_{41}=(1.0961,1.4425,1.8985);t_{42}=(2.0797,2.7370,3.6022);
t_{43}=(1.5802,2.0797,2.7370);t_{44}=(0.6328,0.8328,1.0961);
t_{45}=(0.4002, 0.5267, 0.6932);t_{46}=(0.2109,0.2776,0.3654).

假设指标体系中,这4个一级指标的权重是相同的,则各公司的排序向量为

s_1=(1.3102,1.6926,2.1037);s_2=(2.0948,2.7555,3.6630);
s_3=(1.2803,1.6842,2.2357);s_4=(0.6662,0.8762,1.1678);
s_5=(0.4215,0.5544,0.7367);s_6=(0.2143,0.2680,0.3762).

根据三角模糊数的大小比较方法[6-7],$s_2>s_1>s_3>s_4>s_5>s_6$,可得6家企业的最终排序为$X_2>X_1>X_3>X_4>X_5>X_6$,即6家石油公司技术创新综合能力的强弱顺序是:EXXON、BP、SHELL、中国石油、中国石化、中海石油。

由评价结果我们看出:无论在创新投入强度、研究开发能力、创新实现能力,还是创新管理能力方面,我国的石油公司均与外国石油公司有较大的差距。在我国的石油公司中,中国石油各方面能力表现较强,中海石油最弱。EXXON在各方面能力均处于强势,SHELL,BP各有千秋。在科技投入强度和创新管理能力方面,SHELL优于BP。在研究开发能力和创新实现能力方面,BP优于SHELL。这个结果与客观实际情况相吻合。

4 结语

评价企业集团技术创新能力是识别和提高其核心竞争力的关键环节,但由于企业集团的生产环节众多、涉及领域和学科纷繁复杂,往往给评价工作带来一定难度。利用三角模糊数互补判断矩阵的最小二乘排序模型,把FAHP方法应用到企业集团技术创新能力的评价中,可以提高评价的客观性和科学性。该模型在专家评分时,针对技术创新能力各指标对企业集团进行两两比较,构造三角模糊数互补判断矩阵,更利于评价专家给出客观的评分;在综合评价时,利用三角模糊数互补判断矩阵最小二乘排序模型,充分融合了专家思维的模糊性,使评价的结果更符合客观实际。对6家石油公司的实际评价分析表明,用该方法评价企业集团技术创新能力是合理、有效的。

参考文献:

[1] 张华胜.中国制造业技术创新能力分析[J].中国软科学,2006,(4):15-23.

[2] 曹庆奎,任向阳,刘琛等.基于粗集-未确知测度模型的企业技术创新能力评价研究[J].系统工程理论与实践,2006,26(4):67-72.

[3] 马胜杰.企业技术创新能力及其评价指标体系[J].数量经济技术经济研究,2002,(12):5-8.

[4] 李群,凌亢.企业技术创新能力指标体系的模糊理论综合评价[J].数学的实践与认识,2004,(5):41-45.

[5] 王莲芬,许树柏. 层次分析法引论[M].北京:中国人民大学出版社,1990.

[6] Van Laarhoven P.J.M, Pedrycs W. A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1983, 11(4):229-241.

[7] Gogus O, Boucher T O. Strong Transitivity, Rationality and Weak Monotonicity in Fuzzy Pairwise Comparisons [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1998,94(1):133-144.

[8] 姜艳萍,樊治平.一种三角模糊数互补判断矩阵的排序方法[J].系统工程与电子技术,2002,24(7):34-36.

[9] 姜艳萍,樊治平. 三角模糊数互补判断矩阵排序的一种实用方法[J]. 系统工程, 2002, 20(2):89-92.

[10] Ma J,Fan Z P, Jiang Y P. A Method for Repairing the Inconsistency of Fuzzy Preference Relations [J].Fuzzy Sets and Systems,2006,157(1):20-33.

(责任编辑:胡俊健)

Evaluation of Technological Innovation Capability of Enterprises Group Based on Triangular Fuzzy Number FAHP Method

Abstract: The experts always judge the technological innovation capability of enterprises group with fuzzy number because of the characteristic of enterprises group. According to the feature of it, the author constructs the technological innovation capability index of enterprises group and selects the triangular fuzzy number to construct the complementary judgment matrix. By use of a least-square approach, the author valuates the ability of technical innovation of enterprises group based on triangular fuzzy number complementary judgment matrices. At last, the author gives an example to test the model.

Key Words: enterprises group; technological innovation capability; triangular fuzzy number complementary judgment matrix; least-square approach