第 35 卷　第 6 期　　电 子 科 技 大 学 学 报　　Vol.35　No.6
2006 年 12 月　　Journal of University of Electronic Science and Technology of China　　Dec. 2006

・管理工程・

关于敏捷性评价指标权重的研究

庄万玉，凌　丹，赵　瑾，闫贵佳

(电子科技大学机械电子工程学院　成都　610054)

【摘要】以动态联盟敏捷性评价指标的权重为研究对象，建立了综合赋权模型，将层次分析法、熵值法和均方差法综合，得到一个主客观综合赋权方法。使评价结果既可反映决策者的意志，又可避免评价结果的主观随意性，弥补了主观赋权法和客观赋权法的不足。该方法可以运用到敏捷性评价指标权值的确定中。

关　键　词　敏捷性;　指标;　综合;　权重

中图分类号　F273　　　　文献标识码　A

Research on Weights of Agility Appraisement Indexes

ZHUANG Wan-yu，LING Dan，ZHAO Jin，YAN Gui-jia

(School of Mechatronics Engineering, Univ. of Electron. Sci & Tech. of China　Chengdu　610054)

Abstract　This paper establishes integrative weighting model based on the analysis of agility index of dynamic alliance. This model integrates the analytic Hierarchy Process method, entropy method and mean-variance method and proposes a subjective and objective weighting method, which not only can reflect the purpose of decision-makers but also avoid the objectiveness of evaluation result. Thus this model eliminates the disadvantages of objective weighting and subjective weighting methods. The proposed method can be applied to the determination of agility index weight.

Key words　agility;　index;　integrated;　weight

评价系统的优劣是由评价指标评定的，而各评价指标对于系统评定的重要程度是不同的。在进行系统评价时，需要考虑各评价指标的相对权重，即在进行评价之前，要事先确定各评价指标的加权系数。

目前，确定权重的方法可大致分为两类：主观赋权法与客观赋权法。主观赋权法根据决策者对各指标的主观重视程度赋权，由各领域的专家参与给出，如Delphi法、二项系数法、层次分析法(Analytic Hierarchy Process method，AHP)等；客观赋权法则依据客观信息进行赋权，如主成分分析法、熵值法、多目标规划法、均方差法等。主观赋权法能够反映决策者的意志，但决策结果具有很大的主观随意性；客观赋权法具有较强的数学理论依据，可以避免评价结果的主观随意性，但却不能体现决策者的意愿。因此，主、客观赋权法都具有各自的特点，但都存在一定的局限性。

近年来不少学者都在探寻权重赋值的方法，如文献[1]建立的πPV法，综合了成对比较法(Paired Comparison Method)和最大方差法(Maximum Variance Method)两种客观赋权法用于解决员工绩效评价系统；文献[2]将AHP法和Delphi法两主观赋权法结合应用于统计构权中专家意见分歧度指标的权重确定；文献[3]将AHP法、主成分分析法、灰关联法综合考虑，应用于指标权重的确定等[1-3]。

本文以动态联盟敏捷性评价指标的权重为研究对象，将AHP法、熵值法和均方差法综合，得到一个主客观综合赋权方法。

1　敏捷性评价指标权重综合方法的探讨

将主观赋权法中的AHP法和客观赋权法中的熵值法、均方差法结合到一起，得到一个主客观综合赋权

收稿日期：2006 - 05 - 17

作者简介：庄万玉(1953－)，女，大学，副教授，主要从事先进制造技术和精密测量数据处理方面的研究.

法，其综合模型的表达式为：

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1 | & A & E+S & \\ I_2 | & A & E+S & \\ \vdots & \vdots & \vdots & ; \quad R \\ I_n & A & E+S & \end{bmatrix} \tag{1}$$

式中 $[I_1\ I_2 \cdots I_n]$为系统的n项评价指标；A表示AHP法；E(Entropy)表示熵值法；S(Square)表示均方差法；R为主客观赋权方法之间的联系，即主客观赋权的综合表示；$[w_1,w_2,\cdots,w_n]$为以上3种赋权法综合确定的评价系统中各指标的权值。通过式(1)将权重、指标、主观赋权法、客观赋权法形式化地结合为一体。下面讨论如何将主、客观赋权法有机地整合到一起，达到综合赋权的目的。

(1) 设$\boldsymbol{W}_S$为AHP法得到的主观权重向量；

(2) 设熵值法确定的指标权值向量为$\boldsymbol{W}_{O1}$；均方差法确定的指标的权值向量为$\boldsymbol{W}_{O2}$。用几何平均值的方法将由客观赋权法确定的权重进行处理，得到客观赋权法确定的权值向量为：

$$\boldsymbol{W}'_O = \sqrt[p]{\prod_{i=1}^{p} W_{Oi}} \qquad i = 1,2,\cdots,p \tag{2}$$

再对$\boldsymbol{W}'_O$进行归一化：

$$w_{Oi} = \frac{w'_{Oi}}{\sum_{i=1}^{p} w'_{Oi}} \qquad i = 1,2,\cdots,p \tag{3}$$

将归一化后的权值向量记为$\boldsymbol{W}_O$，$\boldsymbol{W}_O$为客观方法得到的客观综合权重向量。

(3) 根据加法集成法[4]，由主客观赋权法得到的综合权重向量表示为：

$$\boldsymbol{W} = \alpha \boldsymbol{W}_S + \beta \boldsymbol{W}_O \tag{4}$$

式中 α、β为主客观赋权法联系的待定系数。关于α，β的确定，有的学者采用主观设定的方法决定α、β的取值[5]，使得α、β有一定的主观随意性。本文采用差异系数法[3]，计算如下：$\alpha = \dfrac{n}{n-1} T_S$，$\beta = 1-\alpha$，其中，$T_S$为$\boldsymbol{W}_S$各分量的差异系数，$T_S = \dfrac{1}{n}(1P_1 + 2P_2 + \cdots + nP_n) - \dfrac{n+1}{n}$；$P_1,P_2,\cdots,P_n$是主观权重向量中各分量从小到大的重新排列。$\alpha$与$\beta$的关系为：$\alpha+\beta=1$，$\alpha>0$，$\beta>0$；$n$为指标的个数。

2 权重综合模型的应用分析

以文献[6]中的动态联盟敏捷性评价体系为分析对象，具体选择该评价体系中的成本指标进行分析，图1所示为其成本评价指标体系[6]。

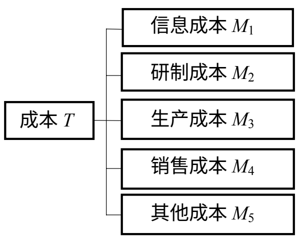

图1 成本评价指标体系

表1 AHP法成本判断矩阵

T	$\boldsymbol{M}_1$	$\boldsymbol{M}_2$	$\boldsymbol{M}_3$	$\boldsymbol{M}_4$	$\boldsymbol{M}_5$
$\boldsymbol{M}_1$	1	4	7	4	3
$\boldsymbol{M}_2$	1/4	1	2	1	3/4
$\boldsymbol{M}_3$	1/7	1/2	1	1/2	1/3
$\boldsymbol{M}_4$	1/4	1	2	1	2/3
$\boldsymbol{M}_5$	1/3	4/3	3	3/2	1

2.1 以AHP法计算权值

AHP法是一种可用于处理复杂决策问题的分析方法，适用于先进制造系统项目方案的综合评价与比选，尤其适用于各评价指标权重因子的确定。设图1中各成本指标根据专家主观意见，两两比较得到如表1所示判断矩阵，由此计算出最大特征值$\lambda_{\max}$=5.036；由一致性指标计算公式$CI = (\lambda_{\max} - n)/(n-1)$；$n$为判断矩阵的阶数；计算得：$CI = (5.036-5)/(5-1) = 0.009$；由一致性比率计算公式$CR = CI/RI$；($RI$为随机一致性指标)，查表可得$RI$=1.12，计算得：$CR = 0.009/1.12 = 0.008 << 0.1$，可见，由此计算的一致性好；用乘积方根

法可求得：$\boldsymbol{W}_S$ ={0.501，0.129，0.065，0.126，0.180}，$\boldsymbol{W}_S$ 即为由AHP法确定的权值向量。

2.2　以熵值法计算权值

在信息论中，熵是对不确定性的度量。信息量越大，不确定性就越小，熵也就越小。根据熵的特性，可以用熵值来判断某个指标的离散程度，指标的离散程度越大，对综合评价的影响就越大。设已知三个企业各成本评价指标的客观值，建立如表2所示矩阵。

由熵值法中特征比重的计算公式：$P(x_{ij}) = x_{ij} / \sum_{i=1}^{n} x_{ij} (n!/r!(n-r)!)$，其中，$P(x_{ij})$为第$j$项指标下的第$i$个系统的特征比重；$x_{ij}$为第$i$个系统中的第$j$项指标的观测数据。计算得：$P(x_{11}) = x_{11} / \sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 12/(12+8+10) = 0.400$。以此类推，计算得：

$$\boldsymbol{P}(x_{ij}) = \begin{bmatrix} 0.400 & 0.354 & 0.370 & 0.400 & 0.321 \\ 0.267 & 0.310 & 0.297 & 0.333 & 0.393 \\ 0.333 & 0.336 & 0.333 & 0.267 & 0.286 \end{bmatrix}$$

。由指标j的熵值e_j的计算公式$e_j = -k\sum_{i=1}^{n} P(x_{ij}) \ln P(x_{ij})$，式中$k$>0；$e_j$≥0；当$n$=3，取$k = 1/\ln 3 = 0.91$，依次计算出$e_1,e_2,e_3,e_4,e_5$得到：$\boldsymbol{E}$={0.987 6，0.998 5，0.996 2，0.987 6，0.991 7}；由指标j的差异性因素g_j的计算公式：g_j=1−e_j，计算得：$\boldsymbol{G}$={0.012 4，0.001 5，0.003 8，0.012 4，0.008 3}；由归一化计算公式$w_j = g_j / \sum_{j=1}^{n} g_j$；依次计算出$w_1,w_2,w_3,w_4,w_5$，得到：$\boldsymbol{W}_{O1}$={0.323，0.039，0.099，0.323，0.216}，$\boldsymbol{W}_{O1}$即为由熵值法确定的权值向量。

表2　熵值法成本矩阵

T	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
E_1	12	40	50	18	9
E_2	8	35	40	15	11
E_3	10	38	45	12	8

2.3　以均方差法计算权值

反映随机变量离散程度常用的指标是随机变量的均方差，所以均方差法常用来给指标的权重赋值。根据上述三企业成本评价指标的客观值，由数学期望计算公式：$\bar{x}_j = 1/n\sum_{i=1}^{n} x_{ij} n$，依次计算出$\bar{x}_1,\bar{x}_2,\bar{x}_3,\bar{x}_4,\bar{x}_5$得到：$\overline{\boldsymbol{X}}$ = {10, 37.667, 45, 15, 9.333}；由均方差计算公式：$v_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} - 1\sum_{i=1}^{n}(x_{ij} - \bar{x}_j)^2}$，依次计算出$v_1,v_2,v_3,v_4,v_5$，得到：$\boldsymbol{V}$= {2, 2.517, 5, 3, 1.528}；由归一化计算公式：$w_j = v_j / \sum_{j=1}^{m} v_j$，依次计算出$w_1,w_2,w_3,w_4,w_5$，得到：$\boldsymbol{W}_{O2}$={0.142，0.179，0.356，0.214，0.109}，$\boldsymbol{W}_{O2}$即为由均方差法确定的权值向量。

2.4　综合权值计算

根据式(2)，将熵值法得到的$\boldsymbol{W}_{O1}$与均方差法得到的$\boldsymbol{W}_{O2}$结合，得到客观赋权法确定的权值向量$\boldsymbol{W}_O'$的分量$w_{O1}' = \sqrt{0.323 \times 0.142} = 0.214$，依次计算出$w_{O1}', w_{O2}', w_{O3}', w_{O4}', w_{O5}'$，得到：$\boldsymbol{W}_O'$={0.214, 0.084, 0.188, 0.263, 0.153}。由式(3)将其归一化得到：$w_{O1} = w_{O1}' / \sum_{i=1}^{p} w_{Oi}' = (0.214)/(0.214+0.084+0.188+0.263+0.153) = 0.237$，以此类推，可计算得到客观综合权重向量：$\boldsymbol{W}_O$={0.237, 0.093, 0.208, 0.292, 0.170}。将$\boldsymbol{W}_S$各分量从小到大重新排列：{0.065, 0.126, 0.129, 0.180, 0.501}，计算$\boldsymbol{W}_S$各分量的差异系数：$T_S = \frac{2}{n}(1P_1 + 2P_2 + \cdots + nP_n) - \frac{n+1}{n} = \frac{2}{5}(1\times0.065 + 2\times0.126 + 3\times0.129 + 4\times0.180 + 5\times0.501) - \frac{5+1}{5} = 0.37$。计算系数：$\alpha = \frac{5}{5-1} - 0.372 = 0.465$，$\beta = 1 - 0.465 = 0.535$。根据式(4)将主客观赋权法结合起来，求得$w_1 = 0.465\times0.501 + 0.535\times0.237 = 0.360$，依次计算出$w_1,w_2,w_3,w_4,w_5$，得到：$\boldsymbol{W}$={0.360，0.110，0.142，0.215，0.175}，$\boldsymbol{W}$即为在敏捷性评价体系中，由主客观赋权法确定的成本各指标的权值，该权值综合反映了主客观评价程度。

表3所示为各赋权法所得的权值。从表中数据可看出，不同的赋权法计算出来的权值向量数据有一定的差异，这是由于主客观不同因素作用的结果。由于权重综合方法考虑了主客观因素，其权值

表3　权值计算结果

	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5
AHP法	0.501	0.129	0.065	0.126	0.180
熵值法	0.323	0.039	0.099	0.323	0.216
均方差法	0.142	0.179	0.356	0.214	0.109
综合赋权法	0.360	0.110	0.142	0.215	0.175

结果更具有可靠性。

3 结 论

本文以动态联盟敏捷性评价指标的权重为研究对象，建立了综合赋权模型，规范了主观赋权AHP法和客观赋权熵值法、均方差法的综合分析过程，由此得到一个主客观综合赋权法。该方法将主、客观因素有机地结合到一起，弥补了单一方法的不足与片面性，该方法可有效地运用到敏捷性评价指标权值的确定中。

参 考 文 献

[1] 王凌峰. 员工绩效评价新方法的原理与实例[J]. 中国人力资源开发, 2002, 4: 33-35.
[2] 苏为华. Delphi-AHP统计构权时专家意见分歧度指标的设计[J]. 统计研究, 2004, 1: 31-34.
[3] 刘　宏. 综合评价中指标权重确定方法的研究[J]. 河北工业大学学报, 1996, 4(25): 75-80.
[4] 郭亚军. 综合评价理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
[5] 张海涛, 刘超英. 田　水. 权重确定的主客观综合法[J]. 江汉大学学报, 2004, 4(32): 63-65.
[6] Zhuang Wanyu, Ling Dan, Zhao Jin . The research of domestic enterprise agility index and appraisement model[C]//Proceedings of the 2004 ICIMA, Chengdu, 2004.

编 辑 孙晓丹

·更正·

(1) 本刊2006年第4期《新型同轴慢波结构特性的研究》一文中的英文关键词原文为：

Key words corrugated inner conductor; coaxial slow-wave structure; dispersion equation; m近年来，因排版有误，现更正如下：

Key words corrugated inner conductor; coaxial slow-wave structure; dispersion equation; mode suppresing

(2) 本刊2006年第4期《含一般时延的高阶泛函微分方程的周期解》一文中的公式(4)、(5)原文为：

$$\boldsymbol{x}^{(m)}(t)=\sum_{i=0}^{m-1}(\boldsymbol{A}_i\boldsymbol{x}^{(i)}(t-r_i)+\boldsymbol{B}_i\boldsymbol{x}^{(i)}(t))+\sum_{k=1}^{q}t\int_{-c_k}^{0}\boldsymbol{C}_k\boldsymbol{x}(t+\theta)\mathrm{d}\theta \tag{4}$$

$$\det(\lambda^m\boldsymbol{I}-\sum_{i=0}^{m-1}(\lambda^i\mathrm{e}^{-\eta\lambda}\boldsymbol{A}_i+\lambda^i\boldsymbol{B}_i)+\sum_{k=1}^{q}(1-\mathrm{e}^{-c_k\lambda})\boldsymbol{C}_k=0 \tag{5}$$

因排版有误，现更正如下：

$$\boldsymbol{x}^{(m)}(t)=\sum_{i=0}^{m-1}(\boldsymbol{A}_i\boldsymbol{x}^{(i)}(t-r_i)+\boldsymbol{B}_i\boldsymbol{x}^{(i)}(t))+\sum_{k=1}^{q}\int_{-c_k}^{0}\boldsymbol{C}_k\boldsymbol{x}(t+\theta)\mathrm{d}\theta \tag{4}$$

$$\det\left[\lambda^m\boldsymbol{I}-\sum_{i=0}^{m-1}(\lambda^i\mathrm{e}^{-\eta\lambda}\boldsymbol{A}_i+\lambda^i\boldsymbol{B}_i)+\sum_{k=1}^{q}((1-\mathrm{e}^{-c_k\lambda})/\lambda)\boldsymbol{C}_k\right]=0 \tag{5}$$

(3) 本刊2006年第5期《一种卫星波分复用/光码分多址组网方案研究》的原文题目为：

《一种卫星波分复用/黑码分多址组网方案研究》

因排版有误，现更正如下：

《一种卫星波分复用/光码分多址组网方案研究》

本刊编辑部