● 科学理性与科学方法论●

全局经济效益的综合评价方法与应用*

王应明

(厦门大学管理学院, 福建　厦门　361005)

摘　要　对全局经济效益的综合评价方法进行了研究, 提出了一种序时多属性决策方法。该方法能够自动确定评价指标和评价年份各自的加权系数, 评价结果不具主观随意性。

关键词　序时多属性决策　经济效益评价

中图分类号　F22

1　引言

经济研究中经常会碰到经济效益的综合评价问题, 经济效益的综合评价本质上是一个多属性决策问题, 也称多指标决策、多准则决策、有限方案多目标决策等。实际应用中, 常常还会遇到要求对同类企业(行业或部门)在某一个时期综合经济效益作出科学性的评价比较和排序分析; 本文称这类经济效益为全局经济效益, 亦即是综合考虑整个时间段的经济效益。全局经济效益的综合评价本质上是在多属性"决策空间和目标空间"的基础上增加了一个"时间空间", 这类决策问题统称为序时多属性决策。很显然, 序时多属性决策不同于传统的多属性决策, 因为问题的本身要求考虑时间因素对决策结果的影响, 加强对这类决策问题的研究既有理论价值, 又有广泛的应用前景。本文在文献[1-2]的基础上提出了一种序时多属性决策方法用于全局经济效益的综合评价, 取得了比较满意的评价结果, 而且这种决策方法能够自动确定评价指标和评价年份各自的加权系数, 避免了人为的主观赋权所造成的不唯一性和混乱。

2　方法原理

设序时多属性决策问题的时间样本点集(序时集)为 $T=\{T_1, T_2, \cdots, T_L\}$, 方案集为 $A=\{A_1, A_2, \cdots, A_n\}$, 属性集(指标集)为 $G=\{G_1, G_2, \cdots, G_m\}$, 在时间样本点 T_K 年份方案 A_i 对指标 G_j 的属性值记为 $y_{ij}^{(k)}$($i=1,2,\cdots,n$; $j=1,2,\cdots,m$; $k=1,2,\cdots,L$), 矩阵 $Y^{(K)}=(y_{ij}^{(k)})_{n\times m}$ 表示时间样本点 T_K 年份方案集 A 指标集 G 的"属性矩阵", 俗称"决策矩阵", $k=1,2,\cdots,L$。通常, 经济效益评价指标有"效益型"指标和"成本型"指标之区别, 所谓效益型指标是指属性值愈大愈好的指标, 如资金产值率、资金利税率、全员劳动生产率等。所谓成本型指标是指属性值愈小愈好的指标, 如流动资金占用额、流动资金周转天数。一般而言, 不同的评价指标往往具有不同的量纲和量纲单位, 为了消除量纲和量纲单位不同所带来的不可公度性, 决策之前首先应将评价指标无量纲化处理。

对于效益型指标, 令

$$Z_{ij}^{k}=\frac{y_{ij}^{k}-y_{y}^{\min}}{y_{j}^{\max}-y_{j}^{\min}}$$

$$i=1,2,\cdots,n;\ k=1,2,-,L;\ j\in\Omega_2 \tag{1}$$

式中: $y_y^{\max}$、$y_j^{\min}$ 分别为 G_j 指标在整个序时集 T 年内的最大值和最小值, Ω_1 为效益型指标集。对于成本型指标, 令

$$Z_{ij}^{k}=\frac{y_{y}^{\max}-y_{ij}^{(k)}}{y_{j}^{\max}-y_{j}^{\min}}$$

$$i=1,2,\cdots,n;\ k=1,2,-,L;\ j\in\Omega_2 \tag{2}$$

式中: $y_y^{\max}$、$y_j^{\min}$ 意义同(1)式, Ω_2 为成本型指标集。

记无量纲化处理后的决策矩阵为 $Z^{(K)}=(Z_{ij}^{(k)})_{n\times m}$ ($k=1,2,\cdots,L$), 评价指标间的加权向量为 $W=(W_1, W_2, \cdots, W_m)^T>0$, 并满足单位化约束条件

$$W^TW=1 \tag{3}$$

由简单加性加权法(SAW)可求得在时间样本点 T_k 年份第 i 个决策方案 A_i 的经济效益评价值为

$$D_i^{(k)}(W)=\sum_{j=1}^{m}Z_{ij}^{(k)}W_j$$

$$i=1,2,\cdots,n;\ k=21,2,\cdots,L \tag{4}$$

写成向量形式, 有

$$D^{(k)}(W)=Z^{(K)}W \qquad k=1,2,\cdots,L \tag{5}$$

其中 $D^{(k)}(W)=D_1^{(K)}(W), D_2^{(k)}(W), \cdots, D_n^{(K)}(W)$, T 为年度经济效益评价值向量。为了将序时多属性决策问题转化为传统的多属性决策, 对时间样本点集 $T=\{T_1, T_2, \cdots, T_L\}$ 引进加权向量 $\alpha=(\alpha^{(1)}, \alpha^{(2)}, \cdots, \alpha^{(L)})^T>0$, 并满足单位化约束条件

$$\alpha^T\alpha=1 \tag{6}$$

于是, 决策方案 A_i 在整个序时集 T 年内的全局经济效益评价价值可用加权方法表示为

$$D_i(W,\alpha)=\sum_{k=1}^{L}\alpha^{(k)}D_i^{(k)}(W) \tag{7}$$

很显然, $D_i(W,\alpha)$ 总是愈大愈好。根据 DEA(Data Envelopment Analysis)思想, 假定每个方案均以对自己最有利的时间加权向量 α, 于是可构造如下单目标子规划模型[1]:

$$\max D_i(W,\alpha)=\sum_{k=1}^{L}\alpha^{(k)}D_i^{(k)}(W) \qquad i=1,2,\cdots n \tag{8}$$

* 国家自然科学青年基金资助项目(项目编号: 79600020)

$$s.t. \quad \alpha^T\alpha = 1 \tag{9}$$

解此最优化模型,得到

$$\alpha^{(k)} = D_i^{(k)}(W) / \sqrt{\sum_{k=1}^{L}[D_i^{(k)}(W)]^2} \tag{10}$$

$$D_i(W) / \sqrt{\sum_{k=1}^{L}[D_i^{(k)}(W)]^2} \tag{11}$$

$$k = 1, 2, \cdots, L$$

由于(11)式已不含有时间加权向量 α 在内,故省去了人为确定时间加权向量 α 的麻烦和困难。下面将进一步研究评价指标间加权向量 W 的确定方法。选择加权向量 W 的原则应该是尽可能使所有决策方案的加权价值 $D_i^{(k)}(W)$ 愈大愈好,同时又要便于比较和分析。为此,构造如下的单目标最优化模型[2]:

$$\max F(W) = \sum_{i=1}^{n} D_i^2(W) \tag{12}$$

$$s.t. \quad W^T W = 1 \tag{13}$$

将(11)式代入(12)式,有

$$\begin{aligned} F(W) &= \sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{L}[D_i^{(k)}(W)]^2 = \sum_{k=1}^{L}\sum_{i=1}^{n}[D_i^{(k)}(W)]^2 \\ &= \sum_{k=1}^{L}[D^{(k)}(W)]^T \circ D^{(k)}(W) \\ &= \sum_{k=1}^{L} W^T (Z^{(K)})^T Z^{(K)} W \\ &= W^T[\sum_{k=1}^{L}(Z^{(K)})^T Z^{(K)}] W = W^T G W \end{aligned} \tag{14}$$

式中 $G = \sum_{k=1}^{L}(Z^{(k)})^T Z^{(K)}$ 为非负实对称矩阵。于是,上述最优化问题可等价地变换为

$$\max F(W) = W^T G W \tag{15}$$

$$s.t. \quad W^T W = 1 \tag{16}$$

该约束最优化问题可进一步变换成如下无约束最优化问题

$$\max F(w) = \frac{W^T G W}{W^T W} \tag{17}$$

根据矩阵理论中的瑞利商,有

$$\lambda_{\min}(G) \leqslant F(W) \leqslant \lambda_{\max}(G) \tag{18}$$

其中 $\lambda_{\min}(G)$ 和 $\lambda_{\max}(G)$ 分别为实对称矩阵 G 的最小和最大特征根。显然

$$\max F(W) = \lambda_{\max}(G) \tag{19}$$

此时,W 为与 $\lambda_{\max}(G)$ 相对应的单位化特征向量。由于 G 是对称的非负不可约矩阵。根据 Perron-Frobenius 定理知,$\lambda_{\max}(G)$ 为单根,且与之相应的特征向量 W 全部由正分量组成,因此,该方法不会出现不合理的负值加权系数。为了求解非负实对称矩阵 G 的最大特征根和特征向量,可采用幂法进行迭代计算,具体算法如下:

(1)给定初始加权向量 $W(0) = (W_1(0), W_2(0), \cdots, W_m(0))^T > 0$ 和迭代精度 $\varepsilon = 10^{-6}$,同时置 $h = 0$。一般情况下,可取 $W(0) = \frac{1}{\sqrt{m}}e$,其中:$e = (1, 1, \cdots, 1)^T$;

(2)计算 $W(h) = GW(h)$,同时令

$$W(h+1) = W(h) / \sqrt{W^T(h)W(h)}$$

(3)若 $\| W(h+1) - W(h) \|_\infty \leqslant \varepsilon$,则有

$$W^* = W(h); \lambda_{\max}(G) = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\frac{W_j(h)}{W_j(h)}$$

反之,则令 $h = h+1$,转(2)

综上所述,全局经济效益的综合评价方法和步骤可以归纳为:

(1)根据评价指标类型构造规范化决策矩阵 $Z^{(K)} = (Z_{ij}^{(k)})_{n\times m}$,同时计算 $G = \sum_{k=1}^{L}(Z^{(K)})^T Z^{(K)}$;

(2)计算 G 矩阵的最大特征根和单位化特征向量,得到指标间加权向量 W^*;

(3)计算所有决策方案 $A_i(i = 1, 2, \cdots, n)$ 在不同年度 $T_k(k = 1, 2, \cdots, L)$ 年的加权评价目标值:

$$D_i^{(k)}(W^*) = \sum_{j=1}^{m} Z_{ij}^{(K)} W_j^*$$

$$i = 1, 2, \cdots, n;\ k = 1, 2, \cdots, L$$

(4)计算所有决策方案 $A_i(i = 1, 2, \cdots, n)$ 在整个序时集 T 年内的综合评价值:

$$D_i(W^*) = \sqrt{\sum_{k=1}^{L}[D_i^{(K)}(W^*)]^2}$$

$$i = 1, 2, \cdots, n;$$

根据各决策方案在整个序时集 T 年内的综合评价值,对全局经济效益作出排序比较和分析。

3 应用举例

本文以《中国工业经济年鉴》1991 年 ~ 1993 年提供的全国 16 个省、直辖市主要工业经济效益指标的统计资料[8]为基础数据进行全局经济效益的评价比较和排序分析。显然,此类经济效益的综合评价是一个序时多指标决策问题。序时集 $T = \{1990$ 年,1991 年,1992 年$\}$,共有 3 个时间样本点,方案集为 $A = \{$北京,天津,上海,江苏,…,山西$\}$,共有 16 个决策方案,指标集 $G = \{G_1, G_2, \cdots, G_5\}$,其中 G_1:全员劳动生产率(元/人),G_2:资金利税率(%),G_3:百元销售收入实现利润(元),G_4:百元工业产值占用流动资金(元),G_5:产值利税率(%),共 5 个评价指标,除百元工业产值占用流动资金为成本型指标外,其余均为效益型指标,各指标在不同年度的原始数据如表 1 所示。根据本文提供的序时多属性决策方法,通过模型运算得到各个评价指标间的加权向量为 $W^* = (0.4415, 0.4189, 0.4401, 0.5302, 0.3934)^T$,在此加权向量的作用下,各省、直辖市在不同年度的工业经济效益评价值和最终的全局经济效益评价值如表 2 所示。从表 2 中的评价结果可以看出,北京和上海两直辖市的工业经济效益水平在整个序时集内的不同年度呈互追赶、交替排列之趋势,但从全局经济效益来考虑,上海略占优势,排名第 1 位,北京位居第 2 位;排名第 3 位到第 8 位的依次是广东、福建、浙江、天津、山东等沿海省市;这充分反映了改革开放以来,我国沿海地区省份经济发达、技术先进、管理水平高、经济效益比较好的区域优势;江西、山西两省作为我国的革命老区和内陆省份,由于经济效益基础薄弱、技术落后、管理水平跟不上,其全局工业经济效益分别排名第 16 位和第 15 位;辽宁省作为我国的重工业基地省份,由于设备陈旧老化、资金匮乏、技改措施跟不上等众多主客观因素的影响,其全局工业经济效益也很不理想,名列 16 个省、直辖市倒数第 3 位。以上评价结论与人们的习惯认识基本一致,评价结果可信。除此之外,笔者还进行了大量的仿

真评价与决策, 限于篇幅, 此处略。

4　结束语

全局经济效益的综合评价, 从系统工程角度来看, 是一个方法学问题。本文提出的评价模型与方法, 较好地解决了全局经济效益的综合评价以及评价指标和评价年份之间加权系数的确定问题。由于加权系数的确定不具有主观随意性, 故而评价结果较为客观和准确, 有广泛的应用前景。

表 1　1990～1992 年全国部分省、直辖市主要工业经济效益指示

指标 / 省市 / 年份	全员劳动生产率（元/人）			资金利税率（%）			百元销售收入实现利润(元)			百元工业产值占用流动资金(元)			产值利税率（%）		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990	1991	1992
北京	26179	42974	47177	20.18	19.50	16.61	8.81	8.02	8.89	34.15	32.34	31.05	16.07	15.15	15.77
天津	23586	38121	43323	13.08	12.21	9.08	3.67	3.77	3.65	28.37	30.05	29.80	9.13	9.00	8.44
上海	29142	49799	59023	20.96	19.43	13.84	6.67	5.82	6.06	27.98	27.45	26.55	13.68	13.09	12.87
江苏	22148	32579	46821	12.74	11.53	10.59	2.85	2.29	3.51	26.20	26.24	22.46	7.83	7.26	7.41
浙江	20468	33661	41646	15.97	15.63	13.24	4.16	4.13	4.46	29.58	26.64	24.33	9.88	9.07	9.33
安徽	13935	22890	26446	13.14	11.14	10.16	1.75	0.42	2.38	27.85	28.09	26.80	10.59	9.00	9.85
福建	18928	31081	38381	15.66	15.83	11.97	4.57	4.55	4.79	27.02	25.86	26.45	11.42	11.15	10.64
广东	26318	45349	57808	12.35	13.79	10.29	2.22	3.83	4.54	25.11	24.00	23.00	8.80	9.32	9.23
辽宁	15578	25189	28869	9.12	8.76	7.68	1.48	1.19	2.12	32.84	32.85	31.08	8.66	8.55	9.05
山东	20845	33159	38812	10.37	10.41	8.92	2.77	3.05	3.38	26.79	28.46	25.68	8.77	9.02	8.73
湖北	16990	26250	30721	12.26	12.78	10.87	3.79	3.74	4.15	32.23	30.36	12.83	11.19	11.44	
湖南	13645	22444	24848	13.12	13.22	10.77	1.73	1.62	2.42	32.43	32.89	30.71	11.14	11.45	11.37
河南	13738	23498	26925	11.16	10.28	9.34	2.38	1.56	3.06	33.10	23.22	30.11	10.88	10.61	10.84
江西	12152	19820	23269	8.55	9.49	8.25	1.33	1.77	2.58	34.30	33.85	32.57	7.47	8.17	8.62
河北	14489	24967	28267	8.24	7.86	8.13	1.63	1.61	3.17	32.46	32.23	29.25	8.24	7.89	9.17
山西	11439	20488	21583	7.63	8.03	7.41	3.54	3.54	4.66	35.48	35.63	35.35	9.53	9.97	11.27

表 2　1990～1992 年全国部分省、直辖市全局工业经济效益排序比较

评价值 / 省市	1990— 1992 年		1990 年		1991 年		1992年	
	全局经济效益评价值	排序	工业经济效益评价值	排序	工业经济效益评价值	排序	工业经济效益评价值	排序
北京	2.6522	2	1.4205	2	1.5461	2	1.6205	1
天津	1.4487	7	0.8327	6	0.8724	7	0.8027	9
上海	2.6854	1	1.5026	1	1.5978	1	1.5494	2
江苏	1.5919	6	0.7955	7	0.7987	8	1.1241	6
浙江	1.8769	5	0.9033	4	1.0959	5	1.2271	4
安徽	1.2385	11	0.7313	9	0.6028	12	0.7972	10
福建	1.9863	4	1.0726	3	1.2242	4	1.1385	5
广东	2.0190	3	0.8645	5	1.2493	3	1.3298	3
辽宁	0.7202	14	0.3212	13	0.3788	14	0.5215	14
山东	1.4175	8	0.7242	10	0.7982	9	0.9207	7
湖北	1.3992	9	0.7513	8	0.7883	10	0.8785	8
湖南	1.1148	12	0.5672	11	0.6415	11	0.7138	12
河南	1.2654	10	0.5026	12	0.9090	6	0.7226	11
江西	0.5612	16	0.1521	16	0.3245	16	0.4319	16
河北	0.8108	13	0.2882	14	0.3663	15	0.6634	13
山西	0.6931	15	0.2763	15	0.3863	13	0.5048	15

（责任编辑　慧　超）

收稿日期: 2000— 01— 10