TOPSIS 定权的 FCE 法在物流供应商选择中的应用*

林 云[1a], 谢 敏[1b], 黄 波[1b], 郑朝清[2]
(1. 重庆大学 a. 机械传动国家重点实验室; b. 机械工程学院, 重庆 400030; 2. 重庆市计量质量检测研究院, 重庆 401123)

摘 要: 根据汽车逆向物流供应链结构特点,构建了第三方汽车逆向物流供应商评价指标体系,创新性地提出了采用定量的 TOPSIS 法来确定二级指标的权重,采用定性的层次分析法(AHP)来确定一级指标的权重,构建了基于 TOPSIS 法与 AHP 法相结合定权的模糊综合评判法模型,给出了该模型的计算步骤。通过算例验证了该模型的可行性和该评价指标体系的实用性。

关键词: 汽车逆向物流供应链; 层次分析法; TOPSIS; 模糊综合评判法; 供应商选择
中图分类号: TP391;TP311 **文献标志码**: A **文章编号**: 1001-3695(2012)05-1806-03
doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.05.054

FCE method based on TOPSIS in logistics suppliers' selection application

LIN Yun[1a], XIE Min[1b], HUANG Bo[1b], ZHENG Chao-qing[2]
(1. *a. State Key Laboratory of Mechanical Transmission*, *b. College of Mechanical Engineering*, *Chongqing University*, *Chongqing* 400030, *China*; 2. *Chongqing Academy of Metrology & Quality Inspection*, *Chongqing* 401123, *China*)

Abstract: From the structure of vehicle reverse logistics supply chain (VRLSC), this paper established the evaluation index system of the third-party vehicle reverse logistics suppliers. It proposed a quantitative TOPSIS method to determine the secondary indicators weight and a qualitative AHP method to determine the firstly indicators weight innovatively. And it constructed the model of fuzzy comprehensive evaluation (FCE) method based on TOPSIS and AHP, gave the calculation steps of this model also. Finally, it verified the feasibility of the model and practicality of the evaluation index system through an example.

Key words: VRLSC; AHP; TOPSIS; FCE; suppliers' selection

0 引言

随着全球汽车保有量的大幅度增加和汽车更新速度的加快,汽车产品所带来的环境污染、资源浪费等问题日益明显。为了达到经济发展和环境保护的双赢目的,实现可持续发展,各国都非常重视汽车逆向物流,积极发展循环经济。目前,可持续发展战略已从传统的 3R(reduce, reuse, rec-ycle)原则发展到 6R(reduce, reuse, recover, redesign, remanufacture, recycle)原则[1],对汽车行业提出了更高的要求。

汽车制造商从事逆向物流,其物流供应商的评价与选择是必须要解决的问题。目前,国内学者对指标定权和选择方法作了大量的研究和改进。文献[2,3]采用定量的熵权法来定权,采用 TOPSIS 法排序来对汽车物流供应商进行选择;文献[4]采用定量的灰色关联法来定权,采用 TOPSIS 法排序来对物流供应商进行选择;文献[5]采用定性的 AHP 法来定权,采用 TOPSIS 法来选择绿色供应链中的供应商;文献[6]采用定量的模糊综合评判法来对汽车行业的第三方物流服务商进行评价排序。以上文献都只是采用 TOPSIS 法来对物流供应商进行排序选择,而没有运用 TOPSIS 法来确定指标权重。还有一些定权法如老手法、Delphi 法等,以及评价排序法如 DEA/AHP[7]、效益理论、可拓法[8]、BP 神经网络模型[9]、DEA/信息熵[10]等,采用的是定性的或者定量的评价法来选择物流供应商,将定性与定量评价法相结合来对物流供应商进行选择评价的文献不多。

1 汽车逆向物流供应链结构

汽车逆向物流供应链结构复杂,而且贯穿于汽车整个生命周期的全过程[11],包括零部件供应商的原材料退货、汽车制造商的零部件退货、缺陷产品召回、汽车销售过程中的商业退货,以及废旧汽车的回收、检测、分类、维护、再制造、废弃处理等过程,如图 1 所示。

2 第三方汽车逆向物流供应商评价指标体系及方法

2.1 评价指标体系

不同行业的第三方逆向物流供应商选择指标的侧重点不同。在大多数情况下,服务商选择的基本准则是物流能力、物流成本、服务质量和企业信誉[2]。本文在此基础上结合汽车物流行业的特点和实际应用过程,构建了一套第三方汽车逆向物流供应商评价指标体系,如表 1 所示,主要包括财务因素、服务质量因素、信息化水平因素、设备和技术因素以及兼容性因

收稿日期: 2011-10-18; **修回日期**: 2011-11-25 **基金项目**: 中央高校基本科研业务费资助项目(CDJZR10110036)

作者简介: 林云(1976-),男,四川成都人,讲师,博士,主要研究方向为汽车物流与供应链管理;谢敏(1986-),男,湖北荆州人,硕士研究生,主要研究方向为汽车物流与供应链管理(xiemin-2006@163.com);黄波(1987-),男,四川南充人,硕士研究生,主要研究方向为机械工程、现代物流与供应链管理;郑朝清(1986-),男,重庆万州人,助理工程师.

素五大方面的指标。

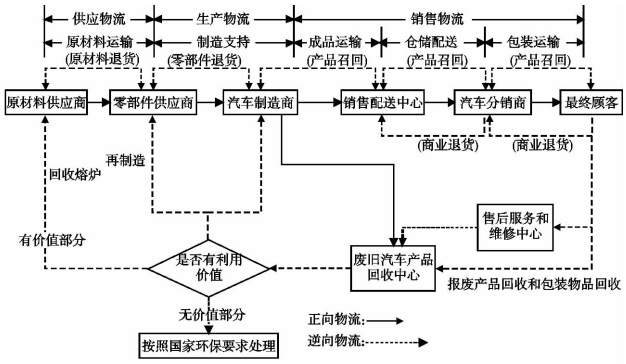

图1　汽车逆向物流供应链结构

表 1　第三方汽车逆向物流供应商评价指标体系

一级指标	二级指标
财务因素 X_1	总资产报酬率
	资产负债率
	净资产收益率
	网络覆盖率
	库存准确率
	准时到达率
服务质量因素 X_2	订单及时响应速度
	协同作业能力
	货物安全率
信息化水平因素 X_3	客户投诉平均解决时间
	信息可得率
	信息安全性
设备和技术因素 X_4	物流可视化程度
	技术人员比重
	技术兼容性
兼容性因素 X_5	企业文化兼容性
	管理体制兼容性
	企业战略与发展兼容性

2.2　评价方法及步骤

a)原始数据的标准化。设有 m 个参评企业 E_m,某一级指标下有 n 个二级指标 f_n,则有原始数据矩阵:

$$A=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \tag{1}$$

设经过标准化后的数值为 x'_{ij},则对于效益型指标(越大越好)有

$$x'_{ij}=x_{ij}/\sum_{i=1}^{m}x_{ij} \tag{2}$$

对于成本型指标(越小越好)有

$$x'_{ij}=(1/x_{ij})/\sum_{i=1}^{m}(1/x_{ij}) \tag{3}$$

b)数据无量纲化。

$$x''_{ij}=x'_{ij}/\sqrt{\sum_{i=1}^{m}x'^2_{ij}} \tag{4}$$

c)构造加权系数矩阵。

$$\overline{x_j}=\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}x''_{ij}$$

$$s_j=\sqrt{\frac{1}{m-1}\sum_{i=1}^{m}(x''_{ij}-\overline{x_j})^2}$$

$$w_j=s_j/|\overline{x_j}| \quad j=1,2,\cdots,n \tag{5}$$

确定出各指标的权重为 $w_1,w_2,\cdots,w_n$,以它们为主对角线元素构造对角矩阵 w,则

$$w=\begin{bmatrix} w_1 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & w_n \end{bmatrix} \tag{6}$$

由式(4)(6)得出

$$y_{ij}=x''_{ij}\cdot w \quad i=1,2,\cdots,m;\ j=1,2,\cdots,n \tag{7}$$

则加权系数矩阵为

$$B=\begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mn} \end{bmatrix} \tag{8}$$

d)确定正负理想解。

正理想解　$y^+=(y_1^+,y_2^+,\cdots,y_n^+)$　(9)

负理想解　$y^-=(y_1^-,y_2^-,\cdots,y_n^-)$　(10)

其中:$y_j^+=\max\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\{y_{ij}\}$,$y_j^-=\min\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\{y_{ij}\}$,$j=1,2,\cdots,n$。

e)以一级指标为单位,分别将正负理想解归一化,确定各二级评价指标的权重。

正理想解权重为

$$z_j^+=y_j^+/\sum_{j=1}^{n}y_j^+ \quad j=1,2,\cdots,n$$

利用正理想解求得各评价指标的权重向量为

$$z^+=(z_1^+,z_2^+,\cdots,z_n^+) \tag{11}$$

负理想解权重为

$$z_j^-=y_j^-/\sum_{j=1}^{n}y_j^- \quad j=1,2,\cdots,n$$

利用负理想解求得各评价指标的权重向量为

$$z^-=(z_1^-,z_2^-,\cdots,z_n^-) \tag{12}$$

f)AHP 法确定一级指标的权重。对各个一级指标进行两两相互比较,构造 AHP 的判断矩阵,并对其进行一致性检验,得出一级指标的权重值向量为

$$\eta_{\mathrm{AHP}}=(\eta_1,\eta_2,\cdots,\eta_p) \tag{13}$$

其中:p 为一级指标数量。

g)模糊综合评判法确定供应商绩效排序。设参评企业的集合为 $U=\{E_1,E_2,\cdots,E_m\}$,二级评价指标的集合为 $X_t=\{f_1,f_2,\cdots,f_n\}$,$t=1,\cdots,p$,由式(8)经转置并归一化得到某一级指标的评判矩阵为

$$C=\begin{bmatrix} y'_{11} & y'_{12} & \cdots & y'_{1m} \\ y'_{21} & y'_{22} & \cdots & y'_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ y'_{n1} & y'_{n2} & \cdots & y'_{nm} \end{bmatrix} \tag{14}$$

由正理想解确定的综合评判向量为

$$D_t^+=z^+\circ C \quad t=1,\cdots,p \tag{15}$$

$$D^+=(D_1^+,D_2^+,\cdots,D_p^+)^{\mathrm{T}} \tag{16}$$

$$\eta^+=\eta_{\mathrm{AHP}}\circ D^+ \tag{17}$$

由负理想解确定的综合评判向量为

$$D_t^-=z^-\circ C \quad t=1,\cdots,p \tag{18}$$

$$D^-=(D_1^-,D_2^-,\cdots,D_p^-)^{\mathrm{T}} \tag{19}$$

$$\eta^-=\eta_{\mathrm{AHP}}\circ D^- \tag{20}$$

即得到各参评企业的隶属度,根据最大隶属度原则,得到各参评企业的综合排序。

3　案例研究

某国有大型汽车制造商汽车销量逐年猛增,其产品销往全

国各大中小城市及东南亚各国,为响应国家发展循环经济的号召,减少环境污染,提高资源的再利用率,其决定开展汽车逆向物流。公司希望把逆向物流业务外包给专业的第三方汽车物流供应商来运作,经过招标和初步筛选,有五家汽车物流供应商入围,数据如表 2 所示。

表 2 五家入围物流供应商的原始数据

指标	企业				
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
总资产报酬率	0.13	0.12	0.11	0.12	0.15
资产负债率	0.095	0.092	0.900	0.090	0.085
净资产收益率	0.25	0.26	0.21	0.24	0.22
网络覆盖率	0.69	0.64	0.72	0.77	0.82
库存准确率	0.90	0.87	0.86	0.88	0.90
准时到达率	0.90	0.88	0.95	0.90	0.92
订单及时响应速度/h	4.50	4.00	4.00	4.50	5.00
协同作业能力/百分制	85.00	75.00	89.00	80.00	88.00
货物安全率	0.97	0.93	0.91	0.90	0.94
客户投诉平均解决时间/h	12.00	15.00	12.00	24.00	20.00
信息可得率	0.85	0.65	0.72	0.82	0.70
信息安全性	0.98	0.95	0.97	0.99	0.97
物流可视化程度/百分制	89.00	85.00	83.00	90.00	86.00
技术人员比重	0.18	0.28	0.25	0.33	0.20
技术兼容性/十分制	8.00	7.00	8.50	8.00	7.50
企业文化兼容性/十分制	9.00	8.00	8.00	8.50	8.50
管理体制兼容性/十分制	8.00	8.50	9.00	9.00	8.00
企业战略与发展兼容性/十分制	8.00	7.00	7.00	8.00	8.00

按照如下步骤来选择最适合该公司的第三方汽车逆向物流供应商,并验证评价结果的正确性:

a)原始数据的标准化、无量纲化构造加权系数矩阵。以服务质量因素为例,由式(2)~(8)的计算得到加权系数矩阵为

$$B=\begin{bmatrix} 0.0417 & 0.0102 & 0.0130 & 0.0407 & 0.0322 & 0.0165 & 0.1772 \\ 0.0387 & 0.0098 & 0.0128 & 0.0458 & 0.0284 & 0.0158 & 0.1418 \\ 0.0435 & 0.0097 & 0.0138 & 0.0458 & 0.0337 & 0.0155 & 0.1772 \\ 0.0466 & 0.0100 & 0.0130 & 0.0407 & 0.0303 & 0.0153 & 0.0886 \\ 0.0496 & 0.0102 & 0.0133 & 0.0366 & 0.0333 & 0.0160 & 0.1063 \end{bmatrix}$$

b)正负理想解确定二级指标的权重。由式(9)~(12)可求得服务质量因素下的各二级指标的权重向量分别为

$$z^+=(0.143,0.029,0.040,0.132,0.097,0.048,0.511)$$

$$z^-=(0.168,0.042,0.055,0.159,0.123,0.067,0.385)$$

c)用层次分析法确定一级指标的权重值。计算过程如表 3 所示。

表 3 AHP 法确定各一级指标权重值的过程

D	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	W_i	W_i^o	λ_{mi}	
X_1	1	1/7	1/3	1/2	3	0.590	0.080	5.122	$\lambda_{max}=5.202$
X_2	7	1	5	4	8	4.072	0.552	5.325	C.I. = 0.051
X_3	3	1/5	1	2	5	1.431	0.194	5.220	R.I. = 1.120
X_4	2	1/4	1/2	1	4	1.000	0.135	5.077	C.R. = 0.045 <0.1
X_5	1/3	1/8	1/5	1/4	1	0.291	0.039	5.269	故通过一致性检验

则各一级指标的权重向量为

$$\eta_{AHP}=(0.080,0.552,0.194,0.135,0.039)$$

d)用模糊综合评判法对各企业逆向物流供应商进行排序。由式(16)得到各一级指标的综合评判矩阵为

$$D^+=\begin{bmatrix} 0.225 & 0.229 & 0.069 & 0.230 & 0.247 \\ 0.227 & 0.199 & 0.232 & 0.163 & 0.178 \\ 0.225 & 0.176 & 0.193 & 0.218 & 0.188 \\ 0.151 & 0.223 & 0.201 & 0.261 & 0.165 \\ 0.205 & 0.188 & 0.201 & 0.208 & 0.199 \end{bmatrix}$$

由式(17)得到正理想逼近点定权的综合评判值为

$$\eta^+=\eta_{AHP}\circ D^+=(0.215,0.200,0.206,0.194,0.185)$$

它表示企业 $E_1\sim E_5$ 的比重分别为 21.5%、20.0%、20.6%、19.4%、18.5%,综合评判排序为 $E_1>E_3>E_2>E_4>E_5$,根据最大隶属度原则,应该选择 E_1 作为其最佳物流供应商。

由式(19)得到各一级指标的综合评判矩阵为

$$D^-=\begin{bmatrix} 0.214 & 0.212 & 0.141 & 0.207 & 0.226 \\ 0.220 & 0.198 & 0.226 & 0.172 & 0.184 \\ 0.224 & 0.176 & 0.193 & 0.217 & 0.189 \\ 0.154 & 0.221 & 0.200 & 0.257 & 0.167 \\ 0.205 & 0.188 & 0.201 & 0.208 & 0.199 \end{bmatrix}$$

由式(20)得到负理想逼近点定权的综合评判值为

$$\eta^-=\eta_{AHP}\circ D^-=(0.211,0.198,0.208,0.196,0.187)$$

它表示企业 $E_1\sim E_5$ 的比重分别为 21.1%、19.8%、20.8%、19.6%、18.7%,综合评判排序为 $E_1>E_3>E_2>E_4>E_5$,根据最大隶属度原则,应该选择 E_1 作为其最佳物流供应商。

综上所述,该汽车制造商应选择绩效最优的 E_1 企业为其逆向物流合作伙伴。

4 结束语

本文从汽车逆向物流供应链结构出发,结合汽车逆向物流的特点,构建了一套第三方汽车逆向物流供应商选择评价指标体系,用 TOPSIS 法来确定二级指标的权重,用 AHP 法来确定一级指标的权重,既克服了专家的主观判断,又反映了决策者的偏好,能够较好地解决定性指标与定量指标相结合的评价问题。利用正理想点逼近法定权和负理想点逼近法定权所得出的结论是一致的,同时验证了 TOPSIS 法和 AHP 法定权的模糊综合评判法在物流供应商选择问题上是可行的,也验证了该评价指标体系的实用性。但对于该方法更广泛的应用还需要进一步探讨。

参考文献:

[1] JAYAL A D, BADURDEEN F, Jr DILLON O W, *et al*. Sustainable manufacturing: modeling and optimization challenges at the product, process and system levels[J]. Journal of Manufacturing Science and Technology, 2010, 2(3): 144-152.

[2] 吴海滨,岳岩. 基于熵权 TOPSIS 法的第三方物流服务商评价方案[J]. 兰州交通大学学报, 2008, 27(1): 88-91.

[3] 杨玉中,张强,吴立云. 基于熵权的 TOPSIS 供应商选择方法[J]. 北京理工大学学报, 2006, 26(1): 31-35.

[4] 钱吴永,党耀国,熊萍萍,等. 基于灰色关联定权的 TOPSIS 法及其应用[J]. 系统工程, 2009, 27(8): 124-126.

[5] 罗新星,彭素华. 绿色供应链中基于 AHP 和 TOPSIS 的供应商评价与选择研究[J]. 软科学, 2011, 25(2): 53-56.

[6] 方春明,孔繁森,隽志才. 基于模糊综合评判与灰色关联分析的汽车工业第三方物流服务商评价指标体系[J]. 吉林大学学报: 工学版, 2009, 39(S1): 133-137.

[7] 王瑛,孙林岩,陈宏. 基于两阶段的物流系统综合评价 DEA/AHP 法[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2003, 23(3): 79-84.

[8] 贺团英,马天山. 基于可拓法的报废汽车逆向物流供应商选择与评价模型研究[J]. 武汉理工大学学报: 社会科学版, 2009, 22(6): 52-57.

[9] 徐新清,程钧谟,杨保亮. 基于 BP 神经网络的第三方物流服务商的选择研究[J]. 华东经济管理, 2005, 19(9): 85-88.

[10] 曹琳剑,刘炳胜,王雪青,等. DEA 和信息熵改进的评标方法研究[J]. 重庆大学学报: 社会科学版, 2011, 17(2): 86-89.

[11] 代应,蒋长兵. 汽车逆向物流系统绿色度评价研究[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(35): 220-222.