

# 基于 AHP 的汽车供应链绩效可拓评价方法

杨玉中<sup>1</sup>, 邓叶飞<sup>1</sup>, 孟祥中<sup>2</sup>, 黄少彬<sup>2</sup>, 王 政<sup>2</sup>

(1. 河南理工大学 能源科学与工程学院, 河南 焦作 454000;

2. 河南平原光电有限公司 生产安全部, 河南 焦作 454001)

**摘 要:**为了真实、准确地评价汽车供应链管理绩效,将汽车供应链活动划分为采购、生产、销售和返回 4 个过程,构建了汽车供应链绩效评价的指标体系,建立了基于 AHP 的多层次可拓综合评价模型。该模型利用 AHP 确定评价指标的权重,以综合关联度作为评价准则,避免了评价的主观性。将建立的指标体系和评价模型在某汽车公司供应链绩效评价中进行了应用,得出该公司供应链绩效评价结果为优秀。研究表明,该方法不但能够评定出单一对象供应链绩效的状态,而且评价过程简便,易于推广应用。

**关键词:**汽车;供应链;绩效评价;可拓理论

**中图分类号:**F274

**文献标志码:**A

## Extension method on evaluating auto supply chain performance based on analytic hierarchy process

YANG Yu-zhong<sup>1</sup>, DENG Ye-fei<sup>1</sup>, MENG Xiang-zhong<sup>2</sup>, HUANG Shao-bin<sup>2</sup>, WANG Zheng<sup>2</sup>

(1. School of Energy Science and Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo

454000, Henan, China; 2. Department of Production and Safety, Henan Pingyuan

Optics Electronics Co Ltd, Jiaozuo 454001, Henan, China)

**Abstract:** Automobile supply chain was divided into purchase, manufacture, sale and return processes in order to evaluating the auto supply chain performance objectively and accurately. The index system of automobile supply chain performance was built. The multi-level extension method based on analytic hierarchy process was constructed. The analytic hierarchy process was used to ascertain weights of evaluation indices. The comprehensive correlative degree was adopted as evaluation criteria. So the subjectivity in evaluation was avoided. The index system and evaluation model above were applied in performance evaluation of an automobile supply chain. Evaluation result is excellent. The procedure of performance evaluation indicates that the extension method can be used to evaluate single object. What's more, the evaluation process is so simple that this method can be popular in enterprises easily. 7 tabs, 13 refs.

**Key words:** auto; supply chain; performance evaluation; extension theory

0 引言

随着知识经济时代的到来,用户需求的多样化、市场不确定性的增加、产品寿命周期的缩短等都使企业所面临的竞争环境更加复杂。汽车工业作为生产链条长、产品结构复杂、需求变化快的支柱产业,其终端产品的竞争实质是汽车供应链之间的竞争,实施供应链管理对汽车企业健康可持续发展具有重要的意义。据统计,通过实施供应链管理,可以使企业生产率提高 10%~16%,成本降低 25%~50%,库存减少 25%~60%,发货能力提高 16%~18%,订单完成周期缩短 30%~50%,订单满足率提高 20%~30%<sup>[1]</sup>。

汽车供应链围绕核心企业,从原材料获取、零部件采购,到加工成半成品、成品,再将成品送到用户手中,以及对废弃物进行回收的全过程,具有共同目标的网链式结构的价值链,对其运营绩效的评价是一项复杂的系统工程。目前,供应链绩效评价方法主要有层次分析法、模糊综合评价法、数据包络分析法、模糊神经网络等,这些研究在供应链环节、或在指标设置方面考虑的不够全面,其评价方法也存在主观性大、计算复杂等方面的不足<sup>[2-7]</sup>。本文在分析汽车供应链各环节的基础上,对整个供应链绩效评价的指标进行研究,提出了基于 AHP(层次分析法)的可拓综合评价方法<sup>[8]</sup>。

1 汽车供应链绩效评价指标体系

结合汽车供应链的特点,将汽车供应链活动划分为采购、生产、销售和返回等 4 个过程。通过对汽车供应链每个过程的分析,以每个过程的主体作为研究对象,参照文献[9-11],借鉴供应链运作参考模型、平衡计分卡的思想,以及企业绩效评价体系,从汽车供应链整体绩效出发,建立以汽车供应链绩效为目标层指标的评价指标体系,见表 1。

2 基于 AHP 的可拓综合评价方法

2.1 层次分析法确定评价指标权重

- (1)建立层次结构模型。一般的层次结构可划分为目标层、准则层和方案层 3 类。
- (2)对同一层次元素进行两两比较,构造判断矩阵。判断矩阵元素的值反映了人们对各因素相对重要性的认识,目前,一般采用 9 标度法来构造两两比较判断矩阵。
- (3)计算相对权重。常用的基本方法有和积法、

表 1 汽车供应链绩效评价指标体系

准则层 I	准则层 II	评价指标	指标值
采购过程 绩效 A	零部件质量 A <sub>1</sub>	零部件合格率 A <sub>11</sub> /%	96.9
		报修退货率 A <sub>12</sub> /%	2.1
	零部件价格 A <sub>2</sub>	同比平均价格竞争优势 A <sub>21</sub> /%	9.0
	交货情况 A <sub>3</sub>	准时交货率 A <sub>31</sub> /%	96.5
		订单满足率 A <sub>32</sub> /%	96.8
	售后服务水平 A <sub>4</sub>	顾客投诉响应时间 A <sub>41</sub> /%	7.0
		顾客投诉处理满意率 A <sub>42</sub> /%	96.0
	信息共享能力 A <sub>5</sub>	信息传递准确率 A <sub>51</sub> /%	91.0
		信息传递及时率 A <sub>52</sub> /%	92.0
		共享信息的比率 A <sub>53</sub> /%	62.0
生产过程 绩效 B	市场开发 B <sub>1</sub>	市场占有率 B <sub>11</sub> /%	6.2
		市场覆盖率 B <sub>12</sub> /%	22.0
		新开拓的市场占有率 B <sub>13</sub> /%	12.0
	财务角度 B <sub>2</sub>	总资产报酬率 B <sub>21</sub> /%	12.0
		销售利润率 B <sub>22</sub> /%	6.1
		资产负债率 B <sub>23</sub> /%	44.0
		流动比率 B <sub>24</sub>	1.9
	科技水平 B <sub>3</sub>	科研开发费用率 B <sub>31</sub> /%	6.5
		科研开发人员比率 B <sub>32</sub> /%	15.0
		技术进步贡献率 B <sub>33</sub> /%	51.0
	技术的先进性 B <sub>4</sub>	装备水平 B <sub>41</sub>	8.5
		工艺水平 B <sub>42</sub>	9.3
		生产产能 B <sub>43</sub> /%	26.0
销售过程 绩效 C	财务视角 C <sub>1</sub>	销售利润率 C <sub>11</sub> /%	6.2
		存货周转率 C <sub>12</sub>	9.5
		流动比率 C <sub>13</sub>	1.8
	企业形象 C <sub>2</sub>	商业信誉 C <sub>21</sub>	9.2
		信息化程度 C <sub>22</sub>	8.2
	用户视角 C <sub>3</sub>	交货准确率 C <sub>31</sub> /%	98.0
		交货及时率 C <sub>32</sub> /%	97.0
		用户满意度 C <sub>33</sub>	9.2
返回过程 绩效 D	环境属性 D <sub>1</sub>	三废污染影响 D <sub>11</sub>	1.1
		噪声污染影响 D <sub>12</sub>	0.15
	技术属性 D <sub>2</sub>	绿色工艺实施程度 D <sub>21</sub>	8.2
		物流技术先进性 D <sub>22</sub>	9.3
	资源属性 D <sub>3</sub>	汽车回收利用率 D <sub>31</sub> /%	81.0
		能源消耗率 D <sub>32</sub> /%	14.0

方根法和特征值法等,本文采用了方根法来求解相对权重。

(4)一致性检验。计算一致性指标  $C_1$ ,  $C_1 = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ ,其中, $\lambda_{\max}$  为判断矩阵的最大特征值。计算一致性率  $C_R$ ,  $C_R = C_1/R_1$ ,其中, $R_1$  是自由度指标,可由随机一致性指标表查出。当  $C_R \leq 0.1$  时,认为判断矩阵有满意一致性;否则应调整矩阵中的元素,

直到有满意一致性为止。

## 2.2 可拓综合评价方法

### 2.2.1 汽车供应链绩效评价问题的物元模型

设  $P$  为汽车供应链绩效评价问题,共有  $m$  个评价对象  $R_1, R_2, \dots, R_m$ , 其中  $m \geq 1, n$  个评价指标  $c_1, c_2, \dots, c_n$ ;  $C_j$  为评价指标;  $r$  为供应链绩效评价的条件物元,其指标相应的量值为  $V_i (i = 1, 2, \dots, n)$ ; 评价对象  $R_j$  指标相应量值为  $v_{ji} (j = 1, 2, \dots, m; i = 1, 2, \dots, n)$ , 则汽车供应链绩效评价问题可用物元表示为

$$P = R_j \times r, R_j \in (R_1, R_2, \dots, R_m)$$

其中

$$R_j = [N_j \quad C_j \quad V_j] = \begin{bmatrix} N_j & c_1 & v_{j1} \\ & c_2 & v_{j2} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & v_{jn} \end{bmatrix}$$

$$r = \begin{bmatrix} N & c_1 & V_1 \\ & c_2 & V_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & V_n \end{bmatrix}$$

### 2.2.2 可拓综合评价模型的建立

汽车供应链绩效的可拓综合评价的基本思路是:根据日常汽车供应链管理中积累的数据资料,将汽车供应链绩效的优劣划分为 5 个等级;结合专家意见给出各等级物元特征的数据范围,把评价对象的指标带入各等级物元中进行多指标评定;评定结果按它与各等级物元的综合关联度大小进行比较,综合关联度越大,说明评价对象与该等级的符合程度愈佳,从而确定出汽车供应链绩效的等级<sup>[12-13]</sup>。

(1) 确定经典域和节域。

设评价等级的经典域为

$$R_{0j} = [N_{0j} \quad C \quad V_{0j}] = \begin{bmatrix} N_{0j} & c_1 & V_{0j1} \\ & c_2 & V_{0j2} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & V_{0jn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{0j} & c_1 & \langle a_{0j1}, b_{0j1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{0j2}, b_{0j2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & \langle a_{0jn}, b_{0jn} \rangle \end{bmatrix}$$

式中:  $N_{0j}$  为所划分的第  $j$  个等级;  $c_i (i = 1, 2, \dots, n)$  表示等级  $N_{0j}$  的评价指标;  $V_{0ji}$  为  $N_{0j}$  关于指标  $c_i$  的量值范围。

评价对象各等级关于对应的指标所取的数值范围,称之为经典域。

设节域为

$$R_s = [S \quad C \quad V_s] = \begin{bmatrix} S & c_1 & V_{s1} \\ & c_2 & V_{s2} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & V_{sn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S & c_1 & \langle a_{s1}, b_{s1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{s2}, b_{s2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & \langle a_{sn}, b_{sn} \rangle \end{bmatrix}$$

式中:  $S$  为优劣等级的全体;  $V_{si}$  为  $S$  关于指标  $c_i$  的量值范围;  $R_s$  称之为  $S$  的节域。

(2) 确定待评物元。对评价对象  $p_i$ , 把所测量得到的数据或分析结果用物元表示为

$$R_i = [p_i \quad C \quad V_i] = \begin{bmatrix} p_i & c_1 & v_{i1} \\ & c_2 & v_{i2} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & v_{in} \end{bmatrix}$$

式中:  $p_i$  为第  $i$  个评价对象;  $v_{ij}$  为  $p_i$  关于指标  $c_j (j = 1, 2, \dots, n)$  的取值。

(3) 确定指标权重。指标  $c_i$  的权重  $\omega_i$  由前面的

层次分析法计算给出,且  $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ 。

(4) 建立关联函数,计算评价对象关于各等级的关联度  $k_j(v_{ki})$ 。

$$k_j(v_{ki}) = \begin{cases} \frac{\rho(v_{ki}, V_{0ji})}{\rho(v_{ki}, V_{si}) - \rho(v_{ki}, V_{0ji})} & \rho(v_{ki}, V_{si}) - \rho(v_{ki}, V_{0ji}) \neq 0 \\ -\rho(v_{ki}, V_{0ji}) - 1 & \rho(v_{ki}, V_{si}) - \rho(v_{ki}, V_{0ji}) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

其中,  $\rho(v_{ki}, V_{0ji}) = \left| v_{ki} - \frac{a_{0ji} + b_{0ji}}{2} \right| -$

$$\frac{1}{2}(b_{0ji} - a_{0ji}) \quad (2)$$

(5) 计算评价对象的综合关联度  $K_j(p_k)$ 。

$$K_j(p_k) = \sum_{i=1}^n \omega_i K_j(v_{ki}) \quad (3)$$

(6) 供应链绩效的等级确定。若  $K_q(p_k) = \max_j K_j(p_k)$ , 则评价对象  $p_k$  属于等级  $q$ 。

## 3 某汽车公司供应链绩效评价

某汽车公司是 1998 年由中外共同出资组建的整车制造企业,有 200 多家一级供应商和 1 000 多家二级供应商,并在中国形成了 450 多家特约销售服务店和 80 多家二级直营店组成的成品车销售网络,

形成了一条以整车制造企业为核心、向上与零部件供应商集成、向下与成品车销售商集成的汽车集成供应链。该公司 2009 年的指标数据见表 1(其中定性指标采用 10 分制,由专家打分给出,定量指标在数据收集后按指标体系中确立的计算式进行处理)。

3.1 层次分析法确定指标权重

下面以采购过程为例,确定其指标权重。采用 9 标度法由专家对准则层及指标层的相对重要性做出评判,得到判断矩阵;然后采用方根法求解相对权重,并进行一致性检验。其结果见表 2 ~ 表 6。

表 2 准则层 II 判断矩阵及相对权重系数

A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	权重
A <sub>1</sub>	1	3	2	3	3	0.387 7
A <sub>2</sub>	1/3	1	1/2	2	3	0.174 6
A <sub>3</sub>	1/2	2	1	2	2	0.230 4
A <sub>4</sub>	1/3	1/2	1/2	1	2	0.122 0
A <sub>5</sub>	1/3	1/3	1/2	1/2	1	0.085 3

注:λ<sub>max</sub> = 5.150 1;C<sub>R</sub> = 0.042 1 < 0.1

表 3 零部件质量判断矩阵及相对权重系数

A <sub>1</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	权重
A <sub>11</sub>	1	2	0.666 7
A <sub>12</sub>	1/2	1	0.333 3

表 4 交货情况判断矩阵及相对权重系数

A <sub>3</sub>	A <sub>31</sub>	A <sub>32</sub>	权重
A <sub>31</sub>	1	1	0.5
A <sub>32</sub>	1	1	0.5

表 5 售后服务水平判断矩阵及相对权重系数

A <sub>4</sub>	A <sub>41</sub>	A <sub>42</sub>	权重
A <sub>41</sub>	1	1/2	0.333 3
A <sub>42</sub>	2	1	0.666 7

表 6 信息共享判断矩阵及相对权重系数

A <sub>5</sub>	A <sub>51</sub>	A <sub>52</sub>	A <sub>53</sub>	权重
A <sub>51</sub>	1	1	2	0.4
A <sub>52</sub>	1	1	2	0.4
A <sub>53</sub>	1/2	1/2	1	0.2

注:λ<sub>max</sub> = 3.000;C<sub>R</sub> = 0 < 0.1

类似于采购过程准则层与指标层权重的确定过程,可以分别求出生产过程、销售过程以及返回过程准则层与指标层的权重(略)。

3.2 可拓综合评价

以零部件质量为例,进行可拓综合评价。

(1) 确定经典域和节域。将汽车供应链绩效划分为 5 个等级,优秀、良好、一般、较差、很差。考虑汽车行业的实际情况,结合专家的意见,给出每个评价等级的经典域分别为

$$R_{01} = \left[ \begin{array}{ll} \text{优秀, 合格率} & < 95\%, 100\% > \\ \text{退货率} & < 0\%, 3\% > \end{array} \right]$$

$$R_{02} = \left[ \begin{array}{ll} \text{良好, 合格率} & < 90\%, 95\% > \\ \text{退货率} & < 3\%, 5\% > \end{array} \right]$$

$$R_{03} = \left[ \begin{array}{ll} \text{一般, 合格率} & < 85\%, 90\% > \\ \text{退货率} & < 5\%, 8\% > \end{array} \right]$$

$$R_{04} = \left[ \begin{array}{ll} \text{较差, 合格率} & < 80\%, 85\% > \\ \text{退货率} & < 8\%, 10\% > \end{array} \right]$$

$$R_{05} = \left[ \begin{array}{ll} \text{很差, 合格率} & < 70\%, 80\% > \\ \text{退货率} & < 10\%, 12\% > \end{array} \right]$$

节域为

$$R_S = \left[ \begin{array}{ll} S, \text{合格率} & < 60\%, 100\% > \\ \text{退货率} & < 0\%, 15\% > \end{array} \right]$$

(2) 确定待评物元。

$$R = \left[ \begin{array}{ll} p, \text{合格率 } 96.9\% \\ \text{退货率 } 2.1\% \end{array} \right]$$

(3) 建立待评物元的关联函数,计算关联度。根据式(1)和式(2),可计算各评价对象与各等级的关联度为

$$K_p = \begin{bmatrix} 1.583 & -0.38 & -0.69 & -0.793\ 3 & -0.845 \\ 0.750 & -0.30 & -0.58 & -0.737\ 5 & -0.790 \end{bmatrix}$$

(4) 计算评价对象的综合关联度。根据式(3),可得评价对象与各等级的综合关联度为

$$K(p) = (0.666\ 7, 0.333\ 3) \cdot \begin{bmatrix} 1.583\ 3 & -0.38 & -0.69 & -0.793\ 3 & -0.845 \\ 0.75 & -0.30 & -0.58 & -0.737\ 5 & -0.790 \end{bmatrix} = (1.305\ 6, -0.353\ 3, -0.653\ 3, -0.774\ 7, -0.826\ 7)$$

类似于零部件质量的评价过程,可以得到零部件价格、交货情况、售后服务水平和信息共享的综合关联度,结果见表 7。

表 7 可拓评价结果

评价因素	综合关联度				
	优秀	良好	一般	较差	很差
零部件价格	-0.083 1	0.100 0	-0.266 7	-0.450 0	-0.560 0
交货情况	0.152 2	-0.034 6	-0.102 5	-0.132 9	-0.148 6
售后服务水平	0.148 2	0.116 6	-0.500 0	-0.666 7	-0.783 3
信息共享	-0.276 6	0.198 7	-0.133 3	-0.346 7	-0.548 0

由零部件质量、零部件价格、交货情况、售后服务水平以及信息共享的评价结果组成采购过程的评价

$$\mathbf{K}_S = \mathbf{W}_S \mathbf{K}_{S_2} = [0.387\ 7, 0.174\ 6, 0.230\ 4, 0.122, 0.085\ 3] \cdot$$

$$\begin{bmatrix} 1.305\ 6 & -0.353\ 3 & -0.653\ 3 & -0.774\ 7 & -0.826\ 7 \\ -0.083\ 1 & 0.1 & -0.266\ 7 & -0.45 & -0.56 \\ 0.152\ 2 & -0.034\ 6 & -0.102\ 5 & -0.132\ 9 & -0.148\ 6 \\ 0.148\ 2 & 0.116\ 6 & -0.5 & -0.666\ 6 & -0.783\ 3 \\ -0.276\ 6 & 0.198\ 7 & -0.133\ 3 & -0.346\ 7 & -0.548 \end{bmatrix} = [0.521\ 2, -0.096\ 3, -0.395\ 9, -0.520\ 4, -0.594\ 8]$$

根据评价准则可知,采购过程的评价结果属于优秀。

类似于采购过程的评价过程,得到其他过程的可拓评价结果为

$$\mathbf{K}_M = [0.080\ 3, -0.044\ 6, -0.332\ 7, -0.402\ 5, -0.607\ 3]$$

$$\mathbf{K}_S = [0.633\ 9, -0.245\ 8, -0.518\ 9,$$

$$\mathbf{K} = \mathbf{W}[\mathbf{K}_p, \mathbf{K}_M, \mathbf{K}_S, \mathbf{K}_R]^T = [0.28, 0.35, 0.26, 0.11] \cdot$$

$$\begin{bmatrix} 0.521\ 2 & -0.096\ 3 & -0.395\ 9 & -0.520\ 4 & -0.594\ 8 \\ 0.080\ 3 & -0.044\ 6 & -0.332\ 7 & -0.402\ 5 & -0.607\ 3 \\ 0.633\ 9 & -0.245\ 8 & -0.518\ 9 & -0.653\ 6 & -0.725\ 3 \\ 0.284\ 3 & -0.135\ 9 & -0.406\ 2 & -0.575\ 5 & -0.676\ 8 \end{bmatrix} = [0.370\ 1, -0.121\ 5, -0.406\ 7, -0.519\ 8, -0.642\ 1]$$

根据评价准则可知,某汽车公司供应链绩效评价结果为优秀。

### 3.3 结果分析

根据评价结果可以看出,采购过程、生产过程、销售过程、返回过程以及整个供应链的绩效属于优秀等级,供应链上企业的各项指标都处于良好状态。从采购过程可以看出,零部件价格没有达到优秀,这表明某汽车公司采购零部件的同比价格优势不明显,需要在保证质量、交货等情况下,降低零部件采购价格;信息共享没有达到优秀,说明零部件供应商需要在加强信息沟通的同时,提高信息传递的质量与速度。从生产过程可以看出,市场开发属于良好,需要进一步加大市场开发力度,重点维护好北京、上海、广州、成都、武汉、沈阳 6 大区的市场,同时强化二、三线城市的销售渠道。从销售环节来看,用户投诉率比较低,销售环节尚需进一步提高服务水平。从返回过程结果来看,三废污染影响、能源消耗率处于良好水平,尚需进一步减少排放,履行社会责任。

## 4 结 语

(1)结合汽车工业供应链的特点,分别从采购、生产、销售、返回 4 个过程建立了汽车工业供应链绩

价矩阵,考虑它们的权重系数,则可以得到采购过程的评价结果为

$$\mathbf{K}_R = (0.284\ 3, -0.135\ 9, -0.406\ 2, -0.575\ 5, -0.676\ 8)$$

由专家对各个过程在供应链中的重要性进行打分,得出各个过程的权重系数  $\mathbf{W} = (0.28, 0.35, 0.26, 0.11)$ 。

则整个供应链绩效评价为

效评价指标体系。

(2)建立了基于 AHP-可拓理论的供应链绩效评价方法,利用 AHP 方法确定评价指标的权重,以综合关联度作为评价准则,从而避免了评价过程的主观性。

(3)利用建立的指标体系和评价方法,对某汽车公司的供应链绩效进行了评价,绩效评价结果为优秀,并为供应链的进一步优化指明了方向。

### 参考文献:

#### References:

- [1] 柴跃廷,刘 义.敏捷供应链管理:现代集成制造系统系列[M].北京:清华大学出版社,2001.
- [2] 方承武,雷勋平.基于顾客满意度的供应链绩效评价[J].安徽工业大学学报:自然科学版,2005,22(4):412-415.  
FANG Cheng-wu, LEI Xun-ping. Supply chain performance evaluation based on customer's satisfaction [J]. Journal of Anhui University of Technology: Natural Science, 2005, 22(4): 412-415.
- [3] 闫秀霞,孙林岩,王侃昌.物流服务供应链模式特性及其绩效评价研究[J].中国机械工程,2005,16(11):969-974.

- YAN Xiu-xia, SUN Lin-yan, WANG Kan-chang. Research on performance evaluation and characteristics in logistics service supply chain[J]. China Mechanical Engineering, 2005, 16(11): 969-974.
  - [4] 姜方桃. 供应链管理绩效评价的模糊综合评价法[J]. 统计与决策, 2006(18): 160-162.  
JIANG Fang-tao. Fuzzy synthetic evaluation method on supply chain management performance[J]. Statistics and Decision, 2006(18): 160-162.
  - [5] 黄国青, 华凤燕. 绿色供应链绩效评价的模型研究[J]. 工业工程, 2007, 10(1): 116-121, 129.  
HUANG Guo-qing, HUA Feng-yan. Research model of performance evaluation of green supply chain[J]. Industrial Engineering Journal, 2007, 10(1): 116-121, 129.
  - [6] 林佳. 供应链复合绩效评价研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2007.
  - [7] 席一凡, 王超, 聂兴信. 基于模糊神经网络的供应链绩效评价方法研究[J]. 情报杂志, 2007(9): 77-79.  
XI Yi-fan, WANG Chao, NIE Xing-xin. Research on evaluation of supply chain performance based on FNN[J]. Journal of Information, 2007(9): 77-79.
  - [8] 邓叶飞. 汽车工业供应链绩效评价体系研究[D]. 焦作: 河南理工大学, 2010.
  - [9] Kleijnen J P C, Smits M T. Performance metrics in supply chain management[J]. Journal of the Operational Research Society, 2003, 54(5): 507-514.
  - [10] 廖文辉. 供应链环境下的汽车零部件供应商综合评价体系的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
  - [11] Gunasakaran A C, Patel E T. Performance measures and metrics in a supply chain environment[J]. International Journal of Operations and Production Management, 2001(1): 71-87.
  - [12] 孟颖, 张强, 杨玉中, 等. 煤业集团供应商选择的可拓方法[J]. 运筹与管理, 2006, 15(6): 145-150.  
MENG Ying, ZHANG Qiang, YANG Yu-zhong, et al. Extensive method of supplier selection in coal group[J]. Operations Research and Management Science, 2006, 15(6): 145-150.
  - [13] 杨玉中, 吴立云, 黄卓敏, 等. 矿井通风系统评价的可拓方法[J]. 中国安全科学学报, 2007, 17(1): 126-130.  
YANG Yu-zhong, WU Li-yun, HUANG Zhuo-min, et al. The extension method for the evaluation of mine ventilation system[J]. China Safety Science Journal, 2007, 17(1): 126-130.

.....

(上接第 79 页)

  - [3] 王晓原, 杨新月. 驾驶行为非参数微观仿真模型[J]. 交通运输工程学报, 2007, 7(1): 76-80.  
WANG Xiao-yuan, YANG Xin-yue. Nonparametric microscopic simulation model of driving behavior[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2007, 7(1): 76-80.
  - [4] 王炎, 王华. 基于 BP-NN 和遗传算法的高速公路交通量预测[J]. 计算机工程与应用, 2006, 18(4): 226-228.  
WANG Yan, WANG Hua. Prediction of highway traffic based on BP-neural network and genetic algorithms[J]. Computer Engineering and Applications, 2006, 18(4): 226-228.
  - [5] 陈淑燕, 陈家胜. 一种改进的灰色模型在交通量预测中的应用[J]. 公路交通科技, 2004, 21(2): 80-83.  
CHEN Shu-yan, CHEN Jia-sheng. Application of a novel grey model to traffic flow prediction[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2004, 21(2): 80-83.
  - [6] 陈雷. 灰色理论在高速公路交通量预测中的应用[J]. 辽宁交通科技, 2005, 12(10): 37-39.  
CHEN Lei. Application of gray theory in freeway traffic volume prediction[J]. Liaoning Communication Science and Technology, 2005, 12(10): 37-39.
  - [7] 彭辉, 魏金丽, 陈宽民. 运输通道公路旅客中长距离 OD 模型构造及分段客运量预测[J]. 中国公路学报, 2006, 19(2): 101-105.  
PENG Hui, WEI Jin-li, CHEN Kuan-min. Construction of OD model of middle and long distance highway trips and prediction of segment passenger volume of transport corridor[J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(2): 101-105.
  - [8] 许研. 长春—吉林高速公路交通量预测分析[D]. 长春: 吉林大学, 2007.
  - [9] 邓聚龙. 灰预测与灰决策[M]. 修订版. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.