

基于模糊综合评价法的 绿色供应链中环境管理绩效研究^①

焦 瑞

郑州工业应用技术学院 管理学院, 郑州 451100

摘要: 供应链管理对一家企业有着举足轻重的作用, 绿色供应链是在完整的供应链中将环境因素加以考虑, 使生产经营活动对环境的负面影响最小, 同时更加合理有效地使用资源. 对供应链中环境管理绩效的考评可以促进其健康有序地发展, 使之更加完善. 本文利用模糊综合评价法对绿色供应链中环境管理绩效进行研究, 并且给出较为详细的计算方法, 且以跨国公司宜家为例, 利用本文提出的模糊综合评价法对其绿色供应链中环境管理绩效进行实例运算. 结果表明: 计算得出对绿色供应链进行环境管理绩效为 81.12 分, 可以明显改善企业的整体综合绩效.

关键词: 模糊综合评价法; 绿色供应链; 环境管理绩效

中图分类号: F272.7

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2020)09-0071-07

所谓供应链就是将原材料供应商、产品制作商、分销零售商及最终客户有机地结合, 构成链状系统. 供应链管理就是在满足相关需求的同时, 将供应链上的各个节点有效地结合. 传统的供应链管理体系是将整个系统的利益最大化作为目标, 甚少考虑非财务数据的相关内容, 比如相关的社会效益和对环境的影响. 然而, 整个供应链各个环节, 从原辅材料的获取、产品的生产加工、分销、产品的使用等各个环节都会产生相应的废弃物, 对环境会造成较严重的污染, 甚至会威胁到人类的健康及相关区域的生态平衡. 产品的回收和利用也改变着供应链中资源的流向.

评价体系能够全面地反映出绿色供应链的绩效, 同时还须具有一定的可操作性、可比较性及合理性. 为了较为全面地对其进行评价, 供应链中的财务指标及非财务指标须进行有机的结合. 因此, 在绿色供应链中对其绩效的评价便成为绿色供应链研究内容中必不可少、甚至是最重要的问题. 绿色供应链绩效评价在一定程度上对宏观经济可持续发展进行了较为有效的评价, 同时在微观方面为企业的绿色发展理论提供了一种较为实用的研究手段. 使用平衡计分卡的方法对绿色供应链的环境管理绩效进行研究, 得出环境绩效的改善可以极大地促进财务绩效的增长^[1]. 国内的专家学者也对绿色供应链管理进行了相关的研究, 张娟^[2]运用模糊判断法对绿色供应链的整体绩效进行了研究. 张丽^[3]也对绿色供应链使用模糊判断的方法进行了相关的理论研究. 白世贞等^[4]从经济绩效、社会绩效、环境绩效 3 个维度建立相关的绿色供应链绩效评价指标体系, 并基于灰色评价模型对猪肉绿色供应链进行绩效评价.

基于国内外学者的相关研究成果, 本文对绿色供应链进行较为深入的研究, 在现有绿色供应链评价体

① 收稿日期: 2019-07-02

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(71603243); 国家社科一般项目(17BJY088).

作者简介: 焦 瑞(1981—), 女, 硕士, 副教授, 主要从事企业管理研究.

系中引入社会和环境方面的相关因素,且利用较为成熟的模糊综合评价模型对其绩效评价进行讨论,同时结合相关的案例进行实证分析,为绿色经济的绩效评价提供一种较为实用的研究策略。

1 绿色供应链中评价指标

供应链管理是人们在深刻理解供应链中各个节点的相关内在关系与联系的基础上,利用行之有效的方法对供应链中各个节点进行有效的监督、组织、协调,并对材料在供应链各个节点中的流通及相关信息流、价值流进行合理的调控,期望达到最佳的经济效应^[5]。供应链管理受到了学术界、企事业单位的高度关注,但目前的供应链管理多集中在相关数学模型的构建、相关经济效益的最大化方面,供应链对环境的负面影响及资源浪费等方面涉及较少。

绿色供应链管理的绩效评价是指企业引入绿色供应链管理体系后,相关企业的财务绩效、环境绩效和经营绩效是否提高,对企业长期有效的发展是否有促进作用,最终实现财务绩效与非财务绩效的效益最大化。在绩效评价中不仅要关注企业的财务绩效,还要重点关注其环境绩效。为较为全面地分析企业绿色供应链对环境的负面影响与企业整体绩效之间的关系,建立一套完成的绩效评价指标体系是不可或缺的重要一环^[6]。

本文将从以下 3 个方面讨论绿色供应链的指标选取及使用,分别是指标的选取原则、评价指标的初步筛选、筛选指标的进一步优化。指标是反应一定社会现象或者自然现象的特征概念,或者是具体的数值,将若干相关指标进行结合形成指标体系,可以对复杂的现象进行详细分析,最终得出其本质特征及相关的演化规律^[7]。在选取绿色供应链指标体系中应该遵循评价指标体系要全面、指标的选择要有科学性、系统性的原则,指标体系要有一定的层次性,从不同的层次讨论指标对事物的影响关系。

根据指标选取的相关原则,参考 ISO14001 中的指标体系及中国环境保护总局相关文件,选定相关指标对绿色供应链进行合理评价。相关指标包括财务指标 14 项、运营指标 16 项、环境指标 15 项。根据相关的理论分析及相关专家学者讨论,筛选出最具代表性的指标,财务指标(环境投资、绿色成本、相关培训成本、采购成本、材料循环利用的相关受益、能源消耗成本、废弃物处理、三废排放成本),运营成本,环境绩效(废气排放、废水排放、固废排放、危险/有毒材料使用、环境状况改善、能源消耗率、环保违规率、废物回收率)。该指标体系可以较好地评价绿色供应链投入与产出的关系,可以全面评价绿色供应链的整体绩效。

2 研究方法和数据来源

绿色供应链管理绩效评价中涉及到不同的评价体系,最上层为绿色供应链管理制度下的企业综合绩效评价,第二层为财务绩效、运营绩效、环境绩效评价,第三层为环境投资成本、废弃物处理、废弃物排放等具体指标评价^[8]。绩效目标评价有很多不同种类的方法,本文借鉴多目标评价分析法对指标体系进行构建,采用模糊综合评价法对绿色供应链中环境管理绩效的评价进行研究。

2.1 研究方法

综合评价就是对具有多种特征属性的事件,利用较为完善的评价指标体系对事物进行较为全面的总体评价。模糊逻辑是解决信息不精确、问题不完整的一种较为准确的分析方法。在大多数的评价方法中,综合评价往往会设计到相关的模糊因素,因此使用模糊数学方法对相关事务进行综合评价是一种行之有效的评价手段^[9],其主要优点是可将评价人员的主观想法框定在某一范围内,故评判结果较为可信。

2.2 整体绩效评价模型

根据优选的评价指标中环境绩效评价指标,依照相关的文献或者法规条文对其具体化(二级指标)进行编码,见表 1。

表 1 优选的评价指标编码

目 标	一级指标	次级指标
环境绩效 A	环境影响度 A1	废弃物比 A11
		固废毒性 A12
		废水排放 A13
		二氧化碳排放 A14
		其他废弃物排放 A15
		废弃物处理 A16
	能源消耗度 A2	能源消耗 A21
		物料消耗 A22
		能源节约 A23
	回收再利用性 A3	循环材料的利用率 A31
		产品回收率 A32
		其他材料回收 A33
	环境声誉 A4	生态效率 A41
		绿色认同度 A42

建立评价指标体系。根据建立的指标评价体系，一级评价指标的集合为 $A = \{A_1, A_2, A_3, A_4\}$ ，设一级指标 $A_i(i = 1, 2, 3, 4)$ 中每个指标各有 N 个次级指标，分别为 $A_i = \{A_{i1}, A_{i2}, A_{i3}, \cdots, A_{iN}\}$ ，表示为第 i 个一级指标中的第 N 个次级指标值，得到指标体系的矩阵形式。

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & A_{14} & A_{15} & A_{16} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} & & & \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & & & \\ A_{41} & A_{42} & & & & \end{bmatrix}$$

建立相关的权重系数矩阵。根据有关权重评价标准，对每一项次级指标确定其权重大小。

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & W_{13} & W_{14} & W_{15} & W_{16} \\ W_{21} & W_{22} & W_{23} & & & \\ W_{31} & W_{32} & W_{33} & & & \\ W_{41} & W_{42} & & & & \end{bmatrix}$$

权重的分配采用权值判断方法，具体的操作步骤如下：

- ① 首先从相关的环境稽查部门及关于绿色供应链研究的专家学者中选取一定数量的专家，组成评价小组。
- ② 编制相关的绿色供应链环境绩效评价的评判表格。评判表共有 5 个相关表格，1 个一级指标评判表格和 4 个次级指标评判表格。将各个层级评价指标作为行因子和列因子，然后进行行因子和列因子比较。
- ③ 请评价小组相关人员根据企业绿色供应链绩效管理相关实施情况及企业所取得的相关结果进行表格填写。
- ④ 然后依据各个表格中所有向量之间的重要程度关系进行打分。打分采用 5 分制，非常重要填 5，比较重要填 4，一般重要填 3，不太重要填 2，非常不重要填 1。
- ⑤ 最后根据专家小组的打分对数据进行分析计算^[10]。

统计分析是一个比较复杂的过程，下面就其分析计算过程进行讲解。

计算每一个同类层级指标的最终得分。

$$H_{in} = \sum_{i=1, j=1}^{Gi} X_{ij}$$

(1)

公式(1)中 n 代表专家小组中第 n 位人员， Gi 代表此级别指标的个数， X_{ij} 代表第 i 和第 j 个指标进行比较时的专家打分情况。

根据每一行指标的最终得分，分别算出此指标的平均得分，计算公式为

$$V_i = \sum_{n=1}^N H_n / N \quad (2)$$

公式(2)中 N 代表专家小组的人员总个数.

根据相同层级各指标的平均得分计算此指标值的权重, 计算公式为

$$W_i = V_i / \sum_{i=1}^{G_i} V_i \quad (3)$$

根据每一个指标的计算结果确定此指标的评语. 将绿色供应链中绿色管理指标的评价分为优秀、良好、中等、合格、差 5 个等级, 分别对应于百分制的 100, 80, 60, 40, 20.

评判矩阵的确定. 评判矩阵是对项目矩阵内各个影响因素进行相关评判的一种模糊映射, 可以分为单因素模糊评价和多因素综合评价.

单因素的模糊评价. 按照评价对象的第 k 个因素 A_k 进行相关评判, 对于评判的第 j 个因素 S_j 的相关隶属度为 R_{ij} , 由每一单个因素评价所组成的相关评判矩阵就是从属因素 A_i 到相关评价集的单因素模糊矩阵 R_i .

比如, 对于 A_k 评价因素中每一单个因素评价的相关隶属度相关矩阵关系为

$$A_k = K \begin{bmatrix} A_{k11} & A_{k12} & A_{k13} \\ A_{k21} & A_{k22} & A_{k23} \\ \dots & \dots & \dots \\ A_{kg1} & A_{kg2} & A_{kg3} \end{bmatrix}$$

矩阵中, A_{kij} 代表 A_k 中第 i 个相关因素的第 j 个相关评语的相关隶属关系, A_i 中总共有 g 个相关评价因子, 相关的评价矩阵中总共有 t 个相关内容.

确定隶属关系的矩阵中最为关键的是确定相关所使用的函数形式, 可以通过使用模糊统计方法得到最终的相关结果. 由于在绿色供应链的绿色绩效评价中各个因素之间存在彼此的相互联系, 即各个评价因素之间存在着一定的模糊性, 这就意味着各个评价因素之间不会存在明显的边界, 从而导致其隶属度的计算不能使用求定量因子隶属度的方法. 将评价的相关矩阵与对应的权重矩阵差乘进行模糊变化, 得到模糊评价矩阵

$$Y_k = W_k \cdot R_k = \{Y_{k1}, Y_{k2} \dots Y_{kg}\}$$

多因素综合评价法. 多因素综合评价法将单因素模糊评价价值综合利用, 用来组成更高级别的评价矩阵, 使用单因素模糊评价法的相关计算过程将 R_i 与相对应的权重系数进行相乘, 得出单一评价因素的综合评价结果 Y_i , 由单因素的评价结果构成更高级别的相关矩阵, 最终得出综合评价结果. 该综合评价结果相关矩阵不仅考虑了所有相关因素的影响, 而且保留了各个级别全部的评价信息.

最后计算出综合相关评分 $M = Y \cdot S^T$, 公式中的 M 代表综合评价得分; Y 代表综合评价的相关矩阵关系; S^T 代表综合评价中各个等级得分的向量关系, 这是 S 的转置矩阵. M 值的大小从侧面反映出不同评价的优劣关系, 为绿色供应链中环境绩效相关评价提供了一定的参数支持.

本文计算所得的绿色供应链中环境管理绩效的评价, 综合反映了企业实施绿色供应链体系后环境管理绩效的改善情况.

3 实证分析

以大型跨国企业宜家为例, 说明模糊综合评价法在绿色供应链环境管理绩效中的应用.

绿色供应链管理在大型跨国公司中得到了广泛应用, 宜家作为一家兼具产品制造商和分销零售商的企业, 在绿色供应链管理方面具有一定的特色. 宜家绿色供应链管理体系涉及到供应链的各个环节, 从绿色投入到原材料, 在原材料供应商的管理、绿色运输、绿色营销等各个环节都体现出绿色供应链环境管理绩

效的相关理念.

宜家建立了完善的物流体系,为减少企业内部废弃物的产生,宜家强制要求所有原材料供应商必须使用统一标准的包装物,当原材料使用完毕后原包装会返回到相关的供应商,再次加以利用. 公司建立了世界上最为先进的废弃物处理系统,将相关废弃物进行高效处理后,达到相关的排放标准,体现了其“绿色工厂、环保产品”的企业理念. 本文以宜家的绿色供应链环境管理绩效为例,使用模糊综合评价法对其进行相关的研究.

通过对宜家实施绿色供应链的相关调查,对其绿色供应链环境绩效进行模糊的综合评价. 首先选择宜家内部环保部门的相关人员、国家环保部门直接责任人员以及高等学府的知名专家学者组成对宜家绿色供应链中环境绩效评价的专家小组,根据相关步骤及评价指标编制相关的调查问卷. 专家小组成员实地对宜家生产工厂、原材料供应商、分销零售店铺及运输环节进行详细调研,根据相关的调研结果对其进行打分. 最后根据专家小组的打分情况进行数据归纳、总结及分析.

根据专家小组的相关打分情况,得出模糊关系矩阵

$$\begin{aligned} R_1 &= \begin{pmatrix} 0.35 & 0.25 & 0.20 & 0.10 & 0.10 \\ 0.55 & 0.35 & 0.10 & 0 & 0 \\ 0.50 & 0.30 & 0.13 & 0.06 & 0.01 \\ 0.29 & 0.26 & 0.19 & 0.16 & 0.10 \\ 0.39 & 0.34 & 0.21 & 0.06 & 0 \\ 0.42 & 0.31 & 0.16 & 0.05 & 0.06 \end{pmatrix} \\ R_2 &= \begin{pmatrix} 0.39 & 0.31 & 0.19 & 0.06 & 0.05 \\ 0.51 & 0.34 & 0.10 & 0.04 & 0.01 \\ 0.29 & 0.36 & 0.21 & 0.09 & 0.05 \end{pmatrix} \\ R_3 &= \begin{pmatrix} 0.45 & 0.39 & 0.10 & 0.04 & 0.01 \\ 0.34 & 0.41 & 0.21 & 0.06 & 0 \\ 0.32 & 0.33 & 0.14 & 0.14 & 0.07 \end{pmatrix} \\ R_4 &= \begin{pmatrix} 0.44 & 0.31 & 0.15 & 0.09 & 0.01 \\ 0.33 & 0.42 & 0.15 & 0.05 & 0.05 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

再根据专家评估的相关数据,首先对一级指标进行相关权重的计算

$$W = \{0.36 \quad 0.29 \quad 0.21 \quad 0.14\}$$

对于一级评价指标而言,环境影响度的权重最大,能源消耗度其次,回收再利用性再次,环境声誉的影响最小. 这说明在绿色供应链体系中,专家学者越来越重视供应链系统对环境方面的影响,这也间接说明环保理念在人民的意识中越来越强烈. 能源消耗度权重仅次于环境影响这一项,资源作为不可再生能源在国民经济发展中的作用不言而喻,人们对于资源消耗的担忧也越来越重,在绿色供应链中资源消耗方面的考量也就不可避免地成为一个重要方面. 回收再利用是材料或者能源的重复使用,可以发挥其最大的使用价值,由于资源的不可再生性,使得材料的循环重复使用变得越来越重要,因此废弃资源的价值再利用也应该获得更大的关注. 在一级评价指标中,环境声誉一项所占的权重最低,仅为 14%左右.

对绿色供应链环境绩效评价的次级指标进行相应权重计算.

$$W_1 = \{0.10 \quad 0.24 \quad 0.21 \quad 0.16 \quad 0.09 \quad 0.20\}$$

W_1 是一级指标环境影响度中次级指标的相关权重,其中权重最大的为固废毒性、废水排放、废弃物的处理,此 3 项的比例远远超过其他 3 项. 固体废弃物的毒性会影响到相关区域的环境,对其生态系统内各个生物的影响较大,甚至会威胁到人类的生存或者是导致此区域生态系统崩溃. 废水排放对地球水资源的

影响较大,目前工业排放的废水中大多数会带有重金属元素及其他威胁人类生存的物质.地球的淡水资源十分短缺,若工业废水不加节制地排放,会使本来就很稀缺的淡水资源更加稀缺.淡水资源污染目前已成为各国政府最为头疼的问题,致使许多人患有不治之症,甚至因为饮用受污染的淡水而死亡.因此,整治相关废气的不合理处理变得尤为重要,这也是一级指标下废弃物处理所占权重较大这一数据现象的缘由.

$$W_2 = \{0.25 \quad 0.45 \quad 0.30\}$$

W_2 是一级指标能源消耗度中次级指标的相关权重,其中物料消耗所占的权重最大,达到 45%.由于现代工业的发展对资源的消耗越来越大,导致地球上某些不可再生资源过度消耗,产生了十分严重的环境问题.比如,现代工业对木材的消耗,导致大量原始森林灭绝,使得水土流失严重,不定期发生的沙尘暴就是其产生的恶果.能源包括不可再生能源和可再生能源,当前可再生能源的范围越来越大,例如太阳能、风能、潮汐能、地热能等.

$$W_3 = \{0.42 \quad 0.29 \quad 0.29\}$$

W_3 是一级指标回收再利用性中次级指标的相关权重,其中权重最大的是循环材料的利用率,占比 42%.循环材料的再利用可以充分发挥其使用价值,由于循环再利用的材料大多数是辅助材料,其循环再利用对产品性能的影响较小.因此,对于循环再利用材料在绿色供应链管理中的重复使用应当加以考虑.

$$W_4 = \{0.62 \quad 0.38\}$$

W_4 是一级指标环境声誉中次级指标的相关权重,其中生态效率占比为 62%.

由 $Y_k = W_k \cdot R_k (k=1, 2, 3, 4)$, 可以求得

$$\begin{aligned} Y_1 &= (0.449, 0.304, 0.154, 0.059, 0.035) \\ Y_2 &= (0.416, 0.337, 0.154, 0.066, 0.028) \\ Y_3 &= (0.376, 0.384, 0.146, 0.079, 0.015) \\ Y_4 &= (0.409, 0.341, 0.150, 0.079, 0.021) \end{aligned}$$

最终通过相应的计算得出总的隶属度相关矩阵

$$R = \begin{bmatrix} 0.449 & 0.304 & 0.154 & 0.059 & 0.035 \\ 0.414 & 0.339 & 0.154 & 0.066 & 0.028 \\ 0.376 & 0.384 & 0.144 & 0.081 & 0.015 \\ 0.411 & 0.341 & 0.148 & 0.078 & 0.022 \end{bmatrix}$$

根据权重系数 $W = \{0.36 \quad 0.29 \quad 0.21 \quad 0.14\}$, 计算出总的绿色供应链中环境绩效管理的评价矩阵 $Y = W \cdot R = (0.419, 0.335, 0.154, 0.069, 0.025)$, 最后计算出绿色供应链中环境管理绩效的综合评分: $M = Y \cdot S^T = 81.12$, 基本评定为良好.

4 结 语

由于绿色供应链中环境绩效管理涉及到较多的模糊状态因素,因此对其进行评价是一件非常复杂的工作.本文主要讨论绿色供应链体系环境绩效评价中指标体系的建立,并利用模糊综合评价方法对其进行解析.宜家在实行绿色供应链后,其环境管理绩效得到显著提升,综合得分为 81.12,其中环境影响度和能源消耗度是最主要的影响因子,对绿色供应链中环境管理绩效起到非常重要的作用.这为企业是否实施绿色供应链管理提供了一定的理论依据,在某种程度上也为绿色供应链的具体操作提供了借鉴.本文探讨了模糊综合评价法在宜家绿色供应链环境绩效管理中的应用,最终得出宜家的绿色供应链环境绩效评价为良好的结论.

参考文献：

[1] GUAN Y H, CHENG H F, YE Y. Performance Evaluation of Sustainable Supply Chain Based on AHP and Fuzzy Comprehensive Evaluation [J]. Applied Mechanics and Materials, 2010, 26-28: 1004-1007.

[2] 张 娟. 基于模糊数学及网络 DEA 模型的绿色供应链评价方法 [J]. 统计与决策, 2016(14): 41-44.

[3] 张 丽. 基于模糊综合评价法的高校财务预算绩效评价研究 [J]. 会计之友, 2017(6): 76-79.

[4] 白世贞, 郭秋霞, 汪洋洋. 基于灰色评价模型的猪肉绿色供应链绩效评价 [J]. 江苏农业科学, 2017, 45(14): 307-311.

[5] 成琼文, 周 璐. 基于系统动力学的绿色供应链管理实践路径仿真 [J]. 科技管理研究, 2016, 36(23): 226-231.

[6] 方陈承, 张建同. 绿色供应链管理对企业绩效的影响——一项元分析研究 [J]. 科技管理研究, 2017, 37(24): 234-240.

[7] 曾佑新, 王 斌. 基于绿色供应链的报废汽车企业绩效评价研究 [J]. 工业技术经济, 2017, 36(4): 98-106.

[8] 刘会燕, 戢守峰. 考虑消费者绿色偏好的竞争性供应链的产品选择与定价策略 [J]. 管理学报, 2017, 14(3): 451-458.

[9] 曹炳汝, 樊颜青. 基于 DEA 与主成分分析的绿色农产品供应链绩效评价研究 [J]. 科技管理研究, 2017, 37(6): 72-77.

[10] 许 良, 韩小川. 汽车排气制造业可持续供应链绩效评价研究 [J]. 邢台学院学报, 2017, 32(1): 100-105.

On Environmental Management Performance in Green Supply Chain Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation

JIAO Rui

School of Management, Zhengzhou University of Industry Technology, Zhengzhou 451100, China

Abstract: Supply chain management plays a decisive role in an enterprise. Green supply chain is to take environmental factors into consideration in a complete supply chain, so as to minimize the negative impact of production and operation activities on the environment and make more reasonable and effective use of resources. The assessment of environmental management performance in supply chain can promote its healthy and orderly development and make it more perfect. Based on the fuzzy comprehensive evaluation method to research environmental management performance in green supply chain, and gives the detailed calculation method, and the multinational companies—ikea, for example, by means of fuzzy comprehensive evaluation, research has been put forward in this paper the environmental management performance in green supply chain for example calculation, the results show that the calculated analysis was carried out on the green supply chain management environment performance of 81 points, can significantly improve the integrated performance of the enterprise.

Key words: fuzzy comprehensive evaluation method; green supply chain; environmental management performance

责任编辑 夏 娟