

# 基于 DEA 方法的企业绿色供应链运营效率评价研究

方 炜 杨 步

(西北工业大学管理学院, 西安 710072)

〔摘要〕绿色供应链在传统供应链的基础上兼顾了经济与环境效益,是社会可持续发展的重要推动力。对绿色供应链运营效率进行评价有助于企业了解自身的不足,从而对企业绿色供应链管理做出反馈,促进企业绿色供应链运营的良好发展。本文通过文献梳理与总结,构建了企业绿色供应链运营效率评价的投入、产出指标,在此基础上,利用 DEA 方法并通过算例进行实证研究,以期改善企业绿色供应链运营效率,促进企业更好地实施经济效益与环境效益“双赢”的绿色供应链管理模式的提出更加有益的建议。

〔关键词〕绿色供应链 效率评价 DEA 再利用率 库存周转率 满意度

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2017.12.003

〔中图分类号〕F259.23 〔文献标识码〕A

## 引 言

随着目前社会对环境保护的关注度日益提升,保护环境、绿色发展已贯穿到社会的各行各业,由此就产生了考虑到环境因素的绿色供应链。绿色供应链是对传统供应链的进一步发展,是兼具环境效益与经济效益的供应链发展方式。针对绿色供应链,随之产生了绿色供应链管理。绿色供应链管理作为一种新的管理模式,是对以往管理方式的创新,它是一种将环境因素集成在整个供应链中的现代管理模式,以绿色制造理论和供应链管理技术为基础,涉及供应商、生产厂、销售商及最终顾客,其目的是使产品从原材料获取、加工、包装、仓储、运输、使用到报废处理的整个过程中,对环境的影响最小,资源利用率最高。企业实施绿色供应链管理是企业获得持续竞争优势、承担环境保护责任与促进社会可持续发展的重要体现,对于社会、企业及顾客都有重要作用。

美国著名管理大师彼得·德鲁克曾经说过:“如果你不能评价,你就无法管理”。因此,科学合理的对绿色供应链运营效率进行评价将有利于对绿色供应链管理活动做出重要反馈,从而形

成闭环绿色供应链管理,不断提高企业绿色供应链运营效率。绿色供应链运营效率评价问题目前已在企业和学术领域中受到广泛关注与重视。

## 1 相关理论研究

### 1.1 供应链绩效评价

国内外学者从不同的行业特征,差异性的指标体系以及针对性的评价方法等方面对供应链绩效评价展开了研究。王亚峰等(2016)<sup>[1]</sup>将供应链运作参考模型与平衡记分卡模型相结合,构建了家电行业供应链绩效评价指标体系,在此基础上,利用模糊评价法并以 X 家电企业为例进行实证研究,最后分析得出该家电企业供应链运营的不足。王勇等(2015)<sup>[2]</sup>建立了某超市农产品供应链绩效评价指标体系,利用因子分析对指标进行降维并计算了该超市 2007~2012 年供应链绩效的因子得分,根据得分提出该超市未来供应链运营的改进措施。关永娟等(2016)<sup>[3]</sup>明确了旅游业供应链绩效评价的内涵,通过分析影响旅游业供应链绩效评价的 4 个主要影响因素,得出旅游业供应链绩效评价指标体系。许良等(2017)<sup>[4]</sup>建立了汽车制造业的可持续供应链绩效评价指标

收稿日期: 2017-07-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(项目编号: 71572148); 陕西省自然科学基金研究计划项目(项目编号: 2015JM7382)。

作者简介: 方炜,西北工业大学管理学院副教授,管理学博士。研究方向: 项目管理、运筹与优化。杨步,西北工业大学管理学院硕士研究生。研究方向: 项目管理、运筹与优化。

体系,在此基础上构建了绩效评价模型,利用F公司进行实证分析以验证模型的有效性。席一凡等(2007)<sup>[5]</sup>从用户满意、信息共享程度、物流一体化水平以及企业合作伙伴关系4个层面构建了企业供应链绩效评价的指标体系,建立了基于模糊神经网络的供应链绩效评价方法来对供应链绩效进行评价并进行实证分析,研究得出:该评价方法保证了结果的客观性,可利用于中小企业的供应链绩效评价。曹炳汝等(2017)<sup>[6]</sup>从经济、供应链运营、创新、环境4个方面构建了绿色农产品供应链绩效评价指标体系,利用主成份分析对指标体系进行降维,利用DEA中的BC<sup>2</sup>模型对山东省10个市的绿色农产品供应链绩效进行评价并提出改善供应链绩效的措施。周云等(2016)<sup>[7]</sup>明确了绿色供应链的内涵并说明了农产品冷链物流企业采用绿色供应链的必要性,根据建立评价指标体系的原则,构建了农产品冷链物流企业绿色供应链绩效评价的指标体系,为今后建立更加完备的绿色供应链绩效评价指标体系提供了指导。张英华等(2016)<sup>[8]</sup>定义了供应链协同绩效的内涵,从构建原则、评价模型以及指标体系内容3个角度出发构建了供应链协同绩效的综合评价指标体系,利用梯形模糊数相似度的评价方法,以A客车公司为例进行了实证研究。P.Chithambaranathan等(2015)<sup>[9]</sup>构建服务业供应链环境绩效评价指标体系,选取2个案例并利用基于灰色混合多准则决策方法进行实证分析,以此来对环境绩效评价和验证指标选取的有效性。

## 1.2 绿色供应链研究

目前学者们对绿色供应链的研究主要有3类:

(1) 讨论绿色供应链各节点企业的最优行为策略。刘会燕等(2017)<sup>[10]</sup>考虑到消费者的绿色偏好,研究了由制造商和排他性零售商构成的两条竞争供应链,并构建了两条供应链的3种竞争模型,最后分析出了3种模型下的产品选择与定价策略。徐贤浩等(2016)<sup>[11]</sup>考虑了在供应链中核心制造商所在的市场有碳可交易机制以及碳排放约束的前提下的三级绿色供应链中,当上游供应商的绿色水平影响核心制造商的碳排放

量时,供应链上各个环节的最优策略。江世英等(2015)<sup>[12]</sup>在一个制造商与一个零售商构成的二级绿色供应链的背景下,建立了考虑产品绿色度的4种供应链博弈模型,然后对这4种博弈模型在产品价格、批发价格及产品绿色度等方面进行了比较分析,并进一步建立了收益共享契约下的博弈模型。朱庆华等(2011)<sup>[13]</sup>建立了绿色供应链管理中考虑产品绿色度与政府补贴分析的3阶段博弈模型,通过对模型的分析,得出结论对于绿色供应链管理中政府和产品生产商做出相关决策具有非常重要的意义。曹海英等(2012)<sup>[14]</sup>构建了零售商主导型绿色供应链企业间博弈模型,通过纳什分析得出:只有通过供应商与零售商的合作才能使供应链上各企业的整体利润最大化。

(2) 讨论绿色供应链的成功标准及其关键影响因素。张艳丽等(2017)<sup>[15]</sup>建立了无政府补贴、政府补贴给绿色产品制造商及政府补贴给绿色消费者3种绿色供应链的决策模型。其研究结论表明:政府补贴有利于绿色产品制造商的发展,且从绿色企业的发展来看,政府补贴给绿色产品制造商要比补贴给绿色消费者更有利于绿色产品的发展。伊晟等(2016)<sup>[16]</sup>以210家制造企业为样本,研究了绿色供应链管理与绿色创新间关系。其中绿色供应链管理包括:生态设计、投资回收、内部环境管理、消费者协作和绿色采购;绿色创新包括:绿色产品创新以及绿色流程创新。研究得出:企业绿色供应链管理活动中的内部环境管理、生态设计以及消费者协作对绿色产品创新与绿色流程创新具有正向影响作用。方炜等(2007)<sup>[17]</sup>从企业、行业及社会3个层面定义了成功实施绿色供应链的评价层次模型,建立了成功实施绿色供应链的关键因素概念模型,最后从实施绿色供应链的3个不同管理主体出发,提出相应的管理对策。

(3) 部分的学者初步探究了绿色供应链绩效评价的指标和方法。冀巨海等(2013)<sup>[18]</sup>从经济发展、技术进步、环境保护、资源消耗、社会影响及节能减排这6个方面构建了钢铁企业绿色供应链绩效评价指标体系,利用灰色关联评价法对4家钢铁企业的绿色供应链绩效进行评价,

得出这4家企业的绿色供应链管理。邵争艳(2008)<sup>[19]</sup>从绿色供应链要实现环境效益、经济效益及社会效益3个目标出发,构建了适合纺织服装业的绿色供应链整体绩效评价体系并选择了绩效评价方法。曾佑新等(2017)<sup>[20]</sup>利用岭回归分析法对绿色供应链的绩效评价指标进行筛选,并利用BP神经网络模型对筛选的指标进行仿真训练,最后以A企业为代表的报废汽车回收公司为例进行实证分析,并提出改进企业绿色供应链绩效的措施。Özer Uygun等(2016)<sup>[21]</sup>筛选出绿色供应链管理评价指标:绿色设计、绿色购买、绿色转换、绿色物流和逆向物流,利用综合模糊多目标决策技术对公司的绿色供应链绩效进行评价以此来改进公司的绿色活动。

综合以上文献可以发现,目前关于绿色供应链的研究较多的集中在供应链中各节点企业的最优行为策略分析以及绿色供应链的影响因素研究,而较少研究绿色供应链运营效率,部分学者研究过绿色供应链绩效评价。目前关于供应链绩效评价指标体系还未形成统一规范,各研究构建的供应链绩效评价指标体系较为复杂,企业真正在应用时难以适应,因此,可考虑简化评价指标体系但又使其不失代表性。同时,上述供应链绩效评价的研究往往只考虑对供应链产出结果的度量,并未考虑到供应链的投入,要真正评价企业供应链运营的状况,除了要考虑供应链产出,同时也应考虑供应链投入,最终做到供应链产出投入最大化。因此,本文将参考以往供应链绩效评价相关文献的研究思路与内容,利用DEA方法对绿色供应链运营效率进行评价,以期改善企业绿色供应链运营、最大化企业价值提出更加有效的措施。

## 2 评价指标体系的构建

考虑到现有研究构建的绿色供应链绩效评价指标体系较为复杂,企业真正在应用时难以适应,本文综合已有文献的研究<sup>[22-25]</sup>并结合评价指标体系构建应遵循的简便性、代表性、科学性原则,从绿色供应链运营对企业绿色水平及内部业绩水平影响的角度出发,构建了企业绿色供应链运营效率评价指标体系。

在构建绿色供应链运营效率评价指标体系前,首先需要界定有绿色供应链运营的企业与无绿色供应链运营企业的显著差别,这样才能更具针对性地提取出有绿色供应链运营的企业与无绿色供应链运营的企业相比要多投入的生产要素。根据绿色供应链的内涵可知,绿色供应链就是把供应商、制造商、分销商、零售商以及最终客户整合起来,串成一条链以方便后续进行综合管理,目的是使企业生产全过程对环境的影响(负作用)最小,资源利用效率最高。要完美的把这条链串好就需要解决两大核心问题:(1)关系问题;(2)连接问题。所谓的关系问题就是要解决绿色供应链上各节点企业愿不愿意串在一起以促成绿色供应链管理,要解决这一问题就需要投入相应的绿色供应链人员来协调各节点企业关系,促使他们都愿意为绿色供应链运营做出努力。绿色供应链人员也负责后续建成的绿色供应链上各节点企业的管理工作。连接问题就是在各节点企业愿意协作后,需要建设相关系统把他们连接成一条链,以方便后续利用信息系统对各节点企业与顾客进行管理。信息系统的作用就是收集、传输各节点企业间及各节点企业与顾客间反馈的信息,以加速绿色供应链的运营,促进供应链的绿色发展。所以,企业绿色供应链运营的另一大投入就是绿色供应链信息费用。绿色供应链信息费用具体包括绿色供应链中为了连接、整合各节点企业与顾客(供应商、制造商、分销商、零售商以及最终顾客)而建立的信息系统所花费的费用以及后期系统维护的费用。

综合上述分析,本文选取绿色供应链人员费用、绿色供应链信息费用作为绿色供应链运营效率评价的投入指标。

企业在绿色供应链上投入了一定的资源,当然也期望与无绿色供应链运营企业相比能在经营业绩上有较多产出,或者说改进。因此,本文将从绿色供应链运营对企业绿色水平及内部业绩水平影响的角度出发,选取原材料及能源的再利用率、顾客对企业绿色度的满意度以及库存周转率三大指标作为绿色供应链效率评价的产出指标。

### 2.1 原材料及能源的再利用率

原材料及能源的再利用率是指单位原材料、能源消耗中关于原材料、能源的再利用程度，比率系数越高，则说明原材料及能源的再利用效果越佳。该产出指标是绿色供应链运营中“绿色”二字的重要体现，绿色供应链运营是企业综合考虑经济效益与环境效益的重要体现，是促进社会可持续发展的一种有效途径，要促进社会可持续发展，其中资源的循环使用是一个重要的推手。原材料及能源的再利用率体现出企业循环使用资源的能力，是企业承担环境保护责任的重要体现，也是企业绿色供应链运营产出价值的核心体现。

### 2.2 顾客对企业绿色度的满意度

在2015年6月的美国客户关怀与服务论坛上，美国密歇根大学 Ross 商学院的科罗思·费耐尔教授谈到随着目前供需间力量对比渐渐向需方倾斜，激烈的竞争已转为买方市场，因此，供方为了不断满足顾客的需要，就需要提供质量更好、形式更多、价格更优惠的产品与服务来提高顾客满意度、增加产品或服务的市场占有率。同时，企业在满足顾客需要的同时也能促进国家 GDP 的增长。可以说就当前的竞争环境，顾客满意度对企业的重要性已经达到一个有史以来的最新高度，非常值得引起企业的重视。结合到绿色供应链的满意度上，顾客满意度更多的体现在顾客对企业绿色度的满意度。顾客对企业绿色度的满意度可体现在：（1）设计时：产品零部件是否标准化、模块化及可拆卸；（2）采购时：采

购的原材料能否可再循环、再利用；（3）生产时：生产工艺是否绿色、是否优化生产资源的配置、生产能源是否清洁环保、生产过程是否产生有毒物质、生产设备是否属于环境友好型；（4）配送时：包装、运输是否环保；（5）营销时：是否提供绿色产品或者是否采用绿色的方式来销售其产品。

### 2.3 库存周转率

库存周转率应该是衡量企业供应链运营水平最重要的指标，是供应链运营对企业内部业绩水平的影响，也是各类供应链运营所必须关注的，包括绿色供应链运营。库存周转率就像是企业经营健康状况的体温计，企业经营的好与坏最终都会体现到库存周转率上，同时也体现在库存上。库存是供应链上各种问题的聚焦点。比如说供应商交货不及时、交货质量差、交货周期长，那就需要多备点货以应对短缺；销售预测不准确，那就导致生产需要多备货，导致采购需要多采购原材料；生产车间设备经常出故障，就会导致在制品库存多等等，可以说公司任何一个环节出问题，最后都会反映到库存上。库存一旦出问题那势必也会导致库存周转率出问题。在同一行业，基本上都是库存周转率高的公司要比库存周转率低的公司运作的好，当一个公司库存周转率走下坡路的时候基本上也是一个公司走下坡路的时候。

以上就是构建的企业绿色供应链运营效率评价指标体系，汇总后如表1所示。

表1 绿色供应链效率评价投入、产出指标体系

指标	含义
投入	
绿色供应链人员费用	参与绿色供应链运营的所有人员的总工资
绿色供应链信息费用	绿色供应链信息系统建设与维护所花的费用
原材料及能源的再利用率	单位原材料、能源消耗中关于原材料、能源的再利用程度
产出	
顾客对企业绿色度的满意度	顾客对企业生产全过程及提供的产品与服务绿色度的综合满意程度
库存周转率	企业库存周转的速度

## 3 算例设计

### 3.1 DEA 方法

1978年著名运筹学家 Charnes、Cooper、Rhode

应用数学规划模型将有效性度量方法推广到多投入、多产出情形，提出 $C^2R$ 模型<sup>[26,27]</sup>。

假设有 $n$ 个决策单元，记为 $DMU_1, DMU_2, \dots$ ,

$DMU_n$ , 每个决策单元有  $m$  种投入和  $s$  种产出, 第  $j$  个决策单元  $DMU_j$  的投入和产出向量分别为  $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T$ ,  $y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T$ ,  $j=1, 2, \dots, n$ 。

设有待评价的决策单元  $DMU_{j_0}$  的投入产出为  $(x_{j_0}, y_{j_0})^T$ , 简记为  $(x_0, y_0)^T$ , 评价  $DMU_{j_0}$  有效性的  $C^2R$  模型的对偶模型为:

$$\min[\theta - \varepsilon(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{i=1}^s s_i^+)]$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n, s^-, s^+ \geq 0, \theta \in [0, 1] \end{cases} \quad (1)$$

其中  $s^- = (s_1^-, s_2^-, \dots, s_m^-)^T$ ,  $s^+ = (s_1^+, s_2^+, \dots, s_s^+)^T$ ,  $\varepsilon$  为非阿基米德无穷小量, 可取  $10^{-6}$ , 其引入是为了克服对多个最优解进行检验的困难。

可由模型的最优解计算出  $\theta$ 、 $\lambda$ 、 $s^-$ 、 $s^+$ , 由于  $C^2R$  模型是在假设规模收益不变的情况下建立的, 所以此时的效率值  $\theta$  应为综合技术效率 ( $TE$ ), 若  $\theta=1$ ,  $s^-, s^+=0$ , 则决策单元是 DEA 有效的, 同时为技术有效和规模有效; 若  $\theta=1$ , 存在  $s_{ij}^- \neq 0$  或  $s_{pj}^+ \neq 0$ , 则决策单元是弱有效的, 即该决策单元若将第  $i$  项投入减少  $s_{ij}^-$  或将第  $p$  项产出增加  $s_{pj}^+$ , 该决策单元就可变为有效决策单元; 若  $\theta < 1$ , 则决策单元无效, 可通过投影分析构造一个新的决策单元  $(\hat{x}_0, \hat{y}_0)$ , 使之成为有效决策单元, 其中,  $\hat{x}_0 = \theta x_0 - s^-$ ,  $\hat{y}_0 = y_0 + s^+$ 。同时可计算出  $\sum_{j=1}^n \lambda_j$ , 若  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ , 则决策单元规模收益不变,  $\sum_{j=1}^n \lambda_j < 1$ , 则决策单元规模收益递增,  $\sum_{j=1}^n \lambda_j > 1$ , 则决策单元规

模收益递减。

通过向 (1) 式中添加约束条件  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ , 可以构建考虑规模收益可变的  $BC^2$  模型, 如下所示。同样可以计算出  $\theta$ 、 $\lambda$ 、 $s^-$ 、 $s^+$ , 此时的效率值  $\theta$  为纯技术效率 ( $PTE$ ), 根据综合效率和纯技术效率可计算出规模效率 ( $SE$ ),  $SE = \frac{TE}{PTE}$ 。

$$\min[\theta - \varepsilon(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{i=1}^s s_i^+)]$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = y_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n, s^-, s^+ \geq 0, \theta \in [0, 1] \end{cases} \quad (2)$$

### 3.2 算例分析

本文选取了某典型绿色供应链运营企业 M 公司, 现对其 2007~2016 年绿色供应链运营效率进行评价, 各年的绿色供应链运营投入、产出数据如表 2~3 所示。其中绿色供应链人员费用是 M 公司一年所有参与绿色供应链运营的人员的总工资; 绿色供应链信息费用包括绿色供应链信息系统建设费用的摊销费用以及该年的系统维护费用; 原材料及能源的再利用率, 库存周转率均可以通过企业数据进行计算; 顾客对企业绿色度的满意度是按照设计的问卷获取顾客对企业生产全过程 (包括设计、采购、生产、物流) 及提供的产品与服务 (营销) 绿色度的各方面评分的总和, 问卷总分为 10 分。经 DEA 分析后, M 公司 2007~2016 年绿色供应链运营效率如表 4 所示, 各年投入、产出指标的松弛变量取值如表 5 所示。

表 2 M 公司 2007~2011 年绿色供应链运营投入、产出数据

年份	2007	2008	2009	2010	2011	
投入	绿色供应链人员费用 (万)	50.4	54.3	56.2	58.7	60.5
	绿色供应链信息费用 (万)	3.4	4.2	3.7	3.6	3.3
产出	原材料及能源的再利用率 (%)	23.5	22.3	25.2	24.8	24.6
	顾客对企业绿色度的满意度 (分)	7.5	7.8	7.6	8.1	8.3
	库存周转率 (次/年)	6.8	7.2	7.1	7.3	7.5

从DEA的分析结果中,可以得出如下现实意义用于指导实践。

### 3.2.1 规划未来活动

经DEA分析后得出,M公司2016年绿色供应链运营相对无效,利用DEA投影分析,可将无效的投入、产出转化成有效的投入、产出。计算得出,有效投入 $\hat{x}_0 = (65.17, 3.55)^T$ ,有效产出 $\hat{y}_0 = (26.5, 8.9, 8.08)^T$ ,若2017年M公司的绿色供应链运营投入、产出按照此规划,则最终预期会相对有效。

### 3.2.2 明确无效原因

通过对M公司10年的绿色供应链运营效率

进行评价,可以发现,M公司的各个效率值均值都较高,说明M公司绿色供应链运营总体良好,但同时也不难发现,在10年中导致综合效率无效的因素基本是规模效率,只有较少年份有纯技术效率。因此,M公司要清晰的认识到规模效率的提高对公司绿色供应链综合效率提高的重要性,只有把规模效率抓上去才能提高公司绿色供应链运营的综合效率。M公司的规模收益一直是处于递减状态,这说明M公司可能在投入方面投入过多,因此,M公司可适当考虑缩减绿色供应链人员数量与绿色供应链信息建设费用以达到规模收益不变的状态。

表3 M公司2012~2016年绿色供应链运营投入、产出数据

年份		2012	2013	2014	2015	2016
投入	绿色供应链人员费用(万)	63.8	65.4	68.8	70.3	74.6
	绿色供应链信息费用(万)	4.1	3.8	3.7	3.6	3.7
原材料及能源的再利用率(%)		21.5	22.4	24.3	25.2	26.5
产出	顾客对企业绿色度的满意度(分)	8.3	8.5	8.4	8.4	8.6
	库存周转率(次/年)	7.4	7.6	7.7	7.4	7.8

表4 M公司2007~2016年绿色供应链运营效率

决策单元	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	平均
综合效率	1	0.9828	0.9774	0.9647	1	0.8915	0.9258	0.9157	0.9390	0.9608	0.9558
纯技术效率	1	1	1	1	1	0.9483	1	1	0.9537	1	0.9902
规模效率	1	0.9828	0.9774	0.9647	1	0.9401	0.9258	0.9157	0.9846	0.9608	0.9652
规模收益	-	drs	drs	drs	-	drs	drs	drs	drs	drs	

注:综合效率=纯技术效率\*规模效率;drs表示规模收益递减,-表示规模收益不变,irs表示规模收益递增。

表5 各年投入、产出指标的松弛变量取值表

决策单元	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
$S_1^-$	0	0	0	0	0	0	0	0.8852	4.0378	6.5013
$S_2^-$	0	0.5277	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_1^+$	0	2.5824	0	0	0	4.1793	3.2135	0.9560	0	0
$S_2^+$	0	0.1412	0.4938	0.0144	0	0	0	0.1213	0.1024	0.3411
$S_3^+$	0	0	0.2355	0.0458	0	0.1194	0.0883	0	0.2829	0.2793

### 3.2.3 摸清管理重点

从分析结果可以看出, M公司投入冗余基本发生在绿色供应链人员投入上, 而产出不足三者基本差不多并且各年份基本都出现了产出不足, 这说明导致 M 公司规模收益递减的原因更多在于产出不足。因此, 对于投入方面的管理, M 公司要重点关注绿色供应链人员的投入, 可考虑精简人员或者加强对人员的绩效考核, 避免人浮于事的现象发生; 对于产出方面, 这是 M 公司需要重点管理的, 公司应结合各部门工作, 制定年度产出计划并分阶段进行考核以确保企业最终原材料及能源的再利用率、顾客对企业绿色度的满意度及库存周转率能有所改善。

## 4 结论与建议

在阅读相关文献的基础上, 本文构建了企业绿色供应链运营效率评价指标体系, 该评价指标体系具有简洁、易统计以及代表性等特征。在此基础上, 利用 DEA 对 M 公司的绿色供应链运营效率进行了实证分析, 通过实证分析发现, M 公司绿色供应链运营往年无效的原因主要是规模无效、规模报酬一直呈现递减状态, 其中, 产出不足是导致规模报酬递减的主要原因。最后得出的结论对于提高 M 公司绿色供应链运营效率具有一定的指导意义。

绿色供应链运营效率评价是对绿色供应链管理的有效反馈, 是促进社会可持续发展的良好途径, 希望本文的研究对于绿色供应链效率运营评价具有一定的参考和借鉴意义。尽管如此, 未来的研究还可以从以下几个方面开展: (1) 绿色供应链运营效率评价指标的进一步研究, 使提取出的指标更具针对性、简便性和有效性; (2) 进一步扩展绿色供应链运营效率评价领域, 诸如易腐品供应链运营效率评价、生鲜农产品供应链运营效率评价等。

### 参 考 文 献

[1] 王亚峰, 姜和忠. 家电企业供应链绩效评价研究: 以 X 家电企业为例 [J]. 特区经济, 2016, (12): 149~151.  
[2] 王勇, 邓旭东. 基于因子分析的农产品供应链绩效评价实证[J]. 中国流通经济, 2015, (3): 10~16.  
[3] 关永娟, 张乐. 旅游产业供应链绩效评价研究 [J]. 中国商论, 2016, (14): 143~144.

[4] 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.  
[5] 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.  
[6] 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, (6): 72~77.  
[7] 周云, 尹露, 贾岩亮. 以绿色供应链为依托的农产品冷链物流企业绩效评价 [J]. 商业经济研究, 2016, (16): 102~103.  
[8] 张英华, 彭建强. 供应链协同创新绩效评价指标体系构建 [J]. 社会科学家, 2016, (10): 71~75.  
[9] P.Chithambarathan, N Subramanian, A Gunasekaran. Service Supply Chain Environmental Performance Evaluation Using Grey Based Hybrid MCDM Approach [J]. International Journal Production Economics, 2015, 166: 163~176.  
[10] 刘会燕, 戴守峰. 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.  
[11] 徐贤浩, 罗谦, 柏庆国. 碳排放约束与碳可交易机制下多级绿色供应链的最优策略分析 [J]. 工业工程与管理, 2016, 21(1): 37~44.  
[12] 江世英, 李随成. 考虑产品绿色度的绿色供应链博弈模型及收益共享契约 [J]. 中国管理科学, 2015, 23(6): 169~176.  
[13] 朱庆华, 窦一杰. 基于政府补贴分析的绿色供应链管理博弈模型 [J]. 管理科学学报, 2011, 14(6): 86~95.  
[14] 曹海英, 温孝卿. 零售商主导型绿色供应链企业间的合作博弈分析 [J]. 统计与决策, 2012, (7): 186~188.  
[15] 张艳丽, 胡小建, 杨海洪, 等. 政府补贴下考虑消费者策略行为的绿色供应链决策模型 [J]. 预测, 2017, 36(2): 57~63.  
[16] 伊晟, 薛求知. 绿色供应链管理与绿色创新—基于中国制造业企业的实证研究 [J]. 科研管理, 2016, 37(6): 103~110.  
[17] 方炜, 黄慧婷, 刘新宇. 实施绿色供应链的成功标准与关键因素分析 [J]. 科技进步与对策, 2007, 24(12): 125~128.  
[18] 冀巨海, 刘清丽, 郭忠行. 钢铁企业绿色供应链管理绩效评价 [J]. 科技管理研究, 2013, (16): 53~57.  
[19] 邵争艳. 纺织服装业绿色供应链分析与整体绩效评价研究 [J]. 商业研究, 2008, (8): 108~112.  
[20] 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, (4): 98~106.  
[21] Özer Uygün, Ayşe Dede. Performance Evaluation of Green Supply Chain Management Using Integrated Fuzzy Multi-criteria Decision Making Techniques [J]. Computers & Industrial Engineering, 2016, 102: 502~511.

- [22] 蔡霞, 耿修林. 精益绿色供应链绩效评价设计及实证研究[J]. 科技管理研究, 2016, (9): 85~88.
- [23] 徐玮. 供应链营运资金管理的评价指标体系研究—以煤炭行业为例[J]. 统计与信息论坛, 2013, 28(5): 76~81.
- [24] 董雅丽, 薛磊. 基于ANP理论的绿色供应链管理绩效评价模型和算法[J]. 软科学, 2008, 22(11): 56~63.
- [25] 叶飞, 张婕. 绿色供应链管理驱动因素、绿色设计与绩效关系[J]. 科学学研究, 2010, 28(8): 1230~1239.
- [26] 沈荣芳. 运筹学高级教程(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [27] A Charnes, W W Cooper, E Rhodes. Measuring the Efficiency of Decision Making Units [J]. European Journal of Operational Research, 1978, (2): 429~444.

## Research on the Efficiency Evaluation of Enterprises' Green Supply Chain Operations Based on DEA Method

Fang Wei Yang Bu

(School of Management, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

[ **Abstract** ] Green supply chain which incorporates the two purposes of economic effectiveness as well as environmental effectiveness on the basis of the traditional supply chain is a great impetus for social sustainable development. Evaluating the efficiency of the green supply chain operations will help enterprises to understand the shortcomings of their own green supply chain operations, so as to provide feedbacks on the enterprises' green supply chain management and promote better development of the enterprises' green supply chain operations. This paper constructing the input and output indexes for efficiency evaluation of enterprises' green supply chain operations by carding and summarizing the literatures. On this basis, DEA method is utilized for empirical study by an example, so as to offer more beneficial suggestions for improving the efficiency of enterprises' green supply chain operations and promoting the enterprises' better implementation of the green supply chain management mode, which is a double winner of economic effectiveness as well as environmental effectiveness.

[ **Key words** ] green supply chain; efficiency evaluation; DEA; reuse rate; stock turnover; degree of satisfaction

(责任编辑: 史琳)