

基于修正 Shapley 值法的生态工业园 供应链企业利益分配研究

胡鸣明^{1,2,3,4} 米尧^{1,2} 向鹏程^{1,2}

¹ (重庆大学建设管理与房地产学院, 重庆 400045)

² (重庆大学可持续建设国际研究中心, 重庆 400045)

³ (重庆大学建设经济与管理中心, 重庆 400045)

⁴ (莱顿大学环境科学研究所, 荷兰莱顿 2333CC)

〔摘要〕 工业园区内各企业是通过彼此之间的经济利益、环境利益和社会利益而相互合作竞争, 从而形成的经济网络组织, 合作关系是否稳定取决于各利益相关者间利益的合理性, 合作关系能否稳定运行直接关系到生态工业园的成败。本文通过构建生态工业园供应链企业利益分配的 Shapley 模型, 考虑供应链企业的经营成本、承担的风险为修正因子, 确定权重并对供应链企业的增加收益分配额进行调整。并根据实例得出, 企业在贡献、风险方面分担的多, 则其合作产生的增加收益的利益分配所得也较多。实例验证修正 Shapley 模型在企业间利益分配方面的可行性和适用性, 以为生态工业园的建设以及稳定性提供理论和决策参考依据。

〔关键词〕 Shapley 值法 供应链 利益分配 生态工业园 利益补偿机制 利益最大化

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2018.03.019

〔中图分类号〕 F425; F414 〔文献标识码〕 A

引言

Lowe 教授^[1]首次提出生态工业园的概念, 而生态工业园区的本质是模仿生物的食物链构成, 通过基础设施共享、废弃物、资源能量和信息的交换, 实现物质能量多级利用, 进而使工业园区对外的排放物趋近于零且对环境无副作用, 并达到环境效益、经济效益、社会效益最大化的由制造业和服务业所构成的企业社区^[2-4]。生态工业园供应链企业间利益分配的合理性^[5,6], 直接关系到工业园的成败。

实际上, 地方政府在引入企业进入工业园来加强其经济增长时常常忽略供应链的形式和企业间的关系协调^[7], 并且园区内各企业无论竞争还是合作关系彼此都立足于满足自身利益最大化, 园区内各企业追求不同的合作利益, 其矛盾、冲突

会消磨企业后期的合作期望, 造成巨大损失^[8,9]。目前对工业园供应链企业的研究多集中在从风险的角度出发对合作伙伴利益分配进行管理, 如戴建华 (2004) 和郝海 (2005)、王岳峰 (2005) 等人基于供应链合作伙伴风险与利益的一致对生态工业园供应链企业承担风险进行了分类^[10,11]; 马士华 (2006) 和陈红华 (2011) 等人在追溯供应链各环节的问题所在以及对企业采取技术创新激励措施时认为, 供应链企业在运营过程中其经营成本比重和风险是重要的影响因素^[12,13]。上述文献是对生态工业园供应链的风险类别、评价以及控制等的研究, 对生态工业园供应链利益分配的研究还处于初步阶段。如孙世民 (2008) 和董玉宽 (2015) 等人根据理想点原理、贡献率对生态工业园供应链企业的利益分配进行了修正^[14,15]。

收稿日期: 2017-08-15

基金项目: 国家国际科技合作专项资助“智慧节能工业园建设关键平台技术与协调驱动研究”(项目编号: 2015DFG62270)。

作者简介: 胡鸣明, 重庆大学建设管理与房地产学院副教授, 重庆大学可持续建设国际研究中心研究员, 重庆大学建设经济与管理中心研究员, 莱顿大学环境科学研究所研究员, 博士。研究方向: 基于产业生态学的可持续建设管理、动态材料流分析、全生命周期可持续性分析、建筑垃圾管理、工业生态园建设。米尧, 重庆大学建设管理与房地产学院硕士研究生, 重庆大学可持续建设国际研究中心学生助理。研究方向: 生态工业园风险控制、可持续建设。向鹏程, 重庆大学建设管理与房地产学院教授, 重庆大学可持续建设国际研究中心研究员, 博士。研究方向: 风险管理。

但上述文献主要是针对生态工业园供应链利益分配的单个因素制定的方案,未制定综合因素的利益分配体系,也未考虑各个因素的横纵向之间的关系,缺乏对合作产生的增加收益的科学分配机制。因此,本文基于已有研究,通过访谈、问询确定工业园区企业间利益分配的依据,即经营成本比重、承担的风险、价值贡献,并且基于 Shapley 值法,通过明确供应链企业的横纵向关系研究各企业的利益分配额^[16],在以下三方面进行拓展:(1)建立初期的利益分配方案与调整的合作产生增加利益的利益分配方案^[17];(2)综合分析确定各因素的权重;(3)利用案例验证生态工业园供应链企业利益分配结果的合理性,从而易被各企业所接受,提高企业在合作过程中的整体利益。

1 生态工业园供应链企业利益分配的影响要素

在实践中,由于供应链企业间信息孤岛的存在,以及相关政策的不科学、利益分配方法的不适用、保障措施的不完善等,导致工业园区企业产生不合作或不科学合作的行为,严重阻碍了企业合作的积极性和有效性,影响了园区的高效转型发展。因此,为促使企业协同地建设园区,以强化利益引导与约束、畅通利益表达与反馈、解决利益冲突与争端和完善利益监督与管理为保障,来保证企业间利益。生态工业园内企业间利益分配的影响因素如下。

1.1 价值贡献

供应链企业若单独来生产制造并采取相应的措施减少对环境的影响,因其资金限制会影响企业规模,物质、能量的浪费缺口将影响企业的运营,产品制造后的废物会使环境受到很大影响以及对废物处理的费用较高,进而影响企业的效益;反之,各企业对生态工业园整体收益的贡献不同,在利益分配过程中,主体往往会高估自己的贡献。为科学地确定各主体的贡献大小,利益分配时要考虑各企业对生态工业园总收益的价值贡献,本文引入 Shapley 值法^[17]计算并分配合作联盟的新增利润收益。价值贡献是供应链企业在经营过程

中为了解决一些意外的情况对工业园的负效益而投入的有形成本、无形成本以及沉没成本,通过其自身的所得效益来量化,则供应链企业的价值贡献测度值为 a_{i3} 。

1.2 经营成本比重

生态工业园是各企业共同建立经营的,生态工业园内各企业的角色存在差异,其经营成本也有差异性。根据考察调研得知生态工业园的扩大都是后期不断的招商使产业链横纵向延伸,后期加盟的企业相对前期加盟的企业额外的建厂投资相对较小,因而将后期额外建厂投资视作经营成本中的增量成本。经营成本包含企业单位生产成本、环境成本(废弃物处理成本)^[20]、增量成本(额外投资建厂成本)、信息成本(按照供应链增加的就业岗位以及劳动局相应的就业岗位 2000 元/月折合)。通过对以上各成本的估算可以确定生态工业园供应链企业经营成本比重 a_{i1} 。

1.3 承担的风险

生态工业园由于涉及面广、参与方多、不确定性较大,其相关主体在合作过程中所处地位的差异使得其在合作过程中承担的风险大小也不同。通常上游企业在运营过程中将部分风险转移到下游企业,下游企业通过自身对风险的消化,降低风险成本。但供应链上某一企业退出结盟关系,其上下游的相关企业则要承担对自身和园区造成的风险,即各企业所承担的风险也是影响利益分配的要害。因此,为了保证合作网络的长期性,需要在对相关企业合作风险研究的基础上,遵循风险与收益一致原则,保证相关企业的利益协调。因而仅考虑企业所作出的增值贡献来进行分配有所不妥,此处应对风险因素进行权重分析。设企业各自分摊的风险系数为 C_i 、 D_i , $D_i+C_i=1$; i 表示有 i 种风险, $i=1,2,3$; m_i 表示各个风险的权重系数,且 $m_1+m_2+m_3=1$ 。则企业双方的风险综合分摊系数表示为:

$$a_{12} = C_1 \times m_1 + C_2 \times m_2 + C_3 \times m_3$$

$$a_{22} = D_1 \times m_1 + D_2 \times m_2 + D_3 \times m_3$$

按照专家对生态工业园的风险因素划分的基础,本文将生态工业园供应链企业存在的风险分

为3类,且每一类有若干个子风险,其风险层次如图1。

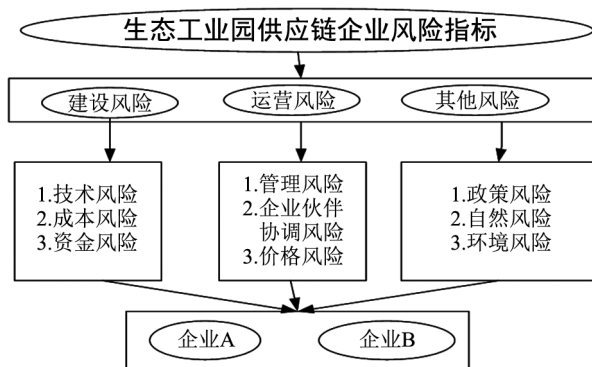


图1 生态工业园供应链企业风险层次图

以建设风险为例,如图 $A_1 = \{ \text{技术风险、成本风险、资金风险} \}$ 按照专家打分法对其赋予权重 $\alpha = (\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3)$, 采用5分量表的形式,假设评价集的隶属度 V , 统计15位专家对建设风险进行评估打分得到模糊关系矩阵:

$$U = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} \\ u_{21} & u_{22} & u_{23} \\ u_{31} & u_{32} & u_{33} \end{bmatrix}$$

并求得特征向量,归一化后得建设风险的3个子项风险的系数为:

$$\alpha = (\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3)$$

建设风险的系数矩阵为:

$$B_1 = \alpha \times U = (b_1 \quad b_2 \quad b_3)$$

双方企业分摊的风险大小表示为:

$$C_1 = B_1 \times V^T, \quad D_1 = 1 - C_1$$

2 利益分配模型的建立

2.1 基本假设

供应链企业的竞合关系稳定,利益分配使得双方满意。根据估算的生态工业园内各企业单干的收益与合作增加的收益来研究企业间的利益如何分配是合理的。

2.2 基于 Shapley 值的生态工业园供应链企业初始利益分配方案

Shapley 值法是依据各合作方带来的增加的价值大小来分配各方的利益。有如下定义:

定义1: 设 $I = \{1, 2, \dots, n\}$ 是供应链企业的集合, S 为 I 中的子集并存在函数 $v(s)$, 满足 $v(\phi) = 0$, $v(S_1 \cup S_2) \geq v(S_1) + v(S_2)$, 称 $[I, v]$ 为 n 人合

作对策。其中 $S_1 \cap S_2 = \phi$, $S_1, S_2 \subseteq I$ 。

定义2: 设 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 表示各企业的效益分配向量^[18]。其中 X_i , $\{i = 1, 2, \dots, n\}$ 表示企业 i 的收益份额^[19], 满足 $\sum_{i=1}^n x_i = v(I)$, $X_i \geq v(i)$ 。各企业的利益分配值, 记为 $\Phi(v) = \{\Phi_1(v), \Phi_2(v), \dots, \Phi_n(v)\}$ 其中, $\Phi_i(v)$ 表示企业 i 合作中的利益分配,

$$\Phi_i(v) = \sum_{S \in S_i} \frac{(n - |S|)! (|S - 1|)!}{n!}$$

$$[v(S) - v(S/i)] \quad (1)$$

式(1)中, S_i : 总集 I 企业 i 的组合; $|S|$: 组合 S 中的企业的数量; n : 合作整体 I 中的企业个数; $v(S)$: 供应链 S 的收益; $v(s/i)$: 合作中扣除 i 企业的收益; $v(s) - v(s/i)$: 企业 i 在合作中所做出的贡献值^[19]; $v(I)$: 最大收益; $v(i)$: 企业 i 不合作的收益。

Shapley 值法是假设各主体在合作过程中所承担的风险大小和所投入的成本多少对利益分配的影响是相同的^[15], 这显然与实践矛盾。为保证合理性, 还应考虑其他因素影响。

2.3 生态工业园供应链企业修正 Shapley 值的利益分配

结合实践, 为保证利益分配的科学性和公平性, 需综合考虑多种因素的综合影响作用。确定各单因素情况下的利益分配权重, 加权求得综合影响因素下供应链企业的利益分配。如 a_{11} 表示供应链上第一个企业对于第2个利益分配修正要素的测度值。具体的测度值如表1。

表1 供应链企业利益分配修正因素测度值

	1 (经营成本比重)	2 (承担的风险)	3 (价值贡献)
A	a_{11}	a_{12}	a_{13}
B	a_{21}	a_{22}	a_{23}

则供应链企业利益分配的修正矩阵可以表示为 A :

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{12} & a_{22} & a_{23} \end{bmatrix}$$

进而归一化得 B , 并且 $B \times \lambda = [R_2 \ R_1]^T$, 其中 $\lambda = [\lambda_1 \ \lambda_2 \ \lambda_3]^T$ 表示上述各修正因素对利益分配的影响大小, R_2 、 R_1 为修正后的因素分别对 A 和 B 利益分配的综合影响程度。由于较多时候企业双方进行利益分配都采取平分或者协商比例, 较为不合理, 根据影响因素进行调整后所得利益分配方案如下:

$$V_1 = \Phi_1(v) + \left(R_1 - \frac{1}{n}\right) \times v(S)$$

$$V_2 = \Phi_2(v) + \left(R_2 - \frac{1}{n}\right) \times v(S)$$

注: 参数 λ 的确定方式是通过专家的匿名打分, 按照各个专家的意见进行归类分析, 对各个因素进行权重估计, 并不断反馈调整得到。

3 算例分析

BD 铝产业园位于中国重庆市綦江区, 2010 年经重庆市经信委与发改委联合批准设立, 依托 QN 电解铝项目, 发展工业铝等材料。随着 BD 铝产业园产业链的横纵向延伸, 以供应链上规模较大的 QN 电铝与 HQ 化肥企业为例, 假定 QN 电铝与 HQ 化肥的经营成本比重为 3:7, 单位为万元。估算预期总收益 $v(I) = v(1 \cup 2) = 1250$ (万元)。如果不形成产业链模式来建设, 经走访相关企业得知, 由 QN 电铝或 HQ 企业单独完成, 其所得收益 $v(2) = 550$ (万元), $v(1) = 450$ (万元)。根据上述分析, 可确定此供应链上双方的利益分配方案。

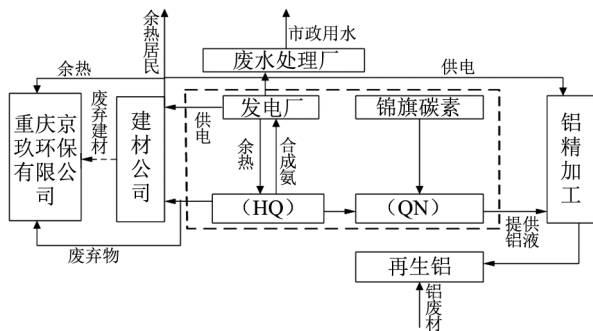


图2 供应链企业关系图

3.1 QN 电铝与 HQ 化肥的初始利益分配方案

根据公式 (1) 可得供应链上企业双方的利益分配, 见表 2。

表2 $\Phi_1(v), \Phi_2(v)$ 的相关值表

S1	1	1∪2	S2	2	1∪2
$v(s)$	450	1250	$v(s)$	550	1250
$v(s/1)$	0	550	$v(s/2)$	0	450
$v(s)-v(s/1)$	450	700	$v(s)-v(s/2)$	550	800
S	1	2	S	1	2

$$\Phi_1(v) = \frac{(2-1)!(1-1)!}{2!} \times 450 + \frac{(2-2)!(2-1)!}{2!} \times$$

$$700 = 575 \text{ (万元)}$$

$$\Phi_2(v) = \frac{(2-1)!(1-1)!}{2!} \times 550 + \frac{(2-2)!(2-1)!}{2!} \times$$

$$800 = 675 \text{ (万元)}$$

3.2 QN 电铝与 HQ 化肥的修正利益分配方案

假设企业双方都尽全力来实现供应链上总体利益最大化。按照上述对参数 λ 的确定方法以及专家的评审意见得到 3 种影响因素的系数为: $\lambda = [0.2961 \ 0.3665 \ 0.3374]$ 。按照对风险分担的评估有:

建设风险 ($m_1 = 0.3354$): $C_1 = 0.5328$, $D_1 = 0.4627$

运营风险 ($m_2 = 0.3326$): $C_2 = 0.5324$, $D_2 = 0.4676$

其他风险 ($m_3 = 0.3320$): $C_3 = 0.52$, $D_3 = 0.48$

表3 QN 和 HQ 利益分配修正因素测度值

	1 (经营成本比重)	2 (承担的风险)	3 (价值贡献)
QN	0.3	0.53	0.55
HQ	0.7	0.47	0.45

由计算可得修正矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.53 & 0.55 \\ 0.7 & 0.47 & 0.45 \end{bmatrix}$$

且利益分配影响程度:

$$\begin{bmatrix} R_2 \\ R_1 \end{bmatrix} = A \times \lambda^T = [0.4686 \ 0.5314]$$

供应链上双方企业在公平合理的合作原则下, 根据供应链上的实际发生情况对拟定的初始分配

方案进行调整,同时考虑经营成本比重、承担的风险等因素,通过各部分权重加权处理得到供应链最终的利益分配方案。则该建设项目双方最终的利益分配方案(合作产生的增加收益的利益分配)为:

$$V_1 = \Phi_1(v) + \left(R_1 - \frac{1}{n}\right) \times v(I) = 575 + (0.5314 - 0.5) \times 1250 = 614.25 \text{ (万元)}$$

$$V_2 = \Phi_2(v) + \left(R_2 - \frac{1}{n}\right) \times v(I) = 675 + (0.4686 - 0.5) \times 1250 = 635.75 \text{ (万元)}$$

上述结果为供应链上双方参与主体所能获得的最佳收益,通过比较,该模式下双方所得收益比单干时的收益都多。但加入风险和经营成本的修正因子后的利益和单纯的按照价值贡献来分配的相比,QN的所得利益有所上浮,而HQ却有所下滑,这说明QN比HQ承担的风险更大,过程中的经营成本比重更大,因而利益分配所得也较多。这种两阶段的分配方法将供应链企业实践中更多的可能影响因素考虑在内,使得供应链企业的利益分配更加合理公正、具有说服力,能够促使供应链上企业团结合作,努力实现合作目标。

4 结束语

企业想降低经营成本提高其市场竞争力则需要与其他企业合作并形成产业链,以此谋求更多利益。但在合作过程中,由于企业间的信息不对称,企业资源、规模、市场影响力等的差异,导致龙头企业在合作中往往可以分配更多的利益,而中小型企业被迫分配较低利润。供应链实现了各个企业的优势结合与总体利益最大化的目标。

模型综合考虑了经营成本、承担的风险和价值贡献比重,并以实例形式检验改进Shapley模型在供应链上企业利益分配方面的适用性,表明通过运用该模型,可以帮助供应链上各企业清晰地自我定位、进行自身的发展规划、形成相互的资源依赖关系和合作关系,最终实现各企业利益分配额的最大化,为工业园稳定的发展提供指导基础。但实际中基础设施是由园区管委会建

设的,园区会综合考虑企业的产值大小以及企业所占园区基础设施以及厂房面积大小、企业排气物是否超标对企业按比例收取服务管理费来控制一部分利益,从而进行通盘平衡,并对园区进行补链建设以及对共赢局面中处于劣势的企业进行利益补偿,我们将在后续工作中对于园区管委会基于改进Shapley模型引导园区利益补偿机制、利益激励机制和利益保障机制等后续机制的建立进一步深入研究。

参 考 文 献

- [1] 吴志军. 我国生态工业园区发展研究 [J]. 当代财经, 2007, (11): 66~72.
- [2] 赵兴, 史宝忠. 生态工业园发展现状综述 [C]. 全国大气环境学术会议, 2002.
- [3] 梅林海, 张红红. 生态工业园区企业间的利益博弈分析 [J]. 暨南学报(哲学社会科学版), 2008, 30(3): 53~58.
- [4] Shi H, Chertow M, Song Y. Developing Country Experience with Eco-Industrial Parks: A Case Study of the Tianjin Economic-Technological Development Area in China [J]. Journal of Cleaner Production, 2010, 18(3): 191~199.
- [5] Zhu L, Zhou J, Cui Z, et al. A Method for Controlling Enterprises Access to an Eco-Industrial Park [J]. Science of the Total Environment, 2010, 408(20): 4817~4825.
- [6] 郝海, 郑丕铄. 基于Shapley值的供应链合作伙伴利益风险分配机制 [J]. 哈尔滨工业大学学报(社会科学版), 2005, 7(5): 71~75.
- [7] Wu J. Research on the Development of China's Eco-Industrial Parks [J]. Contemp Finance Econ, 2007, (11): 66~72.
- [8] 李石柱, 李冬梅, 唐五湘. 影响我国区域科技资源配置效率要素的定量分析 [J]. 科学管理研究, 2003, 21(2): 60~63.
- [9] 何喜军, 武玉英, 蒋国瑞. 基于Shapely修正的供应网络利益分配模型研究 [J]. 软科学, 2014, 28(2): 70~73.
- [10] 戴建华, 薛恒新. 基于Shapley值法的动态联盟伙伴企业利益分配策略 [J]. 中国管理科学, 2004, 12(4): 33~36.
- [11] 王岳峰, 刘伟. 考虑权重的Shapley值法虚拟企业伙伴利益分配策略的改进 [J]. 上海海事大学学报, 2005, 26(4): 48~51.
- [12] 马士华, 王鹏. 基于Shapley值法的供应链合作伙伴间收益分配机制 [J]. 工业工程与管理, 2006, 11(4): 43~45.
- [13] 陈红华, 田志宏, 周洁. 基于Shapley值法的蔬菜可追溯系统利益分配研究——以北京市T公司为例 [J]. 农业技术经

- 济, 2011, (2): 56~65.
- [14] 孙世民, 张吉国, 王继永. 基于 Shapley 值法和理想点原理的优质猪肉供应链合作伙伴利益分配研究 [J]. 运筹与管理, 2008, (6): 87~91.
- [15] 董玉宽, 张晓芬. 基于改进 Shapley 模型的生态工业园区内企业间利益分配研究 [J]. 科技管理研究, 2015, 35 (14): 181~184.
- [16] 刁丽琳, 朱桂龙, 许治. 基于多权重 Shapley 值的联盟利益分配机制 [J]. 工业工程与管理, 2011, 16 (4): 79~84.
- [17] 段世霞, 刘红叶. PPP 项目的利益分配两阶段模型 [J]. 财会月刊, 2015, (28): 7~10.
- [18] 孙耀吾, 顾荃, 翟翌. 高技术服务创新网络利益分配机理与仿真研究——基于 Shapley 值法修正模型 [J]. 经济与管理研究, 2014, (6): 103~110.
- [19] 常大华. 产学研协同创新利益分配机制研究 [D]. 郑州: 郑州大学, 2015.
- [20] 李静野. 新型工业化视野下产业园区集聚发展问题研究 [J]. 商业研究, 2016, 62 (9): 46~53.

Profit Distribution among Supply Chain Enterprises in Ecological Industrial Park Based on Improved Shapley Value Model

Hu Mingming^{1,2,3,4} Mi Yao^{1,2} Xiang Pengcheng^{1,2}

1. School of Construction Management and Real Estate, Chongqing University, Chongqing 400045, China;
2. International Research Center for Sustainable Built Environment, Chongqing University, Chongqing 400045, China;
3. Construction Economics and Management Center, Chongqing University, Chongqing 400045, China;
4. Environmental Science Institute, Leiden University, Leiden 2333CC)

[Abstract] Industrial enterprises in the industrial park are competing with each other through economic interests, environmental interests and social interests. The stability of the economic network organizations and cooperative relations depends on the rationality of the interests of the various stakeholders. Stable operation is directly related to the success or failure of eco-industrial park. By constructing the Shapley model of the profit distribution among the supply chain in the eco-industrial park, considering the operating costs, taking the risk as the correction factor, and determining the weight of the factor, this paper uses the supply chain enterprises to adjust the increase amount of income distribution, and validates the feasibility and applicability of the modified Shapley model in the distribution of benefits among enterprises in the eco-industrial park, with a view to providing theoretical and decision-making reference for the construction and stability of the eco-industrial park.

[Key words] Shapley value method; supply chain; benefit distribution; eco-industrial park; benefit compensation mechanism; maximization of interest

(责任编辑: 王 平)