

杨怀珍,刘瑞环,李灿灿. 基于 Shapley 值法和 TOPSIS 法的农超对接供应链利益分配[J]. 江苏农业科学,2017,45(23):358-362.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.23.095

基于 Shapley 值法和 TOPSIS 法的 农超对接供应链利益分配

杨怀珍, 刘瑞环, 李灿灿

(桂林电子科技大学商学院, 广西桂林 541004)

摘要:农超对接过程中的利益分配影响着各成员合作的内在稳定性。在农业产业化背景下,以“农户+合作社+超市”型农超对接模式为研究对象,首先运用博弈理论建立模型,分析各种合作情况下各主体的最优利益;然后按照贡献程度,在传统 Shapley 值法的基础上,引入风险承担、努力程度和资金投入 3 个修正因素,并运用 TOPSIS (technique for order preference by similarity to an ideal solution) 法确定修正系数,来对农超对接供应链进行利益分配;最后通过算例模拟分析证明了该方法的合理性和有效性,表明该方法对促进我国农业的发展和增强农产品供应链中各成员合作的稳定性具有一定的理论价值和参考意义。

关键词:农超对接; Shapley 值法; TOPSIS 法; 利益分配

中图分类号: F324.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)23-0358-05

随着农业产业化的发展和人们生活水平的提高,我国农产品产量得到很大提升,消费者在追求农产品数量的同时,越来越重视农产品的质量。为确保农产品有稳定的销售渠道,消费者能以合理的价格买到优质的农产品,“农超对接”应运而生。农超对接的实施,不仅可以给农户种植和销售农产品提供出路^[1],而且可以减少中间流通环节,降低销售成本^[2],使农民、超市和消费者获得更多的利益。农超对接模式为农产品的流通和销售提供了一个方向,但是在实际实施过程中并没有那么顺利。由于利益分配不合理,农户并没有太大的参与积极性^[3]。因此,利益是否能够合理分配成为农超对接实施成功与否的关键,只有协调好农超对接中各主体的利益,才能保证农产品从供应到需求的整个过程顺利进行下去,才能保证国民经济的快速健康发展^[4]。

迄今为止,学术界已经有很多关于农超对接利益分配或协调情况的报道。目前,采用的利益分配方法主要有期权契约、收益共享契约和 Shapley 值法。(1) 期权契约。王冲等考虑生鲜农产品流通过程中损耗情况,引入期权合同,建立 Stackelberg 博弈模型,对由单个供应商和单个零售商构成的农产品供应链进行研究,实现了供应链的协调^[5-6]。随后孙国华等也运用相同的方法实现了相同的效果^[7]。(2) 收益共享契约。Giannoccaro 等从供应链中间产品转移定价的角度,运用收益共享契约对由生产商、分销商和零售商组成的 3 级

供应链进行分析指出,供应链中各主体进行合作可以实现各方的协调^[8];张晓林等针对由专业合作社和超市组成的 2 级农产品供应链,引入新鲜度因子和风险规避系数,建立 Stackelberg 博弈模型,并运用收益共享契约实现了供应链的协调^[9]。(3) Shapley 值法。陈红华等运用带修正因子的 Shapley 值法,以北京 T 公司蔬菜可追溯系统中的各主体为研究对象,实现了利益的合理分配,并认为可以通过此方法建立科学的利益分配机制^[10]。宁宇新等运用 Shapley 值法对农户、合作社和大型零售商三者的收益进行合理分配,并提出为更好发挥农超对接优势,应加大宣传力度、扩充对接渠道、构建返还机制等^[3]。史文倩等通过山东烟台苹果的调查数据分析了“农超对接”模式中农户、合作社、超市之间的收益分配情况,引入风险系数对 Shapley 值法进行修正,并认为这种方法使三者之间的利益更趋于平衡和合理化^[11]。

上述文献都为我国农超对接供应链中利益协调问题的研究提供了一定的思路、方法和理论指导,具有一定的现实意义。但现有的运用 Shapley 值法对农产品供应链利益协调的研究普遍以数值分析为主,直接对结果进行分配,而忽略了供应链中利益的形成过程。另外,传统的 Shapley 值法认为,各成员的风险承担能力、努力程度和资金投入水平等是一致的,所以在分配利益时采用的是平均水平,这样就有可能会忽略某些成员在供应链上所做的贡献,从而影响农超对接的稳定性。基于此,本研究以“农户+合作社+超市”型农超对接模式为研究对象,考虑各主体的风险承担、努力程度和资金投入情况,运用 Shapley 值法和 TOPSIS (technique for order preference by similarity to an ideal solution) 法进行修正系数的确定,从而实现各主体利益的合理分配,最后通过算例进行模拟分析。

1 Shapley 值法及其修正

1.1 Shapley 值法简介

Shapley 值法是在 1953 年首先由 Shapley 提出的,是目前

收稿日期:2016-07-09

基金项目:广西壮族自治区人文社会科学规划(编号:15BGL010);桂林电子科技大学研究生教育创新计划(编号:2016YJXC56)。

作者简介:杨怀珍(1972—),女,广西桂林人,硕士,教授,硕士生导师,主要从事物流与供应链管理、电子商务研究。E-mail:8842799@qq.com。

通信作者:刘瑞环,硕士研究生,主要从事物流与供应链管理研究。E-mail:1076180995@qq.com。

为解决合作博弈中各主体间利益分配问题最常用的一种方法。当 n 个主体对一项经济活动进行决策时,不同主体的不同合作组合都会产生不同的收益,而且在非对抗性情况下,随着主体数量的增加不会造成收益的减少,因此,各主体共同参与决策时将会得到最大收益。针对这个最大收益,用 Shapley 值法按照各主体对收益的贡献程度来进行分配^[12]。具体介绍如下:

设 n 个人组成集合 $I, I = \{1, 2, \dots, n\}$, 如果对于 I 的任意一个子集 $s (s \subseteq I)$ 都对应着一个实值函数 $v(s)$, 且满足: (1) $v(\emptyset) = 0$; (2) $v(s_1 \cup s_2) \geq v(s_1) + v(s_2)$, $s_1 \cap s_2 = \emptyset$, 则称 $[I, v]$ 为 n 人合作对策, s 为 n 人集合中的 1 个合作, $v(s)$ 为对策的特征函数, 表示合作 s 所形成的收益, 则 n 人合作形成最大收益, 特征函数为 $v(I)$ 。

用 $\psi_i(v)$ 表示第 i 个成员从合作的最大收益 $v(I)$ 中应获得的收益, 则合作收益的分配用 $\psi(v) = [\psi_1(v), \psi_2(v), \dots, \psi_n(v)]$ 来表示, 且满足:

$$\sum_{i=1}^n \psi_i(v) = v(I) \text{ 且 } \psi_i(v) \geq v(i), i = 1, 2, \dots, n.$$

合作 I 中各主体所得收益分配的 Shapley 值为:

$$\psi_i(v) = \sum_{s \in S_i} w(|s|) [v(s) - v(s \setminus i)], i = 1, 2, \dots, n.$$

式中: S_i 是 I 中包含成员 i 的所有子集; $|s|$ 是子集 s 中的元素数量; $s \setminus i$ 是子集 s 中除去成员 i 后所得的子集; $w(|s|)$ 是加权因子, 其计算公式为 $w(|s|) = \frac{(n - |s|)! (|s| - 1)!}{n!}$ 。

1.2 Shapley 值法的修正

在农超对接中,农户、合作社和超市风险承担能力及资金投入能力是不一样的,对接过程中的努力水平也有差异,这些因素都对农超对接中各主体的利益分配造成影响,不容忽视。而 Shapley 值法认为,各成员的风险承担能力、努力程度和资金投入能力都是相等的,均为 $1/n$,这在现实的农超对接合作中显然不合理,因此需要对其进行修正。

1.2.1 修正矩阵及其无量纲化处理 在 Shapley 值法的基础上,设修正因素组成的集合为 $J = \{1, 2, \dots, m\}$, 则集合 I 中第 i 个合作对象对应的第 j 个修正因素的测试值为 $a_{ij} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$, 形成的修正矩阵用 $A = (a_{ij})_{n \times m}$ 表示。为消除各因素间属性和量纲的不同带来的不可公度性^[13], 需要对修正矩阵数据进行无量纲化处理, 处理方法如下:

$$b_{ij} = \frac{a_{ij} - \min a_j}{\max a_j - \min a_j}.$$

此时得到规范化的利益分配修正矩阵, 记为 $B = (b_{ij})_{n \times m}$ 。

1.2.2 用 TOPSIS 法确定收益分配系数 本研究通过使用 TOPSIS 方法来确定供应链中各成员的利益分配系数, 该方法通过检测评价对象与正理想解和负理想解的距离来判断评价对象的好坏, 如果评价对象靠近正理想解且远离负理想解, 则评价对象最优, 否则为最差。具体操作步骤如下:

首先, 定义 B^+ 和 B^- 分别为规范化修正矩阵 $B = (b_{ij})_{n \times m}$ 的正理想点和负理想点, 则

$$B^+ = \{(\max b_{ij} | j \in J^+), (\min b_{ij} | j \in J^-)\} = \{b_1^+, b_2^+, \dots, b_m^+\};$$

$$B^- = \{(\min b_{ij} | j \in J^+), (\max b_{ij} | j \in J^-)\} = \{b_1^-, b_2^-, \dots, b_m^-\}.$$

式中: $J^+ \cup J^- = J$; J^+ 表示正向指标; J^- 表示负向指标。

其次, 用欧几里得距离计算公式计算每个评价对象到正理想点和负理想点的距离, 分别用 $A^+ = (a_1^+, a_2^+, \dots, a_n^+)$ 、 $A^- = (a_1^-, a_2^-, \dots, a_n^-)$ 表示, 则

$$a_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m \lambda_j (b_{ij} - b_j^+)^2}; a_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m \lambda_j (b_{ij} - b_j^-)^2}.$$

式中: λ_j 为修正因子 j 的权重, 可用层次分析法 (the analytic hierarchy process, 简称 AHP) 确定。

然后, 求每个评价对象到理想点的接近度 $\beta_i = \frac{a_i^-}{a_i^+ + a_i^-}$,

并作归一化处理, 得 $\gamma_i = \frac{\beta_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i}$ 。

最后, 获得修正系数, $\Delta\gamma_i = \gamma_i - \frac{1}{n}$ 。

当 $\Delta\gamma_i > 0$ 时, 表示该成员在实际中对收益作出贡献的程度高于平均水平, 应对其收益作相应的补偿; 当 $\Delta\gamma_i = 0$ 时, 表示该成员在实际中对收益作出贡献的程度与平均水平相当, 所得收益合理; 当 $\Delta\gamma_i < 0$ 时, 表示该成员在实际中对收益作出贡献的程度小于平均水平, 应扣减部分收益。

1.2.3 合理性证明 修正后的 Shapley 值用 $\psi'_i(v)$ 表示, 则通过上述方法可以得到 $\psi'_i(v) = \psi_i(v) + \Delta\gamma_i \times v(I)$, 由于 $\sum_{i=1}^n \psi'_i(v) = \sum_{i=1}^n \psi_i(v) + v(I) \sum_{i=1}^n \Delta\gamma_i = v(I)$, 仍满足合作成功的必需条件, 因此, 此种改进方法是可行的, 且通过考虑承担风险的能力、努力程度和资金投入能力等来决定对供应链收益的贡献程度更加合理。

2 “农户 + 合作社 + 超市”型农超对接供应链利益分配

在由农户、合作社和超市构成的 3 级农产品供应链中, 农户为农产品的生产者, 合作社为农产品的加工运输者, 超市为农产品的买卖者。在一个合作周期里, 超市根据以往销售情况和农产品市场需求情况进行判断, 确定农产品的订购数量 q , 农户根据需求以一定的价格 p_1 把生产好的农产品销售给合作社, 合作社经过加工处理以后, 以一定的价格 p_2 销售给超市, 超市再以销售价格 p_3 销售给消费者。

具体参数及假设如下: 农产品市场需求量 Q 与农产品的销售价格呈线性关系, 即 $Q(p_3) = m - np_3$, 且假设 $Q(p_3) = q$; 农户生产农产品的农资投入成本为 c_1 ; 合作社对农产品进行加工处理的成本为 c_2 , 运输成本为 c_3 ; 超市的销售投入成本为 c_4 ; 农户、合作社和超市均为理性决策者, 所做决策都是为了使自身获得最大利益。

2.1 分散决策下各主体利益情况

分散决策下, 各方仅从自身出发来进行农产品订购量和价格的确定, 从而使自身利益最大, 这是一个动态博弈的过程, 其中农户 (π_1)、合作社 (π_2)、超市 (π_3) 的获利情况分别如下:

$$\pi_1 = (p_1 - c_1)q; \quad (1)$$

$$\pi_2 = (p_2 - p_1 - c_2 - c_3)q; \quad (2)$$

$$\pi_3 = (p_3 - p_2 - c_4)q. \quad (3)$$

由于 $Q(p_3) = m - np_3 = q$, 代入式 (3) 得

$$\pi_3 = (p_3 - p_2 - c_4)(m - np_3). \quad (4)$$

求 π_3 的一阶偏导数得 $\frac{\partial \pi_3}{\partial p_3} = m - 2np_3 + n(p_2 + c_4)$, 并令

其等于零,得到超市的最优销售价格为 $p_3^* = \frac{m+n(p_2+c_4)}{2n}$,

从而得到最优订购量 $q^* = \frac{m-n(p_2+c_4)}{2}$ 。把 q^* 代入式

(2)得

$$\pi_2 = (p_2 - p_1 - c_2 - c_3) \cdot \frac{m-n(p_2+c_4)}{2} \quad (5)$$

对式(5)求关于 p_2 的一阶偏导并令其等于 0,得到合作社销售给超市的最优价格为

$$p_2^* = \frac{m+n(p_1+c_2+c_3-c_4)}{2n}。$$

把 q^* 、 p_2^* 代入式(1)得

$$\pi_1 = (p_1 - c_1) \cdot \frac{m-n(p_1+c_2+c_3+c_4)}{4} \quad (6)$$

对式(6)求关于 p_1 的一阶偏导并令其等于 0,得到农户销售给合作社的最优价格为

$$p_1^* = \frac{m+n(c_1-c_2-c_3-c_4)}{2n}。$$

通过以上求解,可知农户、合作社和超市的最优期望收益分别为

$$\pi_1^* = \frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{16n};$$

$$\pi_2^* = \frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{32n};$$

$$\pi_3^* = \frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{64n}。$$

2.2 集中决策下各主体利益情况

集中决策下,供应链各成员在做决策时不再以各自自身利益最大化为原则,而是从供应链整体利益最大化出发作出决策。根据前述假设,此时,“农户+合作社+超市”农超对接模式下的供应链整体收益表达如下:

$$\pi = (p_3 - c_1 - c_2 - c_3 - c_4) \cdot (m - np_3) \quad (7)$$

对式(7)求关于 p_3 的一阶偏导数并令其为 0,即可求得集中决策下超市的最优销售价格为 $p_3^{**} = \frac{m+n(c_1+c_2+c_3+c_4)}{2n}$,所以

以最优订购量 $q^{**} = \frac{m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)}{2}$ 。

把 p_3^{**} 代入式(7)即可得到供应链整体收益的最优值为

$$\pi^{**} = \frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{4n}。$$

2.3 基于 Shapley 值法的各主体利益分配情况

将农户、合作社、超市分别用 1、2、3 表示,则三者组成的集合 $I = \{1, 2, 3\}$,包含的子集有 $s\{\emptyset\}$ 、 $s\{1\}$ 、 $s\{2\}$ 、 $s\{3\}$ 、 $s\{1, 2\}$ 、 $s\{2, 3\}$ 、 $s\{1, 3\}$ 、 $s\{1, 2, 3\}$, $v(s)$ 表示 s 中成员合作所形成的最大收益,即为特征值。下面对每个子集进行具体分析:

(1) $s\{\emptyset\}$ 表示一个空集,没有成员参与活动。所以 $v(\{\emptyset\}) = 0$;

(2) $s\{1\}$ 、 $s\{2\}$ 、 $s\{3\}$, 这 3 个子集表示三者各自单独决策,其利益为上述分散决策下收益。所以特征值分别为

$$v(\{1\}) = \frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{16n};$$

$$v(\{2\}) = \frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{32n};$$

$$v(\{3\}) = \frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{64n}。$$

(3) $s\{1, 2\}$ 表示农户和合作社形成合作关系,此时二者会根据超市给出的农产品订购量,共同决策确定销售给超市的最优价格,即二者进行集中决策,收益可表示为

$$\pi_{12} = (p_2 - c_1 - c_2 - c_3) q \quad (8)$$

由“2.1”节可知 $q^* = \frac{m-n(p_2+c_4)}{2}$,代入式(8)得:

$$\pi_{12} = (p_2 - c_1 - c_2 - c_3) \cdot \frac{m-n(p_2+c_4)}{2} \quad (9)$$

对式(9)求关于 p_2 的一阶偏导并令其为 0,得到

$$p_2^{**} = \frac{m+n(c_1+c_2+c_3-c_4)}{2n},$$

代入式(9)得到农户和合作社集中决策下的最优收益(即特征值)为

$$v(\{1, 2\}) = \pi_{12}^* = \frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{8n}。$$

(4) $s\{2, 3\}$ 表示合作社与超市形成合作关系,此时二者根据农户给出的农产品出售价格,共同决定农产品销售给消费者的最优价格,二者收益可表示为

$$\pi_{23} = (p_3 - p_1 - c_2 - c_3 - c_4) \cdot (m - np_3) \quad (10)$$

对式(10)求关于 p_3 的一阶偏导并令其为 0,得到 $p_3^{***} = \frac{m+n(p_1+c_2+c_3+c_4)}{2n}$,从而 $q^{**} = \frac{m-n(p_1+c_2+c_3+c_4)}{2}$ 。

此时,农户的收益表示为

$$\pi_1' = (p_1 - c_1) \cdot \frac{m-n(p_1+c_2+c_3+c_4)}{2} \quad (11)$$

对式(11)求关于 p_1 的一阶偏导并令其为 0,得到

$$p_1^{**} = \frac{m-n(c_2+c_3+c_4-c_1)}{2n},$$

所以,在这种情况下,得到的合作社与超市联合收益(特征值)为

$$v(\{2, 3\}) = \pi_{23}^* = \frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{16n}。$$

(5) $s\{1, 3\}$ 表示农户和超市合作,而在此种模式下,农户不能超越合作社与超市直接合作,所以其利益用农户和超市在分散决策下的利益相加表示。所以特征值为

$$v(\{1, 3\}) = \frac{5[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{64n}。$$

(6) $s\{1, 2, 3\}$ 表示三者共同合作作出的最优决策,其利益为上述集中决策下的收益。所以特征值为

$$v(\{1, 2, 3\}) = \frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{4n}。$$

不同合作状态下各主体间的利益分配情况如表 1、表 2、表 3 所示。

分别把表 1、表 2、表 3 的最后一行相加,即可得到 Shapley 值法下由农户、合作社和超市组成的农产品供应链中各自分配所得到的利润:

$$\psi_1(v) = \frac{21[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{192n};$$

$$\psi_2(v) = \frac{33[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{384n};$$

表 1 不同合作状态下农户的利益分配情况

s	1	$1 \cup 2$	$1 \cup 3$	$1 \cup 2 \cup 3$
$v(s)$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{16n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{8n}$	$\frac{5[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{64n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{4n}$
$v(s i)$	0	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{32n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{64n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{16n}$
$v(s)-v(s i)$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{16n}$	$\frac{3[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{32n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{16n}$	$\frac{3[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{16n}$
$ s $	1	2	2	3
$w s $	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$
$w s \times [v(s)-v(s i)]$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{48n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{64n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{96n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{16n}$

表 2 不同合作状态下合作社的利益分配情况

s	2	$1 \cup 2$	$2 \cup 3$	$1 \cup 2 \cup 3$
$v(s)$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{32n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{8n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{16n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{4n}$
$v(s i)$	0	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{16n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{64n}$	$\frac{5[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{64n}$
$v(s)-v(s i)$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{32n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{16n}$	$\frac{3[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{64n}$	$\frac{11[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{64n}$
$ s $	1	2	2	3
$w s $	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$
$w s \times [v(s)-v(s i)]$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{96n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{96n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{128n}$	$\frac{11[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{192n}$

表 3 不同合作状态下超市的利益分配情况

s	3	$1 \cup 3$	$2 \cup 3$	$1 \cup 2 \cup 3$
$v(s)$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{64n}$	$\frac{5[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{64n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{16n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{4n}$
$v(s i)$	0	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{16n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{32n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{8n}$
$v(s)-v(s i)$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{64n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{64n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{32n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{8n}$
$ s $	1	2	2	3
$w s $	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$
$w s \times [v(s)-v(s i)]$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{192n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{384n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{192n}$	$\frac{[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{24n}$

$$\psi_3(v) = \frac{21[m-n(c_1+c_2+c_3+c_4)]^2}{384n}。$$

对所得结果进行进一步分析可知,利用 Shapley 值法对各主体利益进行分配后,各主体的获利情况都比分散决策下的有了显著的提高,且 $\psi_1(v) + \psi_2(v) + \psi_3(v) = v(\{1,2,3\}) = \pi^{**}$,即各主体取得的 Shapley 值之和正好等于集中决策下供应链的整体最优收益,满足 Shapley 值分配条件。无论对供应链中各主体,还是对整个供应链来说,这种分配方式都实现了其价值,从而有利于农超对接各成员间保持合作的稳定性和积极性。

3 算例分析

某农产品的市场需求量与销售价格之间关系满足 $Q(p_3) = 3\,000 - 100p_3$,即 $m = 3\,000, n = 100$,农户的农资投入成本 $c_1 = 4$ 元/kg,合作社的加工成本 $c_2 = 2$ 元/kg,运输成本 $c_3 = 1$ 元/kg,超市的销售成本 $c_4 = 1$ 元/kg,根据上述公式可得分散决策下各主体的最优收益分别为 $\pi_1^* = 3\,025$ 元、 $\pi_2^* = 1\,512.5$ 元、 $\pi_3^* = 756.25$ 元;农户和合作社合作形成的最优收益为 $\pi_{12}^* = 6\,050$ 元;合作社和超市合作形成最优收益为 $\pi_{23}^* = 3\,025$ 元;三者集中决策下最优收益为 $\pi^{**} = 12\,100$ 元;

农户、合作社、超市运用 Shapley 值法分配所得利益分别为 $\psi_1(v) = 5\,293.75$ 元、 $\psi_2(v) = 4\,159.375$ 元、 $\psi_3(v) = 2\,646.875$ 元。该农产品某一年的风险承担、合作程度和资金投入情况如表 4 所示。

表 4 修正因子原始数据

主体	风险承担	合作程度	资金投入(元)
农户	0.87	0.74	3 000
合作社	0.53	0.91	5 000
超市	0.68	0.63	8 000

进行无量纲化处理后得到矩阵 $B = \begin{bmatrix} 1 & 0.38 & 0 \\ 0 & 1 & 0.4 \\ 0.44 & 0 & 1 \end{bmatrix}$,

由于 3 个修正因子均为正向指标,所以正理想点 $B^+ = (1\ 1\ 1)$,负理想点 $B^- = (0\ 0\ 0)$ 。假设运用 AHP 方法求得的各修正因子权重分别为 $\lambda_1 = 0.38$ 、 $\lambda_2 = 0.32$ 、 $\lambda_3 = 0.30$,则评价对象到正、负理想点的加权欧几里得距离分别为 $A^+ = (0.651\ 0.699\ 0.663)$ 、 $A^- = (0.653\ 0.607\ 0.611)$,进而求得到理想点的接近度 $\beta = (0.501\ 0.465\ 0.479)$,归一化处理得到 $\gamma = (0.347\ 0.322\ 0.333)$ 。所以,修正系数 $\Delta\gamma_1 = 0.01$ 、 $\Delta\gamma_2 = -0.01$ 、 $\Delta\gamma_3 = 0$ 。根据公式 $\psi'_i(v) = \psi_i(v) + \Delta\gamma_i \times v(I)$ 得到修正后各主体的利益分配值分别为 $\psi'_1(v) = 5\,414.75$ 、 $\psi'_2(v) = 4\,038.375$ 、 $\psi'_3(v) = 2\,646.875$ 。

因此,结合表 5 和表 6 对修正后形成的利益分配情况进行分析。

表 5 关于正理想点的 $\lambda_j(b_{ij} - b_j^+)^2$ 算子

主体	风险承担	合作程度	资金投入	总和
农户	0	0.123	0.300	0.423
合作社	0.380	0	0.108	0.488
超市	0.119	0.320	0	0.439

表 6 关于负理想点的 $\lambda_j(b_{ij} - b_j^-)^2$ 算子

主体	风险承担	合作程度	资金投入	总和
农户	0.380	0.046	0	0.426
合作社	0	0.320	0.048	0.368
超市	0.074	0	0.300	0.374

根据各主体接近(偏离)正理想点和偏离(接近)负理想点的情况可知,(1)对于农户,虽然其资金投入最少,合作程度也相对较低,但是他们所面临的风险最大,并会严重影响农户作出决策,为了让农户顺利地供应所需农产品,根据分析对其进行 $\Delta\gamma_1 \times v(I) = 121$ 的补偿。(2)对于合作社,其合作程度虽然最高,但是其风险最低,投入资金相对来说也比较少,综合考虑这 3 个因素时,其综合水平低于整个供应链的平均水平。所以,根据分析 $[\Delta\gamma_2 \times v(I) = -121]$ 扣除其 121 元的利润,来补偿其他成员对供应链的贡献。(3)对于超市,其资金投入最多,面临一定程度的风险且合作程度最低,但综合考虑 3 个因素,其综合水平与供应链整体平均水平一致,所以不用对其进行利润的补偿或扣除。

总之,此分配方法既保证了供应链整体收益最优,也确保了利益在各主体间分配的公平性,具有一定的现实意义和参考价值。

4 结论

公平合理的利益分配是保证农超对接各成员长久稳定合作的关键。本研究针对“农户 + 合作社 + 超市”这一典型农超对接模式,运用博弈论和 Shapley 值相结合的方法对供应链各成员进行利益分配,由于农超对接中各主体的风险承担、努力程度和资金投入情况各不相同,引入 TOPSIS 法进行修正,使结果更符合实际。本研究提出的思路和方法在一定程度上弥补了已有同类研究中的不足,且具有一定的现实指导意义。但关于模型相关参数及各主体修正因子数据的确定,尚待进一步研究。

参考文献:

[1] Hu D H, Reardon T, Rozelle S, et al. The emergence of supermarkets with Chinese characteristics: challenges and opportunities for China's agricultural development[J]. Development Policy Review, 2004, 22 (5): 557 - 586.

[2] 姜伟. 农超对接:反哺农业的一种好形式[J]. 华夏星火·农经, 2009(12): 30 - 31.

[3] 宇宇新,荣倩倩. 农业产业化视角下“农超对接”收益分配研究[J]. 财经科学, 2015(10): 102 - 111.

[4] 李 敏,云 虹. 不确定条件下农产品物流合作伙伴利益分配探讨[J]. 统计与决策, 2015(12): 68 - 70.

[5] 王 冲,唐曼萍,王莉莉. 基于 Stackelberg 博弈的生鲜农产品供应链决策研究[J]. 软科学, 2013, 27(4): 99 - 101, 105.

[6] 王 冲,陈 旭. 考虑期权合同的生鲜农产品供应链定价和协调[J]. 预测, 2013, 32(3): 76 - 80, 75.

[7] 孙国华,许 垒. 随机供求下二级农产品供应链期权合同协调研究[J]. 管理工程学报, 2014, 28(2): 201 - 210.

[8] Giannoccaro I, Pontrandolfo P. Supply chain coordination by revenue sharing contracts[J]. International Journal of Production Economics, 2004, 89(2): 131 - 139.

[9] 张晓林,李 广. 鲜活农产品供应链协调研究——基于风险规避的收益共享契约分析[J]. 技术经济与管理研究, 2014(2): 13 - 17.

[10] 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.

[11] 史文倩,张红丽. “农超对接”模式下参与主体收益分配分析——以“农户 + 合作社 + 超市”模式为例[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(3): 466 - 469, 470.

[12] 高 强,穆丽娟. “合作社主导型农产品供应链”利益分配研究[J]. 西部论坛, 2015(1): 8 - 15.

[13] 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, 17(6): 87 - 91.