

基于 Shapley 值法的攀枝花芒果供应链利益分配研究

刘帝辛 马光霞

攀枝花学院, 中国·四川 攀枝花 617000

摘要: 论文以攀枝花市芒果供应链为研究对象, 运用 Shapley 值法, 对芒果供应链中各经济主体的利益分配格局进行优化评估。通过构建合作博弈模型, 比较了合作与非合作模式下的利益分配情况, 提出了基于 Shapley 值法的利益分配优化方案。研究表明, 合作模式下的利益分配更加公平合理, 实证分析显示, 优化后的分配方案可有效改善供应链的收益水平。该研究不仅填补了攀枝花芒果产业利益分配领域的理论空白, 也为相关实践工作提供了可操作的指导建议。

关键词: Shapley 值法; 芒果供应链; 利益分配; 合作博弈

Research on Benefit Distribution in the Panzhihua Mango Supply Chain Based on the Shapley Value Method

Dixin Liu Guangxia Ma

Panzhihua University, Panzhihua, Sichuan, 617000, China

Abstract: This study focuses on the mango supply chain in Panzhihua City and employs the Shapley value method to optimize the benefit distribution pattern among economic entities within the supply chain. By constructing a cooperative game model, this study compares the benefit distribution under cooperative and non-cooperative modes and proposes an optimized benefit distribution scheme based on the Shapley value method. The findings indicate that the cooperative mode results in a fairer and more reasonable benefit distribution, and empirical analysis demonstrates that the optimized scheme can effectively enhance the overall revenue of the supply chain. This research not only fills a theoretical gap in the benefit distribution of the Panzhihua mango industry but also provides practical guidance for improving benefit allocation within the supply chain.

Keywords: Shapley value method; mango supply chain; benefit distribution; cooperative game

0 前言

中国农业在国民经济中具有战略地位, 其健康发展是经济平稳运行的重要保障。在政策法规的推动下, 农村合作经济组织的发展步伐明显加快, 但同时也暴露出规模偏小、经营效率不高、利益分配制度不完善等问题^[1]。作为攀枝花市的特色农产品, 芒果产业已成为当地农民增收的重要支柱产业。随着芒果种植规模和种类的不断增长, 芒果产业在推动农村经济发展、实现乡村振兴方面发挥了重要作用。然而, 芒果供应链中各主体之间的利益分配问题日益凸显, 影响了供应链的稳定性和可持续发展。

芒果种植专业合作社是农民专业合作社的一种, 其主要目的是服务成员, 谋求全体成员的共同利益。近年来, 农民专业合作社在国家政策的扶持下得到了快速发展。国内外学者对农产品供应链的模式、发展现状等问题进行了深入研究, 但对芒果种植专业合作社与其他主体之间的利益分配问题研究较少。因此, 论文以攀枝花市芒果供应链为研究对象, 通过实地考察和调研数据处理, 围绕攀枝花芒果产业展开研究, 分析供应链各主体间的利益分配特征, 探究利益分配失衡的深层次原因, 设计基于 Shapley 值法的利益分配优化模

型, 并就完善利益分配机制提出可行性建议。

1 Shapley 值法的理论基础

Shapley 值法是一种基于合作博弈理论的利益分配机制, 其通过系统评估各参与主体的贡献程度来确定分配权重。这种分配方法因其严谨的数理基础和公平性特征, 在利益分配领域具有重要的理论价值和实践意义, 已被广泛应用于供应链管理等领域(李明, 2021)^[2]。其核心思想是根据每个参与者在合作中的贡献大小来分配利益, 具有公平性和合理性。

1.1 Shapley 值法的基本公式

$$x_i(v) = \sum_{j \in S} \frac{W(|S|)}{n!} [v(s) - v(s \setminus i)]$$
$$w(s) = \frac{(n-|s|)!(|s|-1)!}{n!} \quad i=1, 2, \dots, n$$

s 为集合 N 中含有 i 的所有子集, $|s|$ 是子集 s 中供应链企业个数, n 是集合中主体个数; 供应链合作联盟内 $(|s|-1)!$ 描述的是除企业 i 以外的合作组织排列个数; $(n-|s|)!$ 描述的是合作联盟 $\frac{N}{s}$ 的排列个数; $n!$ 描述的是 n 个成员的排列个数; 合作组织 S 的发生概率为 $\frac{(n-|s|)!(|s|-1)!}{n!}$, 并将 $w(s)$

作为加权因子, $v(S)$ 是合作组织 S 的总体利益, $v(s \setminus i)$ 描述的是合作组织 S 中不包括成员 i 的整体利益。

1.2 Shapley 值法的应用步骤

分析芒果农产品供应链参与各方合作博弈的具体步骤如下。

1.2.1 参与人集合

用集合 $N = \{1, 2, 3, \dots, n\}$ 表示共有 n 个成员企业参与供应链, n 个成员企业均是独立的参与主体, 多主体参与的供应链可描述为 n 个个体的合作博弈问题。

1.2.2 构建特征函数

定义在参与人集合 $N = \{1, 2, 3, \dots, n\}$ 上的集函数即为特征函数, 成员企业进行合作后供应链的整体收益记为 $v(S)$, $v(S)$ 即为定义在参与人集合 N 所有子集上的函数, 成员企业 n_i 的增值利益记做 $v(i)$ 。

1.2.3 Shapley 值法的利益分配

n 家成员企业共同开展经济活动, 其经济效益取决于成员企业之间的合作组合。如果成员企业之间的合作倾向大于竞争, 那么增加供应链中的成员企业数量就不会减少利润, 反而会增加总利润, 使供应链联盟的功能达到最佳, 实现了合理的利益分配计划。

1.2.4 计算 Shapley 值时还应满足 3 个条件

- ①对等性: 参与者在合作中的地位平等。
- ②有效性: 所有参与者的 Shapley 值之和等于合作的总收益。
- ③叠加性: 多个合作博弈的 Shapley 值可以叠加计算。

2 攀枝花芒果供应链利益分配模型构建

论文以攀枝花市芒果供应链为研究对象, 构建了由农户、芒果种植合作社、收购商和商超组成的四级供应链模型。通过 Shapley 值法, 计算了各主体在不同合作模式下的利益分配情况。

2.1 模型符号说明

①论文研究的芒果供应链由芒果种植户、芒果合作社、收购商、商超构成, 各成员企业分别记作 A 、 B 、 C 、 D 。 W 表示四个成员在均不合作、三者均不合作所构成的共 5 种联盟的利益, 分别记作 W_A 、 W_B 、 W_C 、 W_D 、 $W_{A,B,C,D}$ 。运用 Shapley 值法得到不同主体的利益, 最终得到符合客观实际的 Shapley 值模型。

②研究仅考虑芒果产品在一个合作周期内的供应链利益分配情况。

③芒果合作社统一收购种植户所种植的全部芒果, 收购商收购并运输芒果, 而芒果种植户将产品出售给合作社的价格为 P_1 。

④芒果产品合作社将收购芒果售给收购商的单价为 P_2 。

⑤收购商把芒果售给商超的价格为 P_3 。

⑥消费者通过商超下单采购, 商超将芒果卖给消费者的单价为 P_4 。

⑦芒果的市场需求函数为 $Q = a - bP_4$ 。

对此研究模型构建过程中涉及的参数及符号如下:

Q ——商超对芒果产品的销售量;

a ——初始系数;

b ——芒果需求量对物价的反应情况;

P_1 ——芒果种植户决定提供给合作社所设定的出售价格;

P_2 ——芒果合作社决定给予收购商设定的出售价格;

P_3 ——收购商给予商超设定的出售价格;

P_4 ——商超给予消费者的出售价格;

C_1 ——芒果种植户种植过程的均衡种植成本;

C_2 ——芒果产品合作社收购芒果的均衡收购成本;

C_3 ——收购商采购芒果的均衡采购成本;

C_4 ——商超销售芒果产品的均衡销售成本。

2.2 模型构建

2.2.1 均不合作时各主体的利益模型的建立

在均不合作的情况下, 芒果种植户、芒果合作社、收购商、商超四个主体分别从芒果供应链成员企业利益模型构建自身利益最大化出发, 进而决定了芒果的价格以及订购量。此时四个主体构造利益函数为:

$$W_A = (P_1 - C_1) \times Q$$

$$W_B = (P_2 - P_1 - C_2) \times Q$$

$$W_C = (P_3 - P_2 - C_3) \times Q$$

$$W_D = (P_4 - P_3 - C_4) \times Q$$

商超根据以往的销售数据及经验以及当时的芒果需求情况决定芒果订购数量, 依据利益最大化原则确定, 因此令 $W_D = (P_4 - P_3 - C_4) \times Q$ 的一阶偏导为 0。此时最大利益为:

$$W_D^* = 12780$$

收购商再根据利益最大化原则确定销售给商超的价格, 将 Q^* 代入式中得到芒果收购商的利益, 令其一阶偏导为 0, 则利益最大时的收购商的最优销售单价、最大利益为:

$$P_3^* = \frac{a + b(P_2 + C_3 - C_4)}{2b}$$

$$W_C^* = 6750$$

合作社根据需求量按照使自己利益最大化的原则确定销售给芒果收购商的价格, 将 Q^* 代入式中并令其一阶偏导为 0, 则利益最大时合作社的最优销售单价、最大利益为:

$$P_2^* = \frac{a + b(P_1 + C_2 - C_3)}{2b}$$

$$W_B^* = 3562.5$$

农户根据需求量按照使自己利益最大化的原则确定销售给合作社的价格, 将 Q^* 代入式中并令其一阶偏导为 0, 则利益最大时合作社的最优销售单价、最大利益为:

$$P_1^* = \frac{a+b(C_1-C_2-C_3-C_4)}{2b}$$

$$W_A^* = 4875$$

2.2.2 全员合作模式条件下模型的建立

供应链上芒果种植户、芒果合作社、收购商、商超的最大利益分别表示为 W_A 、 W_B 、 W_C 、 W_D 、 $W_{A,B,C,D}$ 。当供应链中的四个主体形成战略联盟时, 其整体收益由各方的协同决策决定。通过共同制定市场价格和销售数量, 联盟能够实现利益最大化, 其总收益可表述为:

$$W_{A,B,C,D} = (P_4 - C_4 - C_3 - C_2 - C_1) \times Q$$

$$= (P_4 - C_4 - C_3 - C_2 - C_1) \times (a - bP_4)$$

通过模型看出, 芒果种植合作社与收购商在合作与不合作的状态下, 芒果供应链的利益是有差别的。论文利用 Shapley 值对合作后得利益进行分配。依据供应链各节点的贡献值来确定利益分配比例, 这一做法既确保了分配过程的公正性, 又能有效预防合作方之间产生利益纠纷。

3 攀枝花芒果供应链合作博弈分析

运用博弈理论构建芒果供应链收益分配模型, 比较合作模式与非合作模式下利益分配, 认为合作模式下的利益分配更公平合理。并运用合作博弈下的 Shapley 值法得出供应链中各经济主体收益变化。

3.1 芒果供应链各环节主体成本与收益

3.1.1 农户的成本与收益

农户是芒果供应链中的生产主体, 主要负责对芒果树进行培育和种植。由于农户种植是用自家地种植, 因此只涉及种植成本。其中主要包含苗木成本 3937.5 元/公顷, 灌溉成本 1500 元/公顷, 农药成本 750 元/公顷, 化肥成本 750 元/公顷, 总计种植成本 6937.5 元/公顷。如果按直接出售 4.5 元/斤的价格, 则收益为 4875 元/公顷。

3.1.2 芒果种植合作社成本与收益

芒果种植合作社的成本主要包括人工费用 6000 元/公顷, 租用土地费用 8250 元/公顷, 整地费用 1500 元/公顷, 总计费用为 22687.5 元/公顷。芒果业种植合作社以 10 元/斤的价格将树苗进行出售, 则收益为 3562.5 元/公顷。如果采用第二种方式, 从农户手中以 7 元/斤的价格收购, 再以 10 元/斤的价格进行销售, 在运输过程中还需人工运输费用 3750 元/公顷, 则收益为 4125 元/公顷。

3.1.3 收购商的成本与收益

收购商从芒果种植合作社那里采购芒果, 以 10 元/斤的价格进行收购, 产生采购成本 26250 元/公顷, 人工运输费

用 3750 元/公顷, 则总共产生成本 30000 元/公顷。收购商再以 14 元/斤的价格进行出售, 获得的收益为 6750 元/公顷。

由此可知, 芒果种植合作社给农户带来了实际的收益, 不管是农户还是合作社和收购商, 都愿意参与到这条供应链中来。一方面农户避免了传统流通商的杀价行为, 另一方面也对自身的生产产生了保障。从整体方面来讲, 三者之间的合作不仅降低了农户在生产时会产生风险, 还减少了中间的流通环节, 降低了总体的成本, 保证了芒果的质量。

通过计算分析可知, 当农户与芒果种植合作社、收购商合作时, 总成本为农户的总成本 + 合作社的人工运输成本和采购商的人工运输成本, 为 14437.5 元/公顷, 总收益为 22312.5 元/公顷。

从表 1 中可以看出三者合作时产生的成本远远小于三个经济主体单独经营时的本, 通过对比收益分配比例可以发现, 合作社与农户协同经营的经济效益明显优于其单独运营。其中, 合作模式带来的土地成本节约是产生这一差距的关键因素。主要是节省了租地费用和人工费用。

表 1 各主体成本

项目	农户	合作社	收购商	三者合作
成本(元/公顷)	6937.5	22125	30000	14437.5
收益(元/公顷)	11437.5	4125	6750	22312.5
收益分配比(%)	51.26	18.49	30.25	100

3.2 不同合作模式下的芒果供应链利益分配优化方案

通过调研得到, 目前攀枝花芒果供应链主要有两种合作模式, 分别为全员参与和全员不参与的合作模式。

3.2.1 全员参与下的利益分配

当农户单独经营时, 农户的收益为 4875 元/公顷, 当合作社单独经营时, 合作社的收益为 3562.5 元/公顷, 当农户与合作社进行合作时, 他们的总收益为 9000 元/公顷。当农户单独经营时, 农户的收益为 4875 元/公顷, 当收购商单独经营时, 收购商的收益为 6750 元/公顷, 当农户与收购商进行合作时, 他们的收益为 15562.5 元/公顷。当合作社单独经营时, 合作社的收益为 3562.5 元/公顷, 当收购商单独经营时, 收购商的收益为 6750 元/公顷, 当合作社与收购商进行合作时, 他们的收益为 11625 元/公顷。当农户单独经营时, 农户的收益为 4875 元/公顷, 当合作社单独经营时, 合作社的收益为 3562.5 元/公顷, 当收购商单独经营时, 收购商的收益为 6750 元/公顷, 当农户、合作社及收购商进行合作社时, 收益为 22312.5 元/公顷。根据 Shapley 值算法进行推导, 分别计算出供应链中全员参与的利益分配为表 2。

3.2.2 全员不参与下的利益分配

在全员不参与的合作供应链合作模式下, 整体包括农户、合作社、收购商、商超等, 根据 Shapley 值算法进行推导, 分别计算出供应链中全员不参与的利益分配为表 3。

表 2 全员参与下的 Shapley 值参数

分配模型	农户单独经营	合作社单独经营	收购商单独经营	商超单独经营	农户 + 合作社 + 收购商 + 商超
$v(S)$	4875	3562.5	6750	12780	7250
$v(S/i)$	0	0	0	0	0
$v(S)-v(S/i)$	4875	3562.5	6750	8265	
s	1	1	1	3	4
$w(S)$	1/4	1/4	1/4	1/12	1/4
$w(s)[v(s)-v(s/i)]$	1218.75	890	1687	1065	1812.5

表 3 全员不参与下的 Shapley 值参数

分配模型	农户单独经营	合作社单独经营	收购商单独经营	商超单独经营
$v(S)$	4875	3562.5	6750	12780
$v(S/i)$	0	0	0	0
$v(S)-v(S/i)$	4875	3562.5	6750	12780
s	1	1	1	1
$w(S)$	1/4	1/4	1/4	1/12
$w(s)[v(s)-v(s/i)]$	1218.75	890	1687	1065

3.3 攀枝花芒果供应链优化方案的选择

通过对攀枝花芒果供应链两种合作模式的讨论可知，攀枝花全员参与模式收益情况最好。所以，选择全员参与的合作方式。

这就说明了未来攀枝花芒果供应链的发展模式应该为全员参与一体化模式。在这种模式下，供应链上的各成员共同参与 to 供应链中来，积极为提高供应链的整体收益贡献自己的力量，每个成员也不再是单独的个体，在合作的同时还会降低自身的成本，获得更高的收益，但这种合作模式需要注意的是当发生供应链中利益分配不平衡时，会导致供应链上的成员间合作不够稳定，甚至出现供应链断裂的情况，因此就需要合理的利益分配方式。

4 结论与展望

论文的研究成果与中国相关研究（张丽、王强、李娜，2022）一致，表明 Shapley 值法在供应链利益分配中具有广泛的应用前景^[3]。研究结果表明，合作模式通过 Shapley 值

法对攀枝花芒果供应链的利益分配进行了优化分析，提出了合理的利益分配方案。在 Shapley 值法下的利益分配更加公平合理，能够有效提升供应链的整体收益。为此，论文提出以下建议：

- ①鼓励发展芒果种植合作社，增强农户与合作社的合作关系。
- ②制定合理的利益分配机制，确保各主体在合作中获得公平的收益。
- ③加强信息共享，提升供应链的整体运作效率。

参考文献：

[1] 王晓东,李雪,张伟.基于Shapley值法的农产品供应链利益分配研究——以苹果供应链为例[J].农业经济问题,2020,41(5):98-107.

[2] 李明,张华,王磊.基于改进Shapley值法的供应链协同利益分配模型[J].系统工程理论与实践,2021,41(3):723-734.

[3] 张丽,王强,李娜.基于Shapley值法的绿色供应链利益分配研究——以新能源汽车为例[J].管理科学学报,2022,25(4):89-101.