

基于 shapley 值法的玉米产业链合作 博弈与利益分配研究

舒坤良¹, 马云霞^{1,2}, 孙 奇^{1,2}, 袁 粦^{1,2}, 孔明明¹, 杨 双¹

(1. 吉林省农业科学院, 长春 130022; 2. 延边大学经济管理学院, 吉林 延吉 133002)

摘 要: 在“价补分离”政策下, 如何提升全产业链增值能力, 促进各环节(主体)利益合理分配, 推动玉米全产业链融合发展, 是玉米产业持续健康发展的关键。本文以吉林省为例构建玉米产业链, 并运用 shapley 值法探讨产业链上各主体合作博弈及利益分配。结果表明, 玉米产业链任意两个或多个环节(主体)的合作, 都能提升整体收益水平。在同等条件下, 玉米产业链各主体参与并组建基于全产业链的合作联盟可创造玉米产业链最大整体收益, 且各参与主体也能获取最大收益分配。推动产业链主体有效合作, 是玉米产业提质增效的重要措施。

关键词: 玉米; 产业链; 合作博弈; shapley 值; 利益分配

中图分类号: S513

文献标识码: A

Researches on Cooperative Game and Benefit Distribution of Corn Industry Chain Based on SHAPLEY Value Method

SHU Kun-liang¹, MA Yun-xia^{1,2}, SUN Qi^{1,2}, YUAN Lin^{1,2},
KONG Ming-ming¹, YANG Shuang¹

(1. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033;

2. College of Economics and Management, Yanbian University, Yanji 133002, China)

Abstract: Under the policy of price supplement separation, how to enhance the value-added capacity of the whole industry chain, promote the reasonable distribution of interests of each link(main body), and promote the integrated development of the whole corn industry chain is the key to the sustainable and healthy development of the corn industry. This paper took Jilin province as an example to construct the corn industry chain, and used the Shapley value method to discuss the cooperative game and benefit distribution of each subject in the industry chain. The conclusion showed that the cooperation of any two or more links(main body) in the corn industry chain could improve the overall income level. Under the same conditions, the participation of all participants in the corn industry chain and the establishment of a cooperation alliance based on the whole industry chain could create the maximum overall benefit of the corn industry chain, and each participant could also obtain the maximum benefit distribution. Promoting effective cooperation among the main body of the industrial chain is an important measure to improve the quality and efficiency of corn industry.

Key words: Corn; Industry chain; Cooperative game; Shapley value; Benefit distribution

录用日期: 2020-01-02

基金项目: 吉林省农业科技创新工程杰出青年项目“‘价补分离’政策下玉米产业链利益协调及价值增长研究”(CXGC2017JQ011)、科技部国家重点研发计划项目子课题“集约规模化丰产增效技术模式效率评价与预测”(2018YFD0300204-X)、吉林省农业科技创新工程项目“玉米产业链利益分配与协调机制研究”(C92070607)、吉林省农业科技专项“吉林省玉米种业发展问题研究”、农业部东北作物生理生态与耕作重点实验室开放基金课题“吉林省中部雨养农区玉米保护性耕作技术体系效益分析与评价研究”

作者简介: 舒坤良(1979-), 博士, 研究员, 研究方向为农业经济理论与政策。

杨 双为本文通讯作者。

随着农业产业链理念普及,多种形式的农业产业链应运而生,连接着链条各主体多方利益。稳定的农业产业链,不仅推动着我国农业现代化进程,也是支撑农村三产融合发展的基础。农业产业链稳定的前提是产业链各利益主体的分配是否合理,关键是农业产业链是否具有增值能力。当前,农业产业链的形成和发展具有复杂性和脆弱性,链条上各主体信息不对称、融合性差的现象比较普遍。如何构建农业产业链利益分配机制,合理调控农业产业链各环节的利益分配,促使农业产业链价值增长和延伸拓展,已成为热点问题^[1]。选择合适的合作伙伴,构建基于产业链的合作联盟,是实现全链条利润最大化的重要手段之一^[2]。

从协同合作的视角看,如何合作、跟谁合作,进而实现全链条帕累托最优,是选择合作伙伴的重点。从利益分配的视角看,产业链各主体如何公平合理地分配产业收益,显得尤为重要。从合作博弈的视角看,研究产业链利益分配机制,已成为农业领域新兴的热点问题之一。代佩慧利用合作博弈shapley值法对蔬菜供应链管理中合作成员之间的不合理利益分配格局进行分析,并结合蔬菜供应链的特点和数据举例的方法,对蔬菜生产企业和政府提出建议^[3]。杨怀珍运用shapley值法研究了“农户+合作社+超市”的农超对接合作模式利益分配机制,提出了改善产业链中各成员合作关系的路径^[4]。黄勇以湖北恩施地区为例,针对“家庭农场(大户)+龙头企业+超市”这一合作联盟模式中超市收益远高于其他主体的问题,运用shapley值法进行计算分析并提出了优化该合作联盟利益分配机制的建议^[5]。张喜才认为,产业链利益分配不合理是困扰京津冀合作发展的难题,如何构建合理的利益分配机制是保障京津冀农业合作的前提条件,运用shapley值法构建了京津冀地区蔬菜合作社、批发商、零售商三级供应链合作联盟的利益分配机制^[6]。张贺运用shapley值法对肉牛产业链各主体利益分配进行测算并提出改进的利益分配方案,有助于肉牛产业链增值^[7]。滕郑针对农产品智慧供应链,构建有利于整合合作联盟各方成员信息流,实现供应链利润最大化的理论模型,有利于提升农产品智慧供应链的价值^[8]。

农业产业链利益分配问题,已成为学界关注的重点问题之一。构建合理的利益分配机制,是促进农业产业链价值增长和农业全产业链融合发展的前提条件。学者们已从多个视角,以shapley值法和博弈论为主要研究工具,开展了农业产业链利益分配

问题的探索性研究。迄今尚未查阅到关于玉米产业链的相关研究成果。玉米作为我国第一大粮食作物,在提升农产品有效供给能力、保障国家粮食安全方面发挥着不可替代的作用。时至今日,基于市场机制的玉米产业链利益协调机制和价值增长体系仍未建立,不仅给国家和东北玉米主产区造成巨大压力,还大大增加了玉米产业乃至区域农业发展的系统性风险^[9]。本文借鉴前人思路,运用合作博弈shapley值法,以吉林省为例,测算基于合作博弈的玉米产业链价值增长变化及利益分配格局,为科学制定玉米产业政策、促进玉米产业链融合发展提供参考。

1 Shapley模型简介

Shapley值法由美国著名数学家和经济学家Lloyd S. Shapley于1953年提出。Shapley值是合作博弈中最重要的概念,采用数学逻辑建模的方法处理多人合作对策问题。假定参与博弈的 n 个人形成一个合作联盟,则称此联盟博弈为 n 人大联盟合作博弈,shapley值为此合作博弈的解,是该大联盟所获利益的一个分配方案。若用 $\varphi_i(V(I)), i \in I$,表示 i 从 n 人大联盟合作博弈中获取收益,则shapley值的计算公式为

对于任意 n 人合作博弈 $[I, V]$, shapley值是唯一存在的,且:

$$\varphi_i(V) = \sum_{i \in s \subseteq I} W(|s|) [V(s) - V(s \setminus \{i\})], i=1,2,3, \dots, n$$

其中, $W(|s|) = \frac{(n-|s|)! (|s|-1)!}{n!}$, $|s|$ 为集合 s 的元素个数。

假设 $I = \{1, 2, 3, \dots, n\}$, n 个局中人依次按照随机次序形成联盟,并且这种次序发生的概率是相等的,那么这样的合作联盟有 $n!$ 个,局中人 i 与之前 $|s|-1$ 个局中人形成一个联盟 s 。由于 $s \setminus \{i\}$ 中的局中人的排列次序有 $(|s|-1)!$ 个,而 $I \setminus s$ 中的局中人的排列次序有 $(n-|s|)!$ 个,因此这种排列次序发生的概率为 $\frac{(n-|s|)! (|s|-1)!}{n!}$;又因为局中人 i 在联盟 s 的贡献 $W(|s|) = \frac{(n-|s|)! (|s|-1)!}{n!}$, $i \in s \subseteq I$ 可以作为局中人 i 在联盟 s 的贡献 $V(s) - V(s \setminus \{i\})$ 的一个加权因子,其中, n 为集合 I 中的元素个数, $|s|$ 表示为联盟中具有局中人的个数, $W(s)$ 为加权因子。因此,局中人 i 对所有他可能参与的联盟所作出的贡献的加权平均(期望值)就是shapley值,如表1所示。

表1 不同状态参与下的shapley值参数
Table 1 Shapley parameters on different conditions

分配模型 Allocation model	不同状态下的合作收益 Benefits of cooperation under different conditions			
	A	A+B	A+C	A+B+C
$V(S)$	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}
$V(S\setminus\{i\})$	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}
$V(S)-V(S\setminus\{i\})$	A_1	A_2	A_3	A_4
$ S $	1	2	2	3
$(n- S)! (S -1)!$	2	1	1	2
$W(S)$	1/3	1/6	1/6	1/3

表1中的各函数表达式的含义分别为, $V(S)$ 表示 A 参与联盟的特征函数的表达式(收益); $V(S\setminus\{i\})$ 表示联盟 S 中除 A 以外其他参与人的贡献; $V(S)-V(S\setminus\{i\})$ 表示 A 在合作联盟 S 中的贡献值; $|S|$ 表示集合 S 中的元素个数;

$(n-|S|)! (|S|-1)!$ 表示 A 在合作联盟 S 中的贡献的加权因子; $W(S)$ 表示参与人 A 应当获得的利益分配值。

利用公式 $\varphi_i(V)=\sum_{i\in S\subseteq I} W(|S|)[V(S)-V(S\setminus\{i\})]$, $i=1, 2, 3, \dots, n$ 可计算不同状态下的 shapley 值。

2 基于 shapley 值的玉米产业链合作博弈分析

2.1 玉米产业链模型构建

本文构建的玉米产业链模型包括3个部分,即农户、加工企业以及产业链其他利益分配主体。其中,农户泛指小农户、大户、农民专业合作社等玉米生产者,根据调研实际,以独户经营的农户为主;加工企业包括饲料加工企业、玉米初加工企业和深加工企业;其他利益分配主体包括在玉米产业链上从事农

资经营、农机具服务及运输、仓储、贸易等活动的主体。可构建玉米产业链模型如图1所示。

2.2 合作博弈条件下玉米产业链利益增长及分配变化

根据前文对 shapley 值的假设条件,本文从产前农资农机、产中农户生产以及产后加工运输储存3个主要环节进行玉米产业链利益分配的实证分析。利益分配的主体为农户、加工企业和产业链其他利益分配主体,记为集合 $I=\{1, 2, 3\}$, 用 n 表示参与合作的主体个数。

V 表示对策函数,合作对策为 $[I, V]$ 。用 S 表示 n 人合作中的一个合作。 $V(S)$ 为合作 S 的效益, $S\in N$ 。用 X_i 表示所有合作主体中的第 i 个主体从合作的最大的效益 $V(i)$ 中所获得收益。在合作 I 中,用 $X=\{X_1, X_2, X_3\}$ 分别来表示农户、加工企业和产业链其他利益分配主体合作对策时的分配效益。

以2018年吉林省玉米生产为例,在实地调研中得知农户种植可获玉米产量为8 500~15 000 kg/hm², 玉米售价约为1.4元/kg, 农户取得的玉米收益约为1 445.2元/t。调研地区种植玉米所需的费用,种子

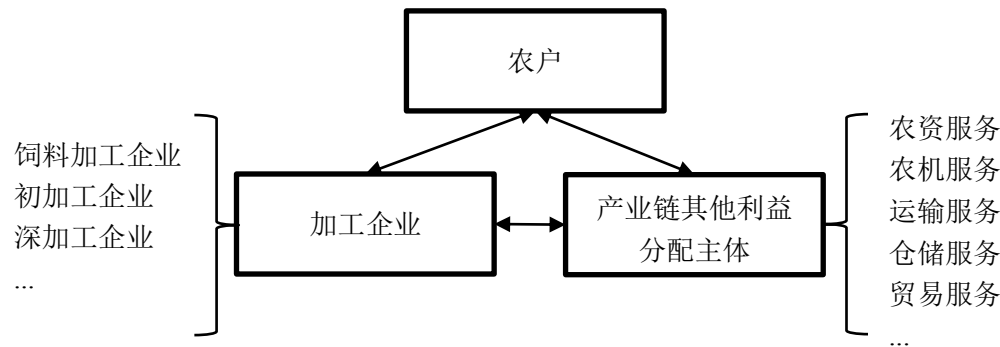


图1 玉米产业链模式示意图
Fig.1 Model diagram of maize industry chain

费用 700 ~ 1 300 元/hm², 农药费用 200 ~ 300 元/hm², 化肥费用 1 300 ~ 3 000 元/hm²(因地区差异不同, 化肥价格差异较大), 机械作业费 300 ~ 2700 元/hm²(因农户家中有无机械, 种植面积等因素不同, 导致费用不同), 同时其他费用因地区不同也存在差异, 因此玉米的平均成本价约为 1.3 元/kg, 农户种植玉米利润约为 100 元/t。

加工企业以吉林省某玉米加工企业为例, 该企业年加工玉米 90 万 t, 每年加工玉米取得的收益约为 16 亿元, 加工后产品折算到玉米的价格约为 1 777.78 元/t, 扣除各种成本后, 2018 年每加工 1 t 玉

米纯利润约为 30 元。

其他玉米产业链利益主体以吉林省某私营粮库为例, 该粮库每年收储玉米 5 万 ~ 6 万 t, 收购 30 个水的玉米成本为 1 300 ~ 1 480 元/t, 烘干至 14 个水后成本为 1 630 ~ 1 850 元/t, 烘干后的平均售价约为 1 740 元/t, 扣除人工费、燃料动力费、维修费等刚性成本后, 该粮库每烘干 1 t 玉米的利润约为 20 元。

综上可算得: $V(X1)=100$ 元, $V(X2)=30$ 元, $V(X3)=20$ 元, $V(X1X2)=160$ 元, $V(X1X3)=140$ 元, $V(X2X3)=60$ 元, $V(X1X2X3)=190$ 元, 进而可计算各种合作情形下的 shapley 值参数(表 2~表 4)。

表2 农户参与下的 shapley 值参数
Table 2 Shapley Parameters for Farmers' Participation

分配模型 Allocation model	农户参与下的合作收益 Cooperative benefits under farmers' participation			
	农户单独经营 Farmers operate alone	农户+加工企业 Farmers and Processing enterprises	农户+产业链其他利益分配主体 Farmers and distribution of other benefits in industrial chain	农户+加工企业+产业链其他利益分配主体 Farmers and processing enterprises and distribution of other benefits in industrial chain
$V(S)$	100 元	160 元	140 元	190 元
$V(S \setminus \{i\})$	0	30 元	20 元	60 元
$V(S) - V(S \setminus \{i\})$	100 元	130 元	120 元	130 元
$ S $	1	2	2	3
$(n - S)! (S - 1)!$	2	1	1	2
$W(S)$	1/3	1/6	1/6	1/3

由上述参数可计算农户的利益分配值为:

$$\varphi_i(V) = \sum_{i \in S \subseteq I} W(|S|) [V(S) - V(S \setminus \{i\})], i = 1, 2, 3, \dots, n$$
$$= \frac{(3-1)!(1-1)!}{3!} * (3-0) + \frac{(3-2)!(2-1)!}{3!} * (11-4) + \frac{(3-2)!(2-1)!}{3!} * (15-5) + \frac{(3-3)!(3-1)!}{3!} * (20-10)$$
$$= \frac{1}{3} * 100 + \frac{1}{6} * 130 + \frac{1}{6} * 120 + \frac{1}{3} * 130 \approx 118.33 \text{元}$$

表3 加工企业参与下的 shapley 值参数
Table 3 Shapley parameters with the participation of processing enterprises

分配模型 Allocation model	加工企业参与下的合作收益 Cooperative benefits under processing enterprises' participation			
	加工企业单独经营 Processing enterprises operate alone	加工企业+农户 Processing enterprises and Farmers	加工企业+产业链其他利益分配主体 Processing enterprises and distribution of other benefits in industrial chain	农户+加工企业+产业链其他利益分配主体 Farmers and processing enterprises and distribution of other benefits in industrial chain
$V(S)$	30 元	160 元	60 元	190 元
$V(S \setminus \{i\})$	0 元	100 元	20 元	140 元
$V(S) - V(S \setminus \{i\})$	30 元	60 元	40 元	50 元
$ S $	1	2	2	3
$(n - S)! (S - 1)!$	2	1	1	2
$W(S)$	1/3	1/6	1/6	1/3

由上述参数可计算加工企业的利益分配值为:

$$\varphi_i(V)=\sum_{i \in S \subseteq I} W(|S|)[V(S)-V(S \setminus \{i\})], i=1,2,3,...,n$$
$$= \frac{(3-1)!(1-1)!}{3!}*(4-0)+\frac{(3-2)!(2-1)!}{3!}*(11-3)+\frac{(3-2)!(2-1)!}{3!}*(10-5)+\frac{(3-3)!(3-1)!}{3!}*(20-15)$$
$$= \frac{1}{3}*30+\frac{1}{6}*60+\frac{1}{6}*40+\frac{1}{3}*50 \approx 43.33 \text{元}$$

表4 产业链其他利益分配主体参与下的shapley值参数
Table 4 Hapley parameters under the participation of other stakeholders in the industrial chain

分配模型 Allocation model	其他产业链利益主体参与下的合作收益 Cooperative benefits under other industry chain stakeholders' participation			
	其他产业链利益分配 主体单独经营	农户+其他产业链利益 分配主体	加工企业+产业链其他 利益分配主体	农户+加工企业+产业链 其他利益分配主体
	Distribution of other benefits in industrial chain operate alone	Farmers and distribution of other benefits in industrial chain	Processing enterprises and distribution of other benefits in industrial chain	Farmers and processing enterprises and distribution of other benefits in industrial chain
$V(S)$	20元	140元	60元	190元
$V(S \setminus \{i\})$	0元	100元	30元	160元
$V(S)-V(S \setminus \{i\})$	20元	40元	30元	30元
$ S $	1	2	2	3
$(n- S)! (S -1)!$	2	1	1	2
$W(S)$	1/3	1/6	1/6	1/3

由上述参数可计算产业链其他利益非配主体的分配值为

$$\varphi_i(V)=\sum_{i \in S \subseteq I} W(|S|)[V(S)-V(S \setminus \{i\})], i=1,2,3,...,n$$
$$= \frac{(3-1)!(1-1)!}{3!}*(5-0)+\frac{(3-2)!(2-1)!}{3!}*(15-3)+\frac{(3-2)!(2-1)!}{3!}*(10-4)+\frac{(3-3)!(3-1)!}{3!}*(20-11)$$
$$= \frac{1}{3}*20+\frac{1}{6}*40+\frac{1}{6}*30+\frac{1}{3}*30 \approx 28.33 \text{元}$$

综上,在本文构建的玉米产业链中,即由农户、加工企业和玉米产业链其他利益主体所构成的全产业链合作联盟中,在同样的生产经营条件下,通过全产业链的合作,产业链总收益水平提升了40元,累计提升26.7%;各主体的收益由单独经营时的100元、30元和20元分别提升至农户获取118.33元、加工企业获取43.33元和产业链其他利益主体获得28.33元,分别提升了18.33%、44.43%和41.65%。收益提升的主要原因是产业链上下游主体之间因合作而提高了经营效率、降低了交易成本。如农户与加工企业合作时,农户直接向加工企业直接供应湿粮,减少流通环节,节省运输、烘干及浸泡等费用支出,农户获得更高的收益的同时加工企业降低交易成本、提高经营收益;或者是农户按照加工企业的要求和标准,在品种选用、生产环节等实行标准化管理,提升玉米子粒纯度和加工品质,加工企业因得到更优质的原料,投入产出比更高,进而增加了产业链价

值。农户与粮库进行合作时,减少了粮贩上门收购等中间的流通成本并将中间利润进行重新分配,同时也可根据粮库需求进行规模化、标准化、专用化的订单式生产,提高了玉米的市场价值。农户与农资商合作,农资商通过直供农资,提供技术指导,可在一定程度上减少产前、产中农户对玉米种植的投资成本和管理费用。粮库与加工企业进行合作时,粮库可直接将企业所需玉米进行不同程度的烘干和处理,方便企业直接进行加工,减少了全链条的加工程序,进而提高整体收益。同理,当三者形成合作大联盟时,产业链上下游主体之间因合作而实现的价值增长将产生叠加效应,从而较大幅度地提升整个产业链的经营收益。

3 结论与启示

与其他产业链类似,玉米产业链也由产前、产中、产后各环节(各主体)共同构成,在一定的政策和

生产经营条件下,如何优化产业链整体收益,合理分配各主体所得收益,是玉米产业链持续健康发展的关键。

玉米产业链任意2个或多个环节(主体)的合作,都会因节约成本、提高效率等因素而提升整体收益水平,即合作联盟的总收益水平及单一主体所获收益都大于单独经营时的水平。合作是提升玉米产业链市场竞争力,提升可持续发展能力的重要举措。

玉米产业链各成员参与并组建基于全产业链的合作联盟可创造玉米产业链最大收益,且各参与主体也能在全产业链合作联盟条件下获取最大收益分配。即基于全产业链合作联盟的总收益水平大于产业链上部分主体/环节合作的总收益水平,参与全产业链合作联盟时各主体的收益分配水平也大于产业链上部分主体/环节合作时所获取的收益分配水平。

政策启示,一是强化玉米产业链各主体合作,是推动全产业链融合发展的基础,是“价补分离”政策框架下提升玉米产业链收益水平,尤其是提升玉米生产者和加工企业收益水平的重要手段,有利于提升玉米产业整体收益,推动玉米产业振兴。二是基于玉米全产业链的合作与融合发展需引导鼓励玉米产业链上有条件的部分环节(主体)先行合作,不断延伸合作范畴,优化合作方式,增强合作能力,理清合作机制,逐步向全产业链合作乃至融合发展迈进。三是小农户作为当前玉米生产主体,其对接产业链其他主体的能力以及在产业链利益分配中的话语权都相对较弱;需有针对性地加强新型农业经营主体培育,强化对小农户的带动,不断扩大合作范畴与深度,优化利益联结机制。

参考文献:

- [1] 丁家云,周正平. 基于农业产业链延伸的农产品国际竞争力研究[J]. 南京审计学院学报, 2015, 12(3): 26-34.
Ding J Y, Zhou Z P. A Study on the international competitiveness of agricultural products based on the extension of agricultural industry chain[J]. Journal of Nanjing Audit University, 2015, 12(3): 26-34. (in Chinese)
- [2] 姜 昊. 农产品供应链视角下农户联盟绩效最优模式研究[J]. 商业经济研究, 2019(7): 109-112.
- Jiang H. Study on the optimal model of farmers' alliance performance from the perspective of agricultural product supply chain[J]. Journal of Commercial Economics, 2019(7): 109-112. (in Chinese)
- [3] 戴佩慧,项朝阳. 蔬菜供应链利益分配应用研究——基于改进的Shapley值法[J]. 广东农业科学, 2014, 41(14): 208-213, 228.
Dai P H, Xiang C Y. Vegetable supply chain benefit allocation application research - Based on the improved Shapley value method [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2014, 41(14): 208-213, 228. (in Chinese)
- [4] 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.
Yang H Z, Liu R H, Li C C. Agricultural super docking supply chain benefit distribution based on Shapley value method and TOPSIS method[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2017, 45(23): 358-362. (in Chinese)
- [5] 黄 勇. 基于Shapley值法的猪肉供应链利益分配机制研究[J]. 农业技术经济, 2017(2): 122-128.
Huang Y. Research on benefit distribution mechanism of pork supply chain based on Shapley value method[J]. Journal of Agro-technical Economics, 2017(2): 122-128. (in Chinese)
- [6] 张喜才,杨冬海,王莲花. 京津冀一体化背景下蔬菜供应链利益分配机制构建研究[J]. 农业经济与管理, 2018(2): 18-26.
Zhang X C, Yang D H, Wang L H. A study on the construction of benefit distribution mechanism in vegetable supply chain under the background of Beijing-Tianjin-Hebei integration[J]. Agricultural Economics and Management, 2018(2): 18-26. (in Chinese)
- [7] 张 贺. 基于Shapley值法的肉牛产业链利益分配研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(24): 31-36.
Zhang H. Research on benefit distribution of beef cattle industry chain based on Shapley value method[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2018(24): 31-36. (in Chinese)
- [8] 滕 郑,谭 勇. 基于改进Shapley值模型的农产品智慧供应链利润分配机制[J]. 武汉轻工大学学报, 2019, 38(3): 56-62.
Teng Z, Tan Y. Profit distribution mechanism of agricultural product intelligent supply chain based on improved Shapley value model [J]. Journal of Wuhan Polytechnic University, 2019, 38(3): 56-62. (in Chinese)
- [9] 舒坤良,吴 迪,徐晓红,等. 玉米结构调整:实践、困境与政策支持——基于吉林省的分析[J]. 玉米科学, 2017, 25(2): 142-147.
Shu K L, Wu D, Xu X H, et al. Corn structure adjustment: practice, predicament and policy support -- An analysis based on Jilin province[J]. Journal of Maize Sciences, 25(2): 142-147. (in Chinese)

(责任编辑:栾天宇)