

# 农产品物流金融服务平台下融通仓业务风险管理演化博弈

李 莎<sup>1</sup>, 李 昕<sup>1\*</sup>, 孙 莉<sup>2</sup>

<sup>1</sup>江苏大学管理学院, 江苏 镇江

<sup>2</sup>中国人民解放军东部战区总医院第五派驻门诊部, 江苏 南京

收稿日期: 2025年2月10日; 录用日期: 2025年2月24日; 发布日期: 2025年3月18日

## 摘 要

本研究基于农产品物流金融服务平台, 运用演化博弈理论构建了融通仓业务模式下物流企业与农产品中小企业之间的风险博弈模型, 通过MATLAB软件对业务过程中信用风险、操作风险及质押物风险产生的关键影响因素进行数值仿真分析, 提出相应的风险管理建议。研究表明: (1) 物流企业的业务监管成本与信用风险及操作风险大小呈负相关, 物流企业应优化信息监管平台以降低业务监管成本。(2) 物流企业设定的业务违约金与信用风险及操作风险大小呈负相关, 物流企业应完善违约处罚机制以提高业务违约成本。(3) 农产品质押物的市场价值变动对质押物风险及信用风险大小具有显著影响, 物流企业应合理选择农产品质押物以降低质押物风险, 而农产品中小企业应提升农产品质押物的品质以避免产生信用风险。(4) 农产品中小企业的声誉价值对信用风险大小具有一定影响, 农产品中小企业应完善企业信用体系以提高自身声誉价值。

## 关键词

演化博弈, 农产品物流金融, 融通仓业务, 风险管理

# Evolutionary Game of Risk Management of Warehousing Business under the Agricultural Product Logistics Financial Service Platform

Sha Li<sup>1</sup>, Xin Li<sup>1\*</sup>, Li Sun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Management, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

<sup>2</sup>Fifth Outpatient Department, General Hospital of Eastern Theater Command of PLA, Nanjing Jiangsu

\*通讯作者。

文章引用: 李莎, 李昕, 孙莉. 农产品物流金融服务平台下融通仓业务风险管理演化博弈[J]. 电子商务评论, 2025, 14(3): 589-603. DOI: 10.12677/eci.2025.143744

## Abstract

Based on the agricultural product logistics financial service platform, this study uses evolutionary game theory to construct a risk game model between logistics companies and agricultural product SMEs under the financing warehouse business model. The key influencing factors of credit risk, operational risk and collateral risk in the business process are numerically simulated and analyzed by MATLAB software, and corresponding risk management suggestions are put forward. The research shows that: (1) The business supervision cost of logistics companies is negatively correlated with the size of credit risk and operational risk. Logistics companies should optimize the information supervision platform to reduce business supervision costs. (2) The business default penalty set by logistics companies is negatively correlated with the credit risk and operational risk. Logistics companies should improve the default penalty mechanism to increase the business default cost. (3) The end-of-period market price of agricultural product collateral has a significant impact on the size of collateral risk and credit risk. Logistics companies should reasonably select agricultural product collateral to reduce collateral risk, while agricultural product SMEs should improve the quality of agricultural product collateral to avoid credit risk. (4) The reputation value of agricultural product SMEs has a certain impact on the size of credit risk. Agricultural product SMEs should improve the corporate credit system to improve their own reputation value.

## Keywords

Evolutionary Game, Agricultural Product Logistics Finance, Financing Warehouse Business, Risk Management

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近年来,随着现代农村物流、仓储条件改善和冷链物流的创新,农产品物流金融在政策和技术支持下取得显著进展。《中共中央 国务院关于做好 2023 年全面推进乡村振兴重点工作的意见》强调,要加快农业农村现代化,解决农产品物流发展问题成为重要任务,物流金融作为金融与物流深度融合的创新业务,在推动乡村振兴和农业现代化过程中具有重要意义[1]。农产品物流金融服务平台通过将金融企业、第三方物流企业和农产品中小企业紧密连接,优化了物流、信息流和资金流的协同运作,借助先进的信息管理系统实现信息互通和资源高效配置[2]。

农产品物流金融服务平台在促进我国农村经济发展方面发挥着重要作用,而业务风险管理是影响其健康运营和可持续发展的关键,随着融通仓业务模式的引入,农产品物流金融业务风险管理面临新挑战与机遇。在融通仓业务模式下,金融企业授予物流企业贷款额度,物流企业在此范围内为融资企业提供存货质押服务[3]。然而,现在我国的农产品物流金融仍处于发展阶段,还面临着诸多问题,例如业务流程复杂、涉及利益方较多等;农产品作为质押物存在着选择困难以及存储条件差等问题,相比较于传统工业质押品其拥有更高的质物风险。因此,物流企业在开展农产品融通仓业务过程中面临着更为复杂的风险问题,解决农产品物流金融平台下融通仓业务的风险问题,对于推动农产品物流金融业务健康运营

和可持续发展方面具有重要意义。

## 2. 文献综述

目前,学者们对农产品物流金融业务已有不少的探索与研究,内容主要集中在金融业务模式的创新发展、金融业务风险管理层面对业务主体间的协同合作进行探讨与研究。

在金融业务模式的创新发展层面,杨文博分析了代收货款、仓单质押、信用担保、保兑仓等典型的农产品物流金融模式,提出了农产品物流金融发展的创新路径[4]。高然探讨了农业发展挑战及物流金融问题,指出物流企业的复杂性和农产品特殊性使物流金融成为连接不同行业的重要创新形式[5]。江雯基于供应链金融视角下农产品冷链物流金融的运行模式,分析了其在提升农产品流通效率、保障质量安全以及促进农业产业升级方面的重要作用[6]。季星月等通过分析安徽省农产品物流金融现状,发现第三方物流企业是关键因素,并强调了第三方物流企业与银行之间的协调合作[7]。在金融业务风险管理层面,于远程探讨了农产品物流金融中物流企业面临的风险进行评估,并通过案例分析提出了针对性的风险防控手段[8]。李艳伟等提出基于“互联网+”的监管平台,结合供给侧角度进行风险管控,优化供应链资源配置,降低运营风险[9]。王骏鹏研究了农产品物流金融融通仓业务的风险管理,提出完善的风险预测与控制对保障业务健康发展至关重要[10]。董劲分析了影响农产品融通仓业务的主要风险因素,如质押物监管风险、受托人信用风险和金融机构操作风险,并提出了相应的防控措施[11]。

随着演化博弈在农产品物流金融业务研究中的广泛应用,吴燕构建了农产品物流金融融通仓盈利模式的演化模型,提出通过整合物流、信息流和资金流,缓解中小企业资金压力,确保金融机构贷款安全,促进融通仓业务的健康和持续性发展[12]。Hafezalkotob等运用演化博弈论理论,对供应链中的制造商和零售商进行分析,得出制定最优的批发价格有利于零售商减小风险[13]。刘晓丽运用博弈论分析了金融机构、融资企业和物流企业之间的博弈关系,揭示了影响质押融资模式实施的关键因素,并提出了相应的风险防范措施[14]。周咏研究了第三方物流企业承担或不承担违约风险的两种情境,构建了融资决策模型,发现质押物价格波动、质押率和监督成本对中小企业违约概率有显著影响[15]。陶政旭等构建演化博弈模型研究了统一授信质押融资模式下物流企业与融资企业的信用风险,发现质押率、质物风险和声誉价值是影响融资企业信用风险的主要因素[16]。

综上所述,学者们在农产品物流金融业务领域探讨已取得较为丰富的研究成果,但从演化博弈角度对农产品融通仓业务风险管理的研究还相对较少,同时,以上学者的研究多围绕农产品物流金融主体中的金融企业与物流企业间的业务风险进行分析,忽略了物流企业向农产品中小企业提供融资服务过程中所产生的业务风险。因此,本研究将基于农产品物流金融服务平台,运用演化博弈理论分析物流企业与农产品中小企业的决策行为,探讨农产品融通仓业务风险产生机理并提出风险管理策略。

## 3. 模型构建

### 3.1. 问题描述

在融通仓业务模式下,金融企业依据物流企业的平台运营效果和经营状况授予信贷额度,物流企业则依据信用评估和市场情况调整额度为涉农中小企业提供信用担保。在整个融资业务过程中,金融企业基本不参与,而是由第三方物流企业建立综合服务平台为农产品中小企业提供评估、融资、担保、仓储监管和货物运输等服务,物流企业为确保担保安全利用农产品中小企业仓库中的农产品作为质押物进行反担保,授信期结束时,物流企业根据与金融企业的协议按时偿还授信资金。这一模式通过物流和金融的深度融合,保障了农产品物流金融平台融资链条的顺畅运行[16]。具体流程如图1所示。

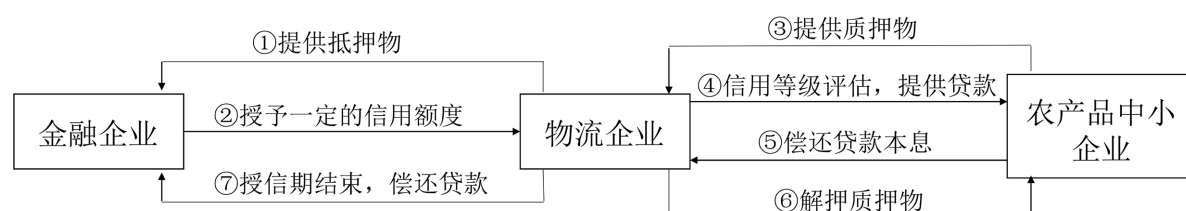


Figure 1. Flowchart of the agricultural product financing warehouse business model

图 1. 农产品融通仓业务模式流程图

本研究对融通仓业务融资过程中物流企业与农产品中小企业的博弈关系进行分析。在融通仓业务中, 农产品中小企业往往面临财务透明度不足的问题, 它们可能夸大自身的偿还能力以获取贷款, 物流企业在缺乏可靠的财务数据和市场分析的情况下, 难以准确评估农产品中小企业的真实偿还能力, 这种信息不对称使物流企业在贷款审批时可能做出错误判断, 增加了贷款违约的可能性。农产品作为融资的核心抵押物, 其本身具有易腐易变、存储条件要求严格的特性, 这使得物流企业在业务过程中承载了较大的质押物风险。物流企业负责质押物的监督与管理, 但如果农产品中小企业提供的信息可能因管理不善或信息反馈延迟而失真, 物流企业就无法全面掌握农产品质押物的实际价值和安全性, 这会导致物流企业在业务风险评估中存在盲点, 从而产生一定的业务操作风险。在整个业务过程中, 农产品中小企业需做好违约和守约之间的平衡, 而物流企业为了防范农产品中小企业的违约风险、农产品作为融资抵押的质押物风险以及业务流程的操作风险需要采取相应的监管措施, 但监管本身也会产生一定成本, 所以物流企业需要在是否进行业务监管之间做出决策。由于双方的决策依赖于对融通仓业务的逐步理解, 且存在有限理性, 采用演化博弈论分析这一博弈过程较为合适。

本研究将运用演化博弈论对农产品物流金融服务平台下的融通仓业务风险问题进行分析, 构建物流企业与农产品中小企业间业务风险演化博弈模型, 通过模型稳定性分析揭示业务风险形成机制, 采用数值分析探讨不同参数的赋值变化对双方博弈决策结果的影响, 识别农产品融通仓业务风险的关键影响因素并提出相应的风险管理建议。

### 3.2. 相关假设与参数设置

基于农产品融通仓业务模式的实际特点, 根据 Killingback 等、Lahkar、王亚泉等以及陶政旭的研究 [17]-[20], 提出以下相关假设:

假设 1: 在农产品融通仓业务过程中, 物流企业与农产品中小企业形成博弈关系, 物流企业的决策包括“监管”或“不监管”, 农产品中小企业的决策包括“违约”或“守约”。

假设 2: 在融通仓业务过程中, 物流企业选择对业务流程进行监管的概率为  $z$ , 不监管的概率为  $1-z$ , 农产品中小企业选择守约的概率为  $w$ , 违约的概率为  $1-w$ 。

假设 3: 融资业务开始前金融企业对物流企业设定的贷款利率为  $r_0$ , 融通仓业务开始时物流企业对农产品中小企业设定的业务贷款期限和贷款利率分别为  $t$  和  $r_1$ 。

假设 4: 农产品中小企业提供的农产品质押物的数量为  $Q$ , 质押物的期初市场价值、期末市场价值以及期末处置价值分别为  $P_0$ 、 $P_1$ 、 $P_2$ , 其中质押物期末处置价值  $P_2$  影响质押物的变现能力。物流企业在农产品中小企业选择守约时处置质押物带来的收益可表示为  $Q(P_1 - P_0)$ , 当其选择违约时处置质押物所带来的损失表示为  $QP_2$ 。

假设 5: 物流企业设定的质押率为  $L$ , 则物流企业的业务收益为  $tLQP_0(r_1 - r_0)$ , 物流企业对业务流程的监管费用为  $D_1$ , 物流企业向农产品中小企业收取的质押物管理费用为  $D_2$ , 物流企业选择对业务流程进

行监管时所需的监管成本为  $c_1$ ，物流企业在业务中对农产品中小企业违约的罚金为  $m_1$ 。

假设 6: 农产品中小企业获得融资贷款的利用率为  $r_2$ ，则其收益可表示为  $tLQP_0(r_2 - r_1)$ 。农产品中小企业违约时声誉下降所带来的损失为  $k$ ，农产品中小企业守约时声誉提高所获得的收益为  $m_2$ 。

假设 7: 农产品中小企业因违约无法按期归还贷款时，物流企业处理质押物所得不足以弥补物流企业归还给金融企业的本金和利息。

物流企业与农产品中小企业融通仓业务风险博弈模型具体参数含义见表 1。

**Table 1.** Parameter settings of business risk game model for logistics enterprises and agricultural product SMEs

**表 1.** 物流企业与农产品中小企业融通仓业务风险博弈模型参数设置

| 参数    | 含义              | 参数    | 含义                     |
|-------|-----------------|-------|------------------------|
| $t$   | 融通仓业务贷款的期限      | $L$   | 质押率(贷款额与质押物价值之比)       |
| $r_0$ | 金融企业设定的贷款利率     | $c_1$ | 物流企业对融通仓业务的监管成本        |
| $r_1$ | 物流企业设定的贷款利率     | $D_1$ | 物流企业对农产品质押物的管理费用       |
| $r_2$ | 农产品中小企业贷款资金的利用率 | $D_2$ | 农产品中小企业向物流企业支付的质押物管理费用 |
| $Q$   | 农产品质押物的数量       | $k$   | 农产品中小企业违约时声誉下降的损失      |
| $P_0$ | 农产品质押物的期初市场价值   | $m_1$ | 物流企业对农产品中小企业违约的罚金      |
| $P_1$ | 农产品质押物的期末市场价值   | $m_2$ | 农产品中小企业守约时声誉提高的收益      |
| $P_2$ | 农产品质押物的处置价值     |       |                        |

### 3.3. 模型建立

根据以上情况，建立物流企业与农产品中小企业之间融通仓业务风险博弈的支付矩阵表(见表 2)。

**Table 2.** Risk game payment matrix for agricultural product financing warehouse business

**表 2.** 农产品融通仓业务风险博弈支付矩阵表

|             |    | 物流企业                                                                                           |                                                                                    |
|-------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|             |    | 监管                                                                                             | 不监管                                                                                |
| 农产品<br>中小企业 | 守约 | $tLQP_0(r_1 - r_0) + D_2 - c_1 - D_1,$<br>$tLQP_0(r_2 - r_1) + Q(P_1 - P_0) + m_2 - D_2$       | $tLQP_0(r_1 - r_0) + D_2 - D_1,$<br>$tLQP_0(r_1 - r_0) + Q(P_1 - P_0) + m_2 - D_2$ |
|             | 违约 | $-(1 + tr_0)LQP_0 + QP_2 + D_2 + m_1 - c_1 - D_1,$<br>$(1 + tr_2)LQP_0 - QP_1 - D_2 - m_1 - k$ | $-(1 + tr_0)LQP_0 + QP_2 + D_2 - D_1,$<br>$(1 + tr_2)LQP_0 - QP_1 - D_2 - k$       |

在双方参与的策略博弈中，由于双方的信息不完全对称，因此纯策略纳什均衡不存在于支付矩阵中，需要引入复制动态的概念去调整参数  $z$  和  $w$  的值，通常收益较少的决策主体会调整其决策以追求更高的利益，在双方的决策博弈中，不同决策方案的选择比例会产生变化，且这种比例变化的速率与该方案的占比及其收益相较于平均收益的差异成正比。

物流企业选择对融通仓业务流程进行监管的平均收益：

$$G(z_1) = tLQP_0(r_1 - r_0)(1 - w) + D_2 - c_1 - D_1 - (1 + tr_0)LQP_0w + QP_2w + m_1w \quad (1)$$

物流企业选择对融通仓业务流程不进行监管的平均收益：

$$G(z_2) = tLQP_0(r_1 - r_0)(1 - w) + D_2 - D_1 - (1 + tr_0)LQP_0w + QP_2w \quad (2)$$

物流企业开展融通仓业务的平均收益:

$$G(z) = -(1+tr_0)LQP_0w + QP_2w + [m_1w - c_1]z + tLQP_0(r_1 - r_0)(1-w) + D_2 - D_1 \quad (3)$$

农产品中小企业在融通仓业务中选择守约的平均收益:

$$G(w_1) = tLQP_0(r_2 - r_1) + Q(P_1 - P_0) + m_2 - D_2 \quad (4)$$

农产品中小企业在融通仓业务中选择违约的平均收益:

$$G(w_2) = (1+tr_2)LQP_0 - QP_1 - D_2 - m_1z - k \quad (5)$$

农产品中小企业在融通仓业务中的平均收益:

$$G(w) = [(1+tr_2)LQP_0 - QP_1 - D_2 - m_1z - k](1-w) - D_2 + [tLQP_0(r_2 - r_1) + Q(P_1 - P_0) + m_2]w \quad (6)$$

农产品融通仓业务下物流企业选择监管及农产品中小企业选择违约时复制动态方程:

$$F(z) = \frac{dz}{dt} = z[G(z_1) - G(z)] = (m_1w - c_1)z(1-z) \quad (7)$$

$$F(w) = \frac{dw}{dt} = w[G(w_1) - G(w)] = [(1+tr_1)LQP_0 - (2P_1 - P_0)Q - k - m_2 - m_1z]w(1-w) \quad (8)$$

### 3.4. 模型稳定性分析

根据演化博弈稳定性理论, 在微分方程  $f(x) = \frac{dx}{dt} = 0$  求得的解满足条件  $f'(x_0) > 0$  时,  $x_0$  为复制动态方程的进化稳定点; 反之, 当  $f'(x_0) < 0$  时,  $x_0$  不为进化稳定点。

令复制动态微分方程(7)(8)式等于零得到博弈过程中的五个局部均衡点:  $E_1(0,0)$ ,  $E_2(1,0)$ ,  $E_2(0,1)$ ,  $E_2(1,1)$ ,  $E_2(x',y')$ 。

其中:  $x' = \frac{(1+tr_1)LQP_0 - (2P_1 - P_0)Q - k - m_2}{m_1}$ ,  $y' = \frac{C_1}{m_1}$ 。

如果  $E_5$  为均衡点, 需满足以下条件:  $0 \leq \frac{(1+tr_1)LQP_0 - (2P_1 - P_0)Q - k - m_2}{m_1} \leq 1$  和  $0 \leq \frac{C_1}{m_1} \leq 1$ , 即  $0 \leq (1+tr_1)LQP_0 - (2P_1 - P_0)Q - k - m_2 \leq m_1$  和  $c_1 \leq m_1$ 。

通过方程(7)(8)式推出博弈系统的雅可比矩阵:

$$J_2 = \begin{bmatrix} \frac{\partial \left( \frac{dz}{dt} \right)}{\partial z} & \frac{\partial \left( \frac{dz}{dt} \right)}{\partial w} \\ \frac{\partial \left( \frac{dw}{dt} \right)}{\partial z} & \frac{\partial \left( \frac{dw}{dt} \right)}{\partial w} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (m_1w - c_1)(1-2z) & m_1z(1-z) \\ -m_1w(1-w) & [(1+tr_1)LQP_0 - (2P_1 - P_0)Q - k - m_2 - m_1z](1-2w) \end{bmatrix} \quad (9)$$

根据 Friedman [21] 的雅可比矩阵局部稳定性方法, 当均衡点  $\det J > 0$  且  $\text{tr} J < 0$  时 ( $\det J$  表示行列式,  $\text{tr} J$  表示迹), 复制动态博弈系统的平衡点呈现局部稳定性, 则该均衡点即可表示为物流企业与农产品中小企业融通仓业务风险博弈中的演化稳定策略(ESS), 各局部均衡点雅可比矩阵的行列式与迹的符号分析如表 3 所示。

由表 3 可知, 物流企业与农产品中小企业的融通仓业务风险博弈策略是否能趋于理想的演化状态, 主要受到以下参数的影响: 物流企业对融通仓业务的监管成本  $c_1$ 、物流企业设定的业务违约罚金  $m_1$ 、农产品质押物的市场价值变动  $P_1$ 、农产品中小企业违约时的声誉价值变动  $k$ 。不同参数的取值会影响农产

品融通仓业务风险行为的发生, 根据上述分析可以总结出农产品融通仓业务风险形成的机制:

**Table 3.** Stability analysis of risk game between logistics enterprises and small and medium-sized agricultural product enterprises in financing warehouse business

**表 3.** 物流企业与农产品中小企业融通仓业务风险博弈稳定性分析

| 条件                                                                   | 均衡点        |            |            |            |              |
|----------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
|                                                                      | (0,0)      | (1,0)      | (0,1)      | (1,1)      | $(x^*, y^*)$ |
| $(1+tr_1)LQP_0 - (2P_1 - P_0)Q - k - m_2 < 0$<br>且 $c_1 < m_1$       | $detJ > 0$ | $detJ < 0$ | $detJ > 0$ | $detJ < 0$ |              |
|                                                                      | $trJ < 0$  | $trJ < 0$  | $trJ > 0$  | $trJ > 0$  | 不存在          |
|                                                                      | ESS        | 鞍点         | 不稳定点       | 鞍点         |              |
| $(1+tr_1)LQP_0 - (2P_1 - P_0)Q - k - m_2 < 0$<br>且 $c_1 > m_1$       | $detJ > 0$ | $detJ < 0$ | $detJ < 0$ | $detJ > 0$ |              |
|                                                                      | $trJ < 0$  | $trJ$ 不定   | $trJ$ 不定   | $trJ > 0$  | 不存在          |
|                                                                      | ESS        | 鞍点         | 鞍点         | 不稳定点       |              |
| $0 < (1+tr_1)LQP_0 - (2P_1 - P_0)Q - k - m_2 < m_1$<br>且 $c_1 < m_1$ | $detJ < 0$ | $detJ < 0$ | $detJ < 0$ | $detJ < 0$ | $detJ > 0$   |
|                                                                      | $trJ$ 不定   | $trJ$ 不定   | $trJ$ 不定   | $trJ$ 不定   | $trJ = 0$    |
|                                                                      | 鞍点         | 鞍点         | 鞍点         | 鞍点         | 中心点          |
| $0 < (1+tr_1)LQP_0 - (2P_1 - P_0)Q - k - m_2 < m_1$<br>且 $c_1 > m_1$ | $detJ < 0$ | $detJ < 0$ | $detJ > 0$ | $detJ > 0$ |              |
|                                                                      | $trJ < 0$  | $trJ > 0$  | $trJ < 0$  | $trJ > 0$  | 不存在          |
|                                                                      | 鞍点         | 鞍点         | ESS        | 不稳定点       |              |
| $(1+tr_1)LQP_0 - (2P_1 - P_0)Q - k - m_2 > m_1$<br>且 $c_1 < m_1$     | $detJ < 0$ | $detJ > 0$ | $detJ < 0$ | $detJ > 0$ |              |
|                                                                      | $trJ > 0$  | $trJ > 0$  | $trJ < 0$  | $trJ < 0$  | 不存在          |
|                                                                      | 鞍点         | 不稳定点       | 鞍点         | ESS        |              |
| $(1+tr_1)LQP_0 - (2P_1 - P_0)Q - k - m_2 > m_1$<br>且 $c_1 > m_1$     | $detJ < 0$ | $detJ > 0$ | $detJ > 0$ | $detJ < 0$ |              |
|                                                                      | $trJ$ 不定   | $trJ > 0$  | $trJ < 0$  | $trJ$ 不定   | 不存在          |
|                                                                      | 鞍点         | 不稳定点       | ESS        | 鞍点         |              |

(1) 当  $(1+tr_1)LQP_0 - (2P_1 - P_0)Q - k - m_2 < 0$  时, 在演化过程不断推进下, 物流企业逐渐意识到选择对融资流程进行监管总是更有利于融通仓业务的顺利运行, 农产品中小企业逐渐意识到选择守约总是更有利于企业经营收益的提升, 这使得双方尽可能地去避免风险行为的发生, 因此在业务融资过程中产生业务风险的概率极小。

(2) 当  $0 < (1+tr_1)LQP_0 - (2P_1 - P_0)Q - k - m_2 < m_1$  且  $c_1 > m_1$  时, 随着演化过程的深入, 物流企业意识到对业务不进行监管能够减少一定的监管成本, 但这一行为会带来因质押物仓储管理不当引发的业务操作风险, 与此同时, 农产品中小企业逐渐认识到选择违约更有利于企业的整体收益, 从而产生一定的信用风险, 因此整个业务融资过程中会产生来自物流企业的操作风险以及农产品中小企业的信用风险。

(3) 当  $(1+tr_1)LQP_0 - (2P_1 - P_0)Q - k - m_2 > m_1$  时, 随着演化过程的进一步推动, 农产品中小企业逐渐意识到选择违约总是更有利于维持企业的整体收益, 越可能去从事风险行为而产生一定的信用风险, 物流企业逐渐认识到选择不监管总是更有利而疏忽了对农产品质押物的评估和监测力度, 进而增加了业务

过程中的质押物风险。

由此可知, 当物流企业认识到融通仓业务监管成本过高时会倾向于选择不监管, 融资过程的业务操作风险和质押物风险就越大; 当农产品中小企业意识到在融通仓业务中选择违约更有利于企业的整体收益就会越可能从事风险活动。物流企业和农产品中小企业需要对相关风险的关键影响因素的参数取值做出合理调整, 使物流企业的监管成本降低以及农产品中小企业选择违约的可能性变小, 进而制约农产品融通仓业务风险行为的发生, 从而降低整体的业务风险水平。

#### 4. 仿真分析

基于上述模型的稳定性分析, 本部分将使用 MATLAB 软件进行数值分析, 赋予各初始参数的具体数值为:  $t=0.3$ ,  $r_1=8\%$ ,  $Q=120$ ,  $P_0=9$ ,  $P_1=8.8$ ,  $L=0.98$ ,  $c_1=15$ ,  $k=6$ ,  $m_1=30$ ,  $m_2=6$ , 演化过程中双方决策选择的初始比例均为(50%, 50%), 研究不同参数变化对物流企业与农产品中小企业演化决策的影响, 通过识别融通仓业务风险的关键影响因素为业务风险管理建议的提出提供相关依据。

##### 4.1. 物流企业对融通仓业务的监管成本对演化决策的影响

假设其他的初始参数的数值不变, 将物流企业对融通仓业务的监管成本  $c_1$  作为变量, 调整变量的数值为 5、20、35、50, 通过数值仿真分析得到随着时间  $t$  的推移, 参数  $c_1$  的变化对物流企业与农产品中小企业决策影响的动态演化轨迹图, 具体如图 2、图 3 所示。

图 2 表明, 随着物流企业对融通仓业务的监管成本  $c_1$  的增高, 演化过程中物流企业监管决策的收敛趋势逐渐从  $z=1$  (监管) 向  $z=0$  (不监管) 转变, 物流企业越可能因监管不当而产生一定的业务操作风险; 图 3 显示, 随着物流企业对融通仓业务的监管成本  $c_1$  的增高, 物流企业越可能为了减少成本而选择不监管策略, 演化过程中农产品中小企业违约决策的收敛趋势呈现出越快地向  $w=1$  (违约) 接近, 农产品中小企业越可能选择违约而产生一定的信用风险。

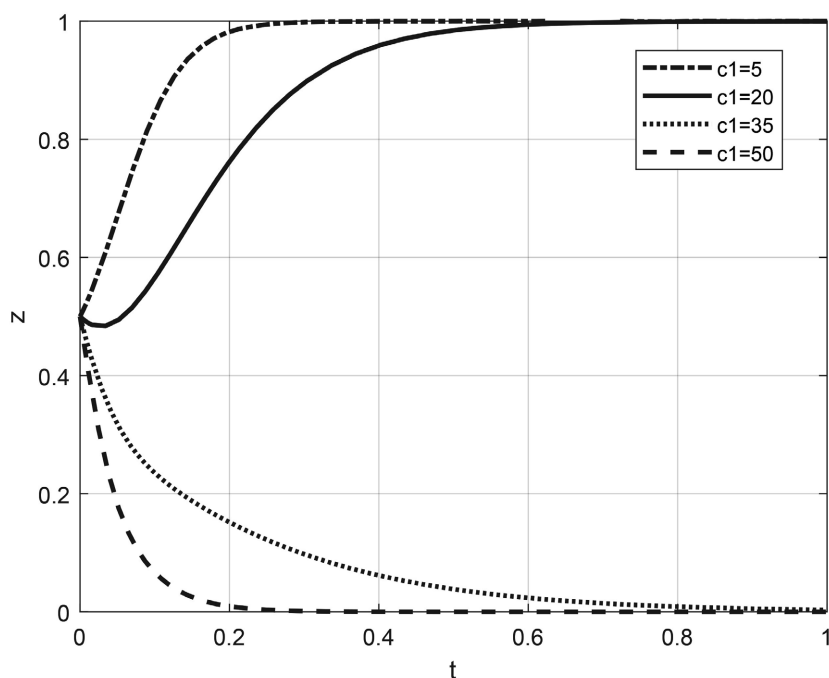


Figure 2. The impact of  $c_1$  on logistics enterprise decision-making

图 2.  $c_1$  对物流企业决策的影响

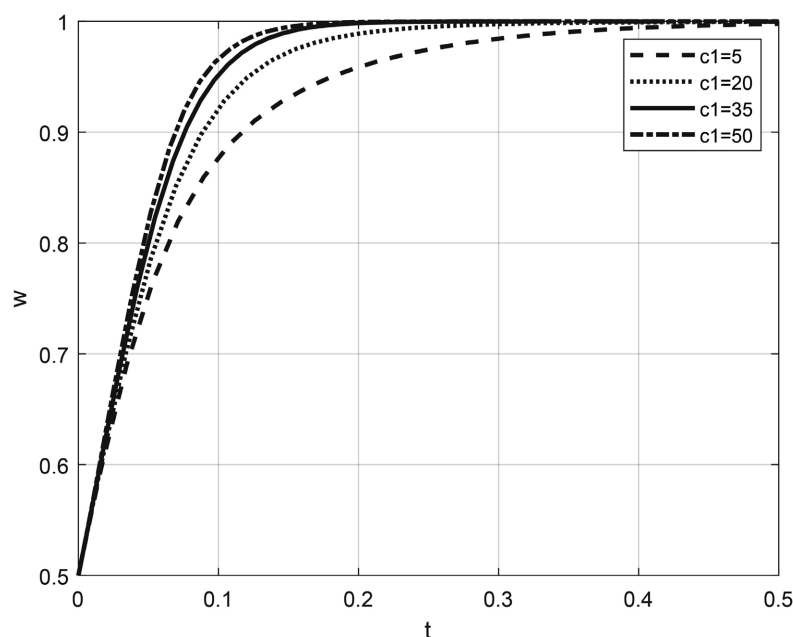


Figure 3. The impact of  $c_1$  on the decision-making of small and medium-sized agricultural products enterprises

图 3.  $c_1$  对农产品中小企业决策的影响

#### 4.2. 物流企业设定的业务违约罚金大小对演化决策的影响

假设其他的初始参数的数值不变, 将物流企业设定的业务违约罚金  $m_1$  作为变量, 调整变量的数值为 12、20、28、36, 通过数值仿真分析得到随着时间  $t$  的推移, 参数  $m_1$  的变化对物流企业与农产品中小企业决策影响的动态演化轨迹图, 具体如图 4、图 5 所示。

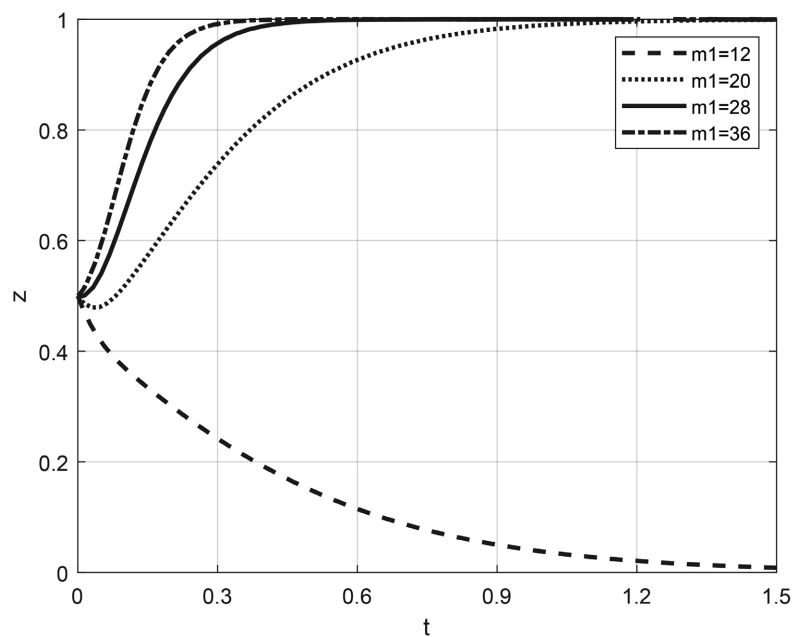
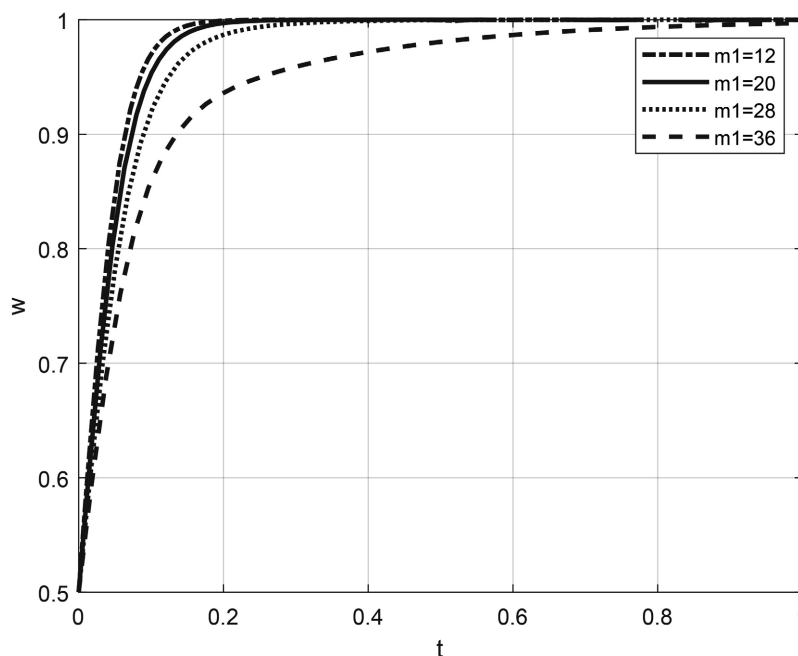


Figure 4. The impact of  $m_1$  on logistics enterprise decision-making

图 4.  $m_1$  对物流企业决策的影响



**Figure 5.** The impact of  $m_1$  on the decision-making of small and medium-sized agricultural products enterprises

**图 5.**  $m_1$  对农产品中小企业决策的影响

图 5 表明, 随着物流企业设定的业务违约罚金  $m_1$  的降低, 演化过程中农产品中小企业违约决策的收敛趋势呈现出越快地向  $w=1$  (违约) 接近, 农产品中小企业因违约成本的降低选择从事违约活动的风险就会越大; 图 4 显示, 随着物流企业设定的业务违约罚金  $m_1$  的降低, 演化过程中物流企业监管决策的收敛趋势逐渐从  $z=1$  (监管) 向  $z=0$  (不监管) 转变, 物流企业越可能因处罚制度的不完善而导致业务操作风险行为的发生。

#### 4.3. 农产品质押物的市场价值变动大小对演化决策的影响

假设其他的初始参数的数值不变, 将农产品质押物的期末市场价值  $P_1$  作为变量, 调整变量的数值为 8.6、8.8、9、9.2, 通过数值仿真分析得到随着时间  $t$  的推移, 参数  $P_1$  的变化对物流企业与农产品中小企业决策影响的动态演化轨迹图, 具体如图 6、图 7 所示。

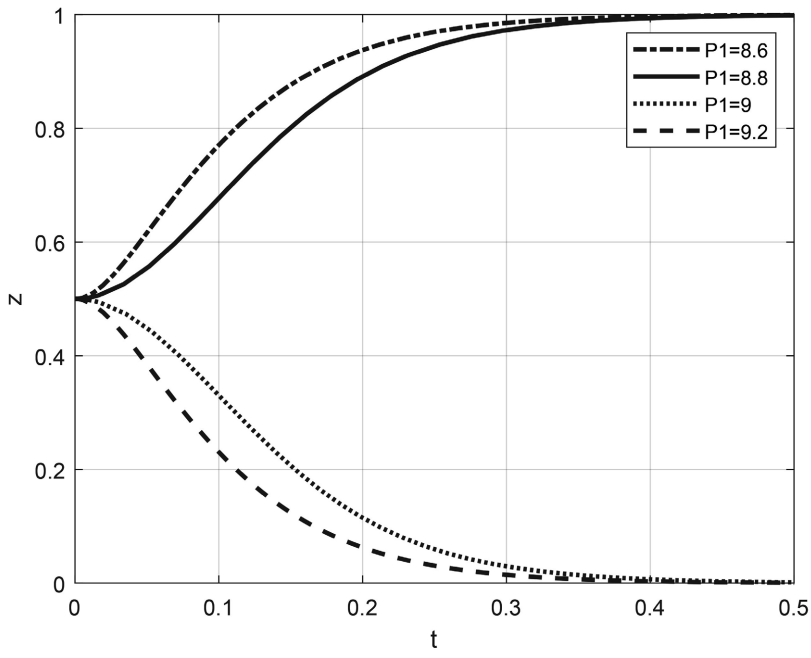
图 6 表明, 随着农产品质押物的期末市场价值  $P_1$  的增高, 演化过程中物流企业监管决策的收敛趋势逐渐从  $z=1$  (监管) 向  $z=0$  (不监管) 转变, 物流企业越可能疏于对农产品质押物进行监管而导致质押物的质量受损, 从而影响质押物的变现能力; 图 7 显示, 随着质押物期末市场价值  $P_1$  的降低, 农产品中小企业的违约成本有所下降, 演化过程中农产品中小企业违约决策的收敛趋势从  $w=0$  (守约) 向  $w=1$  (违约) 转变, 因此农产品中小企业越可能从事违约活动, 进而引发信用风险问题。

#### 4.4. 农产品中小企业违约时声誉价值变动对演化决策的影响

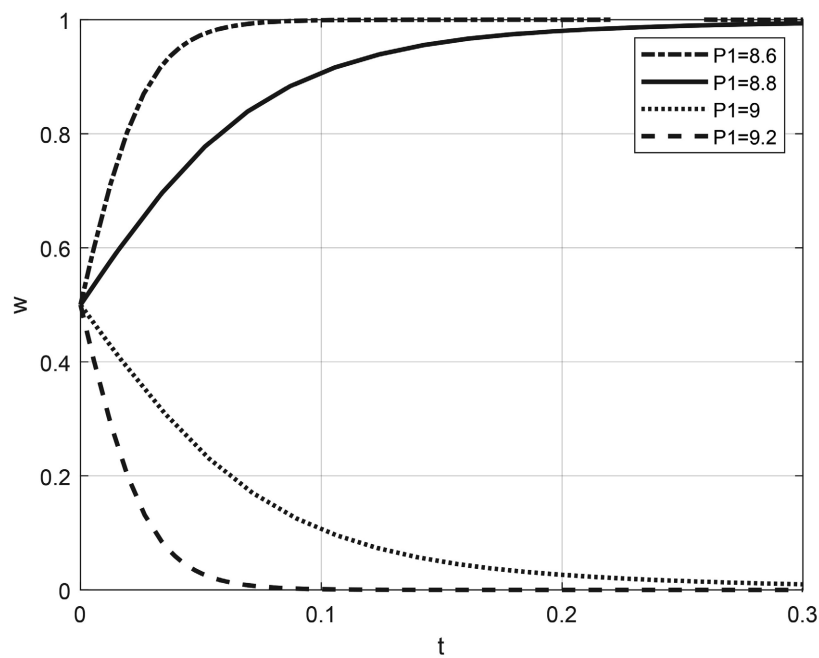
假设其他的初始参数的数值不变, 将农产品中小企业违约时声誉下降的损失  $k$  作为变量, 调整变量的数值为 10、48、88、118, 通过数值仿真分析得到随着时间  $t$  的推移, 参数  $k$  的变化对物流企业与农产品中小企业决策影响的动态演化轨迹图, 具体如图 8、图 9 所示。

图 9 表明, 随着农产品中小企业违约时声誉下降的损失  $k$  的减小, 演化过程中农产品中小企业违约决策的收敛趋势从  $w=0$  (守约) 向  $w=1$  (违约) 转变, 农产品中小企业越可能因违约对自身声誉价值造成

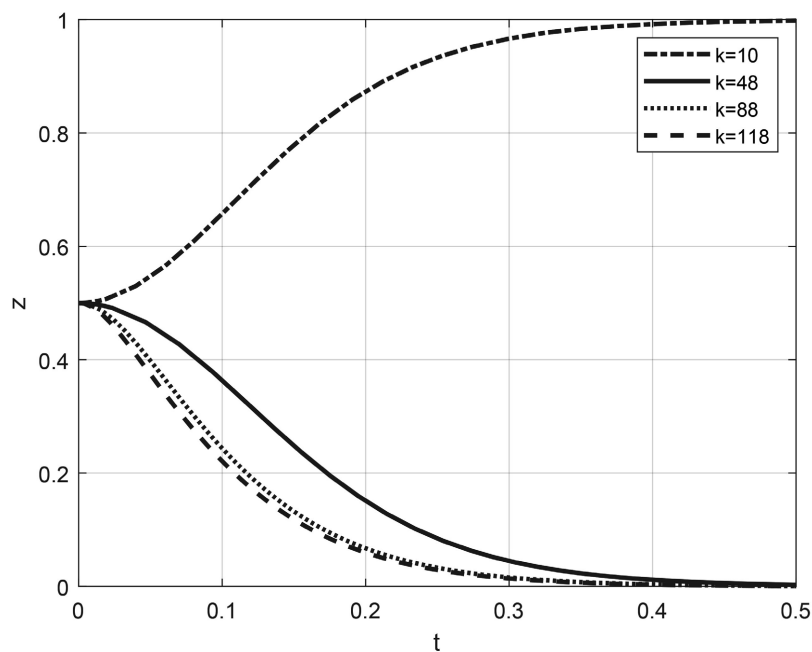
的影响小而选择违约；图 8 显示，随着农产品中小企业违约时声誉下降的损失  $k$  的增大，农产品中小企业的违约成本会提高，演化过程中物流企业监管决策的收敛趋势逐渐从  $z=1$ （监管）向  $z=0$ （不监管）转变，物流企业面临来自农产品中小企业的违约风险就会有所下降。



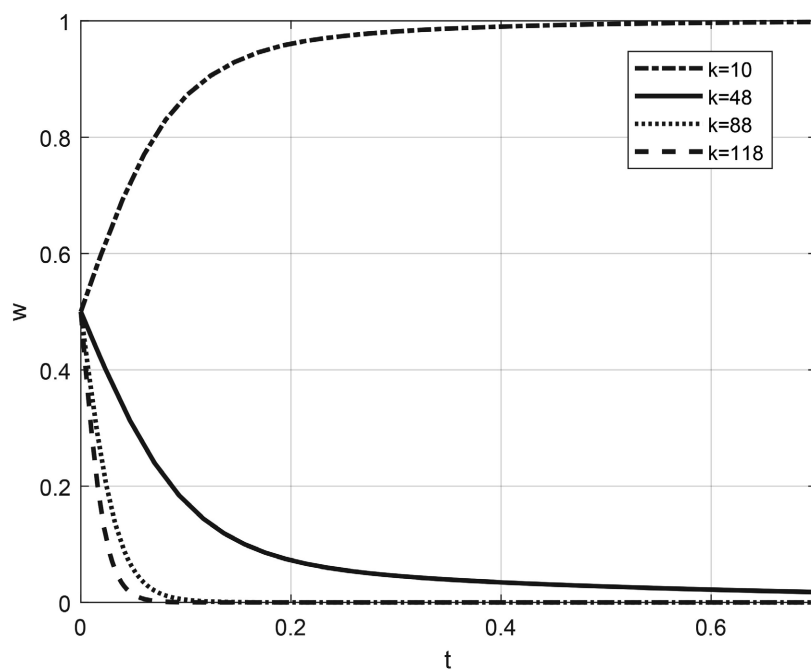
**Figure 6.** The impact of  $P_1$  on logistics enterprise decision-making  
**图 6.**  $P_1$  对物流企业决策的影响



**Figure 7.** The impact of  $m_1$  on the decision-making of small and medium-sized agricultural products enterprises  
**图 7.**  $m_1$  对农产品中小企业决策的影响



**Figure 8.** The impact of  $k$  on logistics enterprise decision-making  
**图 8.**  $k$  对物流企业决策的影响



**Figure 9.** The impact of  $k$  on the decision-making of small and medium-sized agricultural products enterprises  
**图 9.**  $k$  对农产品中小企业决策的影响

## 5. 结论与建议

### 5.1. 结论

本研究通过构建农产品物流金融服务平台下物流企业与农产品中小企业间融通仓业务风险的演化博

弈模型，分析了农产品融通仓业务的信用风险、质押物风险以及业务操作风险，通过模型稳定性分析对农产品融通仓业务风险的产生机制进行了系统梳理，研究发现物流企业的业务监管成本、物流企业农产品中小企业违约的罚金、农产品质押物的市场价值变动、农产品中小企业违约时的声誉价值变动会影响农产品融通仓业务风险水平，最后通过模型的仿真分析进一步验证了稳定性分析的结果，明确了农产品融通仓业务风险的关键影响因素，具体如下：

(1) 物流企业的业务监管成本与农产品融通仓业务操作风险和信用风险的产生呈正相关。

物流企业的业务监管成本越高，物流企业越可能为了减少成本而选择不监管策略，从而引发因监管不利造成的业务操作风险，同时农产品中小企业发生违约的可能性上升，提高了整体业务的信用风险。因此，为了减少业务过程中操作风险与信用风险行为的发生，物流企业需要进一步优化业务监管平台，降低对业务流程的监管成本，保障业务的顺利运行。

(2) 物流企业设定的业务违约罚金与农产品融通仓业务操作风险和信用风险的产生呈负相关。

当农产品中小企业违约时，物流企业设定的违约罚金越低，农产品中小企业越可能因违约成本低去选择违约策略而产生信用风险问题，另一方面，不合理的罚金设置使得物流企业在业务过程中面临的操作风险增大。因此，物流企业需要完善业务的违约处罚机制以应对业务过程中可能产生的操作风险，并制定合理的违约罚金以提高农产品中小企业的违约成本，防止信用风险的产生。

(3) 农产品质押物的市场价值变动对农产品融通仓业务质押物风险和信用风险的产生具有显著影响。

农产品质押物的期末市场价值越高，物流企业越可能疏于对农产品质押物的实时监控，当农产品受市场供需、天气、季节性等因素影响价值波动性较大时，业务过程中质押物的价值风险就会越大；农产品质押物的期末市场价值越低，农产品中小企业越可能因违约成本的降低选择从事风险活动，从而产生一定的信用风险。因此，为了减少业务运行时可能产生的质押物风险和信用风险，物流企业需要在开展农产品融通仓业务时审慎选择合适的农产品作为质押物，而农产品中小企业则需要努力提升农产品的质量水平以确保质押物的变现能力。

(4) 农产品中小企业违约时声誉价值的变动对农产品融通仓业务信用风险的产生具有一定影响。

农产品中小企业违约时声誉下降所带来的损失越小时，农产品中小企业越可能因违约行为对自身声誉价值造成的影响小而选择违约，从而产生一定的信用风险，而农产品中小企业违约时声誉下降所带来的损失越大时，农产品中小企业越可能因违约成本大而选择守约，物流企业面临来自农产品中小企业的违约风险就会有所下降。因此，农产品中小企业应当健全企业信用体系，努力提升自身声誉价值，避免违约行为的发生。

## 5.2. 建议

综上所述，本研究针对农产品融通仓业务的信用风险、质押物风险以及业务操作风险向物流企业和农产品中小企业提出以下风险管理建议：

(1) 物流企业应当引入先进的信息化监管平台，减少对农产品融通仓业务的监管成本。

物流企业应当积极引入先进的信息化监管平台，通过数字化手段对农产品融通仓业务进行全面监控，物流企业通过信息化监管平台能够实时追踪和管理农产品中小企业的存货、仓储和配送情况，优化各项业务流程并确保信息透明、准确，信息化的监管平台能够减少对人工监管的依赖，大幅降低人工干预的成本和错误率，提高融通仓业务的运营效率。在此基础上，物流企业还能够通过平台的大数据分析及时发现潜在风险，如库存异常、物流延误等问题，为物流企业提供质押物的实时预警并帮助物流企业快速调整风险应对策略，从而有效提高风险管控能力，降低融通仓业务的操作风险和信用风险，确保融通仓业务安全稳定运行。

(2) 物流企业需要完善违约处罚机制, 制定合理的违约金, 提高业务的违约成本。

物流企业应制定清晰且严格的违约金条款, 对农产品中小企业的违约行为设立高额罚金并明确逾期付款的延迟利息, 确保逾期未付的款项能够得到充分的补偿, 物流企业可以设定逐步增加的罚金措施以进一步提高农产品中小企业的违约成本, 对屡次违约的行为进行加重处罚, 从而增强农产品中小企业对合同履行的重视。物流企业还应在合同中明确规定违约情况下的法律追诉权, 确保能够依法追索逾期债务以避免因农产品中小企业的违约行为导致的业务损失, 促使农产品中小企业在合同履行过程中保持高度的履约意识, 从而降低业务整体违约风险并保障双方的利益和合作的长期稳定性。

(3) 物流企业应当选择合适的农产品作为质押物, 重点关注农产品质押物的变现能力。

物流企业进行农产品融通仓业务时应当慎重选择质押物, 选择的农产品质押物应具备较高的市场需求和流动性, 避免农产品质押物因市场不流通而导致的风险积累, 物流企业需要关注质押物的保值性, 尤其是对于易腐的农产品需要考虑其储存和保存条件, 确保农产品质押物能够在合适的环境下存储以防止质量下降导致变现困难。由于农产品受季节性波动的影响较大, 物流企业应评估不同季节对质押物价值的影响以避免选择那些在特定季节难以保值的农产品, 物流企业在质押物的选择上进行充分的尽职调查, 确保所选择的质押物能够在违约情况下变现, 从而降低融通仓业务过程中的质押物风险和信用风险。

(4) 农产品中小企业需要提升农产品的品质水平, 确保农产品质押物的价值具有稳定性。

农产品中小企业应加强农产品的存储环境管理并保障仓储条件符合质量标准, 避免由于不当存储导致农产品的品质受损, 农产品中小企业还应注重农产品的包装, 使农产品质押物在运输和存储过程中能够得到有效保护以减少外界因素对质押物质量的影响, 农产品中小企业需要定期对农产品进行严格的质量检测, 确保农产品作为质押物能够符合市场和物流企业的质量要求。农产品中小企业还应考虑农业生产的可持续性, 合理规划农产品的生产周期以减少因气候变化或自然灾害等不可控因素导致的损失和不稳定性, 农产品中小企业通过提升农产品的整体质量和管理水平增强农产品的市场竞争力, 确保在违约情况下物流企业能够顺利变现质押物, 从而降低整个融通仓业务过程中的质押物风险。

(5) 农产品中小企业需要健全企业信用体系, 努力提高自身声誉价值。

农产品中小企业应逐步建立和完善企业的信用体系, 农产品中小企业应保持良好的财务记录并定期进行财务审计以确保财务状况透明、清晰, 为物流企业的信用评级提供可靠的依据, 农产品中小企业可以通过与第三方信用评级机构合作, 定期接受专业的信用评估从而获得客观的信用等级评定, 提高外部对农产品中小企业信用状况的认知。透明的信息披露也是提升农产品中小企业信誉的关键, 农产品中小企业可以通过主动发布财务报告、经营数据及风险管理措施, 让投资者和合作伙伴了解企业的经营状况和风险控制能力以建立企业良好的市场声誉, 为企业获取更多的融资机会并降低企业的融资成本, 从而减小融通仓业务融资过程中的信用风险。

## 参考文献

- [1] 中共中央国务院关于做好二〇二三年全面推进乡村振兴重点工作的意见[J]. 创造, 2023, 31(10): 1-7.
- [2] 李石. 农产品物流金融盈利模式创新研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(11): 61-63.
- [3] 庞燕, 杨柳春. 农产品物流金融质押物的风险评价与防范策略[J]. 物流工程与管理, 2015, 37(5): 68-71, 26.
- [4] 杨文博. 农产品物流金融的典型运作模式及创新路径研究[J]. 中国储运, 2023(7): 131-132.
- [5] 高然然. 浅析农产品物流金融模式创新[J]. 财富时代, 2020(8): 27-28.
- [6] 江雯. 供应链金融视域下的农产品冷链物流金融运行模式[J]. 山西农经, 2024(16): 199-201.
- [7] 季星月, 安曼曼, 刘彩华, 等. 全面推进乡村振兴战略下农产品物流金融的风险评估——以安徽省为例[J]. 投资与创业, 2022, 33(15): 18-21.

- 
- [8] 于远程. 农产品物流金融风险评价及防范策略研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连交通大学, 2023.
- [9] 李艳伟, 何任杰. 供给侧改革下第四方农产品物流金融模式创新[J]. 商业经济研究, 2020(1): 150-153.
- [10] 王骏鹏. 农产品物流融通仓模式风险管理研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西财经大学, 2019.
- [11] 董劲. 农产品物流金融融通仓模式风险管控策略探讨[J]. 商业经济研究, 2016(5): 174-175.
- [12] 吴燕. 基于演化博弈的农产品物流金融融通仓盈利模型构建与仿真研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西财经大学, 2018.
- [13] Hafezalkotob, A., Mahmoudi, R., Hajisami, E., *et al.* (2018) Wholesale-Retail Pricing Strategies under Market Risk and Uncertain Demand in Supply Chain Using Evolutionary Game Theory. *Kybernetes*, **47**, 1178-1201. <https://doi.org/10.1108/K-02-2017-0053>
- [14] 刘晓丽. 物流金融存货质押融资风险应对研究——基于博弈分析理论[J]. 技术经济与管理研究, 2019(5): 86-90.
- [15] 周咏. 基于统一授信模式的存货质押融资优化研究[D]: [博士学位论文]. 大连: 大连海事大学, 2018.
- [16] 陶政旭, 周根贵. 统一授信存货质押模式中物流企业与融资企业的演化博弈分析[J]. 金融理论与实践, 2016(11): 55-58.
- [17] Killingback, T. and Doebeli, M. (1996) Spatial Evolutionary Game Theory: Hawks and Doves Revisited. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, **263**, 1135-1144. <https://doi.org/10.1098/rspb.1996.0166>
- [18] Lahkar, R. (2012) Evolutionary Game Theory: An Exposition. *Indian Growth and Development Review*, **5**, 203-213. <https://doi.org/10.1108/17538251211268099>
- [19] 陶政旭. 统一授信存货质押模式风险管理的演化博弈分析[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江工业大学, 2016.
- [20] 王亚泉, 张得珍. 基于供应链金融的农产品质押融资模式效益分析——以宁夏盐池县为例[J]. 商业文化, 2018(8): 28-30.
- [21] Friedman, D. (1991) Evolutionary Games in Economics. *Econometrica*, **59**, 637-666. <https://doi.org/10.2307/2938222>.