

doi: 10.16112/j.cnki.53-1223/n.2019.06.019

# 质量声誉激励下的食品安全监管 非对称演化博弈研究

邓云<sup>1,3</sup>, 肖汉杰<sup>2</sup>, 曾建初<sup>4</sup>

(1. 昆明理工大学质量发展研究院, 云南昆明 650093; 2. 湖州师范学院商学院, 浙江湖州 313000;  
3. 德宏州质量技术监督综合检测中心, 云南芒市 678400; 4. 昆明理工大学学报编辑部, 云南昆明 650500)

**摘要:** 目前, 我国食品质量安全现状比较突出, 加强政府监管势在必行. 针对食品安全市场监管失灵问题, 引入质量声誉激励机制、惩罚机制, 构建了基于前景理论的食品安全监管演化博弈模型和质量声誉影响模型, 研究了违法成本、违法收益、质量声誉激励等因素对于不同风险类型食品企业生产经营策略选择的影响, 探索了监管部门的监管策略选择及其应用的条件; 研究表明, 提高违法成本能够有效抑制企业违法行为, 但受企业风险偏好和违法收益影响, 质量声誉在一定条件下影响食品企业的生产经营行为, 仅依靠质量声誉激励并不能有效的降低企业违法生产经营行为, 反而有可能误导企业选择违法生产经营策略.

**关键词:** 食品安全; 前景理论; 博弈; 激励; 声誉

**中图分类号:** F406 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-855X(2019)06-0152-09

## An Asymmetric Evolutionary Game of Food Safety Supervision Motivated by Quality Award

DENG Yun<sup>1,3</sup>, XIAO Hanjie<sup>2</sup>, ZENG Jianchu<sup>4</sup>

(1. Quality Development Institute, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;  
2. Business School, Huzhou Normal University, Huzhou, Zhejiang 313000, China;  
3. Dehong Comprehensive Testing Center for Quality and Technology Supervision, Mangshi, Yunnan 678400, China;  
4. Editorial Department of Journal of Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

**Abstract:** Currently, China's food quality and safety has drawn the attention from the whole society, so it is imperative to strengthen the government supervision. In order to cope with the market supervision failure of food safety, we introduced a quality reputation incentive mechanism and a punitive mechanism to establish an evolutionary game model and quality reputation effect model for food safety supervision based on the Prospect Theory. We have explored the effects of factors like law-violation cost, illegal benefit and quality reputation incentive on the decision making of operation strategies of different types of food enterprises and the supervision policy making of the supervision authorities. Results show that: the increase of law-violation cost can effectively curb law-violation behavior of enterprises; restricted by risk preference and illegal benefit, quality reputation exerts certain influence on the operation behavior of food enterprises; but only adopting quality reputation incentive cannot ef-

收稿日期: 2019-05-20. 基金项目: 浙江省哲学社会科学规划课题(19NDQN312YB); 湖州市自然科学基金项目(2018YZ13).

作者简介: 邓云(1966-), 男, 博士研究生, 正高级工程师. 主要研究方向: 质量工程与管理.

E-mail: dhdengyun@126.com

通信作者: 曾建初(1964-), 男, 博士, 副编审. 主要研究方向: 运筹学与控制论, 期刊编辑学.

E-mail: zengjianchu@126.com

fectively control the law – violation behavior of enterprises , instead , may mislead enterprises conduct illegal operation and production.

**Key words:** food safety; Prospect Theory; game; incentive; reputation

## 0 引言

中国食品安全事故频发,食品市场安全长期严峻的形势牵动着社会各阶层的神经,是政府社会安全治理领域的重难点问题<sup>[1-2]</sup>。

学术界很多学者以博弈理论为分析工具研究食品安全监管策略,寻求解决食品安全防治机制,例如,付奕林等<sup>[3]</sup>引入了监管成本、惩罚系数和额外收益的参数构建了静态和动态博弈模型,明晰了市场失灵的原因,得到了政府部门和食品企业选择食品安全策略的条件;Li Qin<sup>[4]</sup>通过构建合作博弈模型,提出第三方机构和政府合作的监管模式;刘任重<sup>[5]</sup>针对食品安全事件集中爆发的问题,引入了罚金、公众满意度参数构建了静态博弈模型,得出奖励与政府监管搭配使用的监管策略;苗珊珊<sup>[6]</sup>通过构建博弈模型分析得出了政府部门应该引入第三方检测机构参与食品安全监管的结论;袁文艺和胡凯<sup>[7]</sup>基于食品安全管制视角,分析了政府间的博弈行为,提出了食品安全管制全新的配置模式;这些研究为中国政府更加科学、合理、有效的监管食品安全提供了有益的参考<sup>[7-8]</sup>。然而,上述博弈模型的构建理论基础均是“博弈参与人是理性的”的博弈论公设<sup>[9-10]</sup>。事实上,由于信息不对称食品安全监管方和食品生产加工企业策略选择中无法做到完全理性,只是凭借有限的信息进行食品安全生产和监管策略的选择。以有限理性为基础的演化博弈论更加适用于分析食品安全监管策略,但经典演化博弈模型的支付矩阵是基于预期效用函数,进而分析博弈主体的策略选择问题,明显与有限理性的基本假设不符<sup>[11]</sup>。Kahneman 和 Tversky 提出的前景理论能够较好的描述信息不对称条件下决策者的不完全理性决策行为<sup>[12]</sup>。同时,国内外很多文献<sup>[1,6-7,13]</sup>指出食品企业违法成本过低是中国食品安全事件频发症结所在,并提出了类似于“黑名单”、加大违法处罚等提高企业违法成本的对策,这些研究过于聚焦于“惩戒”,而对于企业生产者风险偏好以及政府激励机制(无公害认证、地理标志、有机认证等)的引导价值估计不足<sup>[2,6]</sup>。现实中,很多企业十分重视参与质量机制管理,期待获得质量激励从而赢得消费者的信任,提升品牌价值和企业竞争力。

鉴于此,本文采用价值函数描述局中人对策略选择的价值感知,构建质量声誉激励下食品安全非对称演化博弈模型的支付矩阵,然后分析质量声誉价值感知变化对食品安全监管博弈局中人均均衡策略选择的影响,最后,探讨市场质量激励机制对食品企业生产经营行为的具体影响和适用条件。

## 1 食品安全监管演化博弈分析

为了简化食品安全监管演化系统情形,不考虑系统外部因素和条件变化对系统的影响,食品安全状况完全取决于系统群体的策略选择,是食品企业和监管部门博弈的结果。为了进一步从心理学视角探索食品企业和监管部门选择食品安全策略的条件,解决当前预期效用函数与有限理性人基本假设相悖的问题,博弈模型将采用前景理论的价值函数来描述和刻画局中人对策略选择变化对应成本与收益的价值感知。

### 1.1 模型假设

假设 1: 食品安全博弈系统中群体在策略选择过程中均表现为有限理性。博弈系统中群体可以简化分为食品企业和监管部门,双方均是有限理性群体,策略选择的依据是对策略获得收益的价值感知,即满足价值函数。Kahneman 等<sup>[14]</sup>给出的价值函数如式(1)所示:

$$V = \sum_i \pi(p_i) v(\Delta x_i) \quad (1)$$

式(1)中: $p_i$ 表示食品安全事故*i*发生的概率, $\Delta x_i$ 则为事故*i*发生后博弈主体策略选择所得实际收益与参照点的差,即有 $\Delta x_i = x_i - x_0$ , $x_0$ 为策略选择的参照点;决策权重 $\pi(p_i)$ 为概率 $p_i$ 的主观函数,Kahneman 等<sup>[14]</sup>给出的主观函数具有以下特征:

$$\begin{cases} \pi^+(p) = \frac{p^\gamma}{(p^\gamma + (1-p)^\gamma)^{\frac{1}{\gamma}}} \Delta x \geq 0 \\ \pi^-(p) = \frac{p^\delta}{(p^\delta + (1-p)^\delta)^{\frac{1}{\delta}}} \Delta x < 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中:  $p$  为概率  $\gamma$  为收益的风险态度系数  $\delta$  为损失的风险态度系数. 且式(2) 满足  $\pi(0) = 0$   $\pi(1) = 1$ .

$$V(x) = \begin{cases} x^\alpha, & x \geq 0 \\ -\lambda(-x)^\beta, & x \leq 0 \end{cases} \quad (3)$$

式(3) 中:  $\alpha, \beta$  表示食品安全监管博弈系统中食品企业和监管部门策略选择过程中的风险偏好与风险厌恶系数, 系数越大, 说明风险偏好程度越高  $\alpha, \beta \in (0, 1)$ . 当  $\alpha = \beta = 1$  时表明食品企业和监管部门策略选择偏向于风险中立型.  $\lambda$  表示食品企业和监管部门对于食品安全事故带来损失的规避系数, 本研究不考虑群体本身差异性对于损失敏感性的不同; 若  $\lambda > 1$  则代表食品企业和监管部门对策略选择带来的损失比带来的等额收益的价值感知更加敏感, 即对损失更容易“刻骨铭心”, 更重视.

假设 2: 食品企业和监管部门作为有限理性人, 其策略选择是基于策略所带来收益或损益的价值感知. 食品企业和监管部门策略选择分别有两种: {守法生产经营  $S_1$ , 违法生产经营  $S_2$ } {积极监管  $A_1$ , 消极监管  $A_2$ }. 食品企业群体中采用  $S_1$  策略的企业占比为  $x$  ( $0 \leq x \leq 1$ ); 监管部门群体中采用  $A_1$  策略的博弈方占比为  $y$  ( $0 \leq y \leq 1$ ).

假设 3: 食品安全事故发生的概率与博弈主体策略选择直接相关. 设监管部门对策略  $A_1$  所支付实际成本  $c$  ( $c > 0$ ) 的价值感知为  $C$ ; 食品企业采取策略  $S_1$  付出的实际成本为  $t > 0$  相应的价值感知为  $T$ . 此时, “食品安全” 作为一个事件发生的概率为  $p_1$ , 显然有  $p_1 = 1$ . 食品企业采取策略  $S_2$  获取的非法收益  $g > 0$  时, 监管部门按照法律法规对食品企业进行处罚, 处罚额度为  $f_1 > 0$ , 食品企业对  $f_1$  的价值感知为  $F_1$ . 通常情况下, 若食品企业违法生产经营, 违法生产被发现的概率为  $q$ ; 根据式(1)、(2) 可求得:  $C = v(c)$ ,  $T = v(t)$ ,  $F_1 = \pi(q) v(f_1)$ . 若食品安全事故爆发, 企业为此需支付的信用成本和机会成本损失为  $f_2 > 0$ . 此时, 食品企业对策略  $S_2$  所获得整体收益价值感知为  $F_2$ . 采取策略 {  $S_2, A_2$  } 时食品安全事故发生的概率为  $p_3$ , 可求得:  $F_2 = \pi(p_3) v(f_2 - g)$ .

假设 4: 食品安全系统安全事故爆发风险损失食品企业和监管部门都需承担, 无法置身事外. 若未被及时查处食品安全系统的安全风险会形成风险累积效益, 系统中主体都面临风险损失, 即假设食品企业和监管部门双方承担的经济损失成本线性相关. 食品企业采取  $S_1$  策略时, 损失成本折扣系数为  $\omega$ ,  $\omega \in (0, 1]$ ; 由于主体禀赋存在差异, 损失成本折扣系数存在差异, 监管部门采取  $A_1$  策略时, 损失成本折扣系数为  $\eta \in (0, 1]$ . 食品企业采取  $S_2$  策略造成损失时, 损失传递系数为  $\rho$ ,  $\rho > 0$ . 此时, 食品安全监管博弈系统中局中人都面临食品安全事故风险成本, 食品企业所需要承担的风险损失成本为  $\pi(p_3) v(f_2 - g) \omega$ , 监管部门所需要承担的风险损失成本为  $\pi(p_3) v(f_2 - g) \rho \omega$ .

根据上述假设可知, 博弈系统中博弈主体均有两种策略选择, 不同策略选择所带来的收益价值感知共有四种组合, 据此可以构建如表 1 所示食品安全监管博弈系统的收益感知矩阵.

表 1 博弈系统的收益感知矩阵

Tab. 1 Income perception matrix of the game system

监管部门	食品企业	
	$S_1$	$S_2$
$A_1$	$-v(c), -v(t)$	$\pi(q) v(f_1) - C - \rho \eta \pi(p_3) v(f_2 - g),$ $\pi(q) v(f_1) - \rho \pi(p_3) v(f_2 - g)$
$A_2$	$-\rho \omega \pi(p_3) v(f_2 - g), -v(t) - \omega \pi(p_3) v(f_2 - g)$	$-\rho \pi(p_3) v(f_2 - g), -\pi(p_3) v(f_2 - g)$

## 1.2 演化博弈模型

根据研究假设策略组合可知,食品企业选择策略  $S_1$  和策略  $S_2$  所获取收益和平均收益的价值感知分别为  $V_{A1}$ 、 $V_{A2}$ 、 $V_A$ .

$$\begin{cases} V_{A1} = (-v(c))y + (\pi(q)v(f_1) - C - \rho\eta\pi(p_3)v(f_2 - g))(1 - y) \\ V_{A2} = (-\rho\omega\pi(p_3)v(f_2 - g))y + (-\rho\pi(p_3)v(f_2 - g))(1 - y) \\ V_A = xV_{A1} + (1 - x)V_{A2} \end{cases} \quad (4)$$

同理,政府部门选择策略  $A_1$  和策略  $A_2$  所获取收益和平均收益的价值感知分别  $V_{S1}$ 、 $V_{S2}$ 、 $V_S$ .

$$\begin{cases} V_{S1} = -(v(t) + \omega\pi(p_3)v(f_2 - g))(1 - x) - v(t)x \\ V_{S2} = -(\pi(q)v(f_1) + \eta\pi(p_3)v(f_2 - g))x - \pi(p_3)v(f_2 - g)(1 - x) \\ \bar{V}_S = yV_{S1} + (1 - y)V_{S2} \end{cases} \quad (5)$$

根据式(4)和式(5)可得到复制动态方程,如式(6)和式(7)所示:

$$\frac{dx}{dt} = x(V_{A1} - \bar{V}_A) = x(1 - x)[(\pi(q)v(f_1))(1 - y) - v(c) + \pi(p_3)v(f_2 - g)(\rho(1 - \eta) + \rho y(\omega + \eta - 1))] \quad (6)$$

$$\frac{dy}{dt} = y(V_{S1} - \bar{V}_S) = y(1 - y)[-v(t) + \pi(q)v(f_1)x + ((1 - \omega) + (\omega + \eta - 1)x)\pi(p_3)v(f_2 - g)] \quad (7)$$

## 1.3 稳定策略分析

根据式(6)和式(7)可得5个局部均衡点:  $O(0, 0)$ 、 $M(0, 1)$ 、 $N(1, 0)$ 、 $L(1, 1)$ 、 $H(x^*, y^*)$ . 根据Friedman提出的方法,根据式(6)和式(7)可得,博弈系统的雅可比矩阵如式(8)所示.

$$J = \begin{pmatrix} (1 - 2x)[\pi(q)v(f_1)(1 - y) - v(c) + \rho\pi(p_3)v(f_2 - g)(\omega + \eta - 1) - (\rho(1 - \eta) + y(\omega + \eta - 1)\rho)\pi(p_3)v(f_2 - g)] & x(1 - x)[\rho\pi(p_3)v(f_2 - g)(\omega + \eta - 1) - \pi(q)v(f_1)] \\ y(1 - y)[(\omega + \eta - 1)\pi(p_3)v(f_2 - g) + \pi(q)v(f_1)] & (1 - 2y)[-v(t) + ((1 - \omega) + (\omega + \eta - 1)x)\pi(p_3)v(f_2 - g) + \pi(q)v(f_1)x] \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$\Delta(J) = (1 - 2x)[\pi(q)v(f_1)(1 - y) - v(c) + (\rho(1 - \eta) + y(\omega + \eta - 1)\rho)\pi(p_3)v(f_2 - g)] \cdot (1 - 2y)[-v(t) + ((1 - \omega) + (\omega + \eta - 1)x)\pi(p_3)v(f_2 - g) + \pi(q)v(f_1)x] \quad (9)$$

而雅可比矩阵的迹是:

$$\Delta(J) = (1 - 2x)[\pi(q)v(f_1)(1 - y) - v(c) + (\rho(1 - \eta) + y(\omega + \eta - 1)\rho)\pi(p_3)v(f_2 - g)] \cdot (1 - 2y)[-v(t) + ((1 - \omega) + (\omega + \eta - 1)x)\pi(p_3)v(f_2 - g) + \pi(q)v(f_1)x] \quad (10)$$

根据  $\Delta(J)$  和  $\text{tr} J$  的正负组合情况就可以判断食品安全监管非对称演化博弈系统的局部稳定性. 当  $\Delta(J) > 0$  且  $\text{tr} J < 0$  时,平衡点就处于局部稳定状态,ESS 稳定.

食品安全监管对于国家安全、社会稳定具有重要意义,确保食品安全是社会各阶层的共识. 根据博弈均衡策略可知,为达到食品安全这一理想状态,博弈双方需选择的策略为  $(A_1, S_1)$ ,此时系统收敛于点  $L(1, 1)$ . 此时,需要满足的以下4个条件,具体如式(11)所示:

$$\begin{cases} v(c) \leq \rho\omega \pi(p_3) v(f_2 - g) \\ v(c) \leq \pi(q) v(f_1) + \rho(1 - \eta) \pi(p_3) v(f_2 - g) \\ v(t) \leq (1 - \omega) \pi(p_3) v(f_2 - g) \\ v(t) \leq \pi(q) v(f_1) + \eta\pi(p_3) v(f_2 - g) \end{cases} \quad (11)$$

需要指出的是食品安全监管系统从不稳定点逐渐向稳定点 *ESS* 演化. 4 个均衡点局部稳定分析结果如表 2 所示.

表 2 四均衡点局部稳定分析结果

Tab. 2 Results of local stability analysis at four equal points

均衡点	det <i>J</i>	符号	tr <i>J</i>	符号	局部稳定性
<i>O</i> (0, 0)	$[\pi(q) v(f_1) - v(c) + \rho(1 - \eta) \pi(p_3) v(f_2 - g)] \times [-v(t) + (1 - \omega) \pi(p_3) v(f_2 - g)]$	+	$[\pi(q) v(f_1) - v(c) + \rho(1 - \eta) \pi(p_3) v(f_2 - g)] + [-v(t) + (1 - \omega) \pi(p_3) v(f_2 - g)]$	+	不稳定点
<i>M</i> (1, $\rho$ )	$- [\pi(q) v(f_1) - v(c) + \rho(1 - \eta) \pi(p_3) v(f_2 - g)] \times [-v(t) + \eta\pi(p_3) v(f_2 - g) + \pi(q) v(f_1)]$	-	$- [\pi(q) v(f_1) - v(c) + \rho(1 - \eta) \pi(p_3) v(f_2 - g)] + [-v(t) + \eta\pi(p_3) v(f_2 - g) + \pi(q) v(f_1)]$	不定	鞍点
<i>N</i> (0, 1)	$- [-v(c) + \omega\rho\pi(p_3) v(f_2 - g)] \times [-v(t) + (1 - \omega) \pi(p_3) v(f_2 - g)]$	-	$- [-v(c) + \omega\rho\pi(p_3) v(f_2 - g)] + [-v(t) + (1 - \omega) \pi(p_3) v(f_2 - g)]$	不定	鞍点
<i>L</i> (1, 1)	$- [-v(c) + \omega\rho\pi(p_3) v(f_2 - g)] \times (-1) \times [-T + \eta\pi(p_3) v(f_2 - g) + \pi(q) v(f_1)]$	+	$- [-v(c) + \omega\rho\pi(p_3) v(f_2 - g)] - [-T + \eta\pi(p_3) v(f_2 - g) + \pi(q) v(f_1)]$	-	<i>ESS</i>

由于  $\text{tr } J = 0$  表 2 中 *H* 点局部稳定性无法判定, 采用微分分析法进行判断, 可得到:

$$\begin{cases} [v(t) - (1 - \omega) \pi(p_3) v(f_2 - g)] \cdot [\eta\pi(p_3) v(f_2 - g) + \pi(q) v(f_1) - v(t)] / \\ [(\omega + \eta - 1) \pi(p_3) v(f_2 - g) + \pi(q) v(f_1)]^2 \leq 0 \\ [\pi(q) v(f_1) - v(c) + \rho(1 - \eta) \pi(p_3) v(f_2 - g)] \cdot [v(c) - \omega\rho\pi(p_3) v(f_2 - g)] / \\ [\pi(q) v(f_1) - (\rho\omega + \rho\eta - \rho) \pi(p_3) v(f_2 - g)]^2 \leq 0 \end{cases} \quad (12)$$

由此可知点 *H* 为不稳定点, 但综合表 2 可知, 无论初始状态如何, 博弈系统都将收敛于点 *L* (演化图如图 1 所示), 局中人策略选择都有利于食品安全.

1.4 结果讨论

监管部门和食品企业的策略选择组合为 (*A1*, *S1*) 时, 食品安全系统达到理想状态, 没有食品安全事故爆发. 此时博弈系统局中人决策策略需要满足的条件为:  $v(c) \leq \rho\omega \pi(p_3) v(f_2 - g)$   $v(c) \leq \pi(q) v(f_1) + \rho(1 - \eta) \pi(p_3) v(f_2 - g)$   $v(t) \leq (1 - \omega) \pi(p_3) v(f_2 - g)$   $v(t) \leq \pi(q) v(f_1) + \eta\pi(p_3) v(f_2 - g)$ . 根据这些条件可知, 食品安全受到参数  $t, f_1, g, f_2, p_3, \eta, \omega$  和  $\rho$  等参数的影响. 实践和文献研究均表明, 政府部门对食品安全事故十分敏感, 食品安全“一票否决”制是直接写照. 为此, 就当前社会来看,  $v(c) \leq \rho\omega \pi(p_3) v(f_2 - g)$   $v(c) \leq \pi(q) v(f_1) + \rho(1 - \eta) \pi(p_3) v(f_2 - g)$  这两项条件目前已经基本满足但还必须同时满足以下两项条件:

$$\begin{cases} v(t) \leq (1 - \varpi) \pi(p_3) v(f_2 - g) \\ v(t) \leq \pi(q) v(f_1) + \eta \pi(p_3) v(f_2 - g) \end{cases} \quad (13)$$

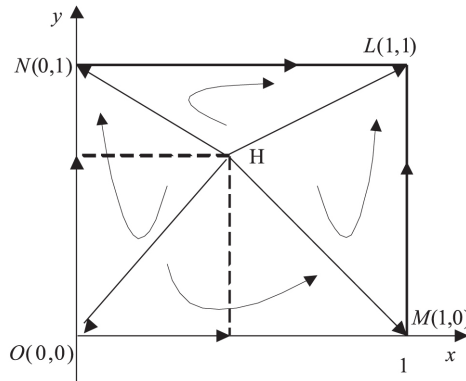


图1 整体动态演化相图  
Fig. 1 Phase diagram of global dynamic evolution

这两项条件的现实含义是:在政府部门积极监管下,食品企业对守法生产经营带来成本的价值感知小于违法生产经营带来收益(质量声誉损失成本及处罚风险成本之和与违法产生的收入之差)的价值感知,同时食品企业对守法生产经营成本的价值感知小于质量声誉激励、顾客满意等带来的额外收益,即食品企业守法生产带来的收益价值比违法收益价值高,且认为守法生产经营能够带来的额外收益价值感知高于守法生产经营成本的价值感知。

根据上述分析可知,确定食品安全监管博弈系统演化的关键在于:守法生产经营成本的价值感知、违法生产经营成本的价值感知以及守法生产经营外部收益的价值感知。为此,对于食品安全监管部门制定策略时,最优的效果是:食品安全监管策略不仅能够降低食品企业对守法生产经营成本的价值感知,还能够提升其对违法生产经营成本的价值感知,并同时能够提升其对守法生产经营外部性收益的价值感知。此时,食品安全监管博弈系统将演化至理想状态。归纳文献发现,现有研究对于第一、二途径的关注较多<sup>[15]</sup>,而对于外部性收益,特别是质量声誉所带来的外部性收益价值感知及其对企业策略选择的影响机理研究关注不够。食品作为信任品市场的重要组成,其声誉非常重要。根据前景理论可知,食品企业对质量声誉问题带来的损失价值感知比带来的收益更加敏感,围绕这一基本理论构建质量声誉食品安全影响模型。

## 2 质量声誉影响模型

### 2.1 构建影响模型

假设当食品企业违法生产经营行为被发现(概率为 $q$ )时,监管部门对其进行违法惩罚,惩罚带来的质量声誉损失成本价值为 $\theta$ ;食品企业守法生产经营,因质量声誉获取经济、信用和机会收益为 $\psi$ ,参照点为质量声誉建立初期时的实际经营收入 $\psi_0$ 。根据前景理论,构建质量声誉下的食品企业生产经营行为影响模型,具体如式(14)所示。

$$V(g) = \pi(1 - q) v(g + \psi - \psi_0) + \pi(q) v(\psi - \theta g - \psi_0) \quad (14)$$

式(14)中:  $V(g) \geq 0, g \geq 0$ 。

在式(14)中,假设食品企业生产经营过程中策略选择符合有限理性人假设,策略选择所带来的收益-成本感知将采用价值函数描述。根据价值函数划分策略选择活动可以划分为收益区间和损失区间,在收益区间的食品企业生产经营活动偏向于风险厌恶;在损失区间的食品企业在生产经营活动中偏向于风险偏好。由此,将食品企业分类三类:生产经营风险回避型、生产经营风险中立型,生产经营风险爱好型。

### 2.2 影响模型分析

从上述假设和模型可知,食品企业违法生产经营行为将影响食品企业的收益,从而影响食品企业的价

值感知.若使式(14)达到最优,可取全微分化简得:

$$\frac{d(g + \psi - \psi_0)}{d(\psi - \theta g - \psi_0)} = - \frac{\pi(q) v'(\psi - \theta g - \psi_0)}{\pi(1 - q) v'(g + \psi - \psi_0)} \quad (15)$$

由式(15)可得式(16):

$$\frac{d \frac{d(g + \psi - \psi_0)}{d(\psi - \theta g - \psi_0)}}{d(\psi - \theta g - \psi_0)} = \frac{\pi(q) v'(\psi - \theta g - \psi_0)}{\pi(1 - q) v'(g + \psi - \psi_0)} \times \left[ \frac{v''(g + \psi - \psi_0)}{v'(g + \psi - \psi_0)} - \frac{v''(\psi - \theta g - \psi_0)}{v'(\psi - \theta g - \psi_0)} \right] \quad (16)$$

设  $Q(\tau) = v'(\tau) / v(\tau)$ , 则  $Q(\tau)$  为食品企业在经营收入为  $\tau$  时的绝对风险规避系数. 绝对风险规避系数反映了企业对于风险的敏感程度. 通常情况下, 系数越大, 则企业决策时将越趋向于规避风险.

由式(1)和式(2)可知:  $\frac{\pi(q) v'(\psi - \theta g - \psi_0)}{\pi(1 - q) v'(g + \psi - \psi_0)} > 0$ . 显然,  $\frac{d(g + \psi - \psi_0)}{d(\psi - \theta g - \psi_0)}$  的取值正负取决于  $Q(\psi - \theta g - \psi_0) - Q(g + \psi - \psi_0)$  的大小. 易证  $g + \psi - \psi_0 > \psi - \theta g - \psi_0$ , 故随着质量声誉带来的收益  $\psi$  的变化,  $\frac{d(g + \psi - \psi_0)}{d(\psi - \theta g - \psi_0)}$  的变化情况可以分为3种.

$$1) Q(g + \psi - \psi_0) > Q(\psi - \theta g - \psi_0)$$

此时  $\frac{d(g + \psi - \psi_0)}{d(\psi - \theta g - \psi_0)} / \frac{d(\psi - \theta g - \psi_0)}{d(\psi - \theta g - \psi_0)} > 0$ , 食品企业是风险爱好型. 随着质量声誉所带的收益  $\psi$  的增大, 此类食品企业并不会采取策略  $S1$ , 而是偏向于通过违法生产经营谋取利益, 企业决策喜欢冒险, 喜好钻营市场漏洞, 从而获得更高的收益. 对于此类型的食品企业, 质量声誉无法激励其进行守法生产经营, 对于其进行监督需采取用“严格”策略.

$$2) Q(g + \psi - \psi_0) = Q(\psi - \theta g - \psi_0)$$

此时  $\frac{d(g + \psi - \psi_0)}{d(\psi - \theta g - \psi_0)} / \frac{d(\psi - \theta g - \psi_0)}{d(\psi - \theta g - \psi_0)} = 0$ , 即表明食品企业为风险中立型. 此类型食品企业在对风险和收益并不十分敏感, 质量声誉对于其决策影响不大, 此类企业在生产经营中通常十分保守, 对于其进行监督采取“适中”策略即可.

$$3) Q(g + \psi - \psi_0) < Q(\psi - \theta g - \psi_0)$$

此时  $\frac{d(g + \psi - \psi_0)}{d(\psi - \theta g - \psi_0)} / \frac{d(\psi - \theta g - \psi_0)}{d(\psi - \theta g - \psi_0)} < 0$ , 即表明食品企业是风险回避型. 随着质量激励机制带来的收益  $\psi$  的增大, 食品企业会积极主动的选择策略  $S1$  进行生产经营, 确保自身在食品市场中获得最大利益.

综合上述情形来看, 食品企业不同的类型, 质量声誉对于其决策的影响不同. 因此, 质量声誉激励机制虽然能够引导企业选择策略  $S1$ , 但是仍无法确定在何种情况下采取质量声誉激励机制有助于减少食品安全事故. 因为, 随着质量声誉所带来外部收益的不断提高, 食品企业的决策风险偏好将会发生转变, 即风险中立型食品企业既有可能演化为风险回避型, 也有可能演化为风险爱好型. 显然, 政府部门希望风险中立型企业演化为风险回避型, 即通过质量声誉机制的实施降低食品安全事故发生的概率.

依据式(3)可以推导出:

$$Q(\psi - \theta g - \psi_0) - Q(g + \psi - \psi_0) = (1 - \beta) \times \frac{(1 + \theta)g}{(\psi - \theta g - \psi_0)(g + \psi - \psi_0)} \quad (17)$$

可分三种情况讨论:

1) 当  $\psi - \theta g - \psi_0 > 0$  时, 可得到:  $Q(g + \psi - \psi_0) < Q(\psi - \theta g - \psi_0)$ . 随着质量声誉所带来效益的提高, 此时风险中立型的食品企业将会演化成风险爱好型. 此时, 质量声誉机制反而会刺激食品企业选择策略  $S2$ . 在现实中, 部分地区知名食品企业的违法生产行为频发说明了该结论的合理性. 此时, 质量声誉机

制形成了负面效益.

2) 当  $\psi - \theta g - \psi_0 < 0$  且  $g + \psi - \psi_0 > 0$  时  $Q(g + \psi - \psi_0) > Q(\psi - \theta g - \psi_0)$ . 随着质量声誉所带来的效益的提高, 风险中立的食品企业将会演化为风险规避型. 此时质量声誉激励机制将会促进食品企业选择策略 S1, 有助于避免食品安全事故的发生, 质量声誉的正面效应得以显现.

3) 当  $g + \psi - \psi_0 < 0$  时  $Q(\psi - \theta g - \psi_0) > Q(g + \psi - \psi_0)$ . 随着质量声誉所带来的效益的提高, 风险中立型企业将演化为风险爱好型. 因为是质量声誉所带来的收益过低, 达不到食品企业心理预期, 即守法生产经营并不能带来很好的外部收益, 并且需要支付高昂的成本. 此时, 食品企业倾向于通过策略 S2 来获取额外的收益, 企业容易产生投机行为, 食品安全事故的爆发率将会提升. 此结论说明了政府部门营造良好食品市场环境的重要性.

综上所述, 在惩罚系数和监管力度既定的条件下, 当满足条件  $\psi - \theta g - \psi_0 < 0$  且  $g + \psi - \psi_0 > 0$  时, 食品企业通过质量声誉获得的收益越高, 食品企业都逐步会演化为风险规避型, 其内在原理是: 食品企业对策略 S2 带来的损失心理感知效用的越大, 食品企业就会倾向于采取策略 S1, 从而有利于食品安全监管系统向理想均衡点演化. 当质量声誉所带来的收益过低时, 食品企业将倾向于采取策略 S2 获取收益, 在此情形下, 加大监管力度是政府部门的必然选择. 监管部门如何应对质量声誉激励机制失效成为本研究的关键. 根据 1.4 小节博弈论所得分析结论, 可以采取第二条途径解决此问题, 即提升企业对食品安全违法成本损失的价值感知. 关键问题是如何定量确定惩罚额度, 为此进行如下假设:

设食品企业作为风险偏好型, 认为策略 S2 能够带来收益最大. 由式(14) 可得:

$$\frac{\partial V(g)}{\partial g} = \pi(1-q)v'(g+\psi-\psi_0) + \pi(q)v'(\psi-\theta g-\psi_0) \quad (18)$$

令  $\frac{\partial V(g)}{\partial g} = 0$ , 则有  $\theta = \frac{\pi(1-q)}{\pi(q)} \times \frac{v'(g+\psi-\psi_0)}{v'(\psi-\theta g-\psi_0)}$ , 即最佳惩罚额度. 依据式(3) 可知, 当  $\psi - \theta g - \psi_0 \geq 0$  时  $\rho \leq v'(g+\psi-\psi_0) < v'(\psi-\theta g-\psi_0)$ , 有  $\theta < \pi(1-q)/\pi(q)$ ; 当  $g + \psi - \psi_0 < 0$  时  $\rho \leq v'(\psi - \theta g - \psi_0) < v'(g + \psi - \psi_0)$ , 有  $\theta > \pi(1-q)/\pi(q)$ . 因此, 政府部门制定惩罚额度时, 能够达到促进企业采取策略 S1 的条件是:

$$\theta = \pi(1-q)/\pi(q) \quad (19)$$

综合上述分析来看, 在质量声誉激励失效的情况下, 政府部门治理食品市场时, 可采取的途径主要有: 途径一, 在满足式(19) 时, 提升监督的强度, 降低企业投机的概率; 途径二, 政府部门监督强度一定的条件下, 需要加大对选择策略 S1 企业的处罚力度. 因此, 针对食品安全市场中不同的风险偏好类型, 需要采取不同的质量声誉激励机制, 同时配合有效的惩罚机制, 才能够降低食品企业生产经营违法行为发生的概率, 重新恢复食品市场的安全和信用秩序.

### 3 讨论与政策建议

本研究针对食品安全市场监管失灵问题, 引入质量声誉激励机制、惩罚机制和风险偏好参数, 构建基于前景理论的食品安全演化博弈模型, 研究了食品生产企业对违法成本、质量激励价值感知与食品安全风险偏好间的关系, 探索了企业生产经营决策行为, 得到了如下研究结论:

1) 食品安全监管博弈系统中食品企业和政府监管部门最终策略组合演化为(A1, S1) 的关键条件为:

$$v(t) \leq (1-\omega)\pi(p_3)v(f_2-g) \text{ 和 } v(t) \leq \pi(q)v(f_1) + \eta\pi(p_3)v(f_2-g).$$

2) 食品作为信任品市场的重要组成, 其声誉非常重要. 质量声誉所带来的外部性收益价值感知直接影响企业策略选择. 但质量声誉对于不同风险偏好类型企业的效用不同, 不一定能够引导企业采取守法经营策略. 政府部门对于质量声誉激励机制失效的企业制定惩罚额度时, 能够达到促进企业采取守法生产经营的条件是:  $\theta = \pi(1-q)/\pi(q)$ .

3) 对风险偏好型的食品企业, 质量声誉无法激励其进行守法生产经营, 对于其进行监督需采取用“严



格”策略;对风险中立型企业在生产经营中通常十分保守,对其监督需配合采取“适中”策略即可。质量声誉激励机制对于风险规避型企业具有重要的引导作用,配合采取“宽松”的监管策略即可。

4) 质量声誉机制存在两面性,政府部门需要根据市场变化采取不同的监管策略。当质量声誉所带来的收益过低时,加大监管力度是政府部门的必然选择。可采取的途径主要有:途径一,提升监督的强度,降低企业投机的概率;途径二,政府部门监督强度一定的条件下,需要加大对违法行为的处罚力度。

#### 参考文献:

- [1] 曹剑涛, 高清, 马进. 博弈论视角下的食品药品安全问题与对策研究[J]. 现代管理科学, 2018(11): 115-117.
- [2] 景娜, 张月义. 食品安全事件公开报道合谋问题的演化博弈分析[J]. 标准科学, 2017(11): 95-101.
- [3] 付奕林, 于涛, 刘长玉. 基于企业规模的食品安全诚信监管博弈分析[J]. 标准科学, 2017(7): 75-80.
- [4] Li Qin. A Effective Way to Improve the Performance of Food Safety Governance Based on Cooperative Game[J]. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 2010, 18(1): 423-428.
- [5] 刘任重. 食品安全规制的重复博弈分析[J]. 中国软科学, 2011, 5(9): 167-171.
- [6] 苗珊珊, 李鹏杰. 基于第三方检测机构的食品安全共治演化博弈分析[J]. 资源开发与市场, 2018, 34(7): 912-918.
- [7] 袁文艺, 胡凯. 食品安全管制的政府间博弈模型及政策启示[J]. 中国行政管理, 2014(7): 101-105.
- [8] 刘永胜, 王荷丽, 徐广姝. 食品供应链安全风险博弈分析[J]. 经济问题, 2018(1): 57-64.
- [9] Jorge P, Laurent L, Georg N. Gains from switching and evolutionary stability in multi-player matrix games[J]. Journal of Theoretical Biology, 2014, 346(7): 23-33.
- [10] Salvatore G, Vincent M, Roman S. Robust ordinal regression for value functions handling interacting criteria[J]. European Journal of Operational Research, 2014, 239(3): 711-730.
- [11] 郑义, 林恩惠, 余建辉. 食品安全事件后消费者购买行为的演化博弈[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2015(2): 84-92.
- [12] 马永红, 苏鑫, 赵越. 产业共性技术扩散的演化博弈分析[J]. 控制理论与应用, 2019, 36(1): 22-31.
- [13] Hannah M, Lewis, Alex J D. Evolutionary games of cooperation: Insights through integration of theory and data[J]. Ecological Complexity, 2013, 11(16): 20-30.
- [14] Kahneman D, Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision making under risk[J]. Econometrica, 1979, 47(2): 263-291.
- [15] 谢康, 刘意, 赵信. 媒体参与食品安全社会共治的条件与策略[J]. 管理评论, 2017(5): 192-204.