

# 废弃食品非正规回收商的决策分析

费威,唐浩

(东北财经大学经济学院,辽宁大连116025)

**摘要:**针对废弃食品非正规回收市场,非正规回收商数量导致单位回收收益随规模变化不同,分别建立了单位回收收益不变、增加与减少3种情况的非正规回收商预期总利润优化模型,分析了非正规回收商的伪装行动力与回收率决策,以及非正规回收商数量的影响效应。以“僵尸肉”为典型案例进行了数值分析。结果表明:非正规回收商的伪装行动力与废弃食品回收率都分别受到废弃食品数量、伪装概率和废弃食品出售价格的正向影响,受到固定成本系数和单位回收成本的负向影响;而单位回收收益增加(减少)时,伪装行动力分别受到伪装边际成本和被惩罚后绝对损失额的正向(负向)影响。据此,提出实施废弃食品分类有效回收与良性再利用和强化废弃食品回收处理监管等政策建议。

**关键词:**废弃食品;非正规回收商;决策分析

**中图分类号:**F069;F224 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2020)6—0165—10

废弃食品非正规回收是诱发食品安全问题的根源之一,如地沟油事件、过期食品被哄抢事件、“僵尸肉”事件等。非正规回收商在经济利益驱动下,对废弃食品进行回收,通过直接销售或者简单加工再售等伪装行为,掩盖其违规回收处理活动。我国废弃食品多被归于垃圾回收处理一并处置,缺乏有针对性的监管机制。因此,大量的非正规回收商充斥在废弃食品回收处理环节,这更加剧了废弃食品非正规回收处理引致的食品安全等问题。

相关废弃食品回收处理的研究主要如下。Griffin等<sup>[1]</sup>分析了美国部分地区废弃食品回收处理情况,认为有近1/3的废弃食品进行了有效回收,其余2/3的废弃食品回收不当造成了严重的资源浪费。钟永光等<sup>[2]</sup>提出以市场机制为核心促进废弃产品的回收利用,只有建立废弃产品循环利用体系,才能从根本上解决废弃产品的回收处理问题。Comber和Thieme<sup>[3]</sup>研究认为社会激励与惩罚机制能够减少废弃食品的无序无规丢弃现象发生。Goot等<sup>[4]</sup>基于食品可持续生产思想,分析了为减少环境影响的食品生产加工链问题。为实现食品废弃物的妥善处理和回收利用,李朝伟和陈青川<sup>[5]</sup>总结了国外食品回收管理模式和经验。我国对过期食品的处置方式主要有:①当作垃圾直接扔掉;②用作畜禽饲料;③直接或委托第三方进行焚烧销毁。对此,沈一平<sup>[6]</sup>研究发现:过期食品多数是由第三方上门回收,回收隐蔽性高、安全性弱、处置不当、处理费用高,回收使用缺乏监管。莫鸣和李亚婷<sup>[7]</sup>研究认为食品经营者往往将临保食品、过期食品退给供应商,极大增加了食品安全风险,并且我国对过期食品安全标准认定缺乏依据,导致一些过期食品重新回流至食品生产和经营环节。费威<sup>[8-9]</sup>针对废弃食品回收处理的安全现状进行了案例阐释,建立博弈模型分析废弃食品制造商与零售商的回收处理策略。吴军等<sup>[10]</sup>、王茜和陈明艺<sup>[11]</sup>利用委托代理模型研究了信息不对称下政府对地沟油流向和回收的监管问题,分析了政府补贴和监管措施等奖惩机制。Shearer等<sup>[12]</sup>基于生命周期成本分析评估了废弃食品回收处理系统的成本效益,认为初始期现场回收系统成本较高,随着发展该回收系统成本得到降低。Tran等<sup>[13]</sup>通过logistic和多元线性回归分析,建立剩余食品和可回收食品分离行为的预测模型,分析了属性间分离率的差异,根据影响因素和属性提出了促进分离行为的方法。Hotta等<sup>[14]</sup>针对亚洲的非正规回收行业普遍存在问题,提出亚洲回收率标准化测量的必要性,以及制定3R(减少原料reduce、重新利用reuse和物品回收recycle)政策并监测地区3R进展的对策。Stancu等<sup>[15]</sup>研究了食物浪费的心理社会因素,包括家庭感知能力和社会人口统计学特征等。Pham Phu等<sup>[16]</sup>利用层次分析法确定了回收层次结构,设计了5个回收

**收稿日期:**2019—10—03

**基金项目:**国家自然科学基金“废弃食品回收处理的利益博弈及其治理机制研究”(71703014);辽宁省社会科学规划基金“产业化与小农业生产关系视角下辽宁农产品区域品牌发展对策研究”(L19BJY016);辽宁省教育厅基础科研项目“自媒体监督对食品安全监管的影响效应及其对策研究”(LN2020J07);东北财经大学提升社会服务能力建设项目“辽宁农业高质量发展的实践探索:农产品区域品牌的标准化建设框架、思路与举措”(GZL-Y2003)

**作者简介:**费威(1982—),女,辽宁鞍山人,博士,东北财经大学经济学院副教授,硕士研究生导师,研究方向:食品安全管理、经济优化;唐浩(1992—),男,山东烟台人,东北财经大学经济学院硕士,研究方向:食品安全管理、经济优化。

层次,研究表明酒店固体废弃物管理系统(SWM)有很大的发展潜力。程亚莉等<sup>[17]</sup>通过借鉴英美德的废弃食品回收经验,提出构建产业利益链,对废弃食品副产品进行补贴等措施引导家庭及餐饮企业参与建立智能化收运体系。张红等<sup>[18]</sup>通过研究日本食品废弃物量化管理体系,提出构建我国废弃食品量化管理体系。周章金等<sup>[19]</sup>从碳税价格影响废弃产品回收运营角度,分析了废弃产品回收站点分布问题。彭长华<sup>[20]</sup>以“互联网+食品”为视角,分析提出推进科技伦理体系建设,凸显食品安全道德文化价值,在自由与规制平衡中构建食品安全道德文化生态的对策。徐国冲和霍龙霞<sup>[21]</sup>探讨了合法性对食品安全合作监管网络生成逻辑的影响,考察了网络演化的动力机制。费威<sup>[22]</sup>针对正规回收渠道处理商的回收处理成本递增和不变的两种不同情况分别建立优化模型,分析了政府部门依据非正规回收渠道处理商的回收处理利润最小值而决定对其惩罚额的影响因素。

现有研究对过期食品、召回食品的回收处置方式及监管缺失、食品废弃物产生因素等分析较多,针对餐厨垃圾的回收处置及再利用较为关注,提出了改进与完善废弃产品及食品回收处理的对策,然而对于一般废弃产品的研究没有结合废弃食品回收处理的特点,对废弃食品非正规回收处理的研究侧重于现状分析与对策的定性探讨,缺乏结合回收处理主体特征,从其决策动机构建模型的理论阐释与深入剖析。对此,本文针对非正规回收商构成的近似完全竞争市场,建立废弃食品非正规回收商的预期总利润优化模型,分析非正规回收商将废弃食品再售等违规行为的伪装行动力和回收率的决策,从而剖析废弃食品回收问题的利益驱动根源,为废弃食品回收处理的监管问题提供参考。

## 一、问题描述及模型构建

### (一)废弃食品非正规回收商预期总利润优化模型基本假设

现实中废弃食品非正规回收商数量众多,因此废弃食品非正规回收近似于完全竞争市场。在完全竞争市场上,非正规回收商根据市场价格回收废弃食品,并对其进行简单加工再出售,而单个非正规回收商对其废弃食品回收数量及回收价格、销售价格没有决定权。非正规回收商为逃避监管部门检查监督,规避监管部门的惩罚,会通过正规回收商身份(以掩盖非正规回收行为)进行回收或者对废弃食品进行违规简单加工再造,本文将非正规回收商采取这些伪装行为的可能性定义为“伪装概率”。显然,非正规回收商的伪装行为会随着监管完善度的变化而改变,本文将监管完善度定义为各地区各部门综合执法与协调执法能力、社会信用体系建设完善程度、法律和行政法规制定完善程度以及技术检测监管能力的综合程度。由于非正规回收商依赖其非正规回收行为获利,监管完善度越高,非正规回收商的伪装行动力越强,反之若监管完善度越低,非正规回收商的伪装行动力越弱,即非正规回收商的伪装行动力与监管完善度正相关。 $d$ 表示非正规回收商的伪装行动力,其强弱与监管部门的监管完善度成正比,它是非正规回收商的决策变量。相应的非正规回收商伪装概率为 $b = b(d)$ ,并且满足 $0 \leq b(d) \leq 1, b'(d) > 0, b''(d) < 0$ ,即伪装概率随伪装行动力(监管完善度)的增强而变大,伪装概率的变化率随伪装行动力(监管完善度)的增强而变小。这是由于监管完善度水平较低时,即使较易识别的非正规回收行为也难以被查处,而随着监管完善度提高,只有较难辨别的非正规回收行为才有可能无法被及时监管查处。并且非正规回收商对废弃食品简单加工的成本可以分为固定成本和可变成两部分。 $\rho$ 表示非正规回收商伪装成本的边际成本系数。假设非正规回收商的伪装成本为 $\frac{\rho}{2}d^2$ ,符合边际成本递增规律。

模型的主要变量和其他参数符号及其含义具体如下。 $\varepsilon$ 表示非正规回收商的废弃食品平均回收率,是其回收行为固定成本的凹函数<sup>[23]</sup>,它是非正规回收商的决策变量; $\zeta$ 表示非正规回收商出售废弃食品的价格; $\tau$ 表示固定成本系数; $S$ 表示单位回收成本; $D$ 表示市场中的废弃食品数量; $\bar{C}$ 表示非正规回收商的平均总成本; $\bar{C}_f$ 表示非正规回收商的平均固定成本; $\bar{C}_v$ 表示非正规回收商的平均可变成本; $r$ 表示在完全竞争市场中,监管部门对非正规回收商进行处罚时,非正规回收商的绝对损失,即处罚金额减去非正规回收商收益的净值,是非正规回收商的绝对损失; $n$ 表示非正规回收商的数量; $\lambda$ 表示随着非正规回收商数量增加,单位非正规回收商规模递增收益或规模递减收益,即规模变化收益。

### (二)废弃食品非正规回收商预期总利润优化模型构建及分析

非正规回收商的总回收成本由固定成本和可变成两部分组成。结合废弃食品回收特点,固定成本与回收率

之间满足  $\overline{C_f} = \tau \varepsilon^2$ , 平均可变成本为  $\overline{C_v} = S \varepsilon D$ 。非正规回收商预期废弃食品出售价格大于其单位回收成本, 即  $\zeta b(d) > S$ , 非正规回收商的平均回收总成本为  $C = \overline{C_f} + \overline{C_v} = \tau \varepsilon^2 + S \varepsilon D$ 。

在一定时期内, 某类废弃食品的市场存量固定, 非正规回收商数量越多, 其平均回收量越小; 反之, 非正规回收商数量越少, 其平均回收量越大。针对  $n$  个废弃食品回收商构成的废弃食品回收市场, 依据规模经济理论, 非正规回收商数量  $n$  的大小不同对应的回收规模不同, 即单位回收收益不变 (单位回收收益不受回收规模影响)、单位回收收益随规模增大而增加 (类似规模经济) 与单位回收收益随规模增大而减少 (类似规模不经济)。因此, 本文给出 3 种不同情况的废弃食品回收商预期总利润模型  $E[\pi_i(d, \varepsilon)]$ , 其中  $i = 1, 2, 3$  分别表示上述 3 种不同情况。具体模型如下:

$$E[\pi_1(d, \varepsilon)] = \sum_{k=1}^n C_n^k [b(d)]^k [1-b(d)]^{n-k} \zeta \varepsilon D k - \sum_{k=1}^n C_n^k [1-b(d)]^k [b(d)]^{n-k} r k - nC - \frac{\rho}{2} n d^2 \quad (1)$$

$$E[\pi_2(d, \varepsilon)] = \sum_{k=1}^n C_n^k [b(d)]^k [1-b(d)]^{n-k} (\zeta \varepsilon D + \lambda k) k - \sum_{k=1}^n C_n^k [1-b(d)]^k [b(d)]^{n-k} r k - nC - \frac{\rho}{2} n d^2 \quad (2)$$

$$E[\pi_3(d, \varepsilon)] = \sum_{k=1}^n C_n^k [b(d)]^k [1-b(d)]^{n-k} (\zeta \varepsilon D - \lambda k) k - \sum_{k=1}^n C_n^k [1-b(d)]^k [b(d)]^{n-k} r k - nC - \frac{\rho}{2} n d^2 \quad (3)$$

上述模型第一项表示在废弃食品回收市场中未被监管部门查处的非正规回收商的总利润, 第二项表示被监管部门查处的非正规回收商的预期总损失, 第三项为非正规回收商的回收总成本, 第四项为非正规回收商应对监管部门检查的总伪装成本。

本文研究的是近似完全竞争市场, 单个非正规回收商没有废弃食品的回收定价以及出售定价权, 单个非正规回收商退出以及被监管部门处罚并不会影响非正规回收商的废弃食品回收价格和出售价格。由于非正规回收的特殊性以及巨大利润驱动, 非正规回收商没有被监管部门查处时, 他们的预期总利润都大于 0; 反之, 非正规回收商被监管部门查处, 都会面临损失。模型(1)是在单位回收收益不变情况下, 市场中非正规回收商预期总利润; 模型(2)是单位回收收益增加情况下, 市场中非正规回收商预期总利润; 模型(3)是单位回收收益减少情况下, 市场中非正规回收商预期总利润。

### 1. 单位回收收益不变情况下非正规回收商的预期总利润最大化分析

当市场中非正规回收商数量既不过多也只不过少, 符合单位回收收益不变时, 根据模型(1)以及级数求和化简可得非正规回收商的预期总利润如下:

$$E[\pi_1(d, \varepsilon)] = n \zeta \varepsilon D b(d) - n r [1-b(d)] - n \tau \varepsilon^2 - n S \varepsilon D - n \frac{\rho}{2} d^2 \quad (4)$$

根据该预期总利润最大化的一阶条件  $\frac{\partial E[\pi_1(d, \varepsilon)]}{\partial d} = 0$ ,  $\frac{\partial E[\pi_1(d, \varepsilon)]}{\partial \varepsilon} = 0$ , 相应的海塞 (Hessian) 矩阵为  $H = \begin{bmatrix} n \zeta \varepsilon D b''(d) + n r b''(d) - n \rho & n \zeta D b'(d) \\ n \zeta D b'(d) & -2 \tau n \end{bmatrix}$ 。根据二阶条件海塞矩阵负定, 需满足  $\zeta D b'(d) > \sqrt{-2 \tau (\zeta \varepsilon D b''(d) + r b''(d) - \rho)}$ 。

当非正规回收商数量为  $n$  时, 伪装行动力  $d$  和废弃食品回收率  $\varepsilon$  最优解为

$$d^* = \frac{b'(d)}{\rho} \left\{ \frac{\zeta D^2}{2 \tau} [\zeta b(d) - S] + r \right\} \quad (5)$$

$$\varepsilon^* = \frac{D}{2 \tau} [\zeta b(d) - S] \quad (6)$$

当非正规回收商数量为  $n+1$  时, 伪装行动力的最优水平  $d_{n+1}^*$  满足

$$\frac{\partial E_{n+1}^*[\pi_1(d^*, \varepsilon)]}{\partial d} = (n+1) [\zeta \varepsilon D b'(d^*) + r b'(d^*) - \rho d^*] \quad (7)$$

将式(5)代入式(7)可得  $\frac{\partial E_{n+1}^*[\pi_1(d, \varepsilon)]}{\partial d} = 0$ 。根据二阶条件可知  $d_n^* = d_{n+1}^*$ 。

此时非正规回收商预期总利润对非正规回收商数量求导有  $\frac{\partial E \pi_1}{\partial n} = \zeta \varepsilon D b(d) - r [1-b(d)] - \tau \varepsilon^2 -$

$S\varepsilon D - \frac{\rho}{2}d^2$ 。当非正规回收商的伪装行动力满足  $0 < d < \sqrt{\frac{2}{\rho} \{ \zeta \varepsilon D b(d) - r[1 - b(d)] - \tau \varepsilon^2 - S\varepsilon D \}}$  时,随着非正规回收商数量增加,非正规回收商的预期总利润增大;当非正规回收商的伪装行动力满足  $d > \sqrt{\frac{2}{\rho} \{ \zeta \varepsilon D b(d) - r[1 - b(d)] - \tau \varepsilon^2 - S\varepsilon D \}}$  时,随着非正规回收商数量增加,非正规回收商的预期总利润减小。

由式(5)可知  $\frac{\partial d^*}{\partial \rho} = -\frac{b'(d)}{\rho^2} \left\{ \frac{\zeta D^2}{2\tau} [\zeta b(d) - S] + r \right\} < 0$ ;  $\frac{\partial d^*}{\partial r} = \frac{b'(d)}{\rho} > 0$ ;  $\frac{\partial d^*}{\partial S} = -\frac{\zeta D^2 b'(d)}{2\tau \rho} < 0$ ;  $\frac{\partial d^*}{\partial \zeta} = \frac{D^2 b'(d)}{2\tau \rho} [2b(d)\zeta - S] > 0$ ;  $\frac{\partial d^*}{\partial b} = \frac{\zeta^2 D^2 b'(d)}{2\tau \rho} > 0$ ;  $\frac{\partial d^*}{\partial D} = \frac{\zeta D b'(d)}{\tau \rho} [\zeta b(d) - S] > 0$ ;  $\frac{\partial d^*}{\partial \tau} = -\frac{\zeta D^2 b'(d)}{2\tau^2 \rho} [\zeta b(d) - S] < 0$ 。

由式(6)可知  $\frac{\partial \varepsilon^*}{\partial D} = \frac{1}{2\tau} [\zeta b(d) - S] > 0$ ;  $\frac{\partial \varepsilon^*}{\partial S} = -\frac{D}{2\tau} < 0$ ;  $\frac{\partial \varepsilon^*}{\partial \zeta} = \frac{D}{2\tau} b(d) > 0$ ;  $\frac{\partial \varepsilon^*}{\partial b} = \frac{D}{2\tau} \zeta > 0$ ;  $\frac{\partial \varepsilon^*}{\partial \tau} = -\frac{D}{2\tau^2} [\zeta b(d) - S] < 0$ 。由此可得非正规回收商的最优伪装行动力与废弃食品回收率的影响因素及其效应见表1。

由表1可见,在单位回收收益不变的情况下,当非正规回收商通过出售废弃食品获得预期边际收益大于某一值时,非正规回收商预期总利润最大化的伪装行动力与废弃食品回收率的最优水平有如下结论:①非正规回收商的伪装行动力随着市场中废弃食品数量的增加而增强,随着伪装概率增大而增强,随着废弃食品出售价格提高而增强,随着非正规回收商被政府部门惩罚后绝对损失额的增加而增强;随着固定成本或者单位回收成本、伪装边际成本的增加而减弱;②非正规回收商的废弃食品回收率随着市场中废弃食品数量的增加而增大,随着伪装概率增大而增大,随着废弃食品出售价格提高而增大;随着固定成本或者单位回收成本的增加而减弱。

在该情况下当非正规回收商的伪装行动力相对较低时,非正规回收商越多,市场中非正规回收商的预期总利润越高;当非正规回收商的伪装行动力相对较强时,非正规回收商越多,反而会降低该市场中非正规回收商的预期总利润。

上述分析表明:非正规回收商伪装其回收行为的动力与非正规回收商数量对预期总利润增加具有相互替代作用;伪装行动力受到回收成本和伪装成本的显著负向影响,各类成本对伪装行动力产生显著的负效应;废弃食品回收率仅受到固定成本和回收成本的显著负向影响;而废弃食品数量与出售价格对非正规回收商的伪装与回收行为均具有正向激励作用。

## 2. 单位回收收益增加情况下非正规回收商的预期总利润最大化分析

当市场中非正规回收商数量较少,单位回收收益增加时,非正规回收商的预期总利润为模型(2),化简可得:

$$E[\pi_2(d)] = n\zeta \varepsilon D b(d) + n\lambda b(d) + n(n-1)\lambda [b(d)]^2 - nr[1 - b(d)] - n\tau \varepsilon^2 - nS\varepsilon D - n\frac{\rho}{2}d^2 \quad (8)$$

对  $E[\pi_2(d), \varepsilon]$  求  $d$  和  $\varepsilon$  的二阶导数,可得  $\frac{\partial^2 E[\pi_2(d), \varepsilon]}{\partial d^2} = (\zeta \varepsilon D + \lambda + r)nb''(d) + 2n(n-1)\lambda [b'(d) + b(d)b''(d)] - n\rho$ ;  $\frac{\partial^2 E[\pi_1(d), \varepsilon]}{\partial \varepsilon^2} = -2\tau n < 0$ 。相应的海塞矩阵为  $H = \begin{bmatrix} n(\zeta \varepsilon D + \lambda + r)b''(d) + 2n(n-1)\lambda [b'(d) + b(d)b''(d)] - n\rho & n\zeta D b'(d) \\ n\zeta D b'(d) & -2\tau n \end{bmatrix}$ 。因此,当  $\rho > (\zeta \varepsilon D + \lambda + r)b''(d) + 2(n-1)\lambda [b'(d) + b(d)b''(d)]$ , 并且  $\zeta D b'(d) < \sqrt{-2\tau [(\zeta \varepsilon D + \lambda + r)b''(d) + 2(n-1)\lambda [b'(d) + b(d)b''(d)] - \rho]}$  时,非正规回收商具有最优决策。

根据非正规回收商预期总利润最大化的一阶条件  $\frac{\partial E[\pi_2(d), \varepsilon]}{\partial d} = 0, \frac{\partial E[\pi_2(d), \varepsilon]}{\partial \varepsilon} = 0$ , 可得当非正规回

表1 单位回收收益不变情况下最优伪装行动力与废弃食品回收率的影响因素及其效应

| 影响因素            | $D$ | $\tau$ | $S$ | $b$ | $\zeta$ | $\rho$ | $r$ |
|-----------------|-----|--------|-----|-----|---------|--------|-----|
| $d^*$           | +   | -      | -   | +   | +       | -      | +   |
| $\varepsilon^*$ | +   | -      | -   | +   | +       | 无      | 无   |

注:“+”“-”和“无”分别表示正向影响、负向影响和无影响。

收商数量为  $n$  时, 伪装行动力  $d$  和废弃食品回收率  $\varepsilon$  的最优解为

$$d^{**} = \frac{b'(d)}{\rho} \left( \left\{ \zeta \frac{D^2}{2\tau} [\zeta b(d) - S] + \lambda + r \right\} + 2n(n-1)\lambda b(d) \right) \quad (9)$$

$$\varepsilon^{**} = \frac{D}{2\tau} [\zeta b(d) - S] \quad (10)$$

当非正规回收商数量为  $n+1$  时, 非正规回收商伪装行动力  $d_{n+1}^{**}$  的一阶条件满足

$$\frac{\partial E_{n+1}^{**}[\pi_2(d^{**}, \varepsilon)]}{\partial d} = (n+1) [\zeta \varepsilon D b'(d^{**}) + \lambda b'(d^{**}) + r b'(d^{**}) + n\lambda 2b(d^{**})b'(d^{**}) - \rho d^{**}] \quad (11)$$

将式(9)代入式(11)有  $\frac{\partial E_{n+1}^{**}[\pi_1(d^{**}, \varepsilon)]}{\partial d} = 2\lambda(n+1)b(d^{**})b'(d^{**}) > 0$ 。根据二阶最优条件, 可知  $d_n^{**} < d_{n+1}^{**}$ 。

非正规回收商的预期总利润对非正规回收商数量的一阶导数和二阶导数如下

$$\frac{\partial E\pi_2}{\partial n} = \zeta \varepsilon D b(d) + \lambda b(d) + \lambda(2n-1)[b(d)]^2 - r[1-b(d)] - \tau \varepsilon^2 - S\varepsilon D - \frac{\rho}{2} d^2 = 0 \quad (12)$$

$$\frac{\partial E\pi_2}{\partial n^2} = 2\lambda[b(d)]^2 > 0 \quad (13)$$

由式(12)和式(13)可得  $n^{**} = \frac{1}{2\lambda[b(d)]^2} \left\{ -(\zeta \varepsilon D + \lambda)b(d) + r[1-b(d)] + \tau \varepsilon^2 + S\varepsilon D + \frac{\rho}{2} d^2 \right\} + \frac{1}{2}$ ①, 此时

非正规回收商的预期总利润有最小值。并且非正规回收商的预期总利润会随着其数量的增加而增加。

由式(9)可知:  $\frac{\partial d^{**}}{\partial \rho} = -\frac{b'(d)}{\rho^2} \left( \left\{ \zeta \frac{D^2}{2\tau} [\zeta b(d) - S] + \lambda + r \right\} + 2n(n-1)\lambda b(d) \right) < 0$ ;  $\frac{\partial d^{**}}{\partial S} = -\frac{D^2}{2\tau\rho} \zeta b'(d) < 0$ ;

$\frac{\partial d^{**}}{\partial \lambda} = \frac{1}{\rho} b'(d) > 0$ ;  $\frac{\partial d^{**}}{\partial r} = \frac{1}{\rho} b'(d) > 0$ ;  $\frac{\partial d^{**}}{\partial n} = \frac{2\lambda}{\rho} b'(d)b(d)(2n-1) > 0$ ;  $\frac{\partial d^{**}}{\partial \zeta} = \frac{D^2 b'(d)}{2\tau\rho} [2\zeta b(d) - S] > 0$ ;

$\frac{\partial d^{**}}{\partial \tau} = -\frac{D^2 \zeta}{2\tau^2 \rho} b'(d) [\zeta b(d) - S] < 0$ ;  $\frac{\partial d^{**}}{\partial b} = \frac{b'(d)}{\rho} \left[ \frac{D^2}{2\tau} \zeta^2 + 2n(n-1)\lambda \right] > 0$ ;  $\frac{\partial d^{**}}{\partial D} = \frac{D\zeta}{\tau\rho} b'(d) [\zeta b(d) - S] > 0$ 。

由式(10)可知:  $\frac{\partial \varepsilon^{**}}{\partial D} = \frac{1}{2\tau} [\zeta b(d) - S] > 0$ ;  $\frac{\partial \varepsilon^{**}}{\partial S} = -\frac{D}{2\tau} < 0$ ;  $\frac{\partial \varepsilon^{**}}{\partial \zeta} = \frac{D}{2\tau} b(d) > 0$ ;  $\frac{\partial \varepsilon^{**}}{\partial b} = \frac{D}{2\tau} \zeta > 0$ ;  $\frac{\partial \varepsilon^{**}}{\partial \tau} = -\frac{D}{2\tau^2} [\zeta b(d) - S] < 0$ 。由此可得非正规回收商的最优伪装行动力与废弃食品回收率的影响因素及其效应见表2。

由表2可见, 在单位回收收益增加的情况下, 当非正规回收商通过出售废弃食品获得预期边际收益低于某一值, 并且非正规回收商伪装成本的边际成本高于某一值时, 非正规回收商预期总利润最大化的伪装行动力与废弃食品回收率的最优水平有如下结论: ①非正规回收商的伪装行动力随着市场中废弃食品数量的增加而增强, 随着伪装概率增大而增强, 随着废弃食品出售价格提高而增强, 随着其被政府部门惩罚后绝对损失额的增加而增强, 随着非正规回收商数量的增加而增强, 随着非正规回收商规模变化收益增加而增强; 随着固定成本或者单位回收成本、伪装边际成本的增加而减弱; ②非正规回收商的废弃食品回收率随着市场中废弃食品数量的增加而增大, 随着伪装概率增大而增大, 随着废弃食品出售价格提高而增大; 随着固定成本或者单位回收成本的增加而减弱。

当非正规回收的单位回收收益增加时, 非正规回收市场具有规模经济效应, 非正规回收商越多, 非正规回收商的预期总利润越高。

上述分析表明: 废弃食品非正规回收市场的规模经济效应会进一步刺激非正规回收市场规模的扩大。此外, 非正规回收商的伪装行动力还受到非正规回收市场规模及其规模经济效益的正向激励。非正规回收商的伪装行动力和废弃食品回收率的其他影响因素及其效应与单位回收收益不变情况相似。

表2 单位回收收益增加情况下最优伪装行动力与废弃食品回收率的影响因素及其效应

| 影响因素               | $D$ | $\tau$ | $S$ | $b$ | $\zeta$ | $\rho$ | $r$ | $n$ | $\lambda$ |
|--------------------|-----|--------|-----|-----|---------|--------|-----|-----|-----------|
| $d^{**}$           | +   | -      | -   | +   | +       | -      | +   | +   | +         |
| $\varepsilon^{**}$ | +   | -      | -   | +   | +       | 无      | 无   | 无   | 无         |

注: “+”“-”和“无”分别表示正向影响、负向影响和无影响。

① 不影响分析的一般性结论, 本文假设该结果为整数。

### 3. 单位回收收益减少情况下非正规回收商的预期总利润最大化分析

当市场中非正规回收商数量较多,单位回收收益减少时,非正规回收商的预期总利润为模型(3),化简可得:

$$E[\pi_3(d)] = n\zeta\epsilon Db(d) - n\lambda b(d) - n(n-1)\lambda[b(d)]^2 - nr[1-b(d)] - n\tau\epsilon^2 - nS\epsilon D - n\frac{\rho}{2}d^2 \quad (14)$$

对  $E[\pi_3(d, \epsilon)]$  求  $d$  和  $\epsilon$  的二阶导数,可得:

$$\frac{\partial^2 E[\pi_3(d, \epsilon)]}{\partial d^2} = n(\zeta\epsilon D - \lambda + r)b''(d) - 2n(n-1)\lambda[b'(d)^2 + b(d)b''(d)] - n\rho;$$

$$\frac{\partial^2 E[\pi_3(d, \epsilon)]}{\partial \epsilon^2} = -2n\tau < 0.$$

相应的海塞矩阵为

$$H = \begin{bmatrix} (\zeta\epsilon D - \lambda + r)b''(d) - 2(n-1)\lambda[b'(d)^2 + b(d)b''(d)] - \rho & \zeta Db'(d) \\ \zeta Db'(d) & -2\tau \end{bmatrix}.$$

由二阶最优条件可知:

$$\rho > (\zeta\epsilon D - \lambda + r)b''(d) - 2(n-1)\lambda[b'(d)^2 + b(d)b''(d)].$$

并且

$$\zeta Db'(d) < \sqrt{-2\tau \{(\zeta\epsilon D - \lambda + r)b''(d) - 2(n-1)\lambda[b'(d)^2 + b(d)b''(d)] + \rho\}}.$$

根据一阶条件  $\frac{\partial E[\pi_3(d, \epsilon)]}{\partial d} = 0, \frac{\partial E[\pi_3(d, \epsilon)]}{\partial \epsilon} = 0$ , 可得当非正规回收商数量为  $n$  时,非正规回收商的伪装行动力  $d$  和废弃食品回收率  $\epsilon$  的最优解为

$$d^{***} = \frac{b'(d)}{\rho} \left( \left\{ \zeta \frac{D^2}{2\tau} [\zeta b(d) - S] - \lambda + r \right\} - 2n(n-1)\lambda b(d) \right) \quad (15)$$

$$\epsilon^{***} = \frac{D}{2\tau} [\zeta b(d) - S] \quad (16)$$

当非正规回收商的数量为  $n+1$  时,非正规回收商的最优伪装行动力  $d_{n+1}^{**}$  满足一阶条件为

$$\frac{\partial E_{n+1}^{***}[\pi_2(d^{***}, \epsilon)]}{\partial d} = (n+1)[\zeta\epsilon Db'(d^{***}) - \lambda b'(d^{***}) + rb'(d^{***}) - 2n\lambda b(d^{***})b'(d^{***}) - \rho d^{***}] \quad (17)$$

将式(15)代入式(17)可得  $\frac{\partial E_{n+1}^{***}[\pi_2(d^{***}, \epsilon)]}{\partial d} = -2\lambda(n+1)b(d^{***})b'(d^{***}) < 0$ , 根据二阶最优条件可知

$$d_n^{**} > d_{n+1}^{**}.$$

非正规回收商的预期总利润对非正规回收商数量的一阶导数和二阶导数如下:

$$\frac{\partial E\pi_3}{\partial n} = \zeta\epsilon Db(d) - \lambda b(d) - \lambda(2n-1)(b(d))^2 + rb(d) - \tau\epsilon^2 - S\epsilon D - \frac{\rho}{2}d^2 = 0 \quad (18)$$

$$\frac{\partial E\pi_3}{\partial n^2} = -2\lambda[b(d)]^2 < 0 \quad (19)$$

由此可得  $n^{***} = \frac{1}{2\lambda[b(d)]^2} \left[ (\zeta\epsilon D - \lambda + r)b(d) - \tau\epsilon^2 - S\epsilon D - \frac{\rho}{2}d^2 \right] + \frac{1}{2}$ 。此时,非正规回收商的预期总利润有最大值。并且非正规回收商的预期总利润会随着非正规回收商数量的增加而减少。

由式(15)可知:  $\frac{\partial d^{***}}{\partial \rho} = -\frac{1}{\rho^2} \left( \left\{ \zeta \frac{D^2}{2\tau} b'(d) [\zeta b(d) - S] - \lambda + r \right\} - 2n(n-1)\lambda b(d) \right) < 0$ ;  $\frac{\partial d^{***}}{\partial S} = -\frac{D^2}{2\tau\rho} \zeta b'(d) < 0$ ;  $\frac{\partial d^{***}}{\partial \lambda} = -\frac{1}{\rho} b'(d) < 0$ ;  $\frac{\partial d^{***}}{\partial r} = \frac{1}{\rho} b'(d) > 0$ ;  $\frac{\partial d^{***}}{\partial n} = -\frac{2\lambda}{\rho} b'(d)b(d)(2n-1) < 0$ ;  $\frac{\partial d^{***}}{\partial \zeta} = \frac{D^2}{2\tau\rho} b'(d) [2\zeta b(d) - S] > 0$ ;  $\frac{\partial d^{***}}{\partial \tau} = -\frac{D^2\zeta}{2\tau^2\rho} b'(d) [\zeta b(d) - S] < 0$ ;  $\frac{\partial d^{***}}{\partial b} = \frac{b'(d)}{\rho} \left( \frac{D^2}{2\tau} \zeta^2 - 2n(n-1)\lambda \right) > 0$ ;  $\frac{\partial d^{***}}{\partial D} = \frac{D\zeta}{\tau\rho} b'(d) [\zeta b(d) - S] > 0$ 。由式(16)可知:  $\frac{\partial \epsilon^{***}}{\partial D} = \frac{1}{2\tau} [\zeta b(d) - S] > 0$ ;  $\frac{\partial \epsilon^{***}}{\partial S} = -\frac{D}{2\tau} < 0$ ;  $\frac{\partial \epsilon^{***}}{\partial \zeta} = \frac{D}{2\tau} b(d) > 0$ ;

$$\frac{\partial \varepsilon^{***}}{\partial b} = \frac{D}{2\tau} \zeta > 0; \frac{\partial \varepsilon^{***}}{\partial \tau} = -\frac{D}{2\tau^2} [\zeta b(d) - S] < 0。$$

由此可得非正规回收商的最优伪装行动力与废弃食品回收率的影响因素及其效应如表3所示。

由表3可见,在单位回收收益减少的情况下,当非正规回收商通过出售废弃食品获得预期边际收益低于某一值,并且非正规回收商伪装成本的边际成本高于某一值时,非正规回收商预期总利润最大化的伪装行动力与废弃食品回收率的最优水平有如下结论:①非正规回收商的伪装行动力随着市场中废弃食品数量的增加而增强,随着伪装概率增大而增强,随着废弃食品出售价格提高而增强,随着其被政府部门惩罚后绝对损失额的增加而增强;随着固定成本或者单位回收成本、伪装边际成本的增加而减弱,随着非正规回收商数量的增加而减弱,随着非正规回收商规模变化收益增加而减弱;②非正规回收商的废弃食品回收率随着市场中废弃食品数量的增加而增大,随着伪装概率增大而增大,随着废弃食品出售价格提高而增大;随着固定成本或者单位回收成本的增加而减弱。

当非正规回收的单位回收收益减少时,非正规回收市场具有规模不经济效应,非正规回收商越多,非正规回收商的预期总利润越低。

上述分析表明:废弃食品非正规回收市场的规模不经济效应会进一步削减非正规回收市场的整体利益。此外,非正规回收商的伪装行动力还受到非正规回收市场规模及其规模不经济效益的负向抑制作用。非正规回收商的伪装行动力和废弃食品回收率的其他影响因素及其效应与单位回收收益不变情况相似。

## 二、废弃食品非正规回收典型案例的数值分析——以“僵尸肉”事件为例

### (一)“僵尸肉”事件的背景分析

“僵尸肉”是指冷冻多年后再次销往市场的冻肉品。“僵尸肉”大多为境外走私,非法进入国境<sup>②</sup>。“僵尸肉”的质量安全无法得到保证。过期肉制品即使长期在冷冻状态下,也会有细菌和霉菌繁殖,食用后会对人体产生致癌作用。并且腐败肉类会分解出甲胺、尸胺等毒性物质,可能引起急性中毒,严重甚至导致心力衰竭和死亡<sup>③</sup>。2016年10月云南省金平县公安机关查获走私无主冻品400余吨,并依法在金平县垃圾处理厂进行无害化深埋销毁处理。然而有大部分当地村民受非法回收商利益驱使,在深埋销毁现场挖掘冻肉。2018年3月和4月云南省金平县公安机关先后查获多批走私冻肉制品。这些“僵尸肉”在被填埋后,被当地村民盗挖提供给回收商,而后这些“僵尸肉”或被简单加工或被制成肉制品在市场中售卖。近年来此类“僵尸肉”被私自挖掘回收与制售等事件屡见不鲜,已经形成一条依法处置、私自挖掘回收与制售、回流到市场的“黑色产业链”。由此可见,废弃食品回收处理问题亟待解决。尽管监管部门对非法入境等其他渠道的“僵尸肉”进行了严厉查处,直接有效地管控了“僵尸肉”在市场上“第一层面”的违法违规贩卖,然而针对查处后的掩埋等无害化处理后的监管存在较大漏洞,给违规回收商以可乘之机。回收商在相关法律法规缺失、相应的监管体系不完善的情况下,通过利益诱导村民盗挖“僵尸肉”,进而通过“二次”回收使“僵尸肉”再次回流到市场中被销售获利。在“第二层面”,“僵尸肉”通常被回收商等简单再加工为肉制品,这些“伪装行为”使监管查处的难度极大增加,这更加剧了回收商的违规行为,从而形成恶性循环。

### (二)“僵尸肉”事件的数值分析

根据案例资料,令回收商对应市场上僵尸肉数量为 $D = 1.25$ 吨。由于非正规回收商多为小加工作坊,为便于计算假设市场中非正规回收商数量为 $n = 200$ 个。“僵尸肉”回收商的单位回收成本为 $S = 10$ 元/斤,平均回收率为 $\varepsilon = 0.8$ 。非正规回收商将“僵尸肉”简单加工为肉制品在市场上进行销售的价格平均为 $\zeta = 30$ 元/斤。规模变化收益 $\lambda = 1$ ,伪装成本的边际成本系数为 $\rho = 1500$ ,监管部门对非正规回收商的处罚为 $r = 50000$ 元,非正规回收商的伪装概率为 $b = 0.7$ ,固定成本系数为 $\tau = 10000$ 。

表3 单位回收收益减少情况下最优伪装行动力与废弃食品回收率的影响因素及其效应

| 影响因素                | $D$ | $\tau$ | $S$ | $b$ | $\zeta$ | $\rho$ | $r$ | $n$ | $\lambda$ |
|---------------------|-----|--------|-----|-----|---------|--------|-----|-----|-----------|
| $d^{***}$           | +   | -      | -   | +   | +       | -      | +   | -   | -         |
| $\varepsilon^{***}$ | +   | -      | -   | +   | +       | 无      | 无   | 无   | 无         |

注:“+”“-”和“无”分别表示正向影响、负向影响和无影响。

② 资料来源:中国新闻网 <http://www.chinanews.com/sh/2015/07-31/7439583.shtml>。

③ 资料来源:搜狐网 [http://www.sohu.com/a/196728859\\_178960](http://www.sohu.com/a/196728859_178960)。

(1)在单位回收收益不变情况下,非正规回收商的预期总利润满足:

$$E[\pi_1(d, \varepsilon)] = 200 \times 60 \times 0.8 \times 1.25 \times 10^3 \times 0.7 - 200 \times 5 \times 10^4 \times 0.3 - 200 \times 10^4 \times 0.8^2 - 200 \times 20 \times 0.8 \times 1.25 \times 10^3 - 100 \times 1.5 \times 10^3 \times d^{*2} \geq 0。$$

当非正规回收商预期总利润非负时,伪装行动力需满足  $0 < d^* \leq \frac{\sqrt{80}}{10} \approx 0.8944$ 。

(2)在单位回收收益增加情况下,非正规回收商的预期总利润满足:

$$E[\pi_2(d, \varepsilon)] = 200 \times 60 \times 0.8 \times 1.25 \times 10^3 \times 0.7 + 200 \times 0.7 \times 1 + 200 \times 199 \times 1 \times 0.7^2 - 200 \times 5 \times 10^4 \times 0.3 - 200 \times 10^4 \times 0.8^2 - 200 \times 20 \times 0.8 \times 1.25 \times 10^3 - 100 \times 1.5 \times 10^3 \times d^{**2} \geq 0。$$

当非正规回收商预期总利润非负时,伪装行动力需满足  $0 < d^{**} \leq \frac{\sqrt{93}}{10} \approx 0.9644$ 。

(3)在单位回收收益减少情况下,非正规回收商的预期总利润满足:

$$E[\pi_3(d, \varepsilon)] = 200 \times 60 \times 0.8 \times 1.25 \times 10^3 \times 0.7 - 200 \times 0.7 \times 1 - 200 \times 199 \times 1 \times 0.7^2 - 200 \times 5 \times 10^4 \times 0.3 - 200 \times 10^4 \times 0.8^2 - 200 \times 20 \times 0.8 \times 1.25 \times 10^3 - 100 \times 1.5 \times 10^3 \times d^{***2} \geq 0。$$

当非正规回收商预期总利润非负时,伪装行动力需满足  $0 < d^{***} \leq \frac{\sqrt{67}}{10} \approx 0.8185$ 。

利用 MATLAB 软件对上述参数取值进行模拟仿真,可得非正规回收商预期总利润随非正规回收商伪装行动力(与监管完善度变化趋势相一致)变化如图 1 所示。

根据上述结果可知:首先,在单位回收收益增加、不变与减少的情况下,非正规回收商的伪装行动力取值范围依次缩小。这也在一定程度上反映了非正规回收市场规模对回收收益影响效应大小,与它对非正规回收商伪装行动力的激励作用强弱相一致。其次,无论单位回收收益增加、不变或者减少,非正规回收商的预期总利润都随着非正规回收商的伪装行动力的增强而减少,并且预期总利润减少幅度随着伪装行动力的增强而增大。这表明非正规回收商进行伪装的成本效应突显,直接

导致非正规回收市场上非正规回收商预期总利润随伪装成本投入的加大而减少。并且非正规回收商的伪装成本符合边际成本递增规律,对预期总利润影响效应随伪装行动力增强而逐渐增大。

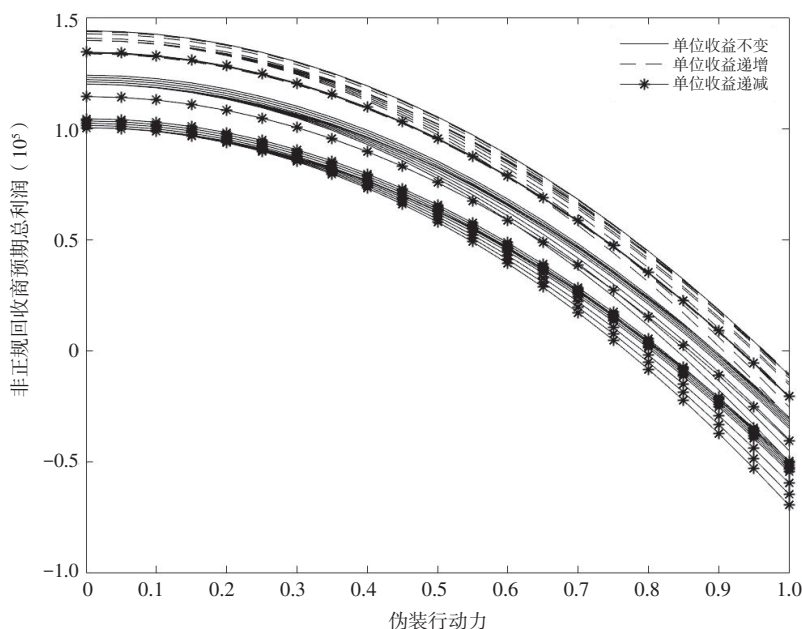


图 1 非正规回收商预期总利润随伪装行动力变化

### 三、主要结论及启示

本文针对废弃食品非正规回收市场中回收商大量充斥,近似完全竞争市场的现状,并且非正规回收商数量规模导致单位回收收益随规模变化的不同,分别建立了在单位回收收益不变、增加与减少 3 种情况下非正规回收商预期总利润的优化模型,分析了非正规回收商的伪装行动力与回收率的决策及其影响因素,以及非正规回收商数量对其利润和伪装行动力的影响。同时结合废弃食品非正规回收典型案例“僵尸肉”事件对结论进行了数值分析,得到以下主要结论及启示。

#### (一)主要结论

首先,对于伪装行动力和回收率的影响因素及其效应有如下结论:无论单位回收收益不变、增加还是减少,非正规回收商的伪装行动力与废弃食品回收率都分别受到废弃食品数量、伪装概率和废弃食品出售价格

的正向影响,受到固定成本系数和单位回收成本的负向影响;此外,伪装行动力还受到伪装边际成本的负向影响,非正规回收商被惩罚后绝对损失额的正向影响。在单位回收收益增加的情况下,非正规回收商的伪装行动力会受到回收商数量和规模变化收益的正向影响。在单位回收收益减少的情况下,非正规回收商的伪装行动力会受到回收商数量和规模变化收益的负向影响,这与单位回收收益增加的情况相悖。

其次,对于非正规回收商预期总利润有如下结论。在单位回收收益不变的情况下,如果非正规回收商的伪装行动力较弱,非正规回收商预期总利润随着回收商数量增加而增加,如果非正规回收商的伪装行动力较强,非正规回收商预期总利润随着回收商数量增加而减少;在单位回收收益增加的情况下,非正规回收商的预期总利润随着回收商数量增加而增加,并且对应一定的回收商数量,非正规回收商预期总利润具有最小值;在单位回收收益减少的情况下,非正规回收商的预期总利润随着回收商数量增加而减少,并且对应一定的回收商数量,非正规回收商预期总利润具有最大值。

## (二)政策启示

非正规回收商伪装行动力是依据政府部门监管完善度变化而变化的,因此伪装行动力变化趋势与监管完善度变化趋势相一致。依据本文主要结论提出以下政策启示。

首先,依据垃圾分类处理,并结合废弃食品特点,针对不同类别废弃食品实施分类有效回收与良性再利用。例如,通过社区等便民渠道设立可再利用的废弃食品定点回收站,对废弃食品进行分类规范回收,将可直接食用废弃食品提供给福利院,将符合可作为饲料化肥原材料的废弃食品进行规范化处理提供给下游产品生产商等。

其次,针对废弃食品回收处理的监管,一方面应重视与落实相应的制度设计,制定废弃食品回收处置的规章制度,明确奖惩措施,加大处罚力度,健全废弃食品回收处理的监管体系;另一方面应参考质量安全追溯体系等硬件设施建设,利用数字技术试点建立废弃食品回收处理的全程追溯,加大废弃食品回收处理监管的科技投入。通过上述废弃食品回收处理监管的“软件”与“硬件”的有力结合,实现对废弃食品违规回收处理的“堵”与“疏”的有效监管。

最后,在实施废弃食品回收处理监管时,要明确非正规回收市场单位回收收益随非正规回收商数量增大而不变、增加或减少,即规模无影响、“规模经济”“规模不经济”,增加非正规回收商的“伪装”与回收成本。并且针对上述单位回收收益变化的不同情况,在规模经济时从监管倒逼非正规回收商退出回收市场;在规模不经济时通过利益诱导非正规回收商的内部竞争,即使非正规回收商数量增多也会削弱其违规行为的动力。

## 参考文献

- [1] GRIFFIN M, SOBAL J, LYSON T A. An analysis of a community food waste stream[J]. *Agriculture and Human Values*, 2009, 26(1-2): 67-81.
- [2] 钟永光, 钱颖, 尹凤福, 等. 激励居民参与环保化回收废弃家电及电子产品的系统动力学模型[J]. *系统工程理论与实践*, 2010, 30(4): 709-722.
- [3] COMBER R, THIEME A. Designing beyond habitzzz: Opening space for improved recycling and food waste behaviors through processes of persuasion, social influence and aversive affect[M]. Berlin: Springer-Verlag, 2013: 1-3.
- [4] GOOT A J V D, PELGROM P J M, BERGHOUT J A M, et al. Concepts for further sustainable production of foods[J]. *Journal of Food Engineering*, 2016, 168: 42-51.
- [5] 李朝伟, 陈青川. 澳大利亚的食品回收管理[J]. *中国检验检疫*, 2000, 16(9): 42-43.
- [6] 沈一平. 食品生产环节召回及过期食品处置的调查报告及政策建议[J]. *中国食品药品监管*, 2015, 13(11): 57-59.
- [7] 莫鸣, 李亚婷. 超市食品消费者赔偿投诉及其制度改进——基于 208 个超市食品安全事件的分析[J]. *湖南农业大学学报(社会科学版)*, 2016, 17(3): 84-89.
- [8] 费威. 食品供应链回收处理环节安全问题博弈分析——以“弃猪”事件为例[J]. *农业经济问题*, 2015, 36(4): 94-101.
- [9] 费威. 制造商与零售商废弃食品回收处理努力分析——成本削减比例信息对称和非对称的不同情况[J]. *技术经济*, 2019, 38(2): 121-130.
- [10] 吴军, 毕研林, 李健, 等. 不对称信息下基于委托代理模型的地沟油监管政策研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2016, 36(10): 2610-2617.
- [11] 王茜, 陈明艺. 政府监管效率对餐饮废油治理影响的博弈分析[J]. *物流工程与管理*, 2016, 38(11): 127-130.
- [12] SHEARER L, GATERSLEBEN B, MORSE S, et al. A problem unstuck? Evaluating the effectiveness of sticker prompts for encouraging household food waste recycling behaviour[J]. *Waste Management*, 2016, 60: 164-172.
- [13] TRAN V C M, LE H S, MASUI Y. Current status and behavior modeling on household solid-waste separation: A case study in Da Nang City, Vietnam[J]. *Journal of Material Cycles Waste Management*, 2019, 21(6): 1462-1476.

- [14] HOTTA Y, VISVANATHAN C, KOJIMA M. Recycling rate and target setting: Challenges for standardized measurement [J]. *Journal of Material Cycles Waste Management*, 2016, 18(1): 14-21.
- [15] STANCU V, HAUGAARD P, LAHTENMAKI L. Determinants of consumer food waste behavior: Two routes to food waste [J]. *Appetite*, 2016, 96(1): 7-17.
- [16] PHAM PHU S T, HOANG M G, FUJIWARA T. Analyzing solid waste management practices for the hotel industry [J]. *Journal of Material Cycles Waste Management*, 2018, 4(1): 19-30.
- [17] 程亚莉, 毕桂灿, 沃德芳, 等. 国内外餐厨垃圾现状及其处理措施[J]. *新能源进展*, 2017, 5(4): 266-271.
- [18] 张红, 孙艳艳, 苗润莲. 日本有机生产及其允许使用物质管理研究[J]. *中国标准化*, 2017, 60(1): 56-62, 66.
- [19] 周章金, 符小玲, 李敏. 基于碳排放的废弃产品回收站点分布研究[J]. *中国管理科学*, 2018, 35(4): 41-48.
- [20] 彭长华. 大数据时代我国食品安全的伦理考量[J]. *青海社会科学*, 2019, 40(6): 99-104.
- [21] 徐国冲, 霍龙霞. 食品安全合作监管的生成逻辑——基于 2000—2017 年政策文本的实证分析[J]. *公共管理学报*, 2019, 17(12): 1-28.
- [22] 费威. 废弃食品回收处理的政府惩罚规制分析[J]. *经济与管理评论*, 2019, 35(1): 24-33.
- [23] 张科迪. 逆向物流回收模式的利润最大化模型比较分析[J]. *中国高新技术企业*, 2007, 14(4): 16-17.

## Decision Analysis of Informal Recyclers of Waste Food

Fei Wei, Tang Hao

(School of Economics, Dongbei University of Finance & Economics, Dalian 116025, Liaoning, China)

**Abstract:** Aiming at the difference of the unit return revenue because of the size change from the number of informal recyclers in the informal recycling market of waste food, the optimization models of the expected total profit of informal recyclers under the three conditions of constant return, constant increase and decrease are built, the disguise action force and the recovery rate of informal recyclers' decisions and the effect of the informal recyclers number are analyzed. The numerical analysis was carried out with "zombie meat" as a typical case. The results show that the camouflage action force and the waste food recovery rate of the informal recyclers are positively affected by the quantity of waste food, the probability of camouflage and the sale price of waste food respectively, and are negatively affected by the fixed cost coefficient and the unit recovery cost; when the unit recycling revenue increases(decreases), the camouflage marginal cost and the absolute loss after being punished have the positive effect(the negative effect) on the camouflage action force. Based on this, the policy inspirations are proposed.

**Keywords:** waste food; informal recycler; decision analysis

(上接第 146 页)

## Spatial Structure and Spillover Effect of China's Provincial Tourism Economic Efficiency under Environmental Constraints

Zeng Bing

(Jiangxi Institute of Economic Development, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** Taking environmental factors into the calculation framework of tourism economic efficiency, based on the 2005—2016 year provincial panel data, the spatial pattern and spillover effect of China's provincial tourism economic efficiency are studied by using the spatial econometric analysis method. The results show that there is a certain trend of spatial agglomeration in the provincial tourism economy in China, showing "hot in the southeast and cold in the northwest" characteristics, and having not yet achieved the balanced development of network structure. There is a significant spatial spillover effect between China's inter provincial tourism economic efficiency. For the development of tourism economic efficiency under environmental constraints, the per capita GDP, technological innovation, marketization and environmental regulation have significant positive effects, the density of road network is not significant, and FDI has a significant negative effect. The spillover effect of influencing factors shows that marketization, economic growth and technological innovation have significant positive indirect spillover effects. However, formal environmental regulation has brought a significant negative indirect spillover effect. The indirect spillover effect of FDI and road network density did not pass significant test.

**Keywords:** environmental constraints; tourism economic efficiency; spatial pattern; spillover effect; influencing factors