

食品安全实时与抽查混合的监督机制仿真研究

刘富池, 王力虎, 韦洁萍 (广西师范大学物理科学与技术学院, 广西桂林 541004)

摘要 介绍了实时与抽查混合的监督机制模型并对食品安全生产进行仿真。

关键词 演化博弈; 实时监督; 抽查监督; 复制动态; 仿真

中图分类号 F304.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)30-14854-03

Study on Simulation of Real-time and Stochastic Supervisory Mechanism of Foodstuff Safety

LIU Fu-chi et al (College of Physics and Technology, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi 541004)

Abstract Real-time and stochastic supervisory mechanism model was introduced, and foodstuff safety production was simulated.

Key words Evolutive game; Real-time surveillance; Stochastic surveillance; Replicate dynamics; Simulation

食品安全问题关系到人们的生命健康。但近年来, 食品安全问题层出不穷, 如毒大米、地沟油、苏丹红等, 特别是2008年的“三鹿奶案”更是引起各界对食品安全及相关安全监督问题的高度关注与担忧。

企业信用缺失^[1]、食品生产与流通链条中存在的信息不对称和食品加工过程中的质量控制不够完善^[2], 以及相关利益主体的利益动机、利益诱因、利益实现^[3]等方面都可能引起食品安全问题。一般情况下市场能较好地通过调节企业的行为来降低食品安全问题产生的诱因, 但市场本身的力量不足以解决严峻的食品安全问题, 市场在解决公共物品、外部性以及信息不对称方面问题时将失效^[4]。因此, 有必要通过政府部门对企业经济行为进行外部监督来修正市场机制的缺失。李军鹏等运用数值分析的方法从政府对企业的惩罚系数及监督成本、企业生产不安全食品所获得的收益、声誉效应等影响食品安全问题的关键因素出发研究了加强食品安全的监督措施^[5]。笔者在前人研究的基础上引入实时与抽查混合的监督机制并运用计算机仿真的方法研究2个对称的食品生产企业群体生产活动博弈情况, 研究惩罚力度、抽查比例等因素对食品安全监督效果的影响, 探索政府对食品安全问题监管的长效机制。

1 实时与抽查混合的监督机制模型

实时与抽查混合的监督机制是指实时监督和抽查监督相结合的监督方式, 即假如对企业群体行为计划总共实施 N 次监督, 其中进行 N_1 次实时监督后再进行 N_2 次随机抽查, 然后再循环进行直至完成计划监督任务。

主体假设: 博弈主体为两对称的食品生产企业群体, 企业个体为有限理性^[6], 群体之间的成员以随机配对的方式进行博弈; 个体仅存在合法生产和违法生产两种策略, 两者的比例随着博弈的进行, 参与者根据对方的策略、收益与自身情况进行比较进行模仿学习而改变, 这种模仿行为被认为来自于基因进化或社会学习^[7-9]; 在实时监督机制下, 个体根据收益情况在各自的群体中进行策略学习和适应, 收益 u 比自身群体平均收益 \bar{u} 小的个体以一定的概率 ρ 随机向群体

中收益比群体平均收益大的个体进行学习; 而在实行随机抽查时, 则对违法生产者实施严厉惩罚, 此时个体对进行策略更新的学习对象进行变更, 收益比平均收益小的个体总是以收益最小的个体策略作为参照, 如果该个体是由于违法生产而受到严厉惩罚从而得到最小收益, 则学习者将选择合法生产策略, 反之则选择违法生产策略; 收益比平均收益大的个体满足当前策略, 不进行策略调整; 设企业甲、乙群体中采取合法生产策略个体比例分别为 x 和 y , 则采取违法生产策略的比例分别为 $1-x$ 和 $1-y$ 。

惩罚假设: 政府或第三方机构作为监督单位, 根据计划对企业群体生产情况进行实时监督和随机抽查监督。在实时监督下, 博弈双方都合法生产的收益为 R ; 单方违法生产的收益为 T , 受到的惩罚为 αT , 其中 $\alpha (0 < \alpha < 1)$ 为惩罚系数, 解释为惩罚与违法生产所得相关; 单方合法生产得到的收益为 S , 得到的补偿为 αT , 解释为违法生产方给合法生产方造成损失的补偿; 双方都违法生产时的收益为 P 。在随机抽查的监督机制下, 对抽查被发现的违法生产者实施严厉惩罚, 即对方合法生产自己违法生产时受到严厉惩罚为 $e\alpha T$, $e (e > 1)$ 为严厉惩罚的倍数; 双方都违法生产时将均受到同等严厉的惩罚, 受惩罚后的收益为 $P - e\alpha T$, $T > R > P > S$ 。收益矩阵分别如表1和表2所示。

表1 基于实时监督机制的博弈收益矩阵

甲的策略选择 Strategy selection of formazan	乙的策略选择 Strategy selection of ethanon	
	合法生产 Legal production	违法生产 Illegal production
合法生产 Legal production	R, R	$S + \alpha T, (1 - \alpha) T$
违法生产 Illegal production	$(1 - \alpha) T, S + \alpha T$	P, P

表2 基于抽查监督机制的博弈收益矩阵

甲的策略选择 Strategy selection of formazan	乙的策略选择 Strategy selection of ethanon	
	合法生产 Legal production	违法生产 Illegal production
合法生产 Legal production	R, R	$S + \alpha T, T - e\alpha T$
违法生产 Illegal production	$T - e\alpha T, S + \alpha T$	$P - e\alpha T, P - e\alpha T$

根据表1中的博弈收益矩阵, 可得企业甲、乙群体模仿者复制动态方程^[10]分别为:

基金项目 广西研究生教育创新计划项目(2007106020711M67); 广西自然科学基金项目(0640068)。

作者简介 刘富池(1978-), 男, 广西北流人, 硕士, 工程师, 从事经济管理系统分析研究。

收稿日期 2009-06-26

$$\frac{dx}{dt} = x(u_{c1} - \bar{u}_1) = x(1-x)[(S-P+\alpha T) - y(T-R + S-P)] \quad (1)$$

$$\frac{dy}{dt} = y(u_{c2} - \bar{u}_2) = y(1-y)[(S-P+\alpha T) - x(T-R + S-P)] \quad (2)$$

根据表 2 中的收益矩阵,可得企业甲、乙群体模仿者复制动态方程分别为:

$$\frac{dx}{dt} = x(u_{c1} - \bar{u}_1) = x(1-x)[(S-P+\alpha T + e\alpha T) - y(T + \alpha T - R + S - P)] \quad (3)$$

$$\frac{dy}{dt} = y(u_{c2} - \bar{u}_2) = y(1-y)[(S-P+\alpha T + e\alpha T) - x(T + \alpha T - R + S - P)] \quad (4)$$

其中 u_{c1} 和 u_{c2} 分别表示甲、乙 2 个群体中采取合法生产策略的个体收益, \bar{u}_1 和 \bar{u}_2 则分别表示 2 个群体的平均收益。

2 仿真过程

研究中企业群体演化博弈仿真流程图如图 1 所示。仿真参数如下:企业规模均为 $N=50$,演化代数 $g=30$,总演化次数 $m=20$,初始合法生产比例 $x_0=0.5, y_0=0.5$,收益矩阵参数为 $R=1, S=0, T=1.5, P=0$,惩罚系数 $0 < \alpha < 1$,抽查比例 $0 < f < 1$,严厉惩罚倍数 $e > 1$ 。

3 仿真结果

由于群体具有对称性,研究仅以甲群体的演化情况进行

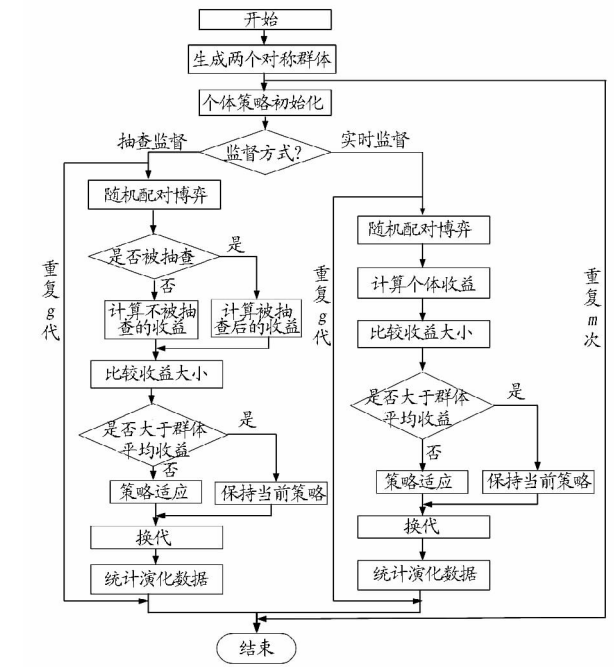
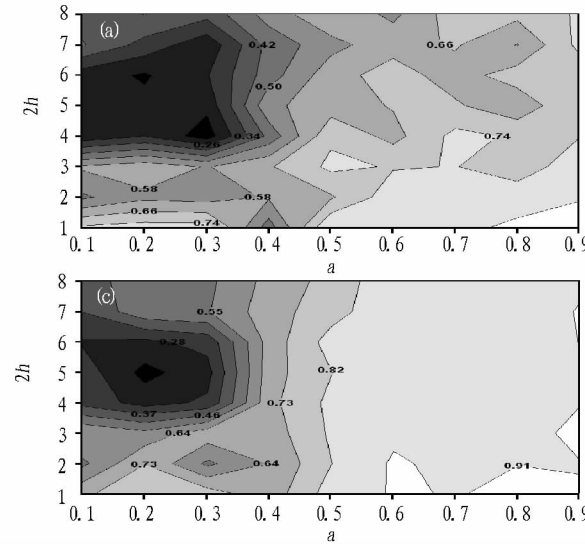
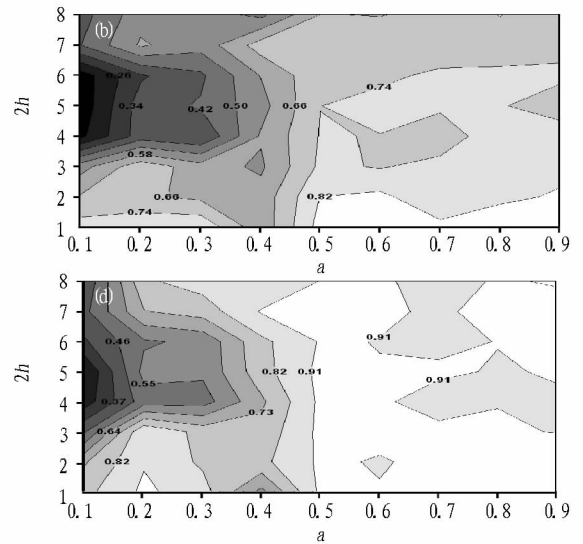


图 1 企业群体演化博弈仿真流程图示意

Fig.1 Simulation flow chart of enterprises evolution

分析,仿真结果使用等高线示意图和平面图方式显示。

3.1 严厉惩罚倍数和抽查比例对结果的影响 仿真结果如图 2 等高线示意所示,图中横坐标均表示惩罚系数大小,纵坐标表示监督的方式,如“2/n”表示实时监督 2 次后抽查 n 次,然后循环,其中 $n \in [1, 8]$;图中颜色深浅表示合法生产



注:(a)实时监督 2 次,抽查 1~8 次, $e=2, f=0.1$; (b)实时监督 2 次,抽查 1~8 次, $e=5, f=0.1$; (c)实时监督 2 次,抽查 1~8 次, $e=2, f=0.5$; (d)实时监督 2 次,抽查 1~8 次, $e=5, f=0.5$ 。

Note: (a) Real-time surveillance for 2 times, stochastic surveillance for 1-8 times, $e=2, f=0.1$; (b) Real-time surveillance for 2 times, stochastic surveillance for 1-8 times, $e=5, f=0.1$; (c) Real-time surveillance for 2 times, stochastic surveillance for 1-8 times, $e=2, f=0.5$; (d) Real-time surveillance for 2 times, stochastic surveillance for 1-8 times, $e=5, f=0.5$. The same as follows.

图 2 企业合法生产比例等高线示意

Fig.2 Contour map of enterprises legal production proportion

比例的渐变过程,颜色由深至浅表示合法生产比例由低到高变化,线上数字表示该曲线所代表合法生产比例的大小;图下方的 e 值表示实行抽查监督时对违法生产者实施严厉惩罚的倍数,而 f 则表示在抽查过程中抽样的比例。

由图 2 可知:① 提高惩罚力度能较好地提高企业合法生

产的比例。图 2(d)与图 2(c)比较,在同一抽查比例的作用下,两图中“黑色”区域的面积明显不一样,前者比后者明显减小,且“黑色”区域更向左方(基本惩罚系数小)移动,而“黑色”区域代表图中合法生产比例是最小的情况。在同一监督方式下(纵坐标数值相同时),两图中同一基本惩罚系数

所对应的合法生产比例也有较大的差别,前者一般比后者大。仿真结果说明对违法生产行为实施更为严厉的惩罚将能更好地抑制个体违法生产行为,严厉惩罚的倍数越大,惩罚所起的震慑效果将越明显。② 企业合法生产比例随抽查比例的提高而增大。图 2(d)与图 2(b)比较,能较为明显地看出同一监督方式和惩罚力度下,前者的合法生产情况明显比后者好。

3.2 演化过程的仿真分析 不同抽查比例和加重惩罚倍数下的演化过程结果如图 3 所示,图中横坐标表示演化迭代次数,纵坐标表示合法生产比例大小,图中曲线表示不同监督方式下的合法生产演化中合法生产比例的变化过程。演化过程有如下较为明显的特点。

3.2.1 “凹口”现象不太明显并随监督力度增大基本消失。在演化过程中,当监督力度较小时有部分“凹口”^[11]现象,见图 3(a),但不是很明显,随监督力度增大基本消失,见图 3(b)~(d)。这种有一定规律的变化说明了演化具有一定的“群体效应”,面对较小抽查比例和惩罚力度的监督时,个体

普遍有试图逃避惩罚的侥幸心理,表现出来的现象是开始时并不完全接受既定的合法生产形势和监督方式的安排,经过一定时间演化和调整后才逐步接受;而增大抽查比例和惩罚力度后,违法生产行为受到惩罚的可能性大大增加,个体逃避惩罚的倾向大大降低,系统一开始就比较容易接受给定的安排。

3.2.2 演化过程中合法生产比例“起伏变化”,但总体上升的趋势比较明显。在仿真过程中,绝大多数的演化过程均存在明显的“起伏变化”,但总体呈上升的趋势,即群体合法生产比例从给定的初始值,总是经过上升的趋势,然后起伏变化,并逐步上升。这种有规律的“起伏变化”但总体上升现象可以理解为随机抽查的效应,即随机的抽查给了个别个体逃避惩罚的机会,但也正是因为实行随机抽查,被抽查对象具有不确定性,违法生产个体都有被抽查到而受到严厉惩罚的担心,随着长时间的演化和调整,个体逃避监督的倾向将逐步削弱,从而出现总体逐步上升而趋向合法生产的情况。

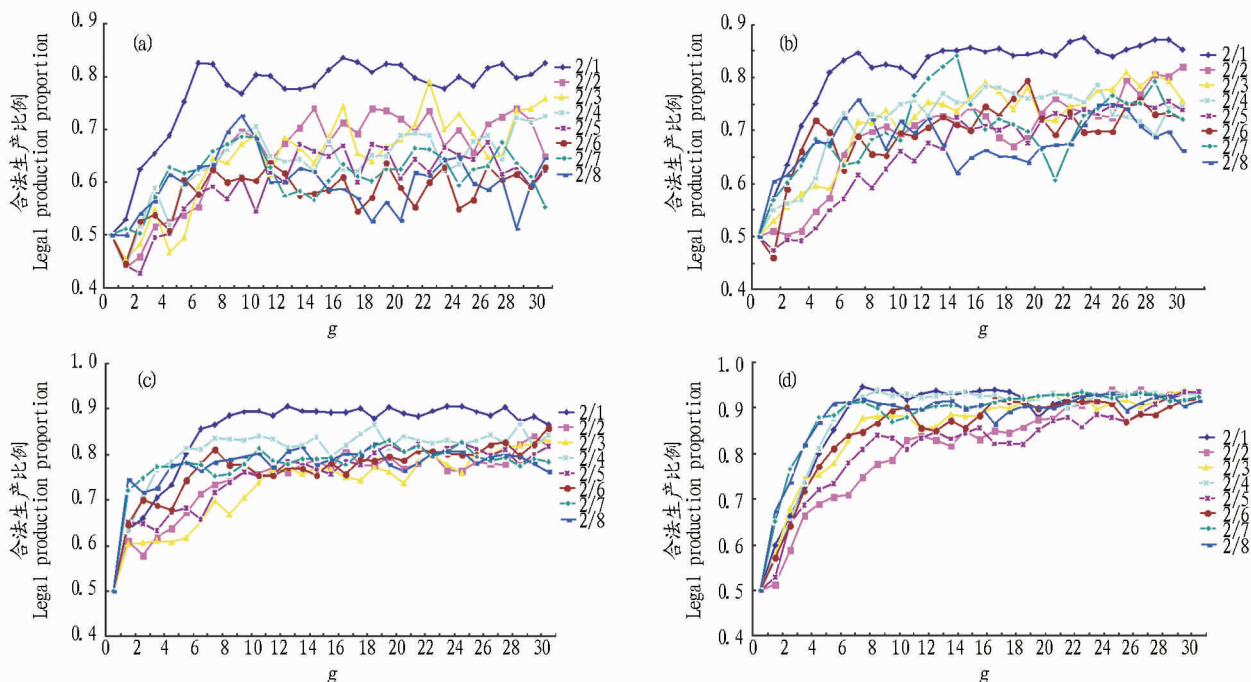


图 3 企业合法生产演化过程示意

Fig. 3 Evolution process of the enterprises legal production

4 结论

仿真结果说明实时与抽查混合的监督机制不同的作用方式对促进企业合法生产有不同的可能结果,表现在:一是较低的惩罚系数下,即使抽查比例较高群体出现违法生产的可能性也较大,甚至可能出现囚徒困境的现象;二是对违法生产行为实施更为严厉惩罚将能更好地抑制个体的违法行为,严厉惩罚的倍数越大,惩罚所起的震慑效果将越明显;三是演化表现出一定的随机抽查效应,即演化过程中表现出合法生产比例“起伏变化”但总体上升的趋势。虽然企业系统并不是时时刻刻都完全接受合法生产的安排,但在相对较大的监督力度下,企业的合法生产比例将能够实现较为平稳的增长。

仿真的结果虽然不完全等同于现实经济中的实际情况,

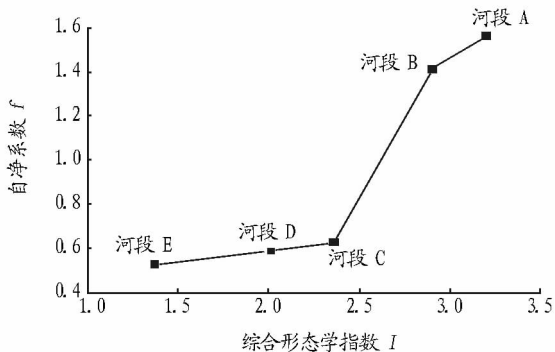
但有一定相似的地方。现实的经济活动存在的许多现象可以印证这些结果,如对奶粉生产企业的质量监督问题,企业为了抢占市场,往往会加大产量并可能做各种无序竞争,企业往往会忽略自身的质量监控甚至进行违法生产。因此形成一个良好的质量监督机制,保证食品安全成为政府和行业协会最常采用的干预形式。奶粉质量的好坏直接关系到老百姓的健康甚至生命,因此政府有关部门会对相关企业的生产活动进行实时监督或者抽查,但是现实中实施质量监督和干预措施却有不同结果,有些企业能够按照要求合法生产并做好自身质量监控,而当政府监控力度不够时,有些企业开始私下违规操作,并演变成更多的企业也进行违规操作,“三鹿事件”正是这种恶性竞争而政府监督不力所造成的严

(下转第 14864 页)

表4 不同河段的 f 值计算结果Table 4 The calculation results of f value in different river sections

河段 River sections	K_1	K_2	f
河段 A River sections A	0.48	0.75	1.56
河段 B River sections B	0.48	0.68	1.41
河段 C River sections C	0.57	0.36	0.63
河段 D River sections D	0.34	0.20	0.59
河段 E River sections E	0.17	0.09	0.53

根据计算出来的各河段的综合形态学指数 I 和自净系数 f , 作出两者的关系图, 如图 2 所示。从图 2 可以看出, 综合形态学指数数值高的河段, 其自净系数相应的也高。也就是说, 利用构建的河流形态学评价体系可以反映河流真实的健康状况。

图2 f 与 I 关系Fig2 The relationship graph between f and I

3 结论

(1) 制定了一套以 3 个一级指标, 9 个二级指标为基础的河流形态学评价体系, 并应用在广州市乌涌 5 条典型河段进行验证, 评价结果证明该体系能够反映河段的健康状况。

(2) 研究表明城市河流形态的差异对河流自净能力有显著的影响, 该研究中河流形态评价得分最高河段的自净能力

是评价得分最低河段自净能力的 2.9 倍。

(3) 在今后的城市河流整治与改造过程中, 应考虑通过河流形态评价体系, 预测河流整治后的健康状况, 并将河流建设为河流形态评价得分较高的形态。

参考文献

- [1] 赵彦伟, 杨志峰. 城市河流生态系统健康评价初探[J]. 水科学进展, 2005(3): 349-355.
- [2] 曾小琪, 车越, 吴阿娜. 3 种河流健康综合性评价方法的比较[J]. 中国给水排水, 2007(4): 92-96.
- [3] 高阳, 高甲荣, 陈子珊, 等. 河溪近自然治理评价指标体系探讨及应用[J]. 水土保持研究, 2007(6): 404-411.
- [4] HALSE S A, SCANLON M D, COCKING J S, et al. Factors affecting river health and its assessment over broad geographic ranges: The Western Australian experience [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2007, 134(1/3): 161-175.
- [5] LADSON A R, WHITE L J, DOOLAM J A. Development and testing of an Index of Stream Condition for waterway management in Australia [J]. Freshwater Biology, 1999, 41: 453-468.
- [6] PARSONS M, TOMAS M, NORRIS R. Australian River Assessment System: review of physical River assessment methods—a biological perspective [C]. Monitoring River Health Initiative Technical Report no. 21, 2002: 1-24.
- [7] SINGH U, KOCIAN M, WILSON B, et al. Analyzing indicators of stream health for Minnesota streams [C]. United States: american society of agricultural engineers, St. Joseph, MI 49085-9659, 2005.
- [8] LADSON A R, WHITE L J. An index of stream condition: reference manual [M]. second edition. Waterways Unit. Department of Natural Resources and Environment, Melbourne, Victoria, 1999: 1-65.
- [9] WRIGHT J F, SUTCLIFFE D W, FURSE M T. Assessing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques [M]. Ambleside, England, UK: Freshwater Biological Association, 2000: 1-24.
- [10] 董哲仁. 国外河流健康评估技术[J]. 水利水电技术, 2005(11): 15-19.
- [11] 郑丙辉, 张远, 李英博. 辽河流域河流栖息地评价指标与评价方法研究[J]. 环境科学学报, 2007(6): 928-936.
- [12] 蒲迅赤, 赵文谦. 纳污河道水环境自净容量的精确计算方法[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2001(1): 1-4.
- [13] 张美一. 水质模型中耗氧系数 K_1 的估值方法综述[J]. 东北水利水电, 2005(5): 42-44.
- [14] 杨星宇. S-P 模式应用中 k_1 、 k_2 系数求解方法的探索[J]. 贵州环保科技, 2002(4): 31-35.
- [15] 王虎, 李长健. 利益多元化语境下的食品安全规制研究——以利益博弈为视角[J]. 中国农业大学学报, 2008, 25(3): 144-152.
- [16] 谢敏, 于永达. 对中国食品安全问题的分析[J]. 上海经济研究, 2002(1): 39-45.
- [17] 李军鹏, 傅贤治. 基于市场失灵的食品安全监管博弈分析[J]. 中国流通经济, 2007(7): 52-55.
- [18] 王永平, 孟卫东. 供应链企业合作竞争机制的演化博弈分析[J]. 管理工程学报, 2004, 18(2): 96-98.
- [19] MASUDA N, AIHARA K. Spatial prisoner's dilemma optimally played in small-world networks [J]. Physics Letters A, 2003, 31(3): 55-61.
- [20] AXELROD R. On six advances in cooperation theory [C]. Prepared for a Special Issue of Analyse & Kritik on the Evolution Cooperation, 2000.
- [21] TOMOCHI M. Defector's niches: prisoner's dilemma game on disordered networks [J]. Social Networks, 2004, 26: 309-321.
- [22] TAYLOR P D, JONKER L. Evolutionary stable strategies and game dynamics [J]. Math Biosciences, 1978, 40: 145-156.
- [23] 王力虎, 陈春旺, 张莹. 基于博弈的企业合作仿真研究[J]. 辽宁师范大学学报: 自然科学版, 2005, 28(4): 418-421.

(上接第 14856 页)

重后果。于是在政府的强力监督和干预下, 对奶粉生产企业实行严格的实时监督和抽查监督, 对发现存在质量问题且不进行产品无条件召回并进行整改的企业进行严厉的惩罚, 众多企业充分认识到“三鹿事件”的严重性后便纷纷加强自身的质量监控, 企业之间又逐步形成了良好的合法生产氛围。

总之, 合法生产是企业的生存之道, 但整个企业系统长期有效的合法生产的形成与外部的监督机制对违法生产行为的约束是分不开的, 合理的实时与抽查监督机制将能较好地促进企业进行合法生产。

参考文献

- [1] 汪普庆, 周德翼. 基于信用博弈模型的我国食品行业缺失的原因及对策研究[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(8): 1503-1504.
- [2] 徐晓新. 中国食品安全: 问题、成因、对策[J]. 农业经济问题, 2002(10):