

食品企业与监管部门间的博弈分析

刘承刚，郭嘉，廖舜臣，刘博，贾俊宽

中国人民大学 信息学院

二〇一五 年 十 月 二十 一 日

- ① 研究简述
- ② 模型构建
- ③ 模型求解
- ④ 均衡点的意义
- ⑤ 模型的优势与不足
- ⑥ 结论与建议



		生产者	
		低质量(B)	高质量(G)
政府	检查(I)	$F - C, -F - C_G$	$-C, R - C_G$
	不检查(N)	$0, R - C_B$	$0, R - C_G$

Table: 政府和生产者的完全信息静态博弈

来自：罗丙能等《食品安全中生产者、消费者和政府行为的博弈分析及对我国食品安全管理的启示》

		生产厂家	
		生产安全食品	生产不安全食品
监管部门	监管	$R - C_1, n - a$	$R + f - C_1, m - f$
	不监管	$R, n - a$	$-C_2, m$

		生产厂家	
		生产安全食品	生产不安全食品
监管部门	监管	$R - C_1, n - a$	$R + f - C_1, m - f$
	不监管	$R, n - a$	$-C_2, m$

		消费者	
		投诉	不投诉
监管部门	受理	$S_1 - C_1 - W, W - b$	$-S_2, 0$
	不受理	$-S_1 - C_2, -b$	$-S_2 - C_2, 0$

Table: 监管部门和生产厂家、消费者的完全信息静态博弈

改自：冯晓宪等《公共食品安全问题中的博弈分析》

		食品企业 II	
		安全产品	不安全产品
政府监管机构 I	监控	$-C, 0$	$F - C, -C$
	不监控	$0, 0$	$-A, A$

Table: 监管机构—企业的博弈支付矩阵

改自：李军鹏等《基于市场失灵的食品安全监管博弈分析》

为什么使用动态博弈模型？

为什么使用动态博弈模型？

监管部门与食品生产厂家的博弈中，参与人的行动是有先后顺序的，并不是静态的。应用完全信息动态博弈模型会比完全信息静态模型更加合适。

为什么使用动态博弈模型？

监管部门与食品生产厂家的博弈中，参与人的行动是有先后顺序的，并不是静态的。应用完全信息动态博弈模型会比完全信息静态模型更加合适。

进一步来说，实际上信息是完美的。

建模背景

建模背景

近些年来，我国频频出现食品问题事件，或大或小的事件给民众们带来了不少恐慌。如果将影响食品安全事件的行为人考虑为相关的食品生产、加工企业和相应的监管部门，我们可以发现是否发生食品安全事件实际上是他们之间的一个博弈。

建模背景

近些年来，我国频频出现食品问题事件，或大或小的事件给民众们带来了不少恐慌。如果将影响食品安全事件的行为人考虑为相关的食品生产、加工企业和相应的监管部门，我们可以发现是否发生食品安全事件实际上是他们之间的一个博弈。

同时，我们通过观察可以知道，我国的食物监察制度中明显有着事发前监管弱，事发后又过度监管的特点。

建模背景

建模背景

这里，我们将构建一个完全信息动态博弈模型，并且利用这个模型对事后监管失灵的现象进行分析。

局中人

局中人

局中人1：食品生产厂商。

局中人

局中人1：食品生产厂商。

由于食品生产厂商众多，并且还有各种食品加工、处理企业，如果同时考虑进去，模型将相当复杂，而他们在食品安全事件中反映出的行为是一致的，我们在这里就将他们考虑成为一个行为主体。

局中人

局中人2：食品监管当局。

局中人

局中人2：食品监管当局。

由于我国的食品监管体系同样复杂，在模型中我们也将他们看作是一个行为主体。

注

在这个模型之中，我们并没有把消费者看成是一个行为主体，而是考虑为将食品造假信号从食品生产厂商传递给监管部门的载体。

战略空间

战略空间

局中人1的战略空间： $\{\delta : \delta > 0\}$ ， δ 表示造假因子

战略空间

局中人1的战略空间： $\{\delta : \delta > 0\}$ ， δ 表示造假因子

造假因子越大，表示产品造假可能性、造假程度越高。

战略空间

局中人1的战略空间： $\{\delta : \delta > 0\}$ ， δ 表示造假因子

造假因子越大，表示产品造假可能性、造假程度越高。

局中人2的战略空间： $\{\eta : \eta > 0\}$ ， η 表示监管系数

战略空间

局中人1的战略空间： $\{\delta : \delta > 0\}$ ， δ 表示造假因子

造假因子越大，表示产品造假可能性、造假程度越高。

局中人2的战略空间： $\{\eta : \eta > 0\}$ ， η 表示监管系数

监管系数越大，表示监管力度、监管范围越大。

支付函数

支付函数

边际效用递减规律

在生产系统中，当投入的资源（可变的投入项，例如劳工人数或原材料数）到达某一饱和点后，其后的生产比例会减少：即每再增加投入一个单位的资源，生产量未必一如以往。

支付函数

边际效用递减规律

在生产系统中，当投入的资源（可变的投入项，例如劳工人数量或原材料数）到达某一饱和点后，其后的生产比例会减少：即每再增加投入一个单位的资源，生产量未必一如以往。

边际收益递减规律

在其他条件不变（如技术水平不变）的前提下，增加某种生产要素的投入，当该生产要素投入数量增加到一定程度以后，增加一单位该要素所带来的效益增加量是递减的，边际收益递减规律是以技术水平和其他生产要素的投入数量保持不变为条件进行讨论的一种规律。

支付函数

支付函数

边际成本递增规律

边际成本递增是指当产量增加到一定程度之后，若要继续增加产量，那么增加单位产量所增加的成本将越来越大。

以上来自百度百科/维基百科相关词条

支付函数

支付函数

局中人1: 效用函数 $U = U(\delta, \eta)$

支付函数

局中人1: 效用函数 $U = U(\delta, \eta)$

$\frac{\partial U}{\partial \delta} > 0, \frac{\partial^2 U}{\partial \delta^2} < 0$ 造假因子越大, 效用越大, 但边际效用递减;

$\frac{\partial U}{\partial \eta} < 0, \frac{\partial^2 U}{\partial \eta^2} < 0$ 监管系数越大, 效用越小, 但递减幅度递减。

支付函数

局中人2: 利润函数 $\pi = R(\eta) - C(\delta, \eta)$

支付函数

局中人2: 利润函数 $\pi = R(\eta) - C(\delta, \eta)$

这里我们认为监管部门的利润代表的是大众利益, R, C 分别表示社会收益和社会成本

支付函数

局中人2: 利润函数 $\pi = R(\eta) - C(\delta, \eta)$

这里我们认为监管部门的利润代表的是大众利益, R, C 分别表示社会收益和社会成本

$$R'(\eta) > 0, R''(\eta) < 0$$

社会收益随监管系数增大而增大, 但是边际收益递减。

支付函数

局中人2: 利润函数 $\pi = R(\eta) - C(\delta, \eta)$

这里我们认为监管部门的利润代表的是大众利益, R, C 分别表示社会收益和社会成本

$$R'(\eta) > 0, R''(\eta) < 0$$

社会收益随监管系数增大而增大, 但是边际收益递减。

$$\frac{\partial C}{\partial \delta} > 0, \frac{\partial^2 C}{\partial \delta^2} > 0, \frac{\partial C}{\partial \eta} > 0, \frac{\partial^2 C}{\partial \eta^2} > 0$$

社会成本随两个因素增大而增大, 且边际成本递增

支付函数

规模经济效应

随着规模的加大，生产成本和经营费用都得以降低，从而能够取得一种成本优势。

支付函数

局中人2: 利润函数 $\pi = R(\eta) - C(\delta, \eta)$

$$\frac{\partial C}{\partial \delta} > 0, \frac{\partial^2 C}{\partial \delta^2} > 0, \frac{\partial C}{\partial \eta} > 0, \frac{\partial^2 C}{\partial \eta^2} > 0$$

支付函数

局中人2: 利润函数 $\pi = R(\eta) - C(\delta, \eta)$

$$\frac{\partial C}{\partial \delta} > 0, \frac{\partial^2 C}{\partial \delta^2} > 0, \frac{\partial C}{\partial \eta} > 0, \frac{\partial^2 C}{\partial \eta^2} > 0$$

$$\frac{\partial^2 C}{\partial \delta \partial \eta} < 0 \text{ —— 规模经济效应}$$

理性假设

理性假设

理性人假设

作为经济决策的主体都是充满理智的，既不会感情用事，也不会盲从，而是精于判断和计算，其行为是理性的。在经济活动中，主体所追求的唯一目标是自身经济利益的最大化。如消费者追求的是满足程度最大化，生产者追求的是利润最大化。

来自百度百科相关词条

理性假设

理性假设

1. 第二阶段中，局中人2在会根据第一阶段局中人1选择的造假因子 δ 选择监管系数 η 使得利润最大化。

理性假设

1. 第二阶段中，局中人2在会根据第一阶段局中人1选择的造假因子 δ 选择监管系数 η 使得利润最大化。
2. 第一阶段中，局中人1知道当他选择某个造假因子 δ 时会被局中人2清楚地看到并且按理性假设1行动。换句话说，局中人1可以很理性地计算出局中人2的反应函数 $\eta = \eta(\delta)$ 。

理性假设

1. 第二阶段中，局中人2在会根据第一阶段局中人1选择的造假因子 δ 选择监管系数 η 使得利润最大化。
2. 第一阶段中，局中人1知道当他选择某个造假因子 δ 时会被局中人2清楚地看到并且按理性假设1行动。换句话说，局中人1可以很理性地计算出局中人2的反应函数 $\eta = \eta(\delta)$ 。
3. 局中人1会根据局中人2的反应函数，在第一阶段时选择最优的 δ ，最大化其效用。

博弈过程

博弈过程

局中人1首先行动选择造假因子 δ ，然后通过消费者这个载体和社会信号传递机制将 δ 传递给局中人2；

局中人2看到 δ 后采取行动 η 进行监管。

该博弈的子博弈精炼纳什均衡为 $[\delta, \eta(\delta)]$ ，均衡结果为 $[\delta^*, \eta(\delta^*)]$ 。

第二阶段

第二阶段

$$\max_{\eta} \pi = R(\eta) - C(\delta, \eta)$$

第二阶段

$$\max_{\eta} \pi = R(\eta) - C(\delta, \eta)$$

一阶条件——
$$-\frac{\partial \pi}{\partial \eta} = \frac{dR}{d\eta} - \frac{\partial C}{\partial \eta} = 0$$

第二阶段

第二阶段

$$\text{令 } F(\delta, \eta) = \frac{dR}{d\eta} - \frac{\partial C}{\partial \eta}$$

第二阶段

$$\text{令 } F(\delta, \eta) = \frac{dR}{d\eta} - \frac{\partial C}{\partial \eta}$$

由 $F(\delta, \eta) = 0$ 确定的函数 $\eta = \eta(\delta)$ 正是反应函数。

第二阶段

$$\text{令 } F(\delta, \eta) = \frac{dR}{d\eta} - \frac{\partial C}{\partial \eta}$$

由 $F(\delta, \eta) = 0$ 确定的函数 $\eta = \eta(\delta)$ 正是反应函数。

根据隐函数存在定理可以得到 $\eta = \eta(\delta)$ 的斜率

$$k = \frac{d\eta(\delta)}{d\delta} = -\frac{\partial F}{\partial \delta} / \frac{\partial F}{\partial \eta} = \frac{\partial^2 C}{\partial \delta \partial \eta} / \left(\frac{d^2 R}{d\eta^2} - \frac{\partial^2 C}{\partial \eta^2} \right)$$

第二阶段

$$\text{令 } F(\delta, \eta) = \frac{dR}{d\eta} - \frac{\partial C}{\partial \eta}$$

由 $F(\delta, \eta) = 0$ 确定的函数 $\eta = \eta(\delta)$ 正是反应函数。

根据隐函数存在定理可以得到 $\eta = \eta(\delta)$ 的斜率

$$k = \frac{d\eta(\delta)}{d\delta} = -\frac{\partial F}{\partial \delta} / \frac{\partial F}{\partial \eta} = \frac{\partial^2 C}{\partial \delta \partial \eta} / \left(\frac{d^2 R}{d\eta^2} - \frac{\partial^2 C}{\partial \eta^2} \right)$$

$$k > 0$$

第一阶段

第一阶段

$$\max_{\delta} U(\delta, \eta) = U(\delta, \eta(\delta))$$

第一阶段

$$\max_{\delta} U(\delta, \eta) = U(\delta, \eta(\delta))$$

一阶条件 $-\frac{\partial U}{\partial \delta} + \frac{\partial U}{\partial \eta} \frac{d\eta(\delta)}{d\delta} = 0$, 或 $\frac{d\eta(\delta)}{d\delta} = -\frac{\partial U}{\partial \delta} / \frac{\partial U}{\partial \eta}$

第一阶段

$$\max_{\delta} U(\delta, \eta) = U(\delta, \eta(\delta))$$

一阶条件 $-\frac{\partial U}{\partial \delta} + \frac{\partial U}{\partial \eta} \frac{d\eta(\delta)}{d\delta} = 0$, 或 $\frac{d\eta(\delta)}{d\delta} = -\frac{\partial U}{\partial \delta} / \frac{\partial U}{\partial \eta}$

实际上由 $U(\delta, \eta) = \text{const}$ 确定的隐函数在点 $(\delta, \eta(\delta))$ 处斜率也为这个值, 无差异曲线与反应函数相切

图形分析

局中人1的无差异曲线

图形分析

局中人1的无差异曲线

$$\bar{U} = U(\delta, \eta),$$

图形分析

局中人1的无差异曲线

$$\bar{U} = U(\delta, \eta),$$

$$\text{其斜率 } k_{\bar{U}} = \frac{d\delta}{d\eta} = -\frac{\partial U}{\partial \eta} / \frac{\partial U}{\partial \delta}$$

图形分析

局中人1的无差异曲线

$$\bar{U} = U(\delta, \eta),$$

$$\text{其斜率 } k_{\bar{U}} = \frac{d\delta}{d\eta} = -\frac{\partial U}{\partial \eta} / \frac{\partial U}{\partial \delta} > 0$$

图形分析

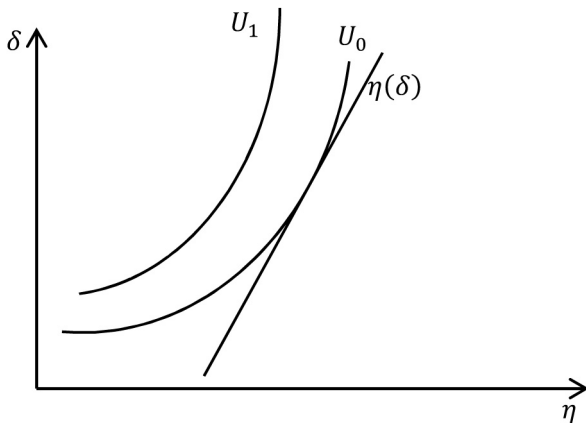
局中人1的无差异曲线

$$\bar{U} = U(\delta, \eta),$$

其斜率 $k_{\bar{U}} = \frac{d\delta}{d\eta} = -\frac{\partial U}{\partial \eta} / \frac{\partial U}{\partial \delta} > 0$ 并且其往左上角移动时效用增大，无差异曲线与反应函数相切。

图形分析

局中人1的无差异曲线



图形分析

局中人2的等利润曲线

图形分析

局中人2的等利润曲线

$$\bar{\pi} = R(\eta) - C(\delta, \eta)$$

图形分析

局中人2的等利润曲线

$$\bar{\pi} = R(\eta) - C(\delta, \eta)$$

$$\text{其斜率 } k_{\bar{\pi}} = \frac{d\delta}{d\eta} = -\frac{\partial \pi}{\partial \eta} / \frac{\partial \pi}{\partial \delta}$$

图形分析

局中人2的等利润曲线

$$\bar{\pi} = R(\eta) - C(\delta, \eta)$$

$$\text{其斜率 } k_{\bar{\pi}} = \frac{d\delta}{d\eta} = -\frac{\partial \pi}{\partial \eta} / \frac{\partial \pi}{\partial \delta} = \left(\frac{dR}{d\eta} - \frac{\partial C}{\partial \eta} \right) / \frac{\partial C}{\partial \delta}$$

图形分析

局中人2的等利润曲线

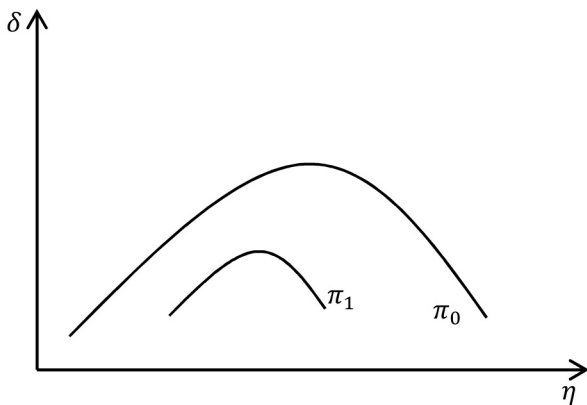
$$\bar{\pi} = R(\eta) - C(\delta, \eta)$$

$$\text{其斜率 } k_{\bar{\pi}} = \frac{d\delta}{d\eta} = -\frac{\partial \pi}{\partial \eta} / \frac{\partial \pi}{\partial \delta} = \left(\frac{dR}{d\eta} - \frac{\partial C}{\partial \eta} \right) / \frac{\partial C}{\partial \delta}$$

对 $\frac{dR}{d\eta}$, $\frac{\partial C}{\partial \eta}$ 大小进行分析, $\frac{dR}{d\eta} - \frac{\partial C}{\partial \eta}$ 与 $k_{\bar{\pi}}$ 同号, 而边际收益递减, 边际成本递增则边际利润递减, $k_{\bar{\pi}}$ 先正后负。

图形分析

局中人2的等利润曲线



图形分析

局中人2的反应函数曲线

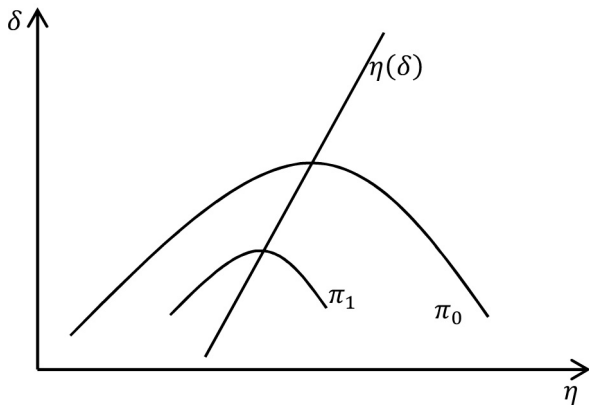
图形分析

局中人2的反应函数曲线

$\eta = \eta(\delta)$ 满足 $\frac{dR}{d\eta} = \frac{\partial C}{\partial \eta}$, 此时 $k_{\bar{\pi}} = 0$, 利润曲线处于最高点。所以 $\eta = \eta(\delta)$ 是利润曲线最高点的连线。

图形分析

局中人2的反应函数曲线



图形分析

子博弈精练纳什均衡点

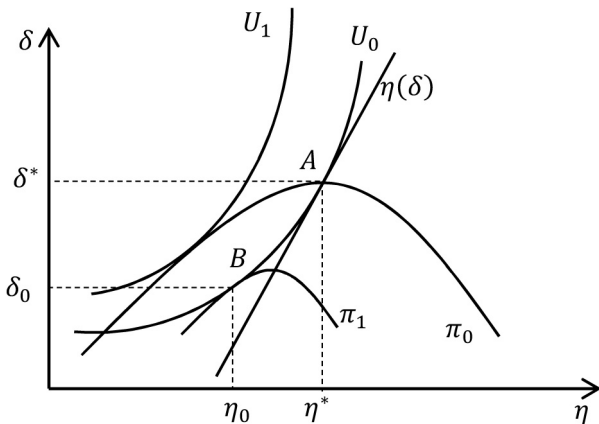
图形分析

子博弈精练纳什均衡点

在 $\eta = \eta(\delta)$ 上使得效用函数 $U = U(\delta, \eta(\delta))$ 达到最大的点 $A(\delta^*, \eta^*)$ 。

图形分析

子博弈精练纳什均衡点



帕累托最优解分析

帕累托改善

假定固有的一群人和可分配的资源，如果从一种分配状态到另一种状态的变化中，在没有使任何人境况变坏的前提下，使得至少一个人变得更好，这就是帕累托改善。

帕累托最优解分析

帕累托改善

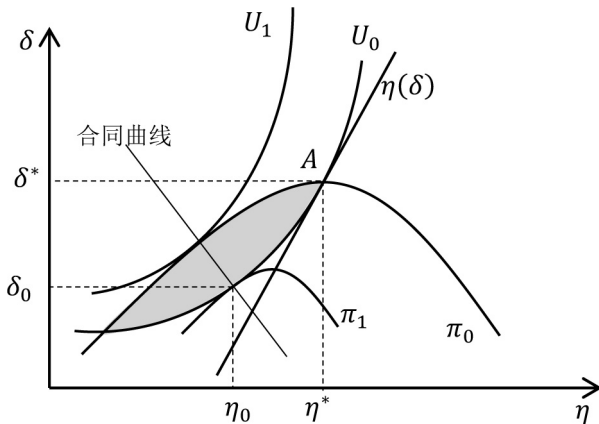
假定固有的一群人和可分配的资源，如果从一种分配状态到另一种状态的变化中，在没有使任何人境况变坏的前提下，使得至少一个人变得更好，这就是帕累托改善。

帕累托最优

帕累托最优的状态就是不可能再有更多的帕雷托改善的状态；换句话说，不可能再改善某些人的境况，而不使任何其他人受损。

帕累托最优解分析

帕累托最优解分析



帕累托最优解分析

帕累托最优解分析

实际上，我们得到的子博弈精练纳什均衡点并不是帕累托最优的，因为它是无差异曲线和等利润线的交点而不是切点。

帕累托最优解分析

实际上，我们得到的子博弈精练纳什均衡点并不是帕累托最优的，因为它是无差异曲线和等利润线的交点而不是切点。

我们考虑灰色区域内任何一点都是比 $A(\delta^*, \eta^*)$ 更优的，其也有着明显的经济学意义——更少的造假因子和监管系数得到更大的社会利润和效用。

帕累托最优解分析

实际上，我们得到的子博弈精练纳什均衡点并不是帕累托最优的，因为它是无差异曲线和等利润线的交点而不是切点。

我们考虑灰色区域内任何一点都是比 $A(\delta^*, \eta^*)$ 更优的，其也有着明显的经济学意义——更少的造假因子和监管系数得到更大的社会利润和效用。

我们可以利用纳什讨价还价模型求帕累托最优解。

帕累托最优解分析

求解

$$\max_{\delta, \eta} V = U(\delta, \eta)[R(\eta) - C(\delta, \eta)]$$

帕累托最优解分析

求解

$$\max_{\delta, \eta} V = U(\delta, \eta)[R(\eta) - C(\delta, \eta)]$$

利用一阶条件可以得到

$$\frac{\partial U}{\partial \delta} [R(\eta) - C(\delta, \eta)] + U(\delta, \eta) \left(-\frac{\partial C}{\partial \delta} \right) = 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial \eta} [R(\eta) - C(\delta, \eta)] + U(\delta, \eta) \left(\frac{dR}{d\eta} - \frac{\partial C}{\partial \eta} \right) = 0$$

帕累托最优解分析

求解

$$\max_{\delta, \eta} V = U(\delta, \eta)[R(\eta) - C(\delta, \eta)]$$

利用一阶条件可以得到

$$\frac{\partial U}{\partial \delta} [R(\eta) - C(\delta, \eta)] + U(\delta, \eta) \left(-\frac{\partial C}{\partial \delta} \right) = 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial \eta} [R(\eta) - C(\delta, \eta)] + U(\delta, \eta) \left(\frac{dR}{d\eta} - \frac{\partial C}{\partial \eta} \right) = 0$$

$$\text{从而 } k_{\bar{U}} = -\frac{\partial U}{\partial \eta} / \frac{\partial U}{\partial \delta} = -\left(\frac{dR}{d\eta} - \frac{\partial C}{\partial \eta} \right) / \frac{\partial C}{\partial \delta} = k_{\bar{\pi}}$$

帕累托最优解分析

求解

$$\max_{\delta, \eta} V = U(\delta, \eta)[R(\eta) - C(\delta, \eta)]$$

利用一阶条件可以得到

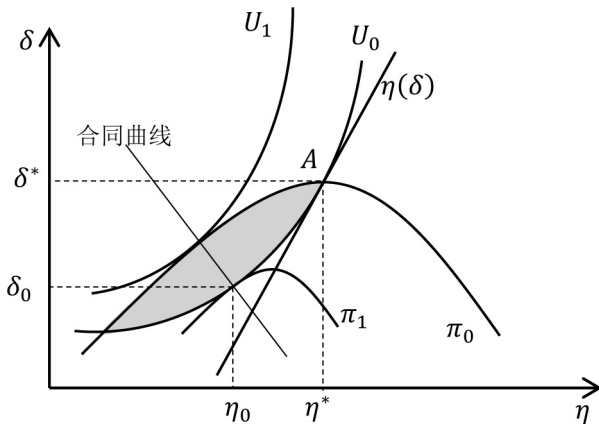
$$\frac{\partial U}{\partial \delta} [R(\eta) - C(\delta, \eta)] + U(\delta, \eta) \left(-\frac{\partial C}{\partial \delta} \right) = 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial \eta} [R(\eta) - C(\delta, \eta)] + U(\delta, \eta) \left(\frac{dR}{d\eta} - \frac{\partial C}{\partial \eta} \right) = 0$$

$$\text{从而 } k_{\bar{U}} = -\frac{\partial U}{\partial \eta} / \frac{\partial U}{\partial \delta} = -\left(\frac{dR}{d\eta} - \frac{\partial C}{\partial \eta} \right) / \frac{\partial C}{\partial \delta} = k_{\bar{\pi}}$$

这说明帕累托最优解即为利润函数和无差异曲线的切点。

帕累托最优解分析



子博弈精炼纳什均衡解缺乏效率，但是其也有合理性特别是对于我国发生的诸多食品安全事件有着很强的解释力。

子博弈精炼纳什均衡解缺乏效率，但是其也有合理性特别是对于我国发生的诸多食品安全事件有着很强的解释力。

由于我国的监管体系不够健全也不够科学，实施事前主动全面监管的成本很大，一直以来都是采取事后被动监管的模式，哪里出现问题哪里就引起高度重视。我国食品监管行为主体涉及很多部门，而且模糊分工，权责不明确，协调成本很高。

子博弈精炼纳什均衡解缺乏效率，但是其也有合理性特别是对于我国发生的诸多食品安全事件有着很强的解释力。

由于我国的监管体系不够健全也不够科学，实施事前主动全面监管的成本很大，一直以来都是采取事后被动监管的模式，哪里出现问题哪里就引起高度重视。我国食品监管行为主体涉及很多部门，而且模糊分工，权责不明确，协调成本很高。

这些体制因素食品厂商十分清楚，所以他们能够在事前估计到监管者事后的行为。如果事后不发生类似大面积中毒或死亡事件而造成不良社会影响，一些产品在可控范围内的不合格有利可图，这样的信息当然给食品厂商很强的事前造假激励，所以会产生我们博弈模型的无效率解，结果就是厂商造假因子提高，引起监管当局高度重视从而带来本不该浪费的过度监管。

建立了一个较为简单的完全信息动态博弈模型并对其进行了求解，对子博弈精练纳什均衡点和帕累托最优点进行了比较，有着比较强的说服力。

建立了一个较为简单的完全信息动态博弈模型并对其进行了求解，对子博弈精练纳什均衡点和帕累托最优点进行了比较，有着比较强的说服力。

但是，没有考虑到不同厂商的差异，有的注重眼前利益而有的注重长远利益；也没有对消费者的行为进行分析，只是把他们作为信息传递的载体。

彻底改革监管体系，明确责任。变“事后监管”为“事前积极监管”。

彻底改革监管体系，明确责任。变“事后监管”为“事前积极监管”。

加强法治建设，建立和严格执行食品召回制度，一定要让造假厂商遭到严厉惩罚，付出惨重代价。

彻底改革监管体系，明确责任。变“事后监管”为“事前积极监管”。

加强法治建设，建立和严格执行食品召回制度，一定要让造假厂商遭到严厉惩罚，付出惨重代价。

在我国传统食品行业监管制度向现代监管制度变迁的过程中，要特别注意避免新制度还没建立起来而旧制度已经瘫痪造成的制度真空，必须承认和强化除政府之外的外部监管作用。

彻底改革监管体系，明确责任。变“事后监管”为“事前积极监管”。

加强法治建设，建立和严格执行食品召回制度，一定要让造假厂商遭到严厉惩罚，付出惨重代价。

在我国传统食品行业监管制度向现代监管制度变迁的过程中，要特别注意避免新制度还没建立起来而旧制度已经瘫痪造成的制度真空，必须承认和强化除政府之外的外部监管作用。

加强食品生产企业的诚信建设，努力克服食品安全监管机构的“寻租”和“道德风险”等问题。

