

地方政府对食品安全风险的综合评估探究 ——以常德市为例

熊先兰¹

(湘潭大学 商学院, 湖南 湘潭 411105)

【摘要】: 人民健康是民族昌盛和国家富强的重要标志。党的十九大提出要实施食品安全战略, 让人民吃得放心。如何有效地识别与防范食品安全风险已成为新时代背景下迫切需要解决的现实问题。食品安全风险评估工作是食品安全风险预防的重要技术手段。文章以地方政府为监管主体, 以常德市为例, 调查了 1999—2016 年的食品安全检测合格率, 根据调查的数据以及食品安全风险形成的三个主要不同阶段设计了地方政府食品安全风险综合评估指标体系, 构建了基于粗糙集理论的食品安全风险综合评估模型, 找出影响食品安全的关键风险, 以期为地方政府进行食品安全风险有效监管提供理论依据。

【关键词】: 地方政府 食品安全 风险评估 粗糙集理论

【中图分类号】: D035. 29 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 2096—6431 (2019) 03—0027—09

一、引言

将风险评估引入食品安全领域是对食品安全管理方法的创新和探索, 作为一个重要的风险管理研究领域, 逐渐成为国内外学者重点研究的内容。国内学者主要从风险管理理论、风险分析、风险评估等理论方面对食品安全风险进行了系统探讨。邓柯等探讨了我国进出口食品安全风险评价模型, 并结合我国进口食品监管的实际需求和数据特点对该模型进行了简化, 填补了我国进口食品安全风险评估方面的空白。^{[1]761-769} 宋世勇从食品安全风险交流的视角对食品安全风险进行了探讨, 提出要不断强化消费者、专业新闻媒介、食品企业和食品企业内部员工之间的风险交流。^{[2]90-98} 朱淀等基于管理学的视角, 应用突变模型对中国食品安全风险进行量化分析。^{[3]49-59} 学者们从不同的视角对食品安全风险评估进行探讨, 为食品安全风险综合评估提供更多的参考。习近平总书记指出, 加强从“农田到餐桌”全过程食品安全工作, 严防、严管、严控食品安全风险, 保证广大人民群众吃得放心、安心。^[4]

《中华人民共和国食品安全法》第十六条规定: “食品安全风险评估结果是制定、修订食品安全标准和对食品安全实施监督管理的科学依据。”^[5] 国外学者主要从食品安全风险识别、食品安全风险防范中技术应用以及食品安全风险防范机制模式等方面进行了研究。如 Hobbs 和 Young 从食品安全供应链出发, 提出了一个解释食品供应链中的纵向协作紧密性的概念框架。^[6] 国外在食品安全风险识别与防范中较早的应用现代信息技术, Dupuy 建立了香肠生产过程的混合整数规划模型, 混合整数规划模型的建立是以生产涉及最少的原辅料和产品批次为目标。^{[7]333-339} 而关于食品安全风险防范新技术的探索, Luning 等设计了一套新的评价诊断工具, 对食品企业实施食品安全管理绩效进行评价。^{[8]300-312} Henson 等提出食品安全风险协同防范模式, 指出食品安全风险防范

¹**作者简介:** 熊先兰 (1981—), 女, 湖南常德人, 管理学博士, 湘潭大学商学院讲师、硕士生导师, 主要从事政府信息资源管理、人力资源管理、食品安全管理研究。

基金项目: 2018 年湖南省社会科学评审委员会项目“地方政府识别与防范食品安全风险研究”(XSP18YBC295); 2018 年湖南省教育厅研究项目“基于大数据的食品药品安全突发事件社会舆情治理研究”(18C0083); 2015 年湖南省社会科学基金项目“县级政府食品药品安全风险识别与防范研究”(15YBA337) 阶段性成果。

效率的提高可以通过公司部门协作来实现,而英国、美国和加拿大等国多采用这种模式。^{[9]7-12}Marian 等认为公共部门资源有限且部门之间存在竞争,要提高食品安全风险防范效率,降低成本,提高绩效,需实施公私部门间紧密合作的防范模式。^{[10]299-314}Qin 采用博弈模型分析中国食品安全现状,发现食品安全防范绩效的提高有赖于政府、市场和社会的协同合作。^{[11]423-428}

从对国内外研究成果的梳理可以看出,目前有关食品安全风险管理理论研究成果较多,而关于食品安全风险评估的内容较少,且大多偏向于定性研究,定量研究较少。文章依据供应链理论,从食品生产、加工、消费三个不同阶段设计了地方政府食品安全风险综合评估指标体系,构建了基于粗糙集理论的食品安全风险综合评估模型,找出影响食品安全的关键风险,以期为地方政府进行食品安全风险有效监管提供理论依据。

二、地方政府对食品安全风险综合评估指标体系构建

地方政府对食品安全风险综合评估指标的遴选和识别必须要坚持科学性与人文性统一、系统性与完整性的统一、操作性与合理性的统一、客观与主观的统一的的基本原则,实事求是进行全面分析。并且,综合运用定量分析与定性分析相结合的方法,确定了地方政府关于食品安全风险评估指标体系取值的标准。

依据供应链管理理论,将食品安全风险划分为生产阶段风险分析、流通阶段风险分析、消费阶段风险分析三个阶段进行探究地方政府对食品安全风险综合评估指标。在食品生产阶段,残留食品中的农药、兽药、化学成分和重金属,食品中所含的微生物不达标等都会给消费者食用带来一定的风险,产生食品安全问题。在食品流通阶段,食品中的添加剂,如防腐剂等不合格会产生食品安全问题。食品的包装的材料、包装工艺以及食品创新技术应用整个过程低于国家规定的相关标准都会产生食品安全风险。在食品消费阶段,食品营养品质尚未达到相关要求,以假乱真,以次充好,则会产生食品安全问题。行政执法部门对食品生产经营单位卫生的监督及食品卫生的监测不合格都会产生系列的食物安全问题。

因此,本文在借鉴现有研究成果的基础上,咨询了食品安全风险领域的相关领域专家,参考地方政府测量和管理食品安全的有关具体实践,根据食品生产、流通和消费三个不同的阶段,文章设计了地方政府对食品安全风险综合评估的指标体系。地方政府对食品安全风险评估的指标体系主要包括指标层以及各指标的描述,具体情况如表 1 所示。

表 1 地方政府对食品安全风险评估的指标体系

	指标层	指标描述
地方政府对食品安全风险评估指标体系	农药残留抽检不合格风险 c_1	残留食品中的农药经抽检不合格所带来的风险
	兽药残留抽检不合格风险 c_2	残留食品中的兽药经抽检不合格所带来的风险
	微生物不合格风险 c_3 化学残留检测不合格风险 c_4	食品中所含的微生物不合格带来的风险残留食品中的化学成分经检测不合格所带来的风险
	重金属检测不合格风险 c_5	食品中的重金属成分经检测不合格所带来的风险
	食品添加剂检测不合格风险 c_6	食品中的食品添加剂经检测不合格所带来的风险
	食品包装检测不合格风险 c_7	食品的包装经检测不合格所带来的风险
	食品技术创新检测不合格风险 c_8	食品创新技术经检测不合格所带来的风险
	营养品质不合格风险 c_9	食品中的营养品质经检测不合格所带来的风险
	食品生产经营单位经常性卫生监督不合格风险 c_{10}	食品生产经营单位经常性卫生监督不合格带来的风险
	食品卫生监测不合格风险 c_{11}	食品卫生监测不合格带来的风险

三、评价模型设计

(一) 评估方法的选取与确定

地方政府对食品安全风险评估的关键在于评估模型的构建。比较常用的评估模型有很多包括层次分析法、因子分析法、熵权法、粗糙集理论等。地方政府对食品安全风险的评估具有很大程度的不确定性和不可测性等特性,而粗糙集理论能够在信息或知识不完全的条件下去处理一些不确定、不完全以及未知现象的能力,或者针对依据观察、测量得到的某些不精确的数据而进行系统分类的能力。本文将粗糙集理论应用到地方政府关于食品安全风险的综合评估当中,尝试有效克服地方政府在食品安全风险评估中的主观臆断性和评估结果不科学问题,在食品安全风险综合评估指标的选取和食品安全风险综合评价指标权重确定方面发挥粗糙集理论的优势和作用。结合地方政府对食品安全风险评估的实际情况,将粗糙集理论引入到食品安全风险的评估中,从而对食品安全风险进行综合评估。

(二) 粗糙集理论相关概念

定义 1:称 $S=(U, A, V, f)$ 是一个决策表,其中 $U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 是一个非空、有穷、被称为全域的个体的集合; A 是非空、有穷的属性集合, $C \cup D=A$, C 为条件属性集, D 为决策属性集, $f:U \times A \rightarrow V$ 称为映射函数,对于属性 $a \in A$,有 $a:U \rightarrow V_a$, V_a 为属性 a 的值集,集合 $V=\cup V_a$ 为属性集 A 的值域。

定义 2:给定决策表 S ,若有 $B \subseteq A$,则定义属性集上 B 的不可分辨关系 $IND(B)$ 为:

$$IND(B) = \{ (u_i, u_j) \in U^2 \mid \forall b \in B, f(u_i, b) = f(u_j, b) \}$$

定义 3:在决策表 s 中, $\forall X \subseteq U$ 且 $X \neq \emptyset$,则定义集合 X 在属性集 $B \subseteq A$ 上的下近似划分集 $\underline{B}(X)$ 和上近似划分集 $\overline{B}(X)$ 为:

$$\underline{B}(X) = \{u_i \in U \mid [u_i]_B \subseteq X\}$$

$$\overline{B}(X) = \{u_i \in U \mid [u_i]_B \cap X \neq \emptyset\}$$

其中 $[u_i]_B = \{u_j \mid (u_i, u_j) \in IND(B)\}$, $\overline{B}(X)$ 也称为 X 的 B 正域,记作: $Pos_B(X)$ 。

定义 4:在决策表 S 中,若有 $B \subseteq C$, $Y \in U/IND(D)$,则决策属性 D 的 B 正域 $Pos_B(D)$ 定义为:

$$Pos_B(D) = \bigcup_{Y \in U/IND(D)} \underline{B}(Y)$$

定义 5:在决策表 S 中,若有 $B \subseteq C$, $Y \in U/IND(D)$,则决策属性 D 的 B 正域 $Pos_B(D)$ 定定义为:

$$\partial = I(D | B) = \frac{Pos_B(D)}{U}, \text{ 且 } 0 \leq \partial \leq 1$$

定义 6: 在决策表 S 中, 定义属性 $c \in C$ 的属性重要度为: $SGF(c) = I(D | C) - I(D | C - \{c\})$

定义 7: 在决策表 S 中, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$, 属性 $a_i \in A$ 在 A 中的重要性为 $SGF(\{a_i\})$, 则 $a_i \in A$ 的权重定义为:

$$\omega(a_i) = \frac{SGF(\{a_i\})}{\sum_{i=1}^m SGF(\{a_i\})}$$

(三) 基于粗糙集理论的评估模型构建

1. 数据预处理

地方政府关于食品安全风险评估指标体系中, 包括了定性指标和定量指标, 对于不能量化的定性指标, 需要采取专家打分的形式确定, 专家根据每个指标的重要性大小, 从而评定一个确定的分数。由于在食品安全风险的综合评估过程中, 不同性质和不同类别的指标在衡量和测度过程中有差异, 从而要采用一致化方法消除不同指标之间的不可直接测量性, 从而保证风险评估决策表

中不同指标数据关系的一致性和均衡性。对于数据对象 u_i 在条件属性 c_{xv} 下的评分值 l_{xv}^i , 我们拟进行如下的一致化处理。

(1) 如果评价指标属性为成本型属性, 则对属性值 l_{xv}^i 的一致化处理描述为:

$$\tilde{l}_{xv}^i = 100 \times (\max(l_{xv}) - l_{xv}^i) / (\max(l_{xv}) - \min(l_{xv}))$$

(2) 如果评价指标属性为效益型属性, 则对属性值 l_{xv}^i 的一致化处理描述为:

$$\tilde{l}_{xv}^i = 100 \times (l_{xv}^i - \min(l_{xv})) / (\max(l_{xv}) - \min(l_{xv}))$$

(3) 如果评价指标属性为特定最优值取值属性, 则对属性值 l_{xv}^i 的一致化处理描述为:

$$\tilde{l}_{xv}^i = \begin{cases} 100 \times [- (\bar{l}_{xv}^i - l_{xv}^i) / (\bar{l}_{xv}^i - l_{xv}^{*i})], \bar{l}_{xv}^i > l_{xv}^i > l_{xv}^{*i} \\ 100, \bar{l}_{xv}^i = l_{xv}^i \\ 100 \times [- (l_{xv}^i - \bar{l}_{xv}^i) / (l_{xv}^{*i} - \bar{l}_{xv}^i)], \bar{l}_{xv}^i < l_{xv}^i < l_{xv}^{*i} \\ 0, \text{其他} \end{cases}$$

其中, $\max(l_{xv})$ 为原始数据集中, 在属性 c_{xv} 下的最大数据取值; $\min(l_{xv})$ 为原始数据集中, 在属性 c_{xv} 下的最小数据取值, $\bar{l}_{xv}^i$ 为属性 c_{xv} 下的最优值, l_{xv}^{*i} 为属性 c_{xv} 下无法接受下限, l_{xv}^{*i} 为属性 c_{xv} 下无法接受上限。

2. 数据离散化

粗糙集理论方法在获取指标权重时对原始数据有一定的要求, 不能够直接对连续性数据进行计算, 需要对连续型数据进行离散化处理。根据食品安全风险评估指标体系, 获取的食品安全风险评估原始数据都是连续型的数据, 需要对原始数据进行离散化处理。本文采用的是等距离法, 对原始数据进行离散化处理。基本步骤如下:

(1) 属性 c_x 在离散化时的取值区间长度计算为:

$$l_x^* = \frac{\max(l_x^i) - \min(l_x^i)}{m} \quad (1)$$

其中, l_x^* 为区间的长度, $\max(\widetilde{l_x^i})$ 为属性 c_x 中的最大评分值, $\min(\widetilde{l_x^i})$ 为属性 c_x 中的最小评分值, m 为设定的离散化区间数目。

(2) 对于对象 u_i , 在属性 c_x 下的离散化结果计算为:

$$t_x^i = \left\lceil \frac{l_x^i - \min(l_x^i)}{l_x^*} \right\rceil \quad (2)$$

其中 t_x^i 为对于对象 u_i , 在属性 c_x 下取值的离散化结果; $\lceil \cdot \rceil$ 表示向上取整。

3. 构建决策表

利用粗糙集理论对食品安全风险评估进行处理时, 第一步是要将连续型数据进行离散化处理, 当第一步的数据离散化处理完

以后,就要将原始的信息数据转换为粗糙集决策表 $S=(U, C, D, V, f)$, $U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 表示所有待评价对象的集合, $C=\{c_1, c_2, \dots, c_z\}$ 表示前文所构建的地方政府关于食品安全风险评估指标体系中的评价指标集合(即条件属性评价指标集), $D=\{y_1, y_2, \dots, y_r\}$ 表示待评价对象的评分值集合(即决策指标集), $V=\{v_1, v_2, \dots, v_l\}$ 表示评价指标值集合, f 表示各个待评价对象的评价值。

4. 获取权重值

本文利用粗糙集属性依赖度方法计算地方政府关于食品安全风险评估指标体系中的各指标的权重值。在利用粗糙集属性依赖度方法获取客观权重的过程中,在决策表分类能力不变的情形下,通过从决策表中依次剔除某个条件属性,并计算出在该条件属性缺失的情况下决策表分类能力的变化情况,就能够获取属性的重要度。基于粗糙集理论的地方政府对食品安全风险评估指标权重值的获取可以分为以下三步:

(1) 属性依赖度计算

通过以下公式计算出决策属性 D 对条件属性 C 的依赖程度:

$$I(D|C) = \frac{|Pos_C(D)|}{|U|} = \frac{\sum_{i=1}^m |Pos_C(y_i)|}{|U|}$$

然后,剔除某一条件属性 c_i 后,再计算出决策属性 D 对条件属性集 $C-c_i$ 的依赖程度:

$$I(D|C - \{c_i\}) = \frac{|Pos_{C-c_i}(D)|}{|U|} = \frac{\sum_{i=1}^m |Pos_{C-c_i}(y_i)|}{|U|}$$

(2) 计算各个指标的属性重要度

根据下面公式分别计算出第 i 个属性对 c_i 决策属性 D 在粗糙集意义下的重要度:

$$SGF(\{c_i\}) = I(D|C) - I(D|C - \{c_i\})$$

其中 $i=1, 2, \dots, m$ 为二级指标个数。

(3) 权重值计算

通过归一化和集中化处理计算出第 i 个条件属性的权重系数,即各个条件属性 c_i 的权重值:

$$\omega(c_i) = \frac{SGF(\{c_i\})}{\sum_{i=1}^m SGF(\{c_i\})}$$

5. 计算评估值

基于粗糙集理论的地方政府对食品安全风险评估的最后一步就是计算评价值并对评价对象进行排序,将前面步骤中所计算出来的结果,并依据以下计算公式分别计算出各个待评价对象的评价值结果。

$$K_i = \sum_{x=1}^z \omega(C_x) \times l_x^i$$

其中 K_i 为待评价对象的评价值, $i=1, 2, \dots, n$; l_x^i 为各个条件属性的评分值。

最后,对计算出的评价值结果进行排序。

6. 评价结果分析

基于粗糙集理论的地方政府对食品安全风险的评估在分别计算出各个待评价对象的评价值结果后,根据需要对地方政府关于食品安全风险评估的结果进行分析。

四、实证结果及分析

(一) 样本选取与数据来源

本文将湖南省常德市作为实证研究对象,选取食品安全风险指数指标,利用常德市工商部门现有的数据(1999—2016 年),对湖南省常德市食品安全风险要素进行分析,通过前文所建立的基于粗糙集理论的食品安全风险评估决策分析模型,来验证本文所建立的食品安全风险评估体系的合理性和粗糙集方法应用食品安全风险评估的科学有效性。

1999—2016 年湖南省常德市食品安全合格率历史统计数据如表 2 所示,记为: $U=(1999、2000、2001、2002、2003、2004、2005、2006、2007、2008、2009、2010、2012、2013、2014、2015、2016)=(u_1、u_2、u_3、u_4、u_5、u_6、u_7、u_8、u_9、u_{10}、u_{11}、u_{12}、u_{13}、u_{14}、u_{15}、u_{16}、u_{17}、u_{18})$;湖南省常德市食品安全风险评估指标体系记为: $C=(农药残留抽检合格率、兽药残留抽检合格率、微生物合格率、化学残留检测合格率、重金属检测合格率、食品添加剂检测合格率、食品包装检测合格率、食品技术创新检测合格率、营养品质合格率、食品生产经营单位经常性卫生监督合格率、食品卫生检测合格率)=(C_1、C_2、C_3、C_4、C_5、C_6、C_7、C_8、C_9、C_{10}、C_{11})$ 。

表 2 1999—2016 年湖南省常德市食品安全合格率(%)

指 标	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8	u_9	u_{10}	u_{11}	u_{12}	u_{13}	u_{14}	u_{15}	u_{16}	u_{17}	u_{18}

C ₁	86.8	87.5	89.8	98.3	81.5	93.19	99.2	98.5	82.2	87.6	87.6	97.7	98.2	97.2	87.3	98.2	82.6	88.6
C ₂	88.2	96.5	99.1	98.2	97.6	87.3	97.2	81.6	90.3	91.2	92.6	97.8	99.5	93.1	89.1	98.2	81.8	88.5
C ₃	87.3	89.6	95.3	81.5	99.2	99.3	99.4	88.1	82.5	87.7	82.3	98.5	99.2	97.8	82.2	90.5	90.8	98.4
C ₄	87.5	89.3	95.5	98.5	88.6	92.6	95.5	81.1	88.5	91.2	98.3	88.6	95.5	81.5	88.5	95.2	98.3	92.6
C ₅	99.4	98.6	98.2	81.8	88.8	97.5	89.5	99.1	98.5	99.2	85.3	99.4	92.1	82.5	93.7	93.3	88.5	98.5
C ₆	86.1	82.2	98.5	89.2	87.8	82.2	92.5	97.8	89.2	88.5	81.6	95.5	95.2	96.5	87.6	85.7	84.3	99.2
C ₇	85.5	99.1	98.5	87.2	98.3	82.6	89.5	98.5	98.5	88.5	98.6	92.6	95.5	82.5	99.2	87.8	92.2	98.5
C ₈	89.6	97.5	97.2	98.5	97.6	87.7	95.5	82.1	88.5	88.5	89.2	97.8	97.2	92.5	92.8	99.2	83.5	87.6
C ₉	81.8	99.1	81.5	89.5	99.1	88.5	99.2	99.3	99.4	88.5	95.2	88.5	98.2	82.5	98.5	95.2	95.5	92.2
C ₁₀	98.8	97.6	97.7	85.5	89.1	98.5	88.5	99.2	97.8	92.2	82.5	98.8	87.6	85.7	95.2	95.5	92.2	98.2
C ₁₁	96.2	89.3	91.5	96.3	88.9	94.2	92.8	97.8	89.5	89.3	89.6	96.5	90.4	95.3	88.7	90.5	91.6	97.2

湖南省常德市食品安全风险发生事故损失金额记为:C=(农药残留抽检不合格损失金额、兽药残留抽检不合格损失金额、微生物不合格损失金额、化学残留检测不合格损失金额、重金属检测不合格损失金额、食品添加剂检测不合格损失金额、食品包装检测不合格损失金额、食品技术创新检测不合格损失金额、营养品质不合格损失金额、食品生产经营单位经常性卫生监督不合格损失金额、食品卫生检测不合格损失金额)=(C₁、C₂、C₃、C₄、C₅、C₆、C₇、C₈、C₉、C₁₀、C₁₁)。见表3所示。

表3 1999—2016年湖南省常德市食品安全风险发生事故的损失金额(单位:万元)

指标	u ₁	u ₂	u ₃	u ₄	u ₅	u ₆	u ₇	u ₈	u ₉	u ₁₀	u ₁₁	u ₁₂	u ₁₃	u ₁₄	u ₁₅	u ₁₆	u ₁₇	u ₁₈
C ₁	26.5	22.7	14.3	15.7	18.8	30.3	27.4	28.1	23.5	25.6	18.4	41.3	25.4	30.1	18.3	28.6	33.4	36.3
C ₂	14.5	15.3	15.3	25.6	27.3	42.1	18.3	23.8	21.5	31.3	18.6	28.1	22.7	32.4	25.8	26.3	28.3	28.6
C ₃	20.6	26.2	22.1	23.8	31.4	19.9	29.5	10.9	25.6	42.5	19.3	23.8	31.6	25.6	24.6	18.7	25.6	23.8
C ₄	15.4	19.5	27.8	15.6	28.1	23.5	20.3	25.7	15.2	19.6	34.6	31.6	25.6	15.9	28.6	32.5	28.5	40.7
C ₅	18.3	29.8	18.3	16.6	23.8	21.5	32.4	11.5	15.2	25.8	22.5	28.6	24.3	24.3	25.3	19.4	22.4	35.7
C ₆	30.4	25.2	29.6	29.8	31.2	18.2	22.8	19.6	25.2	19.3	25.7	15.8	19.8	32.8	42.6	42.6	31.5	23.8
C ₇	25.8	20.7	22.7	15.2	19.6	25.3	24.7	32.5	23.6	32.0	19.6	32.5	23.6	27.7	19.3	25.6	19.6	31.2
C ₈	22.4	18.8	21.5	19.5	25.4	32.4	19.5	19.7	42.8	27.4	28.6	40.2	23.8	19.8	28.6	28.5	42.6	28.1
C ₉	19.5	22.3	34.3	25.3	26.2	42.6	25.3	26.2	42.3	18.7	30.1	38.3	32.5	25.6	29.7	38.4	35.4	12.5
C ₁₀	26.9	28.7	17.5	21.8	27.8	32.7	32.5	25.3	28.6	29.5	24.6	24.6	30.2	19.7	30.2	19.6	31.6	31.2
C ₁₁	18.6	18.3	24.3	22.6	25.3	20.3	28.7	28.9	38.3	20.3	35.8	25.9	25.6	19.4	25.6	25.8	32.4	36.0

根据食品安全风险发生频率标准的确定方法,依据食品安全风险发生频率的确定标准,计算1999—2016年湖南省常德市食品安全风险发生的频率,如表4所示。

表4 1999—2016年湖南省常德市食品安全风险发生的频率(%)

指标	u ₁	u ₂	u ₃	u ₄	u ₅	u ₆	u ₇	u ₈	u ₉	u ₁₀	u ₁₁	u ₁₂	u ₁₃	u ₁₄	u ₁₅	u ₁₆	u ₁₇	u ₁₈
C ₁	13.2	12.5	13.2	10.2	1.7	18.5	0.8	1.5	17.8	12.4	12.4	2.3	1.8	2.8	12.7	1.8	17.4	11.4
C ₂	11.8	3.5	11.8	0.9	1.8	2.4	2.8	18.4	9.7	8.8	7.4	2.2	0.5	6.9	10.9	1.8	18.2	11.5

c ₃	12.7	10.4	12.7	4.7	18.5	0.8	0.6	11.9	17.5	12.3	17.7	1.5	0.8	2.2	17.8	9.5	9.2	1.6
c ₄	12.5	10.7	12.5	4.5	1.5	11.4	4.5	18.9	11.5	8.8	1.7	11.4	4.5	18.5	11.5	4.8	1.7	7.4
c ₅	0.6	1.4	0.6	1.8	18.2	11.2	10.5	0.9	1.5	0.8	14.7	0.6	7.9	17.5	6.3	6.7	11.5	1.5
c ₆	13.9	17.8	13.9	1.5	10.8	12.2	7.5	2.2	10.8	11.5	18.4	4.5	4.8	3.5	12.4	14.3	15.7	0.8
c ₇	14.5	0.9	14.5	1.5	12.8	1.7	10.5	1.5	1.5	12.1	1.4	7.4	4.5	17.5	0.8	12.2	7.8	1.5
c ₈	10.4	2.5	10.4	2.8	1.5	2.4	4.5	17.9	11.5	12.7	10.8	2.2	2.8	7.5	7.2	0.8	16.5	12.4
c ₉	18.2	0.9	18.2	18.5	10.5	0.9	0.8	0.7	0.6	11.5	4.8	11.5	1.8	17.5	1.5	4.8	4.5	7.8
c ₁₀	1.2	2.4	1.2	2.3	14.5	10.9	11.5	0.8	2.2	7.8	17.5	1.2	12.4	14.3	4.8	4.5	7.8	1.8
c ₁₁	3.8	10.7	8.5	8.5	11.1	5.8	7.2	2.2	10.5	10.7	10.4	3.5	9.6	4.7	11.3	9.5	8.4	2.8

(二) 食品安全风险的综合评估

1. 数据离散化处理

根据表 3 中所示的 1999—2016 年湖南省常德市食品安全风险发生事故的损失金额和表 4 中所示的 1999—2016 年湖南省常德市食品安全风险发生的频率,从而来计算 1999—2016 年湖南省常德市食品安全风险值。如表 5 所示:

表 5 1999—2016 年湖南省常德市食品安全风险值

指标	u ₁	u ₂	u ₃	u ₄	u ₅	u ₆	u ₇	u ₈	u ₉	u ₁₀	u ₁₁	u ₁₂	u ₁₃	u ₁₄	u ₁₅	u ₁₆	u ₁₇	u ₁₈
c ₁	349.8	284.3	188.8	160.1	32.0	559.6	21.9	42.2	418.3	317.9	227.7	95.0	45.8	84.3	231.8	51.5	581.5	413.8
c ₂	171.1	53.6	180.5	23.0	49.1	101.0	51.2	437.9	208.4	275.0	137.9	61.8	11.3	223.8	281.5	47.4	515.2	329.0
c ₃	261.6	272.3	280.7	112.0	580.5	15.9	17.7	129.7	448.7	522.8	340.9	35.7	25.3	56.3	437.9	177.2	235.5	38.1
c ₄	192.5	208.7	348.0	70.2	42.2	267.9	91.4	486.1	174.8	172.7	58.8	360.0	115.3	293.4	328.9	156.0	48.5	301.0
c ₅	11.0	41.7	11.0	29.9	433.2	240.6	340.0	10.4	22.8	20.7	330.8	17.1	192.1	425.4	159.6	129.7	257.1	53.5
c ₆	422.6	448.6	410.7	44.7	337.0	222.0	171.0	43.2	272.2	222.3	472.5	116.1	95.0	114.9	527.7	609.3	494.9	19.0
c ₇	374.1	18.6	329.6	22.8	251.3	43.0	259.4	48.8	35.3	367.4	27.4	240.2	106.1	484.4	15.5	312.1	152.7	46.8
c ₈	232.5	47.0	223.6	54.7	38.0	77.8	87.8	352.3	492.2	315.1	308.7	88.4	66.6	148.5	206.2	22.8	702.9	348.4
c ₉	354.9	20.1	624.6	468.1	275.0	38.3	20.2	18.3	25.4	215.4	144.7	440.7	58.5	447.1	44.5	184.5	159.3	331.5
c ₁₀	32.3	68.8	21.0	50.1	403.1	356.4	373.8	20.2	62.8	230.1	430.5	29.6	374.7	281.4	144.7	133.3	246.6	56.2
c ₁₁	70.7	195.8	206.6	192.1	281.1	117.8	206.6	63.6	402.6	217.2	372.3	90.5	245.8	91.1	289.7	245.1	271.8	100.7

根据粗糙集理论的数据离散化方法,首先对获得的原始数据进行数据的一致化处理,再进行数据的离散化处理。本文将所获得的原始数据划分为 3 个离散化区间(80~86.67、86.67~93.34、93.34~100),根据数据离散化处理的公式(1)和公式(2)计算得到的离散化处理结果,如表 6 所示。

表 6 1999—2016 年湖南省常德市食品安全风险指标数据离散化结果

指标	u ₁	u ₂	u ₃	u ₄	u ₅	u ₆	u ₇	u ₈	u ₉	u ₁₀	u ₁₁	u ₁₂	u ₁₃	u ₁₄	u ₁₅	u ₁₆	u ₁₇	u ₁₈
----	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

C ₁	2	2	2	3	1	2	3	3	1	2	3	3	3	3	2	3	1	2
C ₂	2	3	3	3	3	2	3	1	2	2	2	3	3	2	2	3	1	2
C ₃	2	2	3	1	3	3	3	2	1	2	1	3	3	3	1	2	2	3
C ₄	2	2	3	3	2	3	3	1	2	2	3	2	3	1	2	3	3	2
C ₅	3	3	3	1	2	3	2	3	3	3	1	3	2	1	3	3	2	3
C ₆	2	1	3	2	2	1	3	3	2	2	1	3	3	3	2	1	1	3
C ₇	2	3	3	2	3	1	2	3	3	2	3	2	3	1	3	2	2	3
C ₈	2	3	3	3	3	2	3	1	2	2	2	3	3	2	2	3	1	2
C ₉	1	3	1	2	3	2	3	3	3	2	3	2	3	1	3	3	3	2
C ₁₀	3	3	3	1	2	3	2	3	3	3	1	3	2	1	3	3	2	3
C ₁₁	2	1	2	3	2	3	3	1	2	2	1	2	2	2	3	3	3	2

2. 构建决策表

将湖南省常德市食品安全风险待评价年份记为: $U=(1999、2000、2001、2002、2003、2004、2005、2006、2007、2008、2009、2010、2012、2013、2014、2015、2016)=(u_1、u_2、u_3、u_4、u_5、u_6、u_7、u_8、u_9、u_{10}、u_{11}、u_{12}、u_{13}、u_{14}、u_{15}、u_{16}、u_{17}、u_{18})$ 。指标集记为: $C=(C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, C_{10}, C_{11})$ 。

根据湖南省常德市食品安全实际情况, 公众根据自己的客观感受对这 18 年来常德市食品安全风险发生的基本实际情况进行打分, 100 分表示非常满意, 0 分表示非常不满意, 计算的结果最终取平均值, 并依据文章中提出的离散化处理方法对公众的打分情况进行预处理(数据根据食监局的名义调查簿中获得), 同样划分为三个离散化区间, 如表 7 所示。

表 7 湖南省常德市食品安全决策表

指标	u ₁	u ₂	u ₃	u ₄	u ₅	u ₆	u ₇	u ₈	u ₉	u ₁₀	u ₁₁	u ₁₂	u ₁₃	u ₁₄	u ₁₅	u ₁₆	u ₁₇	u ₁₈
C ₁	2	2	2	3	1	2	3	3	1	2	3	3	3	3	2	3	1	2
C ₂	2	3	3	3	3	2	3	1	2	2	2	3	3	2	2	3	1	2
C ₃	2	2	3	1	3	3	3	2	1	2	1	3	3	3	1	2	2	3
C ₄	2	2	3	3	2	3	3	1	2	2	3	2	3	1	2	3	3	2
C ₅	3	3	3	1	2	3	2	3	3	3	1	3	2	1	3	3	2	3
C ₆	2	1	3	2	2	1	3	3	2	2	1	3	3	3	2	1	1	3
C ₇	2	3	3	2	3	1	2	3	3	2	3	2	3	1	3	2	2	3
C ₈	2	3	3	3	3	2	3	1	2	2	2	3	3	2	2	3	1	2
C ₉	1	3	1	2	3	2	3	3	3	2	3	2	3	1	3	3	3	2
C ₁₀	1	3	3	1	2	3	2	3	3	3	1	3	2	1	3	3	2	3
C ₁₁	1	2	2	1	3	1	2	1	3	2	2	1	1	3	3	3	1	2

3. 获取权重值

本文采用粗糙集属性依赖度方法计算地方政府关于食品安全风险评估指标体系中的各指标的权重值, 根据算法可得:

$$\begin{aligned}
U/IND(C) &= \{\{1\}, \{2\}, \{3\}, \{4\}, \{5\}, \{6\}, \\
&\{7\}, \{8\}, \{9\}, \{10\}, \{11\}, \{12\}, \{13\}, \{14\}, \\
&\{15\}, \{16\}, \{17\}, \{18\}\}, \\
U/IND(D) &= \{\{1,4,6,8,12,13,17\}, \{2,3,7, \\
&10,11,18\}, \{5,9,14,15,16\}\}. \\
Pos_c(D) &= 1, I(D | C) = 1.
\end{aligned}$$

根据粗糙集评估方法的基本步骤, 计算每一个食品安全评估指标的权重值, 就是计算该指标对决策指标的重要性, 即每次从决策表中剔除一个指标, 计算剔除该指标后决策表分类能力的变化情况。首先剔除指标 c_1 , 得到的决策表如表 8 所示。

表 8 约简指标 c_1 后的决策表

指标	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8	u_9	u_{10}	u_{11}	u_{12}	u_{13}	u_{14}	u_{15}	u_{16}	u_{17}	u_{18}
c_2	2	3	3	3	3	2	3	1	2	2	2	3	3	2	2	3	1	2
c_3	2	2	3	1	3	3	3	2	1	2	1	3	3	3	1	2	2	3
c_4	2	2	3	3	2	3	3	1	2	2	3	2	3	1	2	3	3	2
c_5	3	3	3	1	2	3	2	3	3	3	1	3	2	1	3	3	2	3
c_6	2	1	3	2	2	1	3	3	2	2	1	3	3	3	2	1	1	3
c_7	2	3	3	2	3	1	2	3	3	2	3	2	3	1	3	2	2	3
c_8	2	3	3	3	3	2	3	1	2	2	2	3	3	2	2	3	1	2
c_9	1	3	1	2	3	2	3	3	3	2	3	2	3	1	3	3	3	2
c_{10}	3	3	3	1	2	3	2	3	3	3	1	3	2	1	3	3	2	3
c_{11}	1	2	2	1	3	1	2	1	3	2	2	1	1	3	3	3	1	2

由表 7 所示, 根据算法可得:

$$\begin{aligned}
U/IND(C - \{c_1\}) &= \{\{1\}, \{2\}, \{3\}, \{4\}, \{5\}, \\
&\{6\}, \{7\}, \{8\}, \{9, 15\}, \{10\}, \{11\}, \{12\}, \\
&\{13\}, \{14\}, \{16\}, \{17\}, \{18\}\}, \\
I(D | C - \{c_1\}) &= \frac{8}{9}
\end{aligned}$$

计算得到对 c_1 决策指标的重要度为:

$$SGF(\{c_1\}) = I(D|C) - I(D|C - \{c_1\}) = \frac{1}{9} \\ = 0.111$$

同理可得：

$$SGF(\{c_2\}) = 0.222, SGF(\{c_3\}) = \\ 0.333, SGF(\{c_4\}) = 0.111, \\ SGF(\{c_5\}) = 0.256, SGF(\{c_6\}) = 0.167, \\ SGF(\{c_7\}) = 0, \\ SGF(\{c_8\}) = 0.111, SGF(\{c_9\}) = 0.111, \\ SGF(\{c_{10}\}) = 0, SGF(\{c_{11}\}) = 0.135$$

根据计算结果可知, 地方政府关于食品安全风险评估指标体系中的食品包装检测合格率(c_7)、食品生产经营活动卫生监督合格率(c_{10})均属于冗余属性, 根据粗糙集理论方法, 应去除这 2 个冗余指标。通过归一化处理得到除冗余指标外的所有指标权重值为:

$$\omega(c_1) = 0.071, \omega(c_2) = 0.141, \omega(c_3) = 0. \\ 212, \omega(c_4) = 0.071, \\ \omega(c_5) = 0.163, \omega(c_6) = 0.106, \omega(c_7) = 0. \\ 000, \omega(c_8) = 0.071 \\ \omega(c_9) = 0.080, \omega(c_{10}) = 0.000, \omega(c_{11}) = \\ 0.086$$

4. 评价值计算

按照上述计算方法, 对湖南省 1999—2016 年常德市食品安全指标进行计算, 得出常德市食品安全风险评价值, 风险评价值越高, 风险越大, 食品安全问题就越突出。评价的具体结果如表 9 所示。为表达其波动性和趋势性, 将表 9 评价结果绘制成图 1 常德市食品安全评价结果趋势图。

表 9 1999—2016 年湖南省常德市食品安全风险评价结果

年份	评价值	年份	评价值
----	-----	----	-----

1999	98.9660	2008	80.1200
2000	97.7730	2009	76.3520
2001	92.6170	2010	77.9140
2002	87.8280	2011	75.5900
2003	88.5760	2012	72.1080
2004	86.4450	2013	78.1080
2005	82.1410	2014	78.2080
2006	79.2960	2015	70.1080
2007	78.9290	2016	71.1080

5. 食品安全风险评估结果分析

将表 9 中的常德市风险评价结果数据绘制成风险评价结果趋势图,如图 1 所示。由图可以看出,1999—2016 年常德市食品安全风险评价值持续波动下降,具有三个三年快速下降和三个两年小幅度回升的波动特征,但是波动下降过程中小幅度的上升程度不足以拉回下降幅度。

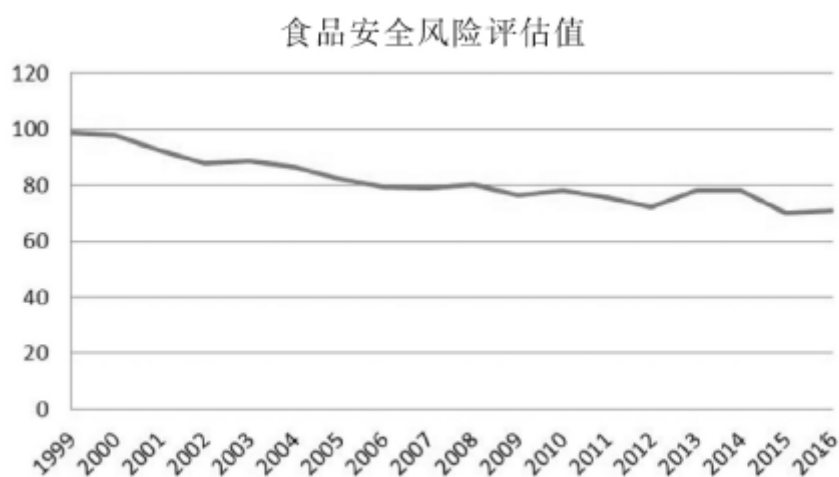


图 1 1999—2016 年湖南省常德市食品安全风险评价值结果趋势图

从 1999—2016 年湖南省常德市食品安全风险评价值结果趋势图可知,可以把湖南省常德市食品安全风险结果大致划分为两个阶段。第一阶段,在 2008 年及以前,常德市食品安全风险评估值都在 80 分以上,得出比较高的风险值与社会经济发展水平和地区环境具有重要的联系。第二阶段在 2008 年及以后,所得出的风险值都在 80 分以下,所产生较低的风险值与政府监督以及食品经营管理水平的提高分不开,从而产生不同的风险结果。

五、结论与启示

首先,以湖南省常德市为例,依据地方政府对食品安全风险的抽检以及实地调查结果,和所提供的食品安全风险发生的频率的具体数据,识别出 1999—2016 年食品安全风险要素。从食品的生产、流通、销售三个环节进行分析,构建了食品安全风险评估指标体系。湖南省常德市食品安全风险评估指标体系为: $C=(C_1、C_2、C_3、C_4、C_5、C_6、C_7、C_8、C_9、C_{10}、C_{11})$ 。具体如

表 10 所示。

表 10 1999—2016 年湖南省常德市食品安全的关键风险

年份	风险指标	年份	风险指标
u ₁	C ₁ C ₂ C ₃ C ₄ C ₆ C ₇ C ₈ C ₉	u ₁₀	C ₁ C ₆ C ₇ C ₈ C ₉ C ₁₁
u ₂	C ₁ C ₃ C ₄ C ₆ C ₁₁	u ₁₁	C ₁ C ₃ C ₅ C ₆ C ₈ C ₁₀ C ₁₁
u ₃	C ₁ C ₃ C ₄ C ₆ C ₇ C ₈ C ₉	u ₁₂	C ₄ C ₉
u ₄	C ₁ C ₉	u ₁₃	C ₁₀
u ₅	C ₃ C ₅ C ₆ C ₇ C ₉ C ₁₀ C ₁₁	u ₁₄	C ₁ C ₂ C ₃ C ₄ C ₆ C ₁₁
u ₆	C ₁ C ₄ C ₅ C ₆ C ₁₀	u ₁₅	C ₁ C ₂ C ₃ C ₄ C ₅ C ₆ C ₈ C ₁₀ C ₁₁
u ₇	C ₅ C ₇ C ₁₀	u ₁₆	C ₆ C ₇
u ₈	C ₂ C ₃ C ₄ C ₈	u ₁₇	C ₁ C ₂ C ₅ C ₆ C ₈
u ₉	C ₁ C ₃ C ₄ C ₆ C ₈ C ₁₁	u ₁₈	C ₁ C ₂ C ₈

其次,依据食品安全风险发生损失金额的具体数据,将食品安全风险损失金额大于 20 万元且风险发生的级别较为严重或者非常严重,确定为关键风险,从而识别出了湖南省常德市 1999—2016 年食品安全发生的关键风险要素。具体风险指标有农药残留抽检不合格风险、兽药残留抽检不合格风险、微生物不合格风险、化学残留检测不合格风险、重金属检测不合格风险、食品添加剂检测不合格风险、食品包装检测不合格风险、食品技术创新检测不合格风险、营养品质不合格风险、食品生产经营单位经常性卫生监督不合格风险和食品卫生监测不合格风险,如表 11 所示。

表 11 1999—2016 年湖南省常德市食品安全关键风险

年份	风险指标	年份	风险指标
u ₁	C ₁ C ₃ C ₆ C ₇ C ₈ C ₁₀	u ₁₀	C ₁ C ₂ C ₃ C ₅ C ₇ C ₈ C ₁₀ C ₁₁
u ₂	C ₁ C ₃ C ₅ C ₆ C ₇ C ₉ C ₁₀	u ₁₁	C ₄ C ₅ C ₆ C ₈ C ₉ C ₁₀ C ₁₁
u ₃	C ₃ C ₄ C ₆ C ₇ C ₈ C ₉ C ₁₁	u ₁₂	C ₁ C ₂ C ₃ C ₄ C ₅ C ₇ C ₈ C ₉ C ₁₀ C ₁₁
u ₄	C ₂ C ₃ C ₆ C ₉ C ₁₀ C ₁₁	u ₁₃	C ₁ C ₂ C ₃ C ₄ C ₅ C ₇ C ₈ C ₉ C ₁₀ C ₁₁
u ₅	C ₂ C ₃ C ₄ C ₅ C ₆ C ₈ C ₉ C ₁₀ C ₁₁	u ₁₄	C ₁ C ₂ C ₃ C ₅ C ₆ C ₇ C ₉
u ₆	C ₁ C ₂ C ₄ C ₅ C ₇ C ₈ C ₉ C ₁₀ C ₁₁	u ₁₅	C ₂ C ₃ C ₄ C ₅ C ₆ C ₈ C ₉ C ₁₀ C ₁₁
u ₇	C ₁ C ₃ C ₄ C ₅ C ₆ C ₇ C ₉ C ₁₀ C ₁₁	u ₁₆	C ₁ C ₂ C ₄ C ₆ C ₇ C ₈ C ₉ C ₁₁
u ₈	C ₁ C ₂ C ₄ C ₇ C ₉ C ₁₀ C ₁₁	u ₁₇	C ₁ C ₂ C ₃ C ₅ C ₆ C ₈ C ₉ C ₁₀ C ₁₁
u ₉	C ₁ C ₂ C ₃ C ₆ C ₇ C ₈ C ₉ C ₁₀ C ₁₁	u ₁₈	C ₁ C ₂ C ₃ C ₄ C ₅ C ₆ C ₇ C ₈ C ₁₀ C ₁₁

再次,食品安全风险的发生是一个系统和动态的过程,在不同地区、不同年份、不同季节都具有一定的差异性。因此,地方政府如何有效地识别与防范食品安全风险是一个长期的复杂的系统工程。食品安全风险评估是食品安全风险识别与防范的核心环节,应对食品安全风险进行系统分析,通过一定的技术手段和途径识别、鉴定出食品生产、流通、消费不同环节中所蕴藏的各种风险,为实现食品安全风险有效防范提供理论依据。

最后,针对上述分析,新时代背景下如何实现食品安全风险的有效防范可以从以下几个方面入手:首先,不断完善地方政府食品安全风险防范责任主体,形成政府、市场和社会“共建、共享、共治”的全新社会治理格局。明确政府、市场以及社会组织在

食品安全事件中所承担的责任,全面落实责任到机构、责任到部门、责任到人。其次,完善食品安全风险预警防控体系。利用大数据的数据挖掘,数据分析等技术,加强对食品安全的风险识别,风险信息的全面监测,健全地方政府食品安全风险检测系统,完善地方政府食品安全风险评估机制以及食品安全风险应急管理机制等。再次,加强食品安全风险监管力度。从食品生产源头上开始着手,严格执行国家食品生产、加工相关标准和要求,保证食品生产、加工过程不出任何问题。采用实地调查,不定期抽检等方式,杜绝食品消费环节的安全事件的发生,以维护社会的安全与团结,保障为人民提供安全的食品,从而满足广大人民对美好幸福生活的追求。最后,加大对食品安全事件的惩罚措施。行政执法部门要依据食品安全事故产生的损失和社会危害程度,制定不同的整治措施,针对不同安全事件进行不同程度的惩罚。此外,要做好预防措施,加强行政监督,将食品安全事件的各种隐患消除在萌芽状态,防止安全事件的蔓延,从而对食品安全事件做好全面的防范。

参考文献:

- [1] 邓柯, 陈孟裕, 金锋, 焦阳, 丛林晔, 罗季阳, 殷杰. 中国进口食品安全风险评估的统计学方法[J]. 数理统计与管理, 2016(05).
- [2] 宋世勇. 论我国食品安全风险交流制度的立法完善[J]. 法学杂志, 2017(03).
- [3] 朱淀, 洪小娟. 2006—2012 年间中国食品安全风险评估与风险特征研究[J]. 中国农村观察, 2014(02).
- [4] 严防严管严控食品安全风险保证广大人民群众吃得放心安心[N]. 人民日报, 2017-01-04(001).
- [5] 《中华人民共和国食品安全法》第十六条.
- [6] Hobbs J E, Young L M . Closer Vertical Coordination in Agrifood Supply Chains: A Conceptual Framework and Some Preliminary Evidence[J]. Supply Chain Management, 2000(3).
- [7] Dupuy C, Botta Genoulaz V, Guinet A. Batch Dispersion Model to Optimise Traceability in Food Industry [J]. Journal of Food Engineering, 2005(3).
- [8] PA Luning, WJ Marcelis, et al. Systematic Assessment of Core Assurance Activities in a Company Specific Food Safety Management System[J]. Trends in Food Science & Technology, 2009(7).
- [9] Henson S, Hooker N H. Private Sector Management of Food Safety: Public Regulation and the Role of Private Controls[J]. International Food and Agribusiness Management Review, 2001(1).
- [10] Garcia Martinez Marian, Fearn Andrew, Caswell Julie A, et al. Coregulation as a Possible Model for Food Safety Governance: Opportunities for Public Private Partnerships[J]. Food Policy, 2007(3).
- [11] Li Qin. A Effective Way to Improve the Performance of Food Safety Governance Based on Cooperative Game[J]. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 2010(1).