

杨怀珍,胡葛君. 基于事故树与贝叶斯网络的农产品供应链风险评估[J]. 江苏农业科学,2020,48(5):304-310.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.05.058

# 基于事故树与贝叶斯网络的农产品供应链风险评估

杨怀珍, 胡葛君

(桂林电子科技大学商学院,广西桂林 541001)

**摘要:**为了探究物联网模式下农产品供应链的风险影响程度,提升农产品供应链整体水平。基于物联网层次模型结合农产品供应链风险影响因素,以农产品供应链的风险因素为研究对象,以事故树模型为基础,构建基于事故树模型的风险因素树形图,并将其映射为贝叶斯网络,通过结合专家给出的风险影响因素值进行三角模糊数处理来降低人为因素的影响,最终通过正向、反向推理分析各基本事件的重要度并进行排序,有效定量评估各事件的风险性,并找出最薄弱的环节,进而提出针对性的改善措施。结果表明,将事故树模型引入农产品供应链进行研究,对比单一事故树分析,此方法可以提高评估的可信度和客观度,对物联网模式下农产品供应链的风险评估具有一定的理论和实用价值。

**关键词:**物联网;事故树;贝叶斯网络;农产品供应链;风险评估;重要度

**中图分类号:** F252      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2020)05-0304-06

近年来,由于食品安全体制的不健全导致的食品质量安全问题时有发生,而农产品作为供应链源头的食品,从田间到餐桌的整个流程都受到了人们的广泛关注<sup>[1]</sup>,对农产品供应链造成了重要影响。农产品在供应链中占有重要的位置,一旦出现安全问题就会给供应链带来毁灭性的破坏,并对农产品经济造成重大损失。为解决农产品质量安全问题,保障农产品质量,构建全面有效的农产品供应链安全体系,将物联网技术应用到农产品供应链安全体系中并已取得较好的成效。例如,天津市无公害农产品管理中心建立“放心菜”质量安全与追溯系统,实现了生产可控、安全可管、产品可溯的质量标准,以模拟模型技术、移动互联网技术、在线监测技术、安全生产技术等为支撑,建设“放心菜”基地管理系统、质量安全监管系统、质量安全追溯系统和信息服务平台的四级监管网络,技术成果已达到国际先进水平,有效保障了农产品质量安全。物联网技术的出现很大程度上实现了人们对农产品质量安全的

监控,大大提升了安全控制效率,使得传统农产品风险得到有效的降低,但是由于物联网技术处于发展阶段,技术还不成熟,给农产品供应链带来了新的风险。因此,国内外学者对如何解决物联网技术给农产品供应链带来的风险进行了深入研究,综合已有研究成果可知,针对事故诱发因素的影响程度的分析方法主要有3种:第一,基于统计分析数据运用概率分析方法进行研究。Yan等利用供应链风险扩散收敛模型,确定能够度量农业供应链风险波动的定量指标,对物联网下农业供应链模型得出的问题进行分析,进而提出风险管理措施<sup>[2]</sup>。颜波等从信息技术角度出发,以农产品为研究对象,分析供应链流程以及物联网技术在各环节的具体应用,提出基于物联网技术的农产品质量安全可追溯性的解决方案<sup>[3]</sup>。张旭梅等针对“互联网+”环境下生鲜农产品供应链线上线下(O2O)商业模式,从价值主张、核心资源、关键流程、盈利模式4个方面对其进行研究<sup>[4]</sup>。第二,基于安全系统工程理论致因原理,构建下层指标体系,用层次分析方法研究。陈秉恒等应用层次分析法对国内外物联网在农产品供应链安全管理中的应用进行研究,并总结出我国农产品供应链安全监管存在的主要问题及其成因<sup>[5]</sup>。Wang等克服逼近理想解排序法(TOPSIS法)权重主观上受到影响的问题,将改进的熵值法与TOPSIS法相结合,分析生鲜农产品供应链风险评价<sup>[6]</sup>。Zhao等在分析实际农业供应链网络的拓

收稿日期:2018-10-21

基金项目:广西壮族自治区人文社会科学规划项目(编号:15BGL010);桂林电子科技大学研究生教育创新计划(编号:2018YJCX103)。

作者简介:杨怀珍(1972—),女,广西桂林人,硕士,教授,主要从事物流与供应链管理、电子商务研究。

通信作者:胡葛君,硕士研究生,主要从事物流与供应链管理研究。

E-mail:857116744@qq.com。

扑结构和构件特性的基础上,建立风险在网络及其拓扑演化中的动态模型,并给出稳态解<sup>[7]</sup>。王玉霞通过物联网、云计算技术对生鲜农产品中存在的问题进行有效的分析<sup>[8]</sup>。刘鹏将物联网技术运用到生鲜农产品流通中,并探讨能否提升生鲜农产品流通效率与质量安全问题<sup>[9]</sup>。喻立认为,以物联网和云平台技术的农业大数据为服务平台,对构建科学高效的农产品种植与生产标准实现智能种植和质量溯源等重要功能是有帮助的<sup>[10]</sup>。第三,构建事故树或贝叶斯网络模型,对风险因素进行分析。马欣等以事故树模型为基础进行研究,得出事故树的最小割集与结构重要度,并确定了失效系统中的薄弱环节<sup>[11]</sup>。卜全民等对事故树分析法(FTA)的思路进行深入的理论分析,并对其主要的分析方法进行剖析,进而运用布尔代数法和相应规则得出有效的管控措施<sup>[12]</sup>。冯庚等将贝叶斯网络引入到事故树分析中,这弥补了事故树分析在风险分析中的不足和缺陷,并给出事故树到贝叶斯网络的映射法则<sup>[13]</sup>。王彦富等提出基于逻辑树和贝叶斯网络的概率分析模型,依据事故情况构建逻辑树,然后将逻辑树转化为贝叶斯网络,并根据确定的贝叶斯网络各节点的先验概率和条件概率进行风险评估<sup>[14-15]</sup>。上述分析方法中统计分析的结果常常局限于人为因素影响,层次分析模型很难准确地表达出节点之间的条件概率关系,而事故树模型可以将事故发生的原因以树形结构逐层表达,逻辑清晰明了,且在工业安全体系研究中事故树已经得到了广泛的应用,但事故树仅仅满足于对结构重要度的分析,对基本事件的重要度分析并不能明确表达。因此,在分析事故树影响因子的基础上,将其映射成贝叶斯网络,通过三角模糊数对基本事件的发生概率进行标定,用定量分析法得出基本事件的结构重要度、概率重要度和临界重要度,从而找出物联网模式下农产品供应链的薄弱环节,有助于进行有效改善,对农产品供应链安全体系的建立具有一定的现实意义。

## 1 影响因子分析

评估物联网模式下农产品供应链的风险,首先须要通过分析该过程中存在的风险因素构建事故树的影响因子。物联网环境下的农产品供应链是指在农产品的种植、采摘、生产、加工、包装、运输和销售的全过程中,采用物联网关键技术实现农产品

信息采集和信息融合,从而实现农户、生产加工商、物流运输中心、销售商、政府监督管理部门和消费者间信息共享的网络结构。该网络结构包括感知层、网络层和应用层,每个层次中均存在一定的风险因素。

确定风险类型的理化性质是构建事故树的基础。通过对已有成果的整理总结并结合参考文献[16]将危险因素分为4类16项:(1)感知层风险,包括误差风险、设备故障风险、配送风险、反应不及时风险;(2)网络层风险,包括网络不稳定风险、信息安全风险、互联网(IT)技术风险;(3)应用层风险,包括成本收益风险、需求波动风险、供应波动风险、外部运营风险、内部运营风险、政策法规风险、竞争风险;(4)其他风险,包括信誉风险和自然灾害。根据每类风险项所具备的作用、性质等理化性质不同,发生事故的类型和危害性也有差别。如网络层的目的是将感知层得到的数据经微处理并进行远距离传输,从而实现信息共享。但物联网技术在农产品供应链中的应用并不成熟且缺乏统一的标准,常常出现诸多问题,从而导致信息安全风险、IT技术风险和网络不稳定风险的产生(图1)。

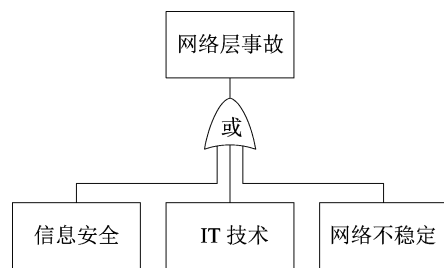


图1 因子及逻辑关系

因此,分析风险因子的理化性质,可构建顶层事故树并得到影响因子。

## 2 评估方法

采用贝叶斯网络分析物联网模式下农产品供应链的风险。为增加贝叶斯网络的有效性,通过影响因子构建事故树模型,将其映射为贝叶斯网络。通过对参考文献[17]的整理分析,得出事故树向贝叶斯网络转化的具体方法。通过对事件、逻辑门与节点之间的映射关系和与、或等逻辑关系与条件概率分布之间的映射关系,得出各基本事件的重要度指标。

### 2.1 贝叶斯网络

贝叶斯网络是一种用图的形式进行概率分析

的方法,将各不确定性事件的发生概率与各事件间的因果关系以图的形式表现出来。贝叶斯网络能够直接或间接地表达各基本事件之间的关系,得出基本事件之间的相关性。因此,运用贝叶斯网络理论对不确定性复杂问题有独特的优势。2001 年 Jensen 提出形象直观的描述性定义<sup>[18]</sup>。

定义:将满足以下 4 个条件的有向无环图称为贝叶斯网络。

(1)存在 1 个变量集  $V = \{x_i\}, i = 1, \dots, n$  以及变量对应节点之间有向边的集合  $E$ ; (2)每个变量都取有限个离散值; (3)由变量对应的节点和节点之间的有向边构成 1 个有向无环图  $J = (V, E)$ ; (4)每个节点  $x_i$  和其父节点集  $\Pi_i$  都对应 1 个条件概率分布表  $p = (x_i | \pi_i, J)$ , 而满足  $p(x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n p(x_i | \pi_i, J)$ 。其中:  $\pi_i$  是  $\Pi_i$  的配置。

根据定义表达的节点与其父节点的关联关系,可以推导出包含所有节点的联合概率分布函数。图 2 是一个简单的贝叶斯网络,包含所有节点的联合概率分布函数为

$$p(x_1, x_2, x_3, x_4) = p(x_4 | x_1, x_3) p(x_3 | x_1, x_2) p(x_2 | x_1) p(x_1). \quad (1)$$

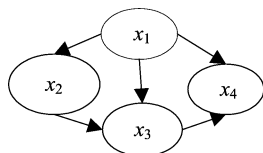


图2 简单的贝叶斯网络

联合概率分布函数表达所有节点之间的逻辑关系,是正反向推理计算顶事件( $T$ )发生概率和基本事件( $X_i$ )重要度的基础。

## 2.2 事故树向贝叶斯网络的映射

从上述定义可知,贝叶斯网络由 1 个有向无环图  $J$  和对应的条件概率表组成。事故树模型向贝叶斯网络映射时,贝叶斯网络的节点与事故树中事件逐一对应,构成有向无环图,条件概率关系则根据事故树的逻辑门确定。其中,与门、或门的映射关系见图 3、图 4。

## 2.3 求最小割集

事故树集合中能够导致顶事件发生的基本事件的集合被称为割集,当最小割集的数量为 1 时,表示顶事件发生的可能性只有 1 种,因此最小割集的数量决定顶事件发生可能性的数量。割集中的基本事件同时发生才能导致顶事件的发生,因此最小割集中基本事件的数量越少,同时发生的可能性

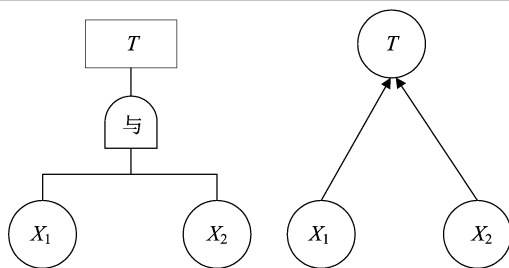


图3 与门的映射关系

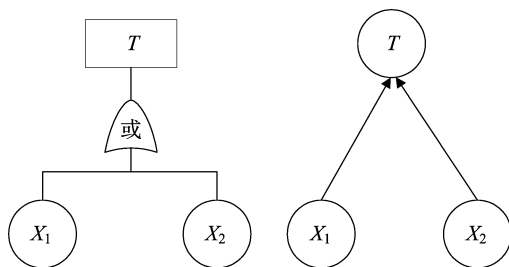


图4 或门的映射关系

越大。

在事故树中求解最小割集最常用的方法为布尔代数法,其步骤为:(1)列出事故树的布尔表达式,即从事事故树的第 1 层输入事件开始,“或门”的输入事件用逻辑加表示,“与门”的输入事件用逻辑积表示。(2)用第 2 层输入事件代替第 1 层,第 3 层输入事件代替第 2 层,直至事故树全体基本事件都代完为止。(3)布尔表达式整理后得到若干个交集的并集,每个交集就是 1 个割集,再利用布尔代数运算定律化简,就可以求出最小割集。

## 2.4 基本事件的重要度分析

2.4.1 结构重要度分析 结构重要度是指各基本事件的发生对顶事件发生的影响程度,且不用考虑概率是多少。最小割集中只存在 1 个基本事件时,结构重要度最大,存在多个基本事件时,各基本事件的结构重要度相等。而当最小割集中基本事件数量相同时,在不同的最小割集中出现次数越多,其结构重要度越大;当最小割集中基本事件的数量不同时,依据基本事件在最小割集中的出现次数决定其重要度,次数越多则结构重要度越大,当出现次数相同时,依据最小割集中基本事件数量决定,基本事件少的则其结构重要度大。计算公式如下:

$$I = 1 - \prod_{X_i \in K_j} \left(1 - \frac{1}{2^{n_j - 1}}\right). \quad (2)$$

式中: $I$  表示基本事件的结构重要度系数; $X_i \in K_j$  表示基本事件  $X_i$  属于最小割集  $K_j$ ;  $n_j$  表示第  $i$  个基本事件所在的最小割集的基本事件总数。

2.4.2 概率重要度分析 为了研究基本事件概率的增减对顶事件发生的影响程度,须要应用概率重要度分析。概率重要度系数就是顶事件发生概率对基本事件发生概率的变化率,以此来评定基本事件的概率重要度。计算公式如下:

$$I_{p(i)} = \frac{\partial Q}{\partial q_i} \circ \tag{3}$$

式中:Q 表示顶事件发生概率;q<sub>i</sub> 表示自变量。

2.4.3 基本事件临界重要度 顶事件发生概率的变化率与基本事件发生概率的变化率之比,即为基本事件的临界重要度。

$$C_{I_{p(i)}} = \frac{\partial P(T)/P(T)}{\partial P(X_i)/P(X_i)} = \frac{\partial (PT)}{\partial P(X_i)} \cdot \frac{P(X_i)}{P(T)} \circ \tag{4}$$

将概率重要度公式代入公式(4)中,得:

$$C_{I_{p(i)}} = I_{p(i)} P(X_i)/P(T) \circ \tag{5}$$

3 算例分析

以某物联网模式下生鲜农产品供应链的风险事故为例,依据上述评估方法建立事故树并转化为贝叶斯网络,并对各基本事件进行分析。

3.1 建立事故树

构建以农产品供应链安全风险事故为顶事件 的事故树模型进行风险分析。基于相关领域专家对其风险事件的评估分析,选取 16 个基本事件、4 个中间事件和 1 个顶事件(表 1)。

表 1 事故树事件

事件类型	编号	事件名称
顶事件	T	农产品供应链安全风险
中间事件	A <sub>1</sub>	可抗拒风险
	A <sub>2</sub>	不可抗拒风险
	A <sub>3</sub>	感知层风险
	A <sub>4</sub>	网络层风险
	A <sub>5</sub>	应用层风险
	A <sub>6</sub>	其他风险
	A <sub>7</sub>	设备故障
	A <sub>8</sub>	网络故障
	A <sub>9</sub>	运营风险
基本事件	X <sub>1</sub>	误差风险
	X <sub>2</sub>	设备故障风险
	X <sub>3</sub>	配送风险
	X <sub>4</sub>	反应不及时风险
	X <sub>5</sub>	网络不稳定风险
	X <sub>6</sub>	信息安全风险
	X <sub>7</sub>	IT 技术风险
	X <sub>8</sub>	成本收益风险
	X <sub>9</sub>	需求波动风险
	X <sub>10</sub>	供应波动风险
	X <sub>11</sub>	外部运营风险
	X <sub>12</sub>	内部运营风险
	X <sub>13</sub>	竞争风险
	X <sub>14</sub>	政策法规风险
	X <sub>15</sub>	信誉风险
	X <sub>16</sub>	自然灾害

通过对各基本事件的分类整合,得到风险事件 的事故树(图 5)。

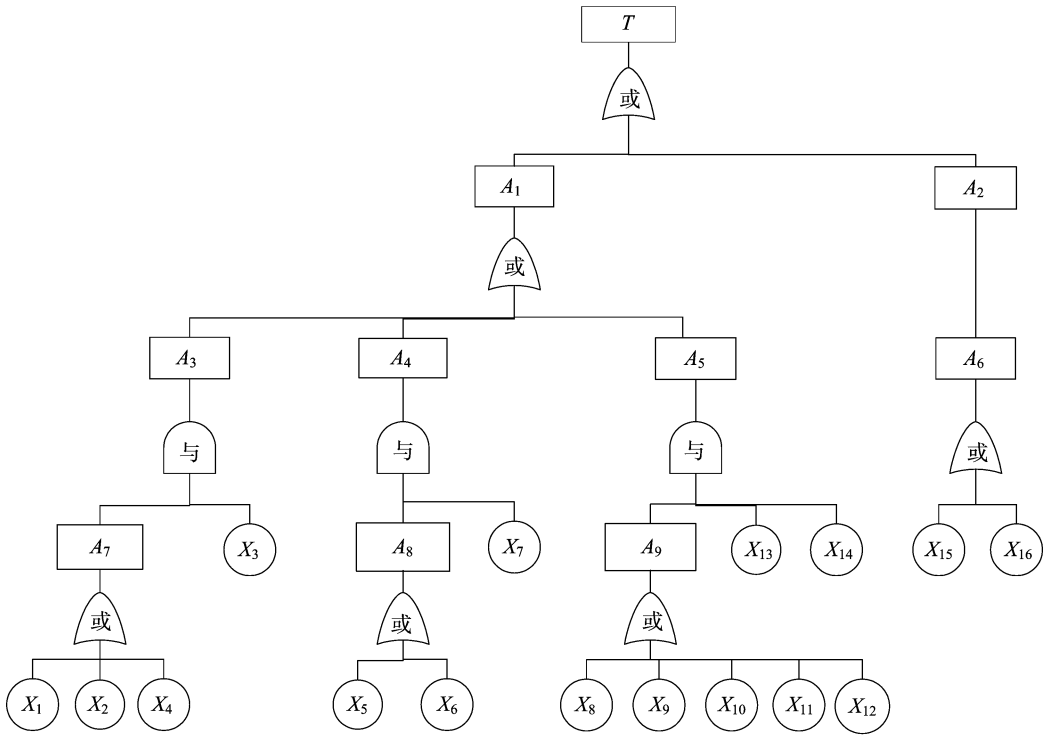


图5 事故树

### 3.2 将事故树映射成贝叶斯网络

根据“2.2”节提供的映射方法,将物联网模式

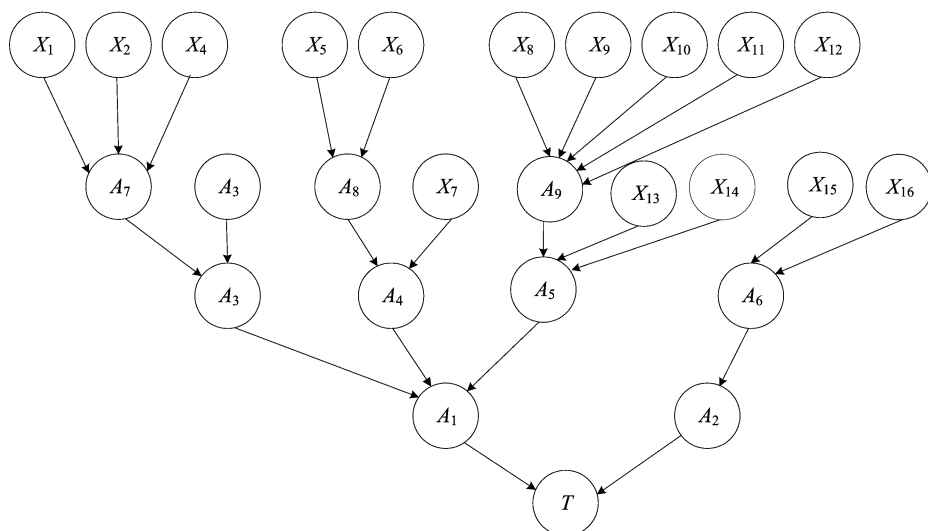


图6 故障树映射的贝叶斯网络

根据节点的逻辑关系,贝叶斯网络中包含的联合概率分布函数为

$$p(T, A_1, \dots, A_8, x_1, \dots, x_{16}) = p(T|A_1, A_2)p(A_1|A_3, A_4, A_5)p(A_2|A_6)p(A_3|A_7, x_3)p(A_4|A_8, x_7)p(A_5|A_9, x_{13}, x_{14})p(A_6|x_{15}, x_{16})p(A_7|x_1, x_2, x_4)p(A_8|x_5, x_6)p(A_9|x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12})p(x_1) \cdots p(x_{16})。$$

### 3.3 顶事件发生概率及重要度分析

由布尔代数法可以简化事故树并求出导致顶事件发生的最小割集(MCS)。

$$T = A_1 + A_2 = (A_3 + A_4 + A_5) + A_6 = A_7X_3 + A_8X_7 + A_9X_{13}X_{14} + X_{15} + X_{16} = X_1X_3 + X_2X_3 + X_4X_3 + X_5X_7 + X_6X_7 + X_8X_{13}X_{14} + X_9X_{13}X_{14} + X_{10}X_{13}X_{14} + X_{11}X_{13}X_{14} + X_{12}X_{13}X_{14} + X_{15} + X_{16}。$$

可见,导致物联网模式下农产品供应链发生风险的最小割集共有 12 个,即顶事件发生的途径只有 12 个,且要求每个最小割集中的所有基本事件同时发生。

根据基本事件的结构重要度公式可以计算出各基本事件的结构重要度:

$$I_{\varphi(1)} = I_{\varphi(2)} = I_{\varphi(4)} = I_{\varphi(5)} = I_{\varphi(6)} = 0.5;$$

$$I_{\varphi(3)} = I_{\varphi(7)} = 0.75;$$

$$I_{\varphi(8)} = I_{\varphi(9)} = I_{\varphi(10)} = I_{\varphi(11)} = I_{\varphi(12)} = 0.25;$$

$$I_{\varphi(13)} = I_{\varphi(14)} = 0.7627;$$

$$I_{\varphi(15)} = I_{\varphi(16)} = 1。$$

因此,各基本事件的重要度排序为: $I_{\varphi(15)} = I_{\varphi(16)} > I_{\varphi(13)} = I_{\varphi(14)} > I_{\varphi(3)} = I_{\varphi(7)} > I_{\varphi(1)} = I_{\varphi(2)} = I_{\varphi(4)} = I_{\varphi(5)} = I_{\varphi(6)} > I_{\varphi(8)} = I_{\varphi(9)} = I_{\varphi(10)} = I_{\varphi(11)} = I_{\varphi(12)}。$

下农产品供应链风险事故树映射成对应的贝叶斯网络(图6)。

通过计算得出各基本事件的结构重要度并进行排序可知,不可抗因素对结构重要度的影响最大,而传统的农产品供应链风险因素对结构的影响最小;除不可抗因素外,配送风险和 IT 技术风险对结构重要度的影响最大。

由于农产品供应链风险数据获取难度很大且数据不具备代表性,因此须要借助于群体决策法对农产品供应链风险因素进行判别,通过征询专家关于各个节点的条件概率,结合三角模糊数对相关数据进行处理。IPCC 采用七档分级的风险发生概率的语言变量来描述概率,各语言变量及其对应的概率与三角模糊数见表 2。

表 2 事件发生概率的语义值与相应的三角模糊数

概率范围	三角模糊数	表述语句
$\leq 1\%$	(0.0, 0.0, 0.1)	非常低
$> 1\% \sim 10\%$	(0.0, 0.1, 0.3)	低
$> 10\% \sim 33\%$	(0.1, 0.3, 0.5)	偏低
$> 33\% \sim 66\%$	(0.3, 0.5, 0.7)	中等
$> 66\% \sim 90\%$	(0.5, 0.7, 0.9)	偏高
$> 90\% \sim 99\%$	(0.7, 0.9, 1.0)	高
$> 99\%$	(0.9, 1.0, 1.0)	非常高

由表 2 可将条件概率表转化为三角模糊数。

$$P_{ij}^{-k} = (a_{ij}^k, m_{ij}^k, b_{ij}^k) (k=1, 2, \dots, q)。$$

节点  $X_i$  处于  $j$  状态的平均模糊概率为:

$$P_{ij}^{-k} = \frac{P_{ij}^{-1} + P_{ij}^{-2} + \dots + P_{ij}^{-q}}{q} = (a_{ij}', m_{ij}', b_{ij}')。$$

进一步通过均值面积法计算节点的精确概率,节点  $X_i$  处于  $j$  状态的精确概率为:

$$P_{ij}' = \frac{a_{ij}' + 2m_{ij}' + b_{ij}'}{4}。$$

通过归一化处理得到节点的条件概率值:

$$P = \frac{P_{ij}'}{\sum P_{ij}'}。$$

针对物联网模式下农产品供应链的风险问题,邀请 5 位相关领域的专家对供应链风险进行评估,通过对专家进行问卷调查,根据 IPCC 量表对各基本事件发生的概率进行客观评估,对结果进行加权平均,并对概率进行修改调整(表 3)。

表 3 基本事件失效概率

编号	事件名称	失效概率
$X_1$	误差风险	0.3
$X_2$	设备故障风险	0.4
$X_3$	配送风险	0.4
$X_4$	反应不及时风险	0.3
$X_5$	网络不稳定风险	0.3
$X_6$	信息安全风险	0.3
$X_7$	IT 技术风险	0.3
$X_8$	成本收益风险	0.2
$X_9$	需求波动风险	0.2
$X_{10}$	供应波动风险	0.2
$X_{11}$	外部运营风险	0.2
$X_{12}$	内部运营风险	0.2
$X_{13}$	竞争风险	0.2
$X_{14}$	政策法规风险	0.2
$X_{15}$	信誉风险	0.1
$X_{16}$	自然灾害	0.1

由表 3 可知,根据概率重要度公式可计算出顶事件的概率  $P(T) = 0.533$ 。根据临界重要度公式可以求出各基本事件的临界重要度并进行排序:

$$C_{I_{p(3)}} = 0.75 > C_{I_{p(7)}} = 0.337 > C_{I_{p(2)}} = 0.300 > C_{I_{p(1)}} = C_{I_{p(4)}} = 0.225 > C_{I_{p(15)}} = C_{I_{p(16)}} = 0.187 > C_{I_{p(5)}} = C_{I_{p(6)}} = 0.169 > C_{I_{p(14)}} = 0.075 > C_{I_{p(13)}} = 0.038 > C_{I_{p(8)}} = C_{I_{p(9)}} = C_{I_{p(10)}} = C_{I_{p(11)}} = C_{I_{p(12)}} = 0.008。$$

通过对各基本事件临界重要度的计算可知,当顶事件的概率  $P(T) = 0.533$  时,配送风险的临界重要度最大,IT 技术风险次之,而传统农产品供应链风险因素的临界重要度相等且最小。通过对比结构重要度和临界重要度可知,结构重要度受不可抗拒风险的影响较大,但该风险不受人为因素的控制,因此,临界重要度更好地体现了对结构重要度不足的弥补,确定了配送风险和 IT 技术风险对物联

网模式下农产品供应链的影响。比较结构重要度和临界重要度的风险影响程度可知,结构重要度对不可控事件造成的影响占比很大,而临界重要度很好地摒除了该缺陷,对结构重要度的不足作了很好的补充。综合结构重要度和临界重要度可知,传统农产品供应链风险因素在物联网模式下影响程度普遍较小,因此,可以证明物联网技术的运用使得农产品供应链的风险因素发生了偏移,传统风险因素对供应链的影响程度降低,物联网技术的影响因素成为该模式下的主要影响因素。

#### 4 结论

围绕物联网模式下农产品供应链的影响因子构建事故树并求出结构重要度,再将事故树映射成贝叶斯网络,运用三角模糊数计算出基本事件的概率重要度和临界重要度。通过定量评估 3 个指标的农产品供应链风险,可以弥补仅仅运用事故树进行定性分析的缺陷,更好地体现了基本事件对于顶事件发生的影响程度,从而可以更加有针对性地找出运输过程中的薄弱环节,对研究物联网技术为农产品供应链带来的风险具有一定的现实意义和实用价值。通过对结构重要度、概率重要度和临界重要度的计算,可以得出配送风险和 IT 技术风险为影响农产品供应链的主要影响因素,因此须要进一步加强农产品运输的监管,保证能够准时、及时送达。须要定期对相关设备进行检修,以保证该供应链条正常有序地运行,避免由技术问题带来的损失。

#### 参考文献:

- [1] 张东玲,高齐圣,杨泽慧. 农产品质量安全风险评估与预警模型:以山东省蔬菜出口示范基地为例[J]. 系统工程理论与实践, 2010,30(6):1125-1131.
- [2] Yan B, Wang X N, Shi P. Risk assessment and control of agricultural supply chains under internet of things[J]. Agrekon, 2017, 56(1): 1-12.
- [3] 颜波,王欣妮. 基于物联网的农产品质量安全监管体系研究[J]. 中国科技论坛, 2016(8):122-129.
- [4] 张旭梅,梁晓云,但斌. 考虑消费者便利性的“互联网+”生鲜农产品供应链 O2O 商业模式[J]. 当代经济管理, 2018, 40(1): 21-27.
- [5] 陈秉恒,钟涨宝. 基于物联网的农产品供应链安全监管问题研究[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2013(4):49-55.
- [6] Wang Y, Hao H X. Research on the supply chain risk assessment of the fresh agricultural products based on the improved toptsis algorithm[J]. Chemical Engineering Transactions, 2016, 51:445-450.
- [7] Zhao G, Gong S L, Yang Y B, et al. Model and dynamic behavior of

殷 婕,殷玉武. 基于层次分析法的农民专业合作社经营风险识别与防控[J]. 江苏农业科学,2020,48(5):310-316.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.05.059

# 基于层次分析法的农民专业合作社经营风险识别与防控

殷 婕<sup>1</sup>, 殷玉武<sup>2</sup>

(1. 河海大学公共管理学院, 江苏南京 210098; 2. 南京市动物疫病预防控制中心, 江苏南京 210012)

**摘要:**为识别与防控农民专业合作社经营风险,结合实地访谈调查,通过层次分析法(AHP)建立农民专业合作社风险指标评价体系,并运用德尔菲法收集专家关于农民专业合作社风险程度的意见,计算指标权重并排序。结果表明,一级指标风险重要性程度依次为经营管理风险、人员管理风险、技术风险、自然环境风险和经济风险;二级指标中合作社规章制度最为关键,而人员道德素质水平影响程度最小。提出建立“政府-农民专业合作社”二元结合风险防控框架,以促进合作社风险管理效率提升。

**关键词:**农民专业合作社;经营风险;风险识别;风险管控;AHP(层次分析法)

**中图分类号:** F321.42;F832.35 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)05-0310-07

截至2017年9月,全国农民专业合作社有193.3万家,入社农户超过1亿户,农民专业合作社已成为带农入市、为农服务、助农增收的主力军。党的十八届三中全会明确强调“允许农民专业合作社开展信用合作”。农业农村部在《特色农产品区域布局规划(2013—2020年)》中指出,要努力促进农民专业合作社规范化建设,不断增强农民专业合作社市场竞争能力,提高农民的市场主体地位。党的十九大报告中提出,要坚持农业农村优先发展,巩固和完善农村基本经营制度,保持土地承包关系稳定并长久不变。构建现代农业经营体系,发展多种形式适度规模经营,培育

新型农业经营主体。农民专业合作社的发展能够有效建立农产品规模化供销关系,提升农业发展质量;引导小农户进入现代农业发展轨道,是促进乡村治理改善和农村社会稳定的重要方式<sup>[1]</sup>。但由于我国农民专业合作社发展时间短、经验不足,且存在农业投资高、回报率低、受市场影响大等特性,农民专业合作社内部和外部均受到各种风险影响。加之农民专业合作社资金实力弱,抗风险能力小,风险极有可能给合作社及农民带来较大经济打击。因此合作社经营须要提升风险管理的意识和能力,加强风险管理。

## 1 文献综述

国外对于合作社经营的研究较为丰富,在风险识别、风险指标构建以及风险管控措施等方面均有研究成果。一是在风险识别上,Miller在研究合作社的风险时,通过对风险分类提出了风险感知模

收稿日期:2019-12-05

作者简介:殷 婕(1994—),女,江苏南京人,硕士研究生,主要从事组织经济和校友文化研究。E-mail:yj1994123@126.com。

通信作者:殷玉武,高级兽医师,主要从事畜禽养殖合作社和动物疫病防控研究。E-mail:1052994018@qq.com。

risk propagation in complex agricultural supply chain networks in china and their topological evolution [J]. Journal of Internet Technology,2016,3(17):483-493.

[8]王玉霞. 物联网时代大连鲜活农产品营销渠道模式创新途径与对策研究[J]. 辽东学院学报(社会科学版),2017,19(1):70-73.

[9]刘 鹏. 鲜活农产品物联网流通渠道发展探究[J]. 改革与战略,2017,33(6):103-106.

[10]喻 立. 物联网技术在农产品种植管理中的应用[J]. 清远职业技术学院学报,2018,11(1):24-27.

[11]马 欣,师统麾,薛 涛,等. 基于贝叶斯网络的LNG储罐泄漏事故树改进研究[J]. 现代化工,2017,37(4):179-182.

[12]卜全民,王涌涛,汪德耀. 事故树分析法的应用研究[J]. 西南石油大学学报,2007,29(4):141-144,200.

[13]冯 庚,蒋雨宏,范 路,等. 基于事故树分析与贝叶斯网络的土石坝风险分析[J]. 水力发电,2013,39(4):34-36,57.

[14]王彦富,李玉莲,张 彪,等. 基于逻辑树和贝叶斯网络的海洋平台火灾概率分析[J]. 安全与环境学报,2016,16(5):66-72.

[15]周建方,唐椿炎,许智勇. 贝叶斯网络在大坝风险分析中的应用[J]. 水力发电学报,2010,29(1):192-196.

[16]颜 波,石 平,丁德龙. 物联网环境下的农产品供应链风险评估与控制[J]. 管理工程学报,2014,28(3):196-202,173.

[17]杨能普,杨月芳,冯 伟. 基于模糊贝叶斯网络的铁路危险货物运输过程风险评估[J]. 铁道学报,2014,36(7):8-15.

[18]王双成. 贝叶斯网络学习、推理与应用[M]. 上海:立信会计出版社,2010.