

基于熵权法与灰色关联分析法的 冷链物流闭环管理风险评价

闫莹

(上海第二工业大学,上海 200120)

[摘要]从新冠肺炎疫情下冷链物流闭环管理的角度出发,基于当前冷链物流发展的背景与特点,识别出冷链物流闭环管理下的风险因素,并使用熵权法确定其权重,使用灰色关联分析法判断被识别出的风险因素与冷链物流风险的关联程度,进行风险评价研究,为未来冷链物流行业闭环管理的发展建设提供相关建议。

[关键词]冷链物流;闭环管理;风险评价;熵权法;灰色关联分析法

[中图分类号]F252

[文献标识码]A

[文章编号]1005-152X(2021)11-0048-06

Risk Evaluation in Closed-loop Management of Cold Chain Logistics Based on Entropy Weighting and Grey Relational Analysis

YAN Ying

(Shanghai Second Polytechnic University, Shanghai 200120, China)

Abstract: From the perspective of closed-loop management of cold chain logistics in context of the COVID-19 pandemic, and based on the characteristics of cold chain logistics at the current stage, we identified the risk factors in the closed-loop management of cold chain logistics, and used the entropy weight method to weight them and the gray relational analysis method to judge the degree of correlation between the factors and the risk of cold chain logistic. Through this research, we purported to provide some relevant suggestions for the development and construction of the closed-loop management system of the cold chain logistics industry in the future.

Keywords: cold chain logistics; closed-loop management; risk evaluation; entropy weight method; grey relational analysis

0 引言

我国居民人均收入不断增长,消费者需求不断提升,人们对于食品的保鲜以及安全意识也在不断提高,我国冷链物流行业快速发展。但自全球新冠疫情爆发以来,有关冷链物流食品安全的问题却被频繁曝光。据新闻报道,从巴西进口的冻鸡翅、从厄瓜多尔进口的冻虾、大众所食用的进口车厘子等食品均被检测出携带新冠病毒,引发了大家对冷链物流安全的关注,政府对于冷链物流服务也加强了管控。

为降低进口冷链食品的疫情输入风险,各级政

府决定按照科学防控、精准防控、人物同防、闭环管理的原则在冷链物流中实行闭环管理,综合应用现代信息技术,建立健全“冷链物流信息追溯平台”,对各个环节进行精确记录,严格落实产品追溯主体责任,保证所经营的进口冷链食品全部实现追溯,从而有效锁定产品问题的相应环节并保证产品的质量安全管理,及时遏制病毒传播^[1]。上海市率先响应并试运行了“沪冷链”信息化系统,通过追溯口岸查验点的查验信息、运输提货点的提货数据、交通运输数据、存放点的进出货追溯信息以及中转查验库的消杀和核酸检测等数据信息,实现冷链物流过程中信息的透明化与可追溯化^[2]。

[收稿日期]2021-06-02

[作者简介]闫莹(1998-),女,江苏徐州人,上海第二工业大学在读硕士,研究方向:循环经济。

但是由于信息系统的建设成本较高,我国经济发展具有区域不平衡性,导致目前很多省市并未完全落实信息系统的建设,使政府在疫情期间对冷链物流产品的监督管理受限。在落实冷链物流闭环管理的实践应用中,也存在很多风险因素的影响,包括信息的采集流动、各企业的配合程度、政府所给予的支持以及对问题信息处理体系的完善等。本文基于当前冷链物流闭环管理的建设,结合未来的发展趋势,分析各风险因素及相互关联程度,为日后加快完善冷链物流体系建设、促进冷链物流行业的发展提供相关建议。

1 冷链物流闭环管理下的风险因素识别

通过对冷链物流知识的学习以及文献阅读,结合当前冷链物流闭环管理发展的背景,在对相关专家咨询后,本着科学性、可获得性、典型性和代表性的原则,确定了本文研究冷链物流风险的三个一级指标:信息流动风险、闭环反馈风险、组织管理风险,和九个二级指标,最终构建冷链物流闭环管理的风险评价指标体系,如图1所示。

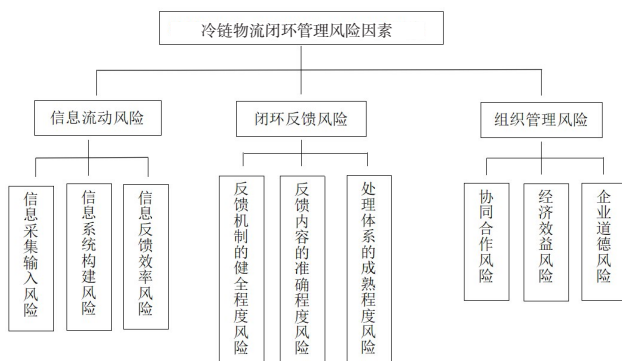


图1 风险评价指标体系

1.1 信息流动风险

学者黄有方曾指出,疫情发生的突然性与持久性促使我们必须要考虑冷链中有关产品质量监管问题,其中涉及到流程的管理以及采样的技术,包括采样的密度、动态的采样等^[3]。在实际应用过程中,冷链物流的优化虽确保了监管的有效性,但同时也使冷链物流的信息网络更加复杂化,从数据的采集、传输、存储、反馈、处理和共享等各环节,威胁因素复杂

交织,从而造成信息流动风险。其中,信息采集输入风险主要是指由于人工操作误差或者采集样本方法不合理、采集步骤不规范所导致的风险。全程可追溯系统不仅需要较高的技术水平支持,还需要各企业以及政府的配合,涉及面的扩大增大了信息追溯系统构建的风险。信息反馈效率风险指信息反馈过程中可能会受到系统瘫痪、数据丢失等各种不确定因素的影响,导致无法及时读取数据信息,从而影响信息的反馈效率,造成信息的滞后^[4],给闭环管理造成一定的风险影响。

1.2 闭环反馈风险

闭环管理实质上是一个综合的闭环系统,是集封闭原理、管理控制、信息系统等原理而形成的一种针对冷链物流的管理过程,信息的实时化与可追溯化使得冷链物流过程得到有效反馈与保障,但在闭环反馈的过程中又受到很多因素的影响。本文在研究时,将闭环反馈风险分为三个指标:反馈内容的准确程度风险、反馈机制的健全程度风险、处理体系的成熟程度风险。反馈内容的准确程度风险一方面受人工信息采集风险的影响,另一方面受信息存储、内部系统处理误差的影响。反馈机制的健全程度受组织间的沟通和信息流通效率的影响,反馈机制缺失或不健全,必然会造成信息不对称,导致信息链异常,由此可能会引发连锁式危机,阻碍闭环管理过程。处理体系的完善程度指信息反馈后处理主体的责任分配与处理问题效率等一系列体系的成熟程度,完善反馈结果后的处理体系问题是闭环反馈中的风险之一。

1.3 组织管理风险

组织管理风险是指冷链物流在闭环管理下,由于组织管理工作过程中存在种种不稳定的因素,从而对闭环管理工作的开展与组织统筹方面带来一定的风险影响。本文在研究时主要将组织管理风险分为三个具体指标:协同合作风险、经济效益风险、企业道德风险。协同合作风险指企业间面临着不同的技术标准与硬件环境^[6]以及不同的价值文化,从而导

致各组织在协同合作、资源共享以及风险把控上易出现分歧,造成风险影响。经济效益风险指各参与主体在投入人力、物力、财力、时间等成本后,增加了企业运营负担,造成企业内部财务收支杠杆不平衡或者经济效益降低,影响企业全面开展闭环管理的进程。企业道德风险是指企业为追求自身利益最大化而不择手段,出现虚报、谎报、欺骗等道德败坏行为,从而引发道德风险。

2 评价方法

目前,风险管理研究中最常用的方法有主成分法、AHP层次分析法、熵权法等,通过大量文献阅读可发现,大多数学者的研究方法较为单一,且无法全面研究各影响因素之间的关系。本文在借鉴众多学者研究方法的基础上,采用熵权法与灰色关联度分析法相结合的方式,利用熵权法测算其风险指标权重,再利用灰色关联度测度各风险因素间的关联度,对冷链物流闭环管理下的各风险因素进行评价。

2.1 熵权法

熵权法是根据各指标的变异程度,利用信息熵计算出各指标熵权的一种方法。根据信息论,信息能够度量一个系统的有序程度,而熵能够度量系统的无序程度。在通常情况下,如果某个指标的信息熵越小,那么该指标的变异程度就越大,其所含的信息量就越多,在综合评价中所起的作用越大,其权重也越大^[7]。熵权法的一般计算流程如下:

(1)构建指标数据矩阵:

$$A = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{pmatrix} \quad (1)$$

(2)数据标准化处理。对数据进行无量纲处理,将不同量纲的指标同量纲化。

若指标为正向指标,其公式为:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (2)$$

若指标为负向指标,其公式为:

$$x'_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (3)$$

(3)计算第j项指标下第i个方案占该指标的比重:

$$P_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^n x'_{ij}} \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m) \quad (4)$$

(4)计算第j项指标熵值:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (5)$$

其中 $k = \frac{1}{\ln(m)} > 0, 0 \leq e_j \leq 1$

(5)计算第j项指标差异系数:

$$g_j = 1 - e_j \quad (6)$$

(6)计算权重:

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (7)$$

2.2 灰色关联度分析法

关联度是指两个不同的系统或者不同的因素随时间或者其他对象变化时关联程度大小的度量,如果两个因素的变化趋势是同方向的,则说明了两者的关联度较高,反之则较低,这种方法称为灰色关联度分析法(Grey Relation Analysis, GRA)。通过灰色关联度分析,能够得出研究对象与各识别因素之间贴近程度的关联度值,然后通过比较各关联度的大小来判断识别因素与研究对象的影响程度^[7-9]。灰色关联度分析法的计算流程如下:

(1)确定参考数列与比较数列。本文所选取的指标是用以评价冷链闭环管理过程,因此,各指标评价值越大则表明其对评价目标的风险性影响就越大,现以每组评价项的最大值作为“参考值”,形成参考数列 X_0 :

$$X_0 = (x_0(1), \dots, x_0(n)) \quad (8)$$

比较数列:

$$X_i = (x_i(1), \dots, x_i(n)) \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (9)$$

(2)数据无量纲化处理。本文在对数据无量纲化处理时,采用的是标准化法,标准化法的计算公式

为:

$$x_i(k) = \frac{x_i'(k)}{\sum_{k=1}^m x_i'(k)} \quad (10)$$

(3)计算差序列:

$$\Delta_i(k) = |x_0'(k) - x_i'(k)| \quad (11)$$

(4)计算灰色关联系数:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k \Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)} \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad (12)$$

其中, ρ 为分辨系数, $\rho \in (0, 1)$, ρ 数值越小, 关联系数间差异性越大, 区分能力越强, 通常 $\rho = 0.5$ 。

(5)计算灰色关联度:

$$\gamma_i = \sum_{k=1}^n w_k \xi_i(k) \quad (13)$$

当 $0 \leq \gamma_i \leq 0.35$ 时, 其关联性较弱; 当 $0.35 \leq \gamma_i \leq 0.65$ 时, 其关联性适中; 当关联度值 $\gamma_i > 0.65$ 时, 其指标的关联性较强。

3 数据计算及建议

3.1 数据来源及统计

本文通过调查问卷的形式, 邀请五位物流领域的专家对文中构建的冷链物流闭环管理风险指标因素进行打分, 采用0-10打分制, 其中各数值所表示的风险程度见表1。

表1 打分制法各分值表示程度

分值	风险程度
[0,3)	低风险
[3,5)	较低风险
[5,7)	一般风险
[7,9)	较高风险
[9,10)	高风险

将专家打分结果进行统计, 见表2。

3.2 熵权法评价

3.2.1 数据标准化。对各指标的统计评分进行数值标准化处理, 本文研究的各项指标均为正向指标, 即其数值越大则对于所研究的冷链物流闭环管理下的风险影响越大, 运用公式(2)极差标准化法对上述指

标评分表进行数据标准化处理, 使各数值保持在0-1之间, 当计算结果为0时, 自动加0.001对0值进行处理, 其处理结果见表3。

表2 指标评分表

指标	评分				
	7	8	6	5	6
信息流动风险	7	8	6	5	6
闭环反馈风险	8	7	6	7	6
组织管理风险	7	5	5	6	7
信息采集输入风险	8	7	9	8	7
信息系统构建风险	7	7	6	7	6
信息反馈效率风险	6	8	7	6	8
反馈机制的健全程度风险	5	7	6	7	8
反馈内容的准确程度风险	8	6	5	7	6
处理体系的成熟程度风险	7	5	5	6	7
协同合作风险	8	7	7	6	7
经济效益风险	8	7	8	6	7
企业道德风险	7	5	6	7	7

表3 数据标准化

指标	标准化处理结果				
	0.667	1	0.333	0.001	0.333
信息流动风险	0.667	1	0.333	0.001	0.333
闭环反馈风险	1	0.5	0.001	0.5	0.001
组织管理风险	1	0.001	0.001	0.5	1
信息采集输入风险	0.5	0.001	1	0.5	0.001
信息系统构建风险	1	1	0.001	1	0.001
信息反馈效率风险	0.001	1	0.5	0.001	1
反馈机制的健全程度风险	0.001	0.667	0.333	0.667	1
反馈内容的准确程度风险	1	0.333	0.001	0.667	0.333
处理体系的成熟程度风险	1	0.001	0.001	0.5	1
协同合作风险	1	0.5	0.5	0.001	0.5
经济效益风险	1	0.5	1	0.001	0.5
企业道德风险	1	0.001	0.5	1	1

3.2.2 熵权法权重计算。根据图1指标体系框架, 利用公式(4)-公式(7)对各指标分层分体系计算其权重, 其结果见表4-表7。

表4 一级指标熵权法计算权重结果

指标	信息流动风险	闭环反馈风险	组织管理风险
信息熵 e_i	0.809 3	0.679 1	0.682 8
权重 w_i	0.230 1	0.387 3	0.382 7

3.3 灰色关联度评价

3.3.1 根据公式(8)-公式(12)求得各风险指标的关联系数, 见表8。

表5 信息流动风险下二级指标熵权法
计算权重结果

指标	信息采集输入风险	信息系统构建风险	信息反馈效率风险
信息熵 e_i	0.679 1	0.705 5	0.682 8
权重 w_i	0.341 4	0.315 8	0.340 1

表6 闭环反馈风险下二级指标熵权法
计算权重结果

指标	反馈机制的健全程度风险	反馈内容的准确程度风险	处理体系的成熟程度风险
信息熵 e_i	0.834 0	0.809 3	0.682 8
权重 w_i	0.246 3	0.283 0	0.470 7

表7 组织管理风险下二级指标熵权法
计算权重结果

指标	协同合作风险	经济效益风险	企业道德风险
信息熵 e_i	0.841 4	0.838 1	0.850 1
权重 w_i	0.337 1	0.344 2	0.318 7

表8 关联系数

指标	关联系数 $\xi_i(k)$					
	信息流动风险	闭环反馈风险	组织管理风险	信息采集输入风险	信息系统构建风险	信息反馈效率风险
信息流动风险	0.889	0.500	0.571	0.421	0.800	0.800
闭环反馈风险	0.680	0.630	0.739	0.708	0.607	0.607
组织管理风险	0.714	0.333	1.000	0.833	0.417	0.417
信息采集输入风险	1.000	0.837	0.958	1.000	0.837	0.837
信息系统构建风险	0.805	0.805	0.510	0.805	0.897	0.897
信息反馈效率风险	0.678	0.552	0.752	0.678	0.552	0.552
反馈机制的健全程度风险	0.333	0.667	0.700	0.667	0.636	0.636
反馈内容的准确程度风险	0.560	0.836	0.772	0.593	0.505	0.505
处理体系的成熟程度风险	0.761	0.560	1.000	0.864	0.761	0.761
协同合作风险	0.659	0.679	0.581	0.555	0.679	0.679
经济效益风险	0.864	0.875	0.846	0.487	0.875	0.875
企业道德风险	1.000	0.385	0.421	0.413	0.413	0.413

3.3.2 将表8的关联系数与熵权法求得权重相结合,利用公式(13),求得各指标的关联度,见表9。

表9 各指标关联度

指标	信息流动风险	闭环反馈风险	组织管理风险	信息采集输入风险	信息系统构建风险	信息反馈效率风险
关联度 γ_i	0.230 1	0.387 3	0.382 7	0.341 4	0.315 8	0.340 1
指标	反馈机制的健全程度风险	反馈内容的准确程度风险	处理体系的成熟程度风险	协同合作风险	经济效益风险	企业道德风险
关联度 γ_i	0.246 3	0.283 0	0.470 7	0.337 1	0.344 2	0.318 7

3.4 结果评价与建议

将上述计算结果整理得各级指标权重与关联度,见表10。

根据所使用的模型原理可知,指标的权重越大,

表10 各级指标权重与关联度

	一级指标	权重 ω_i	关联度 γ_i	二级指标	权重 ω_i	关联度 γ_i
	冷链物流闭环管理下的风险评价指标	信息流动风险	0.230 1	0.636	信息采集输入风险	0.341 4
信息系统构建风险					0.315 8	0.764
信息反馈效率风险					0.340 1	0.642
闭环反馈风险		0.387 3	0.673	反馈机制的健全程度风险	0.246 3	0.601
				反馈内容的准确程度风险	0.283 0	0.653
				处理体系的成熟程度风险	0.470 7	0.789
组织管理风险		0.382 7	0.660	协同合作风险	0.337 1	0.638
				经济效益风险	0.344 2	0.786
				企业道德风险	0.318 7	0.526

其在风险影响中所占的比重就越大;指标的灰色关联度数值越大,则其与评价冷链物流闭环管理下的风险因素关联程度越大,即说明其对冷链物流闭环管理过程所造成的风险性越大。

从一级指标的权重占比来看,闭环反馈风险与组织管理风险的占比相对较大,信息流动风险占比相对较小,这也反映了目前我国科学技术在不断进步,我国冷链物流行业正朝着自动化方向发展,但是在闭环反馈与组织管理方向尚不完善。从灰色关联度也可以看出,闭环反馈风险、组织管理风险与闭环管理的风险关联度较强,进一步验证了评价指标的合理性。

从二级指标的权重占比来看,信息流动风险中二级指标风险的权重相对较平均,但其中信息采集输入风险对信息流动的风险关联性较强,说明了信息的采集输入过程对于冷链物流闭环管理具有重要的意义,同时也是造成闭环管理下风险的重要来源之一。因此,各企业要不断提升技术水平,加大科学技术在作业中的应用范围,加强信息取样采集各个环节的管理,提升数据的信度和效度;在数据的处理上,降低人工输入、处理数据的频次,减少因人工操作失误而带来的影响,从而有效规避信息流动过程中的风险。

在闭环反馈风险中,处理体系的成熟程度占的权重最大,其关联度也是最大的,说明目前处理体系相对还不完善,后续应该加大对企业责任主体的管