

文章编号:1671-1556(2020)01-0118-08

基于集成 DEMATEL-ISM 的生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素研究

刘明菲,陈 威

(武汉理工大学管理学院,湖北 武汉 430070)

摘 要: 为有效降低生鲜冷链前置仓物流服务质量风险,提高运作效率,基于利益相关者理论,运用文献研究法和德尔菲法,提取生鲜冷链前置仓物流服务质量风险的 16 个影响因素,集成决策实验室分析法(DEMATEL)和解释结构模型(ISM),研究各个影响因素之间的递阶关系及其对生鲜冷链前置仓物流服务质量风险的影响程度,构建了生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的多层递阶结构模型。结果表明:在途生鲜农产品货损成本、配送准时性和生鲜农产品物流运作成本是生鲜冷链前置仓物流服务质量风险形成的核心因素。该研究可为生鲜冷链物流企业提高产品质量、降低物流服务质量风险和运作成本提供参考依据。

关键词: 生鲜冷链;前置仓;物流服务质量风险;影响因素;决策实验室分析法(DEMATEL);解释结构模型(ISM)

中图分类号:X913.4 文献标识码:A DOI:10.13578/j.cnki.issn.1671-1556.2020.01.018

Research on Risk Impacting Factors of Logistics Service Quality of Fresh Cold Chain Front Warehouse Based on DEMATEL-ISM Method

LIU Mingfei, CHEN Wei

(School of Management, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: In order to reduce the risk of logistics service quality of fresh cold chain front warehouse and improve operational efficiency, this paper reviews related literature and adopts Delphi method to extract 16 risk impacting factors on logistics service quality of fresh cold chain front warehouse based on the stakeholder theory. Integrating DEMATEL-ISM method, the paper studies the relationship between these indexes and their impacts on logistics service quality of fresh cold chain front warehouse. Finally, the paper constructs a multilevel structure model for risk impacting factors of logistics service quality of fresh cold chain front warehouse. The results show that the deterioration loss of fresh agricultural products in transit, the poor punctuality of delivery and the high operating cost of fresh cold chain logistics are the core impacting factors of logistics service quality of fresh cold chain front warehouse. The results could provide a reference for fresh cold chain logistics enterprises to improve their product quality and reduce logistics service quality risk and operation cost.

Key words: fresh cold chain; front warehouse; the risk of logistics service quality; impacting factor; DEMATEL method; ISM method

伴随着社会经济的发展,我国居民消费水平日渐提高,人民群众对生鲜农产品的需求节节攀升,每日优鲜、盒马鲜生、京东到家、本来生活、优品生鲜、顺丰优选、沱沱公社、1 号店等生鲜电商企业竞相出现,中国生鲜电商市场规模迅速扩大。据统计,自

2016 年起,我国生鲜电商行业保持着平均每年 40% 以上的增长率,2018 年市场交易规模达到 1 950 亿元,成为我国新零售模式发展中一股重要力量。2018 年 12 月,生鲜电商企业三巨头每日优鲜、京东到家和盒马鲜生分别达到了 478 万人次、353 万人

收稿日期:2019-05-25 修回日期:2019-12-18

基金项目:安全预警与应急联动技术湖北省协同创新中心开放课题项目(JD20160251)

作者简介:刘明菲(1963—),女,博士,教授,主要从事物流与供应链、市场营销等方面的研究。E-mail:liumingfei5223@163.com

次和 142 万人次的月活跃用户数。与此同时,以每日优鲜为代表的生鲜电商企业推出的前置仓模式,为用户构建了新的购买场景,实现了即时购物、极速配送的服务升级,进一步刺激着消费者的购买热情。

生鲜农产品具有保质期短、对储运技术要求高以及市场需求量大的特点^[1],生鲜冷链前置仓物流更是对生鲜农产品的保鲜性和配送的时效性提出了极其严格的要求^[2]。然而由于自然灾害、社会事件、政策变动以及农产品采收、加工、仓储、运输过程中的种种不确定性,并伴随着消费者日趋多样化和个性化的需求,给生鲜冷链物流的管理提出了严峻的挑战。长期以来,由于缺乏有效的质量风险监控和管理,生鲜农产品在物流配送过程中损失严重^[3],变质的生鲜农产品也会对消费者的身体健康造成损害,给生鲜电商企业带来损失,造成不良的社会影响。生鲜冷链前置仓物流服务质量风险的产生受到多方面因素的影响,如何有效识别其物流服务质量风险的影响因素并进行行之有效的管理已经成为业界和学界广泛关注的课题。Poel 等^[4]率先研究了前置仓对于顾客购买意愿的影响;伦墨华等^[5]详细分析了我国生鲜电商目前采用的前置仓模式中物流和信息流的流动,并指出了前置仓模式存在的优点;杜静^[6]在对目前生鲜电商采取的前置仓模式存在的高成本缺点进行详细分析的基础上,提出了相应的改革手段;谢芳等^[7]结合 AHP-FCE 综合评价法和 ABC 分类思想建立了电商企业前置仓货类选择模型,帮助电商企业更好地选择配置前置仓的货类,解决了前置仓货类选择问题。

本文以生鲜冷链前置仓物流为研究对象,基于利益相关者理论,运用决策实验室分析法(Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory, DEMATEL)分析了生鲜冷链前置仓物流服务质量风险各影响因素的重要程度,识别了各影响因素在其中的类别和作用^[8],并运用解释结构模型(Interpretative Structural Modeling, ISM)构建了生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的多层递阶结构模型,分析各个影响因素之间的递阶关系^[9],以期为生鲜电商企业提高生鲜冷链前置仓物流运作效率、降低物流服务质量风险提供理论依据。

1 生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的识别

1.1 生鲜冷链前置仓物流的相关研究

“前置仓”源于我国电商物流行业,是基于对于货

类货量的精准预测而建立起的距离消费者更近的小型仓储单位^[7,10]。前置仓一般依托于生鲜电商企业线下门店,建立在消费者集中的社区附近,扮演着物流作业“最后一公里”的重要角色。近年来互联网信息技术在物流业的广泛运用,使得前置仓物流的配送速度显著提高,而配送价格大幅度下降^[11],生鲜冷链物流技术的进步也实现了生鲜农产品的长距离运输。这些条件使得水果、蔬菜、肉、禽、蛋、奶以及海鲜水产等生鲜农产品的前置仓物流得到了快速发展。

生鲜冷链物流是涵盖了农产品从采收、加工、仓储、运输、分销和零售等环节,并始终处于适当低温控制环境下的特殊供应链系统^[12]。而生鲜冷链前置仓物流是指生鲜电商企业通过冷链将商品送入前置仓冷藏,收到订单后进行配装并配送至消费者家中的过程^[10,13],它强调生鲜农产品的拣货、配货、配装以及送达服务,是生鲜冷链物流的“最后一公里”末端环节^[14]。前置仓是生鲜冷链前置仓物流运作的中枢^[15],作为连接消费者与供应商的中介,前置仓按照用户订单指定的商品和时间要求进行货物分拣、制定配送路线,并调度配送员和冷藏车进行送货^[16]。生鲜冷链前置仓物流流程见图 1。

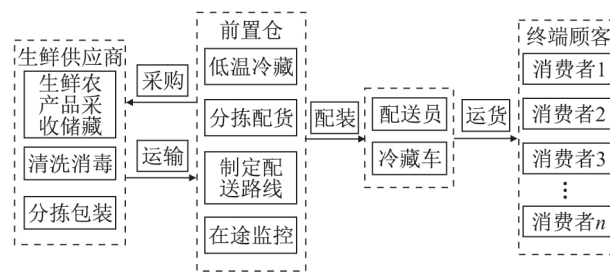


图 1 生鲜冷链前置仓物流流程图

Fig. 1 Flow chart of fresh cold chain front warehouse logistics

1.2 生鲜冷链前置仓物流服务质量风险的相关研究

国际标准化组织(ISO)将质量定义为“一组固有特性满足需求的能力”,因此学界对于质量的研究普遍从“固有特性”和“满足需求”两个角度出发。质量安全是指企业生产和提供的产品或服务由于固有特性的缺陷对消费者造成伤害的状态^[17]。在服务领域,服务质量是客户将预期的服务与实际感受到的服务进行对比的结果^[18],当企业物流运作环节的不确定性导致物流服务的固有特性无法满足消费者的需求,便会产生质量风险^[19],影响到企业目标的实现。物流服务质量 7Rs 理论指出,物流服务是在合适的时间、合适的地点以合适的价格和合适的方式向合适的客户提供合适的产品服务,以满足客

户合适的需求^[20]。目前包含了人员沟通质量、订单释放数量、信息质量、订购过程、订单精确性、货品完好度、货品质量、偏差处理和时间性 9 个维度的 LSQ 量表被广泛应用于物流服务质量的评价^[21]。生鲜冷链前置仓物流作为生鲜冷链物流的末端环节,其服务质量风险与生鲜冷链物流服务质量风险一致,来自于生鲜冷链系统的不确定性^[22],但由于前置仓物流更强调“最后一公里”的物流配送服务,因此其服务质量风险的识别也要符合前置仓物流自身的特点,需要进行更深入的研究。

1.3 生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的识别

根据消费者对生鲜冷链前置仓物流服务质量的有关评价与统计,结合对生鲜冷链前置仓物流流程的研究,本文总结并提炼了已有文献中涉及到的生鲜冷链物流和前置仓物流服务质量风险的影响因素,并参考 GB/T 24616—2009 和 GB/T 24617—2009 标准中对冷冻和冷藏食品仓储、运输提出的要求,采用 4M1E 法,即从人(Man)、机(Machine)、物(Material)、法(Method)、环(Environment)五个维度对生鲜冷链前置仓物流服务质量风险的影响因素进行了识别。“人”是指在生鲜冷链前置仓物流服务过程中的所有人员;“机”是指生鲜冷链前置仓物流服务过程中的设施和设备;“物”是指生鲜冷链前置仓物流服务过程中的生鲜农产品;“法”是指生鲜冷链前置仓物流服务过程中的管理制度和操作规章等;“环”是指影响生鲜冷链前置仓物流运作的内外部环境。生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素识别的鱼骨图如图 2 所示,整理后的生鲜冷链前置仓物流服务质量风险的影响因素如表 1 所示。

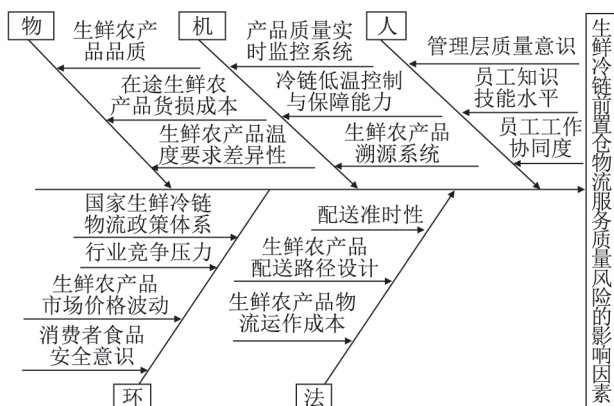


图 2 生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素识别的鱼骨图

Fig. 2 Fishbone diagram for risk impacting factors of logistics service quality of fresh cold chain front warehouse

表 1 生鲜冷链前置仓物流服务质量风险的影响因素

Table 1 Risk impacting factors of logistics service quality of fresh cold chain front warehouse

维度	风险因素(评价指标)	参考文献
人	管理层质量意识 Z_1	Joshi 等 ^[23]
	员工知识技能水平 Z_2	Diabat 等 ^[24]
	员工工作协同度 Z_3	Dani 等 ^[25]
机	产品质量实时监控系统 Z_4	徐宏峰等 ^[26] ; Kim 等 ^[27]
	冷链低温控制与保障能力 Z_5	Nodali 等 ^[28]
	生鲜农产品溯源系统 Z_6	Shankar 等 ^[29] ; 刘丽欣等 ^[30]
物	生鲜农产品品质 Z_7	颜波等 ^[31]
	在途生鲜农产品货损成本 Z_8	Tromp 等 ^[32]
	生鲜农产品温度要求差异性 Z_9	牟向伟等 ^[33]
法	生鲜农产品配送准时性 Z_{10}	Ghajargar 等 ^[34]
	生鲜农产品配送路径设计 Z_{11}	Hemmelmayr 等 ^[35] ; Huang 等 ^[36]
	生鲜农产品物流运作成本 Z_{12}	Yang 等 ^[37]
环	国家生鲜冷链物流政策体系 Z_{13}	刘明菲等 ^[38]
	行业竞争压力 Z_{14}	Mai 等 ^[39]
	生鲜农产品市场价格波动 Z_{15}	Macheka 等 ^[40]
	消费者食品安全意识 Z_{16}	Jevsnik 等 ^[41] ; Bosona 等 ^[42]

2 基于 DEMATEL-ISM 的生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素多层递阶结构模型的建立

基于上述识别出的生鲜冷链前置仓物流服务质量风险的影响因素,本文运用 DEMATEL 法分析了生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的重要程度,并运用 ISM 构建了生鲜冷链前置仓物流服务风险影响因素的多层递阶结构模型,用于分析各个影响因素之间的递阶关系,具体过程如下:

2.1 建立直接影响矩阵

将生鲜冷链前置仓物流服务质量风险评价指标记为 $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_{16}\}$,以 a_{ij} 指代 $Z_i (i=1, 2, \dots, 16)$ 与 $Z_j (j=1, 2, \dots, 16)$ 之间的关系,使用 0、1、2、3 分别指代因素 Z_i 对因素 Z_j 的影响强度,即:

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{无影响} \\ 1, & \text{低影响} \\ 2, & \text{中等影响} \\ 3, & \text{高影响} \end{cases} \quad (1)$$

可以得到生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的直接影响矩阵 A:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} \end{pmatrix} \quad (2)$$

利益相关者理论认为一个组织的决策和目标受到多个利益相关者认知的高度影响^[43],而利益相关者指能够影响或受组织目标实现影响的任何团体或个人^[44],因此本研究邀请 4 名物流与供应链管理方面的专家组成专家小组,分别代表不同的利益相关者,从生鲜电商企业经营目标实现的角度对各个影响因素之间的关系进行讨论并形成一致意见^[45]。根据专家意见建立生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的直接影响矩阵 A ,即 $A = (a_{ij})_{16 \times 16}$,见表 2。

2.2 建立综合影响矩阵

为求得生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的综合影响矩阵,需要由直接影响矩阵 A 按下式经过运算可以求得规范化矩阵 B :

$$B = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq 16} \sum_{j=1}^{16} a_{ij}} A \quad (3)$$

在得到规范化矩阵 B 的基础上,利用下式可求得生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的综合影响矩阵 C ,即 $C = (c_{ij})_{16 \times 16}$ (见表 3):

$$C = B(I - B)^{-1} \quad (4)$$

其中, I 为单位矩阵。

表 2 生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的直接影响矩阵 A

Table 2 Adjacent matrix A of risk impacting factors of logistics service quality of fresh cold chain front warehouse

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}	Z_{11}	Z_{12}	Z_{13}	Z_{14}	Z_{15}	Z_{16}
Z_1	0	0	0	3	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z_2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0	0	0
Z_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0
Z_4	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0
Z_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0
Z_6	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z_7	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0
Z_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z_9	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0
Z_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0
Z_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z_{13}	1	0	0	3	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0
Z_{15}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Z_{16}	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0

表 3 生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的综合影响矩阵 C

Table 3 Comprehensive influence matrix C of risk impacting factors of logistics service quality of fresh cold chain front warehouse

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}	Z_{11}	Z_{12}	Z_{13}	Z_{14}	Z_{15}	Z_{16}
Z_1	0.00	0.00	0.00	0.27	0.09	0.09	0.21	0.16	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Z_2	0.09	0.00	0.09	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.35	0.18	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
Z_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00
Z_4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Z_5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Z_6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.07	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Z_7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Z_8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Z_9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00
Z_{10}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Z_{11}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Z_{12}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Z_{13}	0.09	0.00	0.00	0.30	0.28	0.28	0.18	0.21	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Z_{14}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00
Z_{15}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00
Z_{16}	0.28	0.00	0.00	0.10	0.05	0.05	0.07	0.06	0.00	0.07	0.00	0.09	0.09	0.27	0.00	0.00

2.3 计算影响度、被影响度、原因度和中心度

将综合影响矩阵 C 中各行元素相加得到影响度 e_i ,将综合影响矩阵 C 中各列元素相加得到被影响度 f_i ,影响度与被影响度之差为原因度 y_i ,两者之和为中心度 z_i ,具体计算公式如下:

$$e_i = \sum_{j=1}^{16} c_{ij} (i = 1, 2, \dots, 16) \quad (5)$$

$$f_i = \sum_{j=1}^{16} c_{ji} (i = 1, 2, \dots, 16) \quad (6)$$

$$y_i = e_i - f_i (i = 1, 2, \dots, 16) \quad (7)$$

$$z_i = e_i + f_i (i = 1, 2, \dots, 16) \quad (8)$$

生鲜冷链前置仓物流服务质量风险各个影响因素的影响度、被影响度、中心度与原因度的具体计算结果,详见表 4。

表 4 生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的影响度、被影响度、原因度和中心度

Table 4 Influence degree, affected degree, cause degree and center degree of risk impacting factors of logistics service quality of fresh cold chain front warehouse

影响因素	影响度 e_i	被影响度 f_i	原因度 y_i	中心度 z_i
Z_1	0.87	0.46	0.41	1.33
Z_2	0.94	0.00	0.94	0.94
Z_3	0.55	0.09	0.46	0.64
Z_4	0.36	0.70	-0.34	1.06
Z_5	0.36	0.43	-0.07	0.79
Z_6	0.37	0.43	-0.06	0.80
Z_7	0.36	0.76	-0.40	1.12
Z_8	0.00	1.60	-1.60	1.60
Z_9	0.55	0.00	0.55	0.55
Z_{10}	0.00	1.24	-1.24	1.24
Z_{11}	0.45	0.18	0.27	0.63
Z_{12}	0.00	1.94	-1.94	1.94
Z_{13}	1.41	0.09	1.32	1.50
Z_{14}	0.55	0.28	0.28	0.82
Z_{15}	0.27	0.00	0.27	0.27
Z_{16}	1.15	0.00	1.15	1.15

中心度表示了各个影响因素的重要性程度。根据中心度值,可以绘制生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的重要性曲线,见图 3。

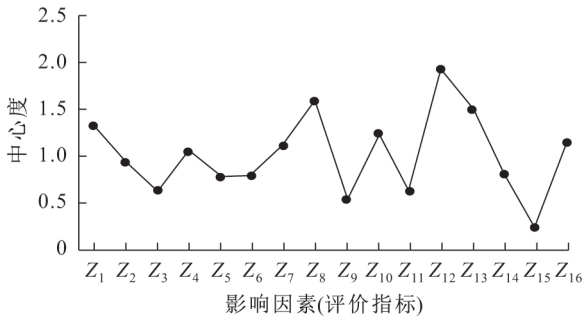


图 3 生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的重要性曲线

Fig. 3 Curve of risk impacting factors of logistics service quality of fresh cold chain front warehouse

由图 3 可见,对生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响较大的因素为生鲜农产品物流运作成本 Z_{12} 、在途生鲜农产品货损成本 Z_8 、国家生鲜冷链物流政策体系 Z_{13} ;其次为管理层质量意识 Z_1 、生鲜农产品配送准时性 Z_{10} 、消费者食品安全意识 Z_{16} 、生鲜农产品品质 Z_7 、产品质量实时监控系统 Z_4 ;最后为员工知识技能水平 Z_2 、行业竞争压力 Z_{14} 、生鲜农产品溯源系统 Z_6 、冷链低温控制与保障能力 Z_5 、生

鲜农产品配送路径设计 Z_{11} 、员工工作协同度 Z_3 、生鲜农产品温度要求差异性 Z_9 、生鲜农产品市场价格波动 Z_{15} 。

影响因素的原因度越大,则说明该因素为系统中的原因指标,而影响因素的原因度越小,则说明该因素为系统中的结果指标。根据原因度值,可以绘制生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的因果图,见图 4。

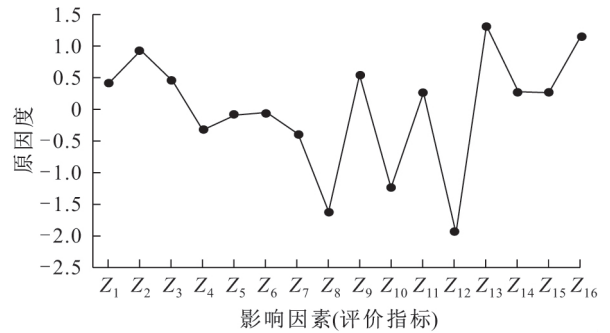


图 4 生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的因果图

Fig. 4 Diagram of risk impacting factors of logistics service quality of fresh cold chain front warehouse

由图 4 可见,国家生鲜冷链物流政策体系 Z_{13} 、消费者食品安全意识 Z_{16} 、员工知识技能水平 Z_2 、生鲜农产品温度要求差异性 Z_9 、员工工作协同度 Z_3 、管理层质量意识 Z_1 、行业竞争压力 Z_{14} 、生鲜农产品市场价格波动 Z_{15} 、生鲜农产品配送路径设计 Z_{11} 影响因素为生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素系统中的原因指标;生鲜农产品物流运作成本 Z_{12} 、在途生鲜农产品货损成本 Z_8 、生鲜农产品配送准时性 Z_{10} 、生鲜农产品品质 Z_7 、产品质量实时监控系统 Z_4 、冷链低温控制与保障能力 Z_5 、生鲜农产品溯源系统 Z_6 影响因素为生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素系统中的结果指标。

2. 4 建立可达矩阵

由于综合影响矩阵中缺乏因素对自身影响的考虑,因此需要通过下式求得系统整体影响矩阵 D :

$$D = I + C \tag{9}$$

根据系统整体影响矩阵 D 设置阈值 λ ,通过设置阈值 λ ,可以将影响较小的因素舍去,简化影响因素系统结构。然而阈值取值过大,系统结构过于简化,因素间的影响关系难以衡量;而阈值取值过小,系统结构过于复杂,因素间的影响关系也过于繁琐。故本文将阈值 λ 分别设置为 $\lambda = 0.05$ 、 $\lambda = 0.07$ 、 $\lambda = 0.10$ 和 $\lambda = 0.15$ 进行多次取值对比分析,并分别计

算不同阈值下各影响因素的节点度(见图 5),以期获得最优的系统结构。经过筛选,阈值取值为 $\lambda = 0.10$ 较为适合,按下式经过运算可以求得生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的可达矩阵 E (见表 5):

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & a_{ij} \geq \lambda \\ 0, & a_{ij} < \lambda \end{cases} \quad (i=1,2,\dots,16; j=1,2,\dots,16) \quad (10)$$

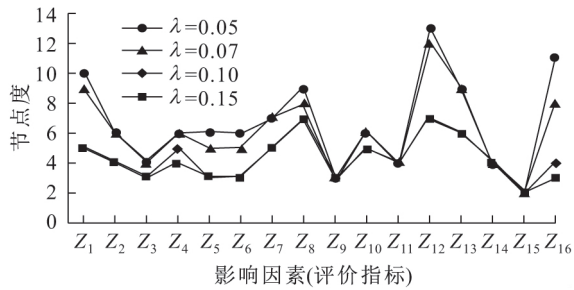


图 5 不同阈值下影响因素节点度的变化

Fig. 5 Variation of impacting factor node degree with different thresholds

表 5 生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的可达矩阵 E

Table 5 Reachability matrix E of risk impacting factors of logistics service quality of fresh cold chain front warehouse

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}	Z_{11}	Z_{12}	Z_{13}	Z_{14}	Z_{15}	Z_{16}
Z_1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Z_2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Z_3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Z_4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Z_5	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Z_6	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z_7	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Z_8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Z_9	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Z_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Z_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Z_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Z_{13}	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Z_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
Z_{15}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Z_{16}	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

2. 5 多层递阶结构模型的建立

由可达矩阵 E , 按照下面公式可以求得生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的可达集 $M(Z_i)$ 、先行集 $N(Z_i)$ 和共同集 $O(Z_i)$:

$$M(Z_i) = \{Z_j | a_{ij} = 1\} \quad (11)$$

$$N(Z_i) = \{Z_j | a_{ji} = 1\} \quad (12)$$

$$O(Z_i) = M(Z_i) \cap N(Z_i) \quad (13)$$

其中,可达集是在可达矩阵 E 中影响因素 Z_i 可以到达的所有影响因素构成的集合;先行集是在可达矩阵 E 中可以到达 Z_i 的所有影响因素构成的集合;共同集是可达集和先行集的交集。

以 L_i 指代第 i 层的影响因素,利用下式可以对可达矩阵 E 中各个影响因素进行层次划分:

$$L_i = \{Z_j | Z_j \in Z - L_0 - L_1 - \dots - L_{i-1}, M(Z_i) = O(Z_i)\} \quad (14)$$

求出的 L_1 为顶层指标, L_1 求出后将顶层指标从可达矩阵 E 中划除,得到矩阵 E_1 ,重复此过程,直至求得各层所有的影响因素。生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素对应的分配结果分别为: $L_1 = \{Z_8, Z_{10}, Z_{12}\}$, $L_2 = \{Z_3, Z_4, Z_5, Z_7, Z_9, Z_{11}, Z_{14}, Z_{15}\}$, $L_3 = \{Z_1, Z_2, Z_6\}$, $L_4 = \{Z_{13}, Z_{16}\}$ 。建立的生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的多层递阶结构模型,见图 6。

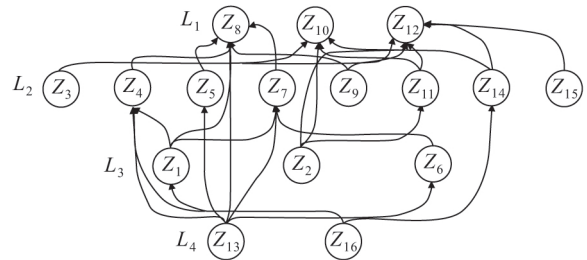


图 6 生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的多层递阶结构模型图

Fig. 6 Multilevel hierarchical structural model of risk impacting factors of logistics service quality of fresh cold chain front warehouse

2. 6 多层递阶结构模型的应用分析

由生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的多层递阶结构模型(见图 6)可知,生鲜冷链前置仓物流服务质量风险的影响因素共分为 4 个层级: L_1 层作为递阶层次模型的顶层,顶层指标包括在途生鲜农产品货损成本 Z_8 、生鲜农产品配送准时性 Z_{10} 和生鲜农产品物流运作成本 Z_{12} ,是形成生鲜冷链前置仓物流服务质量风险的直接层; L_2 层和 L_3 层作为递阶层次模型的中间层,是形成生鲜冷链前置仓物流服务质量风险的过渡层,在整个系统中起到承上启下的作用,中间层指标通过顶层指标对整个系统产生影响;并受到下层指标的直接影响,其中 L_2 层指标包括员工工作协同度 Z_3 、产品质量实时监控系 Z_4 、冷链低温控制与保障能力 Z_5 、生鲜农产品品质 Z_7 、生鲜农产品温度要求差异性 Z_9 、生鲜农产品配送路径设计 Z_{11} 、行业竞争压力 Z_{14} 和生鲜

农产品市场价格波动 Z_{15} ; L_3 层指标包括管理层质量意识 Z_1 、员工知识技能水平 Z_2 、生鲜农产品溯源系统 Z_6 ; L_4 层位于递阶层次模型的最底层,是形成生鲜冷链前置仓物流服务质量风险的基础层,底层指标包括国家生鲜冷链物流政策体系 Z_{13} 、消费者食品安全意识 Z_{16} ,在整个系统中起到影响生鲜冷链前置仓物流服务质量风险的基础性作用,并以各种方式影响中间层和顶层指标,进而对整个系统产生影响。

综上所述可知,国家生鲜冷链物流政策体系和消费者食品安全意识是影响生鲜冷链前置仓物流服务质量的基础指标。因此,为了提高生鲜农产品的质量,国家需要出台一系列政策措施,引导生鲜冷链前置仓物流向标准化、规范化和可持续化的方向发展,并对生鲜电商企业的发展提供政策支持;消费者也需要不断加强食品安全意识,促使生鲜电商企业更加关注产品质量,并在冷链物流的质量控制方面投入更多的成本,从而实现生鲜冷链前置仓物流行业的良性发展。

3 结论与建议

基于利益相关者理论,运用文献研究法和德尔菲法,提取了生鲜冷链前置仓物流服务质量风险的 16 个影响因素,集成决策实验室分析法(DEMATEL)和解释结构模型(ISM)研究了各个影响因素之间的关联关系,并按照原因度和中心度对影响因素进行了分类,建立了生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的多层递阶结构模型,可为生鲜电商企业提高生鲜冷链前置仓物流运作效率、降低物流服务质量风险提供理论依据。但是,本文识别出的生鲜冷链前置仓物流服务质量风险影响因素的数量有限,且选取的研究方法虽然具有一定的客观性和科学性,但准确性还有待进一步验证和提升,以实现生鲜冷链前置仓物流服务质量风险更深入的研究。

参考文献:

[1] Manning L, Baines R N, Chadd S A. Quality assurance models in the food supply chain[J]. *British Food Journal*, 2006, 108(2): 91-104.

[2] 武沁宇. 我国“互联网+生鲜农产品”宅配业态探析[J]. *经济纵横*, 2016(6): 76-79.

[3] Gustavsson J, Cederberg C, Sonesson U, et al. *Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention* [EB/OL]. [2011-05-11]. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/ags/publications/GFL-Web.pdf.

[4] Poel D V D, Buckinx W. Predicting online-purchasing behaviour [J]. *European Journal of Operational Research*, 2005, 166(2): 557-575.

[5] 伦墨华, 马敬元, 郭贺彬. 基于农业供给侧改革的生鲜农产品电商模式创新研究[J]. *农村金融研究*, 2018(4): 67-71.

[6] 杜静. 每日优鲜的战略分析及面临的挑战[J]. *生产力研究*, 2018(3): 138-141, 151.

[7] 谢芳, 李茂斌, 陈佳娟. 电商企业前置仓货类选择研究[J]. *中国储运*, 2017(12): 110-113.

[8] 张仕廉, 聂李琴. 基于 DEMATEL 方法的建筑施工安全管理行为影响因素分析[J]. *安全与环境工程*, 2017, 24(1): 121-125.

[9] 杨姝, 李俊龙. 基于 DEMATEL-ISM 法的民航飞行员综合安全能力结构模型研究[J]. *安全与环境工程*, 2018, 25(4): 169-174.

[10] 喜崇彬. 我国生鲜冷链物流的发展历程及趋势——访上海原可滋供应链管理公司总经理陈锐[J]. *物流技术与应用*, 2017, 22(S2): 39-41.

[11] Kämäräinen V, Saranen J, Holmström J. The reception box impact on home delivery efficiency in the e-grocery business[J]. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2001, 31(6): 414-426.

[12] 吴琼, 周然. 运输振动对水果贮藏品质影响的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(11): 356-362, 368.

[13] Chou P, Lu C. Assessing service quality, switching costs and customer loyalty in home-delivery services in Taiwan[J]. *Transport Reviews*, 2009, 29(6): 741-758.

[14] Wohlrab J, Harrington T S, Srai J S. Last mile logistics evaluation—customer industrial and institutional perspectives [C]// *Production and Operations Management Society 23rd Annual Conference*. Chicago, USA: POMS, 2012.

[15] Yixiao H, Martin S, Lei Z. Designing logistics systems for home delivery in densely populated urban areas[J]. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2018, 115: 95-125.

[16] Vieira G, Toso M R, Ribeiro P. An AHP-based framework for logistics operations in distribution centres [J]. *International Journal of Production Economics*, 2017, 187: 246-259.

[17] 程虹, 范寒冰, 肖宇. 企业质量安全风险有效治理的理论框架——基于互联网信息的企业质量安全分类模型及实现方法[J]. *管理世界*, 2012(12): 73-81.

[18] Christian G. An applied service marketing theory[J]. *European Journal of Marketing*, 1982, 16(7): 30-41.

[19] Keitse Y, Huatan K. Managing product quality risk in a multi-tier global supply chain[J]. *International Journal of Production Research*, 2011, 49(1): 20.

[20] Perrault W D, Russ F. Physical distribution service: A neglected aspect of marketing management [J]. *MSU Business Topics*, 1974(22): 37-45.

[21] Mentzer J T. Developing a logistics service quality scale [J]. *Journal of Business Logistics*, 1999, 20(1): 9-32.

[22] 刘永胜. 食品供应链风险相关概念辨析[J]. *经济问题*, 2014(8): 12-15.

[23] Joshi R, Banwet D K, Shankar R. Indian cold chain: Modeling the inhibitors [J]. *British Food Journal*, 2009, 111(11): 1260-1283.

- [24] Diabat A, Govindan K, Panicker V V. Supply chain risk management and its mitigation in a food industry[J]. *International Journal of Production Research*, 2012, 50(11): 3039-3050.
- [25] Dani S, Deep A. Fragile food supply chains: Reacting to risks[J]. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 2010, 13(5): 395-410.
- [26] 徐宏峰, 张言彩, 郑艳民. 冷链物流研究现状及未来的发展趋势[J]. *生态经济*, 2012(5): 141-143, 150.
- [27] Kim K, Kim H, Kim S K, et al. I-RM: An intelligent risk management framework for context-aware ubiquitous cold chain logistics[J]. *Expert Systems with Applications*, 2016, 46: 463-473.
- [28] Ndraha N, Sung W C, Hsiao H I. Evaluation of the cold chain management options to preserve the shelf life of frozen shrimps: A case study in the home delivery services in Taiwan[J]. *Journal of Food Engineering*, 2018. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2018.08.010.
- [29] Shankar R, Gupta R, Pathak D K. Modeling critical success factors of traceability for food logistics system[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2018, 119: 205-222.
- [30] 刘丽欣, 张健, 张小栓. 肉类食品安全追溯系统中的模糊评价方法研究[J]. *食品科学*, 2008(3): 490-493.
- [31] 颜波, 叶兵, 张永旺. 物联网环境下生鲜农产品三级供应链协调[J]. *系统工程*, 2014(1): 48-52.
- [32] Tromp S O, Haijema R, Rijgersberg H, et al. A systematic approach to preventing chilled-food waste at the retail outlet[J]. *International Journal of Production Economics*, 2016, 182: 508-518.
- [33] 牟向伟, 陈燕, 曹妍. 农产品冷链 HACCP 管理体系知识建模与推理[J]. *农业工程学报*, 2016, 32(2): 300-308.
- [34] Ghajargar M, Zenezini G, Montanaro T. Home delivery services: Innovations and emerging needs[J]. *IFAC-PapersOnLine*, 2016, 49(12): 1371-1376.
- [35] Hemmelmayr V C, Cordeau J F, Crainic T G. An adaptive large neighborhood search heuristic for Two-echelon vehicle routing problems arising in city logistics[J]. *Computers & Operations Research*, 2012, 39(12): 3215-3228.
- [36] Huang Y X, Martin S, Lei Z. Designing logistics systems for home delivery in densely populated urban areas[J]. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2018, 115: 95-125.
- [37] Yang X, Strauss A, Currie C S M, et al. Choice-based demand management and vehicle routing in e-fulfillment[J]. *Transportation Science*, 2016, 50(2): 363-761.
- [38] 刘明菲, 岳德洋, 张欢. 基于群体灰色层次模糊法的农产品冷链物流脆弱性评价研究[J]. *安全与环境工程*, 2017, 24(3): 114-119.
- [39] Mai N, Gretar B S, Arason S, et al. Benefits of traceability in fish supply chains-case studies[J]. *British Food Journal*, 2010, 112(9): 976-1002.
- [40] Machecha L, Spelt E, van der Vorst J G A J, et al. Exploration of logistics and quality control activities in view of context characteristics and postharvest losses in fresh produce chains: A case study for tomatoes[J]. *Food Control*, 2017, 77: 221-234.
- [41] Jevsnik M, Hlebec V, Raspor P. Consumers' awareness of food safety from shopping to eating[J]. *Food Control*, 2008, 19(8): 737-745.
- [42] Bosona T, Gebresenbet G. Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain[J]. *Food Control*, 2013, 33(1): 32-48.
- [43] Kannan D. Role of multiple stakeholders and the critical success factor theory for the sustainable supplier selection process[J]. *International Journal of Production Economics*, 2018, 195: 391-418.
- [44] Freeman R E. *Strategic Management: A Stakeholder Approach* [M]. Boston: Pitman/Ballinger, 1984.
- [45] Saint Ville A S, Hickey G M, Phillip L E. How do stakeholder interactions influence national food security policy in the Caribbean? The case of Saint Lucia[J]. *Food Policy*, 2017, 68: 53-64.

通讯作者: 陈 威(1995—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为物流与供应链、市场营销。E-mail: 1948717266@qq.com