

中文引用格式:马颖,王诗颖,隽雯露,等.新质生产力视角下食品冷链无接触配送风险研究[J].中国安全科学学报,2024,34(增刊1):253-259.

英文引用格式:MA Ying, WANG Shiyong, JUN Wenlu, et al. Research on risks of contactless delivery of food cold chain from perspective of new quality productive forces[J]. China Safety Science Journal, 2024, 34(S1):253-259.

新质生产力视角下食品冷链无接触配送风险研究*

马颖¹教授,王诗颖¹,隽雯露¹,梁本部^{**2}副教授

(1 武汉理工大学 管理学院,湖北 武汉 430070; 2 武汉理工大学 法学与人文社会学院,湖北 武汉 430070)

中图分类号:X936

文献标志码:A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2024.S1.0026

基金项目:教育部人文社科基金资助(23YJAZH098);武汉市科技局、武汉市交通运输局联合项目资助(2023-2-5)。

【摘要】为促进无接触配送新模式的完善,提升冷链食品质量,发展新质生产力,探究食品冷链无接触配送风险因素内部的影响机制。基于国家标准文件和相关文献,系统分析无接触配送模式特点,构建包含6个一级指标及17个二级指标的食品冷链无接触配送风险指标体系;综合运用模糊决策实验室与网络层次分析法(FDANP)评价各级风险,确定因素之间的因果影响关系并量化风险因素权重。结果表明:一级指标中,信息风险、人员风险、冷链技术与设备风险能够影响其他风险因素;二级指标中,自然灾害、交货时效性、运输规划最优性等因素是关键风险因素。未来可从提升信息化水平、重视应急能力和增强监管力度3个方面完善食品冷链无接触配送新模式。

【关键词】新质生产力;食品冷链;无接触配送;风险评价;
模糊决策实验室与网络层次分析法(FDANP)

Research on risks of contactless delivery of food cold chain from perspective of new quality productive forces

MA Ying¹, WANG Shiyong¹, JUN Wenlu¹, LIANG Benbu²

(1 School of Management, Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei 430070, China;

2 School of Law, Humanities and Sociology, Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei 430070, China)

Abstract: In order to promote the improvement of the new mode of contactless delivery, improve the quality of cold chain food, and develop new quality productive forces, it is necessary to study the internal influence mechanism of risk factors of contactless delivery of food cold chain. Firstly, the characteristics of the contactless delivery mode were systematically analyzed based on the national standard documents and related literature, and the risk index system of the contactless delivery of food cold chain was constructed, including six first-level indicators and 17 second-level indicators. Then, the FDANP was used to evaluate the risks at all levels, determine the causal relationship between the factors, and quantify the weight of the risk factors. The results show that information risk, personnel risk, cold chain technology, and equipment risk can affect other risk factors in the first-level indicators. Among the second-level indicators, factors such as natural disasters, delivery timeliness, and optimal transportation planning are the key risk factors. In the future, the new mode of contactless delivery of food cold chain can be improved from three aspects:

* 文章编号:1003-3033(2024)S1-0253-07; 收稿日期:2024-03-13; 修稿日期:2024-05-26

** 通信作者:梁本部(1992—),男,山东济宁人,博士,副教授,主要从事风险管理、公共管理等方面的研究。E-mail: liangbenbu@whut.edu.cn。

improving the level of informatization, attaching importance to emergency response capabilities, and enhancing supervision.

Keywords: new quality productive force; food cold chain; contactless delivery; risk evaluation; fuzzy DEMATEL & analytic network process (FDANP)

0 引言

新质生产力是依靠创新驱动形成生产效率爆发的生产力^[1]。新冠疫情催生出的无接触产业打破了传统面对面接触的方式,成为推进消费升级与行业变革的重要动能^[2]。在新质生产力视角下,无接触配送作为一种基于物联网、大数据等信息技术创新的物流配送模式,以数据为核心资源,通过智能化工具代替人的体力和脑力劳动,以提高物流“最后一公里”的配送效率。然而,无接触配送同样存在特有的风险,例如:人和人不见面,产品的无接触交接过程中可能存在货物损害责任界定不清的问题。此外,对温度环境有特殊要求的食品冷链物流和新兴的无接触配送服务相结合,还会存在新的问题,例如:末端的智能快递柜无法实现低温保存的要求等。

目前,关于新质生产力的研究主要集中在3个方面:新质生产力理念的诞生及其深层含义^[3]、新质生产力在行业中的运作路径^[4]以及数字经济如何推动新质生产力的进步^[5]。关于物流配送“最后一公里”及食品冷链风险研究,郭笛等^[6]利用解释结构模型法(Interpretative Structural Modeling, ISM)分析了生鲜冷链物流末端使用智能冷藏柜过程中存在的风险因素,指出商务平台的稳定性、物流跟踪信息的传递和用户自提的效率是影响风险的直接因素;李荷华等^[7]运用熵权法和社会网络分析法探究了后疫情时代生鲜冷链物流风险因素,得出该物流过程中的重要风险因素排序。“无接触技术”在物流“最后一公里”配送中具有较好的研究前景^[8]。关于无接触配送,SONG Byungduk等^[9]提出了一种混合整数线性规划算法,探讨无人机在物流配送中的应用,用于推导持久的无人机交付计划。JIANG Yi等^[10]通过构建结构方程模型,探究了显著影响消费者使用无接触配送服务意愿的因素,这些因素包括便利性、隐私性、可靠性、安全性和灵活性。综上,当前鲜有关于物流行业与新质生产力的结合研究,尤其是无接触配送的风险研究,加之冷链的特殊性,食品冷链无接触配送的过程中风险因素的分析 and 梳理更为繁琐。此外,在物流风险因素研究的方

法上,较少有研究同时关注风险指标间的因果影响和指标权重。

鉴于此,笔者基于新质生产力的视角,针对食品冷链无接触配送新模式中存在的风险因素开展定量研究,通过梳理文献构建风险指标体系,综合运用模糊决策实验室与网络层次分析法(Fuzzy DEMATEL&Analytic Network Process, FDANP),确定关键风险因素间的因果关系及各指标权重,并基于分析结果提出针对性管理启示与政策建议,以期促进无接触配送新模式的完善,发展新质生产力。

1 食品冷链无接触配送风险识别

针对无接触配送存在形式和方式多样的特点,在确定风险因素时,需尽可能全面地反映食品冷链无接触配送的实际状况。物流系统是指由所需输送的物料和输送工具、仓储设备、人员以及通信联系等若干相互制约的动态要素构成的具有特定功能的有机整体^[11],强调系统内部的联系。而外部环境的稳定性同样会对其产生重要影响。食品冷链无接触配送的特殊性在于,无接触概念强调智能化和自动化技术,冷链物流强调全过程的温控技术和设备,因此,物流系统中的风险因素需加以更深入的考量。

2020年11月19日,我国正式发布国家标准《商品无接触配送服务规范》(GB/T 39451—2020)^[12],从中可以提取出无接触配送中需要加以关注的要点,为风险识别提供依据。例如:标准在“服务要求”中说明:平台应具备与开展无接触配送服务相配套的信息服务功能;消费者信息安全保护措施应符合相关的法律法规;宜选择智能取餐设备、取货柜,无人车和无人机等设备,并按要求使用,实现无接触服务等,强调信息化水平和信息安全性,以及智能运输设备的运用;在服务流程中提出:配送员应将商品放置在消费者指定的位置,通过电话和发送图片的方式告知消费者已完成配送,提示其尽快收取等,强调无接触过程中配送者与收货者之间的沟通与交付。在异常情况处理中强调商品异常处理、紧急事件应对的特殊情况,提示需关注面对突发情况时的风险因素。

综上,基于物流系统要素和相关国家标准,可将

食品冷链无接触配送中的一级风险指标确定为人员、冷链技术与设备、运输、交付、信息、突发状态,共

6个维度。通过标准文件与相关文献的梳理,归纳各一级指标对应的二级风险指标,具体见表1。

表1 食品冷链无接触配送风险指标体系

Table 1 Risk index system of contactless delivery of food cold chain

| 目标层 | 一级指标 | 二级指标 | 指标释义 |
|---------------|-----------------|---------------------------|--|
| 食品冷链无接触配送风险指标 | 人员风险 C_1 | 配送者工作能力 $R_1^{[13]}$ | 指配送人员配送冷链食品的综合能力,如保证产品质量、与收货者有效沟通、应对突发事件等能力 |
| | | 配送者流失 $R_2^{[14]}$ | 指因配送人员流失、协调不足导致的配送问题 |
| | | 收货者对接能力 $R_3^{[14]}$ | 指收货者是否能与配送者有效沟通,对“无接触”配送模式的理解度和接受度 |
| | 冷链设施及技术风险 C_2 | 冷链基础设施配备 $R_4^{[14]}$ | 指运输过程及存放点的制冷设施设备的完备齐全程度,如制冷材料、冷藏车辆、冷藏集装箱、冰柜等是否齐全 |
| | | 冷链设备质量 $R_5^{[13]}$ | 指制冷设备是否能够稳定且准确地满足不同产品的温度和存储要求 |
| | | 冷链技术支持 $R_6^{[14]}$ | 指用于保障冷链的智能温控系统,冷链信息(温度、湿度、位置、状态)监测和追溯系统等 |
| | 运输风险 C_3 | 运输工具设备配备 $R_7^{[15]}$ | 指配送过程中运输工具设备的完好性和智能化程度 |
| | | 运输规划最优性 $R_8^{[16]}$ | 指根据当时路况,路线规划和车辆调度优化的智能化和合理性 |
| | | 网点设置合理性 $R_9^{[16]}$ | 指配送终端网点布局的合理性 |
| | 交付风险 C_4 | 交货时效性 $R_{10}^{[14]}$ | 指保证产品的交付时间满足消费者需求 |
| | | 交货准确性 $R_{11}^{[15]}$ | 指产品自身、产品放置地点符合消费者需求,避免产品取错和丢失 |
| | | 追责便利性 $R_{12}^{[14]}$ | 指当产品交付不符合消费者期望时,消费者追责的便利性 |
| | 信息风险 C_5 | 信息传递效率 $R_{13}^{[15-16]}$ | 指物流各环节中生成的信息数据的传递速度和准确性 |
| | | 区域信息化程度 $R_{14}^{[15]}$ | 指配送当地的网络基础设施等信息化资源的普及程度,技术的应用前沿性和广泛性 |
| | | 信息安全性 $R_{15}^{[14]}$ | 指信息传输和存储过程中由于缺少安全防护导致消费者的隐私信息的泄露 |
| | 突发状态风险 C_6 | 自然灾害 $R_{16}^{[16]}$ | 在恶劣或极端天气等环境下,保持物流顺畅运行的能力 |
| | | 公共卫生事件 $R_{17}^{[16]}$ | 指突发公共卫生事件发生后,保持物流顺畅运行的能力 |

2 食品冷链无接触配送风险评价

FDANP法是一种基于模糊集理论的多属性决策方法,它综合了Fuzzy DEMATEL和ANP的优点,相较于最常见的层次分析法而言,既可以在减小专家评分的主观模糊性的前提下探讨复杂系统中因素间的因果联系,并将风险关系可视化,还可以确定每个因素的权重^[17]。该方法已被广泛地运用于政策评估、因素研究等众多领域^[18]。食品冷链无接触配送正是一个包含多元风险因素的复杂系统,并且因素之间存在着明显的相互影响关系。通过FDANP法能够对其中的风险因素进行较为全面的评价,进而针对关键风险因素提出防控建议。

2.1 计算过程

1) 专家为每个因素间的影响关系赋分并对其进行模糊化^[19]。文中邀请对冷链物流无接触配送相对了解的专家和科研人员组成咨询小组,分别对各影响因素之间的直接影响关系的强弱评分,分数范围为(0,1,⋯,4),依次表示没有影响、影响很小、影响较小、影响较大和影响很大。然后,再根据文献^[20]中的专家语言变量模糊化转换关系表将具体分值转换为三角模糊数。

2) 使用重心法去模糊化,获得直接影响矩阵。对任意一组三角模糊数(l_{ij}, m_{ij}, r_{ij}),运用下式进行去模糊化处理,获得一级和二级指标的直接影响矩阵A。

$$a_{ij} = \frac{(r_{ij} - l_{ij}) + (m_{ij} - l_{ij})}{3} + l_{ij} \quad (1)$$

式中： a_{ij} 为直接影响矩阵 A 中的元素； l_{ij} 、 m_{ij} 、 r_{ij} 分别为一组三角模糊数的参数。

3) 规范化矩阵并获得综合影响矩阵。运用下式获得规范化矩阵 B ，再将 B 代入下式，分别获得一级和二级指标的综合影响矩阵 T_C 、 T_R 。

$$B = \frac{A}{\max(\max_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}, \max_{j=1}^n \sum_{i=1}^n a_{ij})} \quad (2)$$

$$T = \sum_{i=1}^{\infty} B^i = B(I - B)^{-1} \quad (3)$$

式中： B 为规范化矩阵； T 为综合影响矩阵； I 为单位矩阵。

4) 计算各个因素的影响度、被影响度、原因度和中心度。每行的行和 d 表示每行元素对所有其他元素的综合影响；每列的列和 r 表示每列元素受到所有其他元素的综合影响；每个因素的 $d+r$ 为中心度 c ，表示该因素的重要程度；每个因素的 $d-r$ 为原因度 h ，代表该因素的原因性和结果性。在此基础上，以中心度为横轴、原因度为纵轴绘制因素影响图，从而更直观地展示因素间的关系。

5) 将二级指标的综合影响矩阵变换为未加权超矩阵。将二级指标的综合影响矩阵按照 h 个一级指标维度分别进行行和列的划分，形成 h^2 个分块矩阵。接着标准化处理每一个分块矩阵，得到标准化分块矩阵 $T_R^{\alpha m}$ 。以子矩阵 T_R^{12} 为例，见下式。每个子矩阵经过标准化处理后放入矩阵原位，最后将总矩阵转置，得到未加权超矩阵 S ，其对应的新子矩阵记为 S^{nm} 。

$$T_R^{\alpha 12} = \begin{bmatrix} t_{11}^{12}/d_1^{12} & \cdots & t_{1j}^{12}/d_1^{12} & \cdots & t_{1m_2}^{12}/d_1^{12} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{i1}^{12}/d_i^{12} & \cdots & t_{ij}^{12}/d_i^{12} & \cdots & t_{im_2}^{12}/d_i^{12} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{m_1 1}^{12}/d_{m_1}^{12} & \cdots & t_{m_1 j}^{12}/d_{m_1}^{12} & \cdots & t_{m_1 m_2}^{12}/d_{m_1}^{12} \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中： t_{ij}^{12} 为子矩阵 T_R^{12} 中的元素； $T_R^{\alpha 12}$ 为子矩阵 T_R^{12} 的标准化分块矩阵； $d_i^{12} = \sum_{j=1}^{m_2} t_{ij}^{12}$ ，表示每行元素和。

6) 计算加权超矩阵。根据下式得到加权超矩阵 W_α ：

$$W_\alpha = \begin{bmatrix} T_C^{\alpha 11} \cdot S^{11} & \cdots & T_C^{\alpha 1j} \cdot S^{1j} & \cdots & T_C^{\alpha 1n} \cdot S^{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_C^{\alpha i1} \cdot S^{i1} & \cdots & T_C^{\alpha ij} \cdot S^{ij} & \cdots & T_C^{\alpha in} \cdot S^{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_C^{\alpha n1} \cdot S^{n1} & \cdots & T_C^{\alpha nj} \cdot S^{nj} & \cdots & T_C^{\alpha nn} \cdot S^{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中： T_C^α 为一级指标的综合影响矩阵标准化处理后的转置矩阵，得到； S^{ij} 为未加权超矩阵 S 的子矩阵； W_α 为加权超矩阵。

7) 计算极限超矩阵，得到最终权重值。根据下式计算加权超矩阵 W_α 的极限，极限超矩阵中各行元素稳定的数值即为各风险因素的权重值。

$$W^* = \lim_{n \rightarrow \infty} W_\alpha^n \quad (6)$$

式中： W^* 为最终的权重矩阵； W_α 为加权超矩阵。

2.2 FDANP 法在风险评价中的应用

邀请 5 位来自冷链物流领域和智慧物流领域的专家组成咨询小组，经过小组商议讨论，最终确定了各因素之间的影响分值，形成初始分数表，再结合最大隶属度原则将数值模糊化处理。运用式(1)获得食品冷链无接触配送风险因素的直接影响矩阵，运用式(2)进行矩阵的规范化处理，再基于式(3)得到综合影响矩阵，及其相关的影响度、被影响度、中心度、原因度，见表 2。

风险因素影响网络关系如图 1 所示，通过绘制影响网络关系图直观展示因素之间的影响关系，以一级指标和二级指标中的 $R_1 \sim R_9$ 为例。其中，中心度和原因度分别为横、纵坐标，箭头表示因素间的影响关系，被指向者为被影响因素。原因度大于 0(坐标轴上方)的因素为原因因素，代表该因素倾向于影响其他因素；小于 0(坐标轴下方)的因素为结果因素，代表该因素倾向于受其他因素影响。中心度则代表该因素在系统中的重要程度，中心度越大则重要性越强。

在此基础上，以中心度 2，原因度 0 划分 4 个象限，综合分析所有的二级指标，如图 2 所示。第 1 象限：为驱动要素，该类型要素对食品冷链无接触配送风险的影响度最大，仅包含 R_{14} ；第 2 象限：为支援因素，即起到辅助性作用的因素，包含 R_1 、 R_4 、 R_6 、 R_7 、 R_9 、 R_{13} ；第 3 象限：独立因素，指模型中较为重要的被影响因素，包含 R_2 、 R_5 、 R_8 、 R_{11} 、 R_{12} 、 R_{15} ；第 4 象限：核心问题因素，指在模型中最易受其他因素影响的关键因素，包含： R_3 、 R_{10} 、 R_{16} 、 R_{17} 。

由式(4)和式(5)，将一级指标和二级指标的

表 2 各级风险因素影响指数及排名

Table 2 Influence index and ranking of risk factors at all levels

| 一级指标 | 影响度 | 被影响度 | 中心度 | 原因度 | 二级指标 | 影响度 | 被影响度 | 中心度 | 原因度 |
|-------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| C_1 | 3.888 9 (2) | 3.205 3 (4) | 7.094 2 (3) | 0.683 5 (2) | R_1 | 1.182 0 (3) | 0.719 0 (8) | 1.901 1 (7) | 0.463 0 (3) |
| | | | | | R_2 | 0.667 0 (11) | 0.728 5 (7) | 1.395 5 (11) | -0.061 5 (10) |
| | | | | | R_3 | 1.015 8 (6) | 1.023 7 (4) | 2.039 5 (5) | -0.007 9 (8) |
| C_2 | 2.785 6 (5) | 2.739 0 (5) | 5.524 6 (6) | 0.046 6 (3) | R_4 | 0.604 5 (12) | 0.557 8 (14) | 1.162 3 (15) | 0.046 7 (7) |
| | | | | | R_5 | 0.600 9 (13) | 0.652 8 (10) | 1.253 7 (13) | -0.051 9 (9) |
| | | | | | R_6 | 0.740 2 (10) | 0.532 1 (15) | 1.272 4 (12) | 0.208 1 (6) |
| C_3 | 3.441 0 (4) | 3.776 0 (3) | 7.217 0 (2) | -0.335 0 (4) | R_7 | 0.967 4 (7) | 0.598 4 (13) | 1.565 8 (9) | 0.368 9 (4) |
| | | | | | R_8 | 0.822 3 (8) | 1.017 4 (5) | 1.839 7 (8) | -0.195 2 (12) |
| | | | | | R_9 | 0.762 6 (9) | 0.399 8 (17) | 1.162 4 (14) | 0.362 8 (5) |
| C_4 | 2.658 6 (6) | 4.349 2 (1) | 7.007 8 (4) | -1.690 6 (6) | R_{10} | 0.484 3 (15) | 1.871 9 (1) | 2.356 2 (3) | -1.387 5 (17) |
| | | | | | R_{11} | 0.554 6 (14) | 0.899 9 (6) | 1.454 6 (10) | -0.345 3 (14) |
| | | | | | R_{12} | 0.414 0 (17) | 0.646 9 (11) | 1.060 9 (16) | -0.232 9 (13) |
| C_5 | 4.303 5 (1) | 2.582 1 (6) | 6.885 6 (5) | 1.721 4 (1) | R_{13} | 1.226 6 (2) | 0.681 1 (9) | 1.907 7 (6) | 0.545 5 (2) |
| | | | | | R_{14} | 1.774 3 (1) | 0.426 3 (16) | 2.200 6 (4) | 1.348 0 (1) |
| | | | | | R_{15} | 0.418 2 (16) | 0.608 9 (12) | 1.027 1 (17) | -0.190 8 (11) |
| C_6 | 3.689 6 (3) | 4.115 6 (2) | 7.805 2 (1) | -0.425 9 (5) | R_{16} | 1.107 4 (4) | 1.504 3 (2) | 2.611 7 (1) | -0.396 9 (15) |
| | | | | | R_{17} | 1.031 0 (5) | 1.504 3 (2) | 2.535 3 (2) | -0.473 3 (16) |

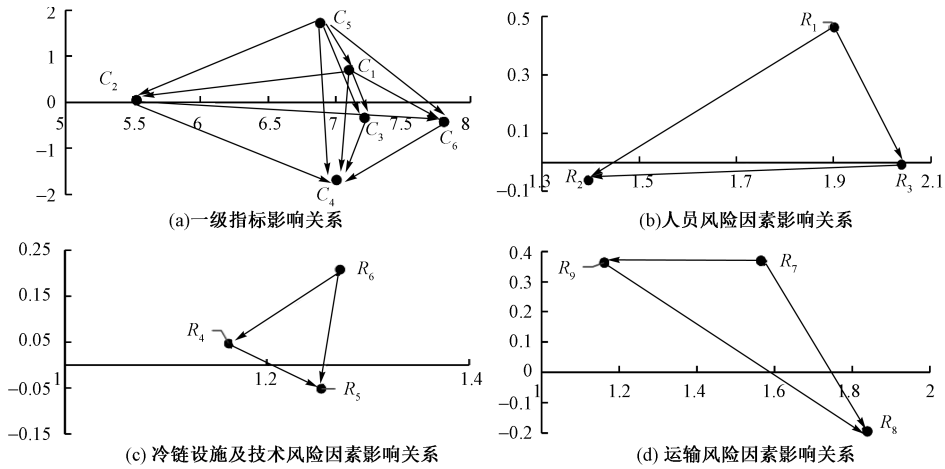


图 1 风险因素影响网络关系

Fig.1 Network relationship of risk factor influence

综合影响矩阵进行标准化和转置处理,最终得到加权超矩阵。通过式(6)将加权超矩阵转换为极限超矩阵,最后得到食品冷链无接触配送风险因素的相应权重,见表 3。

3 食品冷链无接触配送风险因素分析

3.1 一级指标风险因素分析

对于一级指标,主要从原因度和中心度 2 个维度分析。原因因素的原因度由高到低分别为 C_5 、 C_1 和 C_2 ,即 C_5 对其他风险因素的影响度最大,若能提高信息传递效率,保证信息资源的充分性,则其他

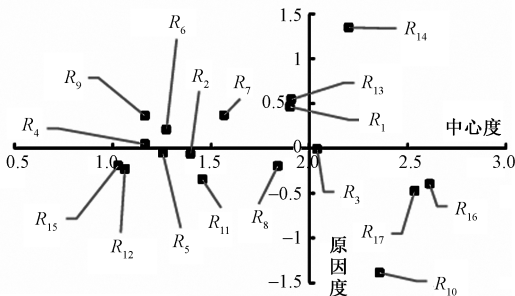


图 2 食品冷链无接触配送风险因素分布

Fig.2 Distribution of risk factors of contactless delivery of food cold chain

表3 风险因素权重及排序

Table 3 Weight and ranking of risk factors

| 风险因素 | 权重值 | 排序 | 风险因素 | 权重值 | 排序 |
|----------|---------|----|----------|---------|----|
| R_{10} | 0.063 9 | 1 | R_2 | 0.027 6 | 10 |
| R_{16} | 0.057 8 | 2 | R_5 | 0.027 5 | 11 |
| R_{17} | 0.057 8 | 3 | R_4 | 0.025 7 | 12 |
| R_8 | 0.049 8 | 4 | R_{15} | 0.024 5 | 13 |
| R_3 | 0.036 8 | 5 | R_6 | 0.023 3 | 14 |
| R_7 | 0.032 9 | 6 | R_{12} | 0.022 5 | 15 |
| R_{11} | 0.030 8 | 7 | R_9 | 0.021 6 | 16 |
| R_{13} | 0.029 3 | 8 | R_{14} | 0.020 5 | 17 |
| R_1 | 0.027 6 | 9 | — | — | — |

类别的风险也会随之减小;其次为 C_1 ,若能使配送者在无接触配送的新场景下保证冷链物流的配送质量,提高收货者对新技术的接受程度和理解程度,其他的风险因素会随之减小。结果因素按其原因度绝对值从大到小依次为 C_4 、 C_6 和 C_3 ,即交付环节和突发状态下的物流最容易受其他因素的影响。从中心度来看,排名前3的风险因素依次为 C_6 、 C_3 和 C_1 ,即这3个维度的风险是食品冷链无接触配送过程中的相对关键风险因素。

3.2 二级指标风险因素分析

二级指标风险因素可从原因度、中心度、因素分布图、权重4个方面综合分析。二级指标中原因因素一共有7个,其中排名前3的因素为区域信息化程度 R_{14} ,信息传递效率 R_{13} ,配送者工作能力 R_1 。结合因素分布图的第1象限, R_{14} 同样为驱动因素。这说明信息化水平以及配送者工作能力很大程度上会影响到其他的风险因素,例如:信息传递效率影响交付的时效性和准确性,信息化程度影响运输路线规划,进而影响整体的配送质量和效率。结果因素一共有10个,其中,绝对值排名前3的因素为 R_{10} 、 R_{17} 和 R_{16} ,这说明在食品冷链无接触配送的过程中,物流本身时效性是最容易受到其他因素影响的,突发事件状态下的物流较脆弱。

从中心度来看,排名前5的风险因素从大到小分别为 R_{16} 、 R_{17} 、 R_{10} 、 R_{14} 和 R_3 。由表4可以看到,权重排名前5的风险因素依次为 R_{10} 、 R_{16} 、 R_{17} 、 R_8 和

R_3 ,该权重结果与中心度基本一致。结合考虑因素分布图中第4象限的核心问题因素,因素同样包含 R_3 、 R_{10} 、 R_{16} 和 R_{17} ,与上述分析结果也十分一致。

3.3 风险防控建议

1) 需要提升信息化水平,升级传统工具。通过风险评价分析,区域信息化程度是影响其他风险因素的关键。无论是冷链技术还是智能交通运输技术,都离不开物流工具技术创新。无接触配送各环节应充分融合人工智能、区块链技术,实现工具设备的信息化、智能化转型。此外,借助区块链技术,使收货者能在冷链食品发生质量问题时进行逆向溯源和责任追究,增长消费者心理的安全与信任感,推动无接触配送的应用。

2) 需要重视应急管理,提升应急能力。通过风险评价分析,突发状态下的无接触配送过程是最易受到影响的的风险因素。无接触配送本是因应急而兴起,为了保障应急状态的快速响应和组织调度,应促进冷链应急主体之间的协调性。对于冷链末端配送,应合理规划网点,发展多元化冷链共同配送模式。

3) 需要加强人员管理,增强监管力度。针对无接触配送者能力,需加以严格培训,并制定相应的人员管理制度。针对冷链及智能运输设备,要对现有冷链物流标准进行系统地梳理完善,研究制定智能化冷链的温度监测设备的技术标准和检验方法。还应当加强对冷链各环节温控记录和产品品质的监督和不定期抽查,对无接触配送的智能设备定期测试及更新,对不合格设备进行及时的整改,对违反规定的企业加以合理的惩戒。

4 结 论

1) 运用FDANP法确定了风险因素之间的因果关联及权重。结果表明:信息化风险是影响其他风险因素的关键,突发环境状态下的物流最易受影响。

2) 根据风险评价结果,未来可从提升信息化水平、重视应急能力和增强监管力度3个方面完善食品冷链无接触配送新模式。文中的风险指标均来源于标准文件和文献梳理研究,未来可进一步结合实证方法以验证指标结构的合理性。

参 考 文 献

[1] 任保平, 豆渊博. 新质生产力:文献综述与研究展望[J]. 经济与管理评论, 2024,40(3): 5-16.
REN Baoping, DOU Yuanbo. New-quality productivity: Literature review and research outlook[J]. Review of Economy and Management. 2024,40(3): 5-16.

[2] 霍景东, 王敏, 来有为. 无接触服务的发展模式与推广建议[J]. 发展研究, 2020(3): 9-14.

- HUO Jingdong, WANG Min, LAI Youwei. Development model of contactless service and promotion proposal[J]. *Development Research*, 2020(3): 9-14.
- [3] 张林, 蒲清平. 新质生产力的内涵特征、理论创新与价值意蕴[J]. *重庆大学学报: 社会科学版*, 2023, 29(6): 137-148.
- ZHANG Lin, PU Qingping. The connotation characteristic, theoretical innovation and value implication of new quality productivity[J]. *Journal of Chongqing University: Social Science Edition*, 2023, 29(6): 137-148.
- [4] 王琴梅, 杨军鸽. 数字新质生产力与我国农业的高质量发展研究[J]. *陕西师范大学学报: 哲学社会科学版*, 2023, 52(6): 61-72.
- WANG Qinmei, YANG Junge. Research on digital new quality productivity and the high quality development of Chinese agriculture[J]. *Journal of Shaanxi Normal University: Philosophy and Social Sciences Edition*, 2023, 52(6): 61-72.
- [5] 姚树洁, 王洁菲. 数字经济推动新质生产力发展的理论逻辑及实现路径[J]. *烟台大学学报: 哲学社会科学版*, 2024, 37(2): 1-12.
- YAO Shujie, WANG Jiefei. The theoretical logic and implementation path of digital economy promoting the development of new quality productivity forces[J]. *Journal of Yantai University: Philosophy and Social Science Edition*, 2024, 37(2): 1-12.
- [6] 郭笛, 潘常虹, 李浩渊, 等. 基于 ISM 的智能冷藏柜生鲜冷链物流风险因素分析[J]. *中国商论*, 2018, (32): 16-17.
- GUO Di, PAN Changhong, LI Haoyuan, et al. Analysis of risk factors of fresh food cold chain logistics in smart refrigerated cabinets based on ISM[J]. *China Journal of Commerce*, 2018, (32): 16-17.
- [7] 李荷华, 郭田森. 后疫情时代生鲜冷链物流风险评估[J]. *物流技术*, 2023, 42(7): 65-70.
- LI Hehua, GUO Tiansen. Risk assessment of fresh cold chain logistics in post-epidemic era[J]. *Logistics Technology*, 2023, 42(7): 65-70.
- [8] NILS B, STEFAN F, STEFAN S. Last-mile delivery concepts: a survey from an operational research perspective[J]. *OR Spectrum*, 2021, 43(1): 1-58.
- [9] SONG Byungduk, PARK Kyungsu, KIM Jonghoe. Persistent UAV delivery logistics: MILP formulation and efficient heuristic[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2018, 120: 418-428.
- [10] JIANG Yi, LAI Polin, YANG Chingchiao, et al. Exploring the factors that drive consumers to use contactless delivery services in the context of the continued COVID-19 pandemic[J]. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 2023, 72: DOI: 10.1016/j.jretconser. 2023. 103276.
- [11] CHRISTIAN N O, MAREK H, DAVID R. Critical factors characterizing consumers' intentions to use drones for last-mile delivery: Does delivery risk matter? [J]. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 2022, 65: DOI: 10.1016/j.jretconser. 2021. 102865.
- [12] GB/T 39451—2020, 商品无接触配送服务规范[S].
- GB/T 39451—2020, Specification for contactless delivery service of commodities[S].
- [13] 刘妍, 廖吉林. 基于 FAHP 的生鲜电商冷链物流绩效评价研究[J]. *物流科技*, 2022, 45(6): 148-150.
- LIU Yan, LIAO Jilin. FAHP based evaluation of fresh food e-commerce cold chain logistics performance[J]. *Logistics Technology*, 2022, 45(6): 148-150.
- [14] DING Jifeng, WENG Juhui, CHOU Chienchang. Assessment of key risk factors in the cold chain logistics operations of container carriers using best worst method[J]. *International Journal of Refrigeration*, 2023, 153: 116-126.
- [15] AKRAM H W, AKHTAR S, AHMAD A, et al. Developing a conceptual framework model for effective perishable food cold-supply-chain management based on structured literature review[J]. *Sustainability*, 2023, 15(6): 4 907-4 919.
- [16] WU Haoyi, HSIAO H I. Food quality and safety risk diagnosis in the food cold chain through failure mode and effect analysis[J]. *Food Control*, 2020, 120(4): DOI: 10.1016/j.foodcont. 2020. 107501.
- [17] 李广利, 严一知, 刘文琦, 等. 基于 DEMATEL-ISM 的矿工不安全情绪形成因子研究[J]. *中国安全科学学报*, 2021, 31(7): 30-37.
- LI Guangli, YAN Yizhi, LIU Wenqi, et al. Research on formation factors of miners' unsafe emotions based on DEMATEL-ISM[J]. *China Safety Science Journal*, 2021, 31(7): 30-37.
- [18] 黄亚江, 李书全, 李益铎, 等. 基于 DEMATEL-ISM-ANP 的地铁运营安全韧性综合评价[J]. *中国安全科学学报*, 2022, 32(6): 171-177.
- HUANG Yajiang, LI Shuquan, LI Yixin, et al. Comprehensive evaluation on subway operation safety resilience based on DEMATEL-ISM-ANP[J]. *China Safety Science Journal*, 2022, 32(6): 171-177.
- [19] ZHANG Zhichao, JIANG Hongbo, SHAO Ting, et al. Understanding the selection of intelligent engineering B2B platform in China through the fuzzy DANP and TOPSIS techniques: a multi-study analysis[J]. *Applied Soft Computing Journal*, 2023, 141: 141-160.
- [20] CHEN Chentung. Extensions of the TOPSIS for group decision making under fuzzy environment[J]. *Fuzzy Sets&Systems*, 2000, 114(1): 1-9.



作者简介: 马颖 (1975—), 女, 山东烟台人, 博士, 教授, 主要从事风险与预警管理等方面的研究。E-mail: mying331@163.com。