

文章编号: 1674-5566(2025)06-1404-11

DOI: 10.12024/jsou.20250404841

城市生鲜农产品供应链韧性评价及路径优化研究

姜启军, 袁一润

(上海海洋大学 经济管理学院, 上海 201306)

摘要: 在全球公共安全事件频发、城市食品系统面临多重不确定性冲击的背景下,提升城市生鲜农产品供应链的韧性已成为保障民生安全与维持城市系统稳定运行的关键议题。生鲜农产品具有易腐性强、流通环节多、储存难度大、即时需求高等特征,使其供应链在遭遇突发风险事件时更易发生中断。本研究以城市生鲜农产品供应链为研究对象,聚焦城市生鲜农产品供应链在非正常情境下的响应能力与运行保障能力,基于PPRR理论、动态能力理论与农产品供应链管理理论构建分析框架,系统提炼预测能力、适应能力、恢复能力与学习能力4个核心维度。在此基础上,设计包含13项指标的韧性评价体系,采用层次分析法(AHP)赋权,并结合模糊综合评价法对上海市生鲜农产品供应链韧性进行实证测度。结果显示:上海市在应急响应机制、制度调节能力方面具备较强基础,但在风险预警能力、组织培训频次、信息共享效率等方面仍存在明显短板。基于研究结果,提出以信息感知系统建设、多元储备体系布局、资源调配机制优化与组织学习能力提升为重点的路径优化建议。

关键词: 城市生鲜农产品; 供应链韧性; 层次分析法; 模糊综合评价; 路径优化

中图分类号: F 326.6

文献标志码: A

近年来,全球风险事件频发,城市食品系统的脆弱性问题日益凸显。多种突发性和不确定性风险因素不断叠加,尤其是在气候异常、地缘政治冲突、公共卫生危机、全球供应链失衡等因素交织影响下,城市生鲜农产品供应的稳定性面临巨大挑战。2022年新冠疫情防控期间,多地出现生鲜物资阶段性短缺、配送不畅、价格波动剧烈等现象,凸显了城市食品供应系统对突发事件的应对能力不足,并暴露出城市生鲜供应链体系中协同机制薄弱、信息共享不畅、应急储备不足等深层次问题。不同于工业品或常规食品,生鲜农产品具有易腐性强、储存保鲜难度大、即时需求高、价值密度低等特点,对供应链的时效性、精准性和协同性提出更高要求^[1]。在城市系统日趋集约的背景下,土地资源、环境容量与本地生产能力受限,大量生鲜农产品依赖跨区域输入,提升了城市生鲜供应体系的外部依赖风险。一旦发生自然灾害、物流阻断或突发公共事件,供应链脆弱环节极易成为城市食品保障的“失效

点”^[2]。因此,研究城市生鲜农产品供应链在上述非正常情境下的韧性特征与提升路径,具有重要的现实意义和政策参考价值。

国内外学者围绕生鲜农产品供应链的运行机制、定价策略、保鲜技术、协同管理等方面已形成较为丰富的理论积累。LU等^[3]和徐广姝等^[4]探讨了基于腐烂程度的定价与保鲜策略,杨磊等^[5]强调了供应商与零售商协同降低损耗的重要性;RAHDAR等^[6]、熊峰等^[7]则关注供应链上下游之间的合作机制与契约设计,从博弈视角提出协调策略。在生鲜农产品供应链高效运作方面,已有研究多聚焦于市场机制优化与企业行为改进,较少系统分析城市层面供应链面临的系统性冲击及其恢复机制。关于供应链韧性的研究方面,CHRISTOPHER等^[8]率先提出供应链在发生故障后恢复到其初始状态或更优状态的能力的定义,BEHZADI等^[9]则从宏观应急响应角度,强调供应链灵活调整和快速应对的重要性。近年来,学者尝试引入风险管理、系统工程与动

收稿日期: 2025-04-16 修回日期: 2025-05-27

基金项目: 国家社会科学基金(22BGL274);现代农业产业技术体系建设专项(CARS-46)

作者简介: 姜启军(1969—),男,博士,教授,研究方向为渔业经济与管理。E-mail: qijiang@shou.edu.cn

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

态能力理论,构建供应链韧性的测度指标和分析框架。LIU^[10]从敏捷性、整合性等方面测度供应链韧性,吕映苗等^[11]应用SWARA法对韧性影响因素进行量化分析,提出“风险控制”为核心能力。但多数研究仍聚焦于制造业、传统物流体系,缺乏面向城市生鲜农产品供应链的细化分析,特别是对城市在面对突发事件时,如何通过制度保障、技术手段、组织协作等多路径提升供应链韧性的研究仍显不足。

综合来看,当前研究主要存在以下三方面的拓展空间:第一,既有研究多以宏观产业层面为主,缺乏以城市为单位、聚焦生鲜农产品这一关键物资的系统性研究;第二,现有指标体系多偏重结构性与静态指标,尚需进一步融合微观行为特征与链条内部的协同机制;第三,尽管诸多研究提及极端风险背景,但多停留在概念层面,缺乏基于“非常态”风险场景构建的系统性实证分析框架。本研究在理论构建与指标设计层面进行系统性完善,力求形成与城市治理实践更紧密耦合的韧性测评体系。基于此,以上海市为核心研究对象,构建聚焦管理维度、具备可测性和可操作性的城市生鲜农产品供应链韧性评价指标体系。本研究评价重心主要落在城市应急响应、链条协调与制度恢复能力上,未涵盖生产、加工等前端节点的物理弹性维度,属于城市治理语境下的管理韧性分析框架。运用层次分析法(AHP)与模糊综合评价法,识别当前城市生鲜供应链的薄弱环节,评估其综合韧性水平。主要研究贡献体现在以下3个方面:(1)在理论层面,构建融合PPRR(Prevention preparedness response recovery)理论与动态能力理论的城市生鲜农产品供应链韧性分析框架;(2)在方法层面,构建多维评价指标体系,并引入AHP与模糊综合评价相结合的方法;(3)在实践层面,以上海为案例识别城市供应链脆弱环节,提出针对性优化路径,增强研究现实适用性。

1 城市生鲜农产品供应链韧性影响因素分析

1.1 生鲜农产品供应链韧性内涵界定

生鲜农产品供应链是指围绕蔬菜、水果、水产品、禽蛋肉类等易腐农产品,在其生产、加工、冷链物流、仓储保鲜、终端销售等各环节中,由多

个主体通过信息流、物流、资金流等方式共同作用而形成的复合型供应体系。该类供应链具有“链条长、时效性高、环节多、易受扰动”的基本特征,与常规工业品供应链在物理特性、流通方式和协同机制上存在显著差异,尤其在城市高密度消费环境下,其运行效率与稳定性直接关系到食品安全与城市运行韧性^[12]。城市生鲜农产品供应链韧性是指供应链系统在面临多重不确定性冲击条件下,能够通过结构调节、功能恢复、资源再配置与能力重构实现其功能的持续性、稳定性与演进性的综合能力。从系统论视角出发,该韧性不仅体现为一种静态的抗风险能力,更是一种动态的自组织调适机制,其核心在于系统内部各要素间的协调联动与外部环境变化的适应匹配^[13]。科学建构其理论分析框架,是识别影响因素并设计测度指标体系的关键前提。

本研究所构建的韧性评价框架,侧重反映城市生鲜农产品供应链系统在非常态环境下的管理响应能力与运行保障能力,具体表现为对风险的识别预警、突发状态下的结构调节与资源调度、事件后的快速恢复与机制优化等方面。由于特大型城市生鲜供应多依赖外部输入,其应对突发事件的韧性核心不在于前端“生产—加工”节点的弹性,而在于城市自身在冷链运行、库存调节、物流组织、制度协同等方面的综合响应能力^[13]。因此,本研究所提出的四维能力虽未逐一覆盖供应链环节,但反映了大城市背景下提升韧性的主导路径。

1.2 理论依据与分析框架

为系统揭示城市生鲜农产品供应链韧性的本质结构与形成机制,在多学科理论交叉的基础上,构建了分析框架,主要基于以下3类理论支撑。

1.2.1 PPRR理论

该理论广泛应用于风险管理与应急治理领域,强调风险事件管理应贯穿全过程。其基本逻辑是:风险应对不应仅停留于灾后反应,而应构建从事前预防到事后恢复的完整能力链条。在供应链韧性研究中,PPRR四阶段可分别对应风险识别与监测、制度储备与资源调度、应急响应与运行保障、善后重构与机制修复。其核心价值在于为“韧性能力”的时间演进提供了分阶段框架,揭示系统如何在不确定性中实现“应对—维

持—恢复—优化”的动态过程^[14]。

1.2.2 动态能力理论

该理论由 Teece 等提出,主要用于解释组织如何在动态环境中保持竞争力与适应性。其核心由3个能力构成:感知变化、整合资源与组织重构。该理论对于刻画供应链主体如何基于突发变化做出资源重组、策略转移、能力更新具有高度契合性^[15]。在城市生鲜农产品供应链中,政府、企业、平台等多元主体在事件冲击下如何感知风险、整合冷链物流、调度人力资源、调整经营方式,正是动态能力在现实层面的体现。

1.2.3 农产品供应链管理理论

该理论强调在农产品流通过程中,由于产品属性的特殊性,应特别关注供应链的反应速度、冷链协同、信息追溯和多环节协同机制。近年来研究也指出,农业供应链更容易受季节性、气候性、政策性因素干扰,呈现出更高的复杂性与脆弱性^[16]。因此,对城市生鲜供应链进行韧性测度,必须嵌入农产品行业的冷链能力、信息共享程度、协同机制成熟度等要素。

本研究在梳理相关文献的基础上,综合引入 PPRR 理论、动态能力理论和农产品供应链管理理论作为理论支撑,构建城市生鲜农产品供应链韧性的理论分析框架。该框架将韧性能力系统地划分为预测能力、适应能力、恢复能力与学习能力4个核心维度,分别对应城市供应链在突发事件不同阶段的反应能力结构。此种划分逻辑不仅实现了理论结构的闭环,也为后续指标选取提供了方向性依据。

1.3 核心能力维度及作用机制

考虑到特大型城市生鲜农产品供应高度依赖外部区域输入,自身在生产、加工等前端环节的掌控能力有限,因此城市治理实践中更关注的是在突发状态下对既有供应链网络的维护、调度与再配置能力。基于此构建的指标体系主要聚焦于城市供应链在“应对—调节—恢复—优化”过程中的韧性管理能力,强调其对风险扰动的系统响应特性。

信息技术与风险预测。城市人口集聚度高,生鲜农产品的即时需求量大,时效性强,生鲜农产品供应链的信息主要集中在配送端,生产端和消费端之间缺乏有效的信息沟通平台和桥梁,导致信息失真,生产主体无法根据消费者需求的准

确信息精确定产量或供应量,也无法与消费者达成有效的定价协议,容易出现供需失衡的问题。此外,生鲜物流配送也需要借助大数据和人工智能等信息技术对生鲜农产品供应链全过程进行监测预警与实时跟踪,以确保其品质安全^[17]。可见,信息技术和风险预测可以帮助供应链实现实时数据监测和分析,从而提高生鲜农产品供应链监测预警的准确性,提高供应链应对突发事件的韧性水平。预测能力决定了系统在危机前期能否及时识别风险、提前部署应对资源,是预防性韧性的体现。该能力的形成依赖3种机制:风险感知机制、制度保障机制、技术预警机制,这3种机制共同构成“风险—预判—干预”闭环,决定了供应链系统对潜在扰动的前置反应能力。

供应链协调与适应。由于生鲜农产品供应链参与主体众多且复杂,协作关系不够紧密,信任缺失现象普遍,增加了供应链管理的难度与复杂性^[18]。因此,通过建立完善的供应链管理协调机制,在非常态下及时做出适应性的决策响应,整合供应链各个环节的资源,确保资源在非常态下得到高效利用,降低非常态下对生鲜农产品供应链运营的影响。这有助于生鲜农产品供应链在面对突发事件时,保证生鲜农产品的持续供应,从而提升生鲜农产品供应链的适应性和韧性^[19]。供应链协调和适应有助于各环节之间的协同决策与行动,在面对突发事件时,各环节能够共同商讨应对策略,并协同行动以减轻事件对供应链整体的影响,从而增强生鲜农产品供应链的整体韧性,使其能够更好地应对风险挑战。适应能力是在危机爆发初期,系统能否快速调整结构与运行逻辑以适应新环境的能力,是弹性韧性的体现。其作用机制主要包括:决策灵敏机制、协同联动机制、应急储备机制,3种机制共同作用,形成城市生鲜供应链在压力状态下的自我调节与修复能力。

应急善后与恢复。在生鲜农产品供应链中,突发事件如自然灾害、公共卫生事件等都可能导致生鲜农产品供应链中断。这需要应急善后与恢复策略的快速响应机制,有效恢复常态化供给。供应链在面对突发事件时需要迅速做出反应,调整生产和配送计划,确保生鲜农产品能够及时到达消费者手中^[20]。在非常态下启动应急

预案,及时调动资源修复受损设施,恢复生产和物流,最大限度地减少损失,促进生鲜农产品供应链尽快恢复到正常状态,保障生鲜农产品的持续正常供应,这就要求生鲜农产品供应链具备快速的资源调配能力。因此,在生鲜农产品供应链中,应急善后与恢复,快速调配资源,不仅有助于减少损失和快速恢复,还能提升生鲜农产品供应链的风险抵御能力,增强生鲜农产品供应链的灵活性和适应性,提高生鲜农产品供应链韧性。恢复能力反映系统在遭受冲击后的再生能力,是恢复性韧性的体现。其关键在于:资源调度机制、快速反应机制、财务保障机制,恢复性机制确保了系统功能的迅速“止损—修复—复位”过程,是缓冲系统失稳的重要保障。

持续学习与改进。生鲜农产品供应链应注重对整个供应链流程的优化,善于发现供应链中存在的问题和瓶颈,并采取相应的改进措施。通过持续学习与改进,生鲜农产品供应链的管理者可以不断积累经验和知识,不断探索新的技术和方法,更好地识别、预测和应对潜在风险,更好地应对外部冲击,在非常态下提升供应链韧性。学习能力体现为系统从一次次突发事件中提炼经验、优化制度与技术路径的能力,是进化性韧性的体现,核心机制包括:知识转化机制、能力重构机制、组织内训机制,学习机制是系统长期提升韧性弹性的根本,是构建高质量供应链不可或缺的一环。

2 城市生鲜农产品供应链韧性评价

2.1 评价指标体系构建

对于供应链韧性评价指标的选取,应全面反映整个供应链在风险预测、资源调配、善后恢复和持续改进等多方面的能力。在指标体系构建过程中,引入风险意识、信息共享效率、组织培训频率等行为维度指标,尝试兼顾微观行为因素与系统协同机制,以增强评价体系对城市治理实践的适配性。尽管未对不同非常态风险场景进行分情境建模,但在专家赋权与实证评价中,参考了疫情、极端天气等情境下的城市应对经验,间接体现“非常态”条件下的韧性判断逻辑。为确保城市生鲜农产品供应链韧性评价体系的科学性与适用性,本文在理论分析的基础上,以PPRR理论为主线,融合动态能力理论与农产品供应链管理理论,参考柳嘉欣^[21]构建了预测能力、适应

能力、恢复能力和学习能力四个一级指标,分别对应韧性构建过程中的不同阶段与能力类型:

预测能力是城市生鲜农产品供应链韧性的基础能力,是在突发事件发生前精准预判潜在风险,并有效实施风险管理与防范措施的能力。对应PPRR理论中的预防阶段,强调信息掌控与预警响应,是风险前识别与干预能力的体现。在生鲜农产品供应链中,具体表现为生鲜农产品供应链对政治、经济、社会和技术等外部风险和可能存在的供应链内部风险的感知程度,以及应对策略和防范措施的能力。主要包括风险意识、相关法律政策水平、数字化建设水平和信息共享效率等四个指标。

适应能力是指在非常态下,迅速感知环境变化,灵活应对,体现在供应链的灵活性和协调能力的发挥上,以减轻或消除非常态对生鲜农产品供应链的冲击,确保生鲜农产品供应链的稳定运行,满足城市居民的生活需求。对应PPRR理论中的准备阶段,侧重组织柔性及结构协同,是非常态下动态调节与资源配置能力的体现。本文选择决策响应能力、协同合作能力和应急储备规模3个指标作为衡量适应能力的的关键指标。

恢复能力是指在非常态下,城市生鲜农产品供应链遭受突发事件导致中断后,快速恢复到正常供应状态的能力。对应PPRR理论中的反应与恢复阶段,强调在系统受损后重建与功能恢复能力;在非常态下,决策者需迅速调整资源配置和供应链策略,加强供应链各主体间的协作,确保供应链在遭受破坏性干扰后能迅速恢复正常,减少损失。本文选择财务能力、应急善后能力、资源调度能力等3个指标作为衡量恢复能力的重要指标。

学习能力源于动态能力理论中组织学习概念,是系统在事件后总结经验、优化能力的体现,构成韧性演进机制的基础,反映了城市生鲜农产品供应链的组织力量与持续改进能力。通过加强供应链内部的培训与教育,提升团队的专业素养和技术能力,推动供应链企业的创新建设,进而促进生鲜农产品供应链的可持续发展。选取研发投入水平、知识获取能力、组织培训频率等作为衡量学习能力的指标。

综上所述,构建了由4个准则层指标、13个基本指标组成的指标集,全面而系统地评估生鲜农产品供应链的韧性,如表1所示。

表1 城市生鲜农产品供应链韧性评价指标体系
Tab. 1 Evaluation index system for resilience of urban fresh agricultural product supply chain

系统层 System layer	准则层 Criterion layer	基本指标 Basic indicators	指标解释 Indicator explanation	指标适用性说明 Indicator applicability description
城市生鲜农产品供应链韧性 The resilience of urban fresh agricultural product supply chains	预测能力 Predictive ability	风险意识	城市生鲜农产品供应链主体对城市风险的预防、评估和控制能力	决定链条能否主动识别极端风险,是供应链预防性韧性形成的前提
		相关法律政策水平	城市生鲜农产品供应链的外部法治环境	城市能否形成应急制度化约束与资源调度机制,关键外部制度环境变量
		数字化建设水平	城市生鲜农产品供应链对数字信息的分析处理能力,以及供应链各环节的可追踪性和可追溯性	生鲜物流冷链系统的信息化水平决定风险监测范围与反应速度
	适应能力 Adaptability	信息共享效率	城市生鲜农产品供应链上下游的信息传递效率及信息共享水平	解决信息孤岛问题,是供应链整体协同预测的基础
		决策响应能力	城市生鲜农产品供应链主体对供应链自然状态的认识水平以及参与决策活动、进行方案选择的能力	决策效率影响供应链快速切换能力,是面对突发事件的第一道反应
		协同合作能力	城市生鲜农产品供应链各主体间的协作配合能力	城市供应链多主体之间能否协调响应,决定资源利用率
	恢复能力 Resilience	应急储备规模	为应对不确定性突发事件而事先建立的城市生鲜农产品现货储备	生鲜应急储备是城市非常态下的缓冲阀,直接影响供给稳定性
		财务能力	城市生鲜农产品供应链主体运作和日常经济活动的经济实力	企业现金流决定在事件后能否快速重启运营
		应急善后能力	城市生鲜农产品供应链决策者能够迅速做出决策并及时实施应急预案的能力	指是否具备快速恢复运输、仓储等功能的执行能力
	学习能力 Learning ability	资源调配能力	城市生鲜供应链核心企业能有效利用资源,合理配置的能力	多渠道物流、人力、原材料再配置能力决定恢复速度
		研发投入水平	城市生鲜农产品供应链主体为了实现创新性发展而进行的投入	企业是否有能力转型、创新以提升长期抗风险能力
		知识获取能力	城市生鲜农产品供应链各主体对供应链管理理念的认识和学习能力	体现组织能否从危机中学习、调整制度和流程
		组织培训频率	城市生鲜农产品供应链主体对知识获取的实际操作水平	员工是否具备多岗位应对能力是柔性组织的关键体现

2.2 各层级指标权重确定

关于指标权重的计算方法主要有直接赋权法、层次分析法、主成分分析法、熵值法、灰色分析法等^[22-23]。其中,层次分析法作为一种多准则决策工具,能够将复杂问题解构为多个层次,并通过成对的比较来推导指标的权重,充分考虑各项指标间的相互影响,体现了系统综合分析的思想,对于定量分析难以完全涵盖的问题具有独特的优势,因此更适用于本文的研究。

层次分析法的主要步骤如下:构建判断矩阵,判断矩阵的最大特征值 λ_{max} ,以及对应的特征向量X。进行一致性检验。如果判断矩阵的一致性比率(CR)小于0.1,通常认为一致性可以接受。如果一致性检验不通过,则需要修改判断矩阵。检验的公式为

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{1}$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{2}$$

式中:CI为一致性指标,RI为平均随机一致性指标,对应的判断矩阵取值如表2所示。

表2 平均随机一致性指标RI标准值
Tab. 2 Standard value of average random consistency index RI

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

为确保城市生鲜农产品供应链韧性评价体系中指标权重的科学性与合理性,本文采用专家调查法获取城市生鲜农产品供应链指标评价所需要的数据。调查对象主要包括上海市应急管

理局、粮食和物资储备局相关负责人员,以及上海及周边地区生鲜农产品龙头企业高管、行业协会专家、研究机构学者等,具备一定的理论基础和实践判断力。问卷共发放 20 份,收回有效问卷 19 份,有效率为 95%。虽然问卷数量相对有限,但样本对象具有代表性和权威性,确保了调查数据的质量与科学性,符合 AHP 法中样本数量要求。依据上述指标权重的计算方法,构造判断矩阵,计算生鲜农产品供应链评价指标体系中准则层指标的权重如表 3 所示。

由表 3 可知,准则层指标中权重最大的是适应能力,这意味着在非常态下,城市生鲜农产品供应链的适应能力是保障城市生鲜农产品供给

的重要能力,确保供应链各主体在非常态下能够做出有效的应急决策,寻找新的供应或者销售渠道,快速调配资源,保障非常态下的城市生鲜农产品供应链的稳定性。利用上述方法计算出各项基本指标的权重并与准则层指标权重进行加权计算,结果汇总如表 4 所示。

表 3 准则层指标的权重值
Tab. 3 Weight values of criteria layer indicators

指标 Indicator	权重 Weight
预测能力 Predictive ability	0.241
适应能力 Adaptability	0.568
恢复能力 Resilience	0.133
学习能力 Learning ability	0.058
$\lambda_{max}=4.078, CI=0.026, RI=0.9, CR=0.029<0.1$, 通过一致性检验	

表 4 生鲜农产品供应链韧性各层级指标权重
Tab. 4 Weights of indicators at each level of fresh agricultural product supply chain resilience

准则层指标 Criteria layer indicators	权重 Weight	基本指标 Basic indicators	权重 Weight	加权权重 Weighted weight	排名 Ranking
预测能力 Predictive ability	0.241	风险意识	0.161	0.039	8
		相关法律政策水平	0.466	0.112	3
		数字化建设水平	0.277	0.067	6
		信息共享效率	0.096	0.023	10
适应能力 Adaptability	0.568	决策响应能力	0.239	0.136	2
		协同合作能力	0.137	0.078	4
		应急储备规模	0.624	0.354	1
恢复能力 Recovery ability	0.133	财务能力	0.539	0.072	5
		应急善后能力	0.164	0.021	11
		资源调度能力	0.297	0.040	7
学习能力 Learning ability	0.058	研发投入水平	0.557	0.032	9
		知识获取能力	0.123	0.008	13
		组织培训频率	0.320	0.018	12

2.3 生鲜农产品供应链韧性水平的实例评估

在计算出评价指标体系中各指标的权重值后,本文采用模糊综合评价法计算生鲜农产品供应链韧性的评价得分,结合上文层次分析法求得各指标权重,得到预测能力、适应能力、恢复能力、学习能力的评价矩阵为

$$\begin{aligned}
 B_1 &= X_1R_1 = (0.256, 0.472, 0.204, 0.068, 0.000) \\
 B_2 &= X_2R_2 = (0.175, 0.437, 0.192, 0.196, 0.000) \\
 B_3 &= X_3R_3 = (0.363, 0.575, 0.044, 0.018, 0.000) \\
 B_4 &= X_4R_4 = (0.117, 0.638, 0.062, 0.182, 0.000)
 \end{aligned}$$

$$P = \frac{90 \times 0.216^2 + 70 \times 0.475^2 + 50 \times 0.168^2 + 30 \times 0.141^2 + 10 \times 0^2}{0.216^2 + 0.475^2 + 0.168^2 + 0.141^2 + 0^2} = 68.70 \tag{3}$$

分析结果表明,上海市生鲜农产品供应链韧性的综合评价得分为 68.70,根据本研究划分的

其中, X_n 为各准则层指标的指标权重向量, R_n 为对应的模糊关系矩阵。最终计算得出上海城市生鲜农产品供应链韧性的综合评价结果为

$$B = (0.216, 0.475, 0.168, 0.141, 0.000)$$

综上,可以计算得出上海市生鲜农产品供应链韧性的综合评价得分。本文构建的评语集为 $V = \{强, 较强, 一般, 较弱, 弱\}$, 并赋值为 $V = \{90, 70, 50, 30, 10\}$, 则上海市生鲜农产品供应链韧性的综合评价得分为

评价等级,属于“较强”水平,具备一定的抗风险能力,但也说明仍有许多需要改进的地方,存在

较大的提升空间。同理,计算得到准则层指标和基本指标的综合评价得分结果如表5所示。

根据表5可知,在准则层指标中,恢复能力的综合评价得分最高,适应能力的综合评价得分最

低。这说明城市生鲜农产品供应链在面临突发事件等非常态下,能有效地恢复正常运作,修复损失,但在预防和减轻风险方面,以及调整策略应对风险的适应能力上存在不足。

表5 上海市生鲜农产品供应链韧性综合评价
Tab. 5 Comprehensive evaluation of the resilience of fresh agricultural product supply chain in Shanghai

准则层指标 Criteria layer indicators	评价得分 Evaluation score	评价等级 Evaluation grade	基本指标 Basic indicators	评价得分 Evaluation score	评价等级 Evaluation grade
预测能力 Predictive ability	70.90	较强	风险意识	81.49	强
			相关法律政策水平	74.57	较强
			数字化建设水平	57.78	一般
			信息共享效率	59.43	一般
适应能力 Adaptability	64.39	较强	决策响应能力	82.20	强
			协同合作能力	57.78	一般
			应急储备规模	57.74	一般
恢复能力 Recovery ability	75.56	较强	财务能力	74.00	较强
			应急善后能力	68.12	较强
			资源调度能力	83.20	强
学习能力 Learning ability	68.70	较强	研发投入水平	70.00	较强
			知识获取能力	68.76	较强
			组织培训频率	59.57	一般

在基本指标中,“风险意识”“决策响应能力”“资源调度能力”三个指标的评价等级为“强”,说明城市生鲜农产品供应链主体对潜在风险有较高的警觉性,能够及时识别和预测可能影响供应链运营的风险,在风险来临时,能够快速做出有效决策,以降低风险对供应链运营的影响。在非非常态下,能够有效地调配资源,减少风险的影响,快速修复损失。“数字化建设水平”“信息共享效率”“协同合作能力”“应急储备规模”“组织培训频率”的评价等级为“一般”,说明上海城市生鲜农产品供应链在这些方面仍存在一些问題,需要进一步改进。

数字化水平弱。生鲜农产品的生产、运输、配送、销售等环节主要以个体经营为主,主体多元,信息分散,各主体对生鲜农产品的生产、物流、分销、配送等关键环节的数字化投入明显不足,或者不重视数字化建设,缺乏跟踪定位系统、温度监控系统以及可追溯系统等技术的研发和应用。各主体信息不对称,供应链上下游信息无法有效共享,信息传递效率低,难以实现产销的精准对接。政府对生鲜农产品供需信息掌控能力弱,例如,在2022年的疫情防控期间,由于政府对非常态下城市生鲜农产品供需信息掌握不足,

缺少需求对接,运输到城市的生鲜农产品,出现烂掉、丢掉等情景。

供应链合作程度低。目前生鲜农产品供应链上游生产主体复杂多元且分散,组织化程度低,上游生产商小而分散,管理水平和技术能力均有待提升,其他主体缺乏对生产主体的专业指导。中游和下游主体间的竞争大于合作,流通环节多,缺少供应链协作的积极性。城市生鲜农产品零售主要由超市、农贸市场、生鲜电商、社区生鲜店等主体构成,在非非常态下,就很难有效组织上述零售主体,难以统筹和调配城市生鲜农产品的供给。生鲜农产品供给主要由农委、商委和交通委等多部门负责,在非非常态下,各部门守土有责,缺少跨部门合作和跨区域合作机制,还没有建立完善的城市生鲜农产品应急配送网络,降低了供应链韧性。

应急储备难度大。笔者调研发现,城市生鲜农产品的应急储备库没有得到有效的规划。由于生鲜农产品具有易腐性,体积大,在储备过程中易变质,可能造成严重的资源浪费,增加了储备难度和储备成本。因此,企业普遍倾向于避免大量储存生鲜农产品,以防库存积压带来损失,这也使得在突发事件发生时,供应短缺的风险随

之增加。

组织培训不全面。首先,对于部分小型企业和农户而言,由于资金或人力资源的局限性,难以开展系统和持续的培训活动,一些企业仍然沿用传统的讲授式培训方法,缺乏实战性和可操作性,难以调动员工的学习热情和主动性。其次,培训可能只涉及生鲜农产品供应链的部分环节,侧重于企业内部风险防控,对外部风险的防范与应对缺乏足够的重视。而且,由于缺乏有效的考核机制,一些企业难以准确评估培训的实际效果,企业无法对培训活动进行针对性的优化和改进,影响风险防控体系的完善。

3 城市生鲜农产品供应链韧性的优化路径

基于前文模糊综合评价结果,上海市生鲜农产品供应链整体韧性水平处于“较强”等级,但不同维度之间表现存在明显差异。在“预测能力”与“学习能力”维度上,部分指标得分偏低,反映出城市在风险识别、经验吸收与能力迭代方面存在短板;而在“适应能力”与“恢复能力”维度中,“应急储备规模”“资源调度能力”等方面表现亦有待提升。为进一步增强城市生鲜供应系统的稳健性、弹性与恢复力,本研究围绕四类能力维度,提出以下优化路径建议。

3.1 构建主动感知型供应链体系

城市生鲜农产品供应链的高韧性依赖于事前对风险的精准识别与响应前置机制的建设。从评价结果来看,上海在“数字化建设水平”和“信息共享效率”方面仍有显著提升空间,当前的数据系统仍以分部门、分平台为主,缺乏统一的数据治理框架与高效的预测机制。一是应推动农业、商务、交通等领域的公共数据资源融合,构建跨部门统一的城市生鲜供应链数字治理平台,实现对农产品来源地库存、在途物流、终端销售等关键节点的动态感知。二是推进预警模型嵌入城市运行管理系统,借助人工智能、大数据分析、GIS系统等技术,建立城市生鲜农产品“风险雷达”,从气候异常、交通阻断、疫情传播等维度提前识别潜在风险源,提升前瞻性干预能力。三是加强行业数据互联互通机制,推动生鲜流通企业、第三方物流、社区平台之间实现标准化的数据接口与共享协议,解决“信息孤岛”问题,为供应链韧性运行提供数据底座。

3.2 提升非常态场景下的响应灵活性

适应能力反映城市生鲜供应系统在风险显现初期的临场应对与灵活调节能力,评价结果显示“应急储备规模”和“协同合作能力”相对偏弱,表明在资源物资储备与多元主体协作方面仍存结构性缺口。一方面,应加强生鲜应急储备体系建设,构建“市级—区级—企业”三级储备网络,重点提升对高频刚需品类的动态库存能力。同时,储备布局应充分考虑城市空间结构与交通可达性,在外围建立常态化仓储,在核心城区建设应急微仓,实现“多层次、分布式”的弹性缓冲体系。另一方面,应推动构建城市生鲜农产品应急协同机制,明确政府、平台企业、电商渠道、社区团购等多元主体在突发场景下的职责分工与操作流程,强化资源联动、调度响应与时效机制。建议建立“城市食品应急保障联盟”,推进常态演练、资源共享与任务清单制度,提升系统级协作效率。

3.3 提升中断后的快速修复能力

恢复能力是供应链遭遇中断后快速重建运行的关键,尤其在运输受限、人员短缺等典型突发场景中显得尤为重要。尽管“财务能力”和“应急善后能力”在评估中表现较好,但“资源调配能力”仍为相对薄弱环节。首先,应建立城市生鲜农产品应急资源调配平台,整合交通、公安、商贸等系统信息,推动生鲜运输车辆“绿色通行证”常态化管理机制,保障极端情形下物流不中断。同时,优化市域冷链物流结构,引导第三方冷链物流企业参与应急服务,缓解政府独立调度压力。其次,鼓励龙头企业建立“应急配送分队”,通过仓配一体化、定向派送、社群响应等机制,提升突发情况下“最后一公里”生鲜配送的保障能力。此外,应建立专门的应急资金池,用于补贴疫情、气象等特殊情况下承担保供任务的企业,提升其快速恢复运营的能力与意愿。

3.4 实现供应链韧性的持续优化

学习能力是韧性供应链实现“由复原到进化”的关键机制,涉及组织制度的反馈机制、技术投入能力与人员能力建设等多个方面。从评价结果来看,上海在“组织培训频率”和“知识获取能力”等指标上表现中等,说明当前系统仍偏重短期应对而欠缺长期优化视角。一是应建立风险事件复盘与经验转化机制,推动政府部门与企

业联合开展应急响应事后评估,制定“风险事件—响应过程—改进机制”闭环反馈流程,将典型案例、成功经验、风险教训转化为制度规范。二是强化数字化基础能力提升,设立专项财政资金鼓励农产品流通企业加大在物联网、区块链、AI算法等新技术领域的应用探索,推动全链条智能升级。三是构建常态化培训与演练机制,对政府应急人员、市场管理者、生鲜企业运营者开展分级分类的课程,提升其在风险识别、应急管理、系统协同方面的综合能力,推动管理韧性的代际积累。

作者声明本文无利益冲突。

参考文献:

- [1] 姜启军,王梦元. 非常态下城市生鲜农产品供给保障协同分析[J]. 上海管理科学, 2024, 46(1): 96-100.
JIANG Q J, WANG M Y. Collaborative analysis of urban produce supply guarantee in abnormal conditions [J]. Shanghai Management Science, 2024, 46(1): 96-100.
- [2] 张喜才. 新冠肺炎疫情对农产品供应链影响及应对机制研究[J]. 农业经济与管理, 2020(4): 45-51.
ZHANG X C. Effect of novel coronavirus pneumonia epidemic situation on agricultural product supply chain and its response mechanism [J]. Agricultural Economy and Management, 2020(4): 45-51.
- [3] LU J, ZHANG J X, LU F X, et al. Optimal pricing on an age-specific inventory system for perishable items[J]. Operational Research, 2020, 20(2): 605-625.
- [4] 徐广妹,江艳丽. 基于质量分级的生鲜农产品供应链的定价与保鲜策略研究[J]. 数学的实践与认识, 2021, 51(3): 321-328.
XU G S, JIANG Y L. Pricing and fresh-keeping strategy for fresh agricultural produce supply chain based on quality grades [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2021, 51(3): 321-328.
- [5] 杨磊,肖小翠,张智勇. 需求依赖努力水平的生鲜农产品供应链最优定价策略[J]. 系统管理学报, 2017, 26(1): 142-153.
YANG L, XIAO X C, ZHANG Z Y. Optimal pricing policies of fresh agricultural product supply chain with effort level dependent demand [J]. Journal of Systems & Management, 2017, 26(1): 142-153.
- [6] RAHDAR M, NOOKABADI A S. Coordination mechanism for a deteriorating item in a two-level supply chain system [J]. Applied Mathematical Modelling, 2014, 38(11/12): 2884-2900.
- [7] 熊峰,方剑宇,袁俊,等. 盟员行为偏好下生鲜农产品供应链生鲜努力激励机制与协调研究[J]. 中国管理科学, 2019, 27(4): 115-126.
XIONG F, FANG J Y, YUAN J, et al. Incentives and coordination of fresh investment of fresh agricultural products supply chain [J]. Chinese Journal of Management Science, 2019, 27(4): 115-126.
- [8] CHRISTOPHER M, PECK H. Building the resilient supply chain [J]. The International Journal of Logistics Management, 2004, 15(2): 1-13.
- [9] BEHZADI G, O'SULLIVAN M J, OLSEN T L. On metrics for supply chain resilience [J]. European Journal of Operational Research, 2020, 287(1): 145-158.
- [10] LIU C L, SHANG K C, LIRN T C, et al. Supply chain resilience, firm performance, and management policies in the liner shipping industry [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2018, 110: 202-219.
- [11] 吕映苗,史兆英,宁鹏飞. 基于SWARA的供应链韧性影响因素分析[J]. 中国市场, 2022(10): 167-170.
LÜ Y M, SHI Z Y, NING P F. Analysis of influencing factors of supply chain resilience based on SWARA [J]. China Market, 2022(10): 167-170.
- [12] 韩佳伟,杨信廷. 农产品智慧供应链: 内涵、关键技术与未来方向[J/OL]. 智慧农业(中英文), (2025-05-07) [2025-05-26]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1681.S.20250501.1202.002.html>.
HAN J W, YANG X T. Smart supply chains for agricultural products: key technologies, research progress and future direction [J/OL]. Smart Agriculture, (2025-05-07) [2025-05-26]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1681.S.20250501.1202.002.html>.
- [13] 解玉洁,周海霞. 生鲜农产品供应链韧性水平测度与影响因素分析[J]. 江西农业学报, 2024, 36(12): 109-117.
XIE Y J, ZHOU H X. Measurement of fresh produce supply chain resilience level and analysis of influencing factors [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2024, 36(12): 109-117.
- [14] 王正盛,王丽,纪凯,等. 基于PPRR模型的社会组织应对突发公共卫生事件的韧性提升策略[J]. 中国农村卫生事业管理, 2022, 42(11): 762-767.
WANG Z S, WANG L, JI K, et al. Strategies for improving resilience of social organizations in response to public health emergencies based on PPRR model [J]. Chinese Rural Health Service Administration, 2022, 42(11): 762-767.
- [15] 吴群,王鸿美,李梦晓. 制造业企业供应链韧性提升路径研究: 破解欧菲光集团逆境重生之谜[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2025(6): 3-23.
WU Q, WANG H M, LI M X. Research on the improving path of supply chain resilience in manufacturing enterprises: cracking the mystery of OFILM's rebirth in adversity [J]. Modern Finance and

- Economics (Journal of Tianjin University of Finance and Economics), 2025(6): 3-23.
- [16] 林晓玲. 上海市农产品农超对接问题及对策研究[D]. 大连: 大连海洋大学, 2024.
- LIN X L. Research on the issues and countermeasures of agricultural products' direct connection between farmers and supermarkets in Shanghai[D]. Dalian: Dalian Ocean University, 2024.
- [17] 王海南, 宁爱照, 马九杰. 疫情后我国生鲜农产品供应链的优化路径与策略[J]. 农村经济, 2020(10): 107-113.
- WANG H N, NING A Z, MA J J. Optimizing paths and strategies for supply chain of fresh agricultural products in China after the epidemic[J]. Rural Economy, 2020(10): 107-113.
- [18] 闻卉, 陶建平, 曹晓刚, 等. 基于双边质量控制的生鲜农产品供应链决策[J]. 控制工程, 2017, 24(12): 2478-2484.
- WEN H, TAO J P, CAO X G, et al. Fresh agricultural supply chain decision based on bilateral quality control [J]. Control Engineering of China, 2017, 24(12): 2478-2484.
- [19] 杨亚, 范体军, 张磊. 新鲜度信息不对称下生鲜农产品供应链协调[J]. 中国管理科学, 2016, 24(9): 147-155.
- YANG Y, FAN T J, ZHANG L. Coordination of fresh agricultural supply chain with asymmetric freshness information [J]. Chinese Journal of Management Science, 2016, 24(9): 147-155.
- [20] 吴岳. 城市生鲜农产品供应链管理对策探讨[J]. 商业经济研究, 2016(6): 156-158.
- WU Y. Discussion on supply management countermeasures of urban fresh agricultural products [J]. Journal of Commercial Economics, 2016(6): 156-158.
- [21] 柳嘉欣. 基于组合赋权-TOPSIS法的汽车供应链韧性评价研究——以S公司为例[D]. 太原: 山西财经大学, 2023.
- LIU J X. The study on the evaluation of automotive supply chain resilience based on the portfolio assignment-TOPSIS method - an example of company S [D]. Taiyuan: Shanxi University of Finance and Economics, 2023.
- [22] 邓雪, 李家铭, 曾浩健, 等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 数学的实践与认识, 2012, 42(7): 93-100.
- DENG X, LI J M, ZENG H J, et al. Research on computation methods of AHP wight vector and its applications [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2012, 42(7): 93-100.
- [23] 施泉生, 涂娜娜. 层次灰色分析法在电厂安全评价中的应用[J]. 上海电力学院学报, 2005, 21(1): 81-84, 89.
- SHI Q S, TU N N. The application of hierarchy gray assessment in safety evaluation of power plant [J]. Journal of Shanghai Electric Power, 2005, 21(1): 81-84, 89.

Research on resilience evaluation and path optimization of urban fresh agricultural product supply chain

JIANG Qijun, YUAN Yirun

(School of Economics and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In the context of frequent global public security incidents and multiple uncertain shocks to urban food systems, improving the resilience of urban fresh agricultural product supply chains has become a key issue to ensure people's livelihood security and maintain the stable operation of urban systems. Fresh agricultural products are characterized by strong perishability, multiple circulation links, high storage difficulty, and high immediate demand, which makes their supply chains more prone to interruption when encountering sudden risk events. This study takes the urban fresh agricultural product supply chain as the research object, focusing on the response capability and operation guarantee capability of the urban fresh agricultural product supply chain in abnormal situations. Based on the PPRR theory, dynamic capability theory and agricultural product supply chain management theory, an analysis framework is constructed to systematically refine the four core dimensions of prediction capability, adaptability, recovery capability and learning capability. On this basis, a resilience evaluation system containing 13 indicators is designed, and the analytic hierarchy process (AHP) is used to assign weights, and the fuzzy comprehensive evaluation method is combined to empirically measure the resilience of the fresh agricultural product supply chain in Shanghai. The results show that Shanghai has a strong foundation in emergency response mechanism and institutional regulation capabilities, but still has obvious shortcomings in risk warning capabilities, organizational training frequency, and information sharing efficiency. Based on the research results, this paper proposes path optimization suggestions focusing on the construction of information perception system, layout of diversified reserve system, optimization of resource allocation mechanism and improvement of organizational learning ability.

Key words: urban fresh agricultural products; supply chain resilience; analytic hierarchy process; fuzzy comprehensive evaluation; path optimization