

数字技术推动辽宁省生鲜冷链物流与电子商务融合发展测算与可行性分析

王裕民, 李明宇

辽宁工业大学经济管理学院, 辽宁 锦州

收稿日期: 2026年5月15日; 录用日期: 2026年5月28日; 发布日期: 2026年6月29日

摘要

在数字经济与乡村振兴战略推进背景下, 生鲜冷链物流成本高、损耗大、协同性不足等问题制约产业发展。本文以辽宁省为研究对象, 运用极差标准化法与熵值法构建数字技术水平评价模型, 测算2014~2024年区域数字技术综合指数年均增长率达10.42%, 整体呈上升趋势, 为生鲜冷链物流与电子商务融合提供技术支撑。研究设计包含指标体系、数据来源、权重确定、测算公式的融合度量方案, 采用耦合协调度模型开展实证测算, 并从机制、数据、方法、产业、政策五方面论证融合可行性。结果表明, 数字技术驱动辽宁生鲜冷链与电商深度融合具备科学合理性与实践可行性。研究成果可用于衡量产业融合水平、识别发展短板, 助力提升辽宁生鲜物流效益、加快农业现代化进程, 推动区域经济高质量发展。

关键词

数字技术, 生鲜冷链物流, 产业融合, 耦合协调度, 辽宁省

Calculation and Feasibility Analysis on the Integrated Development of Fresh Cold Chain Logistics and E-Commerce in Liaoning Province Driven by Digital Technology

Yumin Wang, Mingyu Li

School of Economics and Management, Liaoning University of Technology, Jinzhou Liaoning

Received: May 15, 2026; accepted: May 28, 2026; published: June 29, 2026

文章引用: 王裕民, 李明宇. 数字技术推动辽宁省生鲜冷链物流与电子商务融合发展测算与可行性分析[J]. 世界经济探索, 2026, 15(3): 438-446. DOI: 10.12677/wer.2026.153045

Abstract

Against the backdrop of advancing the digital economy and rural revitalization strategies, the development of the fresh produce industry is constrained by prominent problems such as high cost, serious loss, and insufficient coordination in cold chain logistics. Taking Liaoning Province as the research object, this paper constructs an evaluation model of digital technology level by using the range standardization method and entropy weight method. The calculation results show that the average annual growth rate of the regional digital technology comprehensive index from 2014 to 2024 reaches 10.42%, showing an overall upward trend, which provides technical support for the integration of fresh food cold chain logistics and e-commerce. The study designs a quantitative scheme for integration degree including indicator system, data sources, weight determination and calculation formula, conducts empirical measurement with the coupling coordination degree model, and demonstrates the feasibility of integration from five aspects: mechanism, data, method, industry and policy. The results show that the deep integration of fresh food cold chain and e-commerce driven by digital technology in Liaoning is scientifically rational and practically feasible. The research results can be used to measure the level of industrial integration, identify shortcomings in development, help improve the efficiency of fresh produce logistics in Liaoning, accelerate the process of agricultural modernization, and promote high-quality regional economic development.

Keywords

Digital Technology, Fresh Cold Chain Logistics, Industrial Integration, Coupling Coordination Degree, Liaoning Province

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在数字经济发展背景下, 实现产业融合发展已成为现代流通体系建设重点发展方向。将生鲜冷链物流与电子商务相结合可以减少农产品流通中的损失率, 提高农产品物流链工作效率, 并扩大销售渠道, 在推进乡村发展的同时推动了我国农业的发展进程。

国外相关领域早在上世纪 90 年代就已开始探索冷链物流信息化及电子商务供应链协同、融合发展测度方法, 并主要集中在基于物联网追溯、智能调度以及效率评估等方面, 形成了相对完善的定性分析思路[1]。国内的研究多集中于生鲜电商、冷链物流数字化、产业发展协同等内容, 在利用数字信息技术方面认为通过物联网、大数据或区块链可以实现冷链物流全过程可控、来源有据可循、调度合理高效; 在产业融合方面提出了冷链 - 电商共生理论、协同演进机制、耦合协调发展模型来探究二者的关系[2]而关于区域层面的相关研究中也存在一些探讨农村电商发展、农产品上行与冷链基础设施不足等问题的文章, 对东北地区开展具体量化的测算工作较少且缺乏有效的融合度指标构建[3]。

首先就是缺少融合测度。大部分学者的研究都只是在定性的基础上开展工作, 并没有提出能够实际应用并能进行计算和比较的生鲜冷链物流 - 电子商务融合度评价指标。数字技术影响程度较低。很少有文章会把数字技术作为一个重要的因素考虑进去。其次, 针对辽宁地区不够具体。对于辽宁地区的生鲜产品特点、冷链条件以及电商发展状况所做出的具体测算方法不多见。最后可行性不高。未能详细地阐述出需要哪些指标数据及相应的口径、来源等信息, 也未提及存在的困难。

辽宁省作为农业大省, 水产、果蔬、畜禽等生鲜资源丰富, 农村电商快速发展, 但长期面临冷链信息化水平低、数据孤岛、流通效率不高、冷链与电商“各成体系”等问题。数字技术可从设施互联、数据互通、智能决策、全链追溯等维度推动二者协同。基于此, 本文测度辽宁省 2014~2024 年数字技术发展水平, 构建生鲜冷链物流与电子商务融合度评价体系, 从理论、数据、方法、现实、政策五方面论证融合发展可行性, 并提出对策建议, 为辽宁生鲜流通数字化与产业协同升级提供量化工具与决策依据[4]。

2. 数字技术推动辽宁省生鲜冷链物流与电子商务融合发展的可行性分析

数字技术为生鲜冷链物流与电子商务深度融合提供了核心支撑, 结合辽宁省数字经济发展基础、产业现实条件与数据支撑条件, 开展二者融合发展的相关研究与测算具备充分可行性。

一是机制路径清晰合理。依托数字化技术在基础设施建设、推广应用及创新开发等方面的优势, 在鲜活农产品从产地到市场的各个环节中建立起“信息高速公路”, 使冷链全程可追溯、透明度高且智能高效, 并能提高电商平台订单响应速度、供应链整合水平以及消费者购物体验等, “以数字促冷链、以冷链带电商”的循环发展机制较为明确, 便于开展融合发展的相关研究。

二是数据有据可查。本文已完成了从 2014 年至 2024 年的辽宁省数字技术水平的预测, 各项指标都齐全, 数据准确。此外, 关于辽宁地区的与生鲜冷链物流相关的一些指标, 例如冷库数量、冷藏车的数量及农产品冷链流通率或与电子商务相关的指标, 例如农产品网络销售额、网上购物比例、在线购买商品量, 均可以在统计年鉴或是行业内的报告中, 甚至政府提供的数据资料里查询到, 这些数据口径统一, 时序明确, 可用于判断融合发展是否可行并对之展开定量分析。

三是方法成熟。本文所用到的方法有综合评价法、极差标准化法以及熵值法等可以直接运用在生鲜冷链物流及电子商务的发展水平上, 并且其方法较为成熟合理, 所得出的结果比较公正公平, 在没有重新构建新的模型的情况下就将问题解决掉, 具有较强的可行性。

四是条件完备, 在这十来年间也就是 2014 年至 2024 年期间, 辽宁省的数字技术综合指数平均每年增长 10.42%。而这些都与基础设施建设、加大对基础设施的投资等有关联, 有利于促进生鲜冷链以及电子商务的发展。而且丰富的生鲜产品, 逐渐完善的并且快速发展的物流系统, 迅速成长起来的农村电商为它提供了良好的环境和发展空间, 有很大的市场潜力。

五是符合政策要求。国家以及辽宁地区都出台了关于发展数字经济、冷链产业、电商下乡等相关的政策文件, 并且鼓励数字化技术和实体经济发展相结合, 促进农业产品流通体系建设的发展, 本课题的研究也顺应了当地发展的大势, 其结果也有一定的指导意义。

总之, 在上述分析的基础上可以看出, 利用数字技术促进辽宁生鲜冷链物流业与电子商务融合发展的可能性是存在的, 并可以对此做进一步的研究。

3. 数字技术发展水平测算分析

3.1. 测算方法

为了使测算的结果更加公平合理, 我们采用综合评价的方法来测度辽宁地区的数字技术水平。综合评价是指利用一定的评价指标以及相应的数学模型和算法, 在一个整体中把各个不相关的因素加以汇总, 并且根据它们的重要性程度分配给不同大小的权值, 最终得到该总体所表现出来的综合情况的一种系统的、科学性的决策分析方法。

具体实施步骤如下:

① 数据标准化处理。本文采用极差标准化法对原始数据进行无量纲化处理。设置初始矩阵为 x_{ij} , 其中 i 为年份, j 为评价指标个数。

正向指标标准化公式为:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} + 0.0001$$

经无量纲化处理后, 数据取值范围在[0.0001, 1.0001]之间, 标准化数值越大, 则贡献程度越大。

② 确定指标权重。本文采用熵值法对评价指标进行赋权, 根据指标的差异程度进行客观赋权, 差异越大, 赋权越大。具体过程如下:

计算指标比重:

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}^*}{\sum_{i=1}^n x_{ij}^*}$$

计算指标熵值:

$$E_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij}$$

计算差异系数:

$$d_j = 1 - E_j$$

确定指标权重:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j}$$

计算综合评价价值:

$$U_1 = \sum_{j=1}^m w_j \cdot x_{ij}^*$$

其中 U_1 为数字技术综合评价价值, w_j 为各评价指标的权重。

3.2. 指标选取

本文借鉴相关研究成果, 从基础设施建设、发展水平与创新科研水平三个维度构建数字技术发展水平评价指标体系, 共选取 8 个评价指标, 如表 1 所示。

Table 1. Evaluation indicators of digital technology development level

表 1. 数字技术发展水平评价指标

子系统	维度	评价指标	单位	属性	序号
基础设施	基础设施建设	长途光缆线路长度	公里	+	Z1
		互联网宽带接入端口数	万个	+	Z2
		互联网普及率	%	+	Z3
数字技术	发展水平	电信业务总量	亿元	+	Z4
		移动电话年末用户数	万户	+	Z5
		研究与试验发展 R&D 人员数	万人	+	Z6
创新科研水平	创新科研水平	R&D 发明专利数	件	+	Z7
		R&D 经费支出	亿元	+	Z8

首先是对于与数字技术相关的设施的建造情况, 决定了我们能够走到哪里去。“长途光缆线路总长”(Z1)以及“互联网宽带接入端口数量”(Z2), 这两项数据表示出我们在信息传达过程中所用设备的情况, 是做好数字技术的前提。其次是看我们的水平高不高, “互联网普及率”(Z3), 表明了在哪哪些方面应用到了数字技术, “电信业务总量”(Z4), 显示出了数字技术为通讯行业带来了多少经济收益, “移动电话年末用户数”(Z5), 告诉我们数字技术已经被运用到了像手机这样的移动产品中去了。最后就是看是否有创新能力及创新研究的能力如何, “R&D 人数”(Z6)代表了人力方面的投资, “R&D 发明专利数”(Z7)是指成果的数量, “R&D 经费支出”(Z8)则体现了资金的支持程度。

3.3. 数据来源

上述数字技术综合发展水平评价指标体系数据来源于《中国统计年鉴》¹《辽宁统计年鉴》²及辽宁省国民经济和社会发展统计公报。根据指标遴选的科学性、系统性、代表性和可操作性原则, 为确保计算结果的真实性、准确性与科学性, 对数据进行收集与整理, 选取 2014~2024 年共 11 年辽宁省的数据进行测算和分析[5]。

3.4. 测算结果分析

根据极差标准化以及熵值法得出各个指标的权重, 在数字技术评价指标体系中, R&D 经费支出(0.2337)、电信业务总量(0.2157)、R&D 人员数(0.1240)及移动电话年末用户数(0.1102), 这四项指标的权重大小, 是数字技术评价指标体系中的主要影响因素。而互联网宽带接入端口数(0.0673)、R&D 发明专利数(0.0745)这两项指标的影响较小但仍在可接受范围内。见表 2:

Table 2. Weights of various indicators of digital technology (2014~2024)

表 2. 2014~2024 年数字技术各指标权重

子系统	指标	权重
数字技术	长途光缆线路长度(公里)	0.0758
	互联网宽带接入端口数(万个)	0.0673
	互联网普及率(%)	0.0987
	电信业务总量(亿元)	0.2157
	移动电话年末用户数(万户)	0.1102
	研究与试验发展 R&D 人员数(万人)	0.1240
	R&D 发明专利数(件)	0.0745
	R&D 经费支出(亿元)	0.2337

由综合评价计算得到 2014~2024 年辽宁数字技术综合发展的指数值为 U_1 , 可以看出 2014~2024 年辽宁数字技术综合评价指数整体呈现出大幅上升的趋势, 每年平均增长率高达 10.42%, 从 2014 年的 0.219 到 2024 年的 0.591, 总的增长率为 169.56%。其中, 在 2018 年至 2020 年期间, 指数迅速上涨, 并于 2020 年达到了最高点——0.613, 这可能是由于受公共卫生事件的影响, 人们对于线上工作及购物的需求增大, 导致相关设施设备如 5G 基站、云数据中心等加快部署步伐, 促使数字技术实现跨越性的发展。但是到了 2021 年, 指数开始大幅度下降, 最终下降到 0.440, 降幅约为 28.3%, 究其原因是多方面的, 一是因为 2020 年初产生的大量关于数字化方面的需求在 2021 年已经基本满足完毕, 所以在此之后的投资力度会逐渐减弱; 二是因为一些新的建设项目尚处在平台阶段, 旧时期的一些新项目也正在进入尾声, 因此政

¹<https://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/>

²<https://tjj.ln.gov.cn/tjj/tjsj/tjnj/lntjnj/>

府可能会适当减少相应的投资；三是由于经济环境不景气以及各地政府面临的巨大财政负担，使得许多有关数字化的相关工程都进展缓慢。而自 2022 年起，指数又开始了新一轮的恢复性增长，直到 2024 年才再次回到 0.591 这个数值，表明了辽宁数字技术具有强大的韧性和良好的发展前景。见表 3。

Table 3. Comprehensive evaluation values of digital technology system

表 3. 数字技术系统综合评价价值

年份	数字技术综合评价价值 U_1
2014	0.219
2015	0.274
2016	0.330
2017	0.406
2018	0.410
2019	0.434
2020	0.613
2021	0.440
2022	0.515
2023	0.538
2024	0.591
年均增长率	10.42%

4. 融合度测算方案与指标设计

本章构建可直接计算、可逐年比较、可分环节诊断的融合度评价体系，明确数据来源、指标、权重和融合度测算。

4.1. 设计思路

将融合系统划分为冷链物流子系统、电子商务子系统、数字技术支撑子系统，采用熵值法赋权、耦合协调度模型测算融合度，最终输出综合融合指数，用于判断融合水平、阶段与短板。

4.2. 数据获取及实施路径

年度数据：2014~2024 年时序面板数据。

采集渠道：统计年鉴、政府部门公报、行业协会报告、企业抽样、平台脱敏数据。

4.3. 融合度评价指标体系

共 3 个一级维度、8 个二级维度、24 项具体指标，全部为正向指标(表 4)。

Table 4. Evaluation index system for the integration degree of fresh cold chain logistics and e-commerce

表 4. 生鲜冷链物流 - 电子商务融合度评价指标体系

目标层	一级维度	二级维度	具体指标	单位	数据来源
生鲜冷链 - 电商融合度指数	A 冷链物流子系统	A1 设施规模	冷库总容积	万立方米	辽宁统计年鉴
			冷藏车保有量	辆	交通厅/物流联

续表

B 电子商务子系统	A2 流通效率	冷链流通率	%	农业农村部门
		生鲜产品损耗率	%	反向计算
	A3 数字化水平	智能冷库占比	%	行业报告
		车载物联网设备安装率	%	交通/企业数据
	A4 链条完整性	产地预冷覆盖率	%	农业农村部门
		末端冷链配送网点数	个	商务部门
	B1 交易规模	农产品网络零售额	亿元	商务厅
		生鲜电商交易额占比	%	电商平台/协会
	B2 用户基础	农村网络购物用户数	万人	通信/统计
		生鲜线上购买渗透率	%	抽样/估算
	B3 渠道能力	本地电商平台数	个	商务部门
		直播电商、社区团购场次	万场	平台/协会
B4 服务能力	电商配送时效达标率	%	行业监测	
	电商售后服务满意度	分	抽样调查	
C 数字技术支撑	C1 基础设施	5G 覆盖率	%	通信管理局
		物联网终端接入量	万台	通信/企业
	C2 技术应用	平台数据打通率	%	调研/估算
		全程溯源覆盖率	%	监管/企业
	C3 创新能力	冷链电商相关专利数	件	知识产权局
		数字化投入占营收比重	%	企业年报
	C4 政策支持	相关政策数量	项	政府公报
		财政扶持资金额	万元	财政/发改

4.4. 权重设定方法

采用熵值法客观赋权，步骤同 2.1，避免主观偏好，保证结果稳健可比。

4.5. 融合度测算模型

采用耦合协调度模型，步骤如下：

$$U_A = \sum w_{Ai} x_{Ai}, U_B = \sum w_{Bj} x_{Bj}, U_C = \sum w_{Ck} x_{Ck}$$

$$耦合度 C = \left\{ \frac{U_A U_B U_C}{(U_A + U_B + U_C) 3} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$综合发展指数 T = \alpha U_A + \beta U_B + \gamma U_C \quad (建议取 \alpha = 0.4, \beta = 0.35, \gamma = 0.25)$$

$$融合度(耦合协调度) D = C \times T$$

4.6. 融合度分级

0~0.2 严重失调

0.2~0.4 轻度失调

0.4~0.6 勉强融合/初步融合

0.6~0.8 良好融合

0.8~1.0 优质融合

5. 促进数字技术推动辽宁省生鲜冷链物流与电子商务融合发展的对策建议

5.1. 补齐辽宁产地数字化短板, 优先打通“最初一公里”

聚焦辽宁果蔬、水产、畜禽主产区, 定向建设产地预冷设施与小型智能冷库, 优先在沈阳、大连、锦州、丹东等生鲜优势市落地物联网温控终端。将 5G 与物联网覆盖向产地园区、合作社、冷库倾斜, 解决农村信号弱、数据不上传问题, 实现从采摘到入库全程温控可追溯, 降低辽宁生鲜产地损耗。

5.2. 搭建省级统一冷链 - 电商数据平台, 破解数据孤岛

依托辽宁省商务厅、农业农村厅、交通厅数据资源, 建设全省生鲜冷链智慧调度平台, 强制接入重点冷库、冷藏车、电商平台数据。实现订单、库存、运力、温度、位置实时共享, 统一数据口径与统计标准, 解决“冷链不知订单、电商不知冷链”的脱节问题, 提升辽宁生鲜配送时效与供应链响应速度, 这也印证了赵连明(2021)的结论[6]。

5.3. 推动本地冷链与电商企业数字化改造, 强化辽宁本土主体

结合徐志鹏等(2025)的对策, 针对辽宁中小冷链企业数字化能力弱的问题, 给予智能设备补贴、税收减免与低息贷款, 推广车载 GPS、温度传感器、智能分拣设备。支持本地电商平台与大连、沈阳冷链龙头企业建立专属供应链, 发展“产地直供、冷链直达、社区团购”模式, 扩大辽宁海参、草莓、海鲜等特色生鲜线上规模。将冷链企业和电商平台数据联通起来, 及时同步订单信息、库存情况、路线规划以及温度变化等情况, 提升订单处理效率、加快配送时间。促进冷链网与电商品配对接融合, 完善产地预冷、集中储存、分批运输、定点投送方式, 解决“冷链拖不起电商、电商拉不活冷链”的问题[7]。

5.4. 完善末端冷链配送网络, 适配辽宁气候与城乡结构

结合辽宁冬季寒冷、城乡配送距离长的特点, 在城市社区、县域商超增设冷链自提柜与保温配送网点, 推广保温箱、低温包装等适用技术。优化沈阳、大连都市圈冷链共同配送线路, 降低重复运输与空载率, 提升末端配送稳定性, 解决“最后一公里”冻损、延迟问题。

5.5. 建立地方标准与人才支撑, 优化制度环境

结合姜淞水等(2022)与辽宁省行情, 制定辽宁省生鲜冷链电商融合地方标准, 规范温控、追溯、包装、配送等关键环节。联合辽宁工业大学等省内高校开设冷链电商实训课程, 培养懂物流、懂电商、懂数字技术的复合型人才。加强政策资金精准投向, 避免普惠式补贴, 重点支持数字化融合示范项目[8]。

6. 结语

本文以数字技术赋能为视角, 系统测算 2014~2024 年辽宁省数字技术发展水平, 并构建生鲜冷链物流与电子商务融合度评价体系, 从理论、数据、方法、产业基础与政策环境五方面开展可行性论证, 形成以下研究结论。

测算结果显示, 辽宁省数字技术综合指数年均增速达 10.42%, 整体呈稳步上升态势, R&D 经费投入、电信业务总量、科研人力与移动终端普及是驱动数字技术发展的核心要素, 为冷链物流与电子商务融合提供了坚实的硬件基础与技术条件。研究构建的融合度测算体系涵盖冷链设施、电商规模、数字支

撑三大维度, 指标可获取、方法可操作、结果可比较, 能够科学量化辽宁省生鲜冷链与电商的融合水平, 有效识别产业协同短板。可行性分析表明, 依托数字技术推动辽宁省生鲜冷链物流与电子商务深度融合, 在机制上逻辑清晰、数据上有据可依、方法上成熟可靠、产业上基础充足、政策上高度契合, 具备显著的现实可行性。

当前辽宁省生鲜流通领域仍存在产地冷链数字化薄弱、政企数据壁垒、冷链与电商协同不足、末端配送适配性不强等问题, 制约融合效率提升。未来应立足辽宁生鲜产业特色与区域条件, 以数字基建下沉、数据平台打通、企业数字化改造、末端网络完善、地方标准落地为抓手, 推动冷链物流与电商从“并行发展”转向“深度协同”。

本文研究不仅丰富了区域生鲜流通产业融合的量化研究框架, 也为辽宁省优化生鲜供应链、降低流通损耗、提升农产品电商竞争力提供了可落地的测算工具与决策参考, 对推动辽宁农业数字化转型、助力乡村振兴与区域经济高质量发展具有实际应用价值。

参考文献

- [1] Van der Vorst, J.G.A.J., Bloemhof-Ruwaard, J.M. and Kanellopoulos, A. (2020) Sustainable and Smart Food Cold Chains. *Trends in Food Science & Technology*, **106**, 374-386.
- [2] 石成玉, 陈恂亨, 王妍, 等. 大数据视角下生鲜电商供应链物流服务策略研究[J]. *农业技术经济*, 2023(10): 129-144.
- [3] 邵慧敏, 朱圣虎, 陈添, 等. “数商兴农”战略下辽宁省农村电商发展现状及对策研究[J]. *农业科学*, 2026, 16(1): 27-32.
- [4] 张蓉. 新零售时代生鲜农产品“智慧 + 冷链”物流发展路径探究[J]. *商业经济研究*, 2022(9): 112-115.
- [5] 国家统计局. *中国统计年鉴 2015-2024* [M]. 北京: 中国统计出版社, 2015-2024.
- [6] 赵连明. “互联网+”背景下农产品冷链物流协同运作体系优化途径研究[J]. *农业经济*, 2021(10): 129-131.
- [7] 徐志鹏, 杜兰夫, 王新娥. 新疆生鲜农产品电商与冷链物流协同发展策略[J]. *物流科技*, 2025, 48(4): 47-51.
- [8] 姜淞水, 付尧. 内循环视角下数字经济与冷链物流产业协同发展研究[J]. *商业经济研究*, 2023(15): 82-86.