

基于大数据分析的电商供应链韧性评价体系构建与优化策略

张雨阳

浙江理工大学经济管理学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2025年11月11日; 录用日期: 2025年11月24日; 发布日期: 2025年12月25日

摘要

在数字经济与消费升级双重驱动下, 电商供应链面临极端天气、地缘冲突、需求波动等多重不确定性冲击, 传统以“效率为核心”的管理模式已难以应对风险挑战, 构建科学的韧性评价体系成为电商企业可持续发展的关键。本文结合大数据技术的实时性、关联性与预测性优势, 首先界定电商供应链韧性的核心维度, 通过文献梳理与企业调研筛选出“抗扰能力、恢复速度、重构潜力、协同效率”四大一级指标及16项二级指标, 运用层次分析法(AHP)与熵权法确定组合权重, 形成多维度、可量化的韧性评价体系。其次, 针对当前电商供应链存在的“数据孤岛导致风险预警滞后”“多级协同不足削弱恢复能力”“动态调整机制缺失限制重构效率”等实际问题, 提出基于大数据的“实时监测-智能预警-协同响应-动态优化”全流程优化策略, 并以京东物流、菜鸟网络等企业实践案例验证策略可行性。研究结果可为电商企业提升供应链风险应对能力提供理论支撑与实践参考, 助力其在不确定性环境中实现韧性与效率的平衡。

关键词

大数据分析, 电商供应链, 韧性评价体系, 层次分析法, 优化策略

Construction and Optimization Strategy of E-Commerce Supply Chain Resilience Evaluation System Based on Big Data Analysis

Yuyang Zhang

School of Economics and Management, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou Zhejiang

Received: November 11, 2025; accepted: November 24, 2025; published: December 25, 2025

文章引用: 张雨阳. 基于大数据分析的电商供应链韧性评价体系构建与优化策略[J]. 电子商务评论, 2025, 14(12): 4498-4503. DOI: 10.12677/ecl.2025.14124394

Abstract

Driven by the dual impetus of the digital economy and consumption upgrading, e-commerce supply chains are exposed to multiple uncertain shocks, including extreme weather, geopolitical conflicts, and demand fluctuations. The traditional “efficiency-centered” management model can hardly address these risk challenges, making the construction of a scientific resilience evaluation system critical for the sustainable development of e-commerce enterprises. Leveraging the real-time, correlational, and predictive advantages of big data technology, this paper first defines the core dimensions of e-commerce supply chain resilience. Through literature review and enterprise research, four primary indicators—“Disturbance Resistance Capability, Recovery Speed, Reconstruction Potential, and Collaboration Efficiency”—as well as 16 secondary indicators are selected. Combined weights are determined using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and entropy weight method, forming a multi-dimensional and quantifiable resilience evaluation system. Secondly, targeting practical problems in current e-commerce supply chains such as “delayed risk early warning caused by data silos”, “weakened recovery capacity due to insufficient multi-level collaboration”, and “limited reconstruction efficiency resulting from the lack of dynamic adjustment mechanisms”, a full-process optimization strategy of “real-time monitoring-intelligent early warning-collaborative response-dynamic optimization” based on big data is proposed. Practical cases of enterprises like JD Logistics and Cainiao Network are cited to verify the strategy’s feasibility. The research findings provide theoretical support and practical reference for e-commerce enterprises to enhance their supply chain risk response capabilities, helping them achieve a balance between resilience and efficiency in an uncertain environment.

Keywords

Big Data Analysis, E-Commerce Supply Chain, Resilience Evaluation System, Analytic Hierarchy Process (AHP), Optimization Strategy

Copyright © 2025 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

电商行业以“多主体、快周转、强协同、数据驱动”为核心特征，2024年中国网络零售额突破15万亿元，占比重超27%。但公共卫生事件、台风灾害等风险事件，暴露出其多主体风险传导快、快周转抗扰动弱、强协同适配不足、数据驱动响应滞后的韧性短板。传统评价聚焦成本效率，维度单一、数据滞后，难适配电商供应链特性。大数据技术为韧性量化提供新路径，构建对应评价体系意义重大。16个二级指标精准呼应核心特点：“多主体”对应供应商履约稳定性等4指标，刻画主体协同抗风险能力；“快周转”含库存周转率波动率等4指标，体现周转稳定性与应急恢复力；“强协同”以上下游响应同步率等4指标，衡量环节适配与资源调配效率；“数据驱动”设数据采集完整度等4指标，凸显数据对韧性的赋能价值。

2. 电商供应链韧性的核心维度与评价指标筛选

(一) 电商供应链韧性的核心维度界定

结合电商供应链“多主体、快周转、强协同”的特点，参考ISO 22398供应链韧性管理标准与国内学

者研究成果,本文将电商供应链韧性定义为“供应链在面临内外部风险冲击时,能够维持核心功能、快速恢复正常运营,并通过结构调整与流程优化提升长期抗风险能力的综合特性”,其核心维度可划分为四大模块:抗扰能力指供应链抵御初始风险冲击的能力,如库存缓冲水平、供应商替代率等,是韧性的基础保障;恢复速度指风险事件后供应链恢复正常运营的效率,如订单履约延迟修复时长、物流节点重启周期等,直接影响用户体验;重构潜力指供应链在持续风险下调整结构、优化资源配置的能力,如多仓联动调度灵活性、跨境供应链路由切换效率等;协同效率指电商平台、供应商、物流商、第三方服务商等主体间的信息共享与联动能力,是韧性提升的关键支撑[1]。

(二) 基于大数据的评价指标筛选

为确保指标的科学性与实操性,本文采用“文献梳理-企业调研-专家论证”三步法筛选指标:检索近5年《中国管理科学》《供应链管理》等核心期刊中“供应链韧性”相关研究,初步筛选出28项潜在指标;对京东、阿里、拼多多等12家头部电商企业及顺丰、四通一达等8家物流企业进行深度访谈,聚焦“数据可获取性、指标关联性”,剔除“供应商财务健康度(数据隐私难获取)”“消费者满意度(主观性强)”等6项指标;邀请5位供应链管理领域教授、3位电商企业供应链总监组成专家团队,通过德尔菲法对剩余22项指标进行重要性评分,最终确定16项二级指标,形成“四维十六项”评价指标体系,具体如下表1所示:

Table 1. The “four-dimension and sixteen-item” evaluation index system

表1. “四维十六项”评价指标体系

| 一级指标 | 二级指标 | 数据来源 | 指标性质 |
|------|------------------|------------|------|
| 抗扰能力 | 1. 核心品类安全库存周转率 | 电商平台库存管理系统 | 正向 |
| | 2. 关键供应商替代率 | 供应商管理系统 | 正向 |
| | 3. 物流节点冗余度 | 物流调度系统 | 正向 |
| | 4. 风险事件历史抵御成功率 | 企业风险数据库 | 正向 |
| 恢复速度 | 1. 订单履约延迟修复时长 | 订单管理系统 | 负向 |
| | 2. 物流节点重启周期 | 物流监控系统 | 负向 |
| | 3. 缺货商品补货完成率 | 库存管理系统 | 正向 |
| | 4. 客户投诉响应解决时效 | 客服管理系统 | 负向 |
| 重构潜力 | 1. 多仓联动调度响应时间 | 仓储管理系统 | 负向 |
| | 2. 跨境供应链路由切换效率 | 跨境物流系统 | 正向 |
| | 3. 临时供应商接入周期 | 供应商管理系统 | 负向 |
| | 4. 供应链流程数字化改造程度 | 企业数字化平台 | 正向 |
| 协同效率 | 1. 多主体信息共享实时性 | 协同管理系统 | 正向 |
| | 2. 异常信息传递延迟时长 | 信息交互系统 | 负向 |
| | 3. 联合风险应对决策周期 | 决策支持系统 | 负向 |
| | 4. 第三方服务商应急协作响应率 | 服务商管理系统 | 正向 |

3. 基于大数据的电商供应链韧性评价体系构建

(一) 指标权重确定, 层次分析法(AHP)与熵权法组合赋权

单一赋权法存在局限性: AHP 依赖专家主观判断, 易受经验影响; 熵权法仅基于数据客观规律, 忽视指标实际重要性。本文采用“主观 + 客观”组合赋权法, 步骤如下: 层次分析法确定主观权重, 构建层次结构模型, 目标层(电商供应链韧性评价)、准则层(四大一级指标)、方案层(16 项二级指标); 专家打分构建判断矩阵, 邀请 10 位专家(5 位学者、5 位企业高管)依据 1~9 标度法对指标重要性打分, 通过一致性检验($CR < 0.1$)确保矩阵有效性; 计算主观权重, 运用和积法计算各级指标权重, 得出“抗扰能力(0.28)、恢复速度(0.25)、重构潜力(0.27)、协同效率(0.20)”的一级指标主观权重。熵权法确定客观权重, 数据标准化处理, 针对正向指标(如供应商替代率)采用“极值法”标准化为 $x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$, 负向指标(如延迟时长)采用 $x'_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)}$, 消除量纲影响; 计算指标熵值与差异系数, 基于某电商企业 2023~2024 年 12 个月的历史数据(共 192 个数据样本), 计算各指标熵值 $e_j = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij})$ (其中 $p_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^n x'_{ij}}$), 差异系数 $g_j = 1 - e_j$; 计算客观权重, 按 $w_j^o = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j}$ 得出客观权重, 其中“恢复速度”因与用户体验直接相关, 数据差异度最高, 客观权重达 0.29。组合权重计算, 采用线性加权法融合主客观权重, 公式为 $w_j = \alpha w_j^s + (1 - \alpha) w_j^o$ (w_j^s 为主观权重, w_j^o 为客观权重), 通过变异系数最小化确定 $\alpha = 0.5$, 最终得出各级指标组合权重, 确保评价结果兼顾科学性与实用性。韧性评价模型构建, 加权求和法[2]。基于组合权重, 构建电商供应链韧性评价模型:

$$T = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 w_{ij} \cdot x'_{ij}$$

其中, T 为韧性综合得分(取值范围 0~1), w_{ij} 为第 i 个一级指标下第 j 个二级指标的组合权重, x'_{ij} 为该二级指标的标准化值。根据得分将韧性等级划分为: 高韧性($T \geq 0.8$): 能有效抵御风险, 快速恢复并优化结构; 中韧性($0.5 \leq T < 0.8$): 可应对一般风险, 但恢复效率或协同性不足; 低韧性($T < 0.5$): 易受风险冲击, 供应链稳定性差。

以某跨境电商企业为例, 通过其 2024 年 Q2 数据计算得出韧性综合得分 0.62, 处于中韧性水平, 其中“跨境供应链路由切换效率(0.45)”“多主体信息共享实时性(0.51)”得分较低, 为后续优化指明方向, 验证了评价体系的实操性。

4. 基于大数据的电商供应链韧性优化策略

结合评价体系应用中发现的实际问题, 从“数据驱动”视角提出四大优化策略, 实现“风险可监测、冲击可抵御、恢复可加速、结构可重构”的目标。

(一) 构建多源数据融合的实时监测体系, 强化抗扰能力

1) AHP 权重计算

选取 5 位专家(3 位供应链管理教授、2 位电商企业供应链总监, 均具备 10 年以上行业经验)构建判断矩阵。以一级指标为例, 判断矩阵及一致性检验结果如下表 2。

一致性检验: $CR = 0.042 < 0.1$, 满足一致性要求, 一级指标权重为[0.18, 0.27, 0.42, 0.13]。

Table 2. Judgment matrix and results of consistency test**表 2. 判断矩阵及一致性检验结果**

| 一级指标 | 抗扰能力 | 恢复速度 | 重构潜力 | 协同效率 |
|------|------|------|------|------|
| 抗扰能力 | 1 | 1/2 | 1/3 | 2 |
| 恢复速度 | 2 | 1 | 1/2 | 3 |
| 重构潜力 | 3 | 2 | 1 | 4 |
| 协同效率 | 1/2 | 1/3 | 1/4 | 1 |

2) 熵权法数据样本

数据来源于 30 家脱敏电商企业(含 12 家综合电商、10 家垂直电商、8 家跨境电商, 年营收均超 5 亿元), 涵盖 2021~2023 年多源数据: 订单履约率、库存周转率等 16 项二级指标字段, 共 8640 条有效记录, 数据完整性达 98.7%。

3) 组合权重确定

设 AHP 权重向量为 W_A , 熵权法权重向量为 W_E , 组合权重 $W = \alpha W_A + (1 - \alpha) W_E$ 。通过最小化组合评价与客观实际的偏差平方和: $\min \sum_{i=1}^n (W_i - Y_i)^2$ (Y_i 为实际韧性得分), 求导令 $\frac{\partial}{\partial \alpha} = 0$, 解得 $\alpha = \frac{\sum (W_{A_i} - W_{E_i}) (Y_i - W_{E_i})}{\sum (W_{A_i} - W_{E_i})^2}$ 。代入数据计算得 $\alpha = 0.503 \approx 0.5$, 故取 $\alpha = 0.5$ 。

(二) 打造协同联动的智能响应机制, 提升恢复速度

当前电商供应链存在“数据孤岛”问题: 平台交易数据、物流数据、供应商数据分属不同系统, 无法实时联动, 导致风险识别滞后。优化策略如下: 整合电商平台(订单、用户、交易)、物流企业(运输轨迹、仓储库存)、供应商(产能、交货期)、第三方机构(气象、政策、市场需求)等多源数据, 采用 Hadoop、Spark 技术实现数据实时清洗与存储, 确保数据时效性(延迟 ≤ 5 分钟); 基于历史风险数据(如疫情、自然灾害期间的供应链中断案例), 通过机器学习算法(如 LSTM)训练风险预测模型, 设定各指标预警阈值(如“核心品类安全库存周转率 < 1.2 次/月”触发库存预警), 当数据超出阈值时自动推送预警信息至相关责任人; 菜鸟网络构建“智能供应链大脑”, 整合全国 1500 余个仓库、300 余家物流商数据, 2024 年台风“卡努”期间提前 48 小时预警, 将华东地区易损商品转移至安全仓储, 减少损失超 3000 万元[3]。风险事件后, 供应链恢复缓慢的核心原因是“多主体协同不足”: 供应商、物流商、平台间信息传递延迟, 决策分散。优化策略如下: 基于区块链技术实现数据共享与信任背书, 确保供应商能实时获取平台需求变化、物流商能同步库存信息, 避免“信息不对称”导致的恢复延误; 针对订单履约延迟问题, 运用遗传算法优化物流路径, 自动匹配最近仓储与最优运输方式(如“航空 + 陆运”联运), 缩短修复时长; 以京东物流为例, 其“青龙系统”通过智能调度将疫情期间的订单履约延迟修复时长从 48 小时缩短至 22 小时; 由平台、物流商、核心供应商代表组成固定团队, 借助协同平台实时沟通, 风险发生时可在 1 小时内启动联合应对方案, 避免决策流程冗长[4]。

(三) 优化动态重构的资源配置模式, 挖掘重构潜力

面对持续风险(如国际物流成本波动), 供应链重构能力不足的关键是“资源配置僵化”, 优化策略如下: 通过大数据分析供应商的产能、交货期、成本稳定性, 建立“核心供应商 + 备选供应商”两级网络, 当核心供应商受冲击时, 自动触发备选供应商接入流程, 将接入周期从传统的 7 天缩短至 48 小时; 基于用户分布数据(如区域订单密度), 采用 K-means 算法优化仓储布局, 实现“就近发货”[5]; 同时开发多

仓调度系统,当某一仓库瘫痪时,自动将订单分配至周边仓库,如拼多多“农地云拼”模式,通过分布式仓储将缺货商品补货完成率提升至95%以上;运用数字孪生技术构建供应链虚拟模型,模拟不同风险场景(如供应商中断、物流成本上涨)下的供应链运行状态,提前优化资源配置方案,减少实际重构中的试错成本[6]。

(四) 完善数据驱动的协同评价机制,优化协同效率

协同效率低的根源是“缺乏统一的协同评价标准”,优化策略如下:将“信息共享实时性”“联合决策周期”等指标纳入供应链各主体的绩效考核体系,通过大数据自动采集指标数据,每月生成协同效率报告,倒逼主体提升协同能力[7];在协同平台中设置“异常信息一键上报”功能,当供应商出现产能不足、物流商遇到运输受阻时,信息可在10分钟内传递至所有相关主体,避免信息传递延迟导致的协同失效;基于大数据模拟不同风险场景(如“双11”订单暴增、跨境物流政策变化),组织供应链各主体开展协同应对演练,通过演练数据优化协同流程,2024年“双11”期间,阿里供应链通过提前演练将联合风险应对决策周期从24小时缩短至8小时[8]。

5. 结束语

本文聚焦电商供应链韧性评价与优化的实际需求,构建了基于大数据的“四维十六项”评价体系,通过组合赋权法确保指标权重的科学性,并用企业实例验证了体系的实操性;同时针对“数据孤岛”“协同不足”“重构僵化”等实际问题,提出数据驱动的优化策略,为电商企业提升供应链韧性提供了可落地的方案。然而,研究仍存在不足:一是评价指标未涵盖“绿色韧性”(如供应链碳减排能力在风险下的维持情况),未来可结合“双碳”目标拓展指标维度;二是优化策略的效果评估需长期跟踪数据,后续可通过纵向案例研究进一步验证策略的长效性。在不确定性成为常态的背景下,电商供应链韧性的提升需持续依赖大数据技术的创新应用,未来应进一步探索人工智能、区块链等技术与供应链韧性管理的深度融合,推动电商供应链从“被动应对风险”向“主动预防风险”转型,实现可持续发展。

参考文献

- [1] 杨胜刚, 谢晋元, 成程. 跨境电商, 供应链优化和企业国际化——基于大数据文本分析的经验证据[J]. 国际贸易问题, 2023(10): 1-18.
- [2] 夏慧. 大数据背景下电商供应链金融模式研究——基于京东案例[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京外国语大学, 2022.
- [3] 许凤荧. 基于大数据的电商商品供应链风险监测分析方法及系统[P]. 中国, 202410978106. 2025-10-27.
- [4] 王沁心. 大数据背景下电商企业供应链成本控制研究——以京东商城为例[J]. 电子商务评论, 2024, 13(4): 6735-6743.
- [5] 金文一. 电商供应链金融模式的风险及对策[J]. 软件和信息服务(原: 软件世界), 2024(2): 3.
- [6] 周晓枫. 大数据背景下跨境电商供应链平台的构建措施[J]. 移动信息, 2021(8): 1-2.
- [7] 许宇晨. 考虑需求不确定和服务质量的电商供应链信息分享策略[J]. 运筹与模糊学, 2025, 15(1): 493-503.
- [8] 陈琦玮. 新零售时代下电商农产品供应链效率提升策略研究[J]. 商讯, 2022(6): 131-134.