

物流配送、路径优化技术研究综述及前沿概述

——基于CiteSpace的可视化分析

刘叶俊宇, 郑少峰

福建理工大学交通运输学院, 福建 福州

收稿日期: 2026年1月8日; 录用日期: 2026年1月23日; 发布日期: 2026年2月10日

摘要

“物流配送路径优化”概念最早源于20世纪50年代Dantzig提出的车辆路径问题(VRP)，随着GIS、大数据、人工智能等信息技术的迭代，路径优化对物流降本增效的支撑作用已从“锦上添花”变为“举足轻重”。本文借助CiteSpace，对2005~2025年CNKI核心期刊库中检索到的“物流配送”“路径优化”“车辆路径问题”主题文献进行可视化分析，系统梳理研究版图、演化脉络与前沿动向。结果显示：第一，国内该领域作者与机构呈“整体分散、小簇聚集”状态，尚未形成稳定、跨学科的核心学术群体；第二，研究热度持续上升，但理论深度与工程落地仍存在缺口，未来在算法 - 场景耦合、实时数据驱动、低碳约束等方面仍有巨大的发展空间；第三，研究热点已从传统VRP模型逐步过渡到“即时配送”“新零售同城配”“无人机 - 卡车协同”“绿色低碳路径”“数字孪生动态调度”等多元融合新场景，呈现出“算法 + 数据 + 场景 + 可持续”四位一体的发展趋势。

关键词

物流配送, 路径优化, 知识图谱, 可视化分析, CiteSpace

Research Review and Frontier Overview of Logistics Distribution and Path Optimization Technologies

—A Visualization Analysis Based on CiteSpace

Yejunyu Liu, Shaofeng Zheng

School of Transportation, Fujian University of Technology, Fuzhou Fujian

Received: January 8, 2026; accepted: January 23, 2026; published: February 10, 2026

Abstract

The concept of “logistics distribution path optimization” originated from the Vehicle Routing Problem (VRP) proposed by Dantzig in the 1950s. With the iterative advancement of information technologies, including GIS, big data, and artificial intelligence, the supporting role of path optimization in cutting logistics costs and boosting operational efficiency has evolved from a “marginal enhancement” to a “mission-critical component”. By employing CiteSpace, this paper conducts a visual analysis of the literature themed “logistics distribution”, “path optimization”, and “vehicle routing problem” retrieved from the core journal database of CNKI over the period 2005~2025, aiming to systematically sort out the research landscape, evolutionary trajectory, and frontier trends of this field. The results reveal three key findings. First, domestic authors and institutions in this domain exhibit a pattern of “overall decentralization coupled with small-scale clustering”, and a stable, interdisciplinary core academic community is yet to be established. Second, research interest in this field has been on a steady upward trend, but a notable gap persists between theoretical depth and practical engineering application. Enormous potential remains for future exploration in areas such as algorithm-scenario coupling, real-time data-driven optimization, and low-carbon constraint integration. Third, research hotspots have gradually shifted from traditional VRP models to diverse integrated scenarios, including “instant delivery”, “new retail same-city distribution”, “drone-truck coordination”, “green low-carbon path planning”, and “digital twin-based dynamic scheduling”, demonstrating a four-in-one development trend characterized by “algorithm + data + scenario + sustainability”.

Keywords

Logistics Distribution, Path Optimization, Knowledge Graph, Visualization Analysis, CiteSpace

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

随着全球数字经济与电子商务的深度融合，物流配送作为连接交易平台与终端消费者的关键环节，其路径效率已成为影响电商服务体验与运营成本的核心变量[1]。尤其在订单量爆发式增长的背景下，传统路径规划方法因依赖静态模型与局部信息，难以应对动态交通、实时订单、客户时间窗等复杂约束，导致配送延误、运力浪费与碳排放增加等问题频发。

在此背景下，路径优化技术依托大数据、人工智能与运筹优化算法，为物流配送提供了动态决策与全局寻优能力。通过对交通流量、订单分布、车辆状态与客户偏好等多源数据的实时融合分析，平台可实现路径动态重规划、配送顺序智能调整与运力资源最优配置，从而显著降低配送成本、缩短履约时效并提升客户满意度。商务部等9部门于2021年联合印发的《商贸物流高质量发展专项行动计划(2021~2025年)》明确提出，需通过数字化、智能化手段建设城乡高效配送体系，优化商贸物流网络布局与配送组织方式，其中建设城乡高效配送体系是健全商贸物流网络的重要任务之一[2]。

本文运用 CiteSpace 软件，系统梳理近二十年来国内外在物流配送路径优化领域的研究成果，重点分析算法演进、数据驱动方法、多目标约束建模等研究热点，揭示该领域从传统车辆路径问题(VRP)向动态、实时、多模态协同优化的发展脉络，并展望未来在即时配送、绿色低碳与韧性供应链背景下的研究方向，为物流企业部署智能调度系统、提升末端配送效率，以及为政府制定城市配送与交通治理政策提供理论依据与实践参考。

2. 数据来源及研究方法

2.1. 数据来源

本文文献数据截取自中国知网(CNKI)论文数据库 2005~2025 年的相关文献。为了更好地把握研究主题和研究热点, 保证数据质量, 文献类别为学术期刊, 筛选关键词为物流配送和路径优化, 同时设置文献来源为 SCI、EI、北大核心、CSSCI 和 CSCD。对获取的文献剔除会议论文、新闻报道等与主题不密切相关的文章, 最终得到有效文献 349 篇(表 1)。

Table 1. Research sample selection method

表 1. 研究样本选取方式

检索项目	检索内容
数据库	中国知网(CNKI)
检索方式	物流配送、路径优化
文献类型	SCI、EI、北大核心、CSSCI 和 CSCD
检索时间	2005~2025
检索结果	349

2.2. 研究方法

本文采用文献计量方法, 对 CNKI 中文数据库中的相关文献进行系统分析, 并运用 CiteSpace 可视化工具, 揭示大数据技术在物流领域的研究热点与发展趋势。通过定量计算与统计分析, 生成了关键词共现、聚类和突现等一系列科学知识图谱, 从宏观层面清晰呈现了该领域的研究现状、热点主题、演化路径及未来发展方向。

3. 物流配送、路径优化研究基本情况

3.1. 文献发布的总体趋势分析(时间和数量)

发文数量分析是计量研究的基础环节, 通过观察不同年份的发文数量, 可以直观把握某一主题在学术界的关注热度。本文以“物流配送、路径优化”为关键词, 对 349 篇核心期刊文献进行统计, 绘制 2005~2025 年发文量折线图(图 1), 结合增长曲线与政策、技术事件, 可将国内物流配送与路径优化研究划分为五个阶段:

起步探索期(2005~2008 年)

发文量从 2005 年的 4 篇起步, 2006 年受早期电商萌芽与供应链管理理念引入的带动, 上升到 11 篇, 但 2007~2008 年又回落至 9 篇、2 篇。这一阶段该主题研究处于初步探索阶段, 热度波动较大, 尚未形成持续的研究热潮。此时国内物流行业仍以传统运输仓储为主, 配送效率与路径优化的产业需求尚未充分释放, 学术研究多以理论模型引入、小规模算法验证为主, 缺乏系统性的产业实践支撑, 因此发文量呈现“脉冲式”波动, 未形成稳定的学术关注群体。

第一轮增长与回落(2009~2012 年)

2009 年发文量跃升至 14 篇, 这与当年国务院《物流业调整和振兴规划》的发布高度相关, 该规划首次将物流业提升为国家十大振兴产业之一, 直接推动了物流领域研究的系统性升温, “降低物流成本”“优化配送网络”成为政策导向下的学术热点。2010 年发文量短暂回落至 10 篇, 2011 年再次回升至 14 篇, 反映出政策红利的持续影响; 但 2012 年发文量大幅降至 5 篇, 一方面是政策初期的集中研究告一段落, 另一方面受宏观经济增速放缓、传统制造业物流需求疲软的影响, 研究热度出现阶段性回调, 显示出该领域研究对政策与行业短期波动的敏感性。

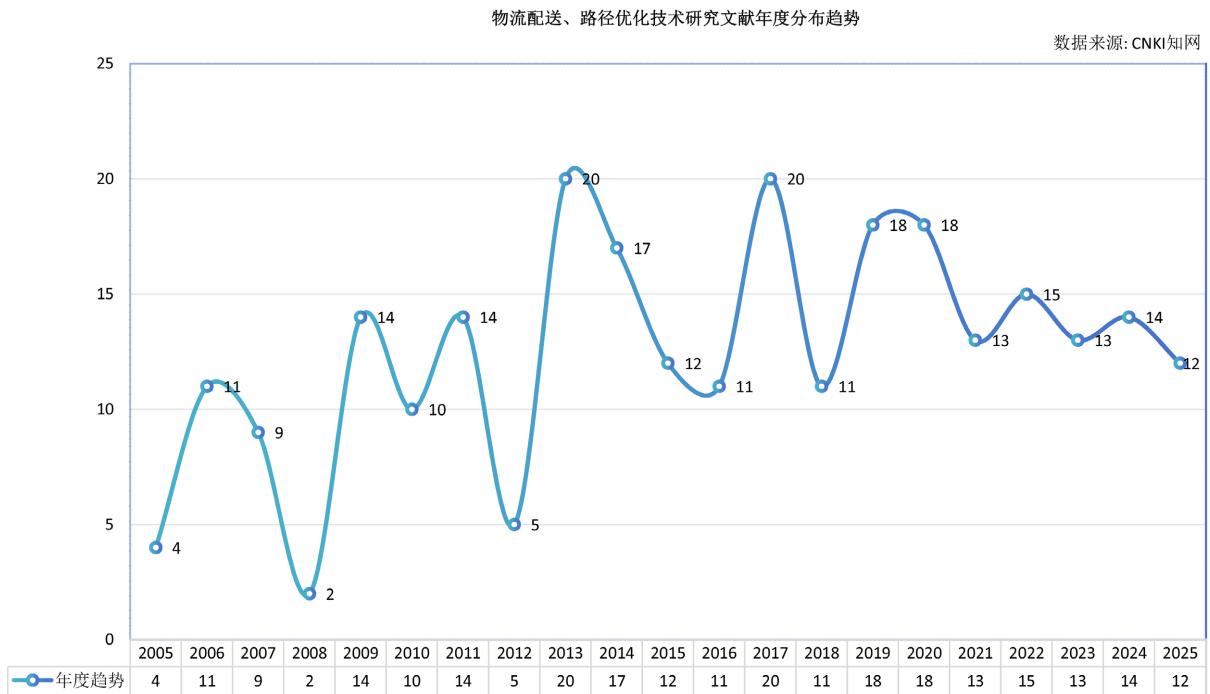


Figure 1. Trend chart of publications from 2005 to 2025

图 1. 2005~2025 年文献发表趋势图

第一轮高峰与调整(2013~2016 年)

2013 年发文量达到第一个高峰(20 篇)，这与电商行业高速发展、物流配送需求激增直接相关。以淘宝“双 11”为代表的电商大促活动，暴露出“爆仓”“配送延迟”等痛点，使得末端配送效率与路径优化成为产业界与学术界共同关注的核心问题，同时移动互联网的普及也为动态路径规划提供了技术基础[3]。

2014 年发文量回落至 17 篇，2015 年继续下降到 12 篇，2016 年触底至 11 篇，反映出第一轮爆发式增长后，研究进入阶段性调整。这一阶段学术界对经典路径优化算法(如遗传算法、蚁群算法)的研究已相对充分，而新的技术场景尚未成熟，导致研究热度自然回落，学术研究开始从“算法验证”向“场景适配”转型。

第二轮高峰与波动(2017~2023 年)

2017 年发文量再次攀升至 20 篇，形成第二个高峰，这与新零售兴起、即时配送需求增长及算法优化技术成熟直接相关。盒马鲜生等新零售模式的出现，催生了“前置仓 + 即时配送”的新场景，对动态路径规划、多订单协同调度提出了更高要求[4]；同时强化学习、大数据分析等技术的成熟，也为复杂场景下的路径优化提供了新的研究工具。2018 年发文量回落至 11 篇，2019~2020 年回升至 18 篇并保持高位，这一波动既受学术研究的周期性影响，也与疫情期间“无接触配送”“应急物资调度”等新需求的爆发有关；2021 年回落至 13 篇后，2022 年又回升至 15 篇，整体呈现高位波动的特征，反映出该领域研究已与产业需求深度绑定，“技术迭代 - 场景拓展 - 学术产出”的联动机制逐渐成熟。

近期平稳期(2024~2025 年)

2024 年发文量为 14 篇，2025 年(截至当前)为 12 篇，显示研究热度进入相对平稳的平台期，反映出该领域研究已较为成熟，增长动力转向技术深度与场景细分。当前研究不再追求算法的“新”，而是聚焦于“绿色低碳配送路径优化”“跨境电商海外仓配送调度”“多机器人协同配送”等细分场景的深度

挖掘，学术产出从“数量增长”转向“质量提升”，体现了成熟研究领域的典型特征[5]。

3.2. 物流配送、路径优化研究核心力量

将相关文献数据导入 CiteSpace 后，可通过生成作者知识图谱进行分析。如图 2 所示，该领域的研究力量呈现明显的分散化特征，网络密度仅为 0.0035，说明不同研究团队之间的连接非常薄弱，尚未形成一个高度集中、互联互通的学术共同体。图谱中没有出现一个绝对主导的巨型合作团队，而是存在多个小规模的合作团簇，大部分作者仅以 2~3 人的形式开展合作，不同团簇之间几乎没有连线，是典型的“学术孤岛”现象。在这些分散的团簇中，王勇、刘长石、初良勇、王嘉丁、许茂增等作者的节点尺寸较大，是该领域的核心活跃研究者，各自带领着一个相对紧密的合作小团体，比如以王勇、刘永、许茂增为中心的团队，以刘长石、王嘉丁、丁静茹为中心的团队，以及以初良勇、任腾、罗天羽为中心的团队。从颜色时间轴来看，早期(紫色)作者如吴清明、李余琪等人的合作网络较为孤立，而近期(黄色、橙色)的活跃作者则构成了当前研究的核心力量，这也反映出该领域的研究团队存在一定的代际更替。总体而言，该领域的合作网络虽然存在一些有影响力的核心作者和团队，但整体连通性和合作深度都有较大提升空间，高被引作者与高产作者的重叠度不高，也意味着尚未形成稳定的学术权威梯队。

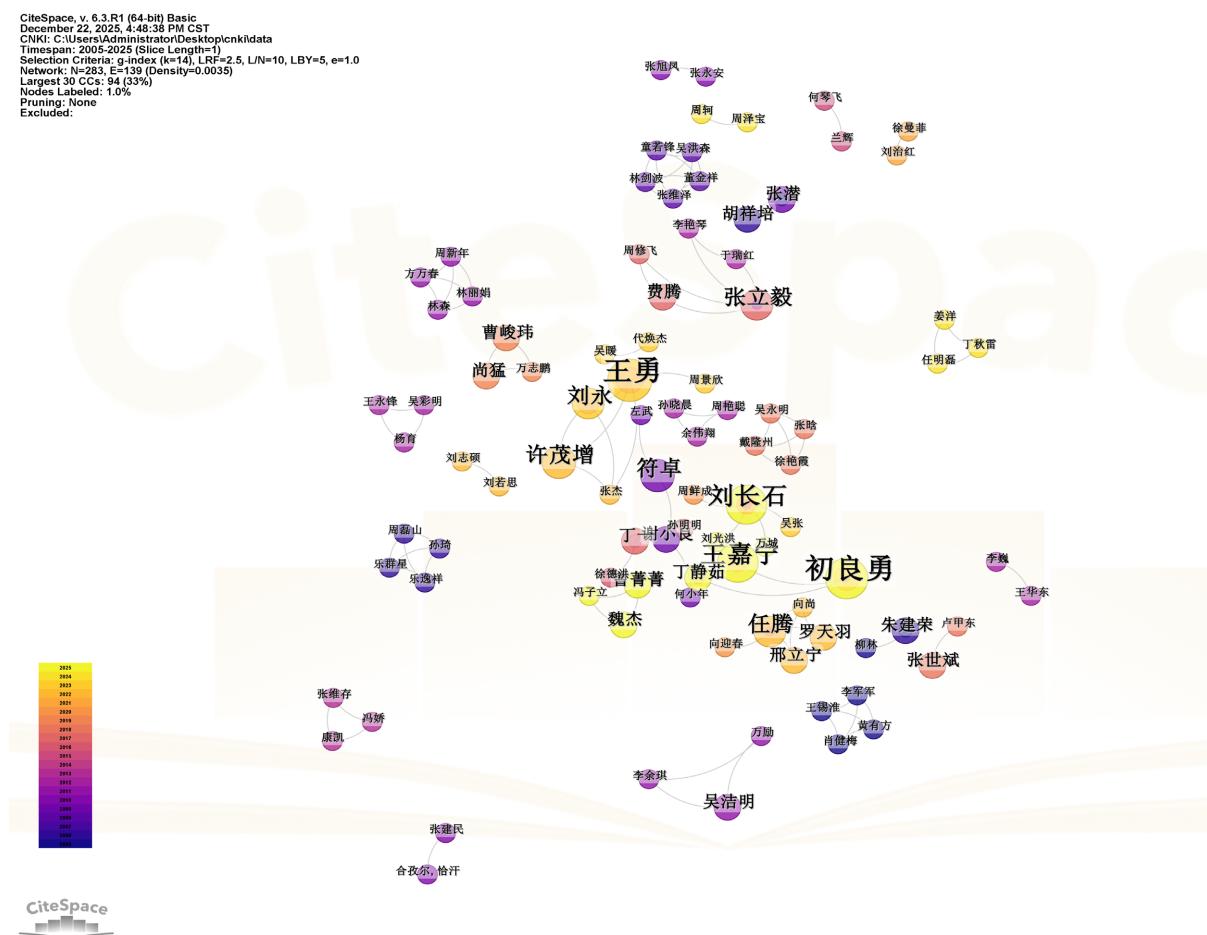


Figure 2. Visualization analysis of author collaboration networks in academic literature from 2005 to 2025
图 2. 2005~2025 年学术文献作者合作网络可视化分析

4. 物流配送、路径优化研究热点、趋势及前沿分析

4.1. 研究热点分析

从该关键词云图可见(图3), 当前物流配送与路径优化研究已呈“三维四化”格局: 维度上同时聚焦算法层、场景层、目标层; 演化趋势则体现为低碳化、冷链化、智能化、融合化。这一格局的形成是技术进步、市场需求与政策导向共同作用的结果。

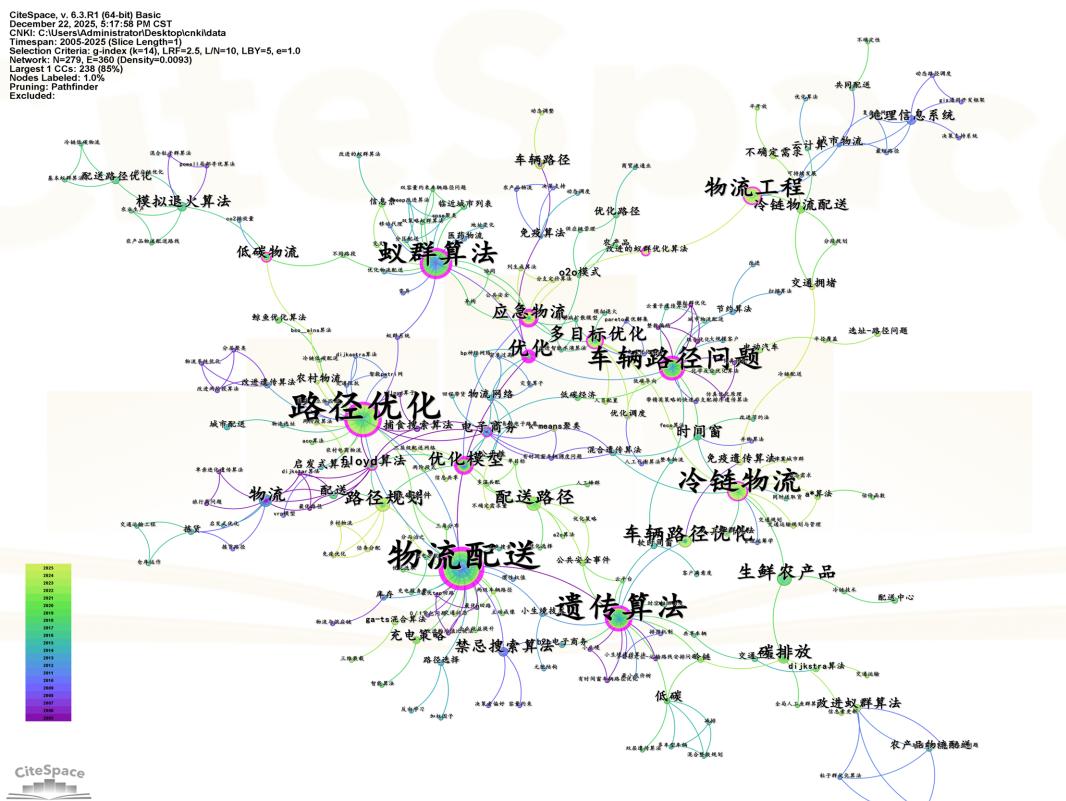


Figure 3. Keyword co-occurrence map

图3. 关键词共现图谱

一、算法层: 由“单源智能”走向“异构融合”

图中最显眼的节点是“蚁群算法”“遗传算法”“粒子群优化”“禁忌搜索”“鱼群算法”等元启发式算法, 说明学界仍把 NP-hard 车辆路径问题(VRP)的求解效率作为首要痛点。早期研究多聚焦于单一算法的改进与应用, 例如对蚁群算法的信息素更新机制进行优化, 以提升算法的收敛速度。但高频出现的“混合算法”“改进蚁群”“免疫遗传”“双层遗传”等表述显示, 研究已从“单算法调参”转入“多算法互补 + 问题特征嵌入”阶段, 例如用禁忌搜索做局部增强、用免疫机制维持种群多样性, 以克服早熟收敛[6]。此外, 近年来深度强化学习、大数据驱动的算法模型逐渐兴起, 为路径优化提供了新的求解思路。

二、场景层: 从“干线 - 城市”下沉到“冷链 - 末端”

传统“车辆路径规划”“城市交通拥堵”仍占一席之地, 但更高频出现的是“冷链物流配送”“生鲜农产品”“充电策略”“多目标优化”[7][8]。这表明场景研究正沿着“温度 - 时间 - 碳排”三域同步细化:

温度域: -18°C 、 4°C 、常温三级冷链网络协同, 相关研究聚焦冷链物流中的温度控制与路径优化协同问题, 以降低冷链货损;

时间域: 顾客“时间窗”被切分为分钟级, 即时配、半日达、预约制混载, 针对即时配送场景的路径优化研究成为热点, 强调订单响应速度与配送效率[9];

碳排域: 交通排放、低碳物流、电动车续航约束与充电排程耦合, 形成“绿色 VRP”新变种, 响应国家“双碳”政策, 相关研究将碳排放成本纳入路径优化目标。

此外, “山区城市列表”“层遗传算渔船型车”等口语化片段提示, 研究开始关注“地形+车型”异质 fleet 的适配, 即把“坡道、续航、载重”做成硬约束, 而非简单的距离矩阵。

三、目标层: 由“单目标最短”升级为“多目标可持续”

图中“多目标优化”“低碳”“交通拥堵”并列, 说明目标函数已从“最短距离/最小成本”扩展到“成本-碳排-时效-服务水平”四维 Pareto 前沿。早期研究多以单一目标为优化方向, 例如最短行驶里程或最低运输成本。而当前研究更注重多目标的协同优化, 通过构建多目标规划模型, 权衡各目标之间的关系。

4.2. 研究主题分析

为更清晰地揭示物流配送与路径优化融合领域的研究热点分布, 本研究采用关键词共现聚类方法对相关文献进行了可视化分析(图 4)。该方法基于多元统计原理, 通过识别关键词的共现特征将文献归为不同类别, 以此来挖掘潜在的研究主题与热点。其核心优势在于, 能让同一聚类内的文献在研究内容上呈现高度同质性, 而不同聚类之间则展现出显著的异质性。从图 4 的聚类结果可以清晰看到, 该领域的研究热点主要集中在物流配送、路径优化、车辆路径、遗传算法、冷链物流、多目标优化等方向, 这些聚类主题共同勾勒出了该领域的研究轮廓。从聚类的有效性指标来看, 本研究得到的模块值(Q 值)为 0.8347, 这一数值显著高于 0.3 的经验阈值, 表明聚类结构清晰, 网络社团划分的质量较高; 平均轮廓值(S 值)为 0.8874, 远大于 0.7 的临界值, 说明聚类结果的可信度与区分度都非常理想。这表明, 本次关键词聚类所形成的模块划分具备合理性, 每个聚类内部的文献在研究方向、核心议题与内容侧重上都表现出良好的一致性, 有效揭示了该领域研究文献的内在结构与主题特征。

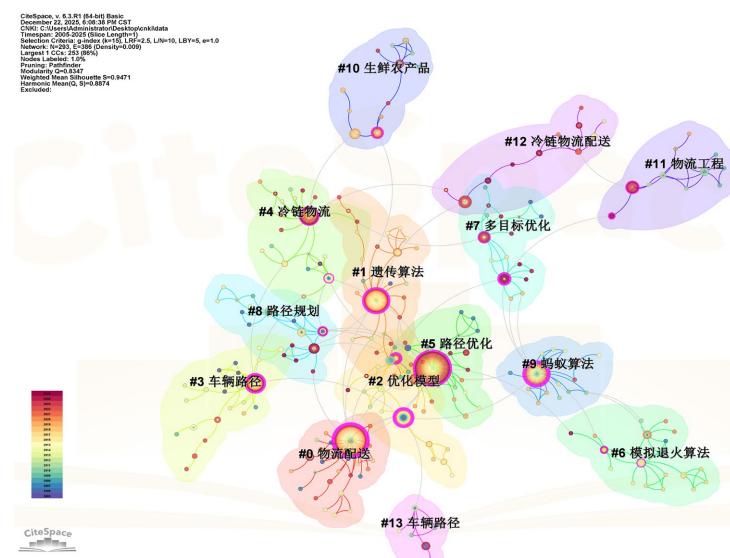


Figure 4. Keyword clustering map

图 4. 关键词聚类图谱

4.3. 研究趋势分析

关键词突现可用于识别某一领域中“研究热度的爆发性增长”，其分析维度包括突现开始年份(Year)、突现强度(Strength，强度越高代表热度上升越显著)以及时间跨度(Begin-End)，从而揭示研究前沿与物流配送 + 路径优化融合发展的演进规律(图 5、图 6)。

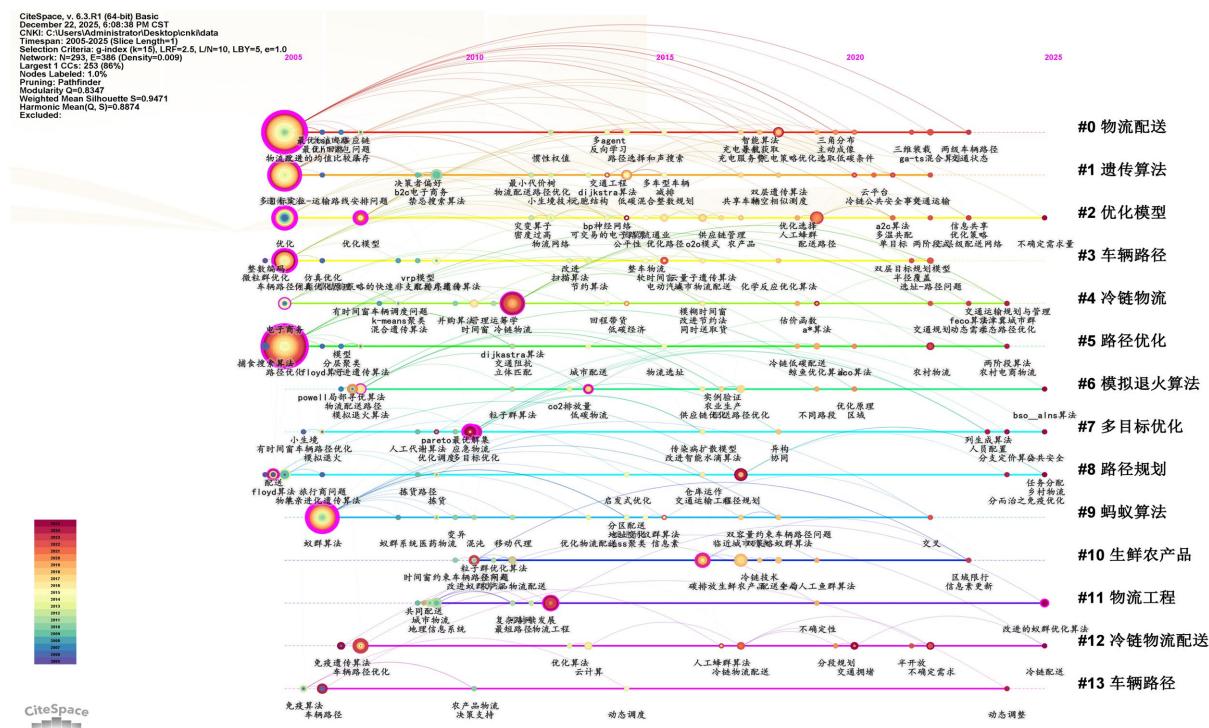


Figure 5. Knowledge association graph of logistics distribution and path optimization from 2005 to 2025
图 5. 2005~2025 年物流配送与路径优化等领域知识关联图谱

Top 16 Keywords with the Strongest Citation Bursts

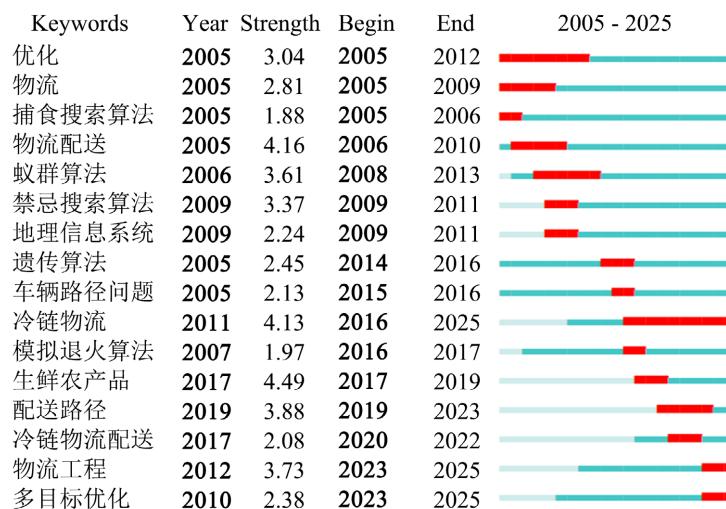


Figure 6. Keyword emergence map

图 6. 关键词突现图谱

2005~2012年是基础算法探索期，也是领域研究的奠基阶段。这一时期，“遗传算法”（2005年突现，强度2.45），“蚁群算法”（2005年突现，强度3.61），“模拟退火算法”（2007年突现，强度1.97）等元启发式算法成为突现核心。这一阶段的研究聚焦于为复杂的路径优化问题寻找高效求解工具，各类智能算法的提出与改进，为后续场景化应用提供了关键的技术支撑，也确立了算法在该领域的核心地位。

2013~2017年是场景需求驱动期，研究开始从算法理论向实际问题延伸。“车辆路径问题”（2011年突现，强度2.13），“冷链物流”（2015年突现，强度4.13）等关键词相继成为研究热点，其中“冷链物流”的突现强度在这一阶段居于首位。这反映出随着物流行业的发展，尤其是生鲜电商的兴起，对易腐品运输的时效性、温控性提出了更高要求，推动了路径优化研究向特定场景深入，也促使算法模型开始融入场景约束条件。

2018~2025年是技术深化与应用落地期，研究呈现出目标多元化与工程实践并重的特征。“多目标优化”（2010年突现，强度2.38），“物流工程”（2012年突现，强度3.73），“生鲜农产品”（2017年突现，强度4.49）等关键词的突现热度持续走高。其中，“生鲜农产品”以最高的突现强度成为这一阶段最核心的研究前沿，反映出消费升级背景下生鲜物流的刚需；“多目标优化”的持续突现则说明研究已从单一的成本最优转向兼顾时间、能耗、服务质量等多维度目标的综合权衡；“物流工程”的兴起则标志着研究开始注重理论模型向产业实践的转化，强调技术在真实物流系统中的落地应用。

5. 结论与展望

5.1. 研究结论

本研究基于2005~2025年中国知网(CNKI)核心期刊库中的349篇高质量文献，借助CiteSpace可视化工具，从文献计量特征、研究核心力量、主题聚类结构及热点演进脉络等多个维度，对物流配送与路径优化融合领域展开系统梳理与实证分析，核心结论如下：

在研究发展态势方面，该领域研究历经二十余年的演进，呈现出“波动上升-高位波动-平稳成熟”的阶段性特征，整体学术活力持续凸显。2005~2008年为起步探索期，受传统物流产业发展阶段限制，研究以理论模型引入和小规模算法验证为主，发文量呈现“脉冲式”波动，尚未形成稳定的学术关注；2009~2012年受益于国家物流产业振兴政策推动，研究迎来第一轮增长，但受宏观经济与行业需求波动影响，热度出现阶段性回调；2013~2016年伴随电商行业高速发展，末端配送痛点凸显，研究形成第一个高峰，随后进入“算法验证”向“场景适配”的转型调整期；2017~2023年在新零售、即时配送等新业态驱动下，叠加大数据、人工智能技术赋能，研究形成第二个高峰，且与产业需求深度绑定，呈现高位波动特征；2024~2025年进入平稳发展期，学术产出从“数量增长”转向“质量提升”，聚焦细分场景深度挖掘，标志着领域研究已走向成熟。

在研究核心力量方面，国内该领域作者与机构呈现显著的“整体分散、小簇聚集”特征，尚未形成稳定、跨学科的核心学术共同体。从作者合作网络来看，网络密度仅为0.0035，不同研究团队间连接薄弱，存在典型的“学术孤岛”现象，大部分合作以2~3人的小规模团簇形式开展，跨团簇协作极少；虽涌现出王勇、刘长石、初良勇、王嘉丁、许茂增等核心活跃研究者，各自带领相对紧密的合作小团体，但高被引作者与高产作者的重叠度不高，尚未形成稳定的学术权威梯队，且研究团队存在一定的代际更替，早期研究者合作网络较为孤立，近期活跃作者构成当前研究核心力量，整体合作的连通性与深度仍有较大提升空间。

在研究主题与结构方面，领域形成了层次清晰、逻辑连贯的“算法方法-优化目标-应用场景”三位一体研究框架，聚类结果具备高度有效性与可信度。关键词共现与聚类分析显示，核心议题集中于物流配送、路径优化、车辆路径、遗传算法、冷链物流、多目标优化等方向，涵盖了技术手段、核心问题与

实践场景的关键维度;聚类模块值($Q = 0.8347$)显著高于0.3的经验阈值,表明社团划分结构清晰,不同主题区分度良好;平均轮廓值($S = 0.8874$)远大于0.7的临界值,说明同一聚类内的文献在研究方向、核心议题上一致性强,有效揭示了领域研究文献的内在结构特征。

在研究热点演进方面,领域发展与技术迭代、产业需求升级高度同步,呈现出清晰的阶段性演进规律。2005~2012年为基础算法探索期,遗传算法(突现强度2.45)、蚁群算法(突现强度3.61)、模拟退火算法(突现强度1.97)等元启发式算法成为研究核心,聚焦为复杂路径优化问题提供高效求解工具,奠定了领域技术基础;2013~2017年为场景需求驱动期,车辆路径问题(突现强度2.13)、冷链物流(突现强度4.13)等关键词相继突现,研究从算法理论向实际问题延伸,开始融入场景约束条件;2018~2025年为技术深化与应用落地期,生鲜农产品(突现强度4.49)、物流工程(突现强度3.73)、多目标优化(突现强度2.38)等成为核心热点,研究从单一成本最优转向多维度目标协同,且愈发注重理论向工程实践的转化,形成了“算法+数据+场景+可持续”四位一体的发展趋势。

5.2. 未来展望

基于实证分析结果,结合行业发展趋势与技术演进方向,未来该领域可围绕以下具体方向深化探索:其一,鉴于“生鲜农产品”的高突现强度与“冷链物流”的聚类核心地位,可重点研究适配生鲜产品易腐特性的全链条温控路径优化模型,结合温湿度实时监测数据构建动态调整机制,提升配送品质保障能力。其二,针对“多目标优化”的持续热点与“双碳”战略需求,可深化低碳车辆路径问题研究,完善碳排放测度模型,探索兼顾成本、时效与环境效益的协同优化算法。其三,结合“人工智能”的技术融合趋势与物流场景的动态特性,可聚焦AI大模型与数字孪生技术的应用,解决实时交通、订单波动等动态因素下的路径规划难题,构建“感知-决策-执行”的智能闭环体系。其四,围绕“农村物流”的场景延伸与县域配送体系建设需求,可探索适配农村地理分散、需求零散特征的共同配送路径优化方案,完善县乡村三级物流网络的运力调度机制。整体来看,该领域研究正朝着场景精细化、技术智能化、目标多元化、应用落地化的方向发展,上述研究方向既呼应了热点演进规律,也为技术赋能物流产业高质量发展提供了更具操作性的探索路径。

参考文献

- [1] 郑琰, 孟晓露, 伍佩琪, 等. 电子商务企业物流配送路径优化研究[J]. 物流工程与管理, 2018, 40(6): 111-113.
- [2] 陶君成, 潘林, 初叶萍. 大数据时代城乡物流网络重构研究[J]. 中国流通经济, 2016, 30(11): 22-32.
- [3] 谷炜, 张群, 卫李蓉. 基于GIS的物流配送中心末端大规模车辆路径优化问题研究[J]. 中国管理科学, 2013, 21(S1): 379-389.
- [4] 孙明明, 张辰彦, 林国龙, 等. 生鲜农产品冷链物流配送问题及其路径优化[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(11): 282-285.
- [5] 许菱, 杨林超, 朱文兴, 等. 农村电商物流下无人机与车辆协同配送路径优化研究[J]. 计算机工程与应用, 2024, 60(1): 310-318.
- [6] 方文婷, 艾时钟, 王晴, 等. 基于混合蚁群算法的冷链物流配送路径优化研究[J]. 中国管理科学, 2019, 27(11): 107-115.
- [7] 康凯, 韩杰, 普玮, 等. 生鲜农产品冷链物流低碳配送路径优化研究[J]. 计算机工程与应用, 2019, 55(2): 259-265.
- [8] 杨珺, 冯鹏祥, 孙昊, 等. 电动汽车物流配送系统的换电站选址与路径优化问题研究[J]. 中国管理科学, 2015, 23(9): 87-96.
- [9] 侯玉梅, 贾震环, 田歆, 等. 带软时间窗整车物流配送路径优化研究[J]. 系统工程学报, 2015, 30(2): 240-250.