

• 交通运输 •

文章编号: 1002-3100 (2023) 21-0065-05

# 基于图谱量化的国内车辆路径问题研究发展分析

Analysis of the Development of Domestic Vehicle Routing Problem Research Based on Mapping Quantification

王文豪, 殷旅江, 鄢曹政 WANG Wenhao, YIN Lvjiang, YAN Caozheng

(湖北汽车工业学院 经济管理学院, 湖北 十堰 442002)

(School of Economics and Management, Hubei University of Automotive Technology, Shiyan 442002, China)

**摘要:** 基于中国知网 (CNKI) 数据库, 选取我国 2011—2021 年以车辆路径问题为研究对象的主题文献, 通过文献计量、可视化分析, 运用 CiteSpace 可视化工具, 从外部特征、研究热点及研究前沿方面梳理我国车辆路径问题研究成果, 探析国内车辆路径问题研究进展及前沿动态。通过梳理相关研究成果, 为揭示和分析我国车辆路径问题领域的发展态势提供一定的借鉴与参考, 并有助于推动车辆路径问题研究的深入化与国际化。

**关键词:** 车辆路径问题; 路径优化; 智能优化算法; 文献计量; 知识图谱

中图分类号: U116.2 文献标志码: A

DOI: 10.13714/j.cnki.1002-3100.2023.21.018

**Abstract:** Based on CNKI database, this paper selects the subject literature of vehicle routing problem in China from 2011 to 2021. Through bibliometric, visual analysis and CiteSpace visualization tools, this paper combs the research results of China's vehicle routing problem from the external characteristics, research hotspots and research frontiers. This paper also analysis the research progress and frontiers of domestic vehicle routing problem. By sorting out relevant research results, it can provide some reference for revealing and analyzing the development trend of vehicle routing problems in China, and help promote the in-depth and international research on vehicle routing problems.

**Key words:** vehicle routing problem; route optimization; intelligent optimization algorithm; bibliometrics; knowledge mapping

## 0 引言

随着近年来物流业的蓬勃发展, 物流系统的优化也引起了各界广泛关注, 物流系统优化主要围绕设施选址、库存管理及车辆路径规划来进行决策。车辆路径问题 (Vehicle Routing Problem, VRP) 作为经典的组合优化问题一直是研究的热点与难点, 无论是在物流运输、配送过程中, 还是在应急管理工作中, 对其合理规划都至关重要。为了跟随时代发展及满足客户需求, 各大物流企业在运营管理中要不断完善和优化物流系统。如何提高车辆运输及配送效率, 充分利用已有基础设施, 优化物流运输、配送系统, 在客户满意度最大化的同时兼顾物流企业的运输、配送成本最小化, 这是目前各大物流企业急需解决的难题, 同时也是学界对车辆路径问题研究的热点及难点问题。

VRP 于 1959 年由 Dantzing 和 Ramser 首次提出<sup>[1]</sup>。经典的 VRP 可描述为: 在配送区域内, 存在一个配送中心和若干客户, 已知客户的位置与需求信息, 在满足各项约束条件下, 科学规划出最优的车辆行驶路线, 满足所有客户需求, 最后返回到配送中心。随着研究的不断深入, 结合配送及运输过程中的实际问题, VRP 模型也愈加复杂, 如具有时间窗约束的 VRP、考虑容量约束的 VRP、多车型 VRP 等<sup>[2-5]</sup>。这些 VRP 变体往往考虑的不止一个优化目标, 而且这些目标之间有时还存在效益背反现象, 如同时考虑经济成本与环境效益等。因此, 车辆路径问题不仅是一种经典的组合优化问题, 还是一种 NP-hard 问题。

本文利用文献计量方法, 结合定性定量分析, 借助 CiteSpace 软件通过对国内近十余年有关车辆路径问题的文献进行可视化分析, 构建科学知识图谱, 以图表化的形式呈现我国车辆路径问题领域研究现状及前沿演进趋势。基于此, 预测该领域未来可能的发展趋势, 为揭示该领域发展态势以及为物流企业优化物流系统及在运营管理中提供借鉴与参考。

## 1 研究设计

1.1 数据来源。本文选取中国知网 (CNKI) 数据库为数据源以保证数据的质量和全面性。为确保基础数据在车辆路径问题领域具有较高的覆盖率, 通过阅读大量该领域相关文献、学位论文、书籍、报告, 最终在期刊高级检索中, 以“车辆路径问题”

收稿日期: 2023-02-22

基金项目: 国家社会科学基金一般项目“我国制造业实现‘低碳与减霾’运行的软性途径研究” (17BGL238)

作者简介: 王文豪 (1997—), 男, 河南周口人, 湖北汽车工业学院经济管理学院硕士研究生, 研究方向: 物流与供应链管理、车辆路径问题; 殷旅江 (1980—), 本文通信作者, 男, 湖北十堰人, 湖北汽车工业学院经济管理学院, 教授, 博士, 硕士生导师, 研究方向: 物流与供应链管理; 鄢曹政 (1987—), 男, 湖北十堰人, 湖北汽车工业学院经济管理学院, 副教授, 博士, 硕士生导师, 研究方向: 物流与供应链管理。

引文格式: 王文豪, 殷旅江, 鄢曹政. 基于图谱量化的国内车辆路径问题研究发展分析[J]. 物流科技, 2023, 46(21): 65-69.

或含“车辆路径规划”或含“车辆路径优化”为主题,检索年份从2011年到2021年,期刊来源限定为核心期刊、CSSCI及CSCD,共检索到929篇文章,剔除报纸、文献综述、文献信息异常以及无关学术研究的文章,最终得到834篇文章。

1.2 分析方法。本文利用文献计量分析与信息可视化的方法,对检索到的834篇文章从外部特征、研究热点及研究前沿对我国车辆路径问题领域研究热点及发展趋势进行计量分析。使用CiteSpace(5.8.R3版)作为主要的论文数据分析与制图工具,其通过可视化的手段来呈现科学知识的结构、规律和分布情况,并将其得到的可视化图形称为“科学知识图谱”或“知识图谱”<sup>[6-7]</sup>。

本文将从CNKI得到的834篇文章,运用CiteSpace软件对国内车辆路径问题领域研究进行一系列的可视化分析,通过构建知识图谱,探析该领域的发展与研究现状<sup>[8-9]</sup>。本文在以往文献研究基础之上,结合文献计量学的量化分析与知识图谱的可视化,一定程度上规避了传统主观性归纳综述的弊端,加强了客观性和可靠性,有效呈现了VRP研究热点和演进路径。

## 2 外部特征分析

2.1 发文量分析。文章历年发文量也是发文的时间分布,对其进行可视化分析,可揭示该领域研究的发展趋势。本文对搜集到的2011—2021年文献可视化分析的时间分布图谱如图1所示。

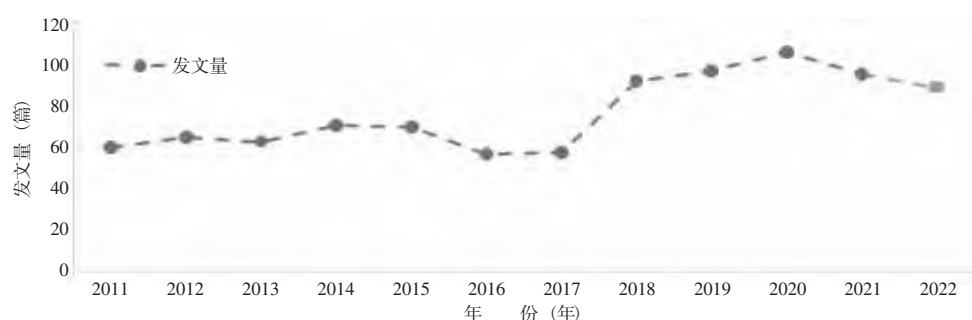


图1 车辆路径问题文献时间分布图谱

由图1可知,2011—2021年期间,我国在车辆路径问题领域研究整体呈上升趋势。其中在2011—2015年上升幅度较小,每年发文量基本保持在60~70篇;从2015—2017年有小幅下降,但也基本与前五年发文量持平,保持在60篇左右;2017—2018年有一个发文量的飞跃,从接近60篇上升到100篇左右,2018年至今发文量都呈小幅上升趋势,并在2020年达到峰值106篇;但在2021年也因国内新冠肺炎疫情出现短暂下降,随着国内环境的日益好转,发文量也在逐步上升。图1中2022年的发文量是截止到检索时间9月27日的发文量(89篇)。总的来看,国内近十年对车辆路径问题始终有着较高的关注度,笔者认为该领域研究不仅在物流企业层面,而且在国家治理层面,如在应对新冠疫情这一突发公共事件的应急物流中,车辆路径问题就至关重要。因此,未来该领域在各界也会继续保有较高的关注度与研究热情。

2.2 发文作者分析。将原始数据导入CiteSpace,设置Time Slicing为2011—2021、Years Per Slice为1、Node Types为“Author”,其余为默认设置,运行CiteSpace,得到节点数为381,连线数为251,网络密度值Density为0.0035的作者共现图谱,如图2所示。

由图2可知,国内近十年在车辆路径问题领域研究学者主要以葛显龙、范厚明、符卓为核心团队,其次像刘长石、饶卫振、戚远航等学者也在该领域研究中占主导地位;国内学者的合作主要呈现小规模合作且合作力度不大,除几个核心研究团队以外,大多数学者都为独立研究。同时,由普赖斯定律 $M=0.749\sqrt{N_{\max}}$ <sup>[10]</sup>,式中: $\sqrt{N_{\max}}$ 为发文量最多作者的论文数, $M$ 为核心作者最低发文量。经统计,最大发文量为22篇,可得本文研究的 $M$ 为4,即发文数量在4篇及以上的为车辆路径问题领域的核心作者,根据统计结果,该领域的核心作者如表1所示。由表1可知,该领域核心作者一共31位,发文总数量为188篇。其中,葛显龙发文数量最多(22篇),这也说明了该领域大多数作者为独立研究;同时也表明了发文数量较多的核心作者在图2中也呈现出与其他作者较为密切的合作关系。



图2 作者共现图谱

表1 车辆路径问题研究核心作者与发文数量

作者	人数	发文量
葛显龙	1	22
范厚明	1	15
符卓	1	14
饶卫振	1	8
刘长石、张惠珍	2	7
蔡延光、金淳等	5	6
张锦、但斌等	5	5
周鲜成、杨斌等	15	4
总计	31	

2.3 发文机构分析。将Node Types为“Institution”,其他参数均保持不变,运行CiteSpace,得到节点数为295,连线数为154,密度值Density为0.0036的机构共现图谱,如图3所示。



图 3 机构共现图谱

由图 3 可知，该领域发文机构之间多呈现小范围、小规模的合作，根据机构间的连线可知，与其他机构合作较为密切且发文量可观的机构有中南大学交通运输学院、重庆交通大学经济与管理学院、华中科技大学管理学院三所院校；其他机构间的连线更为稀疏，表明其合作力度更小。同时，表 2 列出了发文量在 4 篇及以上的机构。由表 2 可知，发文数量最多的机构是中南大学交通运输工程学院（27 篇）；发文数量 10 篇及以上的机构有 9 家；核心机构共有 39 家，发文总量达 325 篇。结合图 2 分析，两图谱的密度值分别为 0.003 5、0.003 6，相差无几但也均较小，也都说明了目前我国在该领域无论是作者还是机构之间都只是小范围、小规模的合作，多数研究者及机构为独立研究。

表 2 车辆路径问题研究核心机构与发文数量

机 构	个 数	发 文 量
中南大学交通运输工程学院	1	27
上海理工大学管理学院	1	24
重庆交通大学经济与管理学院	1	21
大连海事大学交通运输工程学院	1	20
西南交通大学交通运输与物流学院	1	19
华中科技大学管理学院	1	15
上海海事大学物流研究中心、兰州交通大学交通运输学院等	3	10
大连海事大学交通运输管理学院、北京交通大学交通运输学院	2	9
西南交通大学经济管理学院、中国地质大学经济管理学院等	4	8
北京物资学院信息学院、上海大学管理学院	2	7
重庆交通大学管理学院、东南大学交通学院等	6	6
天津大学管理与经济学部、长安大学汽车学院等	5	5
郑州大学管理工程学院、电子科技大学经济与管理学院等	11	4
总 计	39	325

3 研究热点分析

3.1 关键词共现分析。在关键词共现分析中，主要关注频次与中心性分析，关键词的频次是探析研究热点的重要依据；中心性是衡量关键词中介重要性的指标，中心性大于 0.1 的关键词为核心关键词<sup>[11-12]</sup>。将 Node Types 为“Keyword”，Pruning 设置为“Pathfinder”、“Pruning sliced networks”，其他参数保持默认，运行 CiteSpace，得到节点为 342，连线 340，密度值 Density 为 0.005 8 的关键词共现图谱如图 4 所示。

由图 4 可知，节点越大的关键词连线越多，这些关键词共同表明了近十年我国车辆路径问题领域的研究热点。同时，通过计算关键词中心性大小得到核心关键词，也可反映出该领域的研究热点，其核心关键词及频次见表 3。由表 3 可知，该领域共有核心关键词 7 个，出现频次共达到 480 次，其在图 4 中的节点均较大，连线最多。

3.2 关键词聚类分析。通过对该领域关键词的频次与中心性分析，可大致了解其研究主要内容，对关键词生成聚类（Find Clusters），得到关键词聚类图谱（见图 5）可在明晰研究主要内容基础之上进一步梳理出研究的主要方向，有助于对该领域研究热点的全面掌握。

结合图 4、图 5 的知识图谱，可对国内近十年在车辆路径问题领域的研究热点梳理出以下研究方向：第一，在车辆路径问题模型研究方面。车辆路径问题主要应用于物流运输、配送上，在实际运营中，物流企业需要考虑的因素很多。结合两图可





图 4 关键词共现图谱

知, 这些因素主要集中在时间窗约束、多车型配送以及采用电动汽车、智能车辆进行服务等方面。第二, 在车辆路径问题求解方法方面。车辆路径问题是 NP-hard 问题, 在求解方法主要包括精确算法、启发式算法、元启发式算法三类, 因精确算法只适合于小规模问题的求解, 而传统启发式算法又依赖于特定问题, 因此学者们在该领域求解算法多集中于元启发式算法的设计与运用。其中, 在 VRP 领域, 研究元启发式算法较多的正如图 4、图 5 所示的“遗传算法”、“蚁群算法”、“禁忌搜索”等方法。

## 4 研究前沿分析

4.1 关键词时间线聚类分析。运行“Timeline View”功能,生成关键词时间线聚类图谱(见图6),该图谱显示各聚类随时间的变化状况以及关

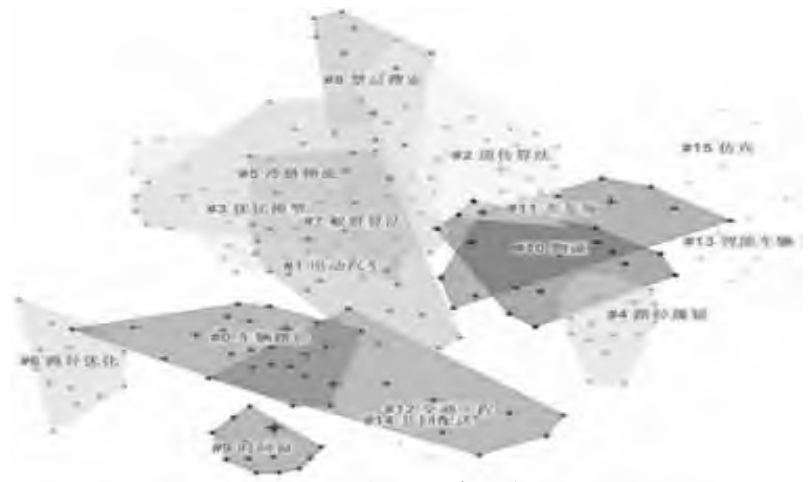


图 5 关键词聚类图谱

6), 该图谱显示各聚类随时间的变化状况以及关键词在时间轴上的出现时间, 进而了解该领域研究演进过程<sup>[13]</sup>。

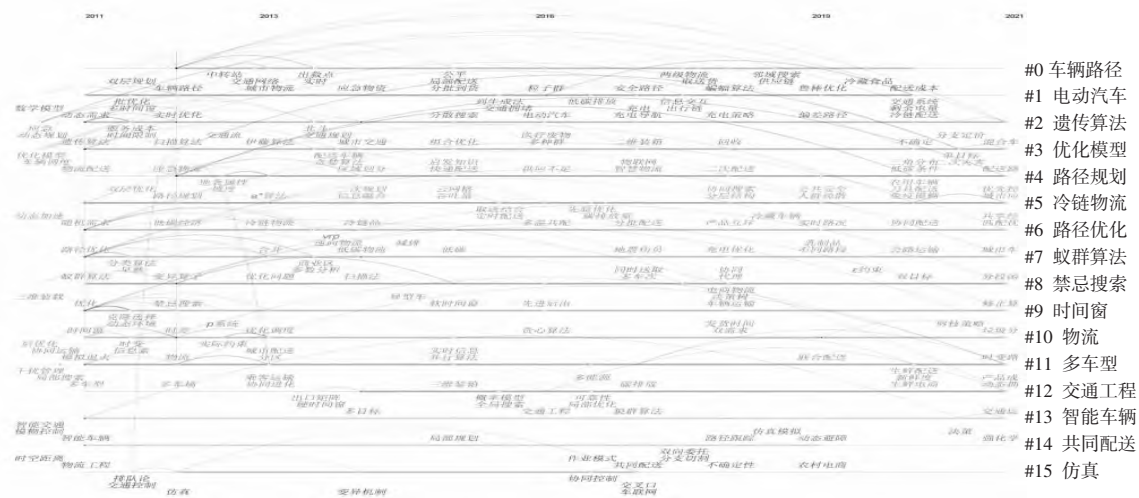


图 6 关键词时间线聚类图谱

由图 6 可知：第一，“路径规划”、“蚁群算法”、“遗传算法”、“时间窗”、“物流配送”、“多车型”聚类中的第一个关键词均在 2011 年出现，且聚类中的关键词在时间轴上横跨至今，表明近十年该领域研究一直集中在物流配送中的车辆路径规划问题，并且多数研究都会考虑客户的时间窗约束、多车型配送等问题。第二，在关键词的时间轴分布上可发现，关于“低碳”及相关概念在多个聚类中均有出现，表明关于低碳的研究学者之间的交叉、联系较为密切；且第一个与低碳相关的关键词“低碳经济”最早出现于 2012 年，在此之后“低碳物流”、“碳排放量”等相关关键词几乎每年都有出现，这表明随着该领域研究的深入，学者们从之前只关注经济效益转变为同时考虑环境效益。第三，关键词“电动汽车”第一次出现于 2016 年，表明将电动汽车及新能源汽车应用于 VRP 领域也成为了一种研究趋势；并且在近几年随着“双碳”的提出，在低碳物流、低碳配送领域中，有关“充电优化”等相关关键词出现频次逐渐上升，表明学者们在降低传统汽车碳排放的同时也在研究如何将电动汽车更高效、低碳地应用在物流配送中，这将是该领域重要的一个演进方向与研究分支。

4.2 关键词突现分析。运行 Burstness 模块, 基于关键词突现强度生成突现图谱 (见图 7)。可通过该图谱对突现词开始与结束

时间以及突现强度的呈现,观察发现该领域发展趋势及研究前沿<sup>[14]</sup>。

图7所示为近年来突现值较大的17个突现关键词,图中红色线条表示关键词突现的持续时间,基于该图谱分析得知:第一,“交通工程”、“碳排放”的突现强度位居前二,表明与此相关的主题研究是VRP近年发展的重点研究方向。第二,突现词开始于2019年的有“碳排放”、“物流工程”、“鲁棒优化”、“联合配送”并一直持续到2021年。虽然在此之前有关低碳的相关研究也在进行,但随着近两年国家号召以及人们对环保的普遍共识,使得关于碳排放的相关研究蓬勃发展且是VRP领域未来研究的重要方向,如目前的电动车辆路径问题就是在低碳物流、绿色车辆路径问题基础上进行的扩展研究。“鲁棒优化”、“联合配送”在2019年的突现多是出现于不确定环境及客户随机需求背景下,此背景下可能就要采取即时配送、联合配送来满足需求以及在不确定情况下也要保证问题的求解质量,即强调鲁棒性,因此这也将是未来VRP重点关注的研究方向。第三,在突现词中有“模拟退火”这样持续时间较长,同时也有“伊藤算法”、“蝙蝠算法”仅持续一年的元启发式算法,这也表明为了满足日益复杂且随机的客户需求与现实问题,从事VRP相关研究人员对于高质量求解算法的设计与优化也将会是未来VRP研究的一个趋势。

## 5 结束语

本文通过运用CiteSpace可视化工具,对2011—2021年中国知网数据库中核心期刊、CSSCI、CSCD中有关车辆路径问题的834篇文献进行分析。利用CiteSpace对其外部特征、研究热点及研究前沿进行可视化分析,绘制科学知识图谱探析我国车辆路径问题的研究进展及前沿动态。全文得出的关键结论如下:第一,从外部特征来看,我国VRP领域研究始终受到各界广泛关注与研究,发文量总体呈上升趋势,发文作者与机构之间虽然存在一定合作,但多是小范围内、小规模的合作,尚未形成跨区域、大规模的核心研究团队。第二,从研究热点来看,近十年我国在VRP领域研究聚焦在:实际物流配送中考虑关键因素(如:时间窗、多车型等)的问题与模型研究以及智能优化算法的设计与研究。第三,从研究前沿来看,基于VRP研究的不断发展与结合相关政策,未来VRP领域对不确定情况及随机需求背景下的研究;有关绿色车辆路径问题;求解复杂、大规模问题的智能优化算法研究将会是重要的发展方向与研究趋势。

本文研究数据来源仅限于CNKI中2011—2021年VRP领域相关文献,文献数量不够全面,可能会对分析结果造成影响。下一步研究中,在数据源选择上可加入国内其他数据库期刊来源,如万方数据库;也可将研究年份扩大到2000—2022年,对我国20余年来VRP领域研究现状进行分析;以及可进一步对国际VRP领域研究进行可视化分析并对国内外相关研究进行对比分析。

## 参考文献:

- [1] DANTZING G, RAMSER J. The truck dispatching problem[J]. Management Science, 1959,6(2):80-91.
- [2] GMIRAA M, GENDREAU M, LODI A, et al. Tabu search for the time-dependent vehicle routing problem with time windows on a road network[J]. European Journal of Operational Research, 2021,288(1):129-140.
- [3] OSTERMEIER M, HUBNER A. Vehicle selection for a multi-compartment vehicle routing problem[J]. European Journal of Operational Research, 2018,269(2):682-694.
- [4] DENG Y, ZHU W H, LI H W, et al. Multi-type ant system algorithm for the time dependent vehicle routing problem with time windows[J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2018,29(3):625-638.
- [5] MACRINA G, PUGLIESE L, GUERRIERO F, et al. The green mixed fleet vehicle routing problem with partial battery recharging and time windows[J]. Computers and Operations Research, 2019,101:183-199.
- [6] 李杰, 陈超美. CiteSpace科技文本挖掘及可视化[M]. 2版. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2017.
- [7] 朱灿, 林豪慧, 向林芳. 新能源汽车领域研究进展及前沿动态: 基于CiteSpaceⅢ知识图谱分析[J]. 广东工业大学学报, 2020,37(2):45-52.
- [8] 刘希朝, 李效顺, 谢晓彤. 基于文献图谱分析的空间用途管制制度研究进展[J]. 管理现代化, 2022(1):149-155.
- [9] 魏娟, 李敏. 信息过载影响消费者决策研究的知识图谱分析[J]. 管理现代化, 2022(1):156-161.
- [10] DEREK J, DE SOLLA PRICE. Little science, big science[M]. New York: Columbia University Press, 1963.
- [11] 黄宝晟. 文献计量法在基础研究评价中的问题分析[J]. 研究与发展管理, 2008,20(6):108-111.
- [12] 伍国勇, 李浩鑫, 杨丽莎, 等. 基于CiteSpace的中国流域生态补偿研究知识图谱分析[J]. 生态经济, 2021,37(10):164-184.
- [13] 汪传雷, 杨东祥, 张春梦, 等. 高质量发展背景下智慧物流研究可视化分析[J]. 重庆工商大学学报(社会科学版), 2023,40(1):71-87.
- [14] 李英, 李惠, 成琪. 基于文献计量和知识图谱的国际绿色车辆路径问题研究发展分析[J]. 中国管理科学, 2016,24:206-216.



图7 关键词突现图谱