

doi:10.3969/j.issn.1005-152X.2024.01.011

基于CiteSpace的我国车辆路径问题研究 进展及热点前沿分析

陈树广,殷莉秀

(西安财经大学 管理学院,陕西 西安 710100)

[摘要]旨在利用CiteSpace工具对我国车辆路径研究的进展和热点前沿进行分析,通过中国知网(CNKI)检索“车辆路径问题研究”,最终获得有效数据712篇。首先分析了年发文量、作者及研究机构分布,对高校被引学者和研究机构进行排名。接着统计关键词词频,对关键词进行聚类分析,总结了该领域的研究热点。最后通过构建时区图、突现图,描述了该领域研究主题的演化趋势。通过分析得出以下结论:车辆路径问题研究的发文量呈现波动上升趋势,研究者更倾向于独立研究,研究机构间合作不密切。未来我国需要建设车辆路径问题研究的核心团队,继续提高发文质量和数量;我国车辆路径研究的热点主要集中在传统路径规划算法、智能化路径规划以及多目标路径规划等方面;在我国车辆路径研究中,与实际道路情况和交通拥堵相关的问题备受关注,研究者通过运用交通流模型、交通预测技术等方法,探索如何考虑实际道路情况和交通拥堵对物流配送的影响,提高车辆配送的效率和可靠性。随着新兴技术的快速发展,学者们越来越关注将大数据、区块链、物联网、智慧物流等新兴前沿技术应用于车辆路径问题的研究领域,以提高研究的深度和广度。

[关键词]车辆路径;CiteSpace;可视化分析;研究热点;趋势

[中图分类号]F259.2

[文献标识码]A

[文章编号]1005-152X(2024)01-0108-12

0 引言

近年来,随着物流行业的不断发展和国家对交通运输领域的重视,车辆路径问题研究逐渐引起了学术界的广泛关注。车辆路径问题是指在满足一定约束条件下,找到一组车辆的最优行驶路径,使得所有配送点能够被覆盖,并满足车辆数量、容量和行驶距离等限制条件,从而实现车辆配送的高效性、经济性和可靠性。

在这一领域中,研究者们通过运用各种方法探索如何优化车辆路径问题,提高车辆运行效率,降低车辆运行成本,提高车辆利用率和客户满意度等,取得了一系列显著成果。杨劼,等^[1]主要探讨了在物流配送过程中,客户需求的变动对干扰管理的影响,采用了改进的遗传算法来优化配送路径,通过实验验证了该算法的有效性。韩荣腾^[2]主要研究了蚁群算法在农村生鲜配送车辆路径优化中的应用,通过对比不同算法的实验结果,证明了蚁群算法的优越性。陈高华,等^[3]提出了一种改进的蚁群算法对车辆路径

[收稿日期]2023-05-12

[作者简介]陈树广(1972-),男,山东聊城人,教授,硕士生导师,研究方向:统计与管理决策;殷莉秀(1998-),女,安徽阜阳人,硕士研究生,研究方向:物流与供应链管理。

进行优化,并验证了该算法在解决多目标优化问题时的有效性。吴福亮,等^[4]在考虑能耗因素的前提下,采用了遗传算法对电动汽车配送路径进行优化。刘志硕,等^[5]在考虑硬时间窗因素的前提下,基于遗传算法对冷链配送路径进行优化。Pasha,等^[6]研究车辆路径问题时提出了一种混合整数线性规划模型,采用进化算法、变邻域搜索算法、禁忌搜索算法和模拟退火算法对模型进行大规模问题实例求解,并验证了所提方法的有效性。王建新,等^[7]提出了一种基于区域-负载均衡策略,对两级配送路径进行优化。刘长石,等^[8]提出了一种混合遗传算法解决城市物流配送中的混合车辆路径规划问题。刘艳秋,等^[9]提出了一种基于混合人工鱼群算法的路径优化方法,解决应急物流配送中的路径优化问题。高浩然,等^[10]考虑时效性和品质性满意度约束,基于改进遗传算法对易腐品冷链物流配送路径进行优化。

CiteSpace作为一款基于文献计量分析的软件,可以帮助研究人员了解某一领域的研究热点和前沿方向。本文将利用CiteSpace软件对我国车辆路径问题研究的进展及热点前沿进行分析,旨在为相关研究者提供参考,并为未来研究方向的确定提供一定的指导。

1 数据来源与方法

1.1 数据来源

通过中国知网(CNKI)检索“车辆路径问题研究”,根据多数关键文献聚焦于核心期刊的文献分散定律,在总库共3 172篇、时间设置为2003-2023年(截至2023年3月底)的学术文献中,筛选出了1 795篇学术期刊论文。进一步重点关注北大核心、CSSCI、CSCD三类核心期刊,最终获得有效数据712篇。

1.2 研究方法

本研究采用基于CiteSpace的方法,结合定性和定量两个维度,对我国车辆路径问题的研究进展及热点前沿进行了分析。通过构建关键词共现图、热点聚类图、时区图、研究作者和机构合作网络图等,描绘了该研究领域的演进趋势,并提出了可供参考的建议。

2 文献特征分析

2.1 年发文量趋势

研究领域的发文数量是衡量该领域在特定时间段内研究活跃度的重要指标。本文筛选出的712篇有效期刊文献的年度分布图能够直观地反映该领域在该时间段内的研究发展趋势。

如图1所示,2003-2023年期间车辆路径问题相关文献发刊量总体呈现波动上升的趋势。2002-2007年车辆路径问题研究处于直线增长趋势;2008-2020年呈现回落起伏的规律,其中2018年发刊量达到最高,为46篇;2021-2022年核心期刊发文量处于高水平时期,达到47篇;2023年回落与本文统计时长有关(论文截至2023年3月底)。总体而言,车辆路径问题研究相对完备,但仍然有许多新的细分领域需进一步探索。

2.2 核心作者分布

对车辆路径问题研究的发文作者的统计分析形成了车辆路径问题研究作者图谱,如图2所示。图2包含325个节点和306条连线,网络密度为0.005 8。节点的字体大小反映了该作者的发刊量多少,而节点间连线的粗细则表示学者间联系的紧密程度。

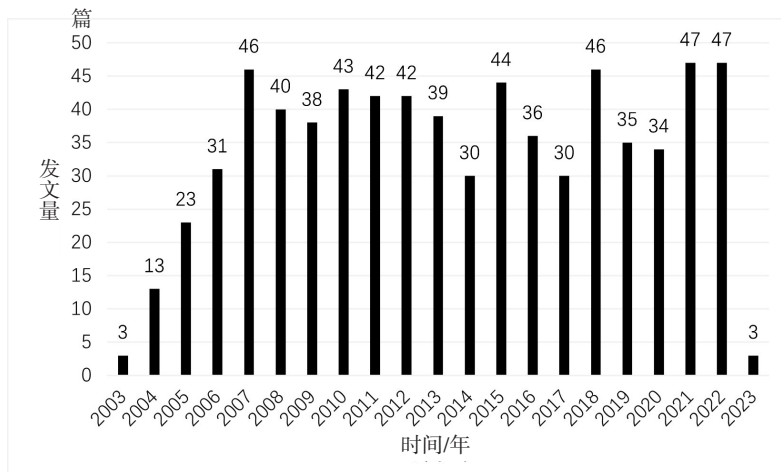


图1 2003-2023年我国车辆路径问题研究相关研究发文章量篇数统计

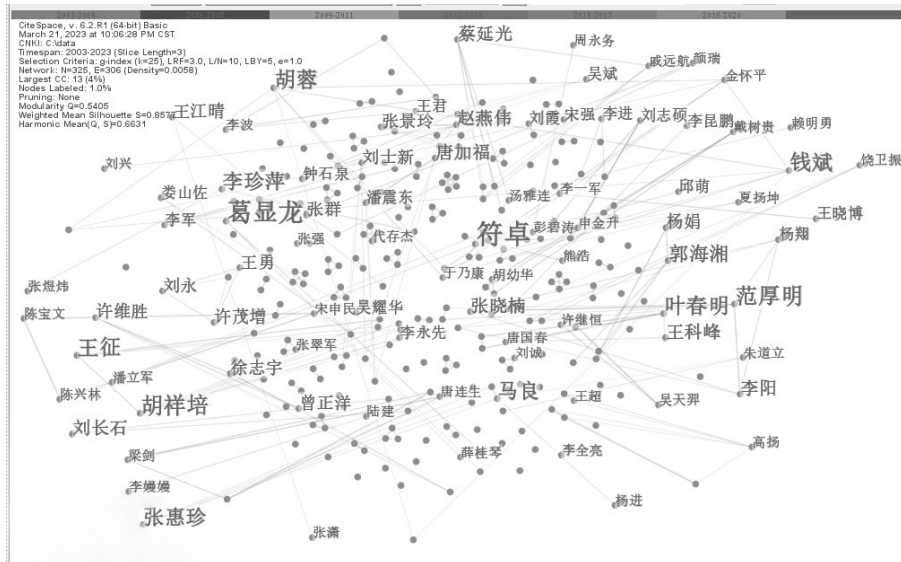


图2 车辆路径问题研究作者共现知识图谱

对主要发文作者进行关联分析发现,节点数量较多,但节点间的连接数量较少,表明从事车辆路径问题研究的学者可能更偏向于独立研究,彼此之间的合作关系较为松散。连线情况表明相关作者部分之间有交流,但更多的是相互之间不交流,研究团体的规模都比较小。实际上,车辆路径问题研究范围特别广,因此在未来的研究中可以增加跨团队合作交流。

进一步分析高被引排名前十一的学者,见表1,其中符卓以被引次数19次位居第一,葛显龙以被引次数15次排名第二,范厚明以被引次数11次排名第三。总的来说,前三名的学者有一定的影响,但影响力巨大的学者还未出现,学者之间的合作交流也有待进一步加强。

2.3 研究机构分析

发文机构网络图谱可以展示我国车辆路径问题的不同研究机构的发文情况及其合作关系。

表1 高被引学者排名

排名	学者	被引次数
1	符卓	19
2	葛显龙	15
3	范厚明	11
4	胡祥培	10
5	胡蓉	9
5	钱斌	9
5	王征	9
5	叶春明	9
6	李珍萍	8
6	张惠珍	8
6	马良	8

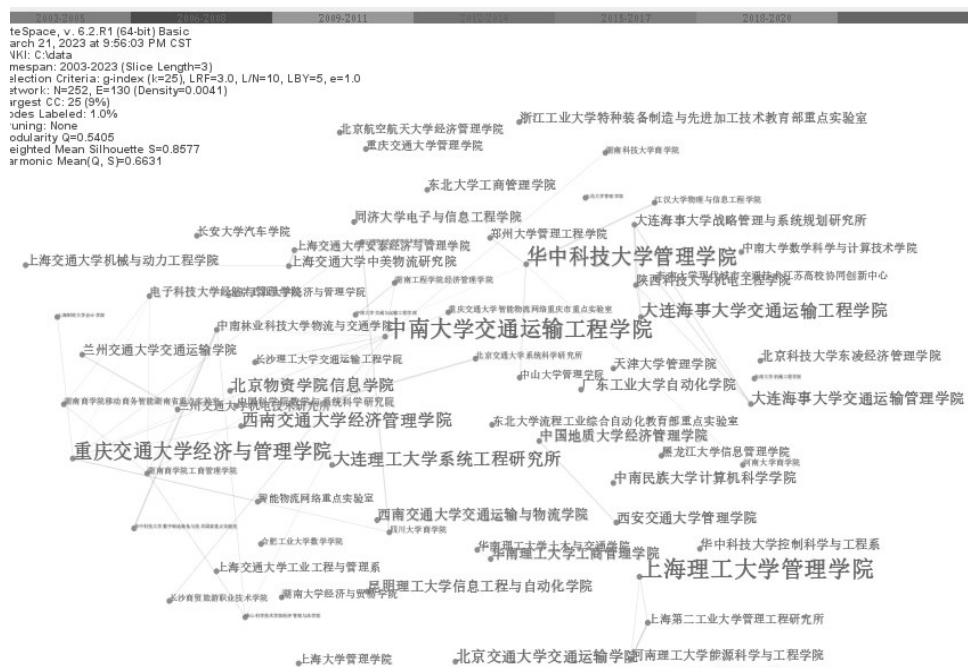


图3 车辆路径问题研究机构共现知识图谱

使用CiteSpace软件,选择时间切片为3年,节点类型为机构,并使用默认设置对2003年至2023年间的712条有效数据进行可视化分析,为了突出重点研究机构,设置了阈值为4,并且只显示了发文量较大的部分研究机构,以便更清晰地呈现图像。得出车辆路径问题研究机构网络图谱,如图3所示。图3中共有252个节点和130条连线,密度仅为0.004 1,表明机构之间的合作比较分散。通过观察各研究机构

的名称,可以发现大部分机构为高校的各学院,说明高校在车辆路径问题研究中发挥了重要作用。

在对高被引排名前七的研究机构(见表2)进行进一步分析时发现上海理工大学管理学院以被引次数27次排名第一;中南大学交通运输工程学院以被引次数25次排名第二;华中科技大学管理学院以被引次数20次排名第三。

表2 高被引研究机构排名

排名	研究机构	被引次数
1	上海理工大学管理学院	27
2	中南大学交通运输工程学院	25
3	华中科技大学管理学院	20
4	重庆交通大学经济与管理学院	18
5	大连理工大学系统工程研究所	12
5	西南交通大学经济管理学院	12
6	大连海事大学交通运输工程学院	10

根据文献作者图谱和文献机构图谱的分析结果,可以发现文献合著的作者在总体作者中所占比例较少。此外,虽然机构点众多,但是它们之间的连线数量比较少,这表明文献研究机构之间的合作关系并不密切。研究机构主要以同一区域或同一机构为主,跨区域或跨学科之间的合作相对较少。这说明我国尚未形成紧密的车辆路径问题研究核心团队,同时也反映出我国车辆路径问题研究机构之间的合作关系有待加强。

3 关键词分析

3.1 共现分析

通过对核心期刊文献关键词的分析,CiteSpace软件可以凝练出车辆路径问题的主要研究领域和内容,进一步反映出该领域的研究动态。在此基础上,可以整理出前16个车辆路径问题研究高频关键词的词频和中心度。见表3。

由表3可知,在车辆路径问题研究中,遗传算法是学者使用的主流算法,该算法可以通过不断的迭代和选择,逐步优化调度方案,以达到最优的效果。目前,遗传算法已经被广泛应用于应急物流研究中,以有效解决应急物资储备选址、车辆运输优化等问题,尤其是对于车型较多、物资类型复杂的分层调度问题,遗传算法具有较好的求解效果。因此,遗传算法在应急物流中的应用前景非常广阔。

关键词共现网络图谱是一种通过词频分析显示高频关键词以及共现关联的工具,它可以通过关键词出现的频次以及中心度来反映相应领域的研究热点。在使用CiteSpace进行分析时,选择“Node types”中的“Keyword”就可以得到关键词共现网络图谱分析图,如图4所示。这种分析方法可以帮助研究人员更好地了解领域内的研究趋势和热点问题,从而有助于指导研究方向和决策。

表3 高被引车辆路径问题研究高频关键词词频及中心度

序号	词频	中心度	时间	关键词
1	102	0.17	2003	遗传算法
2	80	0.23	2005	时间窗
3	65	0.13	2005	蚁群算法
4	43	0.29	2005	车辆路径
5	38	0.3	2003	物流配送
6	28	0.22	2004	禁忌搜索
7	23	0.08	2004	优化
8	19	0.02	2009	软时间窗
9	17	0.21	2004	物流
10	15	0.16	2010	路径优化
11	14	0.07	2005	组合优化
12	13	0.09	2012	物流工程
13	12	0.22	2013	碳排放
14	12	0.11	2007	随机需求
15	12	0.02	2004	模糊需求
16	11	0.05	2004	多车场

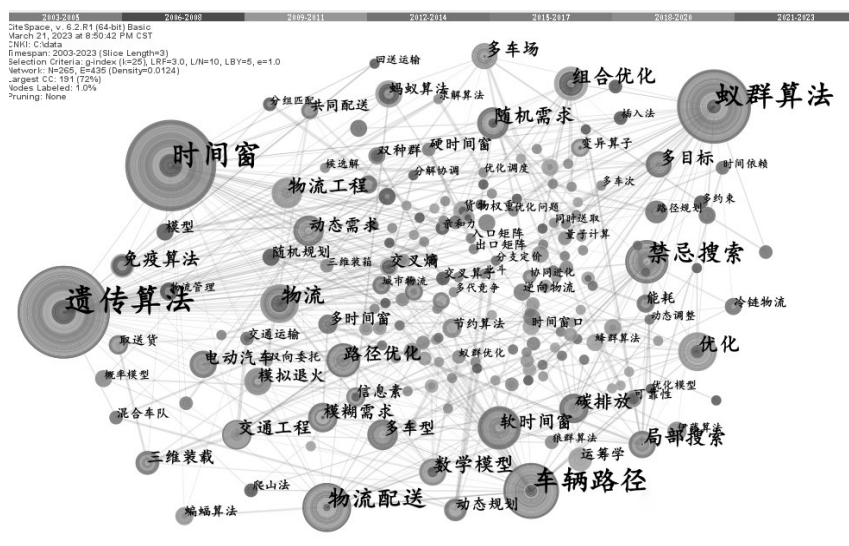


图4 车辆路径问题研究关键词共现知识图谱

在图4中,共有265个结点和435条连线,网络密度为0.0124。关键词的字体越大表示其频次越高,连线越粗则表示关键词之间相关性越强。由图4可知,车辆路径问题研究的关键词主要聚焦在“遗传算法”“时间窗”“蚁群算法”“车辆路径”“物流配送”“优化”“禁忌搜索”“物流”“软时间窗”“物流工程”等。关键词范围较广,联系较为紧密,基本形成了系统的车辆路径问题研究网络,但是还有许多方向和内容值得后续探索研究。

3.2 聚类分析

关键词聚类图谱分析可以很好地提炼出相应的热点主题子群,更加准确地把握该领域的研究方向。利用CiteSpace中的聚类功能,“Node types”选择“Reference”,算法采用LLR算法。当聚类图谱中的Q值和S值显示,聚类模块值Modularity=0.540 5>0.5,聚类平均轮廓值MeanSilhouette=0.857 7>0.7,说明聚类结构显著,由此得到关键词聚类网络图谱,如图5所示。

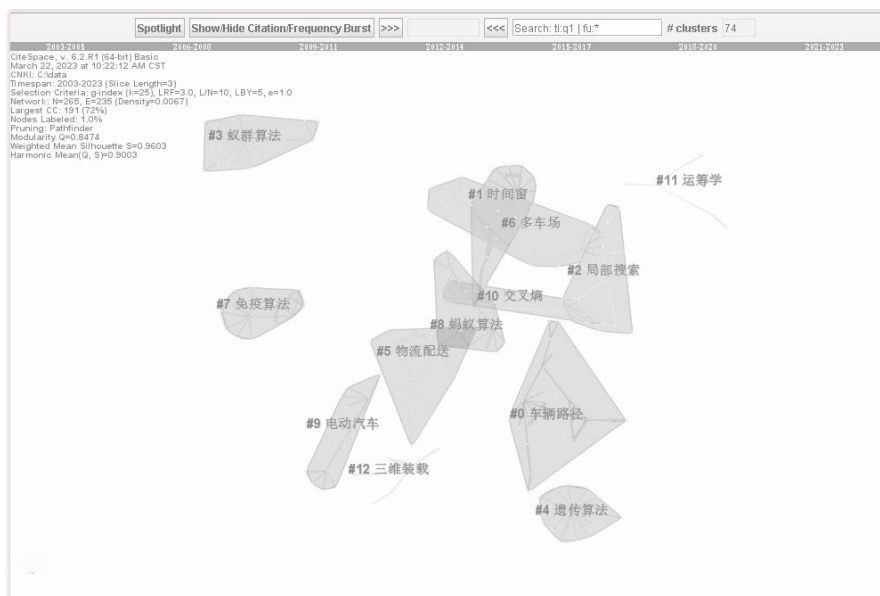


图5 车辆路径问题研究热点聚类共现图

在图5中,车辆路径问题研究分为13个聚类,顺序从0到12,每个聚类是由多个紧密相关的关键词组成,数字越小,聚类中包含的关键词越多。图5中共有13个色块,色块越大表示其聚类越紧密。由图5可知,车辆路径问题研究热点主要聚焦在“车辆路径”“时间窗”“局部搜索”“蚁群算法”“遗传算法”“物流配送”“多车场”“免疫算法”“蚂蚁算法”“电动汽车”“交叉熵”“运筹学”和“三维装载”。车辆路径问题研究色块区域较大,表明车辆路径问题的衍生问题很多,基本形成了系统的车辆路径问题研究网络,但是还有许多方向和内容值得后续探索研究。

表4为车辆路径问题研究的关键词聚类结果,其中频次表示聚类中关键词出现的次数,频次越大表明关键词出现的次数越多,本文中“车辆路径”研究的频次为21次,是聚类中出现最多的关键词;中心性表示网络节点的重要程度,中心性数值越大表示聚类越紧密;聚类子簇表示与聚类名称有密切联系的关键词。

表4 关键词聚类结果

序号	聚类名称	频次	中心性	年份	聚类子簇
0	车辆路径	21	0.975	2013	动态需求;动态规划;软时间窗;混沌优化;电动车车辆路径问题;车辆路径
1	时间窗	20	0.958	2010	交通工程;时差;并行;时间窗
2	局部搜索	20	1	2010	蜂群算法;模糊需求;局部搜索;多行程;多时间窗
3	蚁群算法	17	0.984	2015	蚁群算法;能耗;量子计算;碳排放成本;周期性车辆路径问题
4	遗传算法	17	1	2012	遗传算法;交通网络;时变网车辆调度问题;实时交通信息;容量约束
5	物流配送	17	0.845	2011	物流配送;物流工程;路径优化;多目标;共同配送
6	多车场	15	0.943	2013	多车场;碳排放;多车型;伊藤算法;动态拥堵
7	免疫算法	14	0.988	2005	免疫算法;组合优化;分组匹配;亲和力;配送车辆
8	蚂蚁算法	13	0.974	2008	蚂蚁算法;信息素;物流;物流管理;搜索
9	电动汽车	12	0.89	2015	电动汽车;禁忌搜索;冷链流;优化模型;最小-最大车辆路径问题
10	交叉熵	11	1	2010	交叉熵;随机需求;随机规划;位置-路径;多温共配
11	运筹学	7	0.968	2011	运筹学;节约算法;分车运输;改进;模型及算法
12	三维装载	7	0.966	2014	三维装载;模拟退火;公路运输;量子粒子群算法;配送方案优化

4 车辆路径问题研究主题演化分析

4.1 时区视图图谱分析

时区图可以展示研究关键词随时间的变化趋势。图6展示了2003–2023年车辆路径问题研究关键词时区图谱。趋势图上面的数字表示年份标识,而连线则表示关键词共同出现在同一研究期刊文献中。

在图6中,按照时间轴对2003–2023年车辆路径问题研究关键词时区图谱进行细分,圆圈越大表示变化趋势越明显,可知“车辆路径”“遗传算法”“时间窗”“蚁群算法”“免疫算法”“局部搜索”基本上是2005年前研究的热点趋势,之后逐渐减少。“路径优化”“交叉熵”和“动态需求”从2005–2010年开始,到2020年之前一直有学者关注,用时区视图图谱分析可以清楚的了解到每个关键词在时间上的发展趋势,有助于厘清关键词的发展脉络。

4.2 突变词权重图谱分析

突变词是指在某一段时间内突然出现的研究方向,通过其权重值可以评估该方向对该领域的影响力大小。在本次研究中,获得了22个突变词的相关信息,并按照突变时间的先后顺序进行了排序,如图7所示。

图7中的突出阴影部分表示该关键词是某阶段的研究热点,“Strength”为关键词突现强度,值越大表

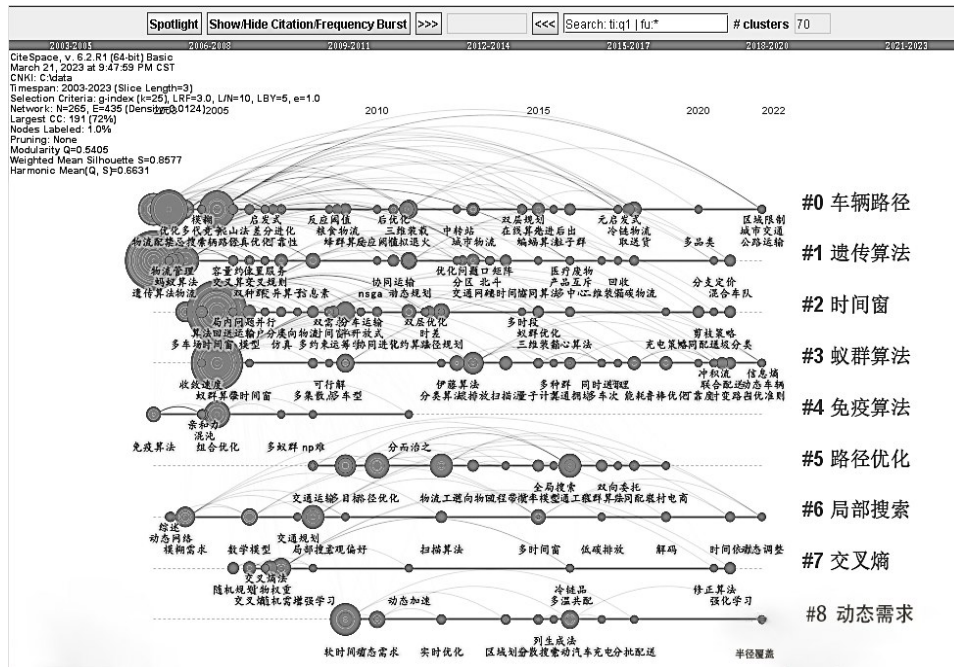


图6 2003–2023年车辆路径问题研究关键词时区图谱

示关键词频次越大。根据图7可将车辆路径问题研究分为三个阶段,以结束时间为基准点划分。

(1)早期研究阶段(2003–2011年)。早期研究突现时间为2003–2011年,研究领域主要集中在“组合优化”“免疫算法”“物流管理”“算法”“数学模型”“货物权重”“运筹学”“时间窗口”和“蜂群算法”这些方面,初步探索车辆路径问题研究发展面临的主要问题。这一时期,车辆路径问题研究体系建设尚不完善,应用的算法不多。在此期间,研究该领域的学者逐渐增多,很多研究以车辆路径问题优化算法为基点,开始逐步拓展研究领域。总之,这个阶段的研究为未来该领域的发展奠定了坚实的基础,但是也存在研究方法不系统、设备先进性有待提升等问题。

(2)中期研究阶段(2012–2017年)。中期研究突现时间为2012–2017年,该阶段主要聚焦在“物流工程”“伊藤算法”“逆向物流”“交通工程”“软时间窗”“模拟退火”和“概率模型”这些方面的研究。在这些研究中,目前的文献数量表现出了不稳定的起伏,研究热点也相对多样且分散。与此同时,越来越多的学者开始关注研究方法,探索更全面的研究方向,并逐渐从初期单纯地探究车辆路径问题转向关注衍生现实型问题。还有一些学者开始尝试利用智能优化算法来解决路径最优化问题。

(3)近期研究阶段(2018–2023年)。最新前沿研究关键词突现时间为2018–2023年,主要涵盖“鲁棒优化”“能耗”“取送货”“多车型”“强化学习”和“时变路网”等方面。该阶段是车辆路径问题研究的全面发展阶段,新兴技术如区块链、大数据和智慧物流等开始应用于该领域,成为当前和未来研究的主要热点。

5 研究结论与展望

通过对中国知网数据库2003–2023年的车辆路径问题研究核心期刊文献进行可视化分析,并结合

Top 22 Keywords with the Strongest Citation Bursts

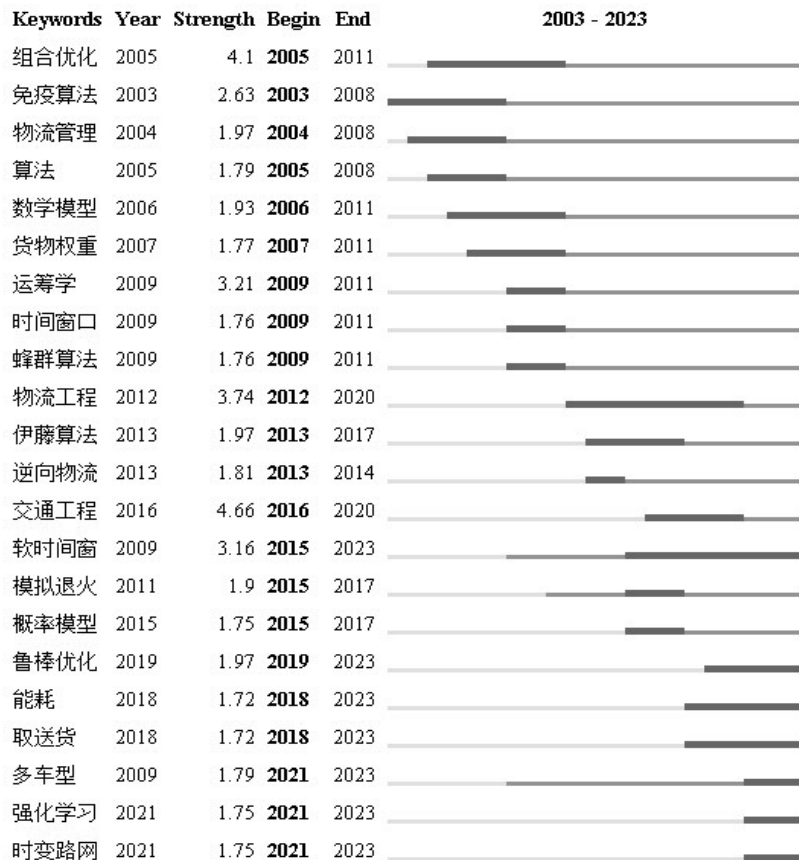


图7 2003–2023年车辆路径问题研究的关键词突现

代表性文献进行梳理得出以下结论:

(1)2003–2023年车辆路径问题相关文献发刊量呈现波动上升趋势。总体而言,车辆路径问题研究相对完备,但学者更偏向于独立研究,彼此之间的合作关系较为松散,团体的规模都比较小,其中研究机构大部分为高校的各学院,但研究机构之间的合作关系并不密切。未来我国需加强车辆路径问题研究核心团队建设,持续提高发文质量和发文数量。

(2)我国车辆路径问题研究的热点主要集中于传统的路径规划算法、智能化路径规划以及多目标路径规划等方面。其中,基于遗传算法、模拟退火算法等优化算法的路径规划方法受到了广泛关注,这些方法能够有效地提高车辆路径配送的效率和可靠性。此外,智能化路径规划技术也是当前研究的热点之一,它可以根据实时交通信息和用户需求,自动调整物流车辆路径,从而实现更加高效的车辆配送。多目标路径规划则是近年来新兴的研究方向,它旨在通过考虑不同的目标函数,设计出更加全面、可行和优化的车辆路径方案。

(3)在我国车辆路径问题研究中,与实际道路情况和交通拥堵相关的问题也备受关注。研究者们通过运用交通流模型、交通预测技术等方法,探索如何考虑实际道路情况和交通拥堵对物流配送的影响,

从而提高车辆配送的效率和可靠性。车辆路径问题研究领域的研究主题与我国国情发展密切相关,研究方向往往受到当时特定车辆政策的影响。同时,研究内容也随着时间和不同的车辆路径问题研究而不断发展和演变。

(4)车辆路径问题的研究领域在不同的时代背景下经历了演化过程,研究热点趋势也在不断变化。近年来,随着新兴技术的快速发展,学者们越来越关注将大数据、区块链、物联网、智慧物流等新兴前沿技术应用于车辆路径问题的研究领域,以提高研究的深度和广度。这也表明,未来车辆路径问题的研究将朝着多学科交叉融合的方向发展,这将推动我国车辆路径问题研究的进一步发展。

未来的研究应该继续关注传统路径规划算法、智能化路径规划以及多目标路径规划等方面,并且应该进一步深入探讨如何考虑实际道路情况和交通拥堵对车辆配送的影响。此外,随着汽车行业的不断发展和智能化技术的不断应用,需要关注如何将人工智能、大数据等技术应用到车辆路径研究中,从而实现更加高效、智能、可靠和可持续的车辆配送。我国车辆路径问题研究具有广阔的前景和很高的应用价值。未来研究可以从智能化路径规划、多维度路径规划、路径规划与环保等方面入手,不断提高车辆配送效率并降低成本。

[参考文献]

- [1] 杨劼,李婷,马庆庆,等.考虑客户需求变动的物流配送干扰管理研究[J/OL].计算机工程与应用,2023:1-9[2023-05-11].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2127.TP.20230508.1748.042.html>.
- [2] 韩荣腾.蚁群优化算法下农村生鲜配送车辆路径对比研究[J].中国市场,2023(10):189-193.
- [3] 陈高华,郗传松.求解多目标车辆路径优化的改进蚁群算法研究[J/OL].机械设计与制造,2023:1-7[2023-05-11].DOI:10.19356/j.cnki.1001-3997.20230322.004.
- [4] 吴福亮,董明.考虑能耗的电动汽车配送最优路径规划问题研究[J].工业工程与管理,2023,28(3).
- [5] 刘志硕,李秋雨,陈哲.带硬时间窗的冷链电动车辆路径问题研究[J].重庆师范大学学报(自然科学版),2023,40(1):53-60.
- [6] PASHA J,DULEBENETS M A,KAVOOSI M,et al.An optimization model and solution algorithms for the vehicle routing problem with a “factory-in-a-box”[J].Ieee Access,2020(8):134 743-134 763.
- [7] 王建新,孙文媛,姚西龙,等.基于区域-负载均衡策略的两级车辆路径优化研究[J/OL].计算机应用研究,2022:1-9 [2023-05-11].DOI:10.19734/j.issn.1001-3695.2022.11.0769.
- [8] 刘长石,陈慧璇,吴张.城市物流配送的混合车辆路径规划模型与优化算法[J].控制与决策,2023,38(3):759-768.
- [9] 刘艳秋,胡绩辉.基于混合人工鱼群算法的应急物流路径优化研究[J/OL].中国管理科学,2022:1-15[2023-05-11]. DOI:10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2022.1672.
- [10] 高浩然,张玉林,张顺顺.考虑时效性和品质性满意度约束的易腐品冷链物流配送研究[J/OL].控制与决策,2022:1-10 [2023-05-11].DOI:10.13195/j.kzyjc.2022.0998.

Progress, Hotspots and Frontier of Vehicle Routing Researches in China Based on CiteSpace

CHEN Shuguang, YIN Lixiu

(School of Management, Xi'an University of Finance & Economics, Xi'an 710100, China)

Abstract: With the development of the transportation field, including the development of traffic infrastructure and traffic management technology, vehicle routing has become an important research field and has earned more and more attention. The study of vehicle routing can shed more light on the law of vehicle driving, and provide scientific basis for traffic management, traffic planning and traffic decision-making. CiteSpace is a tool used to analyze academic literature for helping researchers understand research hotspots, frontiers and directions in a certain field. In this paper, CiteSpace was used to analyze the research progress, hotspots and frontiers of vehicle routing in China, so as to provide reference and guidance for related research.

Through searching “research on vehicle routing problem” on CNKI, 712 valid articles were obtained and made the research object. Firstly, we analyzed the annual number of published papers, the distribution of authors and research institutions, and ranked highly cited authors and research institutions. Then, we collected keyword frequency, carried out cluster analysis of keywords, and summarized the research hotspots in this field. Finally, we described the evolution trend of the research topics by constructing the time zone chart and the emergence chart. With the analysis, we come to the following conclusions: (1) The number of published papers on vehicle routing shows a trend of fluctuating increase followed by gradual decrease. Researchers tend to conduct research independently and do not cooperate closely. (2) The hotspots of vehicle routing research in China mainly include traditional path planning algorithm, intelligent path planning and multi-objective path planning. (3) Problems relating to actual road conditions and traffic congestion are of great concern. By using methods such as traffic flow model and traffic prediction technology, researchers have explored how to consider the impact of actual road conditions and traffic congestion on logistics distribution, so as to improve the efficiency and reliability of vehicle distribution. (4) With the rapid development of emerging technologies, researchers are paying more and more attention to applying emerging frontier technologies such as big data, blockchain, Internet of Things, and smart logistics to the research field of vehicle routing in order to improve the depth and breadth of research.

To sum up, in this paper we provided a theoretical basis for solving the vehicle routing problem and formulating relevant policies for the government, which has certain referential significance for the vehicle routing research field.

Keywords: vehicle routing; CiteSpace; visual analysis; research hotspot; trend