

双碳政策下的多式联运物流决策

周梅荣

广东海洋大学商学院

DOI:10.12238/pe.v2i6.10466

[摘要] 双碳政策给物流运输决策带来了新的挑战,物流企业做物流运输决策时必须考虑新因素的影响。本研究针对受到双碳政策约束的物流企业,运用数学优化方法构建决策模型,通过优化求解揭示了双碳政策下经济效益和绿色效益的效率边界。

[关键词] 双碳政策; 多式联运; 决策集成; 多目标决策; 决策权衡

中图分类号: C934 文献标识码: A

Multimodal Logistics Decision-making Under the Dual Carbon Policy

Meirong Zhou

Business School, Guangdong Ocean University

[Abstract] The dual carbon policy has brought new challenges to logistics and transportation decision-making. Logistics enterprises must consider the impact of new factors when making logistics and transportation decisions. This study targets logistics enterprises constrained by the dual carbon policy, constructs a decision-making model using mathematical optimization methods, and reveals the efficiency boundary of economic and green benefits under the dual carbon policy through optimization solutions.

[Key words] Dual carbon policy; Multimodal transport; Decision integration; Multi-objective decision-making; Decision balance

引言

由于与社会发展息息相关,并且发展前景广阔,国家对物流业的发展一直以来都非常重视,针对物流业出台了不少的规划、政策措施。近年来,由于国内和国际上对降低二氧化碳排放越来越重视,而物流业又是碳排放大户^{[1][2]},国家专门出台了针对物流业碳减排的规划和政策措施。在双碳政策环境下,物流企业做物流运输决策时必须考虑自身碳排放的影响,从而进行有效的分析,找到决策变量之间的最优权衡^{[3][4]},这使得物流企业的物流运营管理和资源配置变得更加复杂^[5]。

目前,关于物流运输过程中的碳排放和成本对运输模式与运输工具类型的依赖性的研究还有待进一步进行丰富与完善,通过解析建模来表示和评估转运点处的这种非独立性仍然是多式联运物流规划问题的关键。同时,现有关于多式联运物流规划问题的研究,将运输模式与运输工具类型选择、运输路径规划及碳排放决策集成起来的还不多见,以致模型刻画与利用问题关键特征的能力不足。此外,大多数研究都集中于单目标决策。

本研究正是针对物流业的发展趋势与遇到的实际问题,以及现有研究的上述不足而开展的。通过本研究提出的模型,企业一方面既可以单独求解多式联运物流的最优成本,也可以单独

求解双碳政策下多式联运物流的最优碳排放;另一方面可以获得物流成本和物流碳排放之间的效率边界,可以据此对物流成本和物流碳排放进行权衡,确定自身偏好的物流成本和物流碳排放之间的平衡点,进而确定自身最优的多式联运物流网络;再一方面可以与自身现有的物流网络进行对比与评价,以改进自身现有的物流网络。

1 研究问题概述

本研究对如下物流联运问题进行研究:物流企业在某配送区域存在供应点和需求点,以运输成本及碳排放作为两个决策目标,进行多目标物流优化决策。需要指出的是,这是一个只有一个供应点和一个需求点但有多种产品的多式联运物流决策问题。

该物流联运问题是当前企业面临的重要决策难题。第一,决策变量多元异构,如运输量和转运量分配的连续性(运输量和转运量都是连续型变量)和运输模式与运输工具类型选择的离散性(0-1变量)。第二,多目标非线性决策,既要考虑成本,又要兼顾碳排放,而且无论是成本还是碳排放和决策变量之间都不是线性的。由于经典的车辆路径规划(VRP)问题大多都是NP难题^[6],本研究的问题将更为实际而复杂。

2 模型构建与实证分析

2.1 无流量约束的多目标决策模型

目标函数:

$$\min f_1 = \text{物流运营总成本} = \text{各路段运输成本之和} + \text{各转运点转运成本之和}$$

$$= \sum_{p,i,j,k,g} x_{pij}^{kg} c_{pij}^{kg} y_{pij}^{kg} + \sum_{p,i,k,g,h,r} z_{pi}^{kghr} q_{pi}^{kghr} c_{pi}^{kghr}$$

$$\min f_2 = \text{物流运营总碳排放} = \text{各路段运输碳排放之和} + \text{各转运点转运碳排放之和}$$

$$= \sum_{p,i,j,k,g} x_{pij}^{kg} e_{pij}^{kg} y_{pij}^{kg} + \sum_{p,i,k,g,h,r} z_{pi}^{kghr} q_{pi}^{kghr} e_{pi}^{kghr}$$

约束条件:

$$\sum_{k,g} y_{pij}^{kg} \leq |k||g| \quad \forall p \in P, \forall i \in V, \forall j \in V \quad (1)$$

$$M(y_{pij}^{kg} - 1) < x_{pij}^{kg} \leq M y_{pij}^{kg} \quad \forall p \in P, \forall i \in V, \forall j \in V, \forall k \in K, \forall g \in G \quad (2)$$

$$M(z_{pi}^{kghr} - 1) < q_{pi}^{kghr} \leq M z_{pi}^{kghr} \quad \forall p \in P, \forall i \in U, \forall k \in K, \forall g \in G, \forall h \in K, \forall r \in G \quad (3)$$

$$\sum_{i,k,g} x_{psi}^{kg} \leq M_{sp} \quad \forall p \in P \quad (4)$$

$$\sum_{i,k,g} x_{pit}^{kg} \geq D_{tp} \quad \forall p \in P \quad (5)$$

$$\sum_{i,k,g} x_{pji}^{kg} - \sum_{j,k,g} x_{pij}^{kg} = 0 \quad \forall p \in P, \forall i \in U \quad (6)$$

$$\sum_j x_{pij}^{kg} = \sum_{hr} q_{pi}^{kghr} \quad \forall p \in P, \forall i \in U, \forall k \in K, \forall g \in G \quad (7)$$

$$\sum_j x_{pij}^{hr} = \sum_{kg} q_{pi}^{kghr} \quad \forall p \in P, \forall i \in U, \forall k \in K, \forall g \in G \quad (8)$$

$$x_{pij}^{kg} \geq 0, y_{pij}^{kg} \in (0,1) \quad \forall p \in P, \forall i \in V, \forall j \in V, \forall k \in K, \forall g \in G \quad (9)$$

$$q_{pi}^{kghr} \geq 0, z_{pi}^{kghr} \in (0,1) \quad \forall p \in P, \forall i \in U, \forall k \in K, \forall g \in G, \forall h \in K, \forall r \in G \quad (10)$$

其中,约束条件①是对运输模式与运输工具组合数的约束,约束条件②和③是决策变量间应该满足的逻辑关系,约束条件④和⑤是对供需的约束,约束条件⑥、⑦和⑧是进出节点的流量平衡约束,约束条件⑨和⑩是对决策变量取值的约束。V节点的集合,U除供应点外的节点的集合,K运输模式的集合,G运输工具类型的集合,s供应点,t需求点,k运输模式,h运输模式,g运输工具,r运输工具,i运输网络中的一个节点,j运输网络中的一个节点,P产品种类的集合,p产品种类。M一个大数, M_{sp} 供应能力, D_{tp} 需求量, c_{pij}^{kg} 单位运输成本, l_{ij}^{kg} 距离, c_{pi}^{kghr} 单位转运成本, e_{pij}^{kg} 单位运输碳排放, e_{pi}^{kghr} 单位转运碳排放。决策变量为: x_{pij}^{kg} 运输量, q_{pi}^{kghr} 转运量, y_{pij}^{kg} 和 z_{pi}^{kghr} 为0-1变量。

2.2 有流量约束的多目标决策模型

目标函数:

该模型的目标函数与上述无流量约束的成本最小化模

型相同。

约束条件:

该模型的约束条件除了上述约束条件②需要用如下约束条件⑪、⑫替换外,其它的与上述无流量约束的多目标决策模型相同。

$$M_{ij}^{kg} (y_{pij}^{kg} - 1) < x_{pij}^{kg} \leq M_{ij}^{kg} y_{pij}^{kg} \quad \forall p \in P, \forall i \in V, \forall j \in V, \forall k \in K, \forall g \in G \quad (11)$$

$$\sum_p x_{pij}^{kg} \leq M_{ij}^{kg} \quad \forall i \in V, \forall j \in V, \forall k \in K, \forall g \in G \quad (12)$$

其中,约束条件⑪和约束条件⑫是关于最大运输能力的约束。 M_{ij}^{kg} 为最大运输能力。

2.3 数据说明

本研究用广东省21个地级以上城市组成的物流网络来对模型进行实证研究。韶关为需求点,湛江为供应点;对产品1和产品2的需求量分别是600t和800t。运输模式有铁路、普通公路、高速公路和海路,运输工具有柴油汽车、汽油汽车、火车和船舶。每一路段上运输模式与运输工具组合的最大运输能力如下:(普通公路,柴油汽车)为1250t,(高速公路,柴油汽车)为1250t,(普通公路,汽油汽车)为600t,(高速公路,汽油汽车)为600t,(铁路,火车)为480t,(海路,船舶)为500t。其余数据来源于参考文献^{[7]-[12]}。

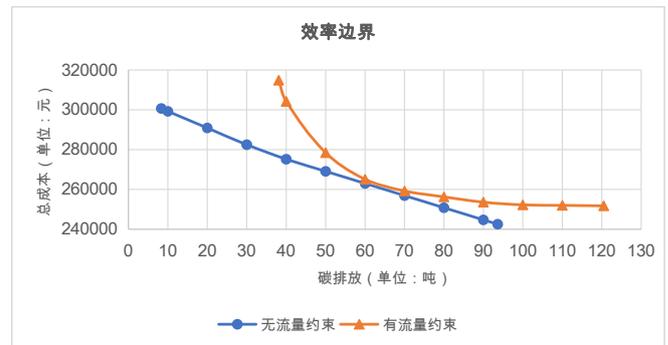


图1 效率边界对比示意图

本研究的模型在CPLEX平台进行求解。当对模型进行求解时,其效率边界示意图如图1所示。由于流量约束,效率边界发生了明显偏移与弯曲,这意味着相对于无流量约束,流量约束使得成本和碳排放显著增加。由于多目标决策模型同时对多个目标进行决策,在双碳政策环境下对物流企业来说无疑是更适合的,物流企业可以从中对各个目标进行权衡决策。

3 结语

本研究将经济效益(运输成本)和绿色效益(运输碳排放)通过多目标决策模型框架整合在一起,为决策者提供了一组权衡经济效益和绿色效益的最佳选择(即效率边界)。同时,本研究进一步丰富与完善了物流运输过程中的碳排放和成本对运输模式与运输工具类型的依赖性的研究。

[参考文献]

- [1] Zhou, D., Huang, F., Wang, Q. and Liu, X. The role of structure change in driving CO₂ emissions from China's waterway transport sector[J]. Resources Conservation and Recycling, 2021, 171: 105627.
- [2] Isik, M., Sarica, K. and Ari, I. Driving forces of Turkey's transportation sector CO₂ emissions: An LMDI approach[J]. Transport Policy, 2020, 97: 210–219.
- [3] Mangina, E., Narasimhan, P. K., Saffari, M. and Vlachos, I. Data analytics for sustainable global supply chains[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 255: 120300.
- [4] Salehi, M., Jalalian, M. and Siar, M. M. V. Green transportation scheduling with speed control: trade-off between total transportation cost and carbon emission[J]. Computers & Industrial Engineering, 2017, 113: 392–440.
- [5] Zhou, M. R., Zhou, M., Pan, Y. C., Chen, Z. M., Wen, M. and Li, L. How to Optimize Production and Carbon Resources under Cap and Trade[C]. Proceedings of the 23rd International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2016, 2017: 257–262.
- [6] 蒋俊, 申贵成, 王诗佳, 等. 基于强化学习的物流配送路径优化[J]. 统计与决策, 2021, 37(18): 185–188.
- [7] 广东省地图出版社. 广东省交通地图册[M]. 广州: 广东省地图出版社, 2008.
- [8] 沈志军, 杨斌. 考虑碳排放下的集装箱物流运作策略研究[J]. 武汉理工大学学报, 2012, (05): 70–75.
- [9] 宋现震. 高速公路对区域物流影响研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2004.
- [10] 胡玉兰. 新形势下探究汽车运行油耗的影响因素与汽车节能技术[J]. 山东工业技术, 2016, (24): 78.
- [11] 陈伟建. 考虑碳排放的公铁联运货流转移方案设计[D]. 北京: 北京交通大学, 2015.
- [12] 于建龙, 林国龙, 何红弟. 成本和时间约束下的集装箱运输的碳排放研究[J]. 河南科学, 2013, (11): 2035–2041.

作者简介:

周梅荣(1985--), 男, 汉族, 广东省茂名市人, 博士, 讲师, 主要从事物流规划与区域经济研究。