

托运人货运服务选择行为模型研究述评

张 戎, 陶学宗

(同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 201804)

摘要: 行为模型是货运需求分析的重要方法之一,能够很好地描述托运人的货运服务选择行为特征,预测不同货运服务的市场需求,因而在货运设施 and 政策措施的预期效果评估方面得到了广泛应用.在对 2000 年以后 46 篇文献研究的基础上,根据货运非集计行为模型的研究主题对其进行归类整理,分析货运非集计行为模型的理论基础、建模思路和数据来源,并从货运服务选择影响因素识别、货运服务潜在市场份额预测、货运服务质量属性价值估算等三个方面对货运非集计行为模型的研究方法和结论进行述评.最后,讨论了既有研究存在的不足和未来进一步研究的方向.

关键词: 综合运输; 货运建模; 随机效用理论; 货运选择行为; 非集计数据

中图分类号: U14

文献标志码: A

Review of Behavioral Model for Shippers' Freight Transport Choice

ZHANG Rong, TAO Xuezhong

(Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: As one important method of freight demand analysis, behavioral models allow researchers to describe the characteristics of shippers' freight service choice behavior and forecast the market demand of different freight service, so they are widely applied to evaluating the expected effect of freight transportation infrastructures and policy actions. After reviewing 46 documents since 2000, this study sorts out them based on the research theme of disaggregate behavioral freight model and an analysis is made of their theory basis, modeling process and data sources. Then it elaborates the methods and results of these literatures from the perspective of identifying the factors influencing shipper's choice behavior, forecasting the potential market share and estimating the quality attributes value of freight service. Finally, the shortcomings of the existing literatures and some issues are recommended

for further studies.

Key words: comprehensive transportation; freight modeling; random utility theory; freight choice behavior; disaggregate data

货运需求分析是货运研究的热点领域之一,多年来许多学者从不同视角开展了相应研究,并建立了各种各样的货运模型,成为战略、策略、运作等各个层次货运规划和政策制定的重要组成部分^[1].现有货运模型种类繁多,其中根据建模所用数据可将其分为集计模型和非集计模型两类,前者是指利用以小区或群体为单位进行集计处理后的集计数据所建立的模型,包括集计的方式划分模型和新古典经济学集计模型;后者是指利用不经过集计处理的非集计数据建立的模型,包括库存理论模型和行为模型^[2].其中,行为模型以随机效用理论为基础,能够很好地描述托运人的货运服务选择行为特征,预测各种货运服务的市场需求,因而在货运设施和货运政策的预期效果评估方面得到了广泛应用^[1].由于这类模型主要聚焦于托运人的货运服务选择行为(从几种货运服务中选择一种),研究对象为离散量,因此又被称为离散选择模型^[3].

自 20 世纪 70 年代以来,国内外许多学者逐步开展了托运人货运服务选择行为模型的研究. Zlatoper 和 Austrian^[4]、关宏志和陈艳艳^[5]、Regan 和 Garrido^[1]、Clark 等^[6]曾先后对这方面的文献进行过不同程度的综述.然而,这些研究多是从货运模型整体的角度进行分析,托运人货运服务选择行为模型只是其中的一部分,涉及文献数量较少,而且主要集中于 2000 年以前,之后的文献鲜有提及,因而不能反映托运人货运服务选择行为模型的研究动态.

收稿日期: 2012-10-11

基金项目: 国家自然科学基金(71271154)

第一作者: 张 戎(1966—),男,教授,博士生导师,工学博士,主要研究方向为运输经济与政策,物流规划与管理.

E-mail: zhangrongtj@163.com

通讯作者: 陶学宗(1981—),男,博士生,主要研究方向为集装箱多式联运,离散选择模型. E-mail: taoxuezhong@126.com

鉴于以上分析,本文通过搜集、整理 2000 年以后国内外主要托运人货运服务选择行为模型研究成果,对其理论基础、建模思路、数据来源、研究方法和结论进行系统分析,在此基础上,总结当前研究存在的不足并分析原因,指出未来可能的发展方向,为深入研究托运人货运服务选择行为模型提供参考。

1 托运人货运服务选择行为建模方法

1.1 分析框架

早期的货运服务选择方法主要以运费的直接比较为基础,通常假设企业可以掌握完全的信息并以利润最大化为准则进行决策,但却忽略了许多重要

的非运费因素的影响^[7]。McGinnis^[8]认为,未来应综合考虑运费因素和非运费因素,尤其是那些代表企业能力和认知的因素,而且还强调应更多地关注企业的相互关系对决策过程的影响。20 世纪 70 年代以来,非运费因素变得日益重要,整合服务质量和其他因素的货运服务选择模型随之引起了更多关注。Craig^[9]最早提出了托运人货运服务选择行为的分析框架(图 1),描述了托运人在选择货运服务时的决策过程,即托运人根据自身动机、备选方案集等搜集相关信息,然后结合感知偏差、期望满意度等通过决策评价程序对备选货运服务进行评价,最终按照一定的决策准则选择相应的货运服务。

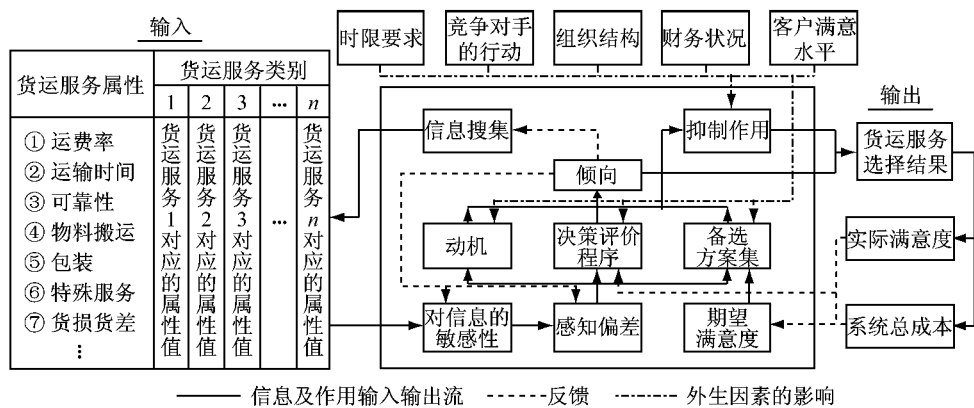


图 1 托运人货运服务选择行为的分析框架

Fig.1 Analysis framework for shippers' freight transport choice behavior

在此过程中,决策主体主要是托运人,并假设其具有理性经济人特征;决策客体主要是货运服务;决策目标是选择满足托运人需要的货运服务;决策影响因素包括托运人的信息敏感性、感知偏差、动机等内在因素,时限要求、财务状况、客户满意水平等外在因素,运费率、运输时间、运输时间的可靠性等货运服务相关因素,托运人倾向、实际满意度、系统总成本的反馈作用等;决策方法主要有离散选择模型、层次分析法、综合评价法、最优化方法等;决策准则有效用最大、评分最高、费用最小、利润最大等。由于最小费用、最大利润准则无法考虑非费用因素的影响,评分最高准则中的评分具有较大的主观性,而效用最大准则能综合考虑费用因素和非费用因素,且基于离散选择模型理论,有坚实的理论基础,因此更加切合实际,故本论文主要对以效用最大为决策准则的托运人货运服务选择行为模型进行研究。

1.2 理论基础

McFadden 在 1973 年发表的《定性选择行为的条件 Logit 模型分析》^[10]一文中提出了托运人货运

服务选择行为模型的经济理论基础——随机效用最大化理论,该理论从微观经济学的理性假定出发,认为效用是一个随机变量,决策者总是选择自己认为效用最大的方案。根据这一理论,如果假设托运人 n 的货物服务备选方案集合为 A_n ,货运服务 i 对托运人 n 的效用为 U_{in} ,货运服务 j 对托运人 n 的效用为 U_{jn} ,则托运人 n 从货物服务备选方案集合 A_n 中选择货运服务 i 的条件为 $U_{in} > U_{jn} (\forall i \neq j \in A_n)$ 。由于效用函数为随机变量,因此可以将其写成 $U_{jn} = V_{jn} + \epsilon_{jn}$,其中 V_{jn} 为可观测的确定项,反映托运人的群体特征,其线性表达式为 $V_{jn} = \sum_{k=1}^K \theta_k x_{jnk}$, x_{jnk} 为托运人 n 的选择枝 i 的第 k 个特性变量值, K 为特性变量的个数, θ_k 为第 k 个特性变量的待定参数; ϵ_{jn} 为不可观测的随机项,反映托运人的个体特征。根据效用最大化理论,托运人 n 选择货运服务 i 的概率 $P_{in} = \text{Prob}(U_{in} > U_{jn}; \forall i \neq j \in A_n)$,通过假设随机项 ϵ_{jn} 的不同分布形式,可以得到不同形式的货运服务选择行为模型。如果假设随机项是独立同分布的且

均服从二重指数分布,就可以得到 Logit 模型,此时

$$P_{in} = e^{V_{in}} / \sum_{j \in A_n} e^{V_{jn}}.$$

由于 Logit 模型结构简单,参数估计方法成熟,因而在托运人货运服务选择行为模型研究中得到广泛应用.但该模型存在 IIA (independence of irrelevant alternatives,选择枝独立不相关)特性和随机偏好限制,难以解决货运服务相关性问题和托运人的随机偏好问题,因此有关学者先后开发出 Nested Logit,HEV(heteroscedastic extreme value,异方差极值模型),Probit,Mixed Logit 等托运人货运服务选择行为模型,在一定程度上推动了托运人货运服务选择行为模型的研究.研究发现,Logit 模型和 Mixed Logit 模型应用最为广泛,主要原因在于,前者简单实用,后者功能强大.除此以外,Nested Logit 模型由于可以有效解决不同货运服务的相关性问题,因而应用也较多,而 Probit 模型和 HEV 模型应用相对较少.

1.3 建模思路

一般情况下,托运人货运服务选择行为建模时首先要根据研究问题性质选择适当的模型种类,并通过定性和定量分析,初步确定效用函数特性变量,然后构建相应的效用函数和选择概率模型,根据模型特点设计适用的调查方法采集数据,最后借助 Limdep/Nlogit,Biogeme 等软件对模型参数进行估计和统计检验,并对结果进行分析.此外,有些问题事先不能确定哪种模型效果更好,因此需要建立几类模型,然后根据模型参数估计、检验结果,从中选择相对较优的模型对问题进行分析.

1.4 数据来源

托运人货运服务选择行为模型的参数标定需要一定数量的非集计数据,既有研究涉及到的非集计数据主要有 RP(revealed preference,行为偏好)调查、SP(stated preference,意向偏好)调查、RP/SP 融合 3 类. RP 数据源于对托运人的实际行为调查,数据可靠性高,但托运人个人偏好、文化水平、专业背景等方面的差异降低了 RP 数据的可靠性.再加上货运非集计数据采集通常会涉及货运价格/费用、客户群体等敏感信息,一般企业不愿提供,因此 RP 数据较难获得. SP 数据源于对托运人的意向行为调查,选择方案集合明确、可操作性强、数据误差可调节^[3],因而在货运数据采集中得到较多应用.但与 RP 数据相比,SP 数据存在可靠性问题,即当假设情况成为现实时,托运人的行为是否和 SP 调查结果相一致的问题.为此,一些研究者考虑采用 RP/SP 融

合调查技术,为托运人货运服务选择行为模型研究提供了较为丰富的数据来源.即便如此,与客运相比,货运非集计数据的样本数量仍然十分有限.分析表明,货运研究 RP/SP 调查较少,RP 调查次之,SP 调查最多,但其样本数远远小于 RP 调查,大部分在 80 个以下,而且多集中在意大利、瑞士等欧洲国家.

2 托运人货运服务选择行为模型研究综述

2.1 货运服务选择影响因素识别

货运服务选择影响因素的识别可以通过调查获得,同时还可通过比较托运人货运服务选择行为模型效用函数特性变量 x_k 的系数 θ_k 的绝对值和 t 检验对应的概率值 p_k (或 t 检验值 t_k) 进行判定,如果 $p_k < 0.05$,则认为特性变量 x_k 对托运人的货运服务选择行为有显著影响,此时 θ_k 的绝对值越大,说明影响程度越高^[11].此外,还可以通过计算选择概率直接弹性 E_{i,x_k} (式 1) 和交叉弹性 $E_{i,x_{jk}}$ (式 2),据此分析货运服务 i 的市场份额 P_i 对自身影响因素 x_k 变化和其他货运服务影响因素 x_{jk} 变化的敏感性,弹性值的绝对值越大,表明 P_i 对影响因素的变化越敏感^[12].根据所识别出的货运服务选择影响因素重要程度,相关政府部门和企业可以有针对性制定改善这些影响因素的对策措施,更好地满足托运人的货运需求^[2].

$$E_{i,x_k} = \frac{\partial P_i}{\partial x_k} \frac{x_k}{P_i} = \frac{\partial \ln P_i}{\partial \ln x_k} = (1 - P_i) \theta_k x_k \quad (1)$$

$$E_{i,x_{jk}} = \frac{\partial P_i}{\partial x_{jk}} \frac{x_{jk}}{P_i} = \frac{\partial \ln P_i}{\partial \ln x_{jk}} = -P_j \theta_k x_{jk}; i \neq j \quad (2)$$

式中: E_{i,x_k} 、 $E_{i,x_{jk}}$ 为货运服务 i 、 j 的直接弹性和交叉弹性; P_i 、 P_j 为货运服务 i 、 j 的选择概率(市场份额); x_k 、 x_{jk} 为货运服务 i 、 j 的第 k 个特性变量; θ_k 为货运服务第 k 个特性变量系数; i 、 j 为货运服务编号.

不同地区托运人货运服务选择影响因素不同. Norojono 和 Young^[13] 的研究表明,运输时间、可靠性和安全性是最重要的影响因素,除此以外,托运人在选择铁路运输服务时会考虑更多的因素,其原因在于印尼爪哇岛的铁路运输服务水平较低,如果降低铁路运费、提高服务频率和相应能力,将会有更多的托运人选择铁路服务. Zotti 和 Danielis^[14] 指出,货损货差影响最大,其次是运输费用和时间. Norojono 和 Young^[15] 指出,层次化信息集成法有利于数据采集和处理,服务质量和灵活性是影响印尼爪哇岛货运服务选择决策的重要因素,影响服务质量的主要

是安全性和可靠性, 灵活性主要取决于响应能力. Tiwari 等^[16-17]利用 Nested Logit 模型分析班轮公司和港口的选择问题, 结果表明, 中国托运人比较保守, 更倾向于选择中国的船公司, 因为他们之间有长久的合作关系, 并且班轮资源丰富. 此外, 与港口的距离, 航线、班轮密度, 港口设施的效率等会显著影响托运人的港口选择行为. Borra 和 Martos^[18]证实, 随着运输总成本的增加, 外包概率增大, 运输时间对于货运服务选择几乎没什么影响. 文献^[19]认为, 运输费用、运输时间和托运频率对货运服务选择有很重要的影响, 对道路运输征收生态税(ecotax)有助于欧洲货运市场结构的平衡, 海运采用新技术可以提高自身竞争力. 对于采用 JIT(just in time, 准时制)模式的公司和工业园区的公司, 他们对运输时间及可靠性最为敏感, 而公司规模和运输距离则基本没有什么影响^[20]. 文献^[12]指出, 运输费用、时间及可靠性是影响货运服务选择的重要因素, 货物批量和价值对货运服务选择也有一定影响. 对土耳其的托运人而言, 可靠性是最重要的影响因素, 其次是运输费用和时间, 但其影响程度要比预期低, 而货损货差对货运服务选择决策的影响不大^[21]. 此外, 长三角地区的托运人到港口的距离是影响程度最大的因素, 该因素对连云港的市场份额影响最大, 对张家港的影响最小; 港口班轮挂靠量是影响港口市场份额的次要因素, 该因素对上海港市场份额影响最大, 对南京、张家港和南通的影响相对较小^[22]. Li 和 Hensher^[23]认为, 托运人货运服务的选择往往受到一系列心理因素的影响, 其中之一就是对风险的态度, 由此建立了包含风险态度参数的模型, 并证实了该模型优于不考虑风险影响的模型, 托运人更倾向于规避风险.

不同类别托运人货运服务选择影响因素不同. Feo 等^[24]认为, 托运人货运服务选择受货物品类影响, 低附加值货物受运输成本影响最大, 高附加值货物则主要受服务质量(比如运输时间)影响; 海运成本降低 1%, 农产品和陶瓷制品的近海运输市场份额将分别提高 0.593% 和 0.407%, 道路运输费用提高 1%, 农产品和陶瓷制品的近海运输市场份额将分别提高 0.962% 和 1.075%; 海运时间减少 1%, 车辆零部件和家用电器的近海运输市场份额将分别提高 1.380% 和 0.874%. Patterson 等^[25]指出, 第三方物流企业对于多式联运的偏见比终端托运人(end shipper)更大, 而且运输费用、可靠性和货损风险对第三方物流企业的影响比对终端托运人的影响要大

得多. Arunotayanun 和 Polak^[26]研究证实, 运输费用、时间、服务质量、灵活性、服务频率和货物价值对不同品类货物托运人的货运服务选择影响程度各不相同, 而且对同一品类货物托运人的影响也存在一定程度的差异.

2.2 货运服务潜在市场份额预测

以 Logit 模型为例, 按照 2.2 建模思路求得各特性变量系数 θ_k (比如运输价格/费用、运输时间、可靠性、服务频率、损失风险等), 当货运服务 i 的特性变量值 x_{ik} 发生变化时, 根据式(3)可以计算货运服务 i 的选择概率 P_i , 据此评估货运服务的竞争力和运输政策的预期效果, 了解新货运服务的潜在需求. Probit, Nested Logit 和 Mixed Logit 模型选择概率的计算可参考文献^[15, 27-29].

$$P_i = \frac{\exp\left(\sum_{k=1}^K \theta_k x_{ik}\right)}{\sum_{j=1}^J \exp\left(\sum_{k=1}^K \theta_k x_{jk}\right)} \quad (3)$$

式中: P_i 为货运服务 i 的选择概率(市场份额); θ_k 为货运服务第 k 个特性变量的系数; x_{jk} , x_{ik} 为货运服务 j , i 的第 k 个特性变量; i, j 为货运服务编号.

按照这种方法, 文献^[30]利用西西里卡车司机 SP 调查数据建立 Nested Logit 模型, 结果显示 GUPTPP(General Urban Public Transport Plan of Palermo, 巴勒莫城市公交总体规划)的实施将缓解港口集疏运交通拥堵问题, 减少 Ro-Ro(roll-on/roll-off, 滚装)运输时间 0.5 h, 从而使西西里到意大利北部的 Ro-Ro 运输市场份额提高 2.86%; 此外, 西西里至腹地快速通道的开通将使 Ro-Ro 运输绕过城市交通, 减少 Ro-Ro 运输时间 1.16 h, 从而使西西里到意大利北部的 Ro-Ro 运输市场份额提高 6.72%. 张戎等^[31]利用运单数据建立了 Logit 模型, 预测 2010 年陕西省进出口集装箱由铁路至上海运输链的市场份额为 32%, 铁路运价下浮 30% 将使陕西省进出口集装箱由铁路至上海运输链的市场份额提高 15% 左右. Patterson 等^[32]根据魁北克市—温莎运输通道托运人 SP 调查数据建立了 Mixed Logit 模型, 据此预测了 8 种情景下公路运输和多式联运的市场份额, 并对其产生的 CO₂ 排放量进行了估算, 当多式联运与公路运输服务水平相当且公路费用提高 20% 时, CO₂ 排放量可减少 0.484 Mt. Samimi 等^[33-34]根据伊利诺州立大学的货流调查数据建立 Logit 模型, 分析油价变动对公路、铁路市场份额的影响, 结果表明油价上升 150%~200%, 大约有 7% 的货物从公路转移到铁路. 张戎等^[35]考虑国际集装箱港口和内陆运

输方式的选择问题,根据义乌市国际集装箱托运人 RP/SP 调查数据,建立了 Nested Logit 模型,预测义乌开通至上海、宁波的铁路集装箱五定班列且运价下浮 10% 的情况下,义乌市的集装箱海铁联运比例将提高到 73.2%。

此外,方琪根等^[36]考虑到安全是最基本的要素,用 $V_i = S_i(\theta_1 t_i + \theta_2 E_i + \theta_3 H_i)$ 表示综合考虑运输方式 i 安全性 S_i 、快速性 t_i 、经济性 E_i 和方便性 H_i 等特性变量的广义费用, $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 为各特性变量的系数,据此建立了“三西”(山西、陕西、内蒙古西部)地区煤炭运输通道运输方式竞争力模型,预测得到新开通货运专线的市场份额为 38.16%,其中由公路转移 19.57%,既有铁路转移 18.59%。

2.3 货运服务质量属性价值估算

这类研究一般通过计算货运服务质量属性与运输费用的替代率,估算货运服务质量属性的货币价值,以了解托运人的支付/接受意愿,评估货运基础设施和政策措施的预期经济效益^[37]。关宏志等^[38]、王孝坤^[39]以 Logit 模型为例,推导出单位运量货物时间价值 v_s 的计算公式为 $v_s = \theta_s / \theta_c$,其中 θ_s, θ_c 分别为运输时间特性变量 x_s 和运输费用特性变量 x_c 的系数。可靠性/准时性、服务频率、货损货差等货币价值计算与此类似,只要把运输时间特性变量换作相应的质量属性变量即可。Nested Logit, Mixed Logit 模型货运服务质量属性价值的估算方法可分别参考文献^[40]和文献^[41-43]。

首先,不同品类和运输距离的货物其货运服务质量属性价值各不相同。Wigan 等^[44]以澳大利亚托运人 SP 调查数据为基础,建立 Logit 模型,得出整车运输中每托盘货物的时间价值分别为 0.66 澳元 $\cdot h^{-1}$ (城际线路,1 000 km 以上)和 1.30 澳元 $\cdot h^{-1}$ (市域线路,100 km 以内),可靠性提高 1 个百分点,托运人的支付意愿分别为 2.56 澳元和 1.25 澳元。关宏志等^[38]使用 1985—1987 年“第 2 回京阪神(京都、大阪、神户)都市圈物资流动调查”数据,建立 Logit 模型估算出京阪神—北海道、京阪神—东京两条运输通道所有货物的时间价值分别为 198 日元 $\cdot (t \cdot h)^{-1}$ 和 531 日元 $\cdot (t \cdot h)^{-1}$,部分货物的时间价值分别为 365 日元 $\cdot (t \cdot h)^{-1}$ 和 617 日元 $\cdot (t \cdot h)^{-1}$,并指出城市间的距离、经济联系和货物品种对货物时间价值都会产生影响。Rudel^[45]对瑞士 35 家批发、食品公司的物流经理进行了 SP 调查,建立 Logit 模型证明货物的时间价值会随着运输距离的增加而减少,对于某运输距离 189 km 的货物而言,

其时间价值为 2.23 瑞士法郎 $\cdot (t \cdot h)^{-1}$,准时性提高 1 个百分点,托运人的支付意愿为 6.65 瑞士法郎 $\cdot t^{-1}$ 。Beuthe 和 Bouffieux^[46]根据比利时 113 家物流企业和货代公司 SP 调查数据建立 Logit 模型测算出 300~700 km 内货物时间价值和可靠性支付意愿最高,分别为 0.009 7 欧元 $\cdot (t \cdot h)^{-1}$ 和 0.020 4 欧元 $\cdot t^{-1}$,超过 1 300 km 货物时间价值和可靠性支付意愿分别为 0.000 9 欧元 $\cdot (t \cdot h)^{-1}$ 和 0.001 8 欧元 $\cdot t^{-1}$;化学药品的时间价值和可靠性支付意愿要比一般金属制品分别高 0.004 0 欧元 $\cdot (t \cdot h)^{-1}$ 和 0.010 8 欧元 $\cdot t^{-1}$ 。Rich 等^[40]研究显示,其国内普通货物的时间价值最高,为 3.18 欧元 $\cdot t^{-1}$,木材、织物、纸、化工品等货物的时间价值最低,为 0.54 欧元 $\cdot t^{-1}$ 。

其次,不同生产模式下货运服务质量属性价值也有差异。根据 Bolis 和 Maggi 的研究^[47-48],传统生产方式下货物的时间价值分别为 1.15 瑞士法郎 $\cdot (t \cdot h)^{-1}$,订货提前期减少 1 h,托运人的支付意愿为 0.37 瑞士法郎 $\cdot t^{-1}$;而采用 JIT 生产模式的货物时间价值则为 2.25 瑞士法郎 $\cdot (t \cdot h)^{-1}$,订货提前期减少 1 h,托运人的支付意愿为 1.75 瑞士法郎 $\cdot t^{-1}$,采用 JIT 模式的货物时间价值和灵活性支付意愿都要高于传统生产模式。

文献^[49-50]认为,传统 Logit 模型假设货运服务价格和服务质量属性对所有托运人的效用相同,这往往会高估货运服务质量属性价值,而在效用函数中引入分段函数后,可使模型估计结果更加切合实际。文献^[51]实证研究表明,在效用函数中引入分段函数后,货物时间价值从 37.4 欧元 $\cdot (t \cdot d)^{-1}$ 降为 10.4 欧元 $\cdot (t \cdot d)^{-1}$,准时性提高 1 个百分点时托运人的支付意愿从 0.5 欧元 $\cdot t^{-1}$ 降为 0.3 欧元 $\cdot t^{-1}$ 。Rotaris 等^[52]通过比较对数变换、幂级数变换、Box-Cox 变换、分段函数、对数变换与分段函数结合等 5 类非线性效用函数形式 Logit 模型参数估计结果,最终得出运费率对数变换和运输时间与准时性分段函数相结合的 Logit 模型效果最好,并据此估算出货物时间价值、可靠性价值。结果显示,运输时间一定时,货物时间价值随着运费率提高而增加;当运费率一定时,运输时间在 18 h 以内时货物时间价值最高,其次为运输时间为超过 96 h 的货物,运输时间为 18~96 h 的货物时间价值最低;当准时性超过 80% 时,准时性每提高 1 个百分点,随着运费率的提高,其可靠性价值从 0.3 欧元 $\cdot t^{-1}$ 增加到 10.0 欧元 $\cdot t^{-1}$ 。

除此以外,还有许多学者开发出 Mixed Logit 模

型分析货运服务质量属性价值的异质性 (Heterogeneity). 结果见表 1. 从表 1 可以看出,不同地区、不同托运人的货物时间价值和可靠性价值差异较大,其中参考点变化也会影响时间价值和可靠性价值^[56].

表 1 货运服务质量属性价值异质性
Tab.1 Heterogeneity in value of freight service quality attributes

文献编号	研究对象	时间(减少 1 h)的价值	可靠性提高 1 个百分点的价值
[29]	美国哥伦比亚粮食及其他散装货托运人	27~71 美分·t ⁻¹	14~26 美分·t ⁻¹
[51]	西班牙 45 家货代	6.39~12.19 欧元·t ⁻¹	平均为 9 欧元·t ⁻¹
[53]	瑞士提契诺州 27 家制造企业	8.31~17.42 瑞士法郎·t ⁻¹	14.45~63.11 瑞士法郎·t ⁻¹
[54]	瑞士提契诺州 27 家制造企业 参考点变化前	6.47~21.00 瑞士法郎·t ⁻¹	18.61~66.40 瑞士法郎·t ⁻¹
	瑞士提契诺州 27 家制造企业 参考点变化后	6.02~22.89 瑞士法郎·t ⁻¹	46.92~66.56 瑞士法郎·t ⁻¹
[55]	西班牙马德里和巴伦西亚 38 家物流企业	17 欧元·t ⁻¹	延误减少 1% 的价值为 3 欧元·t ⁻¹
[56]	澳大利亚 3 条主要运输通道的托运人	23.09~25.03 澳元·t ⁻¹	188.44~213.86 澳元·t ⁻¹

3 结论与展望

自 20 世纪 70 年代以来,随着随机效用理论的发展,托运人货运服务选择行为模型的研究在变量选取、模型开发、数据采集等方面取得了丰硕的成果.然而,货运系统较为复杂,货运服务选择决策主体多样,决策准则也各不相同.不仅如此,他们对各种货运服务的认知及其自身习惯、供应链其他成员要求等也会对其货运服务选择决策产生影响,这在既有研究中考虑较少.尤其是随着第三方物流业的快速发展,货代、物流公司等第三方托运人在货运服务选择中所起的作用愈加突出,但有关第三方托运人的货运服务选择行为研究则较少.因货物种类繁多,不同品类货物自身价值、时间价值和物理化学性质等各不相同,对货运服务的要求也千差万别,因此需要根据货物特征进行分类研究,但货运非集计数据的匮乏一定程度上阻碍了此类研究的发展.其原因主要在于,被调查对象常常担心泄露商业秘密而不愿接受调查,即便同意接受调查,他们也只熟悉自己经常使用的货运服务信息,而对其他可选货运服务的价格和服务水平则知之甚少.此外,既有研究大多是关于货运方式的选择问题,也有部分研究港口和运输方式的选择问题、港口和远洋承运人的选择问题,但对包含远洋承运人、港口、内陆运输方式的联合选择问题在既有研究中却鲜有提及.

综上所述,未来托运人货运服务选择行为模型需在以下方面进一步研究:①综合考虑货运服务、货物、托运人等特征对托运人货运服务选择决策的影响,科学地进行货运方式选择和货运需求分析,最终达到节约企业成本,提升企业竞争力,降低社会物流成本的目的.②利用电话、Email、访谈、问卷、网络调查等多种手段,以获取更丰富、更可靠的 RP/SP 数

据,为建模研究奠定坚实基础.③更多地研究货代、物流企业等第三方托运人的货运服务选择行为,以判别第三方托运人与终端托运人在货运服务选择行为方面的差异,进而为承运人细分市场、设计差别化产品提供理论依据.④对于国际货物而言,研究终端托运人和第三方托运人的内陆段运输方式、港口、海运承运人联合选择行为,可知悉第三方托运人与终端托运人的交互影响情况,并可实现对托运人内陆段运输方式、港口、海运承运人所构成的运输链的系统分析,使研究成果更加切合实际情况.⑤比较研究效用函数结构和随机参数分布形式对模型结果的影响,以探究哪一种效用函数结构和随机参数分布形式所建立的模型拟合度最好,进而以该种效用函数结构和随机参数分布形式建立的模型分析托运人的货运服务选择行为,将会更好地描述托运人的行为特征,从而为货运设施和政策措施的预期效果评估提供定量化分析工具.

参考文献:

[1] Regan A, Garrido R. Modeling freight demand and shipper behavior: state of the art, future directions [R]. Irvine: University of California, Irvine, 2002.

[2] Winston C. The demand for freight transportation: models and applications [J]. Transport Research, 1983, 17(6): 419.

[3] 关宏志. 非集计模型—交通行为分析工具[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.

GUAN Hongzhi. Disaggregate model—a tool for travel behavior analysis [M]. Beijing: China Communications Press, 2004.

[4] Zlatoper T, Austrian Z. Freight transportation demand: a survey of recent econometric studies [J]. Transportation, 1989, 16(1): 27.

[5] 关宏志, 陈艳艳. 地区间货物运输量预测方法谱系 [J]. 土木工程学报, 2003, 36(7): 47.

GUAN Hangzhi, CHEN Yanyan. A pedigree of research for intercity freight transportation demand [J]. China Civil

- Engineering Journal, 2003, 36(7): 47.
- [6] Clark C, Naughton H, Proulx B, et al. A survey of the freight transportation demand literature and a comparison of elasticity estimates [R]. Eugene: University of Oregon, 2005.
- [7] Cunningham W H J. Freight modal choice and competition in transportation: a critique and categorization of analysis techniques [J]. Transportation Journal, 1982, 21(4): 66.
- [8] McGinnis M A. A comparative evaluation of freight transportation choice models [J]. Transportation Journal, 1989, 29(2): 36.
- [9] Craig T. A behavioral model of modal selection [J]. Transportation Journal, 1973, 12(3): 24.
- [10] McFadden D. Conditional logit analysis of qualitative choice behavior [M]. New York: Academic Press, 1973.
- [11] Patterson Z, Ewing G, Haider M. Mode and carrier choice in the Quebec City-Windsor Corridor: a random parameters approach [R]. Lausanne: Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, 2007.
- [12] Zhao X, Yang Z, Yang Z Z, et al. Study on the choice of transportation mode for regional logistics [C] // Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. Tokyo: Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2005, 5: 16.
- [13] Norojono O, Young W. A stated preference freight mode choice model [J]. Transportation Planning and Technology, 2003, 26(2): 195.
- [14] Zotti J, Danielis R. Freight transport demand in the mechanics' sector of Friuli Venezia Giulia: the choice between intermodal and road transport [J]. Trasporti Europei, 2004(25/26): 9.
- [15] Norojono O, Young W. Freight mode choice behavior: a lesson from a small size analysis [J]. Gadjah Mada International Journal of Business, 2000, 2(1): 53.
- [16] Tiwari P, Itoh H, Doi M. Containerized cargo shipper's behavior in China: a discrete choice analysis [J]. Journal of Transportation and Statistics, 2003, 6(1): 71.
- [17] Tiwari P, Itoh H, Doi M. Shippers' port and carrier selection behaviour in China: a discrete choice analysis [J]. Maritime Economics and Logistics, 2003, 5(1): 23.
- [18] Borra C, Palma L. Analyzing the determinants of freight shippers' behavior: own account versus purchased transport in Andalusia [R]. Vienna: Centro de Estudios Andaluces, 2004.
- [19] Massiani J, Danielis M, Marcucci E. Analyzing heterogeneity in shipper's preferences for freight transport services [R]. Venezia: Università Ca' Foscari Venezia, 2004.
- [20] Garcia L, Martinez I, Pinero D. Determinants of mode choice between road and shipping for freight transport: evidence for four Spanish exporting sectors [J]. Journal of Transport Economics and Policy, 2004, 38(3): 447.
- [21] Kofteci S, Ergun M, Ay H. Modeling freight transportation preferences: conjoint analysis for Turkish region [J]. Scientific Research and Essays, 2010, 5(15): 2016.
- [22] 俞章明, 汪传旭. 基于MNL模型的托运人港口选择分析 [J]. 中国水运, 2007, 7(11): 44.
- YU Zhangming, WANG Chuanxu. Shippers' port selection based on MNL [J]. China Water Transport, 2007, 7(11): 44.
- [23] Li Z, Hensher D. Accommodating risk attitudes in freight transport behaviour research [J]. Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal, 2012, 32(2): 221.
- [24] Feo M, García L, Martínez I, et al. Determinants of modal choice for freight transport: consequences for the development of short-sea shipping between Spain and Europe [R]. Valencia: Instituto de Economía Internacional, Universidad de Valencia, 2003.
- [25] Patterson Z, Ewing G, Haider M. How different is carrier choice for third party logistics companies? [J]. Transportation Research Part E, 2010, 46(5): 764.
- [26] Arunotayanun K, Polak J. Taste heterogeneity in freight shippers' mode choice behavior [J]. Transportation Research Part E, 2011, 47(2): 138.
- [27] Catalani M. Transport competition on multimodal corridors by probabilistic elasticity [M] // Bridging strategic and microscopic ITS modelling: a case study for access control of a new stadium. London: Association for European Transport, 2003.
- [28] Danielis R, Marcucci E, Rotaris L. Logistics managers' stated preferences for freight service attributes [J]. Transportation Research Part E, 2005, 41(3): 201.
- [29] Train K, Wilson W. Estimation on stated-preference experiments constructed from revealed-preference choices [J]. Transportation Research Part B, 2008, 42(3): 191.
- [30] Migliore M, Catalano M, Maiorana G, et al. A freight transport demand model to evaluate policy actions for short sea shipping in Sicily [J]. Journal of Maritime Research, 2007, 4(3): 37.
- [31] 张戎, 闫攀宇. 基于腹地集装箱生成量分配的海铁联运运量预测方法研究 [J]. 铁道学报, 2007, 29(2): 14.
- Zhang R, Yan P Y. Rail-sea intermodal transportation volume forecast method based on assignment of hinterland container production [J]. Journal of the China Railway Society, 2007, 29(2): 14.
- [32] Patterson Z, Ewing G, Haider M. The potential for premium-intermodal services to reduce freight CO₂ emissions in the Quebec City-Windsor Corridor: a stated preference application [J]. Transportation Research Part D, 2008, 13(1): 1.
- [33] Samimi A, Mohammadian A, Kawamura K. How truck and rail compete in commodity movement in the U. S. [EB/OL]. [2010-05-12]. http://itm2010.fulton.asu.edu/ocs/custom/allpapers/81_paper.pdf.
- [34] Samimi A, Kawamura K, Mohammadian A. A behavioral analysis of freight mode choice decisions [J]. Transportation Planning and Technology, 2011, 34(8): 857.
- [35] 张戎, 郭玉静, 闫哲彬, 等. 基于Nested Logit模型的国际集装箱运输链选择行为研究 [J]. 铁道学报, 2011, 33(7): 8.
- Zhang R, Guo Y J, Yan Z B, et al. Study on international container transportation chain choice behavior based on Nested Logit [J]. Journal of the China Railway Society, 2011, 33(7): 8.
- [36] 方琪根, 刘明君, 钱堃. 货物运输通道方式竞争力评估方法 [J]. 铁道科学与工程学报, 2010, 7(3): 114.
- FANG Qigen, LIU Mingjun, QIAN Kun. Competitiveness model of freight corridor [J]. Journal of Railway Science and Engineering, 2010, 7(3): 114.
- [37] Shinghal N, Fowkes T. Freight mode choice and adaptive stated preferences [J]. Transportation Research Part E, 2002, 38(5): 367.
- [38] 关宏志, 西井和夫. 货物的时间价值的评估方法及应用研究 [J]. 公路交通科技, 2000, 17(15): 107.

- Guan H Z, Kazuo N. Study on estimation of the time value in freight transport [J]. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 2000, 17(15): 107.
- [39] 王孝坤. 货物运输时间价值计算方法研究 [J]. *交通标准化*, 2008(11): 138.
- WANG Xiaokun. Methods of time value determination for freight transport [J]. *Communications Standardization*, 2008, (11): 138.
- [40] Rich J, Holmblad P, Hansen C. Freight choice model for mode and crossing; a forecast model for the Øresund region [EB/OL] // *Proceedings of European Transport Conference 2008*. London: Association for European Transport, 2008.
- [41] Lanz B, Provins A, Bateman I, et al. Investigating willingness to pay-willingness to accept asymmetry in choice experiments [R]. Zurich: ETH Zürich, 2009.
- [42] Masiero L, Maggi R. Accounting for WTP/WTa discrepancy in discrete choice models; discussion of policy implications based on two freight transport stated choice experiments [R]. Lugano: University of Lugano, 2010.
- [43] Massiani J. Explaining, modelling and measuring the heterogeneity in shippers' value of time [R]. Munich: University Library of Munich, 2008.
- [44] Wigan M, Rockliffe N, Thoresen T, et al. Valuing long-haul and metropolitan freight travel time and reliability [J]. *Journal of Transportation and Statistics*, 2000, 3(3): 83.
- [45] Rudel R. Evaluation of quality attributes in the freight transport market. Stated preference experiments in Switzerland [J]. *Trasporti Europei*, 2004(25/26): 52.
- [46] Beuthe M, Bouffieux C. Analysing qualitative attributes of freight transport from stated orders of preference experiment [J]. *Journal of Transport Economics and Policy*, 2008, 42(1): 105.
- [47] Bolis S, Maggi R. Evidence on shippers' transport and logistics choice [EB/OL]. [2001-03-03] <http://www.strc.ch/conferences/2001/bolis.pdf>.
- [48] Bolis S, Maggi R. Logistics strategy and transport service choices-an adaptive stated preference experiment [J]. *Growth and change—a journal of urban and regional policy*, 2003, 34(4): 490.
- [49] Marcucci E, Scaccia L. Mode choice models with attribute cut-offs analysis; the case of freight transport in the Marche region [J]. *Trasporti Europei*, 2004(25/26): 21.
- [50] Danielis R, Marcucci E. Attribute cut-offs in freight service selection [J]. *Transportation Research Part E*, 2007, 43(5): 506.
- [51] Feo M, Espino R, Garcia L. An stated preference analysis of Spanish freight forwarders modal choice on the south-west Europe motorway of the sea [J]. *Transport Policy*, 2010(5): 1.
- [52] Rotaris L, Danielis R, Sarman I, et al. Testing for nonlinearity in the choice of a freight transport service [J]. *Trasporti Europei*, 2012(50): 1.
- [53] Masiero L, Hensher D. Analyzing loss aversion and diminishing sensitivity in a freight transport stated choice experiment [J]. *Transportation Research Part A*, 2010, 44(5): 349.
- [54] Masiero L, Hensher D. Shift of reference point and implications on behavioral reaction to gains and losses [R]. Lugano: University of Lugano, 2010.
- [55] Feo M, García L, Sáez L, et al. The importance of the inland leg of containerised maritime shipments; an analysis of modal choice determinants in Spain [J]. *Transportation Research Part E*, 2011, 47(4): 446.
- [56] Brooks M, Puckett S, Hensher D, et al. Understanding mode choice decisions; a study of Australian freight shippers [R]. Sydney: The University of Sydney, 2011.

(上接第 1297 页)

- [6] 刘忠玉, 刘忠广, 马崇武. 考虑起始水力梯度时饱和黏土的一维固结[J]. *郑州大学学报: 工学版*, 2006, 27(3): 21.
- LIU Zhongyu, LIU Zhongguang, MA Chongwu. One-dimensional consolidation of saturated clays considering initial hydraulic gradient [J]. *Journal of Zhengzhou University: Engineering Science*, 2006, 27(3): 21.
- [7] 刘忠玉, 孙丽云, 乐金朝, 等. 基于非 Darcy 渗流的饱和黏土一维固结理论[J]. *岩石力学与工程学报*, 2009, 28(5): 973.
- LIU Zhongyu, SUN Liyun, YUE Jinchao, et al. One-dimensional consolidation theory of saturated clay based on non-Darcy flow [J]. *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, 2009, 28(5): 973.
- [8] 周琦, 邓志勇, 王友元, 等. 起始水力梯度对真空预压砂井地基固结过程的影响[J]. *土木建筑与环境工程*, 2010, 32(2): 46.
- ZHOU Qi, DENG Zhiyong, WANG Youyuan, et al. Effect of initial hydraulic gradient on consolidation of sand—drained ground improved by vacuum preloading [J]. *Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering*, 2010, 32(2): 46.
- [9] 卢萌盟, 谢康和, 王坤. 考虑桩体内径向渗流的复合地基固结解[J]. *固体力学学报*, 2009, 30(2): 155.
- LU Mengmeng, XIE Kanghe, WANG Kun. Analytical solutions for the consolidation of a compound foundation with consideration on the radial flow within the column [J]. *Chinese Journal of Solid Mechanics*, 2009, 30(2): 155.
- [10] 中交天津港湾工程研究院有限公司. JTS 147-1—2010 港口工程地基规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2010.
- CCCC Tianjin Port Engineering Institute, Co. Ltd. JTS 147-1—2010 Standard of foundations in port engineering [S]. Beijing: China Communications Press, 2010.
- [11] Hansbo S. Consolidation equation valid for Darcy and non-Darcy flow [J]. *Geotechnique*, 2001, 51(1): 51.
- [12] Hansbo S. Aspects of vertical drain design; Darcy and non-Darcy flow [J]. *Geotechnique*, 1997, 5(47): 983.