

基于多智能体的货物运输调度模型

戴剑勇,席钉姿^①
(南华大学 经济管理学院,湖南 衡阳 421001)

[摘 要] 应用 MATSim(Multi-Agent Transport Simulation,多智能体运输仿真)技术,研究微观仿真和基于智能体的方法在交通政策分析中的应用。将货物运输车辆整合到 MATSim 运输仿真软件,建立了一个基于 Multi-Agent 的货物运输调度模型。其中,将物流决策 Agent 分成运输服务提供商 Agent 和承运商 Agent 两类。这种货物运输调度模型,通过多智能体运输仿真迭代运行,得到了将货物从起始地运往目的地的最佳物流决策及行驶路线。应用案例分析,虚构一个货运运营商,为客户提供运输服务,验证了货物运输可以在不同的运输条件和政策措施下进行仿真。

[关键词] 商业运输模型; 物流决策; 多智能体技术; 运输服务提供商; 多智能体运输仿真
[中图分类号] F244 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-0755(2013)06-0057-05

物流管理商业运输是商品流通领域的一个重要环节,是整个货流体系的一个重要分支。目前,国外的研究相对要比较成熟,而国内对这方面的研究较少。

人们普遍认识到微观仿真和基于智能体的方法可以成功地应用在交通政策分析中。本文将微观货运模型分成两类:基于商品流的模型和基于路径的模型。基于商品流的模型主要用于区域间的商业运输。Roorda 等人(2010)提出了基于智能体物流服务建模的概念框架,描述了多种智能体及其行为和货运系统中重要的工具^[1]。Johan Holmgren 等人(2012)提出了基于 Multi-Agent 的运输链仿真模型,用来分析与运输相关的政策和基础设施对运输链产生的影响^[2]。基于路径的模型则适用于大城市的商业运输,其重点在于完成空间上的复杂运输路线规划。Hunt and Stefan(2007)建立了基于运输路线的城市商业活动的微观模型,模拟了个体车辆的移动^[3]。

Tamagawa 等人(2010)在城市商业运输模拟中选择了一种比较新颖的方法。他们建立商业微模型作为多智能体系统,对每个智能体的行为进行明确定义,并模拟了若干个智能体的行为,比如货物承运商、托运商等。该模型可以阐述物流政策对托运商的影响^[4]。Joubert and Axhausen(2010)开发了一

个基于行为的商业运输模型,应用多智能体仿真工具箱 MATSim 模拟在南非豪登省的私家车和商用车辆的大规模商业活动链^[5]。

然而,目前大多数货运模型的研究都忽略了最重要的物流决策,比如装运尺寸、频率、仓库选址和车辆路径等。对商业运输的研究仍然缺乏评估政策措施有效性的政策敏感模型。本文试图采用集成多智能体的物流和商业运输模型来填补政策敏感模型的缺口,将运输服务提供商(Transport Service Provider,TSP)作为基于商品流的模型和基于路径的模型之间的接口,并引入成熟的仿真工具 MATSim(Multi-Agent Transport Simulation,多智能体运输仿真)来模拟货运智能体的运行。

一 货物商业运输模型多智能体的构建

运输服务提供商(TSP)负责将货物从发货人运送到收货人手中。为了降低复杂性并考虑到 TSP 中的不同角色,本文将 TSP 分成两个独立的智能体:运输服务提供商 Agent 和承运商 Agent。对每个 Agent 确定其最相关的决策类型。同时,Agent 的计划又是基于知识(运输系统的知识)、功能(智能体的静态个体属性)和合同(定义与其他 Agent 之间的业务关系)来进行定义的。

[收稿日期] 2013-09-04
[基金项目] 国家自然科学基金项目“基于 multi-agent 技术的地下铀矿山安全系统动态机制设计与群体智能优化控制研究”资助(编号:51174116);湖南省自然科学基金项目“地下铀矿山多智能体安全系统动态机制设计与智能优化控制研究”资助(编号:10JJ2041)
[作者简介] 戴剑勇(1969-),男,湖南娄底人,南华大学经济管理学院副教授。
^①南华大学经济管理学院硕士研究生。

(一) 运输服务提供商 Agent(TSP Agent)

TSP Agent 的合同是运输服务提供商与托运人之间达成的协议。这份协议决定了被运送商品的类型和数量以及他们的起止地址。同时,托运人必须为这种服务支付一定的费用。TSP Agent 为每一个运送的货物创建运输链并选择一个承运商来具体操作每个环节。

运输链是物流活动按照一定的顺序将货物从一个地方移动到另一个地方过程中的各个环节,承运商只是将货物从发货人运送到收货人。在基础模型中,TSP Agent 仅对物流活动中的两个环节进行安排:提取和交付活动。最简单的运输链是直接将货物从发货人运送到收货人。当 TSP 需要进行一次或一次以上中转活动时,运输链就变得复杂了。转运活动就是在同一个地方由提取变成交付的过程。

每个节点都是一次基本的转运活动。对于每次转运,不同承运商之间的运输服务必须达成一定的协议。例如,第一个和最后一个环节,必须选择一个当地的道路承运商。然而,对于中间的节点,则可以由跨境的铁路运输公司来承担主要的工作。这样的运输链则称为综合运输链。

(二) 承运商 Agent

承运商 Agent 同样拥有合同,跟 TSP Agent 的合同一样,是用来决定被运输货物的类型和数量。一份承运合同应包括各自的起始地和目的地,还包括提取和交付的时间。这份合同详细地描述了业务之间的关系。承运商从 TSP Agent 那里获得合同。TSP 根据运输的起始地、目的地和货物尺寸与承运商商量,最终确定付给承运商的运输费用。由于承运商是运输过程中的操作者,所以它的功能包括仓库的地址和车辆保有辆的信息。

与承运商最相关的决策是:(1) 方式选择(包括不同类型车辆的选择);(2) 车辆路径和调度。

承运商 Agent 需要有一套完备的车辆组。每辆车都配有相应的路线安排。整个安排包括计划中的提取、交付或到达客户的时间以及实体路网中的实际路线。模型中所有的车辆调度均起止于仓库。

在 MATSim 实体层中,仿真的基本单元是一辆车和相应的驾驶员。因此,在货运承运商和 MATSim 移动仿真之间的接口处,承运商的一系列车辆路线安排都被作为独立的货运驾驶员 Agent 引入到交通需求中。

二 仿真

仿真运行可以分解成下列几个步骤:(1) 初始

化。(2) 构建每个智能体的初始计划。(3) 执行仿真。(4) 评估。(5) 修改 Agent 计划。反复进行(3)到(5),直到得到满意的结果。

第一步,初始化模型环境。也就是创建道路网络和确定运输服务提供商的数量以及他们转运中心的位置,承运商的仓库位置和车辆总数。

第二步,为每个智能体设定初始计划。运输服务提供商依据装运合同构建合适的运输链。运输链的每个环节都通过合同的方式交付给承运商来执行。接下来,承运商就要为每辆车分配任务,包括通过从运输路网上获得的完整运输路线,以及与运输合同一致的提取和交付活动。运输服务提供商和承运商可以结合物流决策和自身的能力条件设定运输系统的初始信息。然后将这些初始化的货运计划添加到 MATSim 仿真中,将他们当作车辆 Agent 在交通系统中运行。

第三步,所有的智能体同时执行他们的计划,并受到物理网络的约束。在执行计划时,Agent 将他们相关的运载活动反馈给承运商。

第四步,Agent 评估计划是否成功。在 MATSim 中,货运交通智能体使用定制的效用函数来评价他们的经济效益。承运商依靠车辆运输的距离所产生的成本的总和来计算所花的费用,这些成本包括调度车辆所产生的费用以及一些固定成本。运输服务提供商根据他们付给承运商的费用以及由于错过时间窗而引起的机会成本的总和来计算费用。

第五步,在下一迭代开始时,Agents 通过修改现有的计划,试图改善每个 Agent 的表现。例如,一个随时间变化的启发式车辆路径方法可以插入到重新规划的车辆调度中。承运商可以只选择重新安排驾驶员的行车路径,或者转换车辆之间的货物。这也是承运商改善他们费用表的一种有效方法。然而,承运商使用其更新的定价方案后,运输服务提供商会获得新的优惠,那么它可以重新对运输链布局,也可以重新选择价格更优惠的承运商。一个重要的问题是承运商如何将他们合同中的变化重新引入到他们的计划中。如果他们使用的方案中车辆调度是在车辆总数的限制下计算出来的,那这并不能成为一个关键的问题。但如果引入遗传算法^[6-10],在之前的计划中进行微小的改动从而生成的新计划的话,那么就必须提供新的适应于新计划的方法。

三 案例分析

使用案例研究将多智能体模型集成到 MATSim 中。案例是一个简单的带有一个尖峰的 8×8 的棋

盘式的模型。这个棋盘代表一个城市区域。它是一个无向图,所有的节点和连线都是平等的。每根线有 0.8 公里长,每小时能容纳 800 辆车,车辆设计速度为 40km/h。尖峰代表从城市到边远工业区之间的连接。距离为 64 公里,车辆设计速度为 80 km/h。

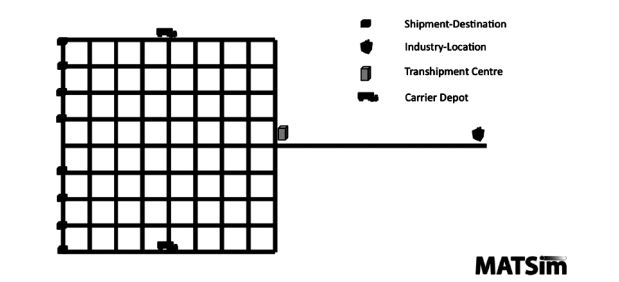


图 1 模拟场景

(一)货运 Agents 模拟

1、运输服务提供商 Agent

本文只选择一个运输服务提供商作为研究对象。它有 8 种签约货物,每种货物有五个单位。所有货物的起始地都是最右边尖峰的工厂位置。目的地均匀分布在左边垂直轴的城市地区(如图 1)。TSP Agent 的物流网络由一个转运中心组成,这个转运中心位于离开城市与工厂相连接的交界处。TSP Agent 并不需要使用物流设施。对现在来说,它仅仅只是一种功能。此外,TSP Agent 知道所有的承运商,从而可以向他们请求服务。

TSP Agent 的行为包括运输链的选择和承运商的选择。对于运输链的选择,它可以直接将货物从工厂运到目的地,也可以使用物流设施将货物运送到目的地。不管用哪种方法,运输服务提供商都要从所有合适的承运商那里获得运输的报价。能够给出最合适的运输价格的承运商最终才可以得到此运输合同。在仿真过程中,TSP Agent 对每种可供选择的运输链进行评估。

2、承运商 Agent

本文模拟了四个承运商。其中有两个位于棋盘北部的正中间,剩下两个位于棋盘南部的正中间。每个承运商配有一辆车(如表 1)。车辆类型有三种:重型车(40 单位),中型车(20 单位)和轻便车(10 单位)。

承运商的行为规则包括路线规划行为以及定价策略行为。路线规划使用典型的启发式规划来模拟,由路线构建和路线改进算法构成。路线构建使用著名的 Clarke-Wright 节约算法^[8,11-12]。改进算法

则使用特定多变的 2-opt 算法^[10,13]。定价行为纯粹是成本导向的,即承运商假定他们是无法影响市场价格的。

表 1 承运商		
承运商	地址	车辆类型
承运商 1	北部	轻便车
承运商 2	南部	轻便车
承运商 3	北部	中型车
承运商 4	南部	重型车

评分过程中,承运商用每个已完成的货物的成本来更新个人费用表。每种货物的成本的计算方法是根据行驶距离和容积使用情况将每条路线的成本按一定的比例分配到这条路线上的所有货物中去。

表 2 中列出了仿真中的输入数据。为简便起见,假设运输距离是最主要的成本因素(见表 2)。每个模型都迭代运行了 50 次。由于价格是随机设定的,所以我们使用了 10 组不同的种子值进行模拟运行。

表 2 输入数据	
费用类型	价格(元)
每公里	10
每次转运	50
通行费	100

(二)情景分析

情景 1:由于承运商有很多琐碎的路线规划的事情,因此他们每次只装一种货物。

情景 2:使用节约算法进行路线规划。

情景 3:使用节约算法进行路线规划,同时禁止重型车在市区运行。

情景 4:使用节约算法进行路线规划,重型车禁止在市区运行,中型车需缴纳城市通行费。

(三)仿真结果

表 3 中列出了仿真结果中每种情景的最好和第二好的解决方案。对每个承运商,总的行驶里程是给定的,并且还给出了每种解决方案是否使用物流中心(LC)。

情景 1 中的行驶里程大约 1200km。如上所述,承运商每次只装一种货物。这无疑是很不现实的方案,但将它作为一种高成本的方案,其他所有的方案都可以通过与它比较来进行评估。

表 3 承运商的行程里程(单位:公里)

	承运商 1	承运商 2	承运商 3	承运商 4	合计	使用 LC
情景 1	147.36	0	293.12	722.40	1162.88	否
	293.12	147.36	147.36	576.64	1164.48	否
情景 2	0	0	0	164.96	164.96	否
	0	0	0	164.96	164.96	否
情景 3	0	0	49.6	144.16	193.76	是
	0	0	49.6	144.16	193.76	是
情景 4	43.2	0	28.8	144.16	216.16	是
	57.6	22.4	0	144.16	224.16	是

情景 2,为每个承运商配备一个更智能的路线规划行为。根据行驶里程的最佳解决方案是承运商 4 负责运载所有的货物。然后,承运商 4 使用他的大容量的货车从工厂位置取货并运送到所有货物的目的地。承运商 4 的总行驶里程是 165 公里。此结果是到目前为止最有效的解决方案,因此,也是成本较低的方案。

情景 3,假设重型车辆无法在城市中通行。那么,在这里就意味着承运商 4 不能在城市内运输货物,因此,在案例 2 中有效的循环取货配送在这里是不可行的。为了简便起见,仍然允许承运商 4 在城市外的区域运行。最佳解决方案是在城市入口使用物流中心。TSP Agent 把主要的路段(从工厂到物流中心)分配给承运商 4,承运商 4 就可以充分利用其在长距离上运输的综合优势。从物流中心开始,就由承运商 3 来接管所有的货物。然后,承运商 3 可以组织一个从物流中心到货物目的地的循环取货送货活动。因此,使用转动中心而形成的拥有两个环节的运输链是对 TSP 智能体来说最有利的解决方案。

情景 4,我们对中型车辆收取城市通行费。通行费总共是每天 100 元,车辆只要进入城市区域就必须缴纳通行费。可以看出,车辆的总公里数增加了 12%,承运合同由承运商 3 转到那些拥有轻便车的承运商。

四 结论

本文通过把单个的货运车辆整合到 MATSim 运输仿真中,构建了一个基于多智能体的货物运输集成模型。应用 MATSim 多智能体仿真对案例进行分析,得到了将货物从起始地运往目的地的最佳物流决策及行驶路线。验证了货物运输可以在不同的运输条件和政策措施下进行仿真。研究表明,多层次

的结构框架可以在现存的运输链构建或车辆调度的这种专业化的模型中起到桥梁的作用。

[参考文献]

[1] Roorda M J, Cavalcante R, McCabe S, Kwan H. A conceptual framework for agent-based modelling of logistics services [J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2010, 46(1):18-31.

[2] Holmgren J, Davidsson P, Persson J A, Ramstedt L. TAPAS: A multi-agent-based model for simulation of transport chains [J]. Simulation Modelling Practice and Theory,2012(23):1-18.

[3] Hunt J D, Stefan K J. Tour-based microsimulation of urban commercial movements [J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2007,41(9):981-1013.

[4] Tamagawa D, Taniguchi E, Yamada T. Evaluating city logistics measures using a multi-agent model [J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences,2010,2(3):6002-6012.

[5] Joubert J W, Fourie P J, Axhausen K W. Large-scale agent-based combined traffic simulation of private cars and commercial vehicles [J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2010 (2168):24-32.

[6] 姜昌华,戴树贵,胡幼华. 求解车辆路径问题的混合遗传算法 [J]. 计算机集成制造系统,2007,13(10):2047-2052.

[7] 彭春林,梁春华,周泓. 求解同时取货和送货车辆路径问题的改进遗传算法 [J]. 系统仿真学报,2008,20(9):2266-2270.

[8] 廖良才,王栋,周峰. 基于混合遗传算法的物流配送车辆调度优化问题求解方法 [J]. 系统工程,2008,26(8):27-31.

[9] 蔡增玉,谭前进,甘勇,刘书如. 基于无交叉遗传算法的物流车辆路径问题研究 [J]. 物流技术,2012,31(9):276-278.

[10] 王磊,牛晓云. 基于遗传算法的动态 TSP 问题求解

[J]. 信息通信,2013(1):35-35.

[11] 郑英,孟志青. 基于节约算法的烟草物流配送线路优化[J]. 中国管理信息化,2010, 13(23):41-43.

[12] 张建同,冯子炎. 求解车辆路径问题的改进 CW 节约算法[J]//马卫民,高岳林,彭锦,哈明虎,霍佳震. 第十届中国不确定系统年会、第十四届中国青年信息与管理学者大会论文集,2012:75-83.

[13] 张景玲,赵燕伟,王海燕,介婧,王万良. 多车型动态需求车辆路径问题建模及优化[J]. 计算机集成制造系统,2010,16(3):543-550.

[14] Jong G D, Akiva M B. A micro-simulation model of shipment size and transport chain choice [J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2007, 41(9): 950-965.

[15] Woxenius J. Directness as a key performance indicator for freight transport chains [J]. Research in Transportation Economics, 2012, 36(1):63-72.

Logistics Transportation Scheduling Model Based on Multi-Agent Technology

DAI Jian-yong, XI Liao-zi
(University of South China , Hengyang 421001 , China)

Abstract: This paper studied that micro-simulation and agent-based approaches can successfully be applied in transport policy analysis. Freight vehicles was integrated into the MATSim traffic simulation to create a multi-agent freight transport model in which logistics decisions were separated into two different roles: transport service providers and carriers. Through multi-agent transport simulation iterations, we found the best logistics decisions and vehicles route from origination to destination for freight. As proof of concept, we set up a scenario with a fictitious freight operator serving a set of customers. We demonstrate that freight traffic can be simulated under different traffic conditions and policy measures.

Key words: commercial transport mode; logistics decisions; multi-agent; transport service providers; MATSim



贸易成本变化促进城镇出现

安虎森、吴浩波在《中国地质大学学报》2013 年第 4 期撰文认为,在规模收益递增的条件下,贸易成本的变化能够促进城镇的出现。因为现实的空间是一种“块状”结构,不同块状体之间在对外作用力强度方面常存很大差异,即非均衡力。这些非均衡力就是分别与“市场接近效应”、“生活成本效应”以及“市场拥挤效应”相对应的三种力量。市场接近效应必然产生激励企业向市场规模较大区域集中的力量,是一种聚集力。生产成本效应也是一种吸引劳动力和企业向聚集区转移的聚集力。在这两种效应所产生的聚集力作用下,如果驱动劳动力和资本等可流动要素的转移过程,则这一过程可以自我强化。当然也存在抑制聚集的分散力,即市场拥挤效应。这三种效应的强度是由一系列聚集参数决定的,其中最重要的是贸易成本,随着贸易成本的下降,三种效应的强度均会下降,然而分散力比聚集力下降得要快一些,所以存在贸易成本的某种临界值,当贸易成本高于临界值时,分散力大于聚集力,经济活动空间分布呈现出分散趋势,不会出现企业和人口的聚集现象;当贸易成本低于该临界值时,聚集力大于分散力,经济活动空间分布呈现出聚集趋势,将出现企业和人口的聚集现象,直至城镇—乡村核心—边缘结构的形成,带来城乡结构的差异。