

文章编号:1671-8879(2018)05-0182-07

# 基于承运人横向合作的运输企业联盟绩效

李华强<sup>1</sup>, 刘浩学<sup>1</sup>, 刘 丹<sup>2</sup>

(1. 长安大学 汽车学院, 陕西 西安 710064; 2. 长安大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710064)

**摘 要:**为提高资源利用率,降低运输企业运营成本,实现集约化运输,分析了运输企业横向联盟绩效问题。基于周期性车辆路径问题(PVRP),提出联盟绩效评估模型,通过联盟利润  $P$  和联盟利润占独立运营成本的百分比  $S$  来描述。在改进迭代局部算法(ILS)的基础上,通过实例分析运输企业的不同伙伴特征(订单数量、平均订单规模、最多延迟天数)对联盟绩效的影响,研究拓展了原有仅考虑相似特征企业的联盟问题,设计了不同企业特征联盟的 3 种试验情景:考虑主效应的回归模型、考虑主效应和交互作用的回归模型、不同伙伴具有相同特征的交互作用。研究表明:运输企业通过组建联盟、横向合作,可以获得更大的利润。利润大小取决于形成联盟的合作伙伴交付的订单数量,订单的平均规模,以及允许延期的最长天数。其中,平均订单规模是联盟利润中最具影响力的特征,最有成效的联盟是由具有平均订单规模互补的企业组成,企业的订单数量也对联盟利润产生了很大的影响。该研究评估了不同特征的企业横向联盟的绩效问题,为运输企业寻找潜在的合作伙伴提供了建议。

**关键词:**交通工程;运输经济;横向合作;运输企业联盟;成本分配;周期性车辆路径问题

**中图分类号:**U491 **文献标志码:**A

## Performance evaluation of transport enterprise based on carrier's horizontal alliance

LI Hua-qiang<sup>1</sup>, LIU Hao-xue<sup>1</sup>, LIU Dan<sup>2</sup>

(1. School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China;

2. School of Economics and Management, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

**Abstract:** In order to improve the utilization of resources, reduce their operational costs of transport enterprises and realize intensive transport, the performance of horizontal alliance of transport enterprises was studied. Based on the periodic vehicle routing problem (PVRP), an alliance performance simulation model was proposed, which consisted of alliance profit  $P$  and the percentage of alliance profit on operating costs independently  $S$ . Based on the iterated local search (ILS) algorithm, the influence of different characteristics in transport enterprises (order quantity, average order size, maximum delay days) on alliance performance were discussed through a simulation study. Unlike past research which considered only similar characteristics of the enterprises, these three experiments were designed, considering different characteristics of

收稿日期:2018-03-21

基金项目:国家自然科学基金项目(61806021,71701022);教育部人文社会科学研究项目(15YJCZH093);

陕西省社会科学基金项目(2014P08);陕西省重大理论与现实研究项目(2018Z158);

中央高校基本科研业务专项资金项目(310823160645,310823170431)

作者简介:李华强(1976-),男,山西临汾人,工学博士研究生,E-mail:2504075497@qq.com。

enterprises, and regression models with main effects only. Regression models with main effects and interaction effects, and interactions involving the same characteristic in different partners. The results show that transport enterprises can achieve greater profits by alliance and horizontal cooperation. The profit size depends on the number of orders, average order size, and maximum number of days that an order can be delayed. Among these characteristics, the number of orders is the most influential feature on alliance's profit, and the most effective alliance is composed of enterprises with complementary average order size. Order quantity also has a great impact on the alliance profit. This research provides advice for transportation companies to find potential partners. 1 tab, 5 figs, 28 refs.

**Key words:** traffic engineering; transportation economy; horizontal cooperation; transport enterprise alliance; cost allocation; periodic vehicle routing problem

## 0 引言

全球化经济背景下,运输企业面临的主要挑战之一是其运营效率问题,即如何优化运输过程,提高资源利用率、降低成本,该优化问题由 Demir 等提出,并得以广泛应用<sup>[1-2]</sup>。尽管其研究取得了一定的效果,运输企业在保持服务水平的同时,其运营效率方面仍有待提高<sup>[3]</sup>。近年来,供应链管理的一种趋势(称为横向合作),认为运输企业可以联合起来共同配送。这种合作不仅在公路运输方面<sup>[4-6]</sup>,也在航运<sup>[7]</sup>,铁路<sup>[8]</sup>和海运<sup>[9]</sup>方面受到关注。通过横向合作可以在以下2个方面降低成本:通过核心业务的横向合作有助于降低车辆的空驶率和提高设备的利用率;通过非核心业务的合作有助于提高运输组织的安全性<sup>[10-11]</sup>。研究表明,横向合作所取得的协同效应可以使联盟收益最高增长30%<sup>[12-13]</sup>。Verdonck 等均对运输合作进行了综述研究<sup>[14-16]</sup>。

在运输过程中,虽然整个流程呈现出纵向作业的顺序<sup>[17]</sup>。但是在运输服务链中依然存在大量的横向关系需要协调,这些横向关系多发生在服务链的相同环节<sup>[18]</sup>。如同区段的分运人之间、货运代理人之间,以及至港口、车站等固定运输设备之间的合作。同时,对于一些运量很大的发运人也希望多个承运人形成联盟来进行合作。Cruijssen 等以欧洲最大的物流中心——弗兰德物流中心为对象,对LSP的横向合作进行了实证分析,并对横向合作的发展机会和阻碍因素进行了分析和归纳总结<sup>[11]</sup>。上述研究多从组织管理学或经济学的角度研究物流系统内部横向合作的机理和组织关系的协调,研究方法以归纳和实证分析为主。

近年来,一些研究调查了运输企业合作成功的主要特征。有研究认为,一个共同的战略愿景和较

高的业务兼容性是关键因素<sup>[19]</sup>。Audy 等基于大量的案例研究构建了物流合作的框架,指出合作伙伴是需要建立在信任基础上的关系<sup>[20]</sup>。当企业有类似的规模、组织文化时,这种关系就会得到促进。Cruijssen 等的研究关注联盟的运作特点,并仿真确定了不同特征对联盟绩效的影响<sup>[11]</sup>。但其研究限定于一定的框架下,即企业需要在严格的时间内交付订单。Guajardo 等提出协同运输的成本分配也是一个重要的问题,但其未定量分析合作伙伴的具体特征<sup>[21]</sup>。

事实上联盟收益很大程度上取决于组成联盟的合作伙伴和其运营特征。不同的企业可能有不同的需求,对联合运营造成不同的限制。本文研究不同伙伴特征对运输企业横向联盟绩效的影响。由于横向联盟绩效很难定量度量,本文基于周期性车辆路径问题(PVRP),通过一个计算试验来计算几种联盟的(由具有不同运营特征的合作伙伴组成)收益,以确定对联盟绩效影响最大的特征以及最有潜力的联盟组合。

## 1 横向合作效益分析

横向合作的主要目标是提供更好的服务和减少交付过程中的成本。一个地区(500 km×500 km)范围的服务需求如图1(a)所示。如果每个承运商都独立运营,车辆路径安排如图1(b)和图1(c)所示。如果承运商合作运营,在协作下获得的路径集如图1(d)所示。通过合作2家运输公司的车辆数减少了10%,运输成本降低了12.46%,但该研究没有考虑订单时间特征。

车辆路径问题涉及一个仓库到客户的货物运输。解决这一问题的目的在于确定车队的路线,使每位顾客的需求都得到满足,且运输距离最小。

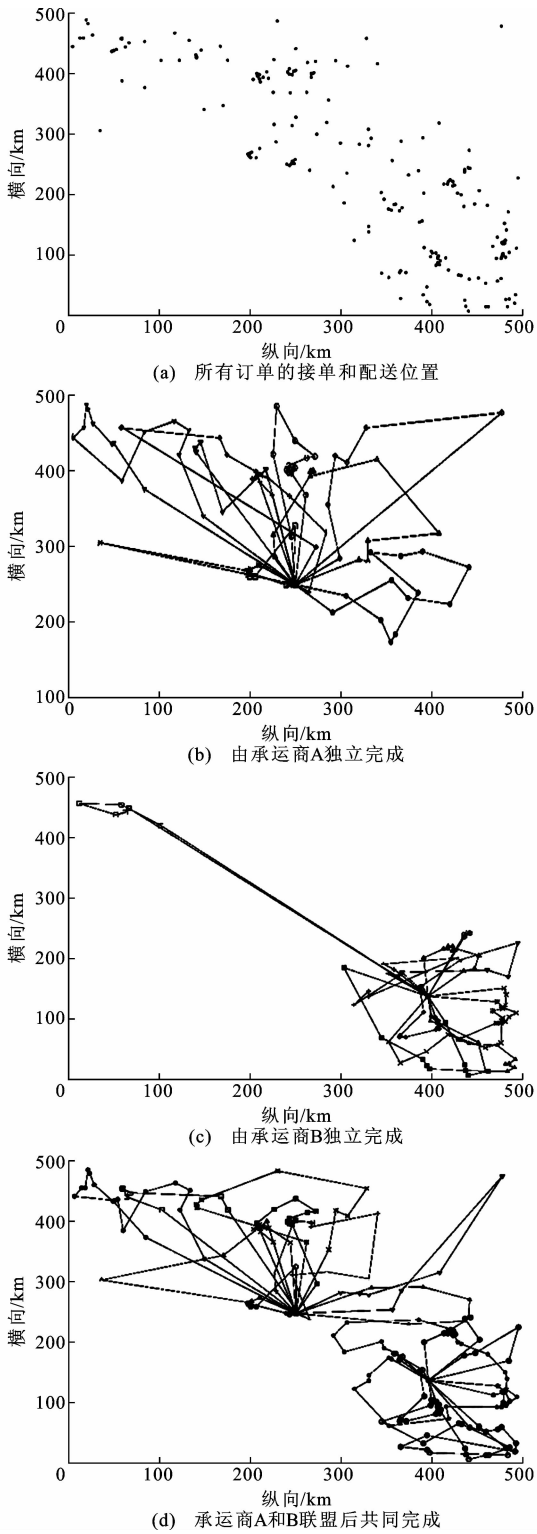


图 1 联盟承运商的车辆路径方案

Fig. 1 Vehicle routing schemes of carrier alliance

VRP 的解决方案必须满足 3 个约束:①每个路径起止地点都在仓库,②每个客户都被访问 1 次,③每辆车运输的货物数量不超过车辆容量。同时,货物的配送是在时间范围内进行的,因此,解决方案必须满足以下额外的约束,即每个客户都在 1 d 的时间范

围内得到服务。因此本文基于周期性车辆 PVRP 分析运输企业横向合作的效益。

通过联盟中的每个合作伙伴的 1 组订单描述 PVRP。每个订单都代表 1 个客户的需求服务,并且随机分布在 250 km×250 km 的区域内。中央仓库作为路线的起点和终点,坐标位于配送区域起点(0,0)。订单规模是在合作伙伴平均订单三角分布区域随机抽取的,极值位于距离中心的±2 km。每个订单需要在一定时间范围内(1 d 或 7 d)交付。最初,每个订单的服务时间设置只包括随机选择的 1 d。当订单允许延迟  $i$  d,每个订单的服务天数延长到包括  $i$  个连续天数。时间最长延长至 10 d,以考虑潜在的延迟订单。车队包括 20 辆容量为 20 个装载单元的卡车。这意味着最多可以使用 200 条线路为所有的客户服务。

2 基本模型与方法

本文中运输企业联盟绩效通过联盟产生的利润  $P(A,B)$  评估。利润通过伙伴独立成本  $c(A),c(B)$  的总和减去联盟成本  $c(A,B)$  来计算<sup>[22]</sup>

$$P(A,B)=c(A)+c(B)-c(A,B) \tag{1}$$

运输成本与卡车的运输距离线性相关,联盟利润可以看作是由联合运营带来的运输距离的减少<sup>[23]</sup>。这一成本的减少占全部独立费用的百分比  $S$ ,其协同值  $S(A,B)$ 。

PVRP 的解决方案包括 2 个重要的假设。首先,每个订单需要交付的日期是确定的。其次,在每 1 d 的时间范围内,车队的路线需要确定。为了解决 PVRP,文献[24]~文献[26]中详细地描述了 LS 算法。本文针对解决带有回程车辆路径问题(VR-PB)的迭代局部搜索(ILS)算法<sup>[27]</sup>。VRPB 只涉及 1 d 的单个运营计划。如果涉及几天的时间,需要对原始算法进行扩展,但算法的核心优化部分保持不变。

ILS 算法是一种元启发算法,它迭代使用局部搜索(LS)启发式算法,并使用扰动操作作为一种多样化的机制。 $I$  为迭代次数, $S_0$  为初始解决方案, $S_{\text{pert}}$  为扰动方案, $S_{\text{best}}$  为最优方案。在每次迭代中,都会执行一个小的修改(称为扰动),以找到目前为止最好的解决方案  $S_{\text{best}}$ 。这个修改的解决方案被用来确定 LS 的新起点(返回  $S_{\text{pert}}$ )。

在实践中,企业一般从利己的角度来评价联盟的绩效。其不是为了增加联盟的总收益进行合作,而是为了增加自己的收益。出于这个原因,企业更

愿意加入一个能使分配利润最大化的联盟。确定每个合伙人的利润分配比例的方法中,Shapley 值和核仁值是给每个合作伙伴分配一半的联盟收益。在本研究,一个很大的  $P$  值也意味着每个合伙人有一个很大的分配利润,然而,这并不一定适用于 2 个以上合作伙伴或采用其他分配方法的联盟。

3 试验结果与分析

试验的主要目的是计算由具有不同特征合作伙伴形成的联盟绩效。本文只考虑由 2 家企业组成的联盟,以限制试验的规模。通过对计算结果分析,首先识别对联盟绩效影响最大的伙伴特征,并确定特征之间影响。其次识别形成最佳联盟不同企业(具有不同特征)应该在合作伙伴中寻找的特点。

假设每个订单都应该在某个时期内的某天交付。运营计划具体通过一个周期性车辆路径问题(PVRP)来描述。设定这一场景主要有 2 个原因:长期运营计划是在战略层面上进行的,可更好的代表这种合作,与 1 d 的运营计划相比,更高水平的合作能产生更大的利润;这一场景体现了一个重要的特征,即合作伙伴运营的灵活性。通过考虑这一因素,期望发现潜在的联盟,找到更多合作的机会。Vanovermeire 等的研究表明,伙伴的灵活性在联盟中起着重要的作用<sup>[28]</sup>。

联盟中的每个伙伴都通过 3 个特征来描述:①需要交付的订单数量(no),②订单的平均规模(aos),③允许延期的最长天数(md)。前 2 个特征是合伙人运营指标,不能被直接影响。第 3 个特征是战略选择,代表合作伙伴运作的灵活性。考虑某运输企业 A 和 B 不同的特征水平:特征①和③分为 4 层,特征②分为 5 层,如表 1 所示。

表 1 联盟伙伴特征水平  
Tab. 1 Characteristics of horizontal alliance partners

特征	水平	联盟伙伴	评分
订单数量	4,14,24,34	A	noA
		B	noB
平均订单规模	4,8,12,16,20	A	aosA
		B	aosB
最多延迟天数	0,1,2,3	A	mdA
		B	mdB

这里考虑运输企业 A 和 B 的所有可能的不同联盟(换句话说,所有可能的横向组合)。共有 $(4 \times 5 \times 4)^2 = 6\,400$  对联盟。对于每个联盟,产生 3 个不同的规划方案;生成了 PVRP 的 3 个不同实例。因此,试验求解 $3 \times 6\,400 = 19\,200$  个实例。

在每个规划方案中,通过 2 种方法评估各联盟的绩效,即联盟利润  $P$  和协同值  $S$ 。通过计算,可以确定对联盟绩效影响最大的合作伙伴特征。为了量化不同特征与绩效指标之间的关系,估计了 3 种线性回归模型。2 个初始模型  $P$  和  $S$  只涉及主效应;扩展模型考虑交互作用以增强模型的解释力。将每个伙伴的特征作为一个分类因子进行对比。因此,需要对模型中的每个因素/相互作用进行评估。通过分析模型中这些系数的组合(对应于每组),能够获得对联盟绩效最具影响力的特征。系数值越高,对应因子/相互作用的影响越高。反之,系数值越接近 0,则对绩效的影响越低。值得注意的是,这种方法在确定模型中每项指标的重要性时,比简单地考虑  $P$ (通过统计测试)值更具有解释力。 $P$  值通常用来识别模型中影响因素/相互作用。当残差不能被假定为正态分布时,小的  $P$  值不一定具有统计意义。此外, $P$  值自身不能用来比较每个特性对绩效的影响,即使其很小的差异也可能具有高度的统计学意义。

3.1 考虑主效益的回归模型

仅考虑模型主效应,估计联盟利润  $P$  和协同值  $S$ ,决定系数  $R^2$  分别为 0.371 6 和 0.553 9。换句话说,当仅考虑到合伙人的个体特征,模型能够解释绩效指标变化的 37.16% 和 55.39%。图 2 为主效应模型各因素的系数估计。可以看到,模型估计  $P$  值,订单数量(因素 noA 和 noB)和平均订单规模(因素 aosA 和 aosB)都对其有影响。此外,这 2 个因素系数值的分布相似,影响同样重要;其他 2 个因素的系数(mdA 和 mdB)的值非常接近 0。订单完成的最长天数是允许延迟的,因此,对联盟利润的影响非常小。模型中的系数  $S$  随时间的变化趋势不同:因素 aosA 和 aosB 是唯一受影响的。因此,协同值的差异是决定合作伙伴平均订单规模的主要原因。事实上,只有这 2 个因素的回归模型决定系数等于 0.539 8,这意味着合作伙伴的订单规模可以解释协同值约一半的变化。最长允许延期的天数对绩效指标没有或有很小的影响。这表明企业自我评估的灵活能力,并不会带来更好的联盟绩效。

3.2 考虑主效应和交互作用的回归模型

扩展模型包括交互作用,用于估计  $P$  和  $S$ , $R^2$  分别为 0.773 7 和 0.791 4,即模型能够解释绩效差异的 40.21% 和 23.75%,包括合作伙伴特征之间的相互作用。图 3 为了扩展模型中每个交互估计的系数值。个体因子的系数值没有包括在内,如图 3 所

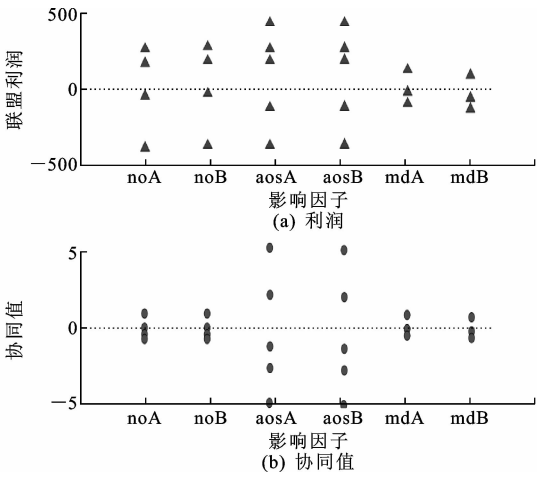


图 2 回归模型主效应的系数值

Fig. 2 Values of main effects numerical of regression models

示,设计一个全因子试验对所有的主效应和交互作用都进行独立估计。

可见,2种扩展模型的系数值遵循相似的分布。这意味着合作伙伴特性之间的相互作用以类似的方式影响2种绩效指标。但有几个交互作用的系数值偏差很大,即有几个交互作用对联盟的绩效有很大的影响。合作伙伴的订单规模之间的相互作用  $aosA \times aosB$  影响最显著,其系数值分布较广。合作伙伴之间的订单数量的相互作用  $noA \times noB$ ,也对联盟的绩效产生了重要影响。此外,还有2组交互作用影响联盟绩效,但影响范围较小如  $aosA \times mdA$  和  $aosB \times mdB$ ,以及  $noA \times aosB$  和  $noB \times aosA$ 。第1组是一个合作伙伴订单的平均规模和订单被延迟的最大天数之间的相互作用。第2组是一个合作伙伴的订单数量和另一方平均订单规模之间的相互作用。1个合作伙伴的订单数量和平均订单规模之间的交互  $noA \times aosA$  和  $noB \times aosB$  对联盟的绩效影响较小。

对扩展模型的分析表明,合作伙伴特征之间的交互作用对联盟绩效有重要影响。合作伙伴对彼此的补充对联盟绩效产生重要影响。有2组交互作用  $aosA \times mdA$  和  $aosB \times mdB$  显示有影响,这说明对于具有一定订单规模的企业来说,灵活性可能会带来更好的联盟绩效。

3.3 重要的交互效应

下文深入探讨不同伙伴相同特征的交互作用 ( $noA \times noB$  和  $aosA \times aosB$ )。图4为不同订单数量承运人联盟的平均利润和平均协同值,即  $noA \times noB$  交互的平均联盟利润和平均协同值。拥有大量订单的合作伙伴组成的联盟产生了最大的利润。一

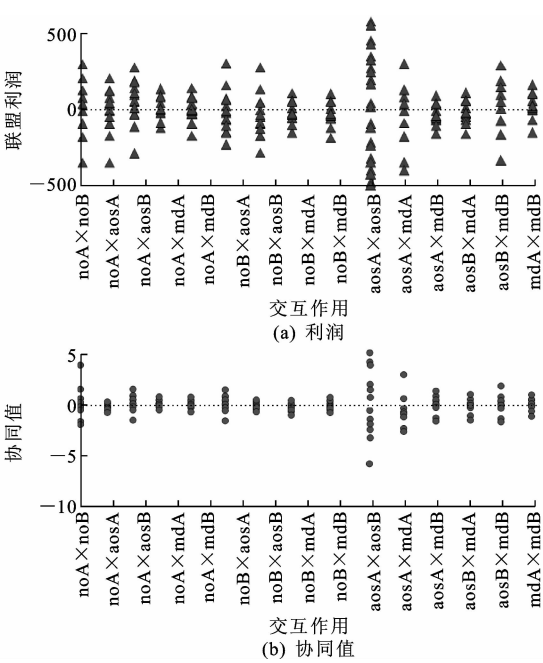


图 3 回归模型主效应和交互作用的系数值

Fig. 3 Values of main effects and interactions numerical in regression models

般来说,一个合作伙伴需要运输的订单越多,它与另一个伙伴合作的时候就越有可能达成一个盈利的联盟。另一方面,协同值表现出与联盟利润完全不同的趋势。通过联盟产生的最大协同值是由2个订单较小的合作伙伴之间的联合运输实现的。另外,由不同数量订单组成联盟的合作伙伴的协同值相对较小。这2个结果与 Cruijssen 等的研究结果一致<sup>[11]</sup>。

2种性能指标之间的差异,说明协同值不适合作为联盟绩效的评估指标。在2个合作伙伴的联盟中,产生的利润一般是平等划分的。考虑到协同值本身可能会导致错误的结论,如哪些合作伙伴的特点带来了最佳联盟绩效。由图4可以看出,由大量订单合作伙伴组成的联盟具有最佳绩效,因为产生了最大利润。尽管这些利润可能只占完全独立成本的很少一部分,但其仍能带来最大的收益。如2个合作伙伴形成的联盟,每个运输订单为5,联盟后带来的利润等于378.01,即减少了运输总成本的12.85%。或2个合作伙伴组成的联盟都有34个订单,一般情况,这样的联盟会带来更大的利润,利润等于1557.70,约是其他水平联盟的4倍,运输成本减少了9.95%。

图5为不同订单规模承运人联盟的平均利润和平均协同值,即  $aosA \times aosB$  交互的平均联盟利润和平均协同值。可知,当2个合作伙伴的订单规

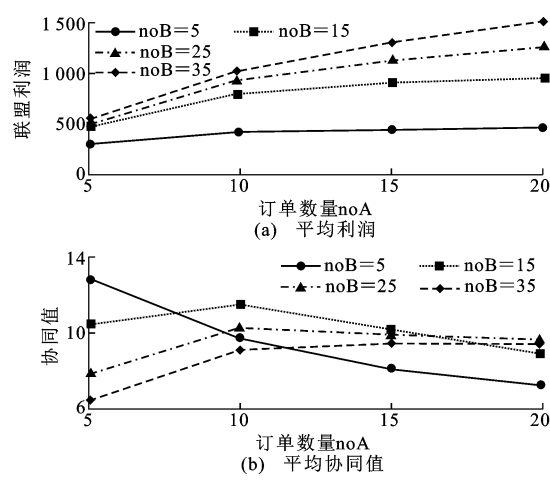


图 4 不同订单数量承运人联盟的平均利润和平均协同值  
Fig. 4 Values of average profit and average coordination of carrier alliance with different orders number

模非常大时,联盟利润和协同值都非常接近于 0。这是因为,在这种情况下大多只能运输 1 单订单,因此,执行联合运营计划不能带来附加值。一个平均订单规模为 16 的合作伙伴和一个平均订单规模为 4 或 8 的合作伙伴形成的联盟,会产生最大的利润。换句话说,具有互补订单规模的合作伙伴组成的联盟可以获得最大的收益。在这些情况下,第一个合作伙伴几乎所有的订单规模都略大于车辆容量的一半(20 个运载单位)。因此当这个合作伙伴独立运营时,大多数车辆都单独运输单次订单。然而,当执行一个联合运输计划时,剩余接近一半的车辆运力可以运输合作伙伴的小规模订单。另一方面,联盟最大的协同值是由 2 个小规模订单的合作伙伴形成的。然而,这些联盟产生的利润小于由具有互补订单合作伙伴形成联盟带来的利润。

## 4 结 语

- (1)平均订单规模是联盟利润中最具影响力的特征。最有成效的联盟是由具有互补平均订单规模的企业组成。在这些联盟中,有一家订单量大的企业,在运输过程中车辆有大量的闲置运力。通过与另外一家小订单企业联合运营,可以有效利用车辆的闲置运力。
- (2)一个企业的订单数量也对联盟利润产生了很大的影响。一个企业的订单数量越大,与合作伙伴实现联盟的运营效率越高。
- (3)需要注意的是,以上结论仅限于本文合作情景,即由 2 个合作伙伴组成的联盟,且获得的利润在合伙人之间平均分配。此外,假设双方共享同一个

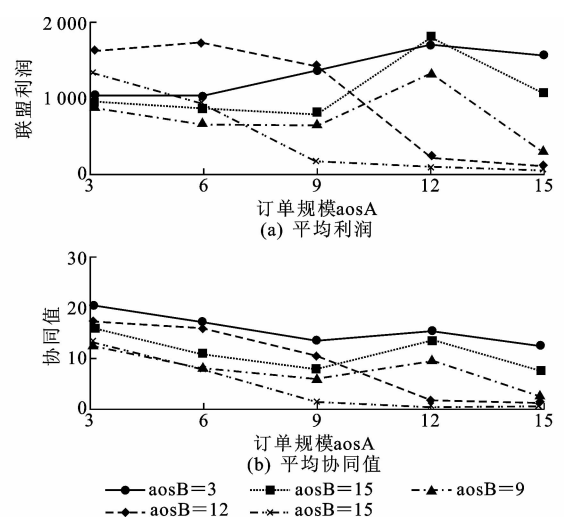


图 5 不同订单规模承运人联盟的平均利润和平均协同值  
Fig. 5 Values of average profit and average coordination of carrier alliance with different orders size

配送中心,客户随机分布在同一个配送中心周围区域。下一步将扩展到由 2 个以上的合作伙伴组成的联盟研究,探讨本文方法对联盟绩效的影响。

## 参考文献: References:

[1] DEMIR E, BEKTAŞ T, LAPORTE G. A review of recent research on green road freight transportation [J]. European Journal of Operational Research, 2014, 237(3): 775-793.

[2] GANSTERER M, HARTL R F. Collaborative vehicle routing: A survey [J]. European Journal of Operational Research, 2017, 268(1): 1-12.

[3] LIN C, CHOY K L, HO G T S, et al. Survey of green vehicle routing problem: Past and future trends [J]. Expert System Application, 2014, 41(4): 1118-1138.

[4] ERGUN O, KUYUZU G, SAVELSBERGH M. Reducing truck load transportation costs through collaboration [J]. Transportation Science, 2007, 41(2): 206-221.

[5] WANG Y, MA X, LIU M, et al. Cooperation and profit allocation in two-echelon logistics joint distribution network optimization [J]. Applied Soft Computing, 2017, 56: 143-157.

[6] HERNANDEZ S, PEETA S, KALAFATAS G. A less-than-truckload carrier collaboration planning problem under dynamic capacities [J]. Transportation Research Part E, 2011, 47(6): 933-946.

[7] PANAYIDES P M, WIEDMER R. Strategic alliances in container liner shipping [J]. Research in Transportation Economics, 2011, 32(1): 25-38.

- [8] KUO A, MILLER-HOOKS E. Developing responsive rail services through collaboration[J]. *Transportation Research Part B*, 2012, 46(3): 424-439.
- [9] LI L, NEGENBORN R R, DE SCHUTTER B. Inter-modal freight transport planning—A receding horizon control approach[J]. *Transportation Research Part C*, 2015, 60: 77-95.
- [10] DUBEY R, GUNASEKARAN A, PAPADOPOULOS T, et al. Sustainable supply chain management: Framework and further research directions[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 142: 1119-1130.
- [11] CRUIJSSEN F, COOLS M, DULLAERT W. Horizontal cooperation in logistics: Opportunities and impediments[J]. *Transportation Research Part E*, 2007, 43(2): 129-142.
- [12] 王文杰, 陈 峰, 江志斌. 承运人联盟合作博弈机制设计[J]. *上海交通大学学报: 自然科学版*, 2011, 45(12): 1179-1182.  
WANG Wen-jie, CHEN Feng, JIANG Zhi-bin. Cooperative game based mechanisms design in carrier alliance[J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University: Natural Science*, 2011, 45(12): 1179-1182.
- [13] 汪传旭, 张 苏. 考虑风险和贡献因素的港口合作收益分配模型[J]. *交通运输工程学报*, 2009, 9(1): 114-119.  
WANG Chuan-xu, ZHANG Su. Revenue allocation model for port cooperation with considering of risk and contribution[J]. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 2009, 9(1): 114-119.
- [14] VERDONCK L, CARIS A N, RAMAEKERS K, et al. Collaborative logistics from the perspective of road transportation companies[J]. *Transport Reviews*, 2013, 33(6): 700-719.
- [15] RAMAEKERS K, VERDONCK L, CARIS A, et al. Allocating collaborative costs in multimodal barge networks for freight bundling[J]. *Journal of Transport Geography*, 2017, 65: 56-69.
- [16] CHABOT T, BOUCHARD F, LEGAULT-MICHAUD A, et al. Service level, cost and environmental optimization of collaborative transportation[J]. *Transportation Research Part E*, 2018, 110: 1-14.
- [17] ADENSO-DIAZ B, LOZANO S, GARCIA-CARBAJAL S, et al. Assessing partnership savings in horizontal cooperation by planning linked deliveries[J]. *Transportation Research Part A*, 2014, 66: 268-279.
- [18] LOZANO S, MORENO P, ADENSO-DIAZ B, et al. Cooperative game theory approach to allocating benefits of horizontal cooperation[J]. *European Journal of Operational Research*, 2013, 229(2): 444-452.
- [19] NAESENS K, GELDERS L, PINTELON L. A swift response tool for measuring the strategic fit for resource pooling: A case study[J]. *Management Decision*, 2007, 45(3): 434-449.
- [20] AUDY J F, D'AMOURS S, RÖNNQVIST M. An empirical study on coalition formation and cost/savings allocation[J]. *International Journal of Production Economics*, 2012, 136(1): 13-27.
- [21] GUAJARDO M, RÖNNQVIST M. A review on cost allocation methods in collaborative transportation[J]. *International Transactions in Operational Research*, 2016, 23(3): 371-392.
- [22] JUANÁ A, FAULIN J, BERNABEU E P, et al. Horizontal cooperation in vehicle routing problems with back hauling and environmental criteria[J]. 2014, 111: 1133-1141.
- [23] LAI M, CAI X, HU Q. An iterative auction for carrier collaboration in truckload pickup and delivery[J]. *Transportation Research Part E*, 2017, 107: 60-80.
- [24] DEFERNY C, VANOVERMEIRE C, SÖRENSEN K. Gain sharing in horizontal logistic co-operation: A case study in the fresh fruit and vegetables sector [M]//LU M. *Sustainable Logistics and Supply Chains: Innovations and Integral Approaches*. Berne: Springer, 2016: 75-89.
- [25] 郭咏梅, 胡大伟, 陈 翔. 改进蚁群算法求解带时间窗的应急物流开环车辆路径问题[J]. *长安大学学报: 自然科学版*, 2017, 37(6): 105-112.  
GUO Yong-mei, HU Da-wei, CHEN Xiang. Solution of emergency logistics open-loop vehicle routing problem with time window based on improved ant colony algorithm[J]. *Journal of Chang'an University: Natural Science Edition*, 2017, 37(6): 105-112.
- [26] COELHO V N, GRASAS A, RAMALHINHO H, et al. An ILS-based algorithm to solve a large-scale real heterogeneous fleet VRP with multi-trips and docking constraints[J]. *European Journal of Operational Research*, 2016, 250(2): 367-376.
- [27] CUERVO D P, GOOS P, RENSEN K, et al. An iterated local search algorithm for the vehicle routing problem with backhauls[J]. *European Journal of Operational Research*, 2014, 237(2): 454-464.
- [28] VANOVERMEIRE C, SÖRENSEN K, VAN BREDAM A, et al. Horizontal logistics collaboration: Decreasing costs through flexibility and an adequate cost allocation strategy[J]. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 2014, 17(4): 339-355.