

Third-Party Logistics Service Decision Considering Delivery Time with Stochastic Demand

Xue Liu

School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing
Email: 15733294094@163.com

Received: Jan. 26th, 2019; accepted: Feb. 11th, 2019; published: Feb. 18th, 2019

Abstract

The paper establishes a service decision model of two levels supply chain secondary system composed of a retailer and a 3PL enterprise. The optimal decision of retailers and third-party logistics service providers considering delivery time under stochastic demand information is studied. Through numerical analysis, the mode which third-party logistics companies participate in managing retailers' logistics has an influence on profit of retailers and third-party logistics enterprises under the time-sensitive random demand. The study found that the greater the uncertainty of demand, the third-party logistics companies and retailers are more inclined to make conservative decisions, and the profit will gradually increase with the uncertainty in a certain stage. In addition, this paper also proves that the proportion of the risk-sharing loss has no effect on the optimal delivery time, but it has a positive impact on the retailer's service order quantity and profit, and has a negative impact on the third-party logistics service provider's profit.

Keywords

Stochastic Demand, Delivery Time, Third-Party Logistics, Risk Sharing

随机需求下考虑配送时间的第三方物流服务决策

刘 雪

北京交通大学经济管理学院, 北京
Email: 15733294094@163.com

收稿日期: 2019年1月26日; 录用日期: 2019年2月11日; 发布日期: 2019年2月18日

摘要

本文针对一个零售商、一个3PL企业组成的供应链二级系统，建立了零售商将物流服务外包给第三方物流企业的服务决策模型。研究了在随机需求信息下考虑配送时间的零售商与第三方物流服务商的最优决策。通过数值分析讨论了在时间敏感的随机需求下，第三方物流服务供应商参与管理零售商物流对零售商、第三方物流企业的最优决策和利润的影响。研究发现，需求不确定性越大，第三方物流企业与零售商更倾向于做出保守决策，且利润在某个阶段内会随着不确定性的增大逐渐增大。此外，本文也证明了风险分担损失比例的大小对最优配送时间无影响，但对零售商的服务订购量与利润呈正向影响，对第三方物流服务提供商的利润呈反向影响。

关键词

随机需求，配送时间，第三方物流，风险分担

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着全球经济一体化进程的加快，企业面临的竞争越来越激烈。越来越多的企业将整合利用外部专业化资源，把部门内部某项任务外包给第三方企业或组织来完成。

物流作为供应链中的一个重要关节，也是零售企业的必争之地。同时，缩短配送时间可以更好的满足客户需求，刺激需求的提升。关于物流服务及时间影响市场需求的研究，目前取得了一定的成果。但斌[1]运用动态博弈模型研究了3PL服务提供商的物流服务水平影响客户企业产品市场需求这一情形下的供应链合同设计问题，设计了一种服务成本共担合同和一种收入共享与服务成本共担的组合式合同。王勇，李莉英[2]考虑了市场需求随机且受到销售价格和物流服务努力水平影响的情况，并分别得出了分散式外包物流和整合物流两种渠道中客户企业和3PL企业的最优决策。虞跃[3]针对双渠道供应链、特别是采取共同配送的双渠道供应链模型进行分析计算，发现3PL高水平的物流服务可以刺激市场需求增长，从而在集中决策下提高供应链整体收益。

配送时间对服务商的利润有一对成反方向的影响。一方面较短的配送时间可以提升客户体验，带来更多的客户需求，反应在实际中即为销售量和运输量的增长，这会使物流服务商的利润增加。另一方面，较短的配送时间要求更昂贵的运输方式，更多的物流建设投资，这就增加了成本，会减少物流服务商的利润。配送时间对物流服务商利润的影响是双向的，选择均衡的配送时间实现利润最大化是物流服务商重要的决策问题。So和Song[4]提出需求和时间及价格呈负指数关系，Ray和Jewkes[5]假设需求与时间和价格呈负的线性关系。接着研究者认识到在复杂竞争环境下合作的必要性，考察了供应链在需求时间价格敏感条件下的企业决策问题。马士华[6]考虑时间价格敏感需求，研究了一个由制造商和零售商组成的二级供应链在分散决策和集中决策情况下的价格和时间决策，证明了集中决策供应链可以取得更大的收益。由于供应链内部企业合作与不合作情况下，企业的收益是不同的，有学者研究了协调模式来使供应链取得最大化收益。董毓芬[7]等两阶段供应链考虑时间因素下的分散决策和集中决策，并设计了协调供应链的组合契约。高波等[8]研究了需求时间价格敏感条件下的二级MTO供应链决策问题，指出在一

定条件下两部收费制合同能够完美协调二阶 MTO 供应链。冯立[9]对在需求时间价格敏感条件下 3PL 参与电子商务供应链进行了研究,分析了分散决策模式和集中决策模式下电子商务供应链的最优化决策以及协调问题。

以上主要针对第三方物流、以及配送时间对需求的影响等几方面进行了阐述。第三方物流服务目前在社会中有着广泛的应用,但是在随机需求的条件下从第三方物流企业的角度对物流服务时间决策鲜有研究。鉴于此,本文将需求结构和成本因素综合考虑,在需求时间敏感的条件下构建了物流服务决策模型,为第三方物流企业如何选择最优配送时间提供决策参考,同时丰富第三方物流服务外包等方面的理论研究。

2. 第三方物流服务决策模型

2.1. 模型描述与假设

考虑由一个零售商和一个第三方物流企业组成的两级供应链,零售商和第三方物流服务商都为风险中性且信息完全共享。供应链中,对市场需求 d 具有部分信息的零售商销售某一商品。第三方物流企业为其提供物流服务,包括仓储、配送。当零售商将商品物流外包给第三方物流企业管理时,需向第三方物流企业支付一定的服务费用 l 。

在销售之前,零售商先根据对市场需求的估计以及对第三方物流企业所给的服务配送时间 t 外包 q 单位的商品。当向第三方物流企业外包的产品过多时,根据零售商的损失总额,第三方物流企业按照比例 $\theta(0 < \theta < 1)$ 进行赔偿;当零售商外包的产品过少时,第三方物流企业的收益也将减少,此时电商平台对于零售商的损失不给予赔偿。由于市场的稳定性,零售商收到产品后按照单位价格 p 销售产品。

由于市场需求 d 是时间敏感的,即需求是配送时间 t 的函数。在本文中假设配送时间与需求成反比关系,并且这种关系呈线性的[4]。本文借鉴这种处理方法,需求函数满足下面的表达式: $d = a - bt + \varepsilon$, 其中 $b(b > 0)$ 是需求对配送时间的敏感因子。在决策过程中需满足的条件 $d = a - bt + \varepsilon > 0$ 。Guwei Hua 在研究中指出物流成本与物流时间成反方向变动关系,且当物流成本时间很短时,物流成本会急速增加,当物流时间较长时,物流成本增加会相对缓慢[10]。本文也采用同样的处理方法,第三方物流企业提供物流服务的成本设为如下函数: $n = \alpha + \frac{\beta}{t}$, 其中 $\alpha(\alpha > 0)$ 是配送时间很长时的仓储与配送物流成本。

$\beta(\beta > 0)$ 是配送时间对物流成本影响的敏感因子。符号说明如下:

- d : 商品的需求量
- q : 商品的物流服务订购量, 决策变量
- w : 商品的单位批发价格
- t : 商品的配送时间, 决策变量
- l : 商品的物流服务价格
- θ : 商品积压时, 第三方物流企业赔偿损失的比例
- p : 商品的单位销售价格

首先第三方物流服务商根据需求的估计给出商品配送时间 t , 零售商根据时间和需求确定服务订购量 q 。双方均以各自的利润最大化为目标。

2.2. 零售商的利润模型

① 当需求量小于订购量, 即 $d \leq q$ 时, 由于需求量不足, 商品滞销出现积压。在不考虑其他费用且积压产品残值为 0 的情况下, 企业共损失 $(q - d)(w + l)$ 。此时, 第三方物流服务商按照双方商定的赔偿

比例 θ 进行赔偿, 赔偿总额为 $\theta(q-d)(w+l)$ 。

零售商的利润为: $\pi_R = dp - q(w+l) + \theta(q-d)(w+l)$

② 当需求量大于订购量, 即 $d > q$ 时, 产品订购不足。但是订购量过少也使得第三方物流服务商失去了一部分收入, 此时, 第三方物流企业不赔偿损失。

零售商的利润为: $\pi_R = qp - q(w+l)$

综合① ②可得:

$$\pi_R = \begin{cases} dp - q(w+l) + \theta(q-d)(w+l) & d \leq q \\ qp - q(w+l) - s & d > q \end{cases} \quad (1)$$

根据 $d = a - bt + \varepsilon$ 化简得到:

$$\pi_R = \begin{cases} q[p - (w+l)] - (q-d)[p - \theta(w+l)] & \varepsilon \leq q - (a - bt) \\ qp - q(w+l) & \varepsilon > q - (a - bt) \end{cases} \quad (2)$$

则零售商的期望利润为:

$$E\pi_R = q[p - (w+l)] - [p - \theta(w+l)] \int_{-\infty}^{q-(a-bt)} (q-d) f(\varepsilon) d\varepsilon \quad (3)$$

2.3. 第三方物流企业的利润模型

考虑到第三方物流服务商同时也面临着赔偿零售商损失的风险, 而不是一味的提高服务订购量和服务价格使利润更高, 同时因此第三方物流企业的利润同样和零售商面临的需求有关。

① 当需求量小于订购量, 即 $d \leq q$ 时, 由于需求量不足, 商品滞销出现积压。在不考虑其他费用且积压产品残值为 0 的情况下, 第三方物流服务商赔偿总额为 $\theta(q-d)(w+l)$

第三方物流服务商的利润为: $\pi_S = \left(l - \alpha - \frac{\beta}{t}\right)q - \theta(q-d)(w+l)$

② 当需求量大于订购量, 即 $d > q$ 时, 产品订购不足。第三方物流企业不赔偿损失。

第三方物流服务商业利润为: $\pi_S = \left(l - \alpha - \frac{\beta}{t}\right)q$

综合① ②可得:

$$\pi_S = \begin{cases} \left(l - \alpha - \frac{\beta}{t}\right)q - \theta(q-d)(w+l) & d \leq q \\ \left(l - \alpha - \frac{\beta}{t}\right)q & d > q \end{cases} \quad (4)$$

化简得:

$$\pi_S = \begin{cases} \left(l - \alpha - \frac{\beta}{t}\right)q - \theta(q-d)(w+l) & \varepsilon \leq q - (a - bt) \\ \left(l - \alpha - \frac{\beta}{t}\right)q & \varepsilon > q - (a - bt) \end{cases} \quad (5)$$

电商平台的期望利润为:

$$E\pi_S = \left(l - \alpha - \frac{\beta}{t}\right)q - \theta(w+l) \int_{-\infty}^{q-(a-bt)} (q-d) f(\varepsilon) d\varepsilon \quad (6)$$

2.4. 最优化分析

令 $G(q,t) = \int_{-\infty}^{q-(a-bt)} (q-d)f(\varepsilon)d\varepsilon$, $G(q,t)$ 表示需求量小于订购量时商品需求的期望值。显然 $G(q,t) \geq 0$, 进一步,

$$\begin{aligned} G(q,t) &= \int_{-\infty}^{q-(a-bt)} (q-d)f(\varepsilon)d\varepsilon \\ &= [q-(a-bt)]F[q-(a-bt)] - \int_{-\infty}^{q-(a-bt)} \varepsilon f(\varepsilon)d\varepsilon \end{aligned} \quad (7)$$

将 $G(q,t)$ 代入公式(3)(6)中, 得到式(8)和(9):

$$E\pi_R = q[p-(w+l)] - [p-\theta(w+l)]G(q,t) \quad (8)$$

$$E\pi_S = \left(1 - \alpha - \frac{\beta}{t}\right)q - \theta(w+l)G(q,t) \quad (9)$$

令 $S = E\pi_R + E\pi_S$ 代表零售商和第三方物流服务商的利润总和。

假设零售商和第三方物流服务商都是理性的, 双方均已自身利益最大化为目标。在二者的合作中, 首先第三方物流服务商根据零售商的需求状况决定最优的配送时间使自己利润最大化, 然后由零售商确定最优的订购量。此时, 二者的博弈符合完全信息下的动态博弈, 可以采用逆向归纳法求解。

根据 $f(\varepsilon) = \begin{cases} \frac{1}{2\lambda} & -\lambda \leq \varepsilon \leq \lambda \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$, 可得:

$$F(q-a+bt) = \frac{q-a+bt+\lambda}{2\lambda} \quad (10)$$

$$G(q,t) = \frac{(q-a+bt+\lambda)^2}{4\lambda} \quad (11)$$

$$G'_q(q,t) = F(q-a+bt) = \frac{q-a+bt+\lambda}{2\lambda} \quad (12)$$

$$G'_t(q,t) = bF(q-a+bt+\lambda) = \frac{b(q-a+bt+\lambda)}{2\lambda} \quad (13)$$

定理 1: 在随机变量 $\varepsilon \in [-\lambda, \lambda]$ 且 t 一定的情况下, 零售商的最优订购量满足:

$$q^* = \frac{2\lambda[p-(w+l)]}{[p-\theta(w+l)]} + (a-bt-\lambda)$$

证明: 在第三方物流企业给定的配送时间条件下, 对(8)式中的 q 分别求一阶导和二阶可得:

$$\begin{aligned} \frac{\partial E\pi_R}{\partial q} &= [p-(w+l)] - [p-\theta(w+l)]G'_q(q,t) \\ &= [p-(w+l)] - \frac{[p-\theta(w+l)](q-a+bt+\lambda)}{2\lambda} \\ \frac{\partial^2 E\pi_R}{\partial q^2} &= -\frac{(p-\theta(w+l))}{2\lambda} < 0 \end{aligned}$$

由上式可知, 对于给定的 t , 零售商的收益函数 π_R 是关于 q 的凹函数; 因此, 令 $\frac{\partial E\pi_R}{\partial q} = 0$ 得最佳服务订

$$\text{购量 } q^* = \frac{2\lambda[p-(w+l)]}{[p-\theta(w+l)]} + (a-bt-\lambda).$$

定理 2: 在随机变量 $\varepsilon \in [-\lambda, \lambda]$ 且 q 一定的情况下, 第三方物流服务商的最优配送时间 t 满足:

$$t^* = \sqrt{\frac{2\beta\lambda(p-w-l) + \beta(a-\lambda)}{b(l-\alpha)}}$$

证明: 假设二级供应链内部信息是完全共享的, 第三方物流企业能够预先知道零售商会根据自身配送时间选择合适采购量, 结合自身的期望利润函数。将 $q^* = \frac{2\lambda[p-(w+l)]}{[p-\theta(w+l)]} + (a-bt-\lambda)$ 代入到式(9)中得:

$$\begin{aligned} E\pi_s &= \left(l - \alpha - \frac{\beta}{t}\right) q^* - \theta(w+l)G(q^*, t) \\ &= \left(l - \alpha - \frac{\beta}{t}\right) \left\{ \frac{2\lambda[p-(w+l)]}{[p-\theta(w+l)]} + (a-bt-\lambda) \right\} - \theta(w+l) \left[\frac{p-(w+l)}{p-\theta(w+l)} \right]^2 \end{aligned} \quad (14)$$

对式(14)求取配送时间 t 的一阶导数和二阶导数得:

$$\begin{aligned} \frac{\partial E\pi_s}{\partial t} &= \frac{\beta}{t^2} \left\{ \frac{2\lambda[p-(w+l)]}{[p-\theta(w+l)]} + (a-bt-\lambda) \right\} - b \left(l - \alpha - \frac{\beta}{t} \right) \\ \frac{\partial^2 E\pi_s}{\partial t^2} &= -\frac{2\beta}{t^3} \left\{ \frac{2\lambda[p-(w+l)]}{[p-\theta(w+l)]} + (a-bt-\lambda) \right\} - \frac{2b\beta}{t^2} < 0 \end{aligned}$$

由以上可知, 在服务订购量固定的情况下, 第三方物流服务商的利润是关于配送时间 t 的凹函数, 有最优的配送时间使第三方物流服务商的利润取得最大值。令 $\frac{\partial \pi_s}{\partial t} = 0$ 求得:

$$t^* = \sqrt{\frac{2\beta\lambda(p-w-l) + \beta(a-\lambda)}{b(l-\alpha)}}$$

将 t^* 代入到 q^* 中得:

$$q^* = \frac{2\lambda(p-w-l)}{p-\theta(w+l)} + (a-\lambda) - \sqrt{\frac{2\beta b\lambda(p-w-l) + \beta b(a-\lambda)}{l-\alpha}}$$

综上, 可得零售商与第三方物流服务商的最优决策解 (q^*, t^*) 。

3. 数值算例

为了进一步分析第三方物流服务商与零售商的最优决策, 并分析模型中的重要参数对零售商、第三方物流服务商利润的影响, 本节通过数值算例分析并验证上述决策模型, 为实际决策者提供直观的科学依据和决策参考。

由于市场的需求不确定因素是影响第三方物流服务企业与零售商的重要因素, 因此取一下赋值在需求不确定因素条件下对最优配送时间、服务订购量以及利润进行分析。模型中的相关参数具体赋值如下: $p=50, l=5, w=10, a=100, b=5, \theta=2, \alpha=1, \beta=0.3, \theta=0.2$

第三方物流服务商与零售商的最优决策如下:

Table 1. Optimal decision-making results of two-level supply chain under different demand uncertainties
表 1. 不同需求不确定因素下两级供应链最优决策结果

需求不确定性 λ	t^*	q^*	$\pi_s(t^*)$	$\pi_r(q^*)$	$\pi(q^*, t^*)$
20	2.942788	89.47961	781.1981687	824.8355136	1606.033682
25	3.264966	88.91711	783.023758	1544.060773	2327.084531
30	3.558089	88.49988	783.51283	1969.996465	2753.509295
35	3.828838	88.19452	783.5277532	2235.067888	3018.595641
40	4.081666	87.97877	783.4421784	2403.723025	3187.165203
45	4.319722	87.83687	783.4293162	2510.813059	3294.242375
50	4.545327	87.75723	783.5711341	2576.689155	3360.260289
55	4.760252	87.731	783.9050244	2613.952136	3397.857161

根据表 1 数据可以看出, 随着需求不确定性的增加, 最优配送时间逐渐增大, 最优订购服务量逐渐减少, 说明风险越大, 零售商与第三方为预防风险采取的措施就是增加配送时间, 降低服务订购量以减少成本。但是第三方物流服务商和零售商的总利润却逐渐上升。说明需求不确定性在某个区间的增大会带来供应链利润的增大。同时也说明了风险越大, 零售商将物流服务外包给 3PL 的利益越突出。由于风险分担比例是影响第三方物商与零售商的重要因素, 因此取一下赋值在最优风险分担比例的条件下对最优配送时间、服务订购量以及利润进行分析。模型中的相关参数具体赋值如下:

$$p = 50, l = 5, w = 10, a = 100, b = 5, \theta = 2, \alpha = 1, \beta = 0.3, \lambda = 50$$

Table 2. Optimal decision-making results of two-level supply chain under different risk sharing ratios
表 2. 不同风险分担比例下两级供应链最优决策结果

风险分担比例 θ	t^*	q^*	$\pi_s(t^*)$	$\pi_r(q^*)$	$\pi(q^*, t^*)$
0.2	4.546046	92.48716	818.4744	2684.837	3503.312
0.4	4.546046	98.69834	854.7981	2819.338	3674.136
0.6	4.546046	106.2171	881.6624	2973.453	3855.116
0.8	4.546046	115.5051	885.5483	3154.105	4039.654
1	4.546046	127.2698	839.5731	3371.909	4211.482
1.2	4.546046	142.6544	687.749	3644.011	4331.76
1.4	4.546046	163.6334	305.028	4000.03	4305.058
1.6	4.546046	193.9364	-617.921	4495.908	3877.987

根据表 2 数据可以看出, 随着风险分担比例的增大, 最优配送时间未发生变化, 说明配送时间的决策与风险分担比例无关; 其次, 随着风险分担比例的增大, 零售商的服务订购量和利润在逐渐增大, 第三方物流服务商的利润逐渐减少, 但是总利润是呈现先增加后减少的趋势的, 因此存在一个最优的风险分担比例使得系统的总利润最大。零售商和第三方物流企业可以根据自身条件共同决策风险分担比例。

4. 结论

在物流问题日益得到重视的今天, 企业对于先进物流技术的需求促进了专业物流服务商 - 第三方物流(3PL)的发展, 外包成为企业利用 3PL 降低成本、获取竞争优势的重要手段, 而企业外包活动的范围也从以前的运输服务发展到企业而管理的方方面面。本文依赖于此背景研究了随机需求下考虑配送时间的

第三方物流服务决策问题。在产品需求时间敏感的条件下,构建了考虑配送时间的第三方物流服务供应链决策模型,得到了分散决策方式下最优决策方案。通过以上分析可以发现,首先,需求不确定性越大,第三方物流企业与零售商更倾向于做出保守决策,且利润在某个阶段内会随着不确定性的增大逐渐增大。此外,本文也证明了风险分担损失比例的大小对最优配送时间无影响。但对零售商的服务订购量与利润呈正向影响,对第三方物流服务提供商的利润呈反向影响,而总利润是呈现先增加后减少的趋势的,因此,合理的损失分担比例才能给双方带来更多的效益。通过上述模型的构建和分析决策,一方面通过第三方物流服务能够解决中小型零售商物流成本较高的问题;另一方面利用专业化的物流能够促进市场需求,提高企业效益。

需要指出的是,本文只考虑了时间敏感需求情形下的第三方物流服务决策。今后将结合实际情况进一步完善和扩展,如考虑随机需求下消费者价格敏感的第三方物流服务决策。

参考文献

- [1] 吴庆,但斌. 物流服务水平影响市场需求变化的 TPL 协调合同[J]. 管理科学学报, 2008, 11(5): 64-75.
- [2] 王勇,李莉英. 需求依赖服务水平和价格的外包物流协调合同[J]. 系统工程学报, 2013, 28(6): 775-785.
- [3] 虞跃. 物流服务水平影响需求下双渠道供应链协调契约研究[J]. 东南学术, 2015(3): 133-139.
- [4] So, K.C. and Song, J.-S. (1998) Price, Delivery Time Guarantees and Capacity Selection. *European Journal of Operational Research*, **111**, 28-49. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00314-7](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00314-7)
- [5] Ray, S. and Jewkes, E.M. (2004) Customer Lead Time Management When Both Demand and Price Are Lead Time Sensitive. *European Journal of Operational Research*, **153**, 769-781. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00655-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00655-0)
- [6] 马士华,王福寿. 时间价格敏感型需求下的供应链决策模式研究[J]. 中国管理科学, 2006(3): 13-19.
- [7] 董毓芬,何平,徐晓燕. 时间价格敏感型需求下的二阶段供应链协调模型[J]. 中国管理科学, 2011, 19(4): 93-97.
- [8] 高波,石书生. 时间价格敏感需求下供应链协调研究[J]. 工业工程, 2011, 14(3): 39-43.
- [9] 冯立. 3PL 参与的电子商务供应链时间与价格决策研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2016.
- [10] Hua, G.W., Wang, S.Y. and Cheng, T.C.E. (2010) Price and Lead Time Decisions in Dual-Channel Supply Chains. *European Journal of Operational Research*, **205**, 113-126. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.12.012>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2167-664X, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: mse@hanspub.org