

基于 Nash 协商模型的电信增值服务供应链研究

李 榆¹, 吴 军^{1,2*}, 冯艳刚¹

(1. 北京邮电大学经济管理学院, 北京 100876;

2. 北京化工大学经济管理学院, 北京 100029)

摘要: 从合作博弈的角度运用 Nash 协商模型分析了电信运营商和服务提供商之间的定价、分成问题; 探讨了分成比对运营商和服务提供商的定价、利润及供应链总体利润的影响. 研究表明, 分成比直接影响博弈双方的定价策略, 进而影响电信供应链利润最优情况下运营商和服务提供商之间的利润分配.

关键词: Nash 协商模型; 合作博弈; 电信增值服务; 供应链

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2014)06-0824-9

Research on telecom value-added service chain based on Nash bargaining model

Li Yu¹, Wu Jun^{1,2*}, Feng Yangang¹

(1. School of Economics and Management, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;

2. School of Economics and Management, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: This paper uses Nash bargaining model to study the telecom value-added service chain within a cooperation framework. First, it analyzes the pricing and profit sharing between the mobile operator and service provider by using the cooperative game. Then, it discusses the effect of the sharing ratio on the price and profits. Finally, it shows that the sharing ratio affects the price and the allocation of profits between mobile operator and service provider.

Key words: Nash bargaining model; cooperative game; telecom value-added service; supply chain

1 引言

2013-12-04, 工业和信息化部向中国移动、联通和电信发放了 4G 牌照, 整个移动互联网产业将迎来新的高潮. 随着 4G 时代的到来, 基于地图的 LBS 服务、导航服务与移动电子商务等增值服务将更加普及, 电信运营商需要在满足用户基本需求的基础上, 提供更多的增值业务. 随着移动互联网的开放程度不断增强, 以运营商为主导的移动增值业务运营模式受到严峻挑战. 由于服务提供商(service provider, SP)对电信运营商(mobile operator, MO)依赖程度下降, SP 和 MO 之间的合作模式由传统的合作关系逐步转变为竞争与合作并存的关系, 这将激励电信运营商和服务提供商在电信供应链中建立更加有效的协作机制, 实现互利共赢.

因此, 本文旨在运用合作博弈理论研究服务提供商和电信运营商组成的增值服务供应链系统, 分析 SP 和 MO 的定价策略以及协调机制.

收稿日期: 2014-02-13; 修订日期: 2014-08-18.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71072157; 71372195; 71202171).

*通讯作者

本文主要参考了合作博弈理论以及电信增值服务供应链的相关研究成果. 在合作博弈理论方面, Iyer 等^[1]建立了一个渠道成员间讨价还价的协调机制, 通过验证讨价还价的过程影响供应链协调的程度, 从而提出了博弈双方的相对议价能力是供应链协调中的一个关键因素这一结论. Nagarajan 等^[2]在强调利润分配及其稳定性的基础上, 结合博弈双方的谈判能力, 建立数学模型并得出利润分配可行集, 并采用 Nash 协商模型对供应链成员之间的利润分配进行了研究. Fiestras 等^[3]将合作博弈理论应用到集中库存管理中, 以降低库存成本, 进一步提高客户服务水平. 此外, 合作博弈理论在通信^[4]、运输^[5]、资源优化^[6]和工程承包^[7]等行业有着广泛的应用. 其中, 叶飞^[8]等分别采用 Stackelberg 模型和 Nash 协商模型设计回购契约, 结果表明, 利用 Stackelberg 模型设计回购契约可使双方的收益得到改进, 但供应链整体收益并没有显著增加; 相反的, 利用 Nash 协商模型设计的回购契约既可使供应链收益显著增加, 又可使零售商和供应商的收益得到改善. 田剑等^[9]研究了多属性逆向拍卖环境下采供双方的利润分配问题, 结果表明, 在满足建立合作关系的基本条件时, 采供双方合作策略的总利润优于非合作的总利润. 杨玉香等^[10]利用双层规划、均衡理论等研究工具, 建立基于 Stackelberg-Nash-Cournot 竞争的报废产品回收决策系统, 为环保部门制定有效的激励监督策略提供了理论支持.

在电信增值服务供应链方面, 许多学者进行了定量研究. 其中, 郑慧莉等^[11]研究了移动增值业务供应链的协调机制, 研究表明, 在一定的市场需求下, 移动运营商和服务提供商共同决策网络建设规模和产品的销售价格时, 收入共享契约可使供应链的利润最大化. Wu 等^[12]以中国电信行业迅速发展为背景, 在分析中国电信行业增值服务链结构的基础上, 采用定量分析方法研究了移动运营商和服务提供商之间的协调机制. 从非合作博弈角度进行的研究主要有林家宝等^[13]以移动增值服务为对象, 对移动运营商和服务提供商的协调机制进行了研究, 构建了一个二级供应链优化模型并对其进行了分析, 并以指数需求为背景, 对模型进行了验证. 白秀广等^[14]根据 Stackelberg 模型思想建立了一个运营商和 n 个服务提供商的非合作模型, 结果表明, Stackelberg 模型较好地协调了电信增值服务供应链. 吴军等^[15,16]分别从促销与投资合作两个维度对电信增值服务链问题进行研究, 建立了电信运营商占主导的移动增值业务博弈模型, 给出了不同合作模式下的最优决策. 从合作博弈角度进行的研究主要有刘国亮等^[17]根据运营商与服务提供商的合作模式, 建立运营商与服务提供商的收入共享合同, 分别应用 Stackelberg 模型与不对称 Nash 协商模型进行求解比较, 结果表明, 基于不对称 Nash 协商模型下的合作机制比 Stackelberg 模型下的合作机制更加优化. 满青珊等^[18]基于博弈论构建了一个由一个运营商和两个服务提供商组成的双渠道模型, 通过设计一个多重单边转移支付机制, 研究了移动增值业务供应链的协调问题, 结果表明, 采用多重单边转移支付机制能激励企业从全局角度进行决策, 并公平分配系统盈余, 从而协调了移动增值服务的多渠道系统. Zhang 等^[19]在假设广告对消费者的参考价格有积极作用的基础上, 建立了一个基于制造商和零售商的动态合作广告模型以研究广告成本分摊协调机制, 并分别采用 Stackelberg 模型和合作博弈模型得出最优决策.

本文在以上文献的基础上, 结合《移动梦网 SP 合作管理办法总则(V3.0)》^[20], 从合作博弈的角度对电信增值服务供应链进行了定量研究. 与以上文献的区别如下: 1) 文献[16]是在移动增值服务供应链的基础上结合投资合作, 建立非合作的 Stackelberg 博弈模型, 给出电信运营商与服务提供商分别对通信费、信息费的最优决策. 本文是基于合作博弈理论建立 Nash 协商模型对其进行研究. 2) 文献[17]是在给定的通信费情况下, 研究电信运营商和服务提供商分别对分成比以及信息费的决策问题. 本文依据《移动梦网 SP 合作管理办法总则(V3.0)》^[20]给出的电信运营商普遍采用的三种分成比, 研究了在给定分成比情况下电信运营商和服务提供商分别对通信费以及信息费的定价问题.

2 建模与分析

本文研究一个风险中性的电信运营商(mobile operator, MO)和一个风险中性的服务提供商(service provider, SP)建立合作机制, 为用户提供某种移动增值服务. SP 通过 MO 为用户提供增值服务, 其信息费用

为 p_1 , 由运营商代收; 同时用户需向 MO 支付消费此服务产生的通信费用 p_0 . 因此, 从用户角度考虑, 单次消费此项服务的总费用为 $p_0 + p_1$, 记 $p_2 = p_0 + p_1$. 具体合作模式如图 1 所示.

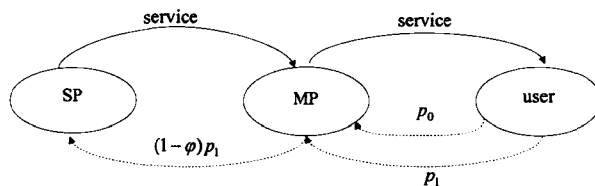


图1 移动增值服务链

Fig. 1 Mobile value-added service chain

为了更加明确本文的研究内容和范围, 给出如下假设:

1) 在单位销售期内, 用户对该服务的需求为 D , 用户单次消费此服务的费用为 p , 设需求函数为 $D(p) = a - bp$, $a > 0, b \geq 0, p < a/b$, 其中 a 表示市场基准需求量, b 表示价格弹性系数;

2) 在此增值服务供应链中 SP 的决策变量为信息费用 p_1 , MO 的决策变量为通信费用 p_0 , 即用户消费该服务的总费用为 $p_2 = p_0 + p_1$;

3) 在单位销售期内, SP 生产此服务的固定成本为 c_{s0} , 可变成本为 c_{s1} ; MO 为此服务提供通信平台的固定成本为 c_{m0} , 可变成本为 c_{m1} ;

4) SP 的信息费收入与 MO 分成, 其分成比为 φ ;

5) 将 SP 和 MO 讨价还价的谈判起点设为在非合作博弈 Stackelberg 模型下 SP 和 MO 的最优利润 π_{SP}^* 和 π_{MO}^* (计算过程详见附录 1).

因此, SP 的利润函数为

$$\pi_{SP} = (1 - \varphi)p_1 D(p_2) - c_{s1} D(p_2) - c_{s0}, \quad (1)$$

MO 的利润函数为

$$\pi_{MO} = \varphi p_1 D(p_2) + p_0 D(p_2) - c_{m1} D(p_2) - c_{m0}, \quad (2)$$

供应链的总利润为

$$\pi_z = \pi_{SP} + \pi_{MO} = p_2 D(p_2) - (c_{s1} + c_{m1}) D(p_2) - c_{s0} - c_{m0}. \quad (3)$$

建立电信增值服务供应链的 Nash 协商模型, 如下

$$\text{Max}_{p_1, p_0} (\pi_{SP} - \pi_{SP}^*)(\pi_{MO} - \pi_{MO}^*), \quad (4)$$

s.t.

$$\begin{cases} \pi_{SP} \geq \pi_{SP}^* \\ \pi_{MO} \geq \pi_{MO}^* \end{cases} \quad (5)$$

其中 π_{SP}^* 和 π_{MO}^* 分别是 SP 和 MO 在非合作博弈 Stackelberg 模型中的最优利润.

将模型标准化得

$$\text{Max}_{p_1, p_0} (\pi_{SP} - \pi_{SP}^*)(\pi_{MO} - \pi_{MO}^*), \quad (6)$$

s.t.

$$\begin{cases} \pi_{SP} - \pi_{SP}^* - s_1 = 0 \\ \pi_{MO} - \pi_{MO}^* - s_2 = 0 \end{cases} \quad (7)$$

其中 $s_1, s_2 \geq 0$ 是约束问题的剩余变量, 表示 SP 和 MO 通采用合作博弈策略比非合作博弈 Stackelberg 模型增加的利润.

建立 Lagrange 函数

$$L(p_0, p_1, \mu_1, \mu_2, s_1, s_2) = (\pi_{SP} - \pi_{SP}^*)(\pi_{MO} - \pi_{MO}^*) + \mu_1(\pi_{SP} - \pi_{SP}^* - s_1) + \mu_2(\pi_{MO} - \pi_{MO}^* - s_2), \quad (8)$$

其中 μ_1, μ_2 为 Lagrange 乘子.

根据 Kuhn-Tucker 条件, 求得

$$p_0^* = \frac{-5a - 11bc_{m1} + 5bc_{s1} + \varphi(12a + 20bc_{m1} + 4bc_{s1}) - \varphi^2(9a + 11bc_{m1} + 7bc_{s1})}{2b(-8 + 16\varphi - 10\varphi^2 + 2\varphi^3)} + \frac{\varphi^3(2a + 2bc_{m1} + 2bc_{s1})}{2b(-8 + 16\varphi - 10\varphi^2 + 2\varphi^3)}, \quad (9)$$

$$p_1^* = \frac{-3a + 4a\varphi - a\varphi^2 + 3bc_{m1} - 4b\varphi c_{m1} + b\varphi^2 c_{m1} - 13bc_{s1} + 12b\varphi c_{s1} - 3b\varphi^2 c_{s1}}{4b(-4 + 8\varphi - 5\varphi^2 + \varphi^3)}, \quad (10)$$

则用户单次消费此服务的费用 p_2 为

$$p_2^* = p_0^* + p_1^* = (a + bc_{m1} + bc_{s1})/(2b). \quad (11)$$

将 p_0^* 和 p_1^* 代入 π_{SP}, π_{MO} 中, 得

$$\pi_{SP}^* = \frac{b^2 c_{m1}^2 (3 - 4\varphi + \varphi^2) - 8bc_{s0}(-2 + \varphi)^2 + (3 - 4\varphi + \varphi^2)(a - bc_{s1})^2}{8b(-2 + \varphi)^2} + \frac{2bc_{m1}(3 - 4\varphi + \varphi^2)(-a + bc_{s1})}{8b(-2 + \varphi)^2}, \quad (12)$$

$$\pi_{MO}^* = \frac{-8bc_{m0}(-2 + \varphi)^2 + (5 - 4\varphi + \varphi^2)(-a + bc_{m1} + bc_{s1})^2}{8b(-2 + \varphi)^2}, \quad (13)$$

则电信增值服务供应链的总利润为

$$\pi_z^* = \pi_{SP}^* + \pi_{MO}^* = \frac{a^2 - 4bc_{m0} + b^2 c_{m1}^2 - 4bc_{s0} - 2abc_{s1} + b^2 c_{s1}^2 + 2bc_{m1}(-a + bc_{s1})}{4b}. \quad (14)$$

通过上述分析, 有以下结论.

定理 1 在合作博弈 Nash 模型中, 供应链的利润与集中决策情况下的总利润一致.

证明 在集中决策模型中, 供应链的利润函数为

$$\pi_z = p_2 D(p_2) - (c_{s1} + c_{m1})D(p_2) - c_{s0} - c_{m0}, \quad (15)$$

供应链的决策变量是 p_2 , 则 π_z 关于 p_2 的一阶导函数为

$$\frac{d\pi_z}{dp_2} = a - 2bp_2 + bc_{m1} + bc_{s1}, \quad (16)$$

由一阶条件 $\frac{d\pi_z}{dp_2} = 0$, 可得 $p_2^{**} = \frac{a + bc_{m1} + bc_{s1}}{2b}$, 将 p_2^{**} 代入 π_z 中, 得

$$\pi_z^{**} = \frac{a^2 - 4bc_{m0} + b^2 c_{m1}^2 - 4bc_{s0} - 2abc_{s1} + b^2 c_{s1}^2 + 2bc_{m1}(-a + bc_{s1})}{4b}. \quad (17)$$

将集中决策模型下的 p_2^{**}, π_z^{**} 与 Nash 协商模型下的 p_2^*, π_z^* 进行比较, 得 $p_2^* = p_2^{**}, \pi_z^* = \pi_z^{**}$. 证毕.

定理 2 分成比 φ 的大小不影响用户单次消费此服务的费用 p_2^* , 且当 $a - bc_{m1} \geq 0$ 时, p_0^* 关于 φ 单调递减, p_1^* 关于 φ 单调递增.

证明 将 p_2^*, p_0^*, p_1^* 分别对 φ 求导, 得

$$\frac{dp_2^*}{d\varphi} = 0, \quad (18)$$

$$\frac{dp_0^*}{d\varphi} = \frac{-(a - bc_{m1})(-4 + \varphi)(-1 + \varphi)^2 + b(28 - 39\varphi + 18\varphi^2 - 3\varphi^3)c_{s1}}{4b(-2 + \varphi)^3(-1 + \varphi)^2}, \quad (19)$$

$$\frac{dp_1^*}{d\varphi} = \frac{(a - bc_{m1})(-4 + \varphi)(-1 + \varphi)^2 + b(-28 + 39\varphi - 18\varphi^2 + 3\varphi^3)c_{s1}}{4b(-2 + \varphi)^3(-1 + \varphi)^2}, \quad (20)$$

其中 φ 的取值在(0,1)之间,且式子 $28 - 39\varphi + 18\varphi^2 - 3\varphi^3$ 是关于 φ 的单调递减函数,其取值范围在(4,28)之间,因此当 $a - bc_{m1} \geq 0$ 时, $\frac{dp_0^*}{d\varphi} \leq 0$, $\frac{dp_1^*}{d\varphi} \geq 0$. 证毕.

从定理2可以看出,SP和MO之间的分成比不影响用户消费此服务的总费用,保证了用户的良好体验;当分成比 φ 增大时,SP获得单位收益 $(1 - \varphi)p_1^*$ 将减小,从而为了提高自身的利润,SP将增大决策变量 p_1^* 的值,即 p_1^* 会随着 φ 的增大而增大;当分成比 φ 增大时,MO获得的单位收益 φp_1^* 将增大,从供应链协调的角度出发,此时MO收取的单位通信费要降低,即 p_0^* 会随着 φ 的增大而减小.

定理3 分成比 φ 的大小不影响供应链的总利润 π_z^* ,且 π_{SP}^* 随着 φ 的增大而减小, π_{MO}^* 随着 φ 的增大而增大.

证明 将 π_z^* , π_{SP}^* , π_{MO}^* 分别对 φ 求导,得

$$\frac{d\pi_z^*}{d\varphi} = 0, \frac{d\pi_{SP}^*}{d\varphi} = \frac{(-a + bc_{m1} + bc_{s1})^2}{4b(-2 + \varphi)^3}, \frac{d\pi_{MO}^*}{d\varphi} = \frac{-(-a + bc_{m1} + bc_{s1})^2}{4b(-2 + \varphi)^3},$$

其中 φ 的取值在(0,1)之间,则 $(-2 + \varphi)^3 < 0$,因此 $\frac{d\pi_{SP}^*}{d\varphi} < 0$, $\frac{d\pi_{MO}^*}{d\varphi} > 0$. 证毕.

从定理3可以看出,SP和MO对供应链的贡献程度决定了SP和MO在合作中获得的利润大小.当SP只负责提供业务内容,而MO负责营销宣传,提供网络通道、客户服务等.在此情况下,SP贡献较小,MO的贡献较大,因此 π_{SP}^* 会随着 φ 的增大而减小, π_{MO}^* 会随着 φ 的增大而增大.

3 数值算例

为了进一步说明模型的意义及其结论,将模型中的参数代入具体数值,本文的成本参数以及需求参数的值参考文献[14],即 $c_{s0} = 130$ 万元, $c_{s1} = 0.05$ 元, $c_{m0} = 200$ 万元, $c_{m1} = 0.1$ 元,需求函数为 $D = 1600 - 400p_2$ 万次,分成比 φ 的取值参考《移动梦网SP合作管理办法总则(V3.0)》^[20].因此,合作博弈 Nash 协商模型和非合作博弈 Stackelberg 模型的最优解如表1所示.

表1 Nash模型和Stackelberg模型的数值算例结果
Table 1 The results of examples of Nash model and Stackelberg model

φ	0.15		0.3		0.5	
模型	Nash	Stackelberg	Nash	Stackelberg	Nash	Stackelberg
p_0 /元	1.215	1.860	1.104	1.664	0.906	1.333
p_1 /元	0.860	1.099	0.971	1.204	1.169	1.383
p_2 /元	2.075	2.959	2.075	2.868	2.075	2.716
π_{SP} /万元	394.580	238.126	354.680	229.022	281.736	199.389
π_{MO} /万元	757.670	601.216	797.570	671.912	870.514	788.167
π_z /万元	1 152.250	838.342	1152.25	900.934	1 152.250	987.556

1) Nash协商模型结果分析

(a) 当分成比 φ 值增大时,通信费用 p_0^* 逐渐减小,信息费用 p_1^* 逐渐增大,即表示当服务提供商与电信运营商的收入分成比增大时,服务提供商将会适当提高信息费用来应对上调的分成比.同时,在增值服务供应链中运营商从服务提供商处获得的分成收入增加,从供应链协调角度出发,MO将会适当降低通信费用以获取更多的收入分成.

(b) 当分成比值 φ 增大时, MO 的利润 π_{MO}^* 逐渐增大, SP 的利润 π_{SP}^* 逐渐减小, 即表示当服务提供商与电信运营商的收入分成比增大时, 服务提供商和电信运营商由普通合作发展为紧密合作, 即 MO 由只提供网络通道, 配合 SP 有偿提供客户服务转变为提供全部的客户服务并进行自主营销宣传. 此时, 电信运营商在增值服务供应链中获得的利润增加, 服务提供商只负责提供业务内容则其利润减少.

(c) 分成比值 φ 的变化不会影响增值服务的总费用 p_2^* 以及增值服务供应链的总利润 π_z^* , 即表示服务提供商和电信运营商之间的收入分成比不但不影响用户消费此增值服务的费用, 而且不影响增值服务供应链渠道的总利润. 因此, 在不影响用户体验以及供应链协调的基础上, SP 和 MO 双方可以基于不同的增值服务质量采取不同的合作模式.

2) Nash 协商模型和 Stackelberg 模型的比较分析

相同的分成比 φ 值, 即考虑在同一种合作模式下, 由 Stackelberg 模型给出的通信费用和信息费用均高于由 Nash 模型得出的定价, 且 Stackelberg 模型中 MO 和 SP 的利润均低于 Nash 模型下的利润. 由此得出的结论是, Nash 模型在低定价的基础上, 获得了高收益并实现了增值服务供应链的协调.

3) 电信运营商和服务提供商的合作模式探讨

随着 4G 时代的到来, 移动增值业务面临着新的发展机遇. 在面对众多移动增值业务时, 服务提供商和电信运营商应基于增值业务的特点采取不同的合作模式, 如基于 4G 时代传输高质量的视频和图片的新兴服务产品, 主要依靠电信运营商的移动通信技术, 应采取紧密合作的方式, 由电信运营商提供全部的客户服务及进行自主营销宣传来抢占巨大的市场份额. 而对于市场已经成熟的服务产品, 应采取普通的合作方式, 服务提供商通过电信运营商的流量管道自主宣传营销其业务内容.

4 结束语

本文在分析总结合作博弈理论及其相关应用的基础上, 将合作博弈中的 Nash 协商模型运用到电信增值服务供应链中分析电信运营商和服务提供商之间的定价、分成问题. 研究表明: (1) 在 Nash 协商模型中, 供应链的利润和集中决策情况下的总利润一致, 实现了供应链的协调; (2) SP 和 MO 之间的分成比 φ 不影响服务的总费用, 但影响着 SP 和 MO 分别对信息费、通信费的决策; (3) 供应链的总利润不受分成比 φ 的影响, 且在满足一定条件下, 分成比 φ 对供应链的利润分配起着协调的作用.

另外, 本文仅考虑一个服务提供商以及一个电信运营商之间的合作博弈问题, 存在一定的局限性. 下一步将结合服务产品间的可替代性研究多个服务提供商与一个运营商之间的协调问题, 进一步讨论电信增值服务供应链的特点.

参考文献:

- [1] Iyer G, Villas-Boas J M. A bargaining theory of distribution channels[J]. Journal of Marketing Research, 2003, 40(1): 80–100.
- [2] Nagarajan M, Sošić G. Game-theoretic analysis of cooperation among supply chain agents: Review and extensions[J]. European Journal of Operational Research, 2008, 187(3): 719–745.
- [3] Fiestras M G, García I, Meca A, et al. Cooperative game theory and inventory management[J]. European Journal of Operational Research, 2011, 210(3): 459–466.
- [4] Cheng Z, Zhou X, Ding Y, et al. A cooperative differential game of transmission power control in wireless networks[J]. Wireless Personal Communications, 2013, 72(4): 2015–2027.
- [5] Lozano S, Moreno P, Adenso B, et al. Cooperative game theory approach to allocating benefits of horizontal cooperation[J]. European Journal of Operational Research, 2013, 229(2): 444–452.
- [6] Sechi G M, Zucca R, Zuddas P. Water costs allocation in complex systems using a cooperative game theory approach[J]. Water Resources Management, 2013, 27(6): 1781–1796.

- [7] Lippman S A, McCardle K F, Tang C S. Using Nash bargaining to design project management contracts under cost uncertainty[J]. *International Journal of Production Economics*, 2013, 145(1): 199–207.
- [8] 叶飞, 李怡娜. 基于 Stackelberg 模型与 Nash 协商模型的供应链回购契约机制研究[J]. *管理工程学报*, 2007, 21(3): 39–43.
Ye Fei, Li Yina. Research on buy-back contract mechanism of supply chain based on Stackelberg model and Nash negotiation model[J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2007, 21(3): 39–43. (in Chinese)
- [9] 田剑, 陈曲. 多属性逆向拍卖环境下采供双方利润分配研究[J]. *系统工程学报*, 2013, 28(1): 55–65.
Tian Jian, Chen Qu. Profits allocation between suppliers and buyers in multi-attribute reverse auctions[J]. *Journal of Systems Engineering*, 2013, 28(1): 55–65. (in Chinese)
- [10] 杨玉香, 周根贵. 报废产品回收激励与监督的竞争博弈模型[J]. *系统工程学报*, 2013, 28(2): 202–210.
Yang Yuxiang, Zhou Gengui. Competition game model for incentive and supervision of EOL products recovery[J]. *Journal of Systems Engineering*, 2013, 28(2): 202–210. (in Chinese)
- [11] 郑惠莉, 达庆利. 移动互联网供应链协调机制研究[J]. *管理科学学报*, 2006, 8(5): 31–37.
Zheng Huili, Da Qingli. Supply chain coordination mechanism of mobile internet[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2006, 8(5): 31–37. (in Chinese)
- [12] Wu J, Liu W, Shu H, et al. Research on cooperation mechanism in china telecom supply chain[C] // *Computers & Industrial Engineering*. Troyes: CIE, 2009: 1165–1168.
- [13] 林家宝, 鲁耀斌, 张龙. 移动服务供应链的收益分配机制研究[J]. *管理学报*, 2009, 6(7): 906–909.
Lin Jiabao, Lu Yaobin, Zhang Long. The profit distribution mechanism for mobile service supply chain[J]. *Chinese Journal of Management*, 2009, 6(7): 906–909. (in Chinese)
- [14] 白秀广, 杨洪滨, 舒华英. 多随从 Stackelberg 模型在电信增值业务供应链中的应用研究[J]. *中国通信*, 2010(2): 147–152.
Bai Xiuguang, Yang Hongbin, Shu Huaying. Research on the application of multi-followers Stackelberg model to the telecom value-added service supply chain[J]. *China Communications*, 2010(2): 147–152. (in Chinese)
- [15] 吴军, 田甜, 宁博. 基于移动增值业务的电信服务链建模研究[J]. *系统科学与数学*, 2012, 31(11): 1578–1584.
Wu Jun, Tian Tian, Ning Bo. Modeling of a telecom service chain with mobile value-added service[J]. *Journal of Systems Science and Mathematical Sciences*, 2012, 31(11): 1578–1584. (in Chinese)
- [16] 吴军, 田甜, 欧海鹰, 等. 基于投资合作的电信增值业务服务链研究[J]. *管理评论*, 2012, 24(11): 81–86.
Wu Jun, Tian Tian, Ou Haiying, et al. Research on telecom valued-added service chain with cooperative advertising[J]. *Management Review*, 2012, 24(11): 81–86. (in Chinese)
- [17] 刘国亮, 范云翠. 基于收入共享合同的电信运营商与 SP 的合作机制研究[J]. *软科学*, 2009, 23(9): 11–15.
Liu Guoliang, Fan Yuncui. Research on cooperative mechanism between telecommunications operators and SP based on revenue sharing contract[J]. *Soft Science*, 2009, 23(9): 11–15. (in Chinese)
- [18] 满青珊, 张金隆, 种晓丽, 等. 基于博弈论的移动增值服务价值链协调机制[J]. *管理工程学报*, 2013(2): 177–186.
Man Qingshan, Zhang Jinlong, Chong Xiaoli, et al. A coordinating mechanism for mobile value-added service value chain based on game theory[J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2013(2): 177–186. (in Chinese)
- [19] Zhang J, Gou Q, Liang L, et al. Supply chain coordination through cooperative advertising with reference price effect[J]. *Omega: Management Science and Environmental Issues*, 2013, 41(2): 345–353.
- [20] 移动梦网SP合作管理办法总则(V3.0)[Z]. 北京: 中国移动通信有限公司, 2007.
General measures for the management of SP Monternet cooperation(V3.0)[Z]. Beijing: China Mobile Communications Corporation, 2007. (in Chinese)

作者简介:

李榆 (1989—), 女, 福建福州市, 硕士生, 硕士, 研究方向: 供应链管理: Email: liyufz@bupt.edu.cn;
吴军 (1974—), 男, 湖北十堰市, 博士, 教授, 研究方向: 供应链管理: Email: wujun@mail.buct.edu.cn;
冯艳刚 (1980—), 男, 安徽阜阳市, 博士生, 讲师, 研究方向: 供应链管理: Email: fengyg@bupt.edu.cn.

附录1 π_{SP}^* , π_{MO}^* 的求解过程

电信供应链中, 服务提供商的利润函数为

$$\pi_{SP} = (1 - \varphi)D(p_2) - c_{s1}D(p_2) - c_{s0},$$

电信运营商的利润函数为

$$\pi_{MO} = \varphi p_1 D(p_2) + p_0 D(p_2) - c_{m1} D(p_2) - c_{m0},$$

电信供应链的总利润为

$$\pi_z = \pi_{SP} + \pi_{MO} = p_2 D(p_2) - (c_{s1} + c_{m1}) D(p_2) - c_{s0} - c_{m0}.$$

根据非合作博弈 Stackelberg 模型的, 采用逆向求解法. 首先考虑在通信费 p_0 给定的情况下, SP 对 p_1 进行决策以最大化自己的利润函数, 则 π_{SP} 关于 p_1 的导函数为

$$\frac{d\pi_{SP}}{dp_1} = bc_{s1} - b(1-\varphi)p_1 + (1-\varphi)(a - b(p_0 + p_1)),$$

则令一阶导数为 0, 可得

$$p_1 = \frac{-bc_{s1} + (-1+\varphi)(a - bp_0)}{2b(-1+\varphi)},$$

将 p_1 的表达式代入 π_{MO} 中, 化简得

$$\begin{aligned} \pi_{MO} = & c_{m0} - c_{m1} \left(a - b \left(p_0 + \frac{-bc_{s1} + (-1+\varphi)(a - bp_0)}{2b(-1+\varphi)} \right) \right) + p_0 \left(a - b \left(p_0 + \frac{-bc_{s1} + (-1+\varphi)(a - bp_0)}{2b(-1+\varphi)} \right) \right) + \\ & \frac{\varphi(-bc_{s1} + (-1+\varphi)(a - bp_0)) \left(a - b \left(p_0 + \frac{-bc_{s1} + (-1+\varphi)(a - bp_0)}{2b(-1+\varphi)} \right) \right)}{2b(-1+\varphi)}. \end{aligned}$$

此时, 电信运营商将决策最优的通信费 p_0 以最大化自己的利润, 则由一阶条件 $\frac{d\pi_{MO}}{dp_0} = 0$, 可得

$$p_0^* = \frac{a(-1+\varphi)^2 + bc_{m1}(1-\varphi) - bc_{s1}}{b(-2+\varphi)(-1+\varphi)},$$

将 p_0^* 代入 p_1 的表达式中, 化简得

$$p_1^* = \frac{a(1-\varphi) + bc_{m1}(-1+\varphi) - bc_{s1}(-3+\varphi)}{2b(-2+\varphi)(-1+\varphi)},$$

则在非合作 Stackelberg 博弈模型中, MO 的最优利润为

$$\pi_{MO}^* = -\frac{4bc_{m0}(-2+\varphi) + (-a + bc_{m1} + bc_{s1})^2}{4b(-2+\varphi)},$$

SP 的最优利润为

$$\pi_{SP}^* = -\frac{b^2 c_{m1}^2 (-1+\varphi) + 4bc_{s0}(-2+\varphi)^2 + (-1+\varphi)(a - bc_{s1})^2 + 2bc_{m1}(-1+\varphi)(-a + bc_{s1})}{4b(-2+\varphi)^2}.$$

附录2 Nash 协商模型的求解过程

分别将 $\pi_{SP}, \pi_{MO}, \pi_{SP}^*, \pi_{MO}^*$ 的表达式代入 Lagrange 函数中, 有

$$\begin{aligned} L(p_0, p_1, \mu_1, \mu_2, s_1, s_2) = & \left((1-\varphi)p_1 D(p_2) - c_{s1} D(p_2) - c_{s0} + \right. \\ & \left. \frac{b^2 c_{m1}^2 (-1+\varphi) + 4bc_{s0}(-2+\varphi)^2 + (-1+\varphi)(a - bc_{s1})^2 + 2bc_{m1}(-1+\varphi)(-a + bc_{s1})}{4b(-2+\varphi)^2} \right) \cdot \\ & \left(\varphi p_1 D(p_2) + p_0 D(p_2) - c_{m1} D(p_2) - c_{m0} + \frac{4bc_{m0}(-2+\varphi) + (-a + bc_{m1} + bc_{s1})^2}{4b(-2+\varphi)} \right) + \\ & \mu_1 \left((1-\varphi)p_1 D(p_2) - c_{s1} D(p_2) - c_{s0} + \right. \\ & \left. \frac{b^2 c_{m1}^2 (-1+\varphi) + 4bc_{s0}(-2+\varphi)^2 + (-1+\varphi)(a - bc_{s1})^2 + 2bc_{m1}(-1+\varphi)(-a + bc_{s1})}{4b(-2+\varphi)^2} \right) - \\ & s_1 + \mu_2 \left(\varphi p_1 D(p_2) + p_0 D(p_2) - c_{m1} D(p_2) - c_{m0} - \right. \\ & \left. (-4bc_{m0}(-2+\varphi) + (-a + bc_{m1} + bc_{s1})^2 / (4b(-2+\varphi))) - s_2 \right). \end{aligned}$$

采用无约束问题的求解方法, 将Lagrange函数分别对 $p_0, p_1, \mu_1, \mu_2, s_1, s_2$ 进行求导, 得

$$\begin{aligned} \frac{dL}{dp_0} &= (a + b(c_{m1} - p_0 - \varphi p_1) - b(p_0 + p_1))(-c_{s0} + \\ &\quad \frac{b^2 c_{m1}^2(-1 + \varphi) + 4bc_{s0}(-2 + \varphi)^2 + (-1 + \varphi)(a - bc_{s1})^2 + 2bc_{m1}(-1 + \varphi)(-a + bc_{s1})}{4b(-2 + \varphi)^2} - \\ &\quad c_{s1}(a - b(p_0 + p_1)) + p_1(1 - \varphi)(a - b(p_0 + p_1)) + (bc_{s1} - bp_1(1 - \varphi))(-c_{m0} + \\ &\quad \frac{4bc_{m0}(-2 + \varphi) + (-a + bc_{m1} + bc_{s1})^2}{4b(-2 + \varphi)} - c_{m1}(a - b(p_0 + p_1)) + p_0(a - b(p_0 + p_1)) + \\ &\quad \varphi p_1(a - b(p_0 + p_1))) + \mu_1(bc_{s1} - bp_1(1 - \varphi)) + \mu_2(a + b(c_{m1} - p_0 - \varphi p_1 - (p_0 + p_1))), \\ \frac{dL}{dp_1} &= (b(c_{m1} - p_0 - \varphi p_1) + \varphi(a - b(p_0 + p_1)))(-c_{s0} + \\ &\quad \frac{b^2 c_{m1}^2(-1 + \varphi) + 4bc_{s0}(-2 + \varphi)^2 + (-1 + \varphi)(a - bc_{s1})^2 + 2bc_{m1}(-1 + \varphi)(-a + bc_{s1})}{4b(-2 + \varphi)^2} - \\ &\quad c_{s1}(a - b(p_0 + p_1)) + p_1(1 - \varphi)(a - b(p_0 + p_1)) + (bc_{s1} - bp_1(1 - \varphi) + (1 - \varphi) \cdot \\ &\quad (a - b(p_0 + p_1)))(-c_{m0} + \frac{4bc_{m0}(-2 + \varphi) + (-a + bc_{m1} + bc_{s1})^2}{4b(-2 + \varphi)} - c_{m1}(a - b(p_0 + p_1)) + \\ &\quad p_0(a - b(p_0 + p_1)) + \varphi p_1(a - b(p_0 + p_1))) + \mu_1(bc_{s1} - bp_1(1 - \varphi) + (1 - \varphi)(a - b(p_0 + p_1))) + \\ &\quad \mu_2(b(c_{m1} - p_0 - \varphi p_1) + \varphi(a - b(p_0 + p_1))), \\ \frac{dL}{d\mu_1} &= -c_{s0} + \frac{b^2 c_{m1}^2(-1 + \varphi) + 4bc_{s0}(-2 + \varphi)^2 + (-1 + \varphi)(a - bc_{s1})^2 + 2bc_{m1}(-1 + \varphi)(-a + bc_{s1})}{4b(-2 + \varphi)^2} - \\ &\quad c_{s1}(a - b(p_0 + p_1)) + p_1(1 - \varphi)(a - b(p_0 + p_1)) - s_1, \\ \frac{dL}{d\mu_2} &= -c_{m0} + \frac{4bc_{m0}(-2 + \varphi) + (-a + bc_{m1} + bc_{s1})^2}{4b(-2 + \varphi)} - c_{m1}(a - b(p_0 + p_1)) + p_0(a - b(p_0 + p_1)) + \\ &\quad \varphi p_1(a - b(p_0 + p_1)) - s_2, \\ \frac{dL}{ds_1} &= -\mu_1, \\ \frac{dL}{ds_2} &= -\mu_2. \end{aligned}$$

由Kuhn-Tucker条件, 联立方程组, 得出

$$\begin{aligned} p_0^* &= \frac{-5a - 11bc_{m1} + 5bc_{s1} + \varphi(12a + 20bc_{m1} + 4bc_{s1}) - \varphi^2(9a + 11bc_{m1} + 7bc_{s1}) + \varphi^3(2a + 2bc_{m1} + 2bc_{s1})}{2b(-8 + 16\varphi - 10\varphi^2 + 2\varphi^3)}, \\ p_1^* &= \frac{-3a + 4a\varphi - a\varphi^2 + 3bc_{m1} - 4b\varphi c_{m1} + b\varphi^2 c_{m1} - 13bc_{s1} + 12b\varphi c_{s1} - 3b\varphi^2 c_{s1}}{4b(-4 + 8\varphi - 5\varphi^2 + \varphi^3)}, \\ s_1^* &= \frac{(-1 + \varphi)^2(-a + bc_{m1} + bc_{s1})^2}{8b(-2 + \varphi)^2}, \\ s_2^* &= \frac{(-1 + \varphi)^2(-a + bc_{m1} + bc_{s1})^2}{8b(-2 + \varphi)^2}. \end{aligned}$$