

混合回收渠道下的闭环供应链市场结构分析*

程晋石^{1,2}, 李帮义¹

(1. 南京航空航天大学 经济与管理学院, 南京 211106; 2. 安徽工程大学 管理工程学院, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 研究了一个制造商领导市场、一个零售商和一个第三方回收商共同负责回收且跟随决策的再制造闭环供应链系统。对制造商领导博弈时的四种不同市场结构下($M \rightarrow R + T$ 、 $M \rightarrow R \rightarrow T$ 、 $M \rightarrow T \rightarrow R$ 和 $M \rightarrow C$)的闭环供应链的各方决策变量值以及利润值进行计算及分析,最后采用重复博弈方法对避免劣市场结构($M \rightarrow C$)成立的条件进行了讨论。研究表明,基于以上条件, $M \rightarrow C$ 市场结构下的回收价最低,在 $M \rightarrow R + T$ 市场结构下最高; $M \rightarrow C$ 市场结构下,制造商的利润与供应链利润最低; $M \rightarrow R + T$ 市场结构下的制造商利润最高且供应链利润也最高。 $M \rightarrow R \rightarrow T$ 和 $M \rightarrow T \rightarrow R$ 市场结构的供应链总利润结果完全相同。集团C中的利润分配参数 α 具有不稳定性,使效率最低的 $M \rightarrow C$ 市场结构无法长期存在。

关键词: 闭环供应链; 混合回收渠道; 不同市场结构; 重复博弈

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2013)03-0720-04

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2013.03.019

Market structures analysis of closed-loop supply chain in hybrid recycling channels

CHENG Jin-shi^{1,2}, LI Bang-yi¹

(1. School of Economics & Management, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 211106, China; 2. College of Management Engineering, Anhui Polytechnic University, Wuhu Anhui 241000, China)

Abstract: This paper researched remanufacturing closed-loop supply chain system that composed of a manufacturer which leads game, a retailer and a third-party collector followed the decision which was responsible for recycling. When a manufacturer was the leader of the game, it calculated the decision variables and profits of the closed-loop supply chain under four different market structures($M \rightarrow R + T$ 、 $M \rightarrow R \rightarrow T$ 、 $M \rightarrow T \rightarrow R$ and $M \rightarrow C$), then analyzed the calculated results in-depth. Finally formed the condition to avoid poor market structure ($M \rightarrow C$) based on repeated games. Studies show that: the recovery is lowest in the $M \rightarrow C$ market structure while the highest in the $M \rightarrow R + T$ market structure; the profits of manufacturers and supply chain is the least in the $M \rightarrow C$ market structure while the highest in the $M \rightarrow R + T$ market structure; the total supply chain profits is exactly the same in the $M \rightarrow R \rightarrow T$ and $M \rightarrow T \rightarrow R$ market structure. In the case of mixed recycling channels, the profit distribution parameter α in group C is unstable; something could make the least efficient market structure $M \rightarrow C$ not to exist for a long time.

Key words: closed-loop supply chain (CLSC); hybrid recycling channels; different market structures; repeated game

0 引言

近年来,由于受到环境恶化的影响,很多国家通过制定一系列相关法律法规,要求企业对生产的产品进行回收,并将其的一些可用产品(或产品的一部分)投入再制造的生产过程中。例如,日本的废弃者付费制度以及美国和欧盟的生产者责任制,都表现了各国政府对于回收问题的重视。同时,将正向供应链上并入逆向供应链而形成的完整的闭环型供应链体系(CLSC),对上述企业行为起到了相对较好的实现作用^[1]。但在回收的过程中,产生的回收成本如何在供应链上各节点企业中进行分担,成为供应链成员必须面对的问题。

针对这一点的其中一个研究方向是关于回收渠道的选择问题。研究发现,不恰当的回收渠道的选择会导致回收活动的低效率,使企业无法按计划获得充足稳定的废旧产品和实施再

制造活动。所以,正确地进行回收渠道的选择将对企业提高废旧产品回收率以及促进企业进行再制造闭环供应链的完善起到了重要作用。这里包括很多学者对回收渠道的选择问题进行了研究。Savaskan等人^[2]通过比较三种回收渠道的零售价、回收率和整个渠道的利润来评价每个回收渠道的优劣,对双边垄断型闭环供应链回收渠道的选择问题进行了研究,结果表明,将零售商作为回收渠道是制造商的最佳选择。Savaskan等人^[3]在以上研究的基础上,继续研究了一个垄断制造商与两个竞争零售商的情形;Choi等人^[4]对价格竞争下的正向渠道问题进行了讨论;姚卫新等人^[5]对闭环供应链的渠道模式划分成五种类型,但只研究了生产商如何根据自身的和市场的情况进行选择的问题;王文宾等人^[6]对零售商与第三方负责回收下闭环供应链回收与定价进行了研究,得到了与第三方回收相比零售商回收情形回收努力程度较高的结论;韩小花等人^[7]对制造商竞争环境下的闭环供应链回收渠道进行了分

收稿日期: 2012-07-28; **修回日期:** 2012-09-27 **基金项目:** 国家社会科学基金资助项目(10BGL010); 国家教育部人文社会科学基金资助项目(09YJA630064); 国家教育部高等学校博士点基金资助项目(20113218110024); 江苏省普通高校研究生科研创新计划资助项目(CXLX12-0180)

作者简介: 程晋石(1978-),男,安徽淮南人,讲师,博士研究生,主要研究方向为供应链建模与优化、博弈论理论应用(cjs@ahpu.edu.cn); 李帮义(1963-),男,教授,博导,博士,主要研究方向为供应链建模与优化、委托代理理论。

析,得出了竞争程度低时,制造商选择零售商间接回收产品,竞争程度高时,制造商将选择不回收产品的结论。易余胤^[8]和王旭等人^[9]分别以改进的两部定价契约来实现闭环供应链的协调定价和价格折扣契约下应对突发事件下的闭环供应链协调策略进行了研究。在回收渠道的研究方向中,关于复合回收渠道决策问题的研究也是其一个组成部分。胡燕娟等人^[10]对在只有零售商负责回收的再制造闭环供应链上增加一条由制造商直接回收渠道的情况进行了研究,并分别求出两种情况下供应链合作的最优价格决策和制造商占主导的非合作博弈最优价格决策。叶佑林等人^[11]对在零售商和第三方同时负责废旧品回收情况下,对闭环供应链系统在分散决策和集中决策下的定价模型进行了分析,得到两种情况下各成员的最优利润策略。何波等人^[12]对第三方物流进行回收的情况进行了网络模型的优化。魏洁等人^[13]对EPR环境下的回收模式的选择问题进行了讨论。邢伟等人^[14]对双渠道的情况进行了讨论,并且以渠道公平为条件。

虽然以上学者对混合回收渠道的情况有所涉及,但并未考虑制造商领导市场的情况下,随后决策的两方的顺序不同对各方收益的影响;同时也没有考虑这些市场结构之间可能存在的演化关系及条件。所以,本文在以上学者研究的基础上,考虑制造商领导市场时以及零售商和第三方回收商混合回收情况下,对四种不同市场结构下的各方收益进行比较分析,最后给出了避免出现不利于制造商及供应链效益的市场结构的条件。

1 问题描述

1.1 闭环供应链结构

为简化问题,本文将对一个领导市场的制造商(M)、共同负责回收的一个零售商(R)和一个第三方回收商(TPL)的混合回收渠道闭环供应链进行研究。闭环供应链的结构如图1所示。

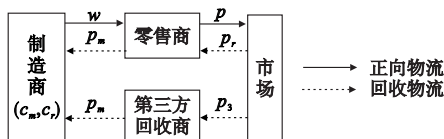


图1 混合回收闭环供应链模型

1.2 问题描述及假设

假设M、R和TPL都是以最大化自身利润为目标的完全理性且风险中性的市场参与者;假设各方之间的信息都是完全信息,互相可以完全了解到对方的成本、定价等信息。M是博弈的领导者,假定回收的废旧产品数量足以满足M生产再制造产品的需求,并且M已经构建了回收物流网络,所以单位回收费用忽略不计^[15]。

w 为产品的批发价格,是M的决策变量;M用新原料生产产品和废旧品生产的产品的单位生产成本分别为 c_m 和 c_r ($c_m > c_r$),令 $\Delta = c_m - c_r$,表示M可以节约的单位生产成本,为保证闭环供应链的运作,要求 $p_m < \Delta$ 。假定回收品全部用于再制造。

p 为产品价格,是R的决策变量。假定新产品与再制品售价 p 相同,需求函数由 $Q = a - bp$ 决定, a 表示市场容量, b 为消费者对价格 p 的敏感程度($a > 0, b > 0$)。 p_r 为R从市场上回收产品时所支付的单位价格,也为R的决策变量; p_3 为TPL从市场上回收产品所支付的单位价格,是TPL的决策变量。 p_r 为R从市场上回收产品所支付的价格,是R的决策变量。R和TPL从M处都获得单位回收补贴 p_m 。

与文献[10]相同,假设R和TPL的回收量分别为 $k + hp_r -$

sp_3 和 $k + hp_3 - sp_r$,其中 k 为市场固定返还旧产品的数量, h 表示市场对某回收方的回收价格的敏感系数, s 为R和TPL的回收市场竞争系数,这里 $k > 0$ 且 $h > s > 0$ 。本文将要讨论M→R+T、M→R→T、M→T→R和M→C四种市场结构下的闭环供应链的效益。M→R→T和M→T→R市场结构的表达式由左向右表达各方决策的顺序;M→R+T表示M先决策,R和TPL随后同时决策;M→C表示M先决策,R和TPL随后进行集中决策。文中带有下标M、R、T的变量分别代表M、R和TPL的相应变量,带有上标*和相应字母的结合表示各种市场结构下的最优值。根据以上假设,各方的利润函数分别为

$$\begin{cases} \pi_M = (w - c_m)(a - bp) + (\Delta - p_m)(k + hp_3 - sp_r + k + hp_r - sp_3) \\ \pi_R = (p - w)(a - bp) + (p_m - p_r)(k + hp_r - sp_3) \\ \pi_T = (p_m - p_3)(k + hp_3 - sp_r) \end{cases} \quad (1)$$

2 各市场结构博弈模型计算及分析

本章将研究M领导市场时,由R和TPL共同负责回收的四种市场结构下的各方收益。令 $X = 2h^2 - 3hs + s^2$, $Y = (s - 2h)^2$, $L = (k + \Delta(h - s))^2$, $H = 2h^3 - 2h^2s - hs^2 + s^3$, $T = (s^2 - 2h^2)^2$ 。

2.1 M→R+T模式

M→R+T这种市场结构表示M为博弈领导者,并将委托R和TPL双方共同回收,且两方同时行动。根据逆向归纳法可求得

$$\begin{cases} w^* = \frac{a + bc_m}{2b} \\ p_m^* = \frac{k + \Delta(s - h)}{2(s - h)} \\ p^* = \frac{3a + bc_m}{4b} \\ p_3^* = p_r^* = \frac{(\Delta h - 2k)(h - s) - hk}{2(h - s)(2h - s)} \end{cases} \quad (2)$$

由式(2)可求得各方的最优利润值为

$$\begin{cases} \pi_M^* = \frac{(a^2X - 2abc_mX + b(4hL + bc_m^2X))}{8bX} \\ \pi_R^* = \frac{(a^2Y - 2abc_mY + b(4hL + bc_m^2Y))}{16bY} \\ \pi_T^* = \frac{hL}{4Y} \end{cases}$$

2.2 M→R→T市场结构

M→R→T这种市场结构下,M先行决策,然后R根据M的决策结果再确定自己的决策,最后TPL要看到R的决策值后再确定自身的决策值。所以得到

$$\begin{cases} w^* = \frac{a + bc_m}{2b} \\ p^* = \frac{3a + bc_m}{4b} \\ p_m^* = \frac{k + \Delta(s - h)}{2(s - h)} \\ p_3^* = \frac{\Delta(4h^4 - 2h^3s - 3h^2s^2 + s^4) - k(12h^3 - 2h^2s - 7hs^2 + s^3)}{8h^3 - 4hs^2} \\ p_r^* = \frac{k(3s^2 + hs - 6h^2) + \Delta(2h^3 - h^2s - 2hs^2 + s^3)}{4(h - s)(2h^2 - s^2)} \\ \pi_M^* = \frac{2a^2hH - 4abc_mhH + b(L(8h^3 + 4h^2s - 3hs^2 - s^3) + 2bc_m^2hH)}{16bhH} \\ \pi_R^* = \frac{4abc_mh(s^2 - 2h^2) + a^2(4h^3 - 2hs^2) + b(L(2h + s)^2 + 2bc_m^2h(2h^2 - s^2))}{32bh(2h^2 - s^2)} \\ \pi_T^* = \frac{L(s^2 - 4h^2 - 2hs)^2}{64hT} \end{cases}$$

2.3 M→T→R 市场结构

此时与 2.2 节相同, M 领导博弈, 只是 R 和 TPL 的决策顺序发生了变化。可求得各决策值及最优利润值为

$$\begin{cases} w^* = \frac{a + bc_m}{2b} \\ p_m^* = \frac{k + \Delta(s - h)}{2(s - h)} \\ p_3^* = \frac{k(3s^2 + hs - 6h^2) + \Delta(2h^3 - h^2s - 2hs^2 + s^3)}{4(h - s)(2h^2 - s^2)} \\ p_r^* = \frac{\Delta(4h^4 - 2h^3s - 3h^2s^2 + s^4) - k(12h^3 - 2h^2s - 7hs^2 + s^3)}{8hH} \\ p^* = \frac{3a + bc_m}{4b} \\ \pi_M^* = \frac{2a^2hH - 4abc_mhH + b(L(8h^3 + 4h^2s - 3hs^2 - s^3) + 2bc_m^2hH)}{16bhH} \\ \pi_R^* = \frac{4a^2hT - 8abc_mhT + b(L(s^2 - 2hs - 4h^2)^2 + 4bc_m^2hT)}{64bhT} \\ \pi_T^* = \frac{L(2h + s)^2}{64h^3 - 32hs^2} \end{cases}$$

2.4 M→C 市场结构

M→C 这种市场结构是指 M 处于领导地位, 委托 R 和 TPL 共同回收产品, 此时 R 和 TPL 共同商定组成集团 C 以应对 M 的决策, 共同确定双方相关决策变量的值。计算顺序为 M 先行决策, 然后 R 和 TPL 根据 M 的决策结果实施集中决策。根据逆向归纳法可得到如下各最优值:

$$\begin{cases} w^* = \frac{a + bc_m}{2b} \\ p_m^* = \frac{k + \Delta(s - h)}{2(s - h)} \\ p_r^* = p_3^* = \frac{\Delta(h - s) - 3k}{4(h - s)} \\ p^* = \frac{3a + bc_m}{4b} \\ \pi_M^* = \frac{b(2L + bc_m^2(h - s)) + a^2(h - s) + 2abc_m(s - h)}{8b(h - s)} \\ \pi_{R+T}^* = \frac{b(2L + bc_m^2(h - s)) + a^2(h - s) + 2abc_m(s - h)}{16b(h - s)} \end{cases}$$

2.5 博弈结果分析

将由上述四种市场结构的博弈结果整理, 使用 Mathematica 7.0 对下列相同类型的各值之差进行计算, 并对结果进行比较分析, 得到如下命题。

命题 1 各种市场结构下的 w 、 p 和 p_m 分别满足 $w^{*M \rightarrow R+T} = w^{*M \rightarrow R \rightarrow T} = w^{*M \rightarrow T \rightarrow R} = w^{*M \rightarrow C}$ 、 $p_m^{*M \rightarrow R+T} = p_m^{*M \rightarrow R \rightarrow T} = p_m^{*M \rightarrow T \rightarrow R} = p_m^{*M \rightarrow C}$ 和 $p^{*M \rightarrow R+T} = p^{*M \rightarrow R \rightarrow T} = p^{*M \rightarrow T \rightarrow R} = p^{*M \rightarrow C}$ 。

由命题 1 得知, 四种市场结构下的 w 、 p 和 p_m 都是相同的。这说明在混合回收渠道的闭环供应链中, 当 M 领导博弈时, 无论其他两方的决策结构如何, 对这三个变量的最优值没有影响。四种市场结构的 w 相同, 也就导致了 p 也相同, 而且各市场结构的回收补贴 p_m 也相同。这说明在 M 领导市场时, 其对市场的影响力是非常大的, 即使 M→C 的市场结构下, M 制定的 p_m 也不会因为可以预见到的自身利润的降低而改变。

命题 2 各种市场结构下的 p_r 和 p_3 分别满足 $p_r^{*M \rightarrow C} < p_r^{*M \rightarrow R \rightarrow T} < p_r^{*M \rightarrow T \rightarrow R} < p_r^{*M \rightarrow R+T}$ 和 $p_3^{*M \rightarrow C} < p_3^{*M \rightarrow R \rightarrow T} < p_3^{*M \rightarrow T \rightarrow R} < p_3^{*M \rightarrow R+T}$ 。

由命题 2 可以看到, 在 M 领导博弈的情况下, 无论是 R 制

定的回收价还是 TPL 制定的回收价, 都是在 M→C 市场结构下最低, 在 M→R+T 市场结构下最高。这说明在 M→C 市场结构下, R 和 TPL 联合起来的结果是, 市场导致回收价最低, 在 p_m 不变的情况下差价最大。而 M→R+T 市场结构下两方的回收价最高, 说明 R 和 TPL 在回收时的竞争行为导致了返品回收价过高。另外, R 和 TPL 的决策次序的不同, 导致双方的回收价格产生了互相替换的效果。这说明若哪方紧随 M 进行决策, 哪方的回收价就高于另一方, 这体现了市场上的先动优势。

命题 3 各方利润在各市场结构下满足 $\pi_M^{*M \rightarrow C} < \pi_M^{*M \rightarrow T \rightarrow R} = \pi_M^{*M \rightarrow R \rightarrow T} < \pi_M^{*M \rightarrow R+T}$ 、 $\pi_R^{*M \rightarrow R+T} < \pi_R^{*M \rightarrow R \rightarrow T} < \pi_R^{*M \rightarrow T \rightarrow R} < \pi_R^{*M \rightarrow C}$ 、 $\pi_T^{*M \rightarrow R+T} < \pi_T^{*M \rightarrow R \rightarrow T}$ 和 $(\pi_{TPL}^{*M \rightarrow R+T} + \pi_R^{*M \rightarrow R+T}) < (\pi_{TPL}^{*M \rightarrow R \rightarrow T} + \pi_R^{*M \rightarrow R \rightarrow T}) = (\pi_{TPL}^{*M \rightarrow T \rightarrow R} + \pi_R^{*M \rightarrow T \rightarrow R}) < \pi_C^{*M \rightarrow C}$ 。

由命题 3 得知, M 的利润在 M→C 市场结构下最低, 在 M→R+T 市场结构时最高, 而在 M→R→T 和 M→T→R 市场结构时居中且相同。这说明 M→C 市场结构下, R 和 TPL 通过完全的合作来对抗 M, 让 M 的利润有所损失。相反, M→R+T 市场结构下 R 和 TPL 的竞争行为导致双方的回收价较低, 使得 M 的利润相应提高。在不考虑 M→C 市场结构时, TPL 和 R 的利润却都出现了紧随 M 决策时利润偏低的奇怪现象, 这似乎违背了先动优势的常态。这是由于在混合回收的市场结构下, 哪方紧随 M 决策, 哪方就要承担比不紧随 M 决策时更多的回收责任, 这也是因为 M 的领导力强所导致的。而在考虑 M→C 市场结构时, 各市场结构下的 TPL 和 R 的利润之和为在 M→C 市场结构时最大, 说明了集团 C 对抗 M 的有效性。

综合命题 1~3 得知, 由于 M 为闭环供应链的领导者, 其对供应链的影响力非常大, 这也符合现实的情况。M 是供应链上的核心企业, 产品的起点和终点都是由它而生, 销售商依靠 M 生产的产品才可以销售, 而 TPL 必须有返品的产生才会有保证利润产生的物流量, 而且从上述模型中的各市场结构下的产品价格和批发价相等来看, 更说明了 M 领导力的强大。而 M→R+T 市场结构下供应链上企业的总利润最高, 而且由于两个回收渠道的回收价都较高, 由此带来的消费者效用最大并且 M 的利润也最大, 这种市场结构比较有利于 M 生产的产品在消费者中知名度效应的增加, 说明 R 和 TPL 的竞争行为给社会福利的增加带来正效应。而且, M→R→T 和 M→T→R 市场结构的供应链总利润结果完全相同, 但只是说明这两种市场结构的利润结果在数值上相同, 并不代表现实中两种市场结构下的博弈结果是相同的, 现实中这两种市场结构还是有区别的, 但从理论探讨上得知双方区别并不是很大。

另外, 虽然 M 处于领导者地位, 但在 R 和 TPL 产生合作行为时的 M→C 市场结构下, 对 M 的利润影响较大。所以, M 须时刻注意 R 和 TPL 合作动机产生的可能性, 以应对这种不利于自身的市场结构的产生。在 M→C 市场结构下, R 和 TPL 进行深度合作代表着对回收市场的垄断以求对抗 M, 这种垄断行为带来的低回收价也导致了低回收量。这对于依靠再制造来提高利润的 M 来说, 在回收补贴不变的情况下, 使 M 的利润损失很大, 同时也使供应链总利润降低, 并且消费者效用也非常低。由此, 低效率的 M→C 市场结构应该尽可能被避免, 所以, 这种市场结构是建立在 R 和 TPL 签订的契约稳定性(约束力)强的基础上。若契约的约束力不强, 则集团就会瓦解。下文将对如何保证集团 C 无法成立的条件进行分析。

3 M→C 市场结构不成立的条件

由上节的分析得知,在 M 领导博弈为前提下,对于参与市场博弈的各方来说,M→C 市场结构是效率最低的市场结构形式。如果要避免这种市场结构的出现,必须对集团 C 的稳定性进行研究,考虑如何让集团 C 不会长期(n 期)保持下去。而这种长期性在博弈过程就是表现为 R 与 TPL 之间的重复博弈问题。

假设在 M→C 市场结构下,集团 C 中的 R 和 TPL 通过契约确定双方的利润分成比例分别为 α 和 $1-\alpha$,所以此时

$$\pi_R^{*M \rightarrow C} = \frac{\alpha(b(2L + bc_m^2(h-s)) + a^2(h-s) + 2abc_m(s-h))}{16b(h-s)}$$

$$\pi_T^{*M \rightarrow C} = \frac{(1-\alpha)(b(2L + bc_m^2(h-s)) + a^2(h-s) + 2abc_m(s-h))}{16b(h-s)}$$

此时,某一方出现的背叛行为必然是在某期从四种市场结构中寻找一个自身利润最大的情形进行临时性的决策,而另一方可以发现背叛方的背叛行为,同时作出自己的决策。由前面的计算结果得知, $\pi_T^{*M \rightarrow C} < \pi_T^{*M \rightarrow R+T}$ 和 $\pi_R^{*M \rightarrow C} < \pi_R^{*M \rightarrow R+T}$ 不可能同时成立。所以,在某阶段合作的一方出现背叛行为,采取严酷战略的另一方则在下阶段必然选择 M→R+T 市场结构下的决策。此处令 δ 为贴现因子,可以得到如下命题。

命题 4 当 $\frac{L(s^2 - 4h^2 - 2hs)^2}{64hT} + \frac{\delta hL}{(1-\delta)4Y} > \frac{\delta(1-\alpha)(b(2L + bc_m^2(h-s)) + a^2(h-s) + 2abc_m(s-h))}{16b(h-s)(1-\delta)}$

时,M→C 市场结构才不会长期存在。

证明 当 $\pi_T^{*M \rightarrow C} < \pi_T^{*M \rightarrow R+T}$ 时,此时集团 C 中的 TPL 可能发生背叛行为,所以在这种情况下 R 将采用严酷战略。在无限期博弈中,TPL 选择合作的总收益为

$$\frac{\delta(1-\alpha)(b(2L + bc_m^2(h-s)) + a^2(h-s) + 2abc_m(s-h))}{16b(h-s)(1-\delta)}$$

TPL 选择背叛的总收益为

$$\frac{L(s^2 - 4h^2 - 2hs)^2}{64hT} + \frac{\delta hL}{(1-\delta)4Y}$$

所以要使集团 C 瓦解,必须使

$$\frac{L(s^2 - 4h^2 - 2hs)^2}{64hT} + \frac{\delta hL}{(1-\delta)4Y} > \frac{\delta(1-\alpha)(b(2L + bc_m^2(h-s)) + a^2(h-s) + 2abc_m(s-h))}{16b(h-s)(1-\delta)}$$

命题 4 得证。

命题 5 当

$$\frac{4a^2hT - 8abc_mhT + b(L(s^2 - 2hs - 4h^2)^2) + 4bc_m^2hT}{64bhT} + \frac{\delta(a^2Y - 2abc_mY + b(4hL + bc_m^2Y))}{16bY(1-\delta)} > \frac{\alpha\delta(b(2L + bc_m^2(h-s)) + a^2(h-s) + 2abc_m(s-h))}{16b(h-s)(1-\delta)}$$

时,M→C 市场结构不会长期存在。

证明 当 $\pi_R^{*M \rightarrow C} < \pi_R^{*M \rightarrow R+T}$ 时,此时集团 C 中的 R 可能发生背叛行为,所以在这种情况下第三方面回收商将采用严酷战略。在无限期博弈中,R 选择合作的总收益为

$$\frac{\alpha\delta(b(2L + bc_m^2(h-s)) + a^2(h-s) + 2abc_m(s-h))}{16b(h-s)(1-\delta)}$$

R 选择背叛的总收益为

$$\frac{4a^2hT - 8abc_mhT + b(L(s^2 - 2hs - 4h^2)^2) + 4bc_m^2hT}{64hT}$$

$$\frac{\delta(a^2Y - 2abc_mY + b(4hL + bc_m^2Y))}{16bY(1-\delta)}$$

若集团 C 瓦解,必须使

$$\frac{4a^2hT - 8abc_mhT + b(L(s^2 - 2hs - 4h^2)^2) + 4bc_m^2hT}{64bhT} + \frac{\delta(a^2Y - 2abc_mY + b(4hL + bc_m^2Y))}{16bY(1-\delta)} > \frac{\alpha\delta(b(2L + bc_m^2(h-s)) + a^2(h-s) + 2abc_m(s-h))}{16b(h-s)(1-\delta)}$$

命题 5 得证。

综合命题 4 和 5,若让 M→C 市场结构无法长久实现, α 在其中所起的作用是非常重要的。将两命题的条件式进行移项,将 δ 移到一边,易得到命题 4 成立的条件是要求 α 尽可能地大,命题 5 成立的条件是要求 α 尽可能地小。由此可以得知 α 的值带有不稳定性,所以此时 M→C 市场结构并不是一个稳定的结构。只要 M 或者其他外界主体用相关政策和策略对 R 或者 TPL 组成的集团进行干扰,集团 C 将会被瓦解,并回到 M→R+T 市场结构。

4 结束语

本文研究了制造商领导博弈时的四种不同市场结构下的混合回收渠道闭环供应链模型,给出了各市场结构(M→R+T、M→R→T、M→T→R 和 M→C)的回收价、批发价、零售价、转移价格以及各方的总利润。较之于以前的研究,本文对制造商领导的混合回收渠道下的市场结构的演化问题进行了更为深入的分析,并取得了保证低效率市场结构不存在的条件。本文有如下结论:在制造商领导的混合回收渠道的闭环供应链中,M→C 市场结构下的回收价最低,在 M→R+T 市场结构下最高;四种市场结构下的 p_m 相同。M→C 市场结构下,制造商的利润最低;相反,M→R+T 市场结构下制造商的利润最高。在考虑 M→C 市场结构时,各市场结构下的第三方回收商和零售商的利润之和为在 M→C 市场结构时最大,M→R+T 市场结构时最小,M→R→T 和 M→T→R 市场结构的供应链总利润结果完全相同。在混合回收渠道的情况下,集团 C 中的利润分配参数 α 具有不稳定性,制造商只要采取一些政策使 α 处于一个区间内,可以保证效率最低的 M→C 市场结构无法长期存在。上述结论对制造商领导的混合回收渠道的再制造闭环供应链上的各企业制定相关回收策略方面提供了一些理论依据和有益的建议。

参考文献:

- [1] 吴怡,诸大建.生产者责任延伸制的 SOP 模型及激励机制研究[J].中国工业经济,2008,240(3):33-39.
- [2] SAVASKAN R C, BHATTACHARYA S, WASSENHOVE L V. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing[J]. Management Science, 2004,50(2):239-253.
- [3] SAVASKAN R C, WASSENHOVE L V. Reverse channel design: the case of competing retailers[J]. Management Science, 2006,52(5):1-14.
- [4] CHOI S C. Price competition in a channel structure with a common retailer[J]. Marketing Science, 1991,10(4):271-296.
- [5] 姚卫新,陈梅梅.闭环供应链渠道模式的比较研究[J].商业研究,2007,390(1):51-54.

(下转第 727 页)

表3 执行时间比较

/s

数据集	CBA	Lazy	本文方法	数据集	CBA	Lazy	本文方法
anneal	8.9	137.8	10.3	iris	0.1	0.4	0.1
austra	77.9	392.4	85.2	labor	0.3	0.2	0.3
auto	1.1	2.9	1.3	led7	7.9	609.1	8.5
breast	3.8	40.4	4.1	lymp	108.6	26.0	113.4
cleve	10.1	22.8	10.5	vehicle	483.3	560.8	504.2
crx	81.0	402.3	81.9	wave	252.0	8508.4	364.6
glass	0.5	1.4	0.6	wine	10.9	17.7	12.1
heart	3.2	11.1	3.5	zoom	4.4	7.3	5.0
hepati	74.6	45.0	75.4	average	68.42	603.57	77.07
horse	103.0	78.3	106.2				

从表2中可以看出,本文方法在准确率上优于CBA及Lazy方法。与CBA算法相比,本文方法的平均准确率提高了3.3%;与Lazy方法相比,本文方法的平均准确率提高了2.2%。具体而言,本文方法在18个数据集集中的12个表现出了更好的分类准确率(在表2中用*标记)。

从表3中可以看出,本文方法在执行时间方面远远少于Lazy方法,略多于CBA方法。具体而言,本文方法在18个数据集集中的14个数据集(除hepati、horse、iris、lymp)的执行时间均少于Lazy方法。这证明本文的方法在执行效率上较Lazy方法高,同时说明Lazy方法在待分类样本较少、属性较多时挖掘的效率较高,但当待分类样本很多时,按照现有Lazy方法投影得到的训练集也会相应增大,极端情况下,将和现有的训练集一样,效率很低。

表2、3的结果验证了本文的方法——结合显式学习方法与Lazy方法性能更加优越,不仅解决了显式学习中的small disjunction问题,提高了整体的准确率,还在执行效率上较Lazy方法高,解决了Lazy方法的效率问题。

4 结束语

本文提出了一种基于混合策略的关联分类方法。分析和实验结果表明,本文方法在准确率和执行效率方面均达到了较好的效果。它有机地把显式学习和Lazy方法结合起来,使两个模式的优点得以发挥:a)在算法方面,采用Lazy方法解决了显式学习模式存在的small disjunction问题,提高了分类准确率;b)在整体执行效率方面较Lazy方法有很大的提高,解决了现有的Lazy关联分类的效率问题以及实用性问题。

本文的进一步工作是继续优化该算法的显式模式与Lazy模式两个方面,提高分类准确率,并与其他分类算法作进一步比较。

参考文献:

- [1] THABTAH F. A review of associative classification mining[J]. *The Knowledge Engineering Review*, 2007, 22(1): 37-65.
- [2] VELOSO A, MEIRA W, ZAKI M J. Lazy association classification [C]//Proc of the 6th IEEE International Conference on Data Mining. 2006: 645-654.
- [3] LIU Bing, HSU W, MA Yi-ming. Integrating classification and association rule mining [C]//Proc of the 4th International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. New York: American Association for Artificial Intelligence, 1998: 80-86.
- [4] LI Wen-min, HAN Jia-wei, PEI Jian. CMAR: accurate and efficient classification based on multiple class-association rules [C]//Proc of IEEE International Conference on Data Mining. Washington DC: IEEE Computer Society, 2001: 369-376.
- [5] YIN Xiao-xin, HAN Jia-wei. CPAR: classification based on predictive association rules [C]//Proc of SIAM International Conference on Data Mining. San Francisco: SDM, 2003: 331-335.
- [6] 武建华, 沈均毅, 王元元. 一种改进的关联分类算法[J]. *计算机工程*, 2009, 35(9): 63-65.
- [7] 赵传中, 何顺刚, 杨吉宏, 等. 基于多分类—关联规则的数据流分类算法[J]. *计算机工程*, 2010, 36(9): 38-40.
- [8] 郑滢, 朱群雄. 基于用户兴趣度的FP-TREE算法的改进与应用[J]. *计算机工程与应用*, 2012, 48(11): 143-147.
- [9] HOLTE R, AACKER L, PORTER B. Concept learning and the problem of small disjuncts [C]//Proc of International Joint Conference on Artificial Intelligence. Detroit: Artificial Intelligence, 1989: 813-818.
- [10] BARALIS E, CHIUSANO S, GARZA P. A lazy approach to associative classification [J]. *IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering*, 2008, 20(2): 156-171.
- [11] GENG L, HAMILTON H J. Interestingness measures for data mining: a survey [J]. *ACM Computing Surveys*, 2006, 38(3): 1-32.
- [12] PEI Jian, HAN Jia-wei, MAO Run-ying. CLOSESET: an efficient algorithm for mining frequent closed itemsets [C]//Proc of ACM SIGMOD Workshop on Research Issues in Data Mining and Knowledge Discovery. 2000: 21-30.
- [13] FRIEDMAN J, KOHAVI R, YUN Y. Lazy decision trees [C]//Proc of the 3rd National Conference on Art Intelligence. Portland: The Association for the Advancement of Artificial Intelligence. 1996: 717-724.
- [14] WANG Ke, ZHOU Sen-qiang, HE Yu. Growing decision trees on support-less association rules [C]//Proc of the 6th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. New York: ACM Press, 2000: 265-269.

(上接第723页)

- [6] 王文宾, 达庆利. 零售商与第三方回收下闭环供应链回收与定价研究[J]. *管理工程学报*, 2010, 24(2): 130-133.
- [7] 韩小花. 基于制造商竞争的闭环供应链回收渠道的决策分析[J]. *系统工程*, 2010, 28(5): 36-41.
- [8] 易余胤. 基于再制造的闭环供应链协调定价研究[J]. *商业经济与管理*, 2009, 215(9): 17-22.
- [9] 王旭, 张男, 王银河. 价格折扣契约下应对突发事件下的闭环供应链协调策略[J]. *计算机应用研究*, 2012, 29(7): 2450-2453.
- [10] 胡燕娟, 关启亮. 基于复合渠道回收的闭环供应链决策模型研究[J]. *软科学*, 2009, 23(12): 13-17.
- [11] 叶佑林, 吴文秀. 混合回收渠道的闭环供应链协调模型研究[J].

科技管理研究, 2010, 6(17): 227-230.

- [12] 何波, 杨超, 任鸣鸣. 基于第三方物流的产品回收物流网络优化模型及算法[J]. *计算机集成制造系统*, 2008, 14(1): 39-44.
- [13] 魏洁, 李军. EPR下的逆向物流回收模式选择研究[J]. *中国管理科学*, 2005, 13(6): 18-22.
- [14] 邢伟, 汪寿阳, 赵秋红, 等. 考虑渠道公平的双渠道供应链均衡策略[J]. *系统工程理论与实践*, 2011, 31(7): 1249-1256.
- [15] BHATTACHARYA S, Jr GUIDE V D R, Van WASSENHOVE L N. Optimal order quantities with remanufacturing a cross new product generations [J]. *Production and Operations Management*, 2006, 15(3): 421-431.