

doi:10.16055/j.issn.1672-058X.2022.0006.006

3PL 服务商参与下生鲜农产品供应链融资策略研究

王 博, 李莉英, 李小兵, 刘光安

(重庆交通大学 数学与统计学院, 重庆 400074)

摘 要:针对物流服务水平影响市场需求的情形,为探究农产品制造商的资金约束对供应链运作的影响,构建了银行首先决策、而后零售商和 3PL 服务商同时决策、制造商最后决策的动态博弈模型;基于拉动式订购合同,在银行融资模式下,分别求解得出制造商的最优生产决策、零售商的最优采购决策、3PL 服务商的最优服务水平决策,以及银行的利率决策;结果表明:当 3PL 服务商提供的服务水平越高,农产品的市场需求就越大,制造商就会生产更多的农产品;当银行提高贷款利率时,制造商的融资成本增加使其减少生产量;当零售商提高采购价格时,会激励制造商提高生产量;最后,通过算例对制造商的初始资金、运输价格,以及市场需求对服务水平的敏感度进行了灵敏度分析。

关键词:3PL 服务商;银行融资;资金约束;农产品供应链

中图分类号:F274

文献标志码:A

文章编号:1672-058X(2022)06-0048-08

0 引 言

在农业生产中,由于前期生产资料投入较多,并且生产过程中容易受到天气、种子质量、病毒侵害等不可控因素的影响,使得农作物投入与产出不一致,从而导致农产品生产者的生产经营承受很大的资金压力^[1]。另外,农产品,尤其是生鲜农产品,在长距离的运输过程中容易腐烂变质。较之于工业品,农产品对物流的要求更高,大多数农产品在运输中需要采用防潮、保鲜、冷藏等措施。供需双方若采用自营物流方式,成本高且效率低^[2]。因此,传统的农产品供应链常常将其物流服务外包给第三方物流 3PL 服务商。通过采用先进技术、综合标准、智能化信息系统,第三方物流服务大大降低了运输、仓储、配送等过程中农产品的数量损失率,且显著提高了

新鲜度^[3]。基于此,拟研究第三方物流企业参与下的农产品供应链融资策略。

供应链融资是当前运作管理领域最受关注的研究方向之一。在供应链金融的相关研究当中,部分文献在市场需求不确定的情况下研究了银行信贷融资^[4-7]和贸易信用融资^[8-11]解决供应链成员资金不足的问题。还有部分文献对上述两种融资方式进行了比较分析。例如,Zhou 和 Groenevelt^[12]通过数值分析指出,银行信贷比贸易信用更受供应链成员的欢迎。而 Kouvelis 和 Zhao^[13]研究得出,当贸易信用合同在结构上优化时,零售商更喜欢贸易信用融资。Jing 等^[14]调查发现,受资金约束的零售商更喜欢哪种融资方式与制造商的生产成本大小有关。在买方融资背景下,Chen 等^[15]指出,融资均衡是银行信贷还是贸易信用(提前支付)也与制造商的生产成本相关。还有少量文献考虑了银行信贷与贸易信用的

收稿日期:2021-05-10;修回日期:2021-10-25.

基金项目:重庆市基础与前沿研究计划项目(CSTC2020jCYJ-MSXMX0076);重庆市研究生导师团附建设项目(JDDSTD201802).

作者简介:王博(1997—),男,河南濮阳人,硕士,从事物流与供应链管理研究.

通讯作者:李莉英(1975—),女,四川自贡人,副教授,博士,从事物流与供应链管理研究. Email:llying-111@163.com

综合融资方式^[16-18]。然而,以上文献未考虑物流外包给 3PL 服务商时的供应链融资策略问题。

关于供应链环境下物流外包已有大量的研究文献。文献[19-22]假定 3PL 服务商通过提供简单的运输服务来获取运费的转移支付,研究了基于物流外包的供应链决策及协调。近年来,随着物流行业的快速发展,3PL 服务商不仅提供运输服务,还提供库存管理、金融服务、冷链服务等价值增值服务^[23]。例如,Zhang 等^[24]研究了当 3PL 服务商提供仓储和运输服务的定价决策。Chen 和 Cai^[25]、Huang 等^[26]考虑了 3PL 服务商参与的供应链融资决策。Cai 等^[27]、Wu 等^[28]、Yu 和 Xiao^[3]研究了 3PL 服务商提供冷链物流服务时生鲜农产品供应链的均衡策略及协调。吴庆和但斌^[29]、冯颖等^[30]假定物流服务水平影响市场需求的情形下,探讨了外包物流渠道的协调问题。以上文献虽然将 3PL 服务商作为决策成员引入到供应链中来,但很少考虑成员存在资金约束时供应链的融资决策问题,除了文献[25]和[26]。并且,这两篇文章都没有考虑物流服务水平影响市场需求的情况。

综上,研究物流外包情形下资金约束供应链融资问题的文献很少。假定物流服务水平影响需求的情形下,采用银行信贷融资方式,研究一个由资金约束制造商、零售商、3PL 服务商和银行组成的四级生鲜农产品供应链的均衡决策问题。与国内外相关文献相比,创新之处体现在:研究了物流服务水平影响需求且制造商存在资金约束情形下的生鲜农产品供应链的银行融资问题;制造商与零售商的贸易基于“拉动式合同”,即零售商根据实际需求订购产品;农产品的采购价格为内生变量,且由零售商决定。

1 问题描述与符号说明

1.1 问题描述

考虑一个农产品四级供应链系统:由单个资金约束制造商、单个零售商、单个 3PL 服务商和一家银行构成。假定制造商为一个中小型农产品生产企业,生产投入面临资金不足的压力,需要向银行申请贷款。制造商在一个单周期内生产生鲜农产品,并通过零售商销往终端市场。其中,物流服务外包给 3PL 服务商,物流成本由零售商承担。由于考虑的是生鲜农产品,因此 3PL 服务商提供的服务水平 e

显著地影响市场需求。将文献[3]中的确定性市场需求函数推广到随机的情形,假定需求函数为 $D = a - bp + ne + \varepsilon$,需求的线性部分记为 $Z = a - bp + ne$,则需求也可表示为 $D = Z + \varepsilon$ 。其中 a 表示潜在的市场需求, b 和 n 分别度量市场需求对零售价格 p 和物流服务水平 e 的敏感性。 ε 为随机影响因子,其概率密度函数和分布函数分别为 $f(x)$ 和 $F(x)$, $x \in [0, +\infty)$ 。物流服务成本为 $ve^2/2$,其中 v 反映了 3PL 服务商提供物流服务的成本有效性。在运作和营销管理文献中经常采用这种二次函数形式的服务成本^[3,31]。

1.2 模型假设

假设 1:所有信息对于供应链成员来说,均是共同知识,且制造商、零售商和 3PL 服务商均是风险中性的。

假设 2: $w > (1+r)C$,即采购价格大于制造商单位产品的实际成本,否则制造商退出供应链。

假设 3:随机需求因子 ε 具有严格递增的失效率(GFR)函数^[32],即 $h(x) = f(x)/\bar{F}(x)$ 关于 x 单调递增,其中 $\bar{F}(x) = 1 - F(x)$ 。

假设 4:银行处于完全竞争的资本市场^[16-17],银行的期望利润为零。

假设 5:制造商具有有限责任能力,且只有一次生产机会,销售季节末未售出的产品残值为零。

假设 6:制造商和零售商的贸易基于“拉动式合同”^[15,33],即零售商根据实际市场需求向制造商订购产品。因此,库存风险是由制造商承担。并且,采购价格由零售商决定,制造商决定生产量^[15,34]。

所涉及的符号及其说明如表 1 所示。

表 1 符号与说明

Table 1 Symbols and descriptions

符 号	说 明	符 号	说 明
p	单位产品的零售价格	D	市场需求
C	单位产品的生产成本	v	物流服务的成本因子
B	制造商的初始资金	t	单位产品的运输价格
Z	需求的线性部分	ε	需求的随机因素
a	潜在的市场需求	q	制造商的生产量
b	需求对零售价格的敏感度	w	零售商支付的采购价格
n	需求对物流服务水平敏感度	r	银行的贷款利率
s	单位产品的运输成本	e	3PL 服务商的服务水平
r_1	银行的无风险利率		

2 融资模型与均衡策略分析

考虑的供应链博弈分为三阶段决策:第一阶段,银行根据零利润条件决定贷款利率 r ;第二阶段,作为核心企业的零售商和 3PL 服务商分别决定采购价格 w 和服务水平 e 以最大化它们的期望利润(这种情况等同于两个公司在—个纳什博弈中同时决策);第三阶段,根据银行、零售商和 3PL 服务商的决策,零售商决定生产量以最大化其期望利润。下面利用逆向归纳法来求解上述博弈的均衡策略。

2.1 制造商的最优决策

在生产开始之前,根据农产品总的生产成本,制造商需要向银行申请的贷款量为 $L=Cq-B$ 。在销售季节初期,零售商根据实际市场需求向制造商购买产品,制造商获得销售收益为 $w\min(q, D)$ 。如果制造商的收益足够大,则他将偿还银行全部本金及利息 $L(1+r)$;否则,制造商破产,并将其所有收益偿还给银行。因此,制造商的期望利润函数为

$$\Pi^m(q) = E[w\min(D, q) - L(1+r)]^+ - B$$

定义

$$A = L(1+r)/w \quad (1)$$

易验证, A 是需求的一个临界值。当 $D < A$, 即 $e < A-Z$ 时, 制造商将无法偿还银行全部贷款, 从而宣布破产。

由式(1), 制造商的期望利润可重新写为

$$\Pi^m(q) = wq - (L(1+r) - w \int_{A-Z}^{q-Z} F(x) dx) - B$$

命题 1 给定零售商的采购价格 w 、3PL 服务商的服务水平 e , 以及银行的贷款利率 r , 制造商的最优订购量 q^* 满足

$$w\bar{F}(q^*-Z) = C(1+r)\bar{F}(A-Z) \quad (2)$$

证明: 对 $\Pi^m(q)$ 关于 q 求一阶导数, 可得

$$\frac{d\Pi^m}{dq} = w\bar{F}(q-Z) - C(1+r)\bar{F}(A-Z)$$

由一阶条件 $d\Pi^m/dq=0$, 得到最优生产量 q^* 满足式(2)。

下面证明 q^* 的唯一性。

对 $\Pi^m(q)$ 关于 q 求二阶导数, 可得

$$\frac{d^2\Pi^m}{dq^2} = \frac{[C(1+r)]^2}{w} f(A-Z) - wf(q-Z)$$

由一阶条件 $d\Pi^m/dq=0$ 和失效率函数 $h(x)$ 的

定义, 可得

$$\frac{d^2\Pi^m}{dq^2} = \bar{F}(A-Z) \left[\frac{C^2(1+r)^2}{w} h(A-Z) - C(1+r)h(q-Z) \right]$$

由于 $q > A$ 且 $h(x)$ 是严格递增函数, 因此有 $h(A-Z) < h(q-Z)$ 。

根据前面假设 2 知 $w > C(1+r)$, 所以

$$\frac{C^2(1+r)^2}{w} h(A-Z) - C(1+r)h(q-Z) < 0$$

从而, 有 $d^2\Pi^m/dq^2 < 0$ 。因此, 最优订购量 q^* 唯一存在。证毕。

命题 1 给出了制造商的最优反应函数, 由命题 1 可看出, 制造商的最优订购决策除了与零售商的采购决策、3PL 服务商的服务水平有关以外, 还与贷款利率、生产成本、运输成本以及破产风险有关。因此, 在资金约束的农产品供应链中, 运营、融资和物流服务水平决策是密切相关的。

推论: (i) $\frac{dq^*}{dw} > 0$; (ii) $\frac{dq^*}{dr} < 0$; (iii) $\frac{dq^*}{de} > 0$ 。

证明: (i) 在式(2)的两边对 w 求导, 可得

$$\bar{F}(q^*-Z) - w(f(q^*-Z) \frac{dq^*}{dw}) = -C(1+r)f(A-Z) \frac{dA}{dw}$$

其中

$$\frac{dA}{dw} = \frac{C(1+r) \frac{dq^*}{dw} - L(1+r)}{w^2}$$

根据以上两式, 并结合式(2), 得到

$$\frac{dq^*}{dw} = \frac{Ah(A-Z) - 1}{C(1+r)h(A-Z) - wh(q^*-Z)}$$

由于 $q^* > A$, 所以有 $h(A-Z) < h(q^*-Z)$ 。又因为 $w > C(1+r)$, 于是有 $C(1+r)h(A-Z) - wh(q^*-Z) < 0$ 。另外, $1 - q^*h(q^*) > 0$ (见文献[13]), 从而有 $Ah(A-Z) - 1 < q^*h(q^*) - 1 < 0$ 。因此, 可得 $dq^*/dw > 0$ 。

(ii) 在式(2)两边对 r 求导, 通过化简整理得到

$$\frac{dq^*}{dr} = \frac{w[1 - Ah(A-Z)]}{(1+r)[C(1+r)h(A-Z) - wh(q^*-Z)]}$$

由(i)的证明知, dq^*/dr 的分母小于零, dq^*/dr 的分子大于零。从而, 得到 $dq^*/dr < 0$ 。

(iii) 在式(2)两边对 e 求导, 通过化简整理得到

$$\frac{dq^*}{de} = \frac{wn[h(A-Z) - h(q^*-Z)]}{C(1+r)h(A-Z) - wh(q^*-Z)}$$

由于 $q^* > A$, 所以有 $h(A-Z) < h(q^* - Z)$, 即 dq^*/de 的分子小于 0。由 (i) 的证明知, dq^*/de 的分母小于 0。因此, 得到 $dq^*/de > 0$ 。

推论 (i) 表明, 制造商的最优生产量随着采购价格的提高而增加。这是因为, 当零售商提高采购价格时, 制造商的销售收益增加, 从而她会增大生产量。推论 (ii) 表明, 资金约束制造商的最优生产量随贷款利率的增大而减少。当银行提高贷款利率时, 制造商的融资成本增加, 因此她会减少生产量。推论 (iii) 表明, 当 3PL 服务商提供的服务水平越高时, 制造商会生产更多的农产品。这是因为, 当物流服务水平越高时, 农产品在运输途中损坏就越少, 且新鲜度保持越高, 从而市场需求就越大。于是, 制造商会增加生产量。

2.2 零售商的决策

给定制造商的最优反应函数, 零售商确定采购价格 w , 使其期望利润最大化。根据拉动式合同, 零售商一次性下单, 不承担库存风险。为方便起见, 记 $P = p - t$, 则零售商的期望利润函数可表为

$$\begin{aligned} II'(w) &= (p-t-w)E[\min(D, q^*)] = \\ &= (P-w)[q^* - \int_0^{q^*-Z} F(x) dx] = \\ &= (P-w)S(q^*) \end{aligned}$$

其中, $S(q) = q - \int_0^{q-Z} F(x) dx$ 。

命题 2 在银行融资模式下, 给定银行利率 r , 零售商确定的最优采购价格 w^* 满足

$$w^* = \frac{[\bar{P}F(q^*-Z)(Ah(A-Z)-1) - C(1+r)S(q^*)h(A-Z)]}{\bar{F}(q^*-Z)(Ah(A-Z)-1) - S(q^*)h(q^*-Z)} \quad (3)$$

证明: 对 $II'(w)$ 关于 w 求一阶导数, 得到

$$\frac{dII'}{dw} = -S(q^*) + (P-w)\bar{F}(q^*-Z)\frac{dq^*}{dw}$$

其中

$$\frac{dq^*}{dw} = \frac{Ah(A-Z)-1}{C(1+r)h(A-Z)-wh(q^*-Z)}$$

由一阶条件 $dII'/dw = 0$, 得到最优采购价格 w^* 满足式 (3)。证毕。

从命题 2 可看出, 由零售商决定的采购价格形式复杂。当零售商在做采购价格决策时, 除了事先要预测 3PL 服务商的服务水平决策, 还要考虑制造商的生产决策、破产风险、银行利率等因素。

2.3 3PL 服务商的决策

给定制造商的最优反应函数, 3PL 服务商确定

物流服务水平 e , 以实现期望利润最大化。3PL 服务商的期望利润函数可表示为

$$\begin{aligned} II^l(e) &= (t-s)E[\min(D, q^*)] - ve^2/2 = \\ &= (t-s)S(q^*) - ve^2/2 \end{aligned}$$

命题 3 在银行融资模式下, 给定银行利率 r , 3PL 服务商确定的最优服务水平 e^* 满足

$$e^* = \frac{(t-s)}{v} \left[\bar{F}(q^*-Z)\frac{dq^*}{de} + nF(q^*-Z) \right] \quad (4)$$

其中

$$\frac{dq^*}{de} = \frac{wn[h(A-Z) - h(q^*-Z)]}{C(1+r)h(A-Z) - wh(q^*-Z)}$$

证明: 对 $II^l(e)$ 关于 e 求一阶导数, 得到

$$\frac{dII^l}{de} = (t-s) \left[\bar{F}(q^*-Z)\frac{dq^*}{de} + nF(q^*-Z) \right] - ve$$

其中, dq^*/de 的表达式见推论 (iii) 的证明。

由一阶条件 $dII^l/de = 0$, 得到最优服务水平 e^* 满足式 (4)。证毕。

由命题 3 可知, 当 3PL 服务商在作服务水平决策时, 也要事先预测零售商的采购价格决策, 因为 3PL 服务商和零售商是同时决策的。最优服务水平与运输成本、运输价格、需求对服务水平的敏感度、物流服务的成本因子、破产风险等因素有关。

2.4 银行的决策

根据制造商、零售商及 3PL 服务商的最优反应, 银行决定利率 r 。如果制造商能够偿还全部贷款, 则银行得到收益为 $L(q^*)(1+r)$; 否则, 制造商破产, 银行只能得到制造商的全部销售收益 $w^* \cdot D$ 。于是银行的收益函数可表示为

$$Y = \begin{cases} L(q^*)(1+r), & D \geq A \\ w^* \cdot D, & D < A \end{cases} \quad (5)$$

其中, $L(q^*) = Cq^* - B$ 。

命题 4 根据制造商、零售商, 以及 3PL 服务商的最优反应, 银行的最优利率 r^* 满足

$$r^* = r_1 + \frac{w^*}{L^*} \int_0^{A-Z} F(x) dx \quad (6)$$

证明: 根据前面假设 4, 银行处于完全竞争的资本市场, 根据零利润条件及式 (5), 可得

$$\begin{aligned} E(Y) &= \int_{A-Z}^{\infty} L(q^*)(1+r) dF(x) - \int_0^{A-Z} w^*(x+Z) dF(x) = \\ &= L(q^*)(1+r_1) \end{aligned}$$

由此易得, 银行的最优利率 r^* 满足式 (6)。证毕。

命题 4 表明: 银行的最优利率决策依赖于贷款规模、物流服务水平和制造商的破产风险等因素。明显

地,银行的最优贷款利率超过无风险利率,即 $r^* > r_1$ 。

3 实例分析与应用

为了验证前述相关结论,并得到更多的管理意义,下面进行实例分析。假定农产品的市场需求 D 服从均值 $\lambda = 0.01$ 的指数分布,其他参数取值如下:
 $a = 75, n = 2, t = 0.3, B = 0, b = 1, v = 3, s = 0.25, r_1 = 0.05, C = 0.2, p = 6$ 。

表 2 反映了初始资金对供应链成员最优决策及利润的影响,其中 B 的取值范围 $[0.0, 1.8]$,其余参

数取值同前。由表 2 可知,随着初始资金的增加,最优生产量减少,最优采购价格及最优利率都在增加;最优服务水平受初始资金的影响不大;随着初始资金的增加,制造商的最优利润增加,而零售商及 3PL 服务商的最优利润都在减少。根据文中假设,在“拉动式合同”中,库存风险由制造商承担。因此,随着初始资金的增加,制造商会做出更加保守的生产量决策,以减少初始资金的损失。此时,零售商会提高采购价格,以刺激制造商提高生产量来满足市场需求。另外,随着初始资金的增加,制造商会减少贷款量,从而银行会提高贷款利率。

表 2 初始资金对供应链成员决策和利润的影响

Table 2 The impact of initial capital on the decisions and profits of supply chain members

B	q^*	w^*	r^*	e^*	Π^m	Π^r	Π^l
0.0	180.457 5	0.831 3	0.104 9	0.022 4	75.341 7	663.241 0	6.810 5
0.2	180.393 9	0.837 3	0.108 3	0.022 4	76.171 9	662.315 0	6.809 4
0.4	180.322 8	0.843 3	0.111 8	0.022 4	76.997 2	661.382 0	6.808 3
0.6	180.244 4	0.849 3	0.115 4	0.022 4	77.818 4	660.440 0	6.807 0
0.8	180.158 9	0.855 3	0.119 1	0.022 4	78.636 2	659.490 0	6.805 6
1.0	180.066 4	0.861 3	0.122 9	0.022 4	79.451 3	658.531 0	6.804 0
1.2	179.967 1	0.867 2	0.126 8	0.022 3	80.264 3	657.562 0	6.802 4
1.4	179.861 0	0.873 2	0.130 8	0.022 3	81.075 8	656.583 0	6.800 7
1.6	179.748 3	0.879 1	0.134 9	0.022 3	81.886 4	655.594 0	6.798 8
1.8	179.629 0	0.885 1	0.139 2	0.022 3	82.696 6	654.593 0	6.796 8

表 3 反映了市场需求对服务水平敏感度对供应链成员最优决策及利润的影响,其中 n 的取值范围 $[2, 8]$,其余参数取值同前。由表 3 可知,随着市场需求对服务水平敏感度的增加,最优生产量在减少,最优采购价格、最优服务水平及最优利率均在增加;随着市场需求对服务水平敏感度的增加,制造商、零售商及 3PL 服务商的最优利润都在增加。在实践

中,随着市场需求对服务水平敏感度的提高,3PL 服务商会显著提升自己的物流服务水平,从而提高运输价格。根据文中假设,运输费用由零售商承担。因此,零售商会提高产品的零售价格以增加边际收益,结果导致需求量减少。在这种情况下,制造商会减少生产量,零售商会提高采购价格。此外,由于制造商的违约风险增加,促使银行提高贷款利率。

表 3 市场需求对服务水平敏感度对供应链成员决策和利润的影响

Table 3 The impact of the sensitivity of market demand to service level on the decisions and profits of supply chain members

n	q^*	w^*	r^*	e^*	Π^m	Π^r	Π^l
2	180.457 5	0.831 3	0.104 9	0.022 4	75.341 7	663.241 0	6.810 5
3	180.455 6	0.831 5	0.105 2	0.033 6	75.402 0	663.392 0	6.811 4
4	180.453 0	0.831 8	0.105 7	0.044 8	75.486 5	663.603 0	6.812 7
5	180.449 5	0.832 2	0.106 2	0.055 9	75.595 1	663.873 0	6.814 3
6	180.445 1	0.832 6	0.106 9	0.067 1	75.728 0	664.202 0	6.816 3
7	180.439 7	0.833 2	0.107 8	0.078 2	75.885 2	664.590 0	6.818 6
8	180.433 3	0.833 8	0.108 7	0.089 3	76.066 7	665.035 0	6.821 3

表 4 反映了运输价格对供应链成员最优决策及利润的影响,其中 t 的取值范围 $[0.30, 0.55]$,其余参数取值同前。由表 4 可知,随着运输价格的增加,

最优生产量、最优采购价格及最优利率都在减少,最优服务水平在逐渐增加;随着运输价格的增加,制造商和零售商的最优利润都在减少,而 3PL 服务商的

最优利润在增加。在实践中,随着运输价格的提高,会促进3PL服务商提升自己的服务水平,故其利润显著提高。运输价格的提高使得零售商采购产品的边际成本增加,故零售商会降低采购价格。于是,制

造商会降低生产量。此外,物流服务水平提升使得需求量增大,制造商的违约风险减小。从而,银行会降低贷款利率。

表4 运输价格对供应链成员决策和利润的影响

Table 4 The impact of transportation prices on the decisions and profits of supply chain members

t	q^*	w^*	r^*	e^*	Π^m	Π^r	Π^l
0.30	180.457 5	0.831 3	0.104 9	0.022 4	75.341 7	663.241 0	6.810 5
0.32	180.244 6	0.828 4	0.104 5	0.035 8	74.957 6	659.289 0	10.891 9
0.34	180.173 3	0.827 5	0.104 3	0.040 2	74.829 4	657.971 0	12.251 5
0.36	180.030 5	0.825 6	0.104 0	0.049 1	74.572 7	655.337 0	14.969 6
0.38	179.887 2	0.823 7	0.103 7	0.058 0	74.315 7	652.703 0	17.685 9
0.40	179.743 4	0.821 8	0.103 4	0.066 9	74.058 2	650.069 0	20.400 6

4 结 语

研究了由资金约束制造商、零售商、3PL服务商和银行组成的生鲜农产品四级供应链的均衡决策。假设市场需求随机且受到物流服务水平影响的情形下,构建了银行首先决策,而后零售商和3PL服务商同时决策,最后制造商决策的博弈模型。通过逆向归纳法,分别求解得出了供应链各方的最优策略。研究得出,当零售商支付的采购价格增大时,制造商的销售收益增加,从而她会增大生产量;当银行提高贷款利率时,制造商的融资成本增加,促使她减少生产量;当3PL服务商提供的服务水平越高时,由于市场需求量增大,故制造商也会提高生产量。在算例分析中,进一步探讨了制造商的初始资金、零售商承担的运输价格,以及市场需求对服务水平敏感度对于供应链成员最优决策及利润的影响。

研究了银行融资模式下生鲜农产品供应链的均衡决策问题,但未与其他融资模式进行比较,这可作为下一步的研究方向。另外,研究的模型中假设零售商和3PL服务商同时决策的情况,进一步可考虑她们顺序决策时供应链的均衡策略。

参考文献(References):

- [1] 黄建辉,叶飞,周国林. 产出随机及贸易信用下农产品供应链农户决策与政府补偿价值[J]. 中国管理科学, 2018, 26(1): 107—117.
HUANG Jian-hui, YE Fei, ZHOU Guo-lin. Decisions and the value of government compensation in agricultural supply chain under trade credit and uncertainty of

production yield [J]. Chinese Journal of Management Science, 2018, 26(1): 107—117.

- [2] 陈修素. 考虑退货价格且需求不确定的易逝品供应链协调性[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2008, 25(5): 470—478.
CHEN Xiu-su. Supply chain coordination of perishable products considering return prices and uncertain demand[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2008, 25(5): 470—478.
- [3] YU Y, XIAO T. Pricing and Cold-chain service level decisions in a fresh agri-products supply chain with logistics outsourcing[J]. Computers & Industrial Engineering, 2017, 111(12): 56—66.
- [4] ALAN Y, GAUR V. Operational investment and capital structure under asset-based lending[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2018, 20(4): 637—654.
- [5] KATEHAKIS M N, MELAMED B, SHI J. Cash-flow based dynamic inventory management[J]. Production and Operations Management, 2016, 25(9): 1558—1575.
- [6] KOUVELIS P, ZHAO W. The newsvendor problem and price-only contract when bankruptcy costs exist [J]. Production and Operations Management, 2011, 20(6): 921—936.
- [7] DADA M, HU Q. Financing newsvendor inventory [J]. Operations Research Letters, 2008, 36(5): 569—573.
- [8] YAN N, HE X, LIU Y. Financing the capital-constrained supply chain with loss aversion: supplier finance vs. supplier investment[J]. Omega, 2019, 88(5): 162—178.
- [9] LI H, BI G, YUAN X, et al. Trade credit insurance in a capital-constrained supply chain[J]. International

- Transactions in Operational Research, 2020, 27 (5): 2340—2369.
- [10] DENG S, FU K, XU J, et al. The supply chain effects of trade credit under uncertain demands[J]. Omega, 2021, 98(4): 102—113.
- [11] 陈祥锋. 资金约束供应链中贸易信用合同的决策与价值[J]. 管理科学学报, 2013, 16(12): 13—20.
CHEN Xiang-feng. The value of trade credit contract in capital-constrained supply chains[J]. Journal of Management Sciences in China, 2013, 16(12): 13—20.
- [12] ZHOU J, GROENEVELT H. Impacts of financial collaboration in a three-party supply chain[J]. Working Paper, The Simon School University of Rochester, 2007.
- [13] KOUVELIS P, ZHAO W. Financing the newsvendor: supplier vs. bank, and the structure of optimal trade credit contracts[J]. Operations research, 2012, 60(3): 566—580.
- [14] JING B, CHEN X, CAI G. Equilibrium financing in a distribution channel with capital constraint[J]. Production and Operations Management, 2012, 21(6): 1090—1101.
- [15] CHEN X, LU Q, CAI G. Buyer financing in pull supply chains: zero-interest early payment or in-house factoring?[J]. Social Science Electronic Publishing, 2020, 29(10): 2307—2325.
- [16] YAN N, SUN B, ZHANG H, et al. A partial credit guarantee contract in a capital-constrained supply chain: financing equilibrium and coordinating strategy[J]. International Journal of Production Economics, 2016, 173(5): 122—133.
- [17] FANG L, XU S. Financing equilibrium in a green supply chain with capital constraint[J]. Computers & Industrial Engineering, 2020, 143: 1—18.
- [18] YANG S A, BIRGE J R. Trade credit, risk sharing, and inventory financing portfolios[J]. Management Science, 2018, 64(8): 3667—3689.
- [19] LI L, WANG Y, DAI W. Coordinating a supply chain with transport service providers[J]. Journal of Industrial and Production Engineering, 2013, 30(2): 105—116.
- [20] JIANG L, WANG Y, YAN X. Decision and coordination in a competing retail channel involving a third-party logistics provider[J]. Computers & Industrial Engineering, 2014, 76(3): 109—121.
- [21] GÜRLER Ü, ALP O, BÜYÜKKARAMIKLI N C. Coordinated inventory replenishment and outsourced transportation operations[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2014, 70: 400—415.
- [22] 王夫冬, 周梅华. 基于价格规制和第三方物流参与的三级供应链协调机制研究[J]. 统计与决策, 2018, 34(6): 39—43.
WANG Fu-dong, ZHOU Mei-hua. Three-level supply chain coordination mechanism based on price regulation and physical distribution with third-party involved [J]. Stats & Decision, 2018, 34(6): 39—43.
- [23] RAJESH R, PUGAZHENDHI S, GANESH K, et al. Influence of 3PL service offerings on client performance in India[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2011, 47(2): 149—165.
- [24] ZHANG J, LIU G, ZHANG Q, et al. Coordinating a supply chain for deteriorating items with a revenue sharing and cooperative investment contract [J]. Omega, 2015, 56: 37—49.
- [25] CHEN X, CAI G. Joint logistics and financial services by a 3PL firm [J]. European Journal of Operational Research, 2011, 214(3): 579—587.
- [26] HUANG S, FAN Z P, WANG X H. The impact of transportation fee on the performance of capital-constrained supply chain under 3PL financing service[J]. Computers & Industrial Engineering, 2019, 130(1): 358—369.
- [27] CAI X, CHEN J, XIAO Y, et al. Fresh-product supply chain management with logistics outsourcing[J]. Omega, 2013, 41(4): 752—765.
- [28] WU Q, MU Y, FENG Y. Coordinating contracts for fresh product outsourcing logistics channels with power structures[J]. International Journal of Production Economics, 2015, 160(7): 94—105.
- [29] 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.
WU Qing, DAN Bin. Third party logistics coordinating contracts with logistics service dependent market demand [J]. Journal of Management Sciences in China, 2008, 11(5): 64—75.
- [30] 冯颖, 余云龙, 张炎治, 等. 随机产出与随机需求下TPL介入的农产品供应链协调[J]. 管理工程学报, 2017, 31(4): 156—163.
FENG Yin, YU Yun-long, ZHANG Yan-zhi, et al.

- Coordination of agri-products supply chain with TPL's participation under random yield and random demand[J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2017, 31(4): 156—163.
- [31] LIU B, CAI G, TSAY A A. Advertising in asymmetric competing supply chains [J]. *Production and Operations Management*, 2014, 23(11): 1845—1858.
- [32] LARIVIERE M A, PORTEUS E L. Selling to the newsvendor: an analysis of price-only contracts [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2001, 3(4): 293—305.
- [33] YANG L, CAI G, CHEN J. Push, pull, and supply chain risk-averse attitude[J]. *Production and Operations Management*, 2018, 27(8): 1534—1552.
- [34] SHEN L, LI L, LI X. Production and financing strategies of a distribution channel under random yield and random demand[J]. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021 (11): 1—14.

Financing Strategies Research of a Fresh Agri-products Supply Chain with 3PL's Participation

WANG Bo, LI Li-ying, LI Xiao-bing, LIU Guang-an

(School of Mathematics and Statistics, Chongqing Jiaotong University,
Chongqing 400074, China)

Abstract: In order to explore the impact of agri-product manufacturers' capital constraints on supply chain operations, a dynamic game model, in which the bank first makes decision, then the retailer and the 3PL service provider make decisions at the same time, and the manufacturer makes final decision, is constructed. Assuming that the logistics service level affects the market demand, under a pull order contract and bank credit financing, the manufacturer's optimal production decision, the retailer's optimal procurement decision, the 3PL's optimal service level decision, and the bank's optimal interest rate decision are obtained, respectively. The results show that the higher the 3PL's service level, the greater the market demand for agricultural products, and the manufacturer will produce more agricultural products; when the bank raises the interest rate, the manufacturer will reduce the production quantity because its financing cost increases; when the retailer increases the procurement price, the manufacturer will enhance the production quantity. Finally, the sensitivity analysis about the manufacturer's initial capital, the transportation price, and the sensitivity of the market demand to the service level is carried out through a numerical experiment.

Key words: 3PL service provider; bank financing; capital constraints; agri-product supply chain

责任编辑:田 静

引用本文/Cite this paper:

王博,李莉英,李小兵,等. 3PL服务商参与下生鲜农产品供应链融资策略研究[J]. *重庆工商大学学报(自然科学版)*, 2022, 39(6): 48—55.

WANG Bo, LI Li-ying, LI Xiao-bing, et al. Financing strategies research of a fresh agri-products supply chain with 3PL's participation[J]. *Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition)*, 2022, 39(6): 48—55.