

文章编号:1003-207(2013)06-0152-09

基于双层粒子群算法的上下游企业决策动态博弈

杨广青,刘 涛

(福州大学管理学院,福建 福州 350108)

摘要:在寡占市场结构下,企业决策的相互影响效应更为显著。此时,企业融资决策与产量决策不仅仅影响自身利润,而且会影响到其竞争对手和供应商,即企业决策的策略性效应。本文建立一个考虑产品替代性与市场环境波动内外因素的上下游企业决策动态博弈模型,针对该决策的非线性二层规划特点,设计了双层粒子群算法,并利用计算机模拟技术对企业决策进行分析。研究发现,第一,产品替代性对下游企业具有“竞争效应”,对上游企业生产与利润的下降具有“放大效应”,与债务融资有限责任效应相比,产品替代性的“竞争效应”对下游企业的产量博弈和利润影响更大,另外,债务有限责任效应与债务破产效应左右了产品替代性对下游企业破产均衡临界点的影响。第二,市场环境波动对企业产量决策和融资决策的影响与 Wanzenried^[1]一致,而在影响下游企业利润和上游企业利润方面并不一致。第三,针对负债融资和无负债融资两种情形,不论产品替代性较低还是较高,较高的市场波动程度都能促使负债企业考虑债务的策略性作用,且下游企业的负债融资存在“Prisoner's Dilemma”现象,上游企业的垄断市场地位则加强了下游企业负债融资“放大效应”对其利润的影响。

关键词:粒子群算法;战略性融资;古诺博弈;产品替代性;市场环境波动

中图分类号:FO;C93 **文献标识码:**A

1 引言

企业进行生产时,往往需要解决资金短缺的问题,有的企业选择将净利润再次投入生产,以逐渐扩大生产规模,这种方式对于企业扩大生产而言往往比较慢,为了迅速筹集资金,越来越多企业选择在资本市场上进行融资,如债务融资,希望通过在资本市场融资得到的资金,用以扩大生产、引进技术、提高管理水平等,提升自己的竞争力。然而,在所有权与经营权分离的情形下,有限责任效应往往使债务融资行为具有战略性作用,即企业债务融资策略会影响其及其竞争者在产品市场竞争地位的变化,进而影响企业目标的实现^[1-6]。在企业深刻理解资本市场与产品市场竞争内在关系的同时,产品替代性和市场环境波动这两个内外因素依然在影响企业决策与未来,具有百年历史的柯达公司申请破产保护和全球最有价

值的苹果公司的股票市值跨越 6000 亿美元里程碑,在这两个极具震撼事件的背后反映以下事实,柯达公司并未对产品替代性给予足够重视,长期依赖传统胶片部门,未及时转向数码产品,最终在竞争日益激烈的数字时代而消失。苹果公司则倚重其不断推出新产品,包括 iPod 系列,iPhone 系列以及 Mac 系列,增强自身产品特色,降低其产品替代性,从而能够引领发展潮流,最终获得令人目眩的辉煌。而市场环境波动同样会对企业的市场竞争行为产生较大的影响,如 2008 年的金融危机不仅使雷曼兄弟公司、美林公司等一系列世界顶级金融公司遭受了巨大损失,甚至陷入破产的境地,而且也使全球实体经济受到了严重冲击,大量企业生产停滞、产品滞销。

在理论研究方面,Wanzenried^[1]在一个具有特性的产品市场中,考察企业产量决策、价格决策与其债务决策之间的内在关系,研究表明,在古诺模型下,举债会导致企业增加产量,且随着产品替代性降低,企业产量会增加,而在伯川德模型下,举债会导致企业提价,并降低产量,另外,市场环境波动越大,企业的债务融资越高,也增加了破产风险。Haan^[7]通过构建两阶段产品替代垄断模型,分析了产品之间的替代性和需求不确定性如何影响均衡产量、均衡负债、均衡利润等。Rajaiam^[8]则分析了产品替代

收稿日期:2012-07-19;修订日期:2013-06-17

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70702022);教育部人文社会科学研究项目(12YJCZH243);福建省社会科学规划项目(2011B133);福建省软科学研究计划项目(2011R0059)

作者简介:杨广青(1975-),男(汉族),广东梅州人,福州大学管理学院,副教授,博士,研究方向:产业组织理论、公司金融。

性程度对订单数量及期望利润的影响,其研究结果表明:产品间的需求替代性会比无替代性的情况下导致更高的利润。Zhao Jing^[9]考察在模糊环境中,拥有一个生产替代产品的上游企业和两个竞争性下游企业的定价问题,对统一定价和分散定价方式进行了比较分析。Symeonidis^[10]发现,在产品替代的寡头竞争市场中,产品异质性的增加会导致企业利润增加。王志江^[11]通过建立重复博弈数学模型,分析产品替代性程度与企业长期合谋之间的关系,研究结果表明:在线性需求条件下,产品替代性程度增加,企业长期合谋相对比较困难,一般说来,产品替代性程度对企业间长期是否采取合谋策略影响很小。另一方面,市场环境波动对企业决策的影响。张克勇等^[12]在不确定需求条件下,构建闭环供应链定价模型,分析了新产品制造成本变化对定价的影响。高峻峻等^[13]针对由一个制造商(主方)和一个经销商(从方)组成的分销系统,建立了分销系统主从对策模型,分析了两种随机需求模式:具有价格弹性和服务敏感性的随机需求模式、仅具有价格弹性的随机需求模式,探讨两种需求模式对分销系统绩效的影响,以及需求波动对均衡结果的影响。孔庆辉^[14]、苏冬蔚等^[15]和姜付秀等^[16]则从实证角度出发,分析市场环境波动对不同规模上市公司资本结构及其融资的影响,公司资产负债率在宏观经济上行或下行情形下的变化,产品市场竞争和市场环境波动是如何共同影响企业资本结构决策。

随着虚拟经济与实体经济内在联系的日益加强,金融深化逐步推进,企业要想获得成功,不仅需要理解资本市场与产品市场竞争的内在关系,还需将产品替代性和市场环境波动这两个内外因素纳入到统一的分析框架,在产品替代性和市场环境波动的背景下,重新思考企业融资策略和竞争策略。本文在上述研究的基础上,通过构建三阶段动态博弈模型,采用粒子群智能算法,设计出企业动态博弈的仿真模型,并利用计算机模拟技术对企业决策进行模拟,探讨在不确定环境下,企业债务融资与产品竞争及相关影响因素之间的内在关系,并与不存在债务融资策略下的均衡结果进行了比较。

2 模型

2.1 模型描述与建立

考虑一个由上游完全垄断,下游寡头垄断(M—O)构成的产品市场结构,其中,一家上游企业(Upstream Firm),两家下游企业(Downstream Firm),

下游企业每生产一单位产品需要购买上游企业一单位产品作为投入,上游企业单位产品价格为 w 。在产品替代性的鲍利模型基础上,我们考虑存在需求不确定的下游市场,下游企业的反需求函数为:

$$P_D^i = P_D^i(q_D^i, q_D^j) = a - b(q_D^i + \theta q_D^j) + \epsilon_D^i, i, j = 1, 2; i \neq j$$

其中, P_D^i 是下游企业 i 的产品价格; q_D^i 和 q_D^j 是下游企业 i 和 j 的产出; a 和 b 为正; θ 表示下游产品之间的替代性, $0 \leq \theta \leq 1$, θ 越接近1,两个下游企业产品之间的替代性就越强; ϵ_D^i 表示随机需求,且 ϵ_D^i 越大,下游市场环境越好,需求越旺盛,其在区间 $U(0, \bar{\epsilon}_D)$ 中满足独立同分布,其密度函数为 $f(\epsilon_D^i)$ 。

2.2 模型假设

假设1 下游企业存在破产的可能性。即由于下游市场需求波动是随机的,股东对于是否发生以及何时发生破产存在不确定。

假设2 下游企业在资本市场上的债务融资决策具有刚性,即债务合约条款的不可再修改性。

假设3 在产品市场上,企业的管理者和股东之间利益是一致的,即二者之间不存在代理成本问题,管理者按照股东权益最大化行事。

3 模型求解

3.1 考虑债务融资时企业决策分析($d \neq 0$)

当考虑债务融资时,首先,上游企业 U 选择批发价 w ,以最大化自身总利润;之后,下游企业 D^i 根据上游企业的批发价在资本市场上进行各自债务水平 d^i 的选择,以最大化企业的利润;最后,两个下游企业在给定债务水平的基础上,在产品市场上进行产量竞争,以追求企业价值最大化。

为了得到子博弈精炼均衡,这里采用逆向归纳法求解。

(1) 下游企业产量决策与融资决策

在给定上游企业的批发价格 w 和下游企业债务水平 d^i 的基础上,下游企业 D^i 选择 q_D^i 进行古诺博弈。

$$\begin{aligned} \max_{q_D^i} \pi_D^i(q, d_D^i, w) &= E((P_D^i - c_D^i - w)q_D^i - d_D^i) \\ &= E((a - w - c_D^i - b(q_D^i + \theta q_D^j) + \epsilon_D^i)q_D^i - d_D^i) \\ & \quad s. t. \end{aligned}$$

$$(a - w - c_D^i - b(q_D^i + \theta q_D^j) + \hat{\epsilon}_D^i)q_D^i - d_D^i = 0$$

上式中的 $\hat{\epsilon}_D^i$ 表示下游企业在产品市场上实现盈亏平衡时的随机干扰项值,由于债务的有限责任效

应,当企业在产品市场上创造的收入不足以偿还其到期债务时,债权人拥有对这笔收入的求偿权,股东收益则为零,即:

$$\int_0^{\hat{\epsilon}_D^1} ((a - \omega - c_D^1 - b(q_D^1 + \theta q_D^2)) + \epsilon_D^1) q_D^1 - d_D^1) f(\epsilon_D^1) d\epsilon_D^1 = 0$$

由杨广青等^[6],得到古诺纳什均衡为:

$$q_D^{1*}(\omega, \hat{\epsilon}_D) = \frac{2n^1 - \theta n^2}{8b - 2b\theta^2}, q_D^{2*}(\omega, \hat{\epsilon}_D) =$$

$$\frac{2n^2 - \theta n^1}{8b - 2b\theta^2}$$

其中, $n^1 = 2a - 2\omega - 2c_D^1 + \bar{\epsilon}_D + \hat{\epsilon}_D^1, n^2 = 2a - 2\omega - 2c_D^2 + \bar{\epsilon}_D + \hat{\epsilon}_D^2, \hat{\epsilon}_D = (\hat{\epsilon}_D^1, \hat{\epsilon}_D^2)$

基于债务融资对企业产量决策的影响以及下游企业决策受上游企业定价影响的考虑,下游双寡头企业同时进行债务融资决策,实现企业净利润最大化。

$$\max_{\hat{\epsilon}_D} \pi_D^i(\omega, \hat{\epsilon}_D) = E((a - \omega - c_D^i - b(q_D^{i*} + \theta q_D^{j*})) + \epsilon_D^i) q_D^{i*} + \epsilon_D^i) q_D^{i*} = (a - \omega - c_D^i - b(q_D^{i*} + \theta q_D^{j*})) q_D^{i*}$$

(2)上游企业价格决策

面对下游市场的需求,上游企业独自实施价格决策,以实现其利润最大化:

$$\max_{\omega} \pi_U = \omega(q_D^{1*} + q_D^{2*})$$

s. t

$$q_D^{1*} > 0, q_D^{2*} > 0$$

其中, $a, \bar{\epsilon}_D$ 均为正常数, $\hat{\epsilon}_D = (\hat{\epsilon}_D^1, \hat{\epsilon}_D^2)$

上述上下游企业决策是一个典型的非线性二层规划(BLPP)问题,该规划是一种具有二层递归结构的系统优化,上游企业的最优化问题和下游企业的最优化问题均有各自的目标函数和约束条件,上游企业的目标函数和约束条件不仅与上游企业价格决策有关,而且还依赖于下游企业的最优问题,而下游企业的最优解不仅受到上游价格的影响,还受下游竞争对手产量决策和融资决策影响,即下游企业决策者在上游企业给定批发价格后选择各自的融资决策和产量决策,以最大化其公司价值,而上游企业又是基于下游两企业的融资决策和产量决策来最大化自身利润。

3.2 不考虑债务融资时企业决策分析 ($d=0$)

当不考虑债务融资时,上游企业 U 选择产品的价格 ω , 以最大化自身总利润;之后,下游企业 D^1 和 D^2 根据上游的批发价格在产品市场上进行产量竞争以最大化企业总利润。为了得到子博弈精炼均衡,这里使用逆向归纳法求解。

(1)下游企业产量决策

在给定上游企业的批发价格 ω 的基础上,下游

企业 D^i 选择 q_D^i 进行古诺博弈。

$$\max_{q_D^i} \pi_D^i(q_D^i) = E((a - \omega - c_D^i - b(q_D^i + \theta q_D^j)) + \epsilon_D^i) q_D^i = [a - \omega - c_D^i - b(q_D^i + \theta q_D^j)] q_D^i + q_D^i \bar{\epsilon}_D / 2$$

由 $\frac{\partial \pi_D^i}{\partial q_D^i} = 0$, 得到:

$$q_D^{1*} = \frac{2n^1 - \theta n^2}{4b - b\theta^2}, q_D^{2*} = \frac{2n^2 - \theta n^1}{4b - b\theta^2}$$

其中, $n^1 = a - \omega - c_D^1 + \bar{\epsilon}_D / 2, n^2 = a - \omega - c_D^2 + \bar{\epsilon}_D / 2$

(2)上游企业价格决策

面对下游企业的需求,上游企业独自实施价格决策,以实现其利润最大化:

$$\max_{\omega} \pi_U(\omega) = \omega(q_D^1 + q_D^2)$$

由 $\frac{\partial \pi_U}{\partial \omega} = 0$, 得到 $\omega = \frac{2a - c_D^1 - c_D^2 + \bar{\epsilon}_D}{4}$

3.3 基于双层粒子群算法的企业博弈模拟

对于多目标的最优化问题,一般都是将其化为单目标来求解。目前,已有多种将多目标转化为单目标的处理方法,如理想点法、主要目标法、线性加权法、分层序列法、修正单纯形法及层次分析法等。本文采用线性加权法,主要是在本文考虑的经济模型中,下游两家企业在市场中具有对等地位,二者的目标函数应具有相同的权重,经过这样的处理,就可将下层多目标问题转化为单目标问题。粒子群优化(Particle Swarm Optimization, PSO)是通过个体间的协作与竞争,实现复杂空间最优解搜索的智能算法,它将群体(Swarm)中的个体看作是在多维搜索空间中具有质量和体积的粒子(Particle),每个粒子以一定的速度在解空间运动,并向自身历史最佳位置 pbest 和邻域历史最佳位置 gbest 聚集,实现对候选解的进化。鉴于其非线性、多峰等问题上具有较强全局搜索能力,本文采用该智能算法来对上述非线性二层规划(BLPP)中的下游企业间产量博弈及其和上游企业的互动进行政策模拟。

4 数值模拟及经济分析

4.1 考虑债务融资情形的数值模拟与经济解释 ($d \neq 0$)

4.1.1 产品替代性对企业决策的影响

令 $a=10, b=1$, 下游企业成本 $c_D^1 = c_D^2 = 2$, 市场环境波动程度变量 $\bar{\epsilon}_D = 8$, 产品替代程度变量 θ 在 0.125 至 1 之间取值,步长为 0.125, 上下层粒子群算法中的粒子数皆为 20, 学习因子 $S_1 = S_2 = 2$, 本文采用线性权重递减法,其中,惯性权重最大值 W_{max}

表 1 债务融资情形下产品替代程度对市场均衡的影响

产品替代程度	下游企业			上游企业		
	均衡产量	均衡融资量	破产临界点	均衡利润	均衡批发价格	均衡利润
0.125	5.7381	32.6412	7.9008	10.2580	13.7570	157.8742
0.250	5.4903	29.6853	7.8330	8.6406	13.5618	148.9974
0.375	5.2024	26.6349	7.8348	6.6847	13.5633	141.0698
0.500	5.1227	25.7062	7.7907	6.2874	13.0954	133.9893
0.625	5.1687	26.1484	7.7807	6.6070	12.3187	127.4199
0.750	4.6649	21.3315	7.8158	3.5314	13.0574	122.2063
0.875	4.6815	21.6899	7.9034	3.4165	12.4938	116.9595
1.000	4.2542	18.0221	7.9641	1.1578	13.2388	112.3845

$= 0.9$, 最小值 $W_{\min} = 0.4$, 利用 MATLAB 软件, 模拟当产品替代性程度 θ 每取一个数值时, 上下层各迭代 20 次, 即两家下游企业之间的产量博弈以及与上游企业互动 400 次后得到的市场均衡结果, 分析产品替代程度变化对市场均衡结果的影响, 如表 1 所示。

(1) 对下游企业决策的影响

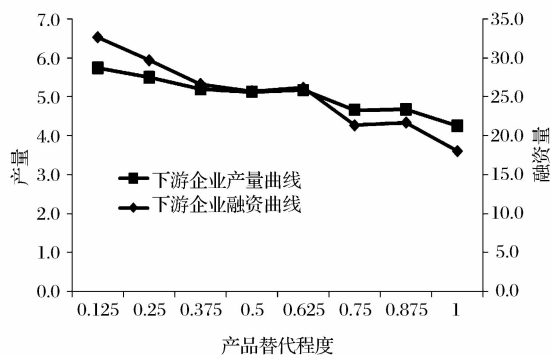


图 1 产品替代程度与下游企业决策的关系

从表 1 和图 1 的分析, 我们可以得到以下结论:

(a) 随着下游企业之间产品替代程度的增加, 其最优产量和融资量都呈不断下降趋势。这是因为下游企业之间的产品替代程度逐渐增加时, 下游企业面临的消费者群体也日益趋同, 在外部经济状况相对稳定, 市场容量不变的情形下, 两家下游企业为争夺共同的消费市场必将进行更为激烈的产量竞争, 即产品替代性的“竞争效应”。基于更为激烈的市场竞争预期, 逐步降低自身产量是企业规避未来现金流无法按期偿还债务而陷入财务困境的理性选择。而根据债务的战略破产效应^[3], 企业往往会降低其事前债务融资, 以免在后期激烈的产品市场竞争中因无法偿还到期债务而在产品市场竞争中处于不利的竞争地位。

(b) 在产品替代程度的各个水平上, 融资量的变化幅度都大于产量的变化幅度。这主要是由于企

业在确定产量时常常需要考虑多方面因素, 如已投入的生产成本、人力资源以及消费者偏好等, 而这些生产因素和影响因素在短期内变化较小, 这使得企业产量变化幅度较小。相对于产品市场, 企业融资受市场资金面、企业信誉等因素影响, 尽管债务的有限责任效应^[2]会促使高负债企业从事更为激进的产品市场竞争行为, 负债可以作为企业一个事前的、可信的未来竞争实力的承诺手段, 即企业往往会利用较高的负债水平达到对竞争对手“威慑”作用, 从而巩固自己在产品市场的地位。但是, 面对产品替代性增加, 企业同质竞争促使企业更大幅度降低其债务融资量, 即企业预期债务“威慑”作用的产品市场竞争效果低于产品替代性的“竞争效应”, 因而逐步降低融资量, 且下降幅度大于产量下降幅度。

(2) 对下游企业破产均衡临界点的影响

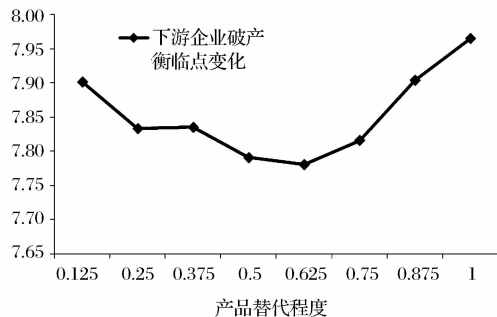


图 2 产品替代性对下游企业破产均衡临界点的影响曲线

根据对表 1、图 2 的分析, 我们发现, 随着产品替代程度的提高, 下游企业的破产均衡临界点呈现“先降后升”的变化趋势。当产品替代程度处于 $0.125 \leq \theta \leq 0.625$ 时, 由于产品替代性较低, 下游企业在共同消费市场上的竞争相对温和, 企业在产品市场上获取的现金流相对充裕, 而从债务有限责任效应与债务破产效应二者来看, 企业显然更多的是基于债务有限责任效应来考虑其事前债务融资

量,下游企业破产均衡临界点也相应逐渐降低。当产品替代程度处于 $0.625 \leq \theta \leq 1$ 时,产品替代程度提高,产品替代性的“竞争效应”使得下游企业之间竞争逐渐激烈,企业对债务破产效应的考虑逐渐超过对债务有限责任效应的考虑,占据企业决策的主导地位,前期较高负债使企业利用利润来偿还到期债务的压力逐渐上升,这使得企业的破产均衡临界点较高。上述结论表明,下游企业的破产均衡临界点是其产品市场竞争和资本市场行为综合作用的结果,并且取决于债务有限责任效应与债务破产效应哪个占优。

(3)对企业利润的影响

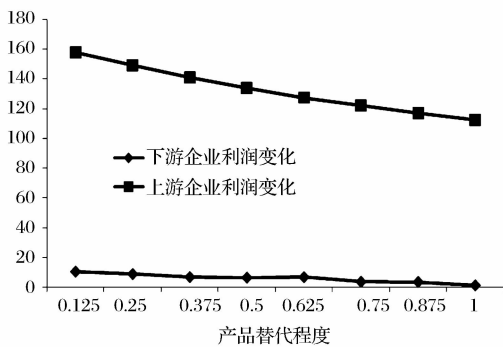


图3 产品替代性对企业利润的影响

从表1和图3可以发现,随着产品替代程度的增加,下游企业的利润逐渐减少,下降幅度为9.1002,而上游企业的利润也逐渐减少,下降幅度更大。由此,我们得到以下结论:随着产品替代程度的提高,下游企业、上游企业的利润都逐渐降低,且上游企业的利润下降幅度大于下游企业。这是因为,产品替代程度增加后,下游企业之间的竞争加剧,这导致了下游企业的价格与产量都有所下降,从而使得其利润下降,而对于上游企业来说,由于其面临两个下游企业,下游企业间竞争放大了对上游企业产

品需求量的下降程度,使其向下游企业的销售量大大降低,从而其利润下降幅度更大。即下游企业产品之间的替代程度不仅对二者具有“竞争效应”,而且对上游企业的生产与利润下降具有“放大效应”,即上游企业的产量与利润下降比下游企业同期下降之和还要多。由于产品替代程度的增加,意味着产品差异化程度的下降,因此,上述结论与 Symeonidis^[10]“产品差异性的增加会提高企业利润,反之则降低企业利润”的发现相一致。

4.1.2 市场环境波动对企业行为的影响

由前文分析可知,对于企业来说,除了产品替代程度会影响企业间相互之间的决策之外,市场环境波动状况同样也会影响企业决策行为。假设其他参数不变,且产品替代程度 θ 为 0.5,市场波动程度上限 $\bar{\epsilon}_D$ 为 4 至 13,取波动幅度为 1,则市场环境波动范围为 1.3333 至 14.0833,表示市场环境波动情况,利用 MATLAB 软件,分析市场环境波动程度的变化对企业均衡结果的影响,如表2所示。

(1)对下游企业决策及破产均衡临界点的影响

从表2、图4和图5,我们发现:随着市场环境波动的增加,下游企业的均衡产量及融资量增加,其破产均衡临界点也增加。这主要是由于随着外部经济的利好因素不断增加,企业面临的市场需求也呈上升趋势,基于上述市场预期,企业往往会扩大产量,并为扩大再生产进行债务融资,也会为未来的市场竞争地位而进行战略性融资。另外,市场环境波动程度的增加也会加大下游企业的破产风险,这会减少下游企业利润,导致下游企业在产品市场竞争中处于不利位置。可见,下游企业最终的融资决策则是在对市场环境向好带来更高产出利润与高负债带来的较高破产风险进行权衡后做出的,在上述情形下,前者起主要作用,这一结果与 Wanzenried^[13]

表2 债务融资情形下市场环境波动对企业决策的影响

$\bar{\epsilon}_D$	市场环境波动	下游企业				上游企业	
		均衡产量	均衡融资量	破产均衡临界点	均衡利润	均衡批发价格	均衡利润
4	1.3333	2.1589	4.0728	3.4553	0.9309	16.3385	70.2819
5	2.0833	3.1586	7.6432	3.5223	4.4141	14.3544	90.9718
6	3.0000	4.1949	13.9955	4.2827	8.6145	12.6666	105.953
7	4.0833	4.5892	20.5935	6.7966	5.4651	13.4210	123.299
8	5.3333	5.0358	24.8195	7.7855	5.7563	13.2955	134.112
9	6.7500	5.2096	26.6292	8.8041	4.2067	13.8683	144.769
10	8.3333	5.4539	27.8964	9.3220	4.3245	14.0149	153.189
11	10.0833	6.0652	36.4074	10.8749	3.8073	13.7649	167.237
12	12.0000	6.2343	37.3424	11.5112	2.9840	14.1678	176.713
13	14.0833	6.5724	42.3298	12.7361	1.3433	14.4431	189.675

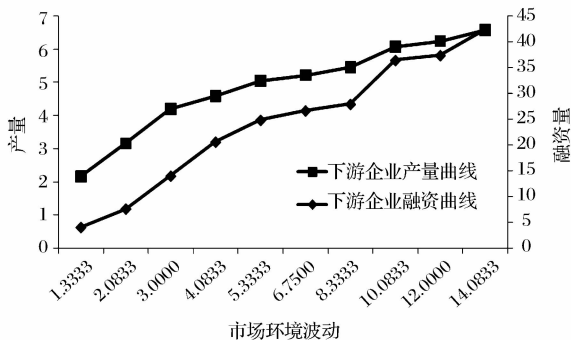


图 4 市场环境波动对下游企业决策的影响

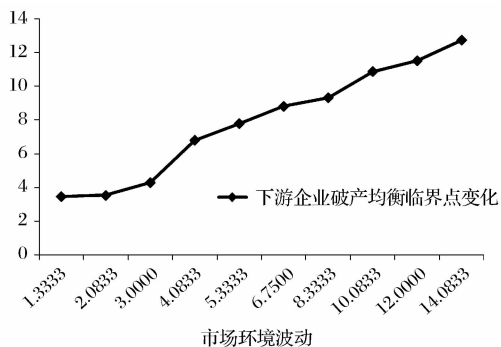


图 5 市场环境波动对下游企业破产均衡临界点的影响

“对企业产品需求的波动越大,企业的融资量越高”的研究结论相一致,而与 Haan^[7]的研究结果相反。然而,繁荣的市场环境下,同行的扩大生产使得产品市场的竞争也越趋于激烈,企业破产的可能性也随之增加。因此,企业在制定事前融资决策时,不仅要考虑从财务角度考虑扩大再生产规模需要的资金量,而且应从战略的角度出发,考虑其对后期产品市场竞争态势的策略性影响,即债务破产效应。

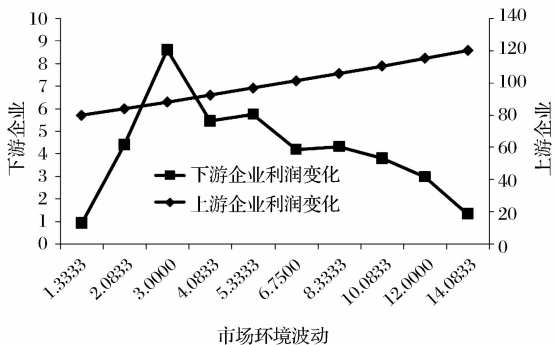


图 6 市场环境波动对企业利润的影响

(2) 对企业利润的影响

从图 6 可知,随着市场环境波动的增加,下游企业的利润呈现“先增后减”的变化趋势,而上游企业的

利润则呈逐渐增加态势。这是主要因为,当市场环境向好波动程度较小时,尽管企业为扩大生产规模所需要的融资量不需要太多,而基于债务有限责任效应的考虑,却往往会采取相对较多债务融资量来实现其在产品市场竞争中的“威慑”作用,即债务的战略作用。而当市场环境向好更明显时,更为激烈的产品市场竞争将使得下游企业的净利润呈下降趋势,由于在上游市场中处于垄断地位,上游企业的利润总体上依然呈现缓慢上升趋势。

4.2 考虑无债务融资情形的数值模拟与经济解释 ($d=0$)

当企业不考虑债务融资行为对产品市场竞争的影响时,我们同样考虑以下两种情形下,市场均衡结果的变化:(1)产品替代程度对企业行为的影响,令市场环境波动程度变量 $\bar{\epsilon}_D = 8$,产品替代程度变量 θ 在 0.125 至 1 之间取值,步长为 0.125;(2)市场环境波动对企业行为的影响,令产品替代程度变量 $\theta = 0.5$,市场环境波动程度变量设定在 4 至 13 取值,步长为 1,其市场环境波动范围为 1.3333 至 14.0833。模拟结果见表 3 和表 4。

表 3 无债务情形下产品替代程度对企业的影响

产品替代程度	下游企业		上游企业	
	均衡产量	均衡利润	均衡价格	均衡利润
0.1250	5.1765	26.7958	11.0000	113.8824
0.2500	4.8889	23.9012	11.0000	107.5556
0.3750	4.6316	21.4515	11.0000	101.8947
0.5000	4.4000	19.3600	11.0000	96.8000
0.6250	4.1905	17.5601	11.0000	92.1905
0.7500	4.0000	16.0000	11.0000	88.0000
0.8750	3.8261	14.6389	11.0000	84.1739
1.0000	3.6667	13.4444	11.0000	80.6667

根据表 3,我们发现,随着产品替代程度的增加,下游企业的产量和利润都下降;而上游企业的价格不变,利润降低,但下降的百分比较小。这是因为,随着产品替代程度的增加,下游企业之间的竞争加剧,其各自占有的市场份额减少,这会直接导致其减少产量,利润降低,其下降百分比为 49.83%;而随着下游企业的产量下降,其对上游企业产品需求降低,因而对上游企业的价格产生下降的压力,而为了追求自己的利润最大化,上游企业凭借自己在整个供应链中的垄断优势地位,以保持批发价格不变,降低供应产量的策略使得自身利润下降得尽可能小,大约下降 29.17%,远低于下游企业的利润下降幅度,这也说明了在不考虑其他因素情况下,市场结构也是影响企业利润重要因素之一。

表 4 无债务融资情形下市场环境波动对企业的影响

\bar{e}_D	市场环境 波动程度	下游企业		上游企业	
		均衡产量	均衡利润	均衡价格	均衡利润
4	1.3333	4.0000	16.0000	10.0000	80.0000
5	2.0833	4.1000	16.8100	10.2500	84.0500
6	3.0000	4.2000	17.6400	10.5000	88.2000
7	4.0833	4.3000	18.4900	10.7500	92.4500
8	5.3333	4.4000	19.3600	11.0000	96.8000
9	6.7500	4.5000	20.2500	11.2500	101.2500
10	8.3333	4.6000	21.1600	11.5000	105.8000
11	10.0833	4.7000	22.0900	11.7500	110.4500
12	12.0000	4.8000	23.0400	12.0000	115.2000
13	14.0833	4.9000	24.0100	12.2500	120.0500

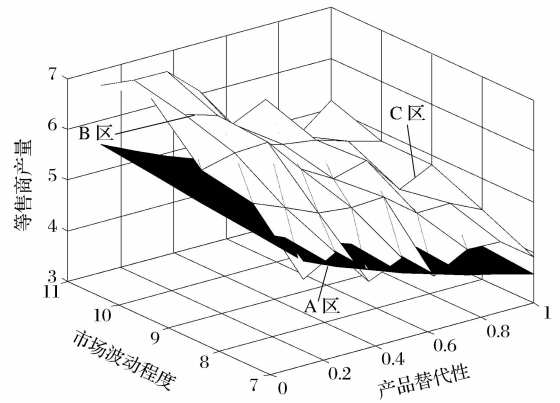
根据表 4, 我们得到, 随着市场环境波动程度的增加, 不论是下游企业, 还是上游企业, 它们的产量和利润都呈逐渐增加趋势, 且后者的增幅较大。这是因为, 随着市场环境波动程度的增加, 理性的下游企业会采取增加产量方式来满足日益增加市场需求, 实现自身利润的增加, 显然, 下游企业产量的增加, 必然会引致对上游企业的产品需求增加, 上游企业可以采取提价和增量方式来满足下游企业的需求, 最终促成自身利润 50% 的更大增加幅度。

4.3 $d \neq 0$ 与 $d = 0$ 情形的比较分析

通过上面数值模拟的结果, 我们可以发现, 当考虑债务融资的策略性效应时, 企业的决策将受到产品市场上竞争环境和资本市场上的融资策略的双重影响。下面, 我们分析一下有无考虑债务融资的策略性效应, 下游企业和上游企业在产品市场上均衡结果的差异。假定其他参数设定不变, 分别取产品替代程度变量 θ 在 0 至 1 之间取值, 步长为 0.125, 市场环境波动程度变量在 3 至 5 取值, 步长为 0.5, 得到在产品替代程度和市场环境波动程度的组合下, 有债务情形和无债务情形下的市场均衡结果, 如图 7-图 9 所示。

对于图 7, 我们可以分成以下三个特色区域: A 区——较低产品替代性且较低市场环境波动程度、B 区——较低产品替代性且较高市场环境波动程度、C 区——较高产品替代性且较高市场环境波动程度。通过观察, 上述经济模拟结果具有以下两个特点:

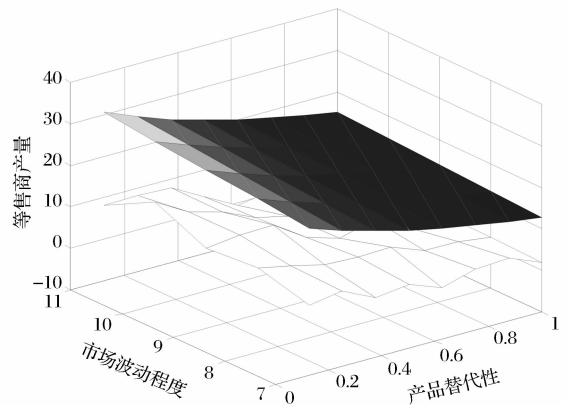
(1) 除了 A 区之外, 债务融资情形的下游企业产量基本都高于无负债情形下的下游企业产量, 且两种情形下 B 区的产量差距较 C 区来得更大, 即不论是产品替代性较低还是较高, 较高的市场环境波动程度都能促使负债企业考虑债务的策略性作用, 通过提高负债、生产更多产品, 使自身在未来的产量竞争中占据更大优势, 也反映出外在因素(市场环境波动程度)相比内在因素(产品替代性)在促使企业



(注: 图中较深色的曲面对应 $d = 0$ 的情况)
图 7 $d \neq 0$ 与 $d = 0$ 情形下下游企业产量对比

考虑债务战略性作用时更为重要。

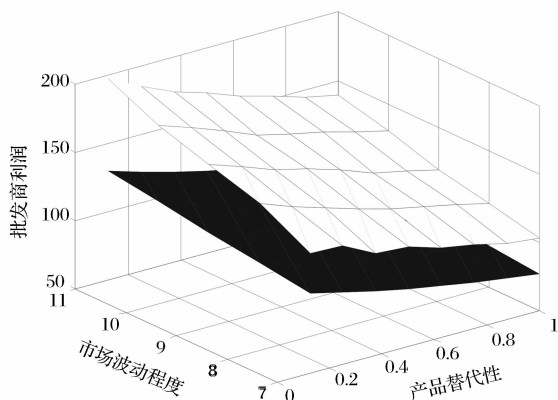
(2) 在 A 区中, 债务融资情形下下游企业产量小于无债务情况下的下游企业产量, 这可能是因为, 当市场环境波动程度较小, 企业面临的市场需求并未有扩大趋势, 因而, 所需要的生产资金不多, 企业进行债务融资的需求也随之降低, 再加上较低产品替代性也预示着未来产品市场竞争相对温和, 那么债务融资的策略性需求也不高, 二者的共同作用, 使得债务融资情形下下游企业产量并不会比无债务情况下的下游企业产量更高, 反而会考虑到债务融资的破产效应使得企业生产更少些, 降低未来的财务风险。



(注: 图中较深色的曲面对应 $d = 0$ 的情况)
图 8 $d \neq 0$ 与 $d = 0$ 情形下下游企业利润对比

从图 8, 我们可以发现, 无债务情形下下游企业利润面位于债务融资情形下下游企业利润面之上, 即债务融资情形下的下游企业利润更低。可能的原因在于, 基于债务有限责任效应, 当下游企业进行债务融资时, 其会相应增加产量水平, 以向竞争对手传递其将在产品市场中采取更为积极的态度, 产品市场的竞争也将更为激烈。尽管通过降低产品替代性

可以降低市场竞争更为激烈的预期,但是,面对日益扩大的市场需求,为增加企业利润而采取的债务融资往往成为企业优先考虑的决策。然而,当负债的经营效应和战略性效应给企业带来的现金流增加和竞争地位的提高,并没有使其净利润出现明显增加,那么,负债情形下下游企业的利润反而低于无负债时的利润。综上,下游企业在是否进行负债融资的博弈问题上,存在“Prisoner's Dilemma”现象:在均衡中,每个下游企业出于对自身利润最大化的追求,都会单方面地进行负债融资,以增加自身产量及竞争实力,然而,每个下游企业都进行融资,其在增加自身产量的同时,反而会使得利润进一步降低,即每个下游企业都不进行外部融资的情况下,其利润反而会更高。上述模拟结果也进一步论证了 Haan^[7]的观点——当竞争企业的产品之间存在相互替代时,采取负债融资策略的企业,其利润会更低。



(注:图中较深色的曲面对应 $d=0$ 的情况)

图9 $d \neq 0$ 与 $d=0$ 情形下上游企业利润对比

在图9中,我们可以看到,债务融资情形下上游企业利润总大于无债务情形下上游企业利润,且二者利润差距随着市场环境波动程度的增加而加大。这主要的原因是,在债务融资情形下,由于下游企业可以用来生产的资金增加,其产量会相应增加,因此,下游企业对上游企业的需求会增加,这会导致上游企业的价格也会增加,而价格和产量的共同作用使得上游企业的利润增加的程度更大。上述现象表明,下游企业的负债融资对上游企业利润具有“放大效应”,而其在上游市场中的垄断地位进一步加强该效应的市场表现。

5 结语

在不确定环境下,随着企业债务融资行为的发生,债务的有限责任效应将改变企业剩余现金流的

所有权,进而对企业在产品市场上的行为产生影响,这些会间接地影响到竞争者对企业潜在行为的预测和期望,使债务融资对产品市场上企业之间的竞争产生一种策略性效应。本文同时考虑了产品替代性和市场环境波动这两个内外影响因素,具体分析了它们对企业在考虑融资策略和竞争策略之间互动关系之后进行相关决策的影响,同时,本文也对有负债和无负债两种情形下企业竞争的均衡结果进行了比较。研究发现,产品替代性对下游企业具有“竞争效应”,对上游企业生产与利润的下降具有“放大效应”,与债务融资有限责任效应相比,产品替代性的“竞争效应”对下游企业的产量博弈和利润影响更大。市场环境波动对企业产量决策和融资决策的影响与 Wanzenried^[1]一致,而在影响下游企业利润和上游企业利润方面并不一致。当对比债务融资和无负债融资两种情形时,不论产品替代性较低还是较高,较高的市场波动程度都能促使负债企业考虑债务的战略作用,且下游企业的负债融资存在“Prisoner's Dilemma”现象,上游企业的垄断市场地位则加强了下游企业负债融资“放大效应”对其利润的影响。然而,本文的研究是建立在具体的假设背景下,以下几方面将是未来研究方向:(1)企业之间除了存在产量竞争之外,价格竞争也是其常用手段,因此,可以在价格竞争情况下重新考虑上述问题;(2)实际中,企业之间的竞争是多次进行的,所以,可以考虑企业之间进行重复博弈的情形,并分析企业之间博弈的次数对企业决策及市场均衡的影响;(3)企业的成本可能是自己的私有信息的情况,可以研究信息不对称下上述市场均衡情况。

参考文献:

- [1] Wanzenried G. Capital structure decisions and output market competition under demand uncertainty[J]. International Journal of Industrial Organization, 2003, (21): 171-200.
- [2] Brander J, Lewis T. Oligopoly and financial structure: The limited liability effect[J]. American Economic Review, 1986, 76(5): 956-970.
- [3] Brander J, Lewis T. Bankruptcy costs and the theory of oligopoly [J]. Canadian Journal of Economics, 1988, 21(2): 221-243.
- [4] Showalter D M. Oligopoly and financial structure: Comment[J]. American Economic Review, 1995, 85(3): 647-653.
- [5] 泰勒尔. 产业组织理论[M]. 张维迎等译. 北京: 中国人民大学出版社, 1997.

- [6] 杨广青,汪蓉,王浣尘. 债务融资、技术创新与寡头垄断竞争[J]. 系统工程理论与实践, 2007, (8): 75-83.
- [7] Haan M A. The strategic use of debt reconsidered[J]. International Journal of Industrial Organization, 2008, 26 (2): 616-624.
- [8] Rajaram K, Tang C S. The impact of product substitution on retail merchandising[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 135(13): 582-601.
- [9] Zhao Jing, Tang Wansheng, Wei Jie. Pricing decision for substitutable products with retail competition in a fuzzy environment[J]. Production Economics, 2012, 135(1): 144-153.
- [10] Symeonidis G. Quality heterogeneity and welfare[J]. Economics Letters, 2003, (78): 1-7.
- [11] 王志江. 产品替代性程度与企业共谋合作关系的研究[J]. 数学的实践与认识, 2006, (3): 92-95.
- [12] 张克勇, 周国华. 不确定需求下闭环供应链定价模型研究[J]. 管理学报, 2009, 6(1): 45-50.
- [13] 高峻峻, 王迎军, 郭亚军, 等. 一类随机需求下分销系统的主从对策模型及仿真[J]. 系统管理学报, 2007, (3): 230-236.
- [14] 孔庆辉, 孔建华. 宏观经济波动、公司规模和资本结构选择[J]. 哈尔滨商业大学学报(社会科学版), 2011, (3): 68-74.
- [15] 苏冬蔚, 曾海舰. 宏观经济因素与公司资本结构变动[J]. 经济研究, 2012, (12): 52-65.
- [16] 姜付秀, 刘志彪. 经济波动中的资本结构与产品市场竞争[J]. 金融研究, 2005(12): 73-85.
- [17] Grullon G, Kanatas G, Kumar P. Financing decisions and advertising: An empirical study of capital structure and product market competition[R]. Working Paper, Rice University, 2002.
- [18] Pandey I M. Capital structure and market power interaction: Evidence from Malaysia[R]. Working Paper, 2002.
- [19] Campello M. Debt financing: Does it boost or hurt firm performance in product market? [J] Journal of Financial Economics, 2006, (82): 135-172.
- [20] 马丁. 高级产业经济学[M]. 史东辉等译. 上海: 上海财经出版社, 2003.

Dynamic Game of the Upstream and Downstream Business Decisions based on Duble-level Particle Swarm Optimization

YANG Guang-qing, LIU Tao

(School of Management, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: The mutual influence effect from the corporate decision-making is more significant in the oligopolistic market structure. At this point, the corporate finance decisions and output decisions not only affect their own profits, and will affect their competitors and suppliers, that is, the strategic effect of the business decisions. In this paper, the dynamic game model of the upstream-downstream business decisions is established with considering product substitution and market fluctuations. A double particle swarm algorithm against that decision of nonlinear bilevel programming features is designed. Then the enterprise decision-making is analyzed by using computer simulation technology. It can be found that, firstly, product substitution has a "competitive effect" on downstream enterprises and "amplifying effect" on the decline of production and profit of upstream enterprises. Compared with debt financing limited liability effect, the "competitive effect" of the product substitution have a greater impact on production game and profit of the downstream enterprises. In addition, debt limited liability effect and debt bankruptcy effect together affect the impact of product substitution on the bankruptcy equilibrium critical point of downstream enterprises. Secondly, the impact of fluctuations in the market environment on production decision-making and financing decision is consistent with Wanzenried^[1], but the impact on profit of upstream and downstream enterprises is not consistent. Finally, when considering the two cases of debt financing and no debt financing, regardless of lower or higher product substitution, a higher degree of fluctuations in the market environment urge the financing enterprises to consider the strategic role of debt, and the phenomenon of "Prisoner's Dilemma" exists in downstream enterprises' financing decisions. Upstream firm's monopoly position in the market strengthens the impact of the "amplifying effect" of debt financing for downstream enterprises on its profit.

Key words: particle swarm optimization; strategic financing; cournot game; product substitution; the fluctuations in market environment