

模型不确定性条件下的企业投资策略与风险管理

牛英杰¹, 杨金强^{1,2,3}

(1. 上海财经大学金融学院, 上海 200433;

2. 上海国际金融与经济研究院, 上海 200433;

3. 上海市金融信息技术研究重点实验室, 上海 200433)

摘要: 考察了在企业家有限承诺的条件下, 模型不确定性对企业的动态资本投资和风险管理的影响. 运用最大最小期望效用理论和动态最优控制方法, 得到最不利情形下企业家确定性等价财富的半闭式解以及相应的最优经营策略和风险对冲策略. 研究表明, 模型不确定性的存在能够降低企业的最优债务容量, 进一步导致了消费不足和投资扭曲, 但消费和投资的偏离幅度因有限承诺约束的存在而呈现非对称性. 在引入模型不确定性后, 发现企业对资本波动风险需要的期货合约数量先减少后增加, 这源于模型不确定性与有限承诺约束的博弈, 但防备生产技术转换风险需要的保险合约数量却随着不确定性程度的增强而减小.

关键词: 企业家人力资本; 有限承诺; 模型不确定性; 投资; 风险管理

中图分类号: F224.3; F272 文献标识码: A 文章编号: 1000-5781(2026)01-0094-16

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2026.01.007

Corporate investment and risk management under model uncertainty

Niu Yingjie¹, Yang Jinqiang^{1,2,3}

(1. School of Finance, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China;

2. Shanghai Institute of International Finance and Economics, Shanghai 200433, China;

3. Shanghai Key Laboratory of Financial Information Technology, Shanghai 200433, China)

Abstract: This paper investigates the effects of model uncertainty on corporate dynamic capital investment and risk management with entrepreneurial limited commitment. Utilizing max-min expected utility and dynamic stochastic control, the semi-closed-form solution for entrepreneurial certainty-equivalent wealth, optimal business strategy and risk management under the worst-case scenario are derived. The results show that the presence of model uncertainty can decrease the optimal debt capacity and further cause low consumption and investment distortions. But the deviation of investment and consumption are nonsymmetric when considering limited commitment constraint. Compared with the model without model uncertainty, the futures positions for hedging capital shock decrease first and then increase. This is due to the tradeoff between model uncertainty and limited commitment constraint. In contrast, an increase in the degree of model uncertainty reduces the insurance demand for hedging against the change in productivity.

Key words: entrepreneurial human capital; limited commitment; model uncertainty; investment; risk management

收稿日期: 2023-03-31; 修订日期: 2024-04-04.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(72342021; 72425012; 72503128); 教育部人文社会科学基金资助项目(22YJC630108); 上海财经大学中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2024110563).

1 引言

企业家与企业经营活动结合促使企业家人力资源成为企业家人力资本,它是企业发展的推动力,是企业核心竞争力的,在生产要素中发挥着极其重要的作用,对企业的经营管理和健康发展起着关键的作用^[1,2,3,4].而企业家人力资本的特性体现在企业家能力与其人身的不可让渡性.即企业家作为企业的关键人物,其独特才能(如特有的经营能力和创新能力)不可分割地依附于其所有者身上,企业家个人对其自身的人力资本具有不可分离.当前研究表明,企业家人力资本在企业运营中发挥着重要作用,能够提高企业业绩^[5,6,7,8],但反过来企业也需要对企业家做出一些保证,否则一旦关键人物风险发生(如企业家选择离职或者跳槽),将会给企业以重创,甚至造成企业的破产.

目前关于企业家人力资本的研究大多基于企业家完全理性的假设,认为风险就是度量不确定性的形式,企业家在利用模型或变量分布时信心十足.然而近年来,全球政治经济走势扑朔迷离,“黑天鹅”、“灰犀牛”事件频发,疫情持续演变,俄乌冲突导致区域安全形势恶化,这导致企业的外部经营环境面临空前的不确定性.比如,俄乌冲突的不确定导致大宗商品原材料价格持续走高,2021年大宗商品的原材料价格整体涨幅约为28%,其中铜、铝上涨40%,钢板上涨28%,塑料上涨21%.据一家东部企业反映,大宗原材料价格最高点与最低点相比,家电产品成本平均涨幅为20.9%,导致毛利下降约12.4%,这些情况给企业的经营发展和成本控制带来了新的挑战.因此,如何在不确定环境下进行正确的投资决策和有效的风险管理是企业亟待解决的重要问题. Knight 把不确定性区分为可以用概率度量的风险和不可以用概率度量的模型不确定性. Ellsberg^[9]的选瓶实验也验证了风险和模型不确定性的形式是不同的.具体而言,模型不确定性是指决策个体无法得知现实世界状态的真实概率分布,致使其对模型持怀疑态度,并且在客观上无法识别模型的准确形式.产生模型不确定性的主要原因是信息缺乏,即意识到经济状态的概率分布存在一定的未知性,导致传统以期望效用最大化为基础的决策理论在描述企业家的决策行为上有所偏差.在这种情况下,模型不确定性如何影响企业价值及实业投资决策?当面临不同风险时,模型不确定性对风险管理策略的影响有何异同?不同经济状态下企业的策略会发生怎样的变化?基于上述思考,本文深入探析模型不确定性对企业投资和风险管理决策的影响及经济含义,可为企业应对不确定性、渡过发展难关、争取“稳字当头,稳中求进”提供理论依据,对实现企业高质量发展具有重要的理论参考意义.

本文将模型不确定性引至考虑企业家人力资本的企业决策模型,使用随机最优控制理论和最大最小期望效用理论对最优决策和价值函数进行理论求解,得到价值函数的 HJB 方程、相应的边界条件及控制决策的一阶优化条件,继而研究模型不确定性对企业家人力资本约束、实业投资决策和风险对冲等作用机理和影响机制.根据数值分析发现以下主要结论:首先,对不确定性的担忧使得企业家对企业未来发展持更悲观态度,因而在经营过程中倾向于减少债务容量,降低举债成本,提高企业投资和风险管理能力,确保企业安稳发展.其次,随着模糊厌恶水平的增加,企业家的投资动机会显著降低,他更倾向于采取较小的实业投资来减少风险暴露.当人力资本约束较强时,企业家退出企业的意愿亦较强,扭曲投资的动机较大,导致实业投资比例大幅度减小.而当人力资本约束减弱时,企业家的财富量增加,应对不确定性的能力增强,从而更乐意于实业投资,导致投资降幅收窄.再次,模型不确定性对期货对冲比例的影响是非单调的.模型不确定性一方面通过企业价值、流动性财富的边际价值与有效风险厌恶系数等的综合作用间接减少期货合约数量的使用,一方面通过模型错误设定的负面影响直接地增加期货对冲的需求,两种相反的作用导致了模糊厌恶水平对期货对冲策略产生了非单调的影响.最后,不确定性降低了企业家对冲技术变换风险的保险合同使用量.

本文与一些研究企业投资与风险管理问题的文献相关. Bolton 等^[10]在统一框架下探讨了融资约束对托宾 Q、企业投资、融资策略以及风险管理的影响. Wang 等^[11]在非完备市场中研究了企业家的消费策略、资本投资策略以及风险投资策略,发现预防性储蓄动机、借贷约束和资本非流动性是重要的影响因素.

Demarzo 等^[12]依托委托代理模型,分析动态代理与投资 Q 理论之间的关系.曹启龙等^[13]在不确定的假设条件下研究了债务对企业最优投资时机和最优投资规模的选择问题.Lin 等^[14]利用随机利率模型研究了利率时变性对企业投资与托宾 Q 的影响.Bolton 等^[15]以企业家不可分割的人力资本为研究视角,分析讨论企业家薪酬策略、企业投资与风险管理决策的衍化过程.甘柳等^[16]分析了股东风险转移以及投资不足形成的代理问题,并且分析了最优资本结构,信用价差以及托宾 Q 的影响机制.宋丹丹等^[17]探究可转债和控制权私利对公司投资决策和代理成本的影响.罗鹏飞等^[18]基于非完备信息假设建立了具有 CDS 的企业动态投资融资模型.上述理论均未考虑模型错误设定与模型使用不信任的问题.然而,本文将模型不确定性因素考虑到具有企业家人力资本的企业连续动态投资模型中.此外,相关文献也对不确定性在企业决策模型中的影响做了探究.Miao 等^[19]考虑了不确定性环境下鲁棒合约的设计及公司资本结构问题.杨璇青等^[20]针对现实合作中存在模糊联盟的情况,利用 Choquet 积分定义了模糊联盟合作对策 τ 值,证明了其存在性、唯一性和其他重要性质.费为银等^[21]在奈特不确定及机制转换环境下研究了汇率变动对跨国投资决策的影响.Niu 等^[22]进一步研究了模型不确定性对动态合约设计和企业投资的影响.Lee 等^[23]的研究显示,长期模糊厌恶与短期模糊厌恶在影响企业投资过程中的作用是不一致的. Attaoui 等^[24]得到了具有模型不确定性特征的企业的最优资本结构.李雪等^[25]研究多模式资源约束条件下的鲁棒性和成本双目标权衡问题,探讨如何在最低成本代价下最大程度地提升项目鲁棒性.牛英杰等^[26]研究了非完备市场下模糊厌恶型企业家的最优投资和消费问题.凌爱凡等^[27]提出一个动态鲁棒契约模型来捕捉委托代理问题中委托人对代理人信息披露存在模糊厌恶的情形.上述研究虽考虑了模型不确定性问题,但未涉及企业家人力资本问题.在企业实际经营过程中,企业家人力资本发挥着重要作用,人力资本的价值和能力直接或间接影响到企业的生存与发展.基于此,本模型在企业决策模型中考虑企业家人力资本的影响.一些学者研究了有限承诺约束对企业决策的影响.Ai 等^[28]从委托代理角度理论研究了有限承诺对企业实业投资和高管薪酬的影响.Miao 等^[29]研究了连续时间情形下的单边和双边有限承诺的契约问题.Rebelo 等^[30]研究了不同国家金融发展程度对主权债务规模动态的作用机制.而本文重点探究模型不确定性对企业投资策略与风险管理决策的影响.

2 模型假设与建立

2.1 生产技术与资本投资

假设某个企业家拥有企业的所有权益,该企业利用实体资产进行生产.假定企业采用“AK”类型生产方式,则 t 时刻营业性收入 Y 可表述为

$$Y_t = A_t K_t - G(I_t, K_t), \quad (1)$$

其中 A_t 表示单位资本的产出率, K_t 表示企业的资本存量, I_t 表示单位时间内有效资本投资数量, $G(I, K)$ 为资本投资过程中的调整成本.式(1)表明,企业营业收入等于资本产出与投入成本的差额.

根据 Bolton 等^[10],假设调整成本函数采用如下的二次函数形式

$$G(I, K) = g(i)K = \left(i + \frac{\phi}{2}i^2\right)K, \quad (2)$$

其中 $i = I/K$ 为投资-资本比, ϕ 为投资调整损耗系数.

对于资本存量,假设 K 服从如下的随机扩散过程

$$dK_t = (I_t - \delta K_t)dt + \sigma K_t dZ_t, \quad (3)$$

其中 δ 为单位时间内的资本折旧率, σ 为资本波动率, Z_t 为定义在概率空间 $(\Omega, \mathcal{F}, \mathcal{P})$ 上的标准布朗运动.

对于生产技术,假设 A_t 服从两状态连续时间马尔科夫链过程,即 A_t 只能取一高值 A_H 或一低值 A_L .同时假设过程 A 的起始状态为 A_j , 其中 $j \in \{L, H\}$, 然后经过指数分布长的时间后跳到另一状态 A_{j^-} ($j^- \neq j$), 指数分布的参数为 λ_j (也称为转换密度).换言之,在无穷小的时间区间 dt 内,过程 A_t 的值以概

率 $\lambda_j dt$ 从状态 A_j 转变为 A_{j-} . 为方便起见, 用计数过程 $\{N_t\}$ 表示到 t 时刻生产技术发生转换的次数, 也即: 当技术发生转换时, $dN_t = 1$; 当技术保持不变时, $dN_t = 0$.

2.2 资本波动风险对冲

随机过程 Z 会引起资本存量 K 的不断波动, 企业的产出也会随之不断发生变化. 为减低资本波动对企业利润的不利影响, 企业家决定进入期货合约的空头对冲资本变动的风险, 以期达到套期保值的目的. 鉴于期货合约的标准化, 使用期货合约不涉及违约风险. 依据 Bolton 等^[15], 设一单位期货合约的正规化价格为 σdZ_t . 如果假设对冲比率为 Ψ_t , 则企业家通过卖空期货合约获得的最终收入为 $\Psi_t \sigma dZ_t$.

2.3 随机转换风险

技术变动也会对企业经营带来风险. 对于技术的变动, 本文考虑企业家选择利用保险来进行对冲, 即企业家与保险人订立保险合同, 规定企业负有支付保险费义务; 当企业生产技术发生转换时, 保险人承担赔偿责任或者给付保险金的责任. 以当前状态为高技术水平(即 $A_t = A_H$) 为例: 假设保险人是风险中性的, 单位时间内的公平精算保费为 λ_H . 若状态由 H 转为 L , 企业家支付金额为 λ_H 的保费, 获得一单位的保险赔偿. 令 $\pi_H K$ 为企业家的保险需求量, 此时企业支付的保险费用为 $\pi_H K \lambda_H$, 发生技术转换时(即 $dN_t = 1$), 保险人的赔偿金额为 $\pi_H K$. 因此, 通过对冲技术转换, 企业获得收入为 $\pi_H K (dN_t - \lambda_H dt)$, 这里有 $dN_t \in \{1, 0\}$.

2.4 消费及财富动态

企业家通过消费获得效用, 定义 C_t 为 t 时刻的消费. 在企业正常运营期间, 企业家的流动性财富(用 W_t 表示)满足如下动态过程

$$dW_t = rW_t dt + (Y_t - C_t) dt + \Psi_t \sigma dZ_t + \pi_H K (dN_t - \lambda_H dt), \quad (4)$$

其中右侧第一项表示利息收入, 第二项表示企业的净现金流, 第三项与第四项表示风险对冲活动为企业带来的额外收入.

2.5 模型不确定性

现实世界中, 由于信息缺乏、事实混淆等因素, 企业家无法准确识别经济变量的概率分布, 导致其对使用模型持怀疑态度, 并且在客观上无法获知模型的准确形式. 因此模型不确定性是企业家实际面临的问题. 当存在模型不确定性时, 企业家总是可以找到一个其认为最优的“参考模型”, 但客观上无法甄别模型的准确形式, 因而他将考虑与参考模型接近的“相似模型”, 以期降低模型错误识别带来的负面影响.

对任意时刻 t , 参考模型预测变量的概率分布为 \mathcal{P}_t , 所有时刻的分布则记为 \mathcal{P} ; 企业家认为相似模型中相应变量的概率分布可能为 \mathcal{Q}_t , 所有时刻的可能分布则记为 \mathcal{Q} , 这里 \mathcal{Q} 也是定义在可测空间 (Ω, \mathcal{F}) 上的概率测度. 根据 Girsanov 定理, 定义为 z_t 为 \mathcal{Q} 相对于 \mathcal{P} 的 Radon-Nikodym 导数, 即 $z_t = \frac{d\mathcal{Q}}{d\mathcal{P}} \Big|_{\mathcal{F}_t}$, 并且 z_t 服从如下动态过程

$$\frac{dz_t}{z_t} = h_t dZ_t, \quad (5)$$

其中密度生成子 h_t 是适应于信息域流 \mathcal{F}_t 的实值过程.

如果对于任意 $t < \infty$, 条件 $\int_0^t h_s^2 ds < \infty$ 几乎处处成立, 那么测度 \mathcal{Q} 与 \mathcal{P} 等价. 在这种情况下, 测度 \mathcal{P} 定义的标准布朗运动 Z_t 与测度 \mathcal{Q} 定义的标准布朗运动 Z_t^h 满足下列方程

$$dZ_t = dZ_t^h + h_t dt. \quad (6)$$

在新测度 \mathcal{Q} 下, 资本存量与流动性财富的动态过程变为

$$dK_t = (I_t - \delta K_t + \sigma h_t K_t) dt + \sigma K_t dZ_t^h, \quad (7)$$

$$dW_t = (rW_t + Y_t - C_t + \sigma h_t \Psi_t) dt + \Psi_t \sigma dZ_t^h + \pi_H K (dN_t - \lambda_H dt). \quad (8)$$

2.6 企业家人力资本及有限承诺约束

企业家是一种特殊的人力资本,作为企业凝聚的核心,他往往掌握企业的重大决策权和核心知识技术,是企业成长的关键因素,在企业中具有非常重要的地位.但企业家人力资本只能属于企业家个人所有,不可分割地依附于企业家身上.这就要求企业在使用企业家人力资本时,要建立相应的企业家报酬机制,激发企业家人力资本使用的积极性.一旦企业家得到的报酬低于预期时,他就有动机离开当前企业,在市场上重新寻求实现自我的机会,证明自己的价值^[31].然而企业家的离开会严重影响企业运营和发展,将给企业造成重大的损失,甚至导致破产,这种现象有时也被视为“关键人物风险”^[32].Bolton等^[15]将这种风险具化为有限承诺约束,即承诺企业家人力资本价值(体现为应得报酬或者效用)应不低于某一外部期权价值,否则企业家将转移人力资本,退出该企业.从企业的视角,有限承诺约束的满足是确保企业家发挥作用的前提;从企业家的视角,有限承诺约束可作为一种激励机制,保留了企业家的选择权.

为度量企业家不可分割的人力资本的价值,假设企业家拥有一个外部期权,他可以在任何时间离开目前企业,离开之后可以重做企业家,并经营着规模为 αK 且无任何负债的新企业,这里 $\alpha \in (0, 1)$ 用来衡量企业家人力资本不可分割的程度或者不可让渡的程度.由于 $\alpha < 1$,企业家在规模较小的企业中创造的价值也相应较低,可见对企业家而言,离开现企业只是一种次优决策,不是明智之举.但如果企业家人力资本价值在该企业低于新企业,他也会选择离职.也就是说,在经营管理过程中,企业家获得的报酬或效用必须在预期范围之内,否则他会做出次优选择离开企业.令 $V^j(W, K)$ 为状态为 j 时企业家的值函数,为保证企业家不行使该选择权, $V^j(W_t, K_t)$ 需要满足下述有限承诺约束条件

$$V^j(W_t, K_t) \geq V^j(\underline{W}_t, K_t), \quad (9)$$

其中 \underline{W}_t 表示企业家可接受的最低财富水平.

实际上,式(9)等价于

$$W_t \geq \underline{W}_t, \quad (10)$$

其中 \underline{W}_t 可为正可为负, $\underline{W}_t < 0$ 则表示流动性财富为负,说明此时企业经营不善.

为保证企业的正常运营,企业家将利用信贷额度向银行借款,借款金额为 $|\underline{W}_t|$,借款利率为 r .举债经营虽然能够给企业带来扩大规模所需的资金,但也压缩了企业家的报酬空间.从这个角度而言, $|\underline{W}_t|$ 也可以理解为企业家所能容忍的最大债务容量.另外,在 \underline{W}_t 处,企业家继续待在现企业与行使选择权经营新企业是无差别的,即有

$$V^j(\underline{W}_t, K_t) = V^j(\alpha K_t, 0). \quad (11)$$

2.7 企业家的目标

下面将分两步讨论企业家的最优化问题.首先,由于模型不确定性的存在,在参考模型所预测结果的一定范围内企业家无法确认模型的真实分布,该范围的大小则用折现熵进行刻画.折现熵能够度量模型不确定性的程度,且测量其他模型的概率分布与参考模型的概率分布之间的相对距离,折现熵的值越大,表明企业家对参考模型的不信任程度加深.定义0到 ∞ 时刻的折现熵为

$$\zeta \mathbb{E}^P \left[\int_0^\infty e^{-\zeta t} z_t \ln z_t dt \right]. \quad (12)$$

经过测度变换,将折现熵的表达式重写为

$$\zeta \mathbb{E}^P \left[\int_0^\infty e^{-\zeta t} z_t \ln z_t dt \right] = \frac{1}{2} \mathbb{E}^P \left[\int_0^\infty e^{-\zeta t} z_t h_t^2 dt \right] = \frac{1}{2} \mathbb{E}^Q \left[\int_0^\infty e^{-\zeta t} h_t^2 dt \right]. \quad (13)$$

其次,在有限承诺约束下,企业家根据企业的资本存量、生产技术大小、自身的流动性财富水平,通过选取消费策略 C 、投资策略 I 、期货合约份数 Ψ 以及单位资本所对应的保险合同需求量 $\pi_j (j = L, H)$,来最大

化无限期内期望消费总效用. 综上所述, 在状态 j 下, 企业家的最优化问题为

$$V^j(W_t, K_t) = \text{Max}_{C_j, I_j, \Psi_j, \pi_j} \text{Min}_{h_j} \left\{ \mathbb{E}^\mathcal{Q} \left[\int_t^\infty \zeta e^{-\zeta(s-t)} U(C_{j,s}) ds \right] + \frac{1}{2\Phi^j} \mathbb{E}^\mathcal{Q} \left[\int_t^\infty e^{-\zeta(s-t)} h_{j,t}^2 ds \right] \right\}, \quad (14)$$

其中 ζ 定义为企业家的主观贴现率, $V^j(W_t, K_t)$ 代表企业运营过程中企业家的值函数.

实际上, 在求解企业家最优化问题时用到了最大最小期望效用理论, 即最大化对企业家最为不利的概率下的期望效用, 对应的策略则称为稳健策略. 由于缺乏可供企业家辨认的各个可能测度信息, 所以企业家只能通过应对最不利市场条件下的经济情形以达到规避模型不确定性的目的. 式(14)的第一项为不存在模型不确定性时企业家在无限期内的消费总效用; 第二项表示当相似模型的分布与参考模型预测分布偏离时模型不确定性对最小化目标的“惩罚项”, 这里参数 Φ^j 刻画了企业家的不确定性偏好, Φ^j 越大, 对最小化目标的惩罚力度越小, 继而企业家的不确定性偏好也越大; 当 Φ^j 接近于 0 时, 对极小化目标的惩罚力度变为无穷大, 模型逐渐退化至完全不存在模型不确定性时的情形. 在形式上, Φ^j 可以设定为常数, 也可以设定为状态变量的函数. 本文设定其为状态变量的函数, 即 $\Phi_t^j = \Phi^j(W_t, K_t)$. 此外, 本文采用幂效用函数

$$U(C) = \frac{C^{1-\gamma}}{1-\gamma}, \quad (15)$$

其中 γ 表示企业家的相对风险厌恶系数.

值得一提的是, Alvarwz 等^[33]与 Perri 等^[34]均指出, 有限承诺约束会导致市场不完全, 并且这种市场的非完全性是内生决定的. 此时模型的解等价于非完全市场下的解. 作为对比, 本文将有限承诺约束不存在时模型的解称为完全市场的解. 研究显示, 模型不确定性对完全市场下企业家的决策毫无影响(见附录), 而非完全市场下模型不确定性的影响较为显著.

3 模型求解

定义 \underline{W}_j 为企业的内生约束阈值, \underline{w}_j 为内生阈值与资本存量之比, 即 $\underline{w}_j = \underline{W}_j/K$. 当 $W \geq \underline{W}_j$ 时, 利用标准的动态最优控制原理, 值函数 $V^j(W, K)$ 满足下面的 Hamilton-Jacobi-Bellman(HJB) 方程

$$\begin{aligned} \zeta V^j(W, K) = & \text{Max}_{C_j, I_j, \Psi_j, \pi_j} \text{Min}_{h_j} \left\{ \zeta U(C_j) + [rW + A_j K - G(I_j, K) - C_j - \lambda_j \pi_j K + h_j \sigma \Psi_j] V_W^j(W, K) + \right. \\ & (I_j - \delta K + h_j \sigma K) V_K^j(W, K) + \frac{\sigma^2 K^2}{2} V_{KK}^j(W, K) + \frac{\sigma^2 \Psi_j^2}{2} V_{WW}^j(W, K) + \\ & \left. \sigma^2 K \Psi_j V_{WK}^j(W, K) + \lambda_j \left[V^{j-}(W + \pi_j K, K) - V^j(W, K) \right] + \frac{h_j^2}{2\Phi^j(W, K)} \right\}. \quad (16) \end{aligned}$$

式(16)的最后一项表示对最小化目标的惩罚项. 根据最大最小期望效用理论, HJB 方程的求解顺序为先求最小化折现熵目标, 再求最大化无限期消费效用问题. 利用最小化目标的一阶条件求出

$$h_j = -\sigma \Phi^j(W, K) \left(\Psi_j V_W^j + K V_K^j \right). \quad (17)$$

将式(17)代入式(16), 整理可得

$$\begin{aligned} \zeta V^j(W, K) = & \text{Max}_{C_j, I_j, \Psi_j, \pi_j} \left\{ \zeta U(C_j) + [rW + A_j K - G(I_j, K) - C_j - \lambda_j \pi_j K] V_W^j(W, K) + \right. \\ & (I_j - \delta K) V_K^j(W, K) + \frac{\sigma^2 K^2}{2} V_{KK}^j(W, K) + \frac{\sigma^2 \Psi_j^2}{2} V_{WW}^j(W, K) + \\ & \sigma^2 K \Psi_j V_{WK}^j(W, K) + \lambda_j \left[V^{j-}(W + \pi_j K, K) - V^j(W, K) \right] - \\ & \left. \frac{\Phi^j(W, K) \sigma^2}{2} \left[\Psi_j V_W^j(W, K) + K V_K^j(W, K) \right]^2 \right\}. \quad (18) \end{aligned}$$

为保证齐次性, $\Phi^j(W, K)$ 采取如下形式

$$\Phi^j(W, K) = \frac{\xi}{(1-\gamma)V^j(W, K)}, \quad (19)$$

其中 $\xi > 0$ 衡量了企业家对模型的不确定性程度.

进一步利用一阶优化条件可得

$$\zeta U'(C_j) = V_W^j(W, K), \quad (20)$$

$$G_I(I_j, K)V_W^j = V_K^j(W, K), \quad (21)$$

$$\Psi^j = \left[-\frac{(1-\gamma)V^j V_{KW}^j}{(1-\gamma)V^j V_{WW}^j - \xi(V_W^j)^2} + \frac{\xi V_W^j V_K^j}{(1-\gamma)V^j V_{WW}^j - \xi(V_W^j)^2} \right] K, \quad (22)$$

$$V_W^j(W, K) = V_W^{j-}(W + \pi_j K, K). \quad (23)$$

式(20)表明, 当消费达到最优时, 边际消费效用应等于财富的边际效用. 式(21)表示企业资本投资的边际成本等于边际收益. 式(22)的第一项是传统的套期保值比率, 第二项是模型不确定性导致的额外增加或减少的套期保值比率, 两项之和决定了企业家的套期保值策略. 式(23)表明, 最优的合同数量 π_j 使得状态为 j 时企业家财富的边际效用(左侧), 等于当状态由 j 转为 j^- 时, 他在订立保险合同之后得到的边际效用(右侧).

通过猜测-验证的方法, 值函数 $V^j(K, W)$ 有着如下形式

$$V^j(W, K) = \frac{(bM^j(W, K))^{1-\gamma}}{1-\gamma}, \quad (24)$$

其中 b 为一固定常数, 相应的表达式为

$$b = \zeta \left[1 + \frac{\gamma-1}{\gamma\zeta}(r-\zeta) \right]^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}. \quad (25)$$

在式(24)中, $M(W, K)$ 表示企业的确定性等价财富¹ 为方便起见, 用以下定理来总结模型的主要结论.

定理 1 在有限承诺约束条件下, 企业家的确定性等价财富为 $M^j(W, K) = m_j(w)K$, 其中 $w = W/K$ 表示流动性财富与资本存量的比值, $m_j(w)$ 为状态 j 下确定性等价财富-资本比, 这里 $j \in \{L, H\}$. 当 $w \geq \underline{w}_H$ 时, $m_H(w)$ 满足下面的自由边界非线性常微分方程(ODE)

$$\begin{aligned} 0 = \text{Max}_{i_H, \pi_H} & \left\{ \frac{m_H(w)}{1-\gamma} \left[\gamma \zeta^{\frac{1}{\gamma}} b^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} m_H'(w)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - \zeta \right] - \delta m_H(w) + [(r+\delta)w + A_H - \lambda_H \pi_H] m_H'(w) + \right. \\ & i_H (m_H(w) - (w+1)m_H'(w)) - g(i_H)m_H'(w) + \frac{\sigma^2}{2} \frac{(\gamma+\xi)m_H(w)^2 m_H''(w)}{(\gamma+\xi)m_H'(w)^2 - m_H(w)m_H''(w)} + \\ & \left. \frac{\lambda_H m_H(w)}{1-\gamma} \left[\left(\frac{m_L(w + \pi_H)}{m_H(w)} \right)^{1-\gamma} - 1 \right] \right\}. \end{aligned} \quad (26)$$

类似地, 当 $w \geq \underline{w}_L$, $m_L(w)$ 满足下述 ODE

$$\begin{aligned} 0 = \text{Max}_{i_L, \pi_L} & \left\{ \frac{m_L(w)}{1-\gamma} \left[\gamma \zeta^{\frac{1}{\gamma}} b^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} m_L'(w)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - \zeta \right] - \delta m_L(w) + [(r+\delta)w + A_L - \lambda_L \pi_L] m_L'(w) + \right. \\ & i_L (m_L(w) - (w+1)m_L'(w)) - g(i_L)m_L'(w) + \frac{\sigma^2}{2} \frac{(\gamma+\xi)m_L(w)^2 m_L''(w)}{(\gamma+\xi)m_L'(w)^2 - m_L(w)m_L''(w)} + \\ & \left. \frac{\lambda_L m_L(w)}{1-\gamma} \left[\left(\frac{m_H(w + \pi_L)}{m_L(w)} \right)^{1-\gamma} - 1 \right] \right\}. \end{aligned} \quad (27)$$

¹ $M(W, K)$ 也可以解释为消费效用无差别定价, 即从消费的角度看, 企业家至少要用 $M(W, K)$ 数量的确定性财富才能换取他当前拥有的风险企业和金融财富.

上述两个常微分方程具有如下边界条件

$$\lim_{w \rightarrow \infty} m_H(w) = q_H^{CM} + w, m_H(\underline{w}_H) = \alpha m_H(0), m_H''(\underline{w}_H) = -\infty, \quad (28)$$

$$\lim_{w \rightarrow \infty} m_L(w) = q_L^{CM} + w, m_L(\underline{w}_L) = \alpha m_L(0), m_L''(\underline{w}_L) = -\infty, \quad (29)$$

其中 q_H^{CM} 和 q_L^{CM} 由附录给出.

对于最优决策, 一方面, 状态 j 下最优消费、实业投资以及对冲比率分别由下式给出

$$c_j(w) = \zeta^{\frac{1}{\gamma}} b^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} m_j(w) m_j'(w)^{-\frac{1}{\gamma}}, \quad (30)$$

$$i_j(w) = \frac{1}{\phi} \left(\frac{m_j(w)}{m_j'(w)} - w - 1 \right), \quad (31)$$

$$\psi_j(w) = w - \frac{m_j(w)}{\gamma_j^e(w) + \xi m_j'(w)} (\gamma + \xi), \quad (32)$$

其中 $\gamma_j^e(w)$ 代表企业家的“有效”风险厌恶, 由下述表达式给出

$$\gamma_j^e(w) = \gamma m_j'(w) - \frac{m_j(w) m_j''(w)}{m_j'(w)}. \quad (33)$$

另一方面, 状态 H 下的最优保险需求量 π_H^* 满足 $\pi_H^* = \max\{\underline{w}_L - w, \tilde{\pi}_H\}$, 其中 $\tilde{\pi}_H$ 由下式决定, 即

$$m_L'(w + \tilde{\pi}_H) = m_H'(w) \left(\frac{m_H(w)}{m_L(w + \tilde{\pi}_H)} \right)^{-\gamma}. \quad (34)$$

而状态 L 下的最优保险需求量 π_L^* 满足 $\pi_L^* = \max\{\underline{w}_H - w, \tilde{\pi}_L\}$, 其中 $\tilde{\pi}_L$ 由下式决定, 即

$$m_H'(w + \tilde{\pi}_L) = m_L'(w) \left(\frac{m_L(w)}{m_H(w + \tilde{\pi}_L)} \right)^{-\gamma}. \quad (35)$$

在定理 1 中, 式(28)~式(29)刻画了不同状态下企业家尺度化值函数所需满足的边界条件. 以状态 H 为例, 首先当企业家拥有足够多的财富时, 有限承诺约束条件将不再束紧, 非完全市场的解趋近于完全市场的解, 此时企业家的最优化问题可以分割为两部分: 个人财富最大化和企业价值最大化问题, 进而企业家的确定性等价财富等于其所拥有的财富量 w 与企业价值 q_j^{CM} 之和. 其次, 当 $w = \underline{w}_H$ 时, 企业家的去留无差异, 此时企业家的确定性等价财富 $m_H(\underline{w}_H)$ 等于其拥有的外部期权的价值 $\alpha m_H(0)$. 最后, 为使有限承诺约束条件在任意时刻恒成立, 需要满足第三个条件 $m_H''(\underline{w}_H) = -\infty$. 该条件保证了状态变量 w 的漂移项是非负的, 而扩散项变为 0, 说明 $\{w_t\}_{t=0}^{\infty}$ 是一个递增过程, 继而保证 $w \geq \underline{w}_H$ 的恒成立. 对于保险需求量, 如果 $\tilde{\pi}_H > \underline{w}_L - w$ 成立, 则 $\pi_H^* = \tilde{\pi}_H$, 否则 $\pi_H^* = \underline{w}_L - w$.

4 数值分析与经济逻辑

在进行相应的经济解释之前, 本文首先对模型所涉及的参数予以赋值. 参照 Bolton 等^[35] 与杨金强等^[36], 本文的基本参数选取如下: 相对风险厌恶系数 $\gamma = 2$, 折现率 $\zeta = 5\%$, 无风险利率 $r = 5\%$, 高生产技术 $A_H = 0.2$, 低生产技术 $A_L = 0.18$, 波动率 $\sigma = 20\%$, 调整成本参数 $\phi = 2$, 折旧率 $\delta = 12.5\%$, 人力资本不可让渡性参数 $\alpha = 0.8$, 高技术状态下的转换密度 $\lambda_H = 0.1$, 低技术状态下的转换密度 $\lambda_L = 0.01$.

图 1 的左右子图分别给出了两种状态下最优密度生成子 $h_H(w)$ 与 $h_L(w)$ 和债务容量 $|\underline{w}_H|$ 与 $|\underline{w}_L|$. 从图 1(A) 来看, 两种状态下最不利情形对应的密度生成子均为负数, 说明模型不确定性的存在导致资本存量和流动性财富的期望增长率有所降低, 这将引发企业家对未来企业发展持悲观态度, 进而影响或改变企业家的最优决策. 图 1(B) 显示, 债务容量随 ξ 呈现出递减趋势. 从企业家角度而言, 模型不确定性导致企业家

的外部期权价值变小(见图 2), 企业家留任现企业的动机变强, 但为保证薪酬不遭受压缩, 企业家借债经营的动机却变弱, 致使其所能容忍的债务容量越小. 从企业角度而言, 当企业发展面临的不确定性程度越高时, 企业越是积极降低借债规模, 降低财务成本, 确保企业发展行稳致远.

从定性角度而言, 图 1 反映出不同状态下模型不确定性对企业决策的影响是类似的. 不失一般性, 以状态 H 为例, 取模型不确定性厌恶系数 $\xi = 10$, 在下文分析中, 用 CM 表示完全市场中模型的解, ICM 表示不完全市场中模型的解. 图 2 给出了企业家的确定性等价财富及边际价值的变化情况. 图 2(A)显示, 对于非完全市场, 财富-资本比 w 越高, 有限承诺条件的约束力越小, 相应的 $m(w)$ 越大. 特别地, 当 w 趋于正无穷时, 有限承诺对企业家的决策无任何影响, 此时非完全市场下模型的解趋于完全市场的解. 同时, 在非完全市场下, $m(w)$ 随着 ξ 的增大而减小, 这是因为模型不确定性的存在要求企业家在最不利市场环境下作出决策, 消极的态度促使其低估了企业现金流的增长率, 导致其获得的效用水平降低, 确定性定价财富亦随之减少.

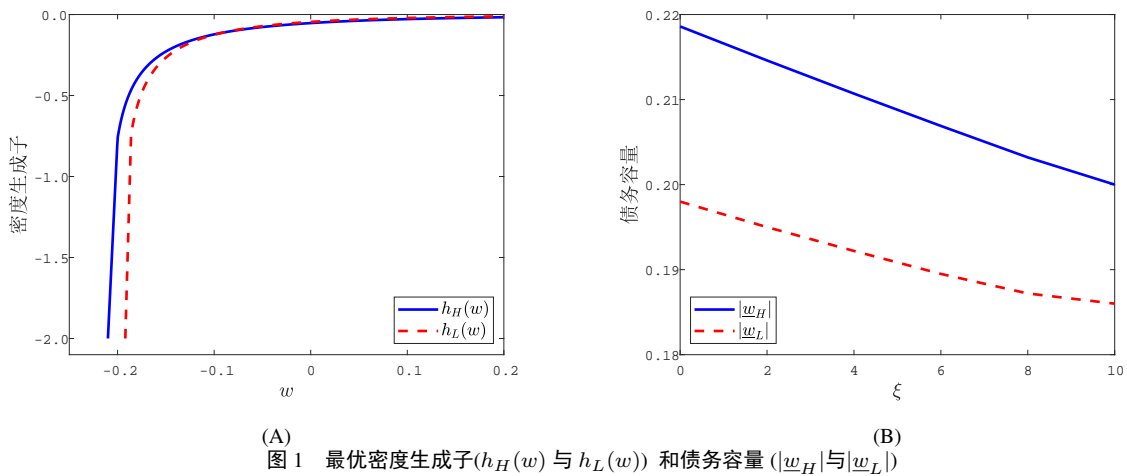


Fig. 1 The worse-case generator ($h_H(w)$ and $h_L(w)$) and debt capacity ($|w_H|$ and $|w_L|$)

图 2(B) 表明, 在完全市场下, 流动性财富的边际价值为 1, 而在非完全的资本市场下, 流动性财富可以降低有限承诺约束对企业家决策的负面影响, 因而它的边际价值大于 1. 此外, 财富的边际价值随着 ξ 的增大而增加. 模型的错误设定使得企业家确定性等价财富变小, 外部期权的吸引力变弱, 继而弱化有限承诺的负面影响, 导致流动性财富起到的效果相对较大, 所以其边际价值就越大.

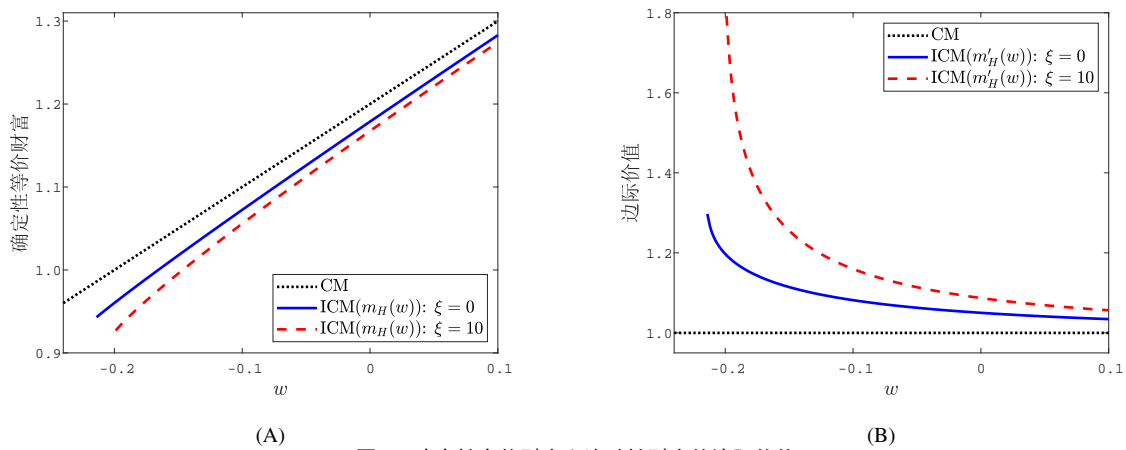


图 2 确定性定价财富和流动性财富的边际价值

Fig. 2 Certainty-equivalent wealth and marginal value of liquidity.

图 3(A) 给出了模型不确定性对企业实业投资的影响. 根据 Wang 等^[11], 企业价值 $Q(K, W)$ 可定义

为等于企业家确定性等价财富 $M(K, W)$ 与流动性财富 W 之差, 相应地, $q(w) = Q(K, W)/K$ 为企业价值-资本比. 结合图 2, 给定流动性财富-资本比水平, 与 $\xi = 0$ 相比, 当 $\xi > 0$ 时企业价值较小. 为降低模型不确定性对企业价值的侵蚀, 企业家选择相对保守的投资策略, 减少实业投资, 保证企业的正常运行. 由此可见, 模型不确定性扭曲了企业投资行为, 加剧了投资不足的现象. 在左侧边界 w_H (或 w_L), 较低的外部期权价值放大了模型不确定性的负面作用, 使得投资下降幅度较大. 随着流动性财富的逐渐增加, 有限承诺约束的影响逐渐减小, 投资降幅收窄. 图 3(B) 的数值结果表明模型误设下的消费-资本比低于参考模型下的最优消费水平. 由式(30)可知, 企业家的消费由两部分决定: 确定性等价财富和流动性财富的边际价值. 依此推断, 产生子图 B 结果的原因如下: 首先, 模型不确定性拉低了确定性等价财富的水平; 其次, 模型不确定性推高了储蓄的边际价值($m'(w)$ 可理解为储蓄的边际价值), 在这种情况下, 相对于消费, 企业家更愿意储蓄. 两个原因相互作用, 共同减小了企业家的消费动机.

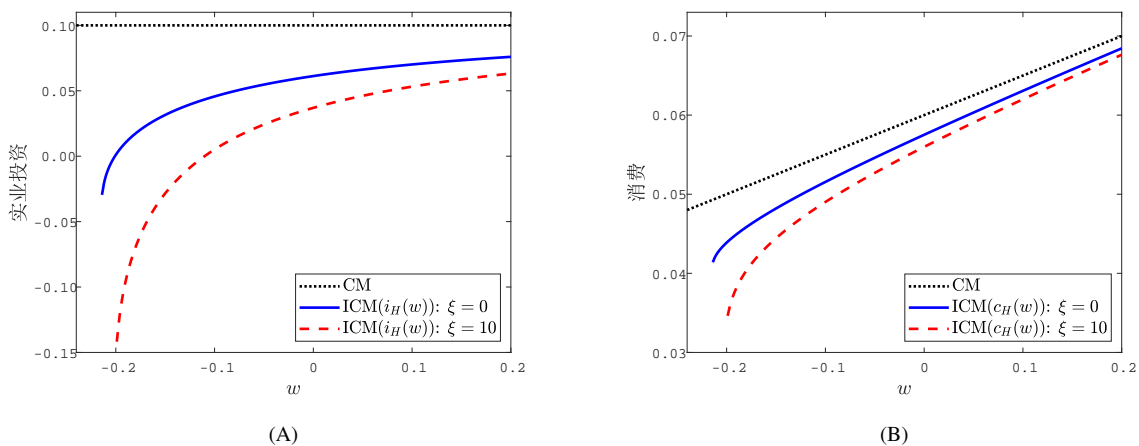


图 3 最优投资和最优消费

Fig. 3 Investment and consumption

图 4(A) 说明, ξ 上升会增大企业家的有效风险厌恶系数. 本模型中企业家不仅承受企业资本存量波动风险, 还面临模型误设的不确定性, 所以他的有效风险厌恶系数会提高. 但图 4(B) 却显示, 模型不确定性对期货对冲比例的影响是非单调的. 这种现象是由两方面原因博弈造成的: 一方面来源于式(32)右边第二项乘积的第一个因子, 将之称为间接效应, 即 ξ 通过 $m(w)$ 、 $\gamma^e(w)$ 以及 $m'(w)$ 的变化间接地影响 $\psi(w)$. 从数值上看, ξ 减少了企业家的确定性财富、增加了财富的边际价值以及提高了有效风险厌恶系数. 从经济学直觉讲, 企业家的确定性等价财富越低, 流动性财富的边际价值越大于 1, 抵抗风险和不确定性的能力也越弱, 触碰有限承诺约束边界的概率越高, 所以他极度厌恶风险和不确定性, 进行预防性储蓄的动机就越大, 需要储存现金以应对未来的资金需求或各种突发状况, 从而期货合约投资的数量也就越少. 因此 ξ 的增加间接地导致 $\psi(w)$ 上升. 另一方面来源于第二个因子, 将之称为直接效应, 即提高 ξ 能够直接减小 $\psi(w)$. 这符合经济学直觉, 因为模型不确定性增加了企业的风险暴露水平. 为降低负面影响, 保障企业平稳运行, 企业家更乐意参与期货市场, 力求通过进入期货合约以达到套期保值的目的. 当 w 处在较低水平时, 有限承诺条件的约束性和负面影响较大, 放大了间接效应对 $\psi(w)$ 的影响, 使得间接效应占优于直接效应, $\psi(w)$ 增加. 由于 $\psi(w) < 0$, $\psi(w)$ 的增加意味着企业家对冲所使用的期货合约数量减少. 随着 w 的逐渐变大, 有限承诺约束不再束紧, 此时直接效应占优, $\psi(w)$ 减少, 表明对冲活动所使用的期货合约数量增加.

图 5 给出了模型不确定性对不同技术状态下保险需求量的影响. 以状态 H 为例(类似地分析适用于 π_L), 图 5 传递了以下三个信息: 首先, 在定义域内 $\pi_H > 0$ 意味着当高技术状态向低技术状态转变时, 企业家需要买入保险以应对技术水平变低可能带来的损失, 从而保证财富边际价值的稳定. 其次, π_H 是 w 的单调递增函数. 当 w 很小, 尤其是临近有限承诺条件时, 保险需求量较低, 其主要缘由是此时企业处于负债

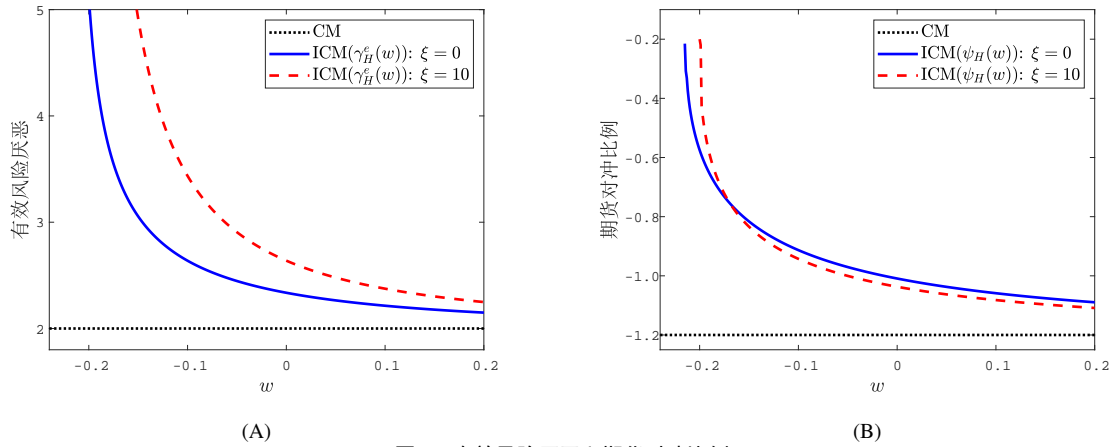


图 4 有效风险厌恶和期货对冲比例

Fig. 4 Effective risk aversion and hedging ratio

状态, 能够用来购买保险的资金较少; 而当 w 较高时, 特别是 w 趋于无穷时, 企业拥有足够的资金应对技术转变风险, 购买的保险数量较多. 最后, 模型不确定性降低了企业家的保险需求. 背后的经济含义是, 无论在任何状态, 模型不确定性的负面影响总是存在, 并且有限承诺约束也具有放大模型不确定性的作用, 继而企业家更关注模型不确定性的负面作用, 留有更多财富加以应对, 进而购买保险的动机相对减弱, 保险需求量随之减低.

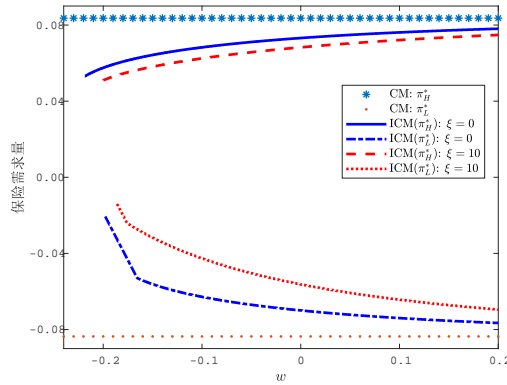


图 5 保险需求量

Fig. 5 Insurance demand

图 6 表示两种不同的生产技术水平对企业家确定性财富、最优投资、消费以及期货对冲比例的影响. 从图中可以看出, 提高生产技术能够为企业带来更多收入, 促使企业更积极地进行实业投资. 企业较丰富的现金流使其有能力借入更大的债务, 债务容量相应地提升. 同时企业现金流作为企业家流动性财富的来源之一, 不仅通过增大流动性财富来提高企业家的消费水平, 而且使得企业有较多资金参与对冲活动, 加大对期货合约的需求量.

5 稳健检验

5.1 附加约束条件的模糊厌恶测度方法

不同于正文中折现熵的测度方法, 根据 Hansen 等^[37]的研究, 在任意时刻 t , 密度生成子 h_t 满足如下约

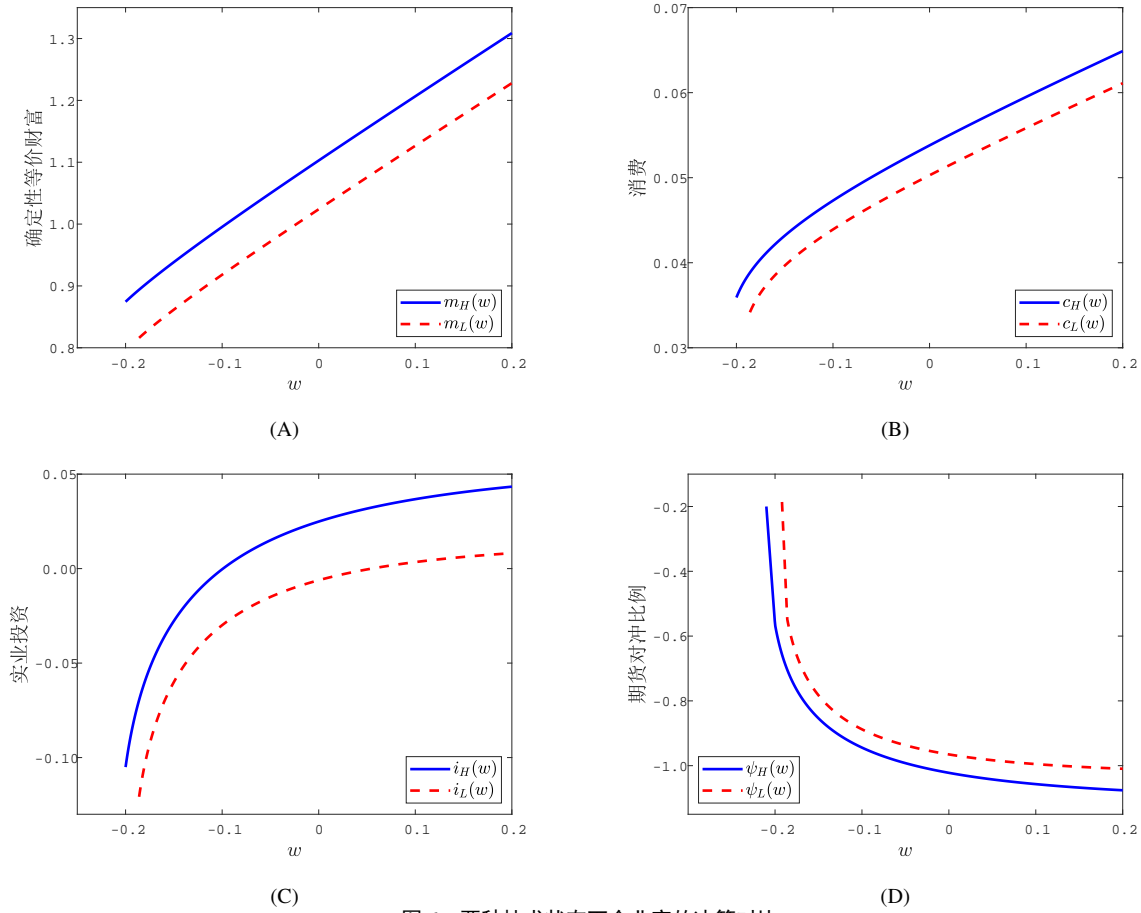


图 6 两种技术状态下企业家的决策对比
Fig. 6 Entrepreneur's decisions under state H and L

束条件

$$\frac{1}{2}h_t^2 \leq \chi, \tag{36}$$

这里 $\chi > 0$ 表示模型错误识别的容忍程度或者模糊厌恶水平, 利用该参数可以控制概率测度偏离的范围. 那么在状态 j 下, 值函数满足如下 HJB 方程

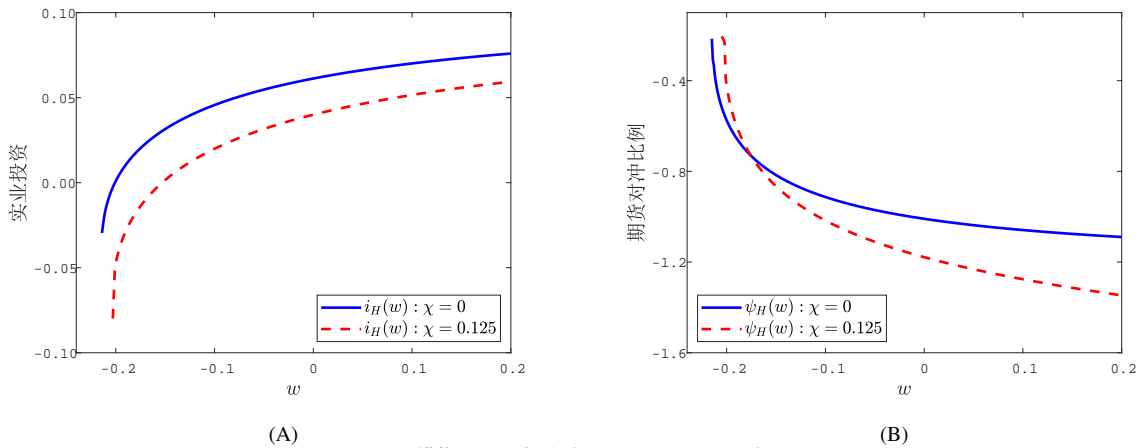
$$\begin{aligned} \zeta V^j(W, K) = & \text{Max}_{C_j, I_j, \Psi_j, \pi_j} \text{Min}_{h_j} \left\{ \zeta U(C_j) + [rW + A_j K - G(I_j, K) - C_j - \lambda_j \pi_j K + h_j \sigma \Psi_j] V_W^j(W, K) + \right. \\ & (I_j - \delta K + h_j \sigma K) V_K^j(W, K) + \frac{\sigma^2 K^2}{2} V_{KK}^j(W, K) + \frac{\sigma^2 \Psi_j^2}{2} V_{WW}^j(W, K) + \\ & \left. \sigma^2 K \Psi_j V_{WK}^j(W, K) + \lambda_j [V^{j-}(W + \pi_j K, K) - V^j(W, K)] \right\}, \end{aligned} \tag{37}$$

其中 h_j 受式(36)约束. 上述 HJB 方程求解过程与正文中类似, 这里不再赘述.

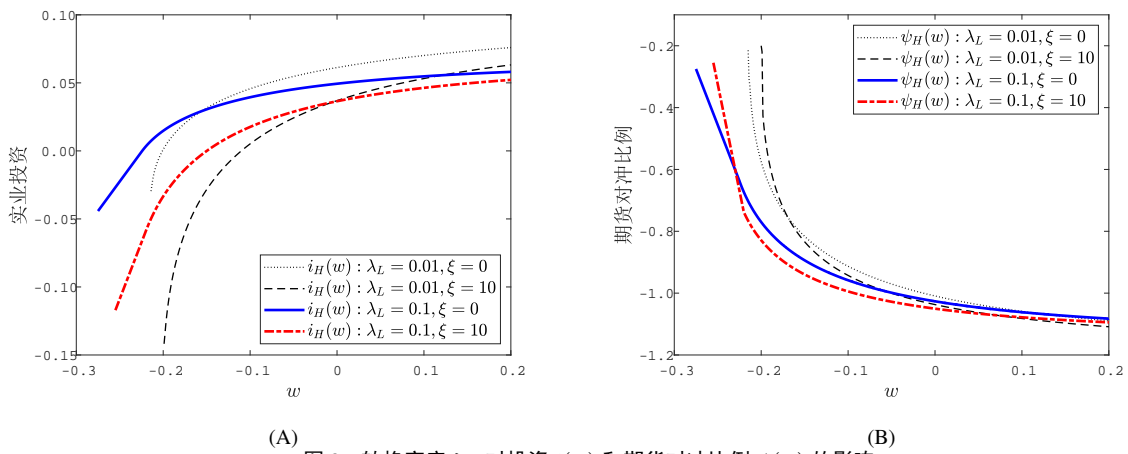
以状态 H 为例, 图 7 给出了约束条件模糊厌恶测度方法下实业投资-资本比 $i(w)$ 和期货对冲比例 $\psi(w)$. 可知, 模糊厌恶降低了企业家的投资意愿, 减少企业实业投资水平, 并且非单调地影响期货对冲比例, 即相比于模糊中性下的解, 期货合约的使用数量先减少后增加. 以上结论说明模型的结论较为稳健.

5.2 转换密度的影响

为检验转换密度对企业投资决策和风险管理策略的影响, 以 λ_L 为例, 图8给出了不同的技术之间的转换密度: 黑色点线与虚线表示技术从低状态转变为高状态的概率较低(即 λ_L 较小)时模型不确定性对企业策略的影响, 蓝色实线和红色点横线表示技术由低状态转变为高状态的概率较高(即 λ_L 较大)时模型不确定

图7 约束模糊厌恶下投资水平 $i(w)$ 和期货对冲比例 $\psi(w)$ Fig. 7 Investment $i(w)$ and futures hedging ratio $\psi(w)$ under constrained ambiguity

性对企业策略的影响. 图8表明, 给定不同的转换概率密度参数, 模型不确定性总是对投资产生负向影响, 而对期货对冲产生非单调影响, 这与上文结论一致. 此外, 从图看出, λ_L 越大, 企业的债务容量越多. 这是因为 λ_L 的增加会导致技术从低状态转变为高状态的概率增加, 因此企业发展预期向好, 投资意愿变强, 可承担的债务容量也随之增加.

图8 转换密度 λ_L 对投资 $i(w)$ 和期货对冲比例 $\psi(w)$ 的影响Fig. 8 Investment $i(w)$ and futures hedging ratio $\psi(w)$ for different levels of λ_L

6 结束语

企业家人力资本是企业的重要组成部分, 是一种更加稀缺的生产资源, 担负着特殊的使命. 本文一方面利用有限承诺约束来体现企业家人力资本的重要地位, 另一方面考虑企业家的非理性特征, 他对模型的稳健性不是完全有信心, 怀疑模型的有效性和准确性, 表现为对参考模型的担忧. 文章在此基础上对企业家的决策问题进行建模分析, 首先以最小化目标挑选出对企业家最为不利的模型设定形式, 其次选择消费、实业投资、期货对冲比例以及保险需求量来最大化最不利市场条件下的期望效用. 理论分析和数值结果显示, 模型不确定性不仅导致企业家消费不足, 而且扭曲了企业投资决策. 消费不足和投资扭曲现象在有限承诺约束处更加明显. 关于资本波动的风险对冲策略, 直接效应和间接效应的博弈使得模型不确定性既可以提高对冲比例, 也可以降低对冲比例; 而为了对冲生产技术变动风险, 模糊厌恶的企业家会减少对保险合约的需

求量。

本文的研究有以下启示: 首先, 具化不可分割的企业家人力资本, 有助于凸显企业家的“关键人物”作用, 敦促企业采用激励措施留住企业家, 降低关键人物流失的风险, 壮大企业的竞争力。其次, 以行为金融学为基础, 从企业家“非理性”入手, 关注他对信息变化判断和反应的多样性, 突破企业家最优决策和理性决策的传统范式, 揭示企业家行为特征等非理性因素在决策中的作用和地位。最后, 企业家是企业的经营管理者, 其决策影响着企业的持续经营和长期发展, 研究企业家决策对于企业价值评估、企业发展“稳中求进”、企业高质量发展等方面具有较强的理论指导意义。

本文讨论了模型不确定性对企业实业投资和风险管理策略的影响机制, 但本文未考虑企业融资问题。事实上, 现代企业为利用发行债券带来的税收收益及利用债券分散风险, 项目融资通常采用股权与债权相结合的方式, 因而企业通常为负债融资的杠杆企业。在这种情况下, 公司就涉及到最优的融资决策及最优资本结构的选择问题, 因此一个进一步拓展本文的模型思路就是, 引入债权人和融资行为来验证相关结论的变化。除此之外, 现实中企业资本存量并不像本文假设是连续变化的, 有时候会遭受突发损失(如 Hong 等^[38]), 可以在资本存量变化过程中引入一个含跳过程(如泊松跳), 考虑跳跃过程的模糊性对企业决策的影响, 这是未来需要进一步探讨的方向。

参考文献:

- [1] Marris R. A model of the managerial enterprise. *Quarterly Journal of Economics*, 1963, 77(2): 185–209.
- [2] 刘剑雄. 企业家人力资本与中国私营企业制度选择和创新. *经济研究*, 2008(6): 107–118.
Liu J X. Entrepreneurs' human capital and institution selection and innovation in private enterprises in China. *Economic Research Journal*, 2008(6): 107–118. (in Chinese)
- [3] Chowdhury S, Schulz E, Milner M, et al. Core employee based human capital and revenue productivity in small firms: An empirical investigation. *Journal of Business Research*, 2014, 67: 2473–2479.
- [4] 欧雪银. 企业家人力资本对企业发展影响研究新进展. *经济学动态*, 2018(3): 139–149.
Ou X Y. The latest research progress on the impact of entrepreneurs' human capital on corporate development. *Economic Perspectives*, 2018(3): 139–149. (in Chinese)
- [5] Roberts E B. *Entrepreneurs in High Technology: Lessons from MIT and Beyond*. New York: Oxford University Press, 1991.
- [6] 程承坪. 论企业家人力资本与企业绩效关系. *中国软科学*, 2001(7): 67–71.
Cheng C P. On Entrepreneurship human capital and relationship of firm's performance. *China Soft Science*, 2001(7): 67–71. (in Chinese)
- [7] 吴宗华, 钱士茹. 企业家人力资本的形成及其作用机制研究: 基于A股上市公司的经验数据. *广西财经学院学报*, 2011, 24(6): 73–79.
Wu Z H, Qian S R. Study on the formation and action mechanism of entrepreneur human capital: Based on empirical data of 300 Chinese A-Share listed companies. *Journal of Guangxi University of Finance and Economics*, 2011, 24(6): 73–79. (in Chinese)
- [8] Ganotakis P. Founders human capital and the performance of UK new technology based firms. *Small Business Economics*, 2012, 39(2): 495–515.
- [9] Ellsberg D. Risk, Ambiguity and the savage axioms. *Quarterly Journal of Economics*, 1961, 75(4): 643–669.
- [10] Bolton P, Chen H, Wang N. A unified theory of Tobin's Q , corporate investment, financing, and risk management. *Journal of Finance*, 2011, 66: 1545–1578.
- [11] Wang C, Wang N, Yang J Q. A unified model of entrepreneurship dynamics. *Journal of Financial Economics*, 2012, 106(1): 1–23.
- [12] Demarzo P M, Fishman M J, He Z, et al. Dynamic agency and the Q theory of investment. *Journal of Finance*, 2012, 67(6): 2295–2340.
- [13] 曹启龙, 周晶, 盛昭瀚. 不确定性、最优资本结构与投资期权价值. *系统工程学报*, 2018, 33(4): 461–471.
Cao Q L, Zhou J, Sheng Z H. Uncertainty, optimal capital structure, and the option value of investment. *Journal of Systems Engineering*, 2018, 33(4): 461–471. (in Chinese)
- [14] Lin X, Wang C, Wang N, et al. Investment, Tobin's q , and interest rates. *Journal of Financial Economics*, 2018, 130: 620–640.
- [15] Bolton P, Wang N, Yang J Q. Optimal contracting, corporate finance, and valuation with inalienable human capital. *Journal of Finance*, 2019, 74: 1363–1429.

- [16] 甘柳, 蔡颖俐. 风险转移下的企业动态投资与资本结构研究. 系统工程学报, 2021, 36(2): 202–212.
Gan L, Cai Y L. Study of enterprise dynamic investment and capital structure under risk-shifting. Journal of Systems Engineering, 2021, 36(2): 202–212. (in Chinese)
- [17] 宋丹丹, 杨运慧, 唐小林. 可转债与控制权私利下公司投资决策. 系统工程学报, 2022, 37(2): 194–206.
Song D D, Yang Y H, Tang X L. Convertible bond and firm investment decisions under private benefits of control. Journal of Systems Engineering, 2022, 37(2): 194–206. (in Chinese)
- [18] 罗鹏飞, 张勇, 谭英贤. 债务协商下信用违约互换对企业金融策略的影响. 系统工程学报, 2022, 37(4): 497–508.
Luo P F, Zhang Y, Tang Y X. Effect of credit default swap on firm financial policies considering debt renegotiation. Journal of Systems Engineering, 2022, 37(4): 497–508. (in Chinese)
- [19] Miao J, Rivera A. Robust contracts in continuous time. *Econometrica*, 2016, 84: 1405–1440.
- [20] 杨靛青, 李登峰. 模糊联盟合作对策 τ 值及其计算方法. 系统工程学报, 2016, 31(1): 13–23.
Yang D Q, Li D F. τ -values of cooperative games with fuzzy coalitions and solving method. Journal of Systems Engineering, 2016, 31(1): 13–23. (in Chinese)
- [21] 费为银, 夏登峰, 唐仕冰. Knight不确定与随机汇率下外商投资决策. 管理科学学报, 2016, 19(6): 125–135.
Fei W Y, Xia D F, Tang S B. On study of a foreign investor's investment with random exchange rate under Knightian uncertainty. Journal of Management Sciences in China, 2016, 19(6): 125–135. (in Chinese)
- [22] Niu Y J, Yang J Q, Zou Z T. Dynamic agency and investment theory under model uncertainty. *International Review of Finance*, 2019, 19(2): 447–458.
- [23] Lee S, Rivera A. Extrapolation bias and robust dynamic liquidity management. *Management Science*, 2021, 67(10): 6421–6442.
- [24] Attaoui S, Cao W B, Duan X M, et al. Optimal capital structure, ambiguity aversion, and leverage puzzles. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2021, 129: 104176.
- [25] 李雪, 何正文, 王能民. 考虑鲁棒性成本的多模式双目标项目摄性调度优化. 系统工程学报, 2021, 36(1): 74–87.
Li X, He Z W, Wang N M. Multi-mode bi-objective proactive project scheduling optimization considering robust cost. Journal of Systems Engineering, 2021, 36(1): 74–87. (in Chinese)
- [26] 牛英杰, 杨金强. 基于模糊厌恶的企业家最优投资消费与定价问题研究. 计量经济学报, 2022, 2(1): 150–163.
Niu Y J, Yang J Q. Optimal investment, consumption and valuation of enterpriser under ambiguity aversion. *China Journal of Econometrics*, 2022, 2(1): 150–163. (in Chinese)
- [27] 凌爱凡, 谢林利, 胡志军, 等. 允许契约提前终止的鲁棒动态金融契约模型. 中国科学: 数学, 2022, 52(10): 1203–1236.
Ling A F, Xie L L, Hu Z J, Tang L. Robust dynamic financing contracts with early termination. *Scientia Sinica: Mathematica*, 2022, 52(10): 1203–1236. (in Chinese)
- [28] Ai H J, Li R. Investment and CEO compensation under limited commitment. *Journal of Financial Economics*, 2015, 116: 452–472.
- [29] Miao J J, Zhang Y Z. A duality approach to continuous-time contracting problems with limited commitment. *Journal of Economic Theory*, 2015, 159: 929–988.
- [30] Rebelo S, Wang N, Yang J Q. Rare disasters, financial development, and sovereign debt. *Journal of Finance*, 2022, 77(5): 2719–2764.
- [31] 许桂芳. 企业家人力资本收益权实现研究. 江西师范大学, 2007.
Xu G F. Research on the Gain Right Realization of Entrepreneur Human Capital. Jiangxi Normal University, 2007. (in Chinese)
- [32] 杨乃定, 庄宇, 张金锁. 高新技术企业关键人物风险防范. 工业工程与管理, 2000(3): 10–13.
Yang N D, Zhuang Y, Zhang J S. On the management of key people risks in high-technology enterprises. *Industrial Engineering and Management*, 2000(3): 10–13. (in Chinese)
- [33] Alvarez F, Jermann U J. Efficiency, equilibrium, and asset pricing with risk of default. *Econometrica*, 2000, 68: 775–797.
- [34] Perri K F. International business cycles with endogenous incomplete markets. *Econometrica*, 2002, 70(3): 907–928.
- [35] Bolton P, Wang N, Yang J Q. Investment under uncertainty with financial constraints. *Journal of Economic Theory*, 2019, 184: 1–58.
- [36] 杨金强, 杨招军. 最优消费投资与破产保护. 系统工程理论与实践, 2013, 33(4): 853–860.
Yang J Q, Yang Z J. Optimal consumption, investment and bankruptcy protection. *Systems Engineering: Theory & Practice*, 2013, 33(4): 853–860. (in Chinese)
- [37] Hansen L P, Sargent T J. Robust control and model uncertainty. *American Economic Review*, 2001, 91: 60–66.
- [38] Harrison H, Wang N, Yang J Q. Mitigating disaster risks in the age of climate change. *Econometrica*, 2023, 91(5): 1763–1802.

作者简介:

牛英杰 (1993—), 男, 安徽宿州人, 博士, 讲师, 研究方向: 动态公司金融, Email: niuyingjie113250@shu.edu.cn;

杨金强 (1983—), 男, 河北衡水人, 博士, 教授, 研究方向: 动态公司金融, Email: yang.jinqiang@mail.shufe.edu.cn.

附录 完全市场的最优解

在完全市场下, 可猜测企业家的确定性等价财富具有如下形式

$$M_j^{CM}(W, K) = W + Q_j^{CM}, \quad (38)$$

则确定性等价财富-资本比为

$$m_j^{CM}(w) = M_j^{CM}(W, K)/K = w + q_j^{CM}. \quad (39)$$

代入式(30)式(31)式(32)式(34)式(35)可得企业家的最优策略为

$$c_j^{CM} = \zeta^{\frac{1}{\gamma}} b^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} (w + q_j^{CM}), \quad (40)$$

$$i_j^{CM} = \frac{q_j^{CM} - 1}{\phi}, \quad (41)$$

$$\psi_j^{CM} = -q_j^{CM}, \quad (42)$$

$$\pi_j^{CM} = q_{j^-}^{CM} - q_j^{CM}, \quad (43)$$

其中 $j, j^- = \{H, L\}$, 且 $j \neq j^-$.

将上述方程代入式(26)和式(27)可得式(25), 且得到 q_H^{CM} 和 q_L^{CM} 由下列方程组决定, 即

$$(r + \delta - i_L^{CM}) q_L^{CM} = A_L - g(i_L^{CM}) + \lambda_L (q_H^{CM} - q_L^{CM}), \quad (44)$$

$$(r + \delta - i_H^{CM}) q_H^{CM} = A_H - g(i_H^{CM}) + \lambda_H (q_L^{CM} - q_H^{CM}). \quad (45)$$

由此可以推断, 完全市场下的最优解与模型不确定性的程度无关.