

文章编号: 1001-0920(2005)06-0634-05

压榨利润与最优投资决策

李洪江^{1,2}

(1. 北京大学 光华管理学院, 北京 100087; 2. 大连商品交易所 博士后科研工作站, 辽宁 大连 116023)

摘要: 结合中国大豆压榨行业的背景, 建立特殊的随机过程, 在理论上复制蕴涵商品价格风险和相关产销量风险的累积压榨利润, 并在此基础上构造两阶段投资决策模型, 寻求投资收益和回报率的优化. 实证分析结果表明, 在当前的行业背景下, 对于两种优化目标, 前期投资的资金比例都很小, 不需分阶段实施投资决策. 因为投资规模对企业总体收益的边际贡献递减, 因此理论上存在使企业获得最大投资收益的最优规模.

关键词: 大豆系商品; 压榨利润; 商品期货; 最优投资决策; 实物期权

中图分类号: F830.59

文献标识码: A

Crush spread and optimal investment decision

LI Hong-jiang

(1. Guanghua School of Management, Peking University, Beijing 100087, China; 2. Dalian Commodity Exchange, Dalian, 116023, China. Email: lihj@dce.com.cn)

Abstract: Based on the background of china soybean crushing industry, A specific stochastic process is proposed to replicate theoretically the accumulated crush spread embodying the risk from commodity prices and sales. Then a two-stage investment decision model is constructed to optimize the investment profit and the rate of return. Result from empirical studies shows that phased investment decision is unnecessary during the current period because the proportion of the initial investment is very small towards two optimization objectives. Since the marginal contribution of the investment scale to the gross return decreases, the optimum investment scale exists theoretically to maximize the gross investment return.

Key words: soybean complex; crush spread; commodity futures; optimal investment decision; real options

1 引言

对于大豆油脂企业, 压榨利润是单位产量豆粕和豆油的销售额减去大豆采购额所构成的差额, 受大豆系商品价格的随机因素影响而具有不确定性. 对此, 企业可通过持有相应商品的期货头寸, 展期复制压榨利润来对冲风险. 然而除了价格风险, 企业在激烈的竞争环境下, 为了实现长远发展, 必然要实施重大经营决策活动, 比如制定阶段性投资方案, 调整生产规模等. 这些决策都需要预期未来的累积压榨利润, 而且涉及多商品价格及其相关的产销量因素. Trigeorgis 等指出, 灵活使用管理柔性是企业规避经营风险的重要手段, 而任何阶段性投资决策过程都隐含着实物期权, 其中与生产规模调整有关的主

要是扩张型选择权和放弃并清算型选择权^[1].

运用实物期权方法分析企业生产经营以及投资决策的文献大多集中于项目包含不可交易资产或有相应期货合约交易的自然资源方面^[2-4]. 本文在以往研究的基础上^[5,6], 完善了两阶段投资决策模型, 并拓展应用于农产品加工行业的经营决策问题. 此时, 实物期权的标的资产是综合了大豆系商品价格以及产销量等多种不确定因素的累积压榨利润, 执行价格是相应生产规模的投资. 因为大豆、豆粕和豆油都可视作可交易资产, 在满足以销定产和零库存的假设条件下, 累积压榨利润也能够金融市场中复制, 所以实物期权作为累积压榨利润的衍生资产可由无套利均衡分析定价. 这样, 便建起了以压榨利

收稿日期: 2004-07-22; 修回日期: 2004-10-13

基金项目: 中期协联合研究计划项目(GT200410).

作者简介: 李洪江(1973—), 男, 河北枣强人, 工学博士, 从事期货市场、金融工程的研究.

润为基础的投资决策框架, 在总体投资收益和投资回报率的目标下, 确定最优的投资规模和资金分配比例

2 数理建模

大豆系商品已经高度市场化, 因此企业经营风险集中体现在商品价格和产销量的不确定因素中, 下面以累积压榨利润为基础构建最优投资决策模型

2.1 商品价格与压榨生产量的随机过程

当前我国大豆系商品市场已经发展得比较成熟, 不存在价格垄断, 油脂企业均为价格接受者。Pindyck^[7]指出, 大多数商品价格的运动路径可认为服从几何布朗运动假设。所以, 本文假设大豆价格 F_B , 豆油价格 F_O 和豆粕价格 F_M 的几何布朗运动模型分别为

$$F_B(t) = S_{B0} \exp \left\{ \alpha t + \sigma W_1(t) - \frac{1}{2} \sigma^2 t \right\}, \quad (1)$$

$$F_O(t) = S_{O0} \exp \left\{ \alpha t + \sigma W_1(t) - \frac{1}{2} \sigma^2 t \right\}, \quad (2)$$

$$F_M(t) = S_{M0} \exp \left\{ \alpha t + \sigma W_2(t) - \frac{1}{2} \sigma^2 t \right\}, \quad (3)$$

$$E dW_1(t) dW_2(t) = \rho dt \quad (4)$$

式中: S_{B0}, S_{O0}, S_{M0} 分别为 F_B, F_O, F_M 的初值; α 为大豆价格的漂移率, α 为豆油和豆粕价格的漂移率, 且 $\alpha > \alpha$; σ 为大豆系商品价格的波动率; $W_1(t)$ 为表征大豆与豆油价格不确定性的标准维纳过程, $W_2(t)$ 为表征豆粕价格不确定性的标准维纳过程; ρ 为大豆价格和豆粕价格中随机成分的相关系数

注 1 大豆、豆粕和豆油分别作为原料和产品, 必然相互影响和作用, 其价格的变化呈现高度的一致性, 价格高度相关且波动率大小接近相等。作为孪生产品, 豆粕和豆油都面对着以国内食品消费为主的需求, 其价格随着经济快速发展和人民生活水平的提高呈现出较高的增长率; 相比之下, 原料大豆是供需关系全球化的商品, 供给相对充足导致其价格的增长率相对较低。然而, 从影响商品供求关系的不确定因素角度看, 大豆和豆油的价格更为接近, 因为当前人们的饮食结构比较稳定, 以直接食用为主的豆油需求相对稳定, 其价格主要受原料大豆的供给影响; 而豆粕作为禽畜类饲料的填充剂, 并非人类直接食用, 而且替代物较多, 因此有更多的因素影响其价格。在缺乏豆油期货的情况下, 利用国家粮油信息中心提供的现货数据, 得到张家港地区大豆与豆油、大豆与豆粕现货价格的 Pearson 相关系数分别高达 0.952 和 0.881, 由大连商品交易所大豆和豆粕期货合约日结算价格, 得到大豆和豆粕的年波动率分别

为 12.46% 和 12.50%, 年增长率分别为 2.42% 和 9.46%, Pearson 相关系数达到 0.969。

设大豆压榨比例为大豆 豆粕 豆油 = 1 a b, 于是单位产量的瞬时压榨利润

$$P(t) = aF_M(t) + bF_O(t) - F_B(t). \quad (5)$$

影响油脂企业总体产销量的不确定性可通过影响两种产品价格的不确定性共同表征, 于是假设油脂企业的压榨产量遵从一种特殊形式的随机过程, 包含两种不同的分别表征豆油和豆粕价格不确定性的标准维纳过程, 且二者的系数相同, 则有

$$Q(t) = Q_0 \exp \left(\alpha (W_1(t) + W_2(t)) - (1 - \rho) \alpha^2 t \right). \quad (6)$$

式中: 额定压榨产量 Q_0 作为压榨产量 $Q(t)$ 的初值, α 为压榨产量的波动率

注 2 当前, 油脂企业灵活经营、敏捷生产, 基本做到以销定产。当豆粕和豆油这两种孪生产品销售无法同步时, 企业必然调价促销以避免积压, 基本实现零库存。因此, 压榨生产量高度依赖于豆粕和豆油的销售量, 即使豆油和豆粕所面临的市场需求不同, 这 3 种商品之间的产销量关系也近似等于压榨比例。由我国某一著名大型油脂企业 2000 ~ 2003 年月度数据分析得到, 豆油与豆粕的产量、销量分别高度相关, Pearson 系数最低为 0.904, 最高为 0.975; 且各月库存率 (定义库存率 = (压榨量 - 销售量) / 压榨量) 平均为 -1.93%。

注 3 单位大豆压榨量所产出的豆油和豆粕价值接近, 可认为二者的供需关系对压榨产量的影响相同

2.2 累积压榨利润

设参考点为时刻 0, 在决策触发时刻 τ 企业作出规模调整的理性决策。如果实施扩张, 则油厂经历建设期 $\Delta\tau$, 在 τ 时刻开始新增规模的生产经营; 如果实施维持生产, 则从 τ 时刻起继续原有规模的经营; 如果实施放弃, 则在 τ 时刻即清算。设总体投资额现值为 I , 前期分配比例为 x , 则 xI 的投资额能实现现有规模, $(1-x)I$ 的投资额能实现扩张规模。在大豆压榨这一成熟行业, 扩张规模与现有规模的生产经营高度同质化, 而且建成即可达产。假设额定压榨产量是投资规模的函数, 则有 $Q_0 = \lambda I^\xi$, λ 和 ξ 为常数, 且 $0 < \xi < 1$ ^[8]。于是油厂的现有规模在 $[0, \tau]$ 和 $[\tau, \infty)$ 期间的累积压榨利润的期望现值分别为

$$E[V_1 | \tau] = E \left\{ \int_0^{\tau} [P(t)Q(t)] e^{-\mu t} dt \right\} = Q_0 \left[\frac{aS_{M0} + bS_{O0}}{A} (1 - e^{-A\tau}) - \frac{S_{B0}}{B} (1 - e^{-B\tau}) \right],$$

$$E[V_1 | \tau] = Q_0 \left[\frac{aS_{M0} + bS_{O0}}{A} e^{-A\tau} - \frac{S_{B0}}{B} e^{-B\tau} \right].$$

式中: $A = \mu - \alpha_1 - (1 + \rho)\sigma_2$, $B = \mu - \alpha_1 - (1 + \rho)\sigma_2$, 企业不能获得无穷大的累积压榨利润, 显然有 $B > A > 0$; μ 为榨油行业的平均折现率; Q_{01} 为现有规模的额定压榨产量

注4 以行业平均回报率折现的累积压榨利润呈指数递减, 由实证计算可知, 较长时间经营 ($t = 10$) 的累积压榨利润与永续经营 ($t \rightarrow \infty$) 几乎相同, 为方便计算, 假设企业永续经营, 以下同

新增规模在 $[\tau_2, \infty)$ 期间, 现有规模在 $[\tau_1, \infty)$ 期间的累积压榨利润现值分别遵从如下过程:

$$V_2 \Big|_{\tau_2} = E \left\{ \int_{\tau_2}^{\infty} [(aF_M(t) + bF_O(t) - F_B(t))Q(t)] e^{-\mu t} dt \Big| \mathbf{F}_{\tau_2} \right\} = Q_{02} \left\{ \frac{aS_{M0} + bS_{O0}}{A} e^{-A\tau_2} e^{\sigma_1 Z_1(\tau_2) - \sigma_2 Z_2(\tau_2) - \frac{1}{2}(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)\tau_2} - \frac{S_{B0}}{B} e^{-B\tau_2} e^{\sigma_1 Z_1(\tau_2) - \sigma_2 Z_2(\tau_2) - \frac{1}{2}(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)\tau_2} \right\},$$

$$V_1 \Big|_{\tau_1} = E \left\{ \int_{\tau_1}^{\infty} [(aF_M(t) + bF_O(t) - F_B(t))Q(t)] e^{-\mu t} dt \Big| \mathbf{F}_{\tau_1} \right\} = Q_{01} \left\{ \frac{aS_{M0} + bS_{O0}}{A} e^{-A\tau_1} e^{\sigma_1 Z_1(\tau_1) - \sigma_2 Z_2(\tau_1) - \frac{1}{2}(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)\tau_1} - \frac{S_{B0}}{B} e^{-B\tau_1} e^{\sigma_1 Z_1(\tau_1) - \sigma_2 Z_2(\tau_1) - \frac{1}{2}(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)\tau_1} \right\}.$$

式中: $\sigma_1 = \rho\sigma_+$, $\sigma_2 = \sqrt{1 - \rho^2}(\sigma_+ + \sigma_-)$ 分别为两个正交分解得到的独立过程 $Z_1(t)$ 和 $Z_2(t)$ 的标准差; 新增规模的额定压榨产量初值 $Q_{02} = Q_{01}((1-x)/x)^\xi$.

2.3 决策触发时刻

假设决策者在现有规模 xI 下的累积压榨利润期望现值达到已不可回收的初始投资的某一特定比例 β 时, 实施扩张规模的投资. 该比例是依赖于决策者风险偏好的外生变量. 设 γ 为现有投资规模 xI 中可回收部分所占的比例, 且 γ 随时间呈指数递减态势, 于是有 $\gamma = e^{-\epsilon t}$, 其中 ϵ 是表示设备寿命损耗速度的参数, 则决策触发时间 τ 应满足方程 $E[V_1 \Big|_{\tau}^\gamma] = \beta(1 - \gamma)xI$, 并且可迭代求取数值解

$$Q_{01} \left[\frac{aS_{M0} + bS_{O0}}{A} (1 - e^{-A\tau}) - \frac{S_{B0}}{B} (1 - e^{-B\tau}) \right] = \beta(1 - \gamma)xI. \quad (7)$$

2.4 决策执行概率

在典型的两期投资决策框架下, 决策者在决策触发时刻有 3 种理性选择:

1) 当预期扩张规模的累积压榨利润大于相应

投资额时, 执行规模扩张;

2) 当预期扩张规模的累积压榨利润小于等于相应投资额, 且继续经营现有规模的累积压榨利润大于初始投资的可回收部分时, 维持现有规模不变;

3) 当预期扩张规模的累积压榨利润小于等于相应投资额, 且继续经营现有规模的累积压榨利润小于等于初始投资可回收部分时, 关停并清算现有规模

这 3 种情况的发生都是不确定的, 其概率之和为 1. 于是有:

扩张规模的概率

$$\text{Prob}_1 = \text{Prob}(V_2 \Big|_{\tau_2} > (1-x)I) = N(d_1); \quad (8)$$

放弃并清算的概率

$$\text{Prob}_2 = \text{Prob}(V_2 \Big|_{\tau_2} < (1-x)I \text{ 且 } V_1 \Big|_{\tau_1} < \gamma x I) = \begin{cases} 1 - N(d_2), & d_1 > d_2; \\ 1 - N(d_1), & d_1 \leq d_2; \end{cases} \quad (9)$$

维持现有规模的概率

$$\text{Prob}_3 = \text{Prob}(V_2 \Big|_{\tau_2} < (1-x)I \text{ 且 } V_1 \Big|_{\tau_1} > \gamma x I) = \begin{cases} N(d_2) - N(d_1), & d_1 > d_2; \\ 0, & d_1 \leq d_2 \end{cases} \quad (10)$$

显然有 $\text{Prob}_1 + \text{Prob}_2 + \text{Prob}_3 = 1$. 式中 $N(\cdot)$ 为标准正态分布的累积分布函数, 且

$$d_1 = \frac{\ln \left\{ \left[\frac{(aS_{M0} + bS_{O0})e^{-A\tau_2}}{A} - \frac{S_{B0}e^{-B\tau_2}}{B} \right] \frac{Q_{01}(1-x)^\xi}{Ix^\xi} \right\}}{\frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2} \tau_2} \Bigg/ \sqrt{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) \tau_2},$$

$$d_2 = \frac{\ln \left\{ \left[\frac{(aS_{M0} + bS_{O0})e^{-A\tau_1}}{A} - \frac{S_{B0}e^{-B\tau_1}}{B} \right] \frac{Q_{01}}{xI} \right\}}{\frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2} \tau_1} \Bigg/ \sqrt{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) \tau_1}.$$

2.5 实物期权估价

扩张投资的选择权相当于一个标的资产价格为 $V_2 \Big|_{\tau_2}$, 执行价格为 $(1-x)I$, 到期日为 τ_2 , 分别支付两种不同红利率的欧式看涨期权; 放弃并清算的选择权相当于一个标的资产价格为 $V_1 \Big|_{\tau_1}$, 执行价格为 $\gamma x I$, 到期日为 τ_1 , 分别支付两种不同红利率的欧式看跌期权. 豆粕和豆油的生产将增加综合便利收益, 大豆存货的消耗将减少综合便利收益. 与油脂企业不同, 仅持有相应期货合约的投资者并不拥有大豆、豆油和豆粕的存货, 不会发生便利收益的增减. 利用

期货合约复制的累积压榨利润的回报率要低于经过风险调整后的油脂行业回报率, 其回报不足部分与大豆系商品组合的综合便利收益大小相等。豆油和豆粕存货的便利收益与大豆存货所抵扣的便利收益可分别表示为^[9]

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \mu - \alpha_1 - (1 + \rho) \sigma \alpha_2 = B, \\ \delta_2 &= \mu - \alpha_2 - (1 + \rho) \sigma \alpha_2 = A. \end{aligned}$$

由无套利均衡思想, 以恒定的无风险利率 r 对标的资产折现, 分别用 $r - \delta_1$ 和 $r - \delta_2$ 代替油脂行业的风险调整贴现率 μ ^[10]。这样分别得到类似 Black-Scholes 公式的两个选择权价值

$$f_c = Q_{01} \left(\frac{1-x}{x} \right) \left[\frac{(aS_{M0} + bS_{O0})e^{-\delta_2 \tau_2}}{\delta_2} - \frac{S_{B0}e^{-\delta_1 \tau_2}}{\delta_1} \right] N(d_1^*) - I(1-x)N \left[d_1^* - \sqrt{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) \tau_2} \right], \quad (11)$$

$$f_p = x I e^{-\epsilon \tau_1} N \left[-d_2^* + \sqrt{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) \tau_1} \right] - Q_{01} \left[\frac{(aS_{M0} + bS_{O0})e^{-\delta_2 \tau_1}}{\delta_2} - \frac{S_{B0}e^{-\delta_1 \tau_1}}{\delta_1} \right] N[-d_2^*] \quad (12)$$

其中

$$\begin{aligned} d_1^* &= \left\{ \ln \left[\frac{(aS_{M0} + bS_{O0})e^{-\delta_2 \tau_2}}{\delta_2} - \frac{S_{B0}e^{-\delta_1 \tau_2}}{\delta_1} \right] \frac{Q_{01}(1-x)^{\xi-1}}{Ix^{\xi}} \right\} + \left(r - \delta_1^* + \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2} \tau_2 \right) / \sqrt{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) \tau_2}, \\ d_2^* &= \left\{ \ln \left[\frac{(aS_{M0} + bS_{O0})e^{-\delta_2 \tau_1}}{\delta_2} - \frac{S_{B0}e^{-\delta_1 \tau_1}}{\delta_1} \right] \frac{Q_{01}}{xI} \right\} + \left(r + \epsilon - \delta_1^* + \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2} \tau_1 \right) / \sqrt{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) \tau_1}. \end{aligned}$$

而 δ_1^* 和 δ_2^* 分别为 $[0, \tau_2]$ 和 $[0, \tau_1]$ 期间的大豆系商品综合便利收益, 其数值解分别由下式得到:

$$\begin{aligned} \frac{(aS_{M0} + bS_{O0})e^{-\delta_2 \tau_2}}{\delta_2} - \frac{S_{B0}e^{-\delta_1 \tau_2}}{\delta_1} &= \frac{(aS_{M0} + bS_{O0})e^{-\delta_2^* \tau_2} - S_{B0}e^{-\delta_1^* \tau_2}}{\delta_2^*} \quad (13) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{(aS_{M0} + bS_{O0})e^{-\delta_2 \tau_1}}{\delta_2} - \frac{S_{B0}e^{-\delta_1 \tau_1}}{\delta_1} &= \frac{(aS_{M0} + bS_{O0})e^{-\delta_2^* \tau_1} - S_{B0}e^{-\delta_1^* \tau_1}}{\delta_2^*} \quad (14) \end{aligned}$$

2.6 企业经营的优化目标

单一优化目标既可以是总体投资收益, 也可以是投资回报率。若不考虑其他成本, 企业总体投资收

益和相应规模的投资回报率可分别表示为

$$\begin{aligned} G &= E[V_1 | \tau_1^*] - (1 - e^{-\epsilon \tau_1}) x I + \\ &\text{Prob}_1(f_c + E[V_1 | \tau_1] - e^{-\epsilon \tau_1} x I) + \\ &\text{Prob}_2 f_p + \text{Prob}_3(E[V_1 | \tau_1] - e^{-\epsilon \tau_1} x I), \end{aligned} \quad (15)$$

$$\eta = G/I. \quad (16)$$

由式(15)和(16)可见, 包含不确定因素的商品价格和产销量都通过累积压榨利润以数学期望形式存在。因此, 无论是总体投资收益 G , 还是投资回报率 η , 最终都受压榨企业的累积压榨利润影响。可通过数值计算手段, 选取最优的总体投资额度 I 和资金分配比例 x 来实现单目标的最大化。实际上, 企业在运营过程中往往要求总体投资收益和投资回报率同时实现最优。针对这种多目标问题, 可根据实际问题背景和特征, 运用线性加权求和等方法设计综合目标, 结合数值计算获得问题的满意解。

3 实证分析

大豆压榨行业正处于竞争加剧和整合重组的过程中, 企业需要对未来的长期经营状况有正确的预期, 从而实现关于总体经营规模和阶段性资金分配的合理决策。在这一背景下, 运用本文的模型分析计算, 以期获得最优的投资规模以及资金分配比例。

有关大豆系商品价格的数据可分别从大连商品交易所和国家粮油信息中心获得。由于压榨生产量的变化受全国供需状况的影响, 其波动率以国家粮油信息中心提供的 1990 ~ 2004 年度全国大豆进口量的波动率近似代替。无风险利率选用 5 年期商业银行存款利率。鉴于大豆压榨行业的平均回报率不可获得, 本文以我国某著名大型油脂企业过去 4 年

表 1 变量及参数的取值

变量及参数	符号	数值
豆粕压榨比例	a	0.79
豆油压榨比例	b	0.186
豆粕价格初值	S_{M0}	2.800
豆油价格初值	S_{O0}	7.000
大豆价格初值	S_{B0}	3.500
油脂行业折现率	μ	33.255%
无风险利率	r	2.79%
大豆系商品价格的波动率	σ	12.48%
压榨生产量的波动率	α_2	15.03%
豆粕与大豆(或豆油)价格不确定性的相关系数	ρ	0.624
决策者风险偏好参数	β	2
设备寿命损耗速度	ϵ	0.25
新增规模的建设期	$\Delta \tau$	0.5
投资规模与额定产量系数	ξ	0.5

注: 表中折现率、利率、波动率均为年率; 商品价格单位为元; 建设期单位为年。

的平均回报率代替,设备寿命损耗速度、投资规模与额定压榨产量系数由该企业的经验数据估计得到通常情况下,新榨油厂的建设期与投资规模无关,大约为 6 个月

分别对式(15)和(16)进行数值计算,分析企业总体投资收益和投资回报率对总体投资规模和资金分配比例的敏感性 设定足够覆盖企业投资决策变量的理论变化范围:前期投资比例 x 从 0.05 变化至 0.95; 总体投资规模 I 从 1.5 亿元变化至 75 亿元(相当于年产量从 50 万吨变化至 2 500 万吨). 随着总体投资规模和资金分配比例的增大,在既定风险偏好和经营风格背景下,前期累积压榨利润不足以回收前期投资额,因此决策触发时刻在局部区域无解 在三维图中以水平通过原点的平面表示该区域 由图 1 知,针对前期投资比例的不同取值,存在使总体收益最大的投资规模,该最优规模随着前期投资比例的减少而增大 由图 2 知,在各种投资规模上,总体收益都随着前期投资比例的增大而递减 当投资规模较小时,总体收益随着前期比例的增大而平缓下降;当投资规模较大时,总体收益随着前期比例的增大而陡峭下降 类似地,可得到投资回报率分别随着

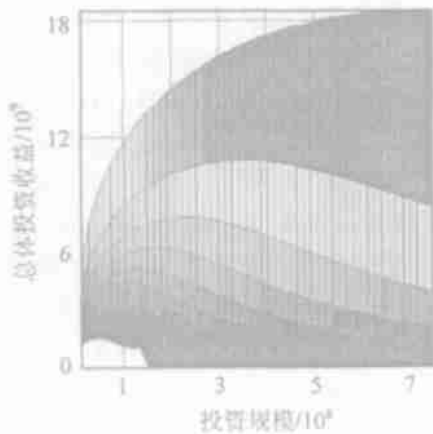


图 1 投资规模对总体投资收益的影响

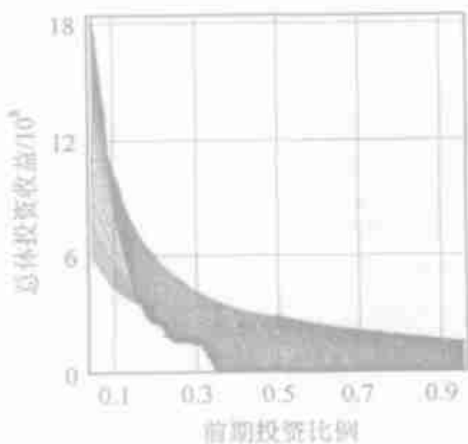


图 2 资金分配比例对总体投资收益的影响

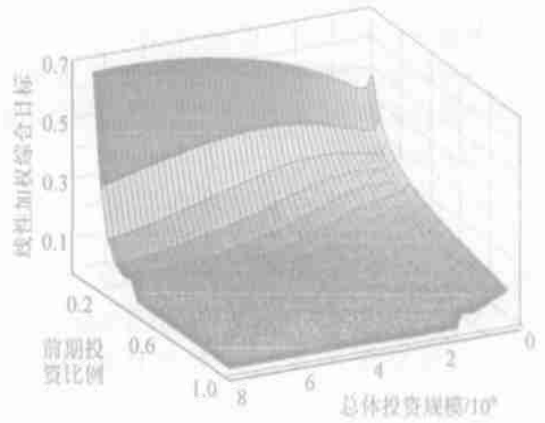


图 3 综合目标对投资规模和资金分配比例的敏感性

投资规模和前期资金比例的增大而递减的规律 当仅考虑总体投资收益最大时,总体投资规模和资金分配比例应分别取值为 72 亿元和 0.05; 当仅考虑投资回报率最大时,总体投资规模和资金分配比例应分别取值为 1.5 亿元和 0.05 当运用线性加权求和方法,统一考虑投资收益与投资回报率时(二者权重分别为 0.7 和 0.3),总体投资规模和资金分配比例应分别取值为 67.5 亿元和 0.05,如图 3 所示

运用类似手段,还可获得大豆系商品价格波动率和产销量波动率等其他变量对单一或综合目标的影响

4 结 论

本文构建并完善了蕴涵实物期权的两阶段投资决策模型,并拓展应用于大豆系多种商品价格的不确定投资决策问题 这种决策过程所蕴涵的实物期权将期货市场与现货市场联系在一起,利用期货市场度量企业在现货市场中的经营风险 在理论上,当决策柔性被科学合理地运用时,现货经营风险可通过期货市场转移和规避 实证分析结果显示,无论是寻求总体投资收益最大化还是投资回报率最大化,前期投资的资金比例都很小,这意味着在当前案例所处的背景下,分阶段实施投资决策的价值不大 这一结果与近年来我国经济飞速发展,大豆压榨行业迅猛扩张的大趋势是一致的 当不考虑企业融资能力时,投资规模对企业总体收益的边际贡献递减,因此理论上存在使企业获得最大投资收益的最优规模 由于决策模型中包含决策者风险偏好参数等外生变量,必然存在特殊案例对参数取值的影响,从而导致模型无法准确描述压榨行业,无法形成支持决策的普遍规律 如何利用市场确定合理的决策均衡点,是今后需要深入研究的问题

(下转第 645 页)

则各个子系统在控制器用下的闭环状态响应曲线及控制输入曲线分别如图 1 和图 2 所示 图中的采样周期 $T = 0.0001 \text{ s}$

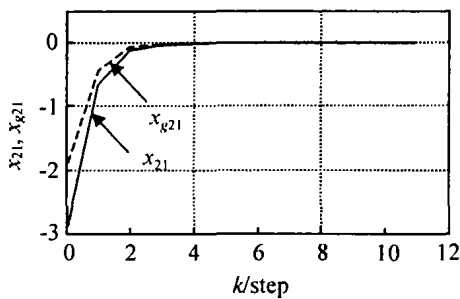


图 1 x_{21} 状态响应及其估计曲线

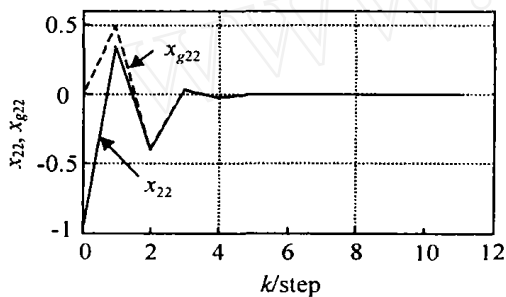


图 2 x_{22} 状态响应及其估计曲线

6 结 语

本文针对一类状态可测和不可测离散不确定非线性互联系统, 给出了模糊状态反馈和基于观测器的输出反馈分散控制设计的方法 设计中, 首先采用

模糊 T-S 模型对不确定非线性互联系统进行模糊建模; 然后, 应用并行分布补偿算法 (PDC) 给出模糊状态反馈和基于观测器的输出反馈分散控制设计. 同时, 基于线性矩阵不等式和李亚普诺夫方法, 给出了模糊闭环系统的稳定性分析. 仿真结果验证了该方法的有效性

参考文献 (References)

- [1] Ma X J, Sun Z Q, He Y Y. Analysis and design of fuzzy controller and observer[J]. *IEEE Trans on Fuzzy Systems*, 1998, 6(1): 41-51.
- [2] Tanaka K, Ikeda T, Wang H O. Fuzzy regulators and fuzzy observers: Relaxed stability conditions and LM I-based designs[J]. *IEEE Trans on Fuzzy Systems*, 1998, 6(2): 250-264.
- [3] Lee H J, Park J B, Chen G R. Robust fuzzy control of nonlinear systems with parametric uncertainties [J]. *IEEE Trans on Fuzzy Systems*, 2001, 9(2): 369-379.
- [4] 佟绍成, 王涛, 唐润涛, 等. 模糊控制系统的设计及稳定性分析[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [5] Tseng C S, Chen B S. H decentralized fuzzy model reference tracking control design for nonlinear interconnected systems [J]. *IEEE Trans on Fuzzy Systems*, 2001, 9(6): 795-809.
- [6] Hsiao F H, Hwang J D. Stability analysis of fuzzy large-scale systems [J]. *IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics, Part B*, 2001, 32(1): 122-126.

(上接第 638 页)

参考文献 (References)

- [1] Trigeorgis L. *Real options — Managerial flexibility and strategy in resource allocation* [M]. Cambridge, Mass: MIT Press, 1994.
- [2] Brennan M, Schwartz E. Evaluating natural resource investments [J]. *J of Business*, 1985, 58(2): 135-157.
- [3] Cortazar G, Schwartz E. The valuation of commodity contingent claims [J]. *J of Derivatives*, 1994, 1(4): 27-39.
- [4] Gibson R, Schwartz E. Stochastic convenience yield and the pricing of oil contingent claims [J]. *J of Finance*, 1990, 45(3): 959-976.
- [5] 李洪江, 曲晓飞, 冯敬海. 阶段性最优投资比例的实物期权方法[J]. *管理科学学报*, 2003, 6(1): 20-26 (Li H J, Qu X F, Feng J H. Definition of optimal proportion of phased investment: Real options approach [J]. *J of Management Science*, 2003, 6(1): 20-26).
- [6] 李洪江, 冯敬海, 曲晓飞. 阶段性投资最优规模问题的实物期权方法[J]. *控制与决策*, 2003, 18(5): 590-592 (Li H J, Feng J H, Qu X F. Capacity optimization of staged investment: A real options approach [J]. *Control and Decision*, 2003, 18(5): 590-592).
- [7] Pindyck R. The present value model of rational commodity pricing [J]. *The Economic J*, 1993, 103(3): 511-530.
- [8] Dangi T. Investment and capacity choice under uncertain demand [J]. *European J of Operational Research*, 1999, 117(3): 415-428.
- [9] Constantinides G. Market risk adjustment in project valuation [J]. *J of Finance*, 1978, 32(2): 603-616.
- [10] Dixit A, Pindyck R. *Investment under uncertainty* [M]. Princeton: Princeton University Press, 1994.