

基于模糊实物期权的矿业权价值评估

郭子雪, 齐美然, 张露

(河北大学管理学院, 河北保定 071002)

摘要:矿业权评估的准确与否直接影响矿业权市场的交易和矿产资源的合理配置。本文首先给出梯形模糊数的概念和运算, 定义了梯形模糊数的均值和方差, 在此基础上建立了矿业权价值评估的模糊实物期权定价模型, 最后通过算例分析验证了方法的可行性和有效性。

关键词:矿业权; 价值评估; 实物期权; 梯形模糊数

中图分类号: F224.9

文献标识码: A

1 引言

矿产资源是国民经济建设的最基本资料, 也是社会经济发展的重要生产要素。由于矿产资源的合理配置流转要通过矿业权在市场经济中的流转来实现的, 所以研究矿业权价值评估方法对实现矿产资源的合理配置、完成矿业权出让或转让均具有重要现实意义和理论价值。

矿业权价值评估属于资产评估新的研究领域, 目前, 国内外学者的研究工作主要集中在矿业权价值评估体系、评估方法以及评估风险等方面。苏文明, 周霞^[1]分析了矿业权评估管理体系和我国矿业权评估现状, 提出了促进我国矿业权评估发展的建议。王伟^[2]针对矿业权评估折现率现有确定方法存在的缺陷, 基于多属性效用理论创建了矿业权评估折现率的估算新方法。姜琳, 朱欣然^[3]利用 DEA-CCR 模型和 K-W 检验评估我国矿业权市场化程度, 结果显示我国矿业权市场化程度普遍不高, 东、中、西部三个地区的矿业权市场化程度不存在显著的差异性, 其市场化进程相对均衡。刘新风, 王树丰, 徐宏伟^[4]提出了二叉树模型法, 并以晓南矿为

实例, 用二叉树模型法对其矿业权进行了评估。刘勋涛, 靳剑辉^[5]分析了矿业权价值评估中要考虑的主要因素, 指出了矿业权评估存在的问题, 提出了完善矿业权评估理论体系的对策建议。李树春, 许江^[6]以采矿权评估风险评价为例, 对矿业权评估中存在的风险来源进行了总结, 对矿业权评估价值的风险评价方法进行了较为系统的研究。廖作鸿等^[7-10]在分析传统的评估方法及其局限性基础上, 构建了实物期权理论的应用框架, 提出了基于实物期权的矿业权定价模型。章海兰, 胡华^[11]对我国的矿业权延迟期权定价模型进行了改进, 提出了当波动率为一次函数时, 新的延迟期权定价模型, 并通过实例对其进行了验证, 实践证明改进后的模型计算出的数据更准确。王文才^[12]从采矿有效期视角, 研究了采矿权抵押价值的评估问题。刘建兵, 谢英亮^[13]在分析矿产品价格随机游走特征基础上, 重点阐述了基于平均回弹过程的收益法模型在矿业权价值评估中的应用。李松青^[14]在对矿业权价值评估 DCF 法分析的基础上, 将实物期权基础模型引入到矿业权价值评估中, 并利用马尔可夫理论分析了矿产品价格参数的确定方法。通过实证研究表明, 基于实物期权理论的矿业权价值评估方法比矿业权价值评估 DCF 法更有效。包胜志, 李元, 翁春林^[15]分析了折现率对矿业权价值评估的影响, 对矿业权评估中折现率选择的原则、影响因素以及选择的方法进行了探讨。Paddock, Siegel D, Smith J^[16]利用实物期权理论对近海储油地带租约的期权价值进行了分析。针对矿产品价格的不确定性, Brian 和 William^[17]考虑了生态环境对矿产资源价值的影响, 认

收稿日期: 2013-07-16; 收稿日期: 2013-08-05

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(11BGL089); 河北省人力资源社会保障科研合作课题(JRSH2-2013-01001); 河北省高等学校人文社会科学研究重点项目(SD2010009); 河北大学人文社会科学引进人才科研启动基金(1009117)

作者简介: 郭子雪(1964-), 男(汉族), 河北清河县人, 河北大学管理学院, 教授, 研究方向: 管理决策的理论与方法、资产评估理论与方法、应急管理。

为在确定矿产资源价值时应将生态补偿费用纳入进去。Cawood^[18]构建了一个竞争性的利益分享模型以确定南非矿产资源收益在资源所有者、投资者、地方政府、环境利益团体以及土地所有者之间的分配比例关系。Trigeorgis 通过对跨国公司原油开发方案的分析,认为开发方案中蕴含多种期权,包括开发阶段的放弃期权、生产阶段的扩张和中止期权等,并相应地构建了评价模型。颉茂华^[19]从环境管理的视角,构建了矿产资源资产价值计量模型,认为矿产资源资产价值包括矿产资源的原始价值、矿业权价值和环境成本三个部分。本文在上述研究基础上,将矿业权看做实物看涨期权,结合矿业权投资的不确定性、风险性和期权特性,将模糊集理论与实物期权理论相结合,提出一种基于模糊实物期权的矿业权评估方法。

2 预备知识

定义 1 设模糊数 \tilde{A} 的隶属度函数为:

$$\mu_{\tilde{A}} = \begin{cases} [x - (m_1 - \gamma_1)] / \gamma_1, & m_1 - \gamma_1 \leq x < m_1 \\ 1, & m_1 \leq x \leq m_2 \\ [(m_2 + \gamma_2) - x] / \gamma_2, & m_2 < x \leq m_2 + \gamma_2 \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (1)$$

则称 \tilde{A} 为一个核为 $[m_1, m_2]$ 、左宽度为 γ_1 、右宽度为 γ_2 的梯形模糊数,记为 $\tilde{A} = [m_1, m_2, \gamma_1, \gamma_2]$,如图 1 所示。

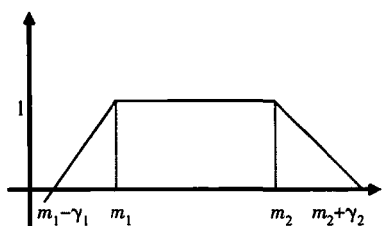


图 1 梯形模糊的隶属度函数

梯形模糊数具有以下运算性质:设 $\tilde{A} = [m_1, m_2, \gamma_1, \gamma_2]$, $\tilde{B} = [n_1, n_2, \delta_1, \delta_2]$ 为两个梯形模糊数,则:

$$(1) \tilde{A} \oplus \tilde{B} = [m_1 + n_1, m_2 + n_2, \gamma_1 + \delta_1, \gamma_2 + \delta_2]$$

$$(2) k\tilde{A} = [km_1, km_2, k\gamma_1, k\gamma_2], k > 0$$

如果 $[\tilde{A}]_\alpha$ 表示模糊数 \tilde{A} 的 α 水平集,对于梯形模糊数 $\tilde{A} = [m_1, m_2, \gamma_1, \gamma_2]$,显然有:

$$[\tilde{A}]_\alpha = [m_1 - (1 - \alpha)\gamma_1, m_2 + (1 - \alpha)\gamma_2], \forall \alpha$$

$\in [0, 1]$

如果 $[\tilde{A}]_\alpha, [\tilde{B}]_\alpha$ 是两个模糊数: $[\tilde{A}]_\alpha = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)], [\tilde{B}]_\alpha = [b_1(\alpha), b_2(\alpha)]$ λ 是一个实数,利用扩展原理有下列等式成立:

$$[\tilde{A} + \tilde{B}]_\alpha = [a_1(\alpha) + b_1(\alpha), a_2(\alpha) + b_2(\alpha)]$$

$$[\lambda \tilde{A}]_\alpha = \lambda [\tilde{A}]_\alpha$$

定义 2 对于模糊数 \tilde{A} ,设其 α 水平集 $[\tilde{A}]_\alpha = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$,则定义其均值 $E(\tilde{A})$ 和方差 $D(\tilde{A})$ 为:

$$E(\tilde{A}) = \int_0^1 \alpha [a_1(\alpha) + a_2(\alpha)] d\alpha = \frac{\int_0^1 \alpha \frac{a_1(\alpha) + a_2(\alpha)}{2} d\alpha}{\int_0^1 \alpha d\alpha} \quad (2)$$

$$D(\tilde{A}) = \int_0^1 \alpha \left(\left[\frac{a_1(\alpha) + a_2(\alpha)}{2} - a_1(\alpha) \right]^2 \alpha + \left[\frac{a_1(\alpha) + a_2(\alpha)}{2} - a_2(\alpha) \right]^2 \alpha \right) d\alpha = \frac{1}{2} \int_0^1 \alpha [a_1(\alpha) - a_2(\alpha)]^2 d\alpha \quad (3)$$

如果模糊数 $\tilde{A} = [m_1, m_2, \gamma_1, \gamma_2]$ 为梯形模糊数,易知其均值和方差为:

$$E(\tilde{A}) = \int_0^1 \alpha [m_1 - (1 - \alpha)\gamma_1 + m_2 + (1 - \alpha)\gamma_2] d\alpha = \frac{m_1 + m_2}{2} + \frac{\gamma_2 - \gamma_1}{6} \quad (4)$$

$$D(\tilde{A}) = \frac{1}{2} \int_0^1 \alpha ([m_1 - (1 - \alpha)\gamma_1] - [m_2 + (1 - \alpha)\gamma_2])^2 d\alpha = \frac{(m_2 - m_1)^2}{4} + \frac{(m_2 - m_1)(\gamma_1 + \gamma_2)}{6} + \frac{(\gamma_1 + \gamma_2)^2}{24} \quad (5)$$

3 矿业权价值评估的模糊实物期权定价模型

3.1 Black-Scholes 期权定价模型

Black, Scholes 于 1973 年提出了欧式看涨期权定价模型,其公式为:

$$c = S\Phi(d_1) - Xe^{-rT}\Phi(d_2)$$

其中,

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

式中: $\Phi(x)$ 为标准正态分布变量的累计概率分布函数;

c 为欧式看涨期权的价格;

X 为行使期权的执行价格;
 S 为标的资产的当前价值;
 T 为期权的有效期;
 r 为有效期的无风险利率;
 σ 为标的资产收益波动率;
 e 为常数,本式取 2.718。

3.2 基于模糊实物期权的矿业权价值评估模型

假设 \tilde{S} 表示当前价格下由矿业权产生的全部服务年限内销售收入的现值之和, \tilde{X} 表示期权的执行价格,即开采矿山资源的预期成本, T 表示矿业权的有效期, σ 表示矿产品价格的波动率, r 为期权的无风险利率,其中 \tilde{S} 、 \tilde{X} 均为梯形模糊数:

$$\tilde{S} = (S_1, S_2, \alpha_1, \alpha_2), \tilde{X} = (X_1, X_2, \beta_1, \beta_2)$$

则矿业权模糊实物期权价值为:

$$FROV = \tilde{S}\Phi(d'_1) - \tilde{X}e^{-rT}\Phi(d'_2) \quad (7)$$

$$d'_1 = \frac{\ln\left(\frac{E(\tilde{S})}{E(\tilde{X})}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (8)$$

$$d'_2 = \frac{\ln\left(\frac{E(\tilde{S})}{E(\tilde{X})}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d'_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (9)$$

式中 $E(\tilde{S})$ 、 $E(\tilde{X})$ 分别表示有效期内矿业权全部收益现值和开采矿山资源的预期成本现值的数学期望或均值, σ 表示波动率,其计算公式为:

$$\sigma = \frac{\sqrt{D(S)}}{E(S)} \quad (10)$$

利用梯形模糊数的运算可得矿业权模糊实物期权价值:

$$FROV = (FROV_1, FROV_2, \gamma_1, \gamma_2) \quad (11)$$

$$\text{其中, } FROV_1 = S_1\Phi(d'_1) - X_2e^{-rT}\Phi(d'_2) \quad (12)$$

$$FROV_2 = S_2\Phi(d'_1) - X_1e^{-rT}\Phi(d'_2) \quad (13)$$

$$\gamma_1 = \alpha_1\Phi(d'_1) + \beta_2\Phi(d'_2) \quad (14)$$

$$\gamma_2 = \alpha_2\Phi(d'_1) + \beta_1\Phi(d'_2) \quad (15)$$

于是得到矿业权价值评估的模糊实物期权模型:

$$(FNPV)_T = NPV + FROV \quad (16)$$

其中 $(FNPV)_T$ 投资机会持续时间为 T 的矿业权全部价值的现值, $NPV = \tilde{S} - \tilde{X}$, 均是一个梯形模糊数。

4 算例分析

设有 1 矿业开采项目, 开采期限为 15 年, 开采

6 年后矿业公司拟转让该矿业权。根据矿业公司过去 6 年的财务数据, 前 6 年的销售收入分别为 850.34 万元、781.38 万元、809.27 万元、955.02 万元、940.95 万元; 前 6 年的开发成本分别为 760.60 万元、729.29 万元、756.06 万元、781.38 万元、780.21 万元。设无风险利率 $r = 8\%$, 折现率 $r_1 = 10\%$, 试用模糊实物期权定价模型确定该矿业权评估价值。

为计算方便, 假设该项目第 6 年以后现金流量为等额支付系列。取 $S_{A1} = 781.38$, $S_{A2} = 955.02$, $X_{A1} = 729.29$, $X_{A2} = 781.38$ 。考虑到未来市场标化等因素的影响, 假设销售收入的增减波动率分别为 4% 和 4.444%, 开发成本的增减波动率分别为 3.333% 和 2.38%。计算可得该矿业权项目未来 9 年的预期销售收入和开发成本分别为:

$$\tilde{S}_A = (781.38, 955.02, 34.728, 38.20),$$

$$\tilde{X}_A = (729.29, 781.38, 17.364, 26.046)。$$

查表得: $(P/A, 10\%, 9) = 5.75902$, 利用资金等值计算公式, 可计算未来 9 年该矿业权产生的现金流量的现值 $\tilde{S} = (4500, 5500, 200, 220)$, 实施开采项目所需的投资现值 $\tilde{X} = (4200, 4500, 100, 150)$ 。

根据式(4)~(10)可得:

$$E(\tilde{S}) = \frac{S_1 + S_2}{2} + \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{6} = 5001.67$$

$$D(\tilde{S}) = \frac{(S_2 - S_1)^2}{4} + \frac{(S_2 - S_1)(\alpha_1 + \alpha_2)}{6} + \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)^2}{24} = 327350$$

$$\text{波动率 } \sigma = \frac{\sqrt{D(S)}}{E(S)} = 0.1144$$

$$E(\tilde{X}) = \frac{X_1 + X_2}{2} + \frac{\beta_2 - \beta_1}{6} = 4358.33$$

$$d'_1 = \frac{\ln\left(\frac{E(\tilde{S})}{E(\tilde{X})}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = 1.0933$$

$$d'_2 = d'_1 - \sigma\sqrt{T} = 0.3733$$

$$\text{查表得: } \Phi(d'_1) = 0.8631, \Phi(d'_2) = 0.6453$$

$$\text{将上述结果代入式(13) - (16)得: } FROV = (2470.36, 3327.69, 269.41, 254.41)$$

$$\text{于是 } (FNPV)_T = NPV + FROV = (2470.36, 3457.69, 619.41, 574.41)$$

$$E[(FNPV)_T] = 2971.525$$

上述结果表明: 该矿业权模糊实物期权价值的

期望值为 2971.525,最可能取值区间为 (2470.36, 3457.69),最大取值区间为 (1850.95,2883.28)。

5 结语

本文根据矿业权投资的不确定性、风险性等特点,采用梯形模糊数表示矿业权投资的现金流入现值和投资成本,通过定义梯形模糊数的期望和方差,建立了矿业权价值评估的模糊实物期权定价模型。研究表明,矿业权评估的模糊实物期权方法优于传统的 DCF 法,能克服 DCF 法的弱点,更合理地评估矿业权的价值。

参考文献:

- [1] 苏文明,周震. 我国矿业权评估管理研究[J]. 江西有色金属, 2005,19(2):16-19.
- [2] 王伟. 基于多属性效用理论的矿业权评估折现率估算方法[J]. 辽宁工程技术大学学报(社会科学版),2011,13(4):364-367.
- [3] 姜琳,朱欣然. 我国各地矿业权市场化程度评估[J]. 中国国土资源经济,2008,11:16-20.
- [4] 刘新风,王树丰,徐宏伟. 实物期权中的二叉树模型在矿业权中的应用[J]. 中国矿业,2005,14(6):85-86.
- [5] 刘勋涛,靳剑辉. 论矿业权价值评估中存在的几个问题[J]. 中国矿业,2011,20(2):49-52.
- [6] 李树春,许江. 矿业权评估价值的风险评价[J]. 矿业研究与开发,2008,28(1):81-83.
- [7] 廖作鸿,刘朝马. 矿业权评估的实物期权方法[J]. 中国钨业,2002,17(4):44-46.
- [8] 解秀芬,王明,王翔. 实物期权定价理论在矿业权价值评估中的应用[J]. 价值工程,2009,3:57-60.
- [9] 冯天龙. 期权定价模型在采矿权价值评估中的应用[J]. 有色矿冶,2012,28(1):54-56.
- [10] 刘朝马,廖作鸿. 矿业权评估的实物期权方法研究初探[J]. 中国矿业,2003,12(1):16-18.
- [11] 章海兰,胡华. 煤矿企业矿业权延迟期权定价模型的推广[J]. 太原师范学院学报(自然科学版),2010,9(1):5-8.
- [12] 王文才. 基于采矿有效期的采矿权抵押价值的评估[J]. 中国矿业,2009,18(3):32-35.
- [13] 刘建兵,谢英亮. 基于平均回弹过程矿业权价值评估的收益法模型[J]. 有色金属(选矿部分),2003,5:46-48.
- [14] 李松青. 矿业权价值评估 DCF 法与实物期权法比较研究[J]. 矿业研究与开发,2009,29(3):96-98.
- [15] 包胜志,李元,翁春林. 论矿业权价值评估中折现率的合理确定[J]. 采矿技术,2005,5(2):84-86.
- [16] Paddock J, Siegel D, Smith J. Options valuation of claims on physical assets: The case of offshore petroleum lease [J]. Quarterly Journal of Economics,1988, 103 (3):479-508.
- [17] Roach B, Wade W W. Policy evaluation of natural resource injuries using habitat equivalency analysis [J]. Ecological Economics, 2006, 58 (2): 421-433
- [18] Cawood F T, Minnitt R C A. Identification and distribution of mineral rents in southern Africa [J]. The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy, 2002, 102 (5):289-297.
- [19] 顾茂华. 基于环境管理视角的矿产资源资产计价量模型构建[J]. 财会通讯,2010,10:109-111.
- [20] 杨春鹏. 实物期权及其应用[M]. 上海:复旦大学出版社,2003.
- [21] 谷晓燕,何峰,蔡晨. 风险条件下基于实物期权的研发项目多阶段评价模型[J]. 中国管理科学,2011,19(6):68-75.
- [22] 汪培庄. 模糊集合论及其应用[M]. 上海:上海科学技术出版社,1998.

Value Assessment of Mining Right Based on the Fuzzy Real Options

GUO Zi-xue, QI Mei-ran, ZHANG Lu

(School of Management, Hebei University, Baoding 071002, China)

Abstract: The accuracy of appraisal of mining right affect directly bargains of mineral properties and the rational distribution of mineral resources. A model for assessing mining right based on fuzzy real options is presented. On the basis of defining the conception, operation, expectation and variance of the trapezoid fuzzy number, the assessment model of mining right based on the fuzzy real options is established. The availability of the proposed method is verified by analyzing the numerical example.

Key words: mining right; value assessment; real options; trapezoid fuzzy number