

文章编号: 1001-0920(2012)12-1828-05

模糊群决策环境下的实物期权模型

吴 漪¹, 邱菀华¹, 周 鹏²

(1. 北京航空航天大学 经济管理学院, 北京 100191; 2. 工业和信息化部电子科学技术情报研究所, 北京 100040)

摘 要: 在实物期权 B-S 模型框架下, 采用正态模糊数刻画模糊群决策环境下决策者的行为特征, 并利用格贴进度理论构建了决策变量关系矩阵进行决策信息的赋权和归集, 建立了在模糊群决策环境下利用实物期权方法进行大型项目投资决策的分析框架. 模型解决了在模糊群决策环境中难以利用传统实物期权方法进行大型项目投资决策的问题, 更加贴近实际决策情景. 最后通过数值实例对模型的应用进行了说明.

关键词: 实物期权; 项目估值; 群决策; 正态模糊数; 贴近度

中图分类号: F830.59

文献标志码: A

Real option model under fuzzy group decision making

WU Yi¹, QIU Wan-hua¹, ZHOU Peng²

(1. School of Economics and Management, Beihang University, Beijing 100191, China; 2. Electronic Technology Information Research Institute of MIIT, Beijing 100040, China. Correspondent: WU Yi, E-mail: ripples.yi@gmail.com)

Abstract: Within the frame of real option B-S model, a real option model under fuzzy decision making environment is proposed. Normal fuzzy numbers are used to describe the behavior of the evaluators. To calculate the weight of the each evaluator and aggregate the evaluators' judgments, closeness degree theory is applied. This model deals with the situation that project's investment decision is made by group evaluators and the evaluators' judgment is fuzzy information, and the model has more practical effectiveness than traditional ones. Finally, a numerical example is given to illustrate the model.

Key words: real option; project evaluation; group decision making; normal fuzzy number; closeness degree

1 引 言

项目的投资决策过程是决策者随项目进展不断发现项目价值的过程, 其不确定性一直是研究的重点. 实物期权的思想由于考虑到不确定性的价值, 逐渐成为投资项目价值评估和决策的研究热点. 但传统实物期权估值模型也存在局限性, 传统实物期权研究中对项目的取舍准则一般是项目估值大于零时保留项目, 小于零时放弃项目; 较少考虑结合不同的决策环境, 尤其是群决策环境下多个决策者的决策信息不一致时如何进行决策. 实物期权重要应用领域之一的大型项目投资决策通常由决策团队做出; 同时由于决策者经常要面临不确定的决策环境, 决策信息容易以模糊形式给出. 传统实物期权模型较少讨论此类环境对项目取舍的影响. 为了在更加贴近实际决策情景的环境下应用实物期权模型, 本文在传统实物期权模型框架下, 采用正态模糊数和格贴进度理论描述群决策中的

决策信息, 建立了群决策环境下的实物期权估值模型, 并通过实例分析给出了该模型的应用步骤.

2 理论综述

1977 年, Myers^[1]建立了实物期权理论, 这一理论可以研究具有不确定性的管理系统, 所以被逐渐用于项目价值评估. 1979 年, Cox 等^[2]提出实物期权的二叉树模型, 扩展了其使用范围. 目前实物期权方法主要有两大类: 离散时间型和连续时间型. 离散时间型包括各种二叉树及多叉树模型; 连续时间型包括各种闭合式方程法, 如 B-S 模型等. 近年来, 许多学者运用实物期权方法对不同背景下项目投资决策问题进行了有益的研究^[3-5]. 为解决现金流等输入变量的模糊属性对期权估值的影响问题, Carlsson 等^[6-7]提出了在 B-S 模型中引入梯形模糊数的模糊实物期权概念. 其思想是改进 B-S 模型, 以梯形模糊数刻画输入参数

收稿日期: 2011-09-21; 修回日期: 2012-01-18.

基金项目: 国家自然科学基金项目(70972003).

作者简介: 吴漪(1984—), 女, 博士生, 从事项目管理、决策理论的研究; 邱菀华(1946—), 女, 教授, 博士生导师, 从事项目管理、决策理论等研究.

的不确定性, 并运用模糊数学运算法则来构建公式. Liao 等^[8]基于类似思想提出了模糊实物期权模型的二叉树解法. 基于该方法, 国内学者提出了将预期现金流收益现值的专家评估区间转化成正态模糊数的定价方法以及分阶段模糊实物期权模型等^[9-10]. 但现有模糊实物期权研究主要集中于解决在输入项无法用单点数值衡量时的项目估值问题, 而较少涉及将实物期权模型与项目决策行为结合的研究.

在实物期权分析中, 波动率是实物期权模型中唯一不能由市场直接提供的参数, 其准确性直接影响着期权价值能否反映项目的不确定性及潜在价值. 一般而言, 常见的波动率估计方法包括对数收益法、产品价格波动法、GARCH 法和管理层假设法等^[11]. 其中对数收益法在数学上十分有效, 但在预期现金流为负时无法使用. 产品价格波动法假设项目价值波动率与产出物价格的波动率直接相关, 即 $\sigma = \epsilon\sigma_s$, 然而只有对于不存在固定成本的项目, 这一近似方法才成立. GARCH 模型主要用来分析股票价格按照时间序列分布的数据, 同时需要大量的历史数据. 管理层假设法通过专家根据历史数据及金融市场相关证券价格波动数据对项目现值的概率分布进行估计, 然后运用蒙特卡洛方法对所估计的分布进行拟合, 从而得出波动率的估计值. 该方法一定程度上弥补了单纯使用专家估计法存在人为随意取值的可能性. 在本文的实例分析部分, 采用管理层假设法进行波动率的估计.

模糊决策作为现代决策科学的重要分支, 在经济管理领域有着广泛的应用. 1965 年, Zadeh 提出模糊集理论, 用隶属度函数来刻画元素对集合属于程度的连续过渡性, 将经典集合的二值逻辑推广到区间内的连续性逻辑^[12]. 由于群决策问题具有多重复杂性和成员对决策方案及准则的不同偏好, 模糊数学对于解决群决策问题具有不可替代的效果. 模糊群决策对于不确定偏好信息的处理方法是采用模糊数的形式表达不确定信息, 建立模糊偏好关系, 然后对模糊偏好进行集结. 不少相关文献对模糊偏好信息的集结进行了研究, 并提出了相应的一致化集结方法^[13-14]. 在对实物期权估值问题的决策中, 这种偏好不一致性常反映在决策群体成员对于项目取舍法则的差异上. 在实物期权估值领域, 一般认为当项目估值大于零时, 项目可以投资; 反之, 则舍弃项目. 由于群决策者对项目的取舍法则可能不一致, 不同决策者对于项目的增值潜力的预期也不一致; 同时, 大型项目投资的复杂性导致决策者容易以模糊数的形式给出决策信息. 因此, 结合模糊群决策分析方法研究决策者的偏好并进行偏好信息的集结, 在模糊群决策环境下进行实物期权模型的分析是有必要的. 本文以模糊群决策理论描述

决策者的行为特征, 在 B-S 模型的框架下建立了模糊群决策环境下的实物期权模型. 因为 B-S 公式是构建在预期现金流收益演化遵循几何布朗运动作为前提的假设之上, 所以本文利用正态模糊数估计决策者的评估区间, 采用格贴进度构造权向量对决策信息进行赋权和归集.

3 相关模糊数学概念

令 R 为实数的集合, $\zeta(R)$ 表示 R 上所有模糊子集的集合, 模糊集合 $\tilde{A} \in \zeta(R)$ 称作一个模糊数. 如果: 1) \tilde{A} 是规范的, 满足至少存在一个 $x_0 \in (R)$, 使得 $\mu_{\tilde{A}}(x_0) = 1$; 2) \tilde{A} 是凸的, 满足 $\mu_{\tilde{A}}(\lambda x + (1 - \lambda)y) \geq \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{A}}(y))$. 则模糊集合可由其隶属函数来表示, 它和普遍集合间的关系可由截集的概念及分解定理和扩展原理等描述^[15]. 模糊集合 \tilde{A} 的 α 水平截集由下式定义:

$$\tilde{A}_\alpha = \{mx | \beta_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha, x \in U\}, \alpha \in (0, 1]. \quad (1)$$

定义 1 当 $\alpha \in [0, 1]$ 时, $X_\alpha = [X_\alpha^L, X_\alpha^U]$ 和 $Y_\alpha = [Y_\alpha^L, X_\alpha^U]$, X_α^L, X_α^U 分别为模糊数 \tilde{X} 的水平截集 α 的上界和下界, Y_α^L, Y_α^U 分别为模糊数 \tilde{Y} 的水平截集 α 的上界和下界. 当 \tilde{X}, \tilde{Y} 的隶属度函数为连续函数时, $X_\alpha^L, X_\alpha^U, Y_\alpha^L, Y_\alpha^U$ 都是 α 的函数. 当 λ 为一个大于 0 的清晰数时, 它们的 α 水平截集运算为

$$(\tilde{X} \oplus \tilde{Y})_\alpha = X_\alpha \oplus Y_\alpha = [X_\alpha^L + X_\alpha^U, Y_\alpha^L + Y_\alpha^U],$$

$$(\tilde{X} \odot \tilde{Y})_\alpha = X_\alpha \odot Y_\alpha = [X_\alpha^L - X_\alpha^U, Y_\alpha^L - Y_\alpha^U],$$

$$(\tilde{X} \otimes \tilde{Y})_\alpha = X_\alpha \otimes Y_\alpha =$$

$$[\min(X_\alpha^L Y_\alpha^L, X_\alpha^L Y_\alpha^U, X_\alpha^U Y_\alpha^L, X_\alpha^U Y_\alpha^U), \max(X_\alpha^L Y_\alpha^L, X_\alpha^L Y_\alpha^U, X_\alpha^U Y_\alpha^L, X_\alpha^U Y_\alpha^U)],$$

$$\lambda X_\alpha = [\lambda X_\alpha^L + \lambda X_\alpha^U].$$

如果对于所有的 $\alpha \in [0, 1]$, 集合 \tilde{Y} 不包含 0, 则 \tilde{X}/\tilde{Y} 也是模糊数, 且它的 α 水平截集运算为

$$(\tilde{X}/\tilde{Y})_\alpha = X_\alpha/Y_\alpha =$$

$$[\min(X_\alpha^L/Y_\alpha^L, X_\alpha^L/Y_\alpha^U, X_\alpha^U/Y_\alpha^L, X_\alpha^U/Y_\alpha^U),$$

$$\max(X_\alpha^L/Y_\alpha^L, X_\alpha^L/Y_\alpha^U, X_\alpha^U/Y_\alpha^L, X_\alpha^U/Y_\alpha^U)].$$

定义 2 两个模糊集合直接的靠近程度的度量即为贴进度.

设 $X \neq \emptyset, B \subseteq F(X), N: B \times B \rightarrow [0, 1]$, 且对于任意 $A, B, C \in B$, 满足条件:

$$1) \text{ 若 } A \neq \emptyset, \text{ 则 } N(A, A) = 1;$$

$$2) \text{ 若 } A \cap B = \emptyset, \text{ 则 } N(B, A) = N(A, B) = 1;$$

3) 若 $C \subseteq B \subseteq A$, 则 $N(C, A) \leq N(B, A)$, N 称为在 B 上的贴近函数, $N(B, A)$ 称为在 B 上 B 对 A 的贴进度.

4 模型框架

本文具体介绍群决策环境下的实物期权估值模型,该模型共分为3个部分:项目估值、群决策信息归集和决策(其流程图见图1)。首先,根据项目特点选择合适的实物期权模型进行估值;其次,由决策者根据类似项目及其对项目综合获利能力的判断,得出对于项目估值的可接受区间;再次,进行决策信息赋权和归集,得到决策团队对于项目估值的可接受区间;最后,在决策团队可接受的置信度水平下,判断项目估值是否在决策团队可接受区间范围内:如果是,则项目投资计划通过决策者评议,项目计划通过;若不是,则判定项目计划是否可进行调整。当项目投资计划可调整,则调整相关参数,进行第2轮评估;若不是,则项目投资计划不通过。下面给出模型的具体实现步骤(分3个部分)。

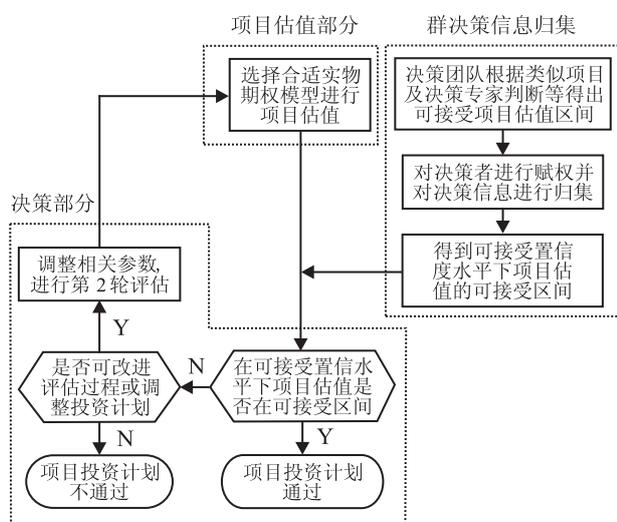


图1 模型流程

第1部分:项目价值估算。

选择合适实物期权模型对项目进行估算,本文以B-S模型为框架进行介绍,其形式如下:

$$C_0 = S_0 N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2). \quad (2)$$

其中

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/X) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}},$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T},$$

C_0 为项目的实物期权值(ROV), S_0 为预期现金流的收益现值, X 为预期成本, T 为最大的投资延迟时间, r 为无风险利率, σ 为预期现金流收益的波动率。当 $ROV \geq 0$ 时,认为项目值得投资;当 $ROV < 0$ 时,认为项目不值得投资。

第2部分:群决策信息归集。

根据顺序,对群决策信息的归集可分为3个步骤:收集决策者对于项目估值的决策信息;计算每个决策

者的权重并进行信息归集;得到决策团队可接受置信度下的项目估值可接受区间。

由决策团队对大型项目进行投资决策时,一般依据两部分信息,其一是已进行类似项目的获利能力,其二是决策者根据自己对项目信息的掌握和对项目收益的期望程度。根据已进行的类似项目的获利能力,项目决策者可以判断出项目的合理获利区间。由于不同的项目决策者知识结构和掌握的信息不同,对于项目合理获利能力的估计也不同,在决策信息上表现为对可接受项目估值的上限不同。其次,由于决策者的风险偏好不一样,决策者对收益的期望也不同。有的决策者倾向于在项目获利略有获利时即可接受项目,有的决策者则倾向于当项目获利超过某一界限时才接受项目。反映到决策行为上则表现为:每个决策者对于项目估值可接受的最小值不同,在决策信息上则表现为对可接受项目估值的下限不同;因此,决策者可以给出对于期望收益的一个可接受区间。大型项目的决策者面临复杂、不确定的决策环境,以及人思维的模糊性,难以用确定数值给出决策信息。因此,以模糊数的形式来刻画决策信息,以量化该现象在实物期权模型结构中对项目取舍的影响更为恰当。假设存在 n 个决策者,对其项目估值的可接受区间描述为

$$V^k = (V_1^k, V_2^k), k = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

在B-S模型中,模型成立的基本假设之一是现现金流收益波动遵循几何布朗运动,可以利用正态模糊数将决策者对项目估值的可接受区间转化为一个正态模糊数 α 水平截集。当估计区间较大时, α 在区间 $(0,1]$ 上相应地取较小值;当估计区间较小时, α 在区间 $(0,1]$ 上相应地取较大值。 n 个决策者的隶属度函数为

$$\mu_V^k = e^{-\left[\frac{x-a_k}{\sigma_k}\right]^2}, k = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

通过 α 水平截集公式

$$V^k = [V_1^k, V_2^k] = [a_k - \sigma_k \sqrt{-\ln \alpha}, a_k + \sigma_k \sqrt{-\ln \alpha}], \quad (5)$$

可计算出其正态模糊数的参数 a_k 和 σ_k 为

$$a_k = \frac{V_1^k + V_2^k}{2}, \sigma_k = \frac{V_1^k - V_2^k}{2\sqrt{-\ln \alpha}}, k = 1, 2, \dots, n. \quad (6)$$

当得出每个决策者的隶属度函数之后,对决策信息进行赋权和归集。

在实际问题中,某些决策者对于问题可能具有更高的决策权力或者更多的知情权,或者个体的预测偏差与整体结果差异过大,以至于影响了整体数据的准确,因而有必要设计一个客观的方法进行决策者的权重设定,以避免误差^[16-17]。本文通过计算格贴近度的方式对不同决策者的决策进行赋权,其基本思想

是对大多数决策者认同的决策区间赋予较高的权重. 首先计算两个决策者给出的模糊集的贴近程度, 设决策者 k 和 l 给出的评估区间经模糊处理后转化为两个正态模糊数, 分别为 \bar{V}^k 和 \bar{V}^l , 其隶属度函数分别为 $\mu_{\bar{V}^k} = e^{-[\frac{x-a_k}{\sigma_k}]^2}$, $\mu_{\bar{V}^l} = e^{-[\frac{x-a_l}{\sigma_l}]^2}$. 二者模糊集格贴近度示意图如图 2 所示, 相应计算公式为

$$N_L(\bar{V}^k, \bar{V}^l) = (\bar{V}^k \oplus \bar{V}^l) \wedge (1 - \bar{V}^k \otimes \bar{V}^l) = \bar{V}^k \oplus \bar{V}^l = e^{-[\frac{a_l - a_k}{\sigma_l + \sigma_k}]^2}. \quad (7)$$

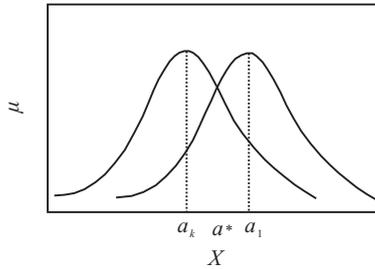


图 2 正态模糊数贴近度示意图

利用贴近度的两两比较, 可以构造决策变量关系矩阵

$$N = \begin{bmatrix} 1 & N_L(\bar{V}^1, \bar{V}^2) & N_L(\bar{V}^1, \bar{V}^3) & \dots & N_L(\bar{V}^1, \bar{V}^n) \\ & 1 & N_L(\bar{V}^2, \bar{V}^3) & \dots & N_L(\bar{V}^2, \bar{V}^n) \\ & & 1 & \dots & \\ \text{symmetrical} & & & \ddots & \\ & & & & 1 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

令 N_L^k 表示决策者 k 与其他决策者的贴近度

$$N_L^k = \sum_{l=1, l \neq k}^n N_L(\bar{V}^k, \bar{V}^l), \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad (9)$$

则 N_L^k 越小, 表示决策者 k 与其他决策者之间的差异越小. 决策者 k 的权重可表示为

$$W_k = N_L^k / \sum_{k=1}^n N_L^k, \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (10)$$

得到决策者的权重之后, 可以在不同的置信度 α 水平下对决策者的决策信息进行归集, 从而得到在不同的置信度下, 决策者对项目估值的接受区间. 根据不同接受区间所对应的置信度取值, 项目决策团队可以判断在确定置信度水平下是否接受项目投资计划.

将 n 位决策者对项目的接受区间进行了模糊化处理, 将其视为不同正态模糊数的 α 水平截集, 即

$$\bar{V}_\alpha^k = (\bar{V}_1^k, \bar{V}_2^k), \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (11)$$

令

$$\bar{V}_\alpha = \sum_{i=1}^n W_k \times \bar{V}_\alpha^k, \quad (12)$$

由扩展原理可知, 其运算结果仍然为一个模糊数的 α 水平截集. 根据截集运算法则, 可得

$$\bar{V}_\alpha = \left[\sum_{k=1}^n W_i \times \bar{V}_1^k, \sum_{i=1}^n W_i \times \bar{V}_2^k \right] = [\bar{V}_1, \bar{V}_2]. \quad (13)$$

所得闭区间 $[\bar{V}_1, \bar{V}_2]$ 即为归集的决策信息的 α 水平截集, 亦即在 α 置信度水平下, 决策团队对项目的接受区间. 改变 α 取值, 在决策团队可接受的置信度水平下将归集的决策信息与通过实物期权模型得到的项目估值进行比较, 可得到决策团队对于项目的接受区间, 即项目的决策区间.

第 3 部分: 决策部分.

将通过第 1 部分实物期权模型估值得到的项目估值和通过第 2 部分得到的项目的决策区间进行比较: 若项目估值落于项目决策区间内, 则说明项目估值在决策团队可接受范围内, 项目获利能力合理, 项目投资计划可通过项目决策团队的评价; 若项目估值在决策团队的可接受范围外, 则需要分析原因, 找出项目投资机会和评估过程中存在的问题, 以判断项目投资计划是否存在调整可能性或者评估过程是否出现误差. 若投资计划或评估过程可改进, 则调整相关参数, 继续进行第 2 轮评估. 调整后的项目计划重新由第 1 部分价值估算开始进行评估. 若经过评议, 项目投资计划不合理, 无法改进, 则终止项目投资计划.

5 实例分析

某电力工程项目进行改扩建投资, 根据估算, 项目的投资成本 S_0 为 600 万元, 投资额 X 为 500 万元, 服务年限 T 为 5 年, 无风险利率 r 为 0.05. 由于电力投资项目具有投资规模大、投资持续时间长、不确定性强等特点, 在其项目价值评估中多采用专家组进行决策. 管理层假设现金流现值服从对数正态分布, 项目的预期现金流现值最可能为 17 500 万元, 且该预期值在 10 000 ~ 25 000 万元间波动, 取得最坏情况的概率是 10%, 最好情况的概率是 90%. 运用 Crystal Ball 蒙特卡洛模拟软件, 计算上述分布所需输入的均值及其对应的标准差, 结果如图 3 所示. 波动率估计值为 $\sigma = 5.39/17.5 = 30.8\%$, 这是在选择好备选参数、相关百分比后利用 Crystal Ball 的定义假设方程得出的.

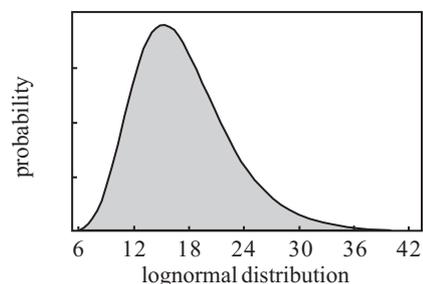


图 3 对数均值与标准差

由式 (2) 可得项目的实物期权净现值为

$$C_0 = S_0 N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2) = 144.30 \text{ M.}$$

假设决策团队共有 5 位决策者进行决策. 通过决策者评议, 得出决策团队 5 名决策者对于项目估值的接受区间, 如表 1 所示.

表 1 不同决策者对于项目估值的可接受区间

V	决策者 1	决策者 2	决策者 3	决策者 4	决策者 5
V_1^k	95	190	150	80	210
V_2^k	500	400	300	450	600

根据决策者的评估区间, 将不同的估计区间转化为正态模糊数. 以 $\alpha = 0.5$ 为例, 利用式 (6) 可得各相应正态模糊数隶属函数的参数, 如表 2 所示.

表 2 正态模糊数各参数

V	决策者 1	决策者 2	决策者 3	决策者 4	决策者 5
α_k	298	295	225	265	405
σ_k	243	126	90	222	234

根据决策信息正态模糊数参数 α_k 和 σ_k , 并利用式 (7) 和 (8) 可求得各模糊集之间的贴进度, 从而构造出关系矩阵

$$N = \begin{bmatrix} 1 & 0.99995 & 0.95379 & 0.99514 & 0.95057 \\ 0.99995 & 1 & 0.90048 & 0.99261 & 0.91102 \\ 0.95379 & 0.90048 & 1 & 0.98373 & 0.73487 \\ 0.99514 & 0.99261 & 0.98373 & 1 & 0.91021 \\ 0.95057 & 0.91102 & 0.73487 & 0.91021 & 1 \end{bmatrix}. \quad (14)$$

根据式 (9), (10) 可得各决策信息的权重为 $W_1 = 0.208921$, $W_2 = 0.203810$, $W_3 = 0.191423$, $W_4 = 0.207969$, $W_5 = 0.187877$. 进而可以根据式 (11)~(13), 得出在置信度 α 为 0.5 的情况下, 决策团队可接受的项目估值区间为

$$\bar{V}_{0.5} = [143.38, 449.72].$$

将此区间与通过实物期权估值所得的项目估值相比较, 可发现项目估值落于此区间中, 说明在置信度为 0.5 的条件下, 项目价值通过了决策者的判断, 项目可以投资. 同理可得在置信度为 (0,1) 区间的决策团队可接受项目估值. 以置信度间隔 0.1 为例, 如表 3 所示.

由表 3 可知, 在置信度为 0.7 的范围以内时, 项目可被决策团队接受. 若决策团队通过本置信度范围, 则项目投资计划可通过; 若不通过, 则需要改进投资计划并查看评估过程, 以判断是否进行第 2 轮评估.

表 3 不同置信度下项目估值的可接受区间

置信度	接受区间下限	接受区间上限
$v = 0.1$	140.14	449.01
$v = 0.2$	141.45	449.33
$v = 0.3$	142.27	449.51
$v = 0.4$	142.89	449.63
$v = 0.5$	143.38	449.72
$v = 0.6$	143.79	449.80
$v = 0.7$	144.15	449.86
$v = 0.8$	144.46	449.91
$v = 0.9$	144.74	449.96

6 结 论

本文通过分析大型项目投资决策中决策者的行为特征, 提出将决策者对于项目获利潜力的预估最大值和决策者本身对于项目估值的可接受下限, 分别作为其对项目估值可接受评估区间的上下限, 并将其转化为正态模糊数形式, 通过格贴进度理论构建决策变量关系矩阵, 进行了决策信息的赋权和归集, 建立了基于 B-S 模型的模糊群决策环境下的实物期权估值模型. 由于 B-S 模型成立前提是预期现金流收益的波动遵循几何布朗运动, 本文利用正态模糊数对决策信息进行了描述, 以准确提取决策信息特征. 最后通过实例分析, 阐述了模型使用的具体步骤. 实例分析显示, 该模型提供了帮助决策团队解决在模糊群决策环境下运用实物期权模型进行大型项目的投资决策的分析框架, 能灵活进行不同置信度水平下的项目投资决策的讨论, 更加贴近实际环境中大型投资项目的决策情景, 扩展了实物期权模型的适用范围.

参考文献(References)

- [1] Myers S C. Determinants of corporate borrowing[J]. J of Financial Economics, 1977, 5(2): 147-175.
- [2] Cox J, Ross S, Rubinstein M. Option pricing: A simplified approach[J]. J of Financial Economics, 1979, 7(3): 229-263.
- [3] Pennings, Enrico Lint Onno. The option value of advanced R and D[J]. European J of Operational Research, 1997, 103(16): 83-94.
- [4] Marreco J M, Carpio L G T. Flexibility valuation in the Brazilian power system: A real options approach[J]. Energy Policy, 2006, 34(18): 3749-3756.
- [5] Benaroch M, Kauffman R. A case for using real options pricing analysis to evaluate information technology project investments[J]. Information Systems Research, 1999, 10(1): 70-86.
- [6] Carlsson C, Fullér R. A fuzzy approach to real option valuation[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2003, 139(2): 297-312.