

基于模糊经济计算的引水工程投资决策研究

张春雨¹, 李慧敏²

(1. 大连理工大学 建设工程学部水利工程学院, 辽宁 大连 116024; 2. 华北水利水电大学 水利学院, 郑州 450046)

摘要:引水工程是解决水资源空间分布不均匀的重要手段,是基础建设的重要组成部分,但引水工程在建设以及运营期间具有诸多不确定性,利用传统的投资决策模型无法充分考虑项目的不确定性,直接影响投资决策的可靠性和科学性。针对这一问题,本文提出一种基于模糊经济计算的引水工程投资决策方法,在工程经济基本模糊计算的基础上,构建基于模糊经济计算的引水工程投资决策模型,利用模糊数充分描述项目的不确定性。并通过实例计算,验证了该模型的适用性和有效性,提高了决策的科学性和准确性,对于项目规避风险也有很高的指导价值。

关键词:引水工程;模糊经济计算;隶属度;财务评价;投资决策

中图分类号:F06 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2021)01—0012—08

一、引言

我国水资源空间分布严重不平衡,水资源需求与供给之间的不平衡使我国面临较严重的水资源短缺问题。引水工程已经成为解决区域性缺水和水资源空间分布不均匀问题的重要手段。但是引水工程投资规模大、运行管理成本高、建设运营期间不确定因素众多、社会资源占用量大、利益相关者范围广,投资存在诸多不确定性(孟姗姗,2018)。

引水工程的经济不确定性主要包括原水水量水价的不确定性、末端售水水量不确定性和未来水价的不确定性,利用传统的水利工程经济学知识进行财务评价具有较大局限性,无法充分考虑工程效益的不确定性,投资决策分析无法计算出较为准确的经济评价指标,这将直接导致引水工程投资决策的失误。

如何充分描述项目运营期的不确定性,是项目投资决策的关键。1965年,扎德首先提出模糊理论可以应用于不确定的经济决策环境中。Ward(1985)通过引入梯形模糊数对现金流进行模糊现值分析,开创了用模糊数学来计算工程经济问题的先河。随后Kaufmann和Gupta(1988)使用模糊数来计算折现率,并提出了一种进行投资方案选择的模糊现值法。Wang和Liang(1995)提出了包括折旧和税收参数在内的模糊收益/成本分析方法。Kahraman et al(1995)对柔性制造经济决策采用模糊现值分析方法。Karsak和Tolga(2001)提出了先进制造系统投资财务评估的模糊现值模型。Kuchta(2001)认为净现值是一个模糊形式的二次0-1规划问题。Kahraman et al(2002)推导了资本预算模糊现值、模糊等价年值、模糊终值、模糊效益成本比和模糊回收期的分析公式。Liou和Chen(2007)提出了一种模糊等价年值方法,以帮助从业人员利用模糊集理论评估投资备选方案。受上述文献的启发,本文将模糊经济计算引入投资决策中,利用模糊理论的方法识别并表示引水工程运营过程中可能出现的不确定情况,并在经济评价指标的计算以及评判过程中体现项目收益的模糊性,在项目的财务评价以及投资决策过程中最大程度上体现模糊信息和模糊变量的影响,提高对于项目投资决策的准确性和科学性,降低投资决策偏差。

二、引水工程投资决策中模糊经济计算原理

在现实中,对于所需的某些数据如未来现金流、未来需水量,提前得到准确的认知是不现实的,所以可以用模糊隶属度来描述。综合文献(Ward,1985;Kaufmann和Gupta,1988;Wang和Liang,1995;Kahraman et al,2002;Liou和Chen,2007),首先给出工程经济学中基本计算参数的模糊运算。

收稿日期:2019—12—01

基金项目:教育部人文社科项目“绩效导向下的水环境治理PPP项目激励机制研究”(19YJC630078)

作者简介:张春雨,大连理工大学硕士研究生,研究方向:项目投融资、水文学及水资源、水环境;李慧敏,博士,华北水利水电大学水利学院副教授,研究方向:项目投融资。

(一)模糊单利、模糊复利和模糊连续复利

在模糊情况下,利用单利法计算本利和的公式为

$$\tilde{F} = \tilde{P} \times (1 + \tilde{i}n) \quad (1)$$

其中: $\tilde{F}$ 表示模糊资金终值; $\tilde{P}$ 表示模糊资金现值; $\tilde{i}$ 表示计息周期模糊折现率,常以%计; n 表示计息周期数,通常以年计。

在模糊情况下,利用复利法计算本利和的公式为

$$\tilde{F} = \tilde{P} \times (1 + \tilde{i})^n \quad (2)$$

连续复利是每年计息周期接近无穷大时离散复合的极限情况,其模糊表达式为

$$\tilde{F} = \tilde{P} \times \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{r_0}{m}\right)^{nm} = \tilde{P} \times e^{r_0 n} \quad (3)$$

其中: r_0 表示名义年利率; m 表示一年中计息次数。

(二)模糊现金流

用三角模糊数来描述相关现金流量, l 、 m 、 u 分别表示相关金额的下限值、最可能值和上限值。现金流的相关模糊数见表1。

在计算现金流量时,复利因子以及资金等值计算公式有非常重要的作用,下面给出模糊情况下复利因子计算公式,见表2。

模糊复利因子是进行资金等值计算的前提(Buckley, 1992),在已知模糊复利因子的情况下,模糊资金等值计算公式汇总见表3。

表1 现金流的模糊数表示

名称	符号	模糊数表示
模糊等额年值	$\tilde{A}$	$\tilde{A} = (A_l, A_m, A_u)$
模糊折现率	$\tilde{i}$	$\tilde{i} = (i_l, i_m, i_u)$
模糊资金现值	$\tilde{P}$	$\tilde{P} = (P_l, P_m, P_u)$
模糊资金终值	$\tilde{F}$	$\tilde{F} = (F_l, F_m, F_u)$
模糊现金流入	$C\tilde{I}$	$C\tilde{I} = (CI_l, CI_m, CI_u)$
模糊现金流出	$C\tilde{O}$	$C\tilde{O} = (CO_l, CO_m, CO_u)$
模糊现金流	$C\tilde{F}$	$C\tilde{F} = (CF_l, CF_m, CF_u)$
模糊净现值	$N\tilde{P}V$	$N\tilde{P}V = (NPV_l, NPV_m, NPV_u)$

表2 模糊复利因子汇总表

名称	符号	计算公式表示
一次支付现值因子	$(\tilde{P}/\tilde{F}, \tilde{i}, n)$	$(\tilde{P}/\tilde{F}, \tilde{i}, n) = \left[(1 + i_l)^{-n}, (1 + i_m)^{-n}, (1 + i_u)^{-n} \right]$
存储基金公式因子	$(\tilde{A}/\tilde{F}, \tilde{i}, n)$	$(\tilde{A}/\tilde{F}, \tilde{i}, n) = \left[\frac{i_l}{(1 + i_l)^n - 1}, \frac{i_m}{(1 + i_m)^n - 1}, \frac{i_u}{(1 + i_u)^n - 1} \right]$
等额支付现值因子	$(\tilde{P}/\tilde{A}, \tilde{i}, n)$	$(\tilde{P}/\tilde{A}, \tilde{i}, n) = \left[\frac{(1 + i_l)^n - 1}{i_l(1 + i_l)^n}, \frac{(1 + i_m)^n - 1}{i_m(1 + i_m)^n}, \frac{(1 + i_u)^n - 1}{i_u(1 + i_u)^n} \right]$

表3 模糊资金等值计算公式汇总表

类型	公式名称	已知	求解	计算公式
一次支付	一次支付现值公式	$\tilde{F}$	$\tilde{P}$	$\tilde{P} = \tilde{F} \times (\tilde{P}/\tilde{F}, \tilde{i}, n)$
等额多次支付	基金存储公式	$\tilde{F}$	$\tilde{A}$	$\tilde{A} = \tilde{F} \times (\tilde{A}/\tilde{F}, \tilde{i}, n)$
	等额支付现值公式	$\tilde{A}$	$\tilde{P}$	$\tilde{P} = \tilde{A} \times (\tilde{P}/\tilde{A}, \tilde{i}, n)$
	资金回收公式	$\tilde{P}$	$\tilde{A}$	$\tilde{A} = \tilde{P} \times (\tilde{A}/\tilde{P}, \tilde{i}, n)$

(三)模糊净现值和模糊净年值

模糊净现值、模糊净年值是在不确定性下进行投资决策的重要参数(Chiu, 1994)。模糊现值 $\tilde{P}V$ 、模糊现金流 $C\tilde{F}$ 与模糊净现值 $N\tilde{P}V$ 的计算公式如式(4)、式(5)所示:

$$P\tilde{V} = \frac{C\tilde{F}}{(1 + \tilde{i})^n}, \quad C\tilde{F} = C\tilde{I} - C\tilde{O} \quad (4)$$

$$N\tilde{P}V = \sum_1^n P\tilde{V} = \sum_1^n \frac{C\tilde{F}}{(1 + \tilde{i})^n} \quad (5)$$

模糊净年值 $N\tilde{A}V$ 的计算公式如式(6)所示:

$$N\tilde{A}V = N\tilde{P}V \times (\tilde{A}/\tilde{P}, \tilde{i}, n) = \sum_{t=1}^n \frac{C\tilde{F}_t}{(1+\tilde{i})^t} \times (\tilde{A}/\tilde{P}, \tilde{i}, n) \quad (6)$$

$$(\tilde{A}/\tilde{P}, \tilde{i}, n) = \left[\frac{i_l(1+i_l)^n}{(1+i_l)^n - 1}, \frac{i_m(1+i_m)^n}{(1+i_m)^n - 1}, \frac{i_u(1+i_u)^n}{(1+i_u)^n - 1} \right] \quad (7)$$

决策准则为:①若 $N\tilde{P}V > 0$ ($N\tilde{A}V > 0$), 说明项目在经济上是可行的, 项目收益大于支出。当然, $N\tilde{P}V$ ($N\tilde{A}V$) 越大, 项目收益越多; ②但当不确定性导致 $N\tilde{P}V$ ($N\tilde{A}V$) 可能取负值时, 这时就要根据具体项目进行分析。

(四) 模糊内部收益率

内部收益率反映了投资的获利能力, 可用作项目投资决策重要标准之一。模糊内部收益率 $I\tilde{R}R$ 的表达式为

$$N\tilde{P}V = \sum_{t=0}^n \frac{C\tilde{F}_t}{(1+I\tilde{R}R)^t}, \quad t = 1, 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

若基准折现率为 i_0 , 项目求得的模糊内部收益率为 $I\tilde{R}R$, 决策准则为: ①当 $I\tilde{R}R \geq i_0$ 时, 项目的净现值大于 0, 在经济上可行, 可接受该项目; ②当 $I\tilde{R}R < i_0$ 时, 需根据具体案例进行具体分析。

三、基于模糊经济计算的引水工程投资决策模型构建

(一) 模型假设

由于引水工程在运营期内, 水源地的降雨量、径流量、气候条件等是不确定的, 每年可供水量、水价以及受水地每年对水的需求量是处于动态变化中的, 假设原水水量与供水水量保持一致, 不考虑沿途水量损失; 由于水价受水量、地区经济发展状况、政策等因素的综合影响, 所以水价也处于动态变化中。利用模糊数表示运营期内水量、原水水价以及售水水价的不确定性, 在这里, 针对现金流做出如下假设。

假设投资资金来自两个方面: 资本金和贷款资金, 并各占一定比例, 自有资本金占 $a\%$; 贷款资金占 $b\%$, 并在运营期每年进行等额还本付息。

针对项目收益部分, 假设只考虑售水收入及政府财政补贴, 其中水量与售水水价是不确定的; 针对支出部分, 为了计算简便, 假设只考虑包括年度运营成本、原水水费以及还本付息支出的现金流出, 其中水量与原水水价是不确定的。忽略通货膨胀、税收等影响。投资发生在建设期年初, 效益及其年度运营成本发生在运营期末。

(二) 投资成本识别与模糊计算

基于上述假设, 在该模型中, 投资成本 (K) 包括 $a\%$ 的资本金 (记为 k_0 , $k_0 = a\% \times K$) 以及 $b\%$ 的贷款资金 (记为 k_1 , $k_1 = b\% \times K$), 其中贷款资金会在建设期内产生建设期利息 (q), 并在运营期每年进行等额还本付息。

建设期贷款本利和 (A), $A = k_1 + q$, 并利用等额支付资金回收公式将建设期贷款本利和折算至运营期 (n_0) 每年还本付息支出 (A_1):

$$A_1 = A \left[\frac{r(1+r)^{n_0}}{(1+r)^{n_0} - 1} \right] \quad (9)$$

项目年度运营成本 (A_0) 为工程维护费、人工费、管理费之和。

原水水费就是从水源地取得水的成本。在原水水价与原水水量不确定的情况下, 原水水费也用模糊的形式表示, 计算公式为

$$\tilde{C}_b = \tilde{Q} \times \tilde{P}_b \quad (10)$$

其中: $\tilde{C}_b$ 表示原水模糊水费; $\tilde{P}_b$ 表示原水模糊水价, $\tilde{P}_b = (P_{bl}, P_{bm}, P_{bu})$; $\tilde{Q}$ 表示原水模糊水量, $\tilde{Q} = (Q_l, Q_m, Q_u)$ 。

(三)收益识别与模糊计算

根据模糊投资决策模型假设,引水工程全寿命周期收益包括售水收入、政府财政补贴。

引水公司通过引调水服务获取售水收入。自来水厂按照价格主管部门批复的供水价格向引水公司支付水费。在售水水价与供水水量不确定的情况下,售水收入也用模糊的形式表示,计算公式为

$$\tilde{B} = \tilde{Q} \times \tilde{P} \quad (11)$$

其中: $\tilde{B}$ 表示售水模糊收入; $\tilde{P}$ 表示售水模糊水价, $\tilde{P} = (P_l, P_m, P_u)$; $\tilde{Q}$ 表示供水模糊水量, $\tilde{Q} = (Q_l, Q_m, Q_u)$ 。

当项目收益不能完全覆盖投资成本和运营成本时,就需要政府进行补贴,政府财政补贴用 B_g 表示。

(四)引水工程模糊现金流

基于模型假设和投资成本、收益的模糊计算,可以构建模糊现金流量模型。建设期和运营期模糊现金流见表4。

表4 建设运营期模糊现金流

时期	名称	现金流
建设期	现金流入	$CI_m = 0$
	现金流出	$CO_m = k_{0m}$
	净现金流量	$NCF_m = CI_m - CO_m = -k_{0m}$
运营期	模糊现金流入	$\tilde{CI}_n = \tilde{B}_n + B_{gn}$
	模糊现金流出	$\tilde{CO}_n = A_o + A_l + \tilde{C}_{bn}$
	模糊净现金流量	$\tilde{NCF}_n = \tilde{CI}_n - \tilde{CO}_n = \tilde{B}_n + B_{gn} - (A_o + A_l + \tilde{C}_{bn})$

注: CI_m 表示建设期第 m 年现金流入,建设期内无现金流入; k_{0m} 、 CO_m 表示建设期第 m 年资本金支出、现金流出; NCF_m 表示建设期第 m 年的净现金流量; B_{gn} 表示运营期第 n 年政府财政补贴; A_o 表示年度运营成本; A_l 表示运营期还本付息支出; $\tilde{C}_{bn}$ 、 $\tilde{B}_n$ 表示运营期第 n 年原水模糊水费、售水模糊收入; $\tilde{CI}_n$ 、 $\tilde{CO}_n$ 表示运营期第 n 年的模糊现金流入、模糊现金流出; $\tilde{NCF}_n$ 表示运营期第 n 年的模糊净现金流量。

(五)引水工程模糊投资决策参数计算

利用上述模糊现金流模型,选取模糊净现值和模糊内部收益率作为财务评价指标。该模型下引水工程模糊净现金流量图如图1所示。

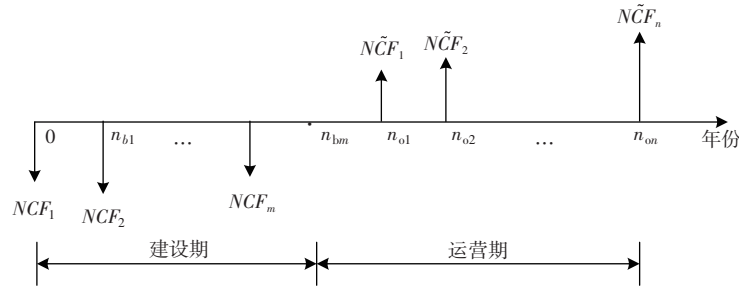


图1 引水工程模糊净现金流量图

模糊净现值的计算公式为

$$NPV = \left[\frac{NCF_1}{(1+i)} + \frac{NCF_2}{(1+i)^2} + \cdots + \frac{NCF_n}{(1+i)^n} \right] \times (1+i)^{-m} - \left[NCF_1 + \frac{NCF_2}{(1+i)} + \cdots + \frac{NCF_m}{(1+i)^{m-1}} \right] \quad (12)$$

模糊内部收益率表达式为

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t}, \quad t = 1, 2, 3, \dots, n \quad (13)$$

(六)模糊投资决策模型分析

当模糊净现值隶属度曲线完全在0轴线右侧(即模糊净现值恒大于0)或模糊内部收益率隶属度曲线完全在折现率基准线右侧(即模糊内部收益率恒大于折现率),如图2所示,此时,该项目在经济上可行。

如果模糊净现值隶属度曲线与0轴线相交(模糊内部收益率隶属度曲线与折现率基准线相交),则项目同时存在盈利和亏损的经济范围,说明项目的投资存在风险,这时就要对项目进行具体分析。

当该交点位于隶属度曲线的左半部分时[如图 3(a)所示],风险随着 μ 的增大而逐渐增大, μ 值越小,项目盈利的可能性越大,风险情况发生的可能性就越低,该项目财务收益情况越良好;当交点位于隶属度曲线的右半部分时[如图 3(b)所示],风险随着 μ 的减小而逐渐增加, μ 值越小,项目亏损的可能性越大,风险情况发生的可能性就越高,该项目财务收益情况就越糟糕。因此,投资决策就需要根据模糊净现值以及模糊内部收益率进行判断。

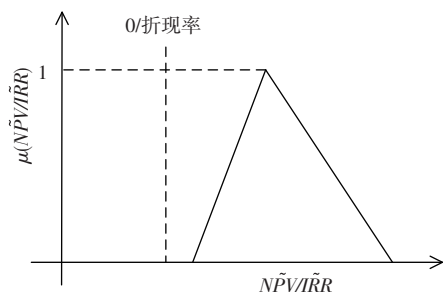
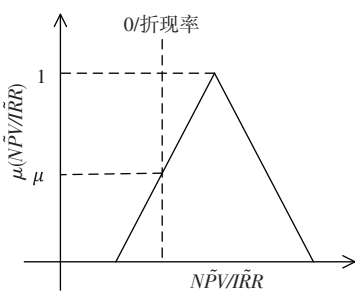
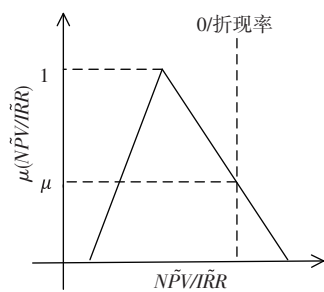


图 2 模糊净现值/模糊内部收益率隶属度曲线



(a) 交点位于隶属度曲线左半部分



(b) 交点位于隶属度曲线右半部分

图 3 模糊净现值/模糊内部收益率隶属度存在交叉时的曲线

四、案例分析

(一)项目资金情况

安阳市引岳入安工程是从岳城水库引水至安阳,工程静态总投资 54377.61 万元,从 2015 年开始建设,建设期为 2 年,建设完成后进入运营期,运营期为 20 年,折现率为 7%。建设期第一年投入资金 15540.37 万元,第二年投入资金 15643.44 万元,其中资本金比例为 20%。贷款利率采用 5 年以上贷款基准利率 4.9% 计算,并在运营期每年年末等值归还本利和相应金额。该项目年度运营成本为工程维护费、人工费、管理费以及其他支出费用总和,为 592.65 万元。

经计算,建设期利息分别为 304.59 万元、930.72 万元,建设期贷款本利和为 26182.36 万元;根据式(9)将建设期贷款本利和 26182.36 万元折算至运营期,计算得运营期还本付息支出为每年 2083.16 万元。

政府财政补贴是项目在运营期内的主要收益之一,每年运营项目公司收入数额见表 5。

表 5 年运营补贴数额表

年份	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
数额(万元)	110.34	261.63	1320.68	1925.85	1925.85	1925.85	1925.85
年份	2025 年	2026 年	2027 年	2028 年	2029 年	2030 年	2031 年
数额(万元)	1925.85	1925.85	1925.85	1264.84	1479.82	1694.81	1909.79
年份	2032 年	2033 年	2034 年	2035 年	2036 年	2037 年	
数额(万元)	2124.78	2339.76	2554.75	2769.73	2984.72	3199.70	

(二)模糊现金流计算

同时使用模糊数表示运营期内水量、原水水价和售水水价,并基于模糊现金流计算模糊净现值以及模糊内部收益率,最后针对计算结果进行分析。

在该情形下,模糊水量记为 $\tilde{Q}$,原水模糊水价记为 $\tilde{P}_b$,售水模糊水价记为 $\tilde{P}$ 。模糊水价、模糊水量汇总表见表 6、表 7。

表 6 模糊水价汇总表

年份	2018—2027 年	2028—2037 年
原水模糊水价(元/立方米)	(0.25,0.30,0.35)	(0.34,0.39,0.44)
售水模糊水价(元/立方米)	(0.76,0.86,0.96)	(1.00,1.10,1.20)

在该情形下,售水模糊收入 $\tilde{B} = \tilde{Q}\tilde{P}$, 原水模糊水费 $\tilde{C}_b = \tilde{Q}\tilde{P}_b$, 运营期售水模糊收入与原水模糊水费汇总表 8。

在该情形下,利用模糊现金流模型,基于原水模糊水费、售水模糊收入的计算,该项目建设期、运营期模糊净现金流量值汇总表见表 9。

在该情形下,根据公式(12)计算模糊净现值。根据模糊净现金流量表的计算情况,计算模糊净现值和模糊内部收益率,计算结果见表 10。

表 7 引岳入安工程模糊测算水量汇总表

年份	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年
模糊水量(万立方米/日)	(3,4,5)	(3.5,4.5,5.5)	(7,8,9)	(9,10,11)	(9,10,11)
年份	2023 年	2024 年	2025 年	2026 年	2027 年
模糊水量(万立方米/日)	(9,10,11)	(9,10,11)	(9,10,11)	(9,10,11)	(9,10,11)
年份	2028 年	2029 年	2030 年	2031 年	2032 年
模糊水量(万立方米/日)	(10,11,12)	(11,12,13)	(12,13,14)	(13,14,15)	(14,15,16)
年份	2033 年	2034 年	2035 年	2036 年	2037 年
模糊水量(万立方米/日)	(15,16,17)	(16,17,18)	(17,18,19)	(18,19,20)	(19,20,21)

表 8 模糊水费汇总表

年份	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
售水模糊收入(万元)	(832.20,1255.60,1752.00)	(970.90,1412.55,1927.20)	(1941.80,2511.20,3153.60)	(2496.60,3139.00,3854.40)
原水模糊水费(万元)	(273.75,438.00,638.75)	(319.38,492.75,702.63)	(638.75,876.00,1149.75)	(821.25,1095.00,1405.25)
年份	2022 年	2023 年	2024 年	2025 年
售水模糊收入(万元)	(2496.60,3139.00,3854.40)	(2496.60,3139.00,3854.40)	(2496.60,3139.00,3854.40)	(2496.60,3139.00,3854.40)
原水模糊水费(万元)	(821.25,1095.00,1405.25)	(821.25,1095.00,1405.25)	(821.25,1095.00,1405.25)	(821.25,1095.00,1405.25)
年份	2026 年	2027 年	2028 年	2029 年
售水模糊收入(万元)	(2496.60,3139.00,3854.40)	(2496.60,3139.00,3854.40)	(3650.00,4416.50,5256.00)	(4015.00,4818.00,5694.00)
原水模糊水费(万元)	(821.25,1095.00,1405.25)	(821.25,1095.00,1405.25)	(1241.00,1565.85,1927.20)	(1365.10,1708.20,2087.80)
年份	2030 年	2031 年	2032 年	2033 年
售水模糊收入(万元)	(4380.00,5219.50,6132.00)	(4745.00,5621.00,6570.00)	(5110.00,6022.50,7008.00)	(5475.00,6424.00,7446.00)
原水模糊水费(万元)	(1489.20,1850.55,2248.40)	(1613.30,1992.90,2409.00)	(1737.40,2135.25,2569.60)	(1861.50,2277.60,2730.20)
年份	2034 年	2035 年	2036 年	2037 年
售水模糊收入(万元)	(5840.00,6825.50,7884.00)	(6205.00,7227.00,8322.00)	(6570.00,7628.50,8760.00)	(6935.00,8030.00,9198.00)
原水模糊水费(万元)	(1985.60,2419.95,2890.80)	(2109.70,2562.30,3051.40)	(2233.80,2704.65,3212.00)	(2357.90,2847.00,3372.60)

表 9 模糊净现金流量值汇总表

年份	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
模糊净现金流量值(万元)	-3108.07	-3128.69	(-2372.02,-1747.87,-1087.22)	(-2145.91,-1494.38,-806.36)
年份	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
模糊净现金流量值(万元)	(-563.08,280.07,1159.72)	(341.39,1294.04,2283.19)	(341.39,1294.04,2283.19)	(341.39,1294.04,2283.19)
年份	2024 年	2025 年	2026 年	2027 年
模糊净现金流量值(万元)	(341.39,1294.04,2283.19)	(341.39,1294.04,2283.19)	(341.39,1294.04,2283.19)	(341.39,1294.04,2283.19)
年份	2028 年	2029 年	2030 年	2031 年
模糊净现金流量值(万元)	(311.83,1439.68,2604.03)	(731.21,1913.81,3132.91)	(1150.60,2387.95,3661.80)	(1569.98,2862.08,4190.68)
年份	2032 年	2033 年	2034 年	2035 年
模糊净现金流量值(万元)	(1989.37,3336.22,4719.57)	(2408.75,3810.35,5248.45)	(2828.14,4284.49,5777.34)	(3247.52,4758.62,6306.22)
年份	2036 年	2037 年		
模糊净现金流量值(万元)	(3666.91,5232.76,6835.11)	(4086.29,5706.89,7363.99)		

表 10 计算模糊财务指标

模糊净现值($N\tilde{P}V$)(万元)	(-2561.75,6897.51,16694.51)
模糊内部收益率($I\tilde{R}R$)	(5%,13%,20%)

五、结果与讨论

由表 10 可知,模糊净现值 $\tilde{NPV}=(-2561.75, 6897.51, 16694.51)$, 模糊内部收益率 $\tilde{IRR}=(5\%, 13\%, 20\%)$, 模糊净现值和模糊内部收益率隶属度曲线分别如图 4、图 5 所示。

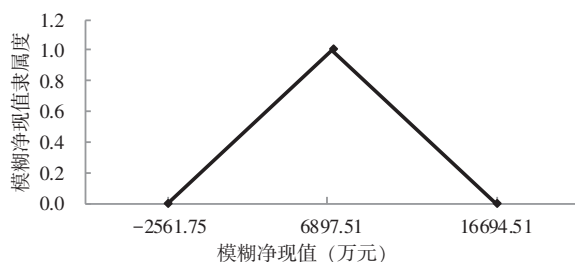


图 4 模糊净现值隶属度曲线

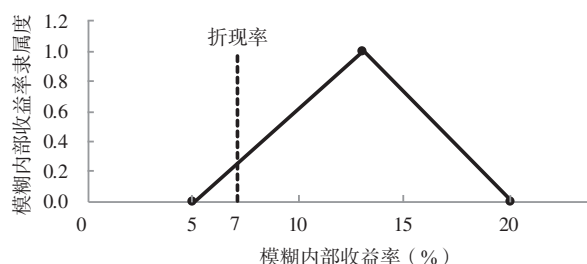


图 5 模糊内部收益率隶属度曲线

由图 4、图 5 可以清晰地看出,最大可能净现值为 6897.51 万元,最大可能内部收益率为 13%。

由图 4 和图 5 可知,此项目存在模糊净现值小于 0 (模糊内部收益率小于折现率) 的情况,但是这只占隶属度的一小部分。两个模糊财务指标对应的隶属度曲线趋势是保持一致的,且可以看出导致模糊净现值小于 0 (导致模糊内部收益率小于折现率) 的最大隶属度都约为 0.27。可知,净现值为 $[0, 6897.51]$ (折现率为 $[7\%, 13\%]$) 时,当隶属度不断增加时,财务收益不断增加,并逐渐达到最可能收益情况,说明项目可实现性不断提高;净现值为 $[-2561.75, 0]$ (折现率为 $[5\%, 7\%]$) 时,该项目亏损,不可对该项目进行投资;净现值为 $(6897.51, 16694.51]$ (折现率为 $(13\%, 20\%]$) 时,其财务效益仍在不断增加,从最可能收益值增加到收益上限值,但其隶属度不断降低,说明项目可实现性不断降低。基于此,我们可以向投资者说明研究结果,项目存在一定的风险性,投资者可以根据自己的风险偏好进行选择,如果可以接受该风险,则可接受该项目并对其投资。

六、研究结论

本文将模糊理论引入工程经济计算中,构建基于模糊经济计算的引水工程投资决策模型,并进行案例分析,验证了模型的合理性与可操作性。本文采用三角模糊数表示 3 个不确定参数,在很大程度上考虑了项目在建设运营期间的不确定性,并在现金流和动态经济评价指标的计算过程中得到了充分的考虑。大大降低了主观因素、不确定性对于投资决策的影响,计算结果更具有客观性,给投资者呈现未来收益的各种可能性。提高了投资决策的准确性,对风险情况的发生、盈利和亏损情况也有了具体的描述和表示,对于项目规避风险有很高的指导价值。

参考文献

- [1] 孟姗姗, 2018. 基于 FAHP 的大型海水淡化引水工程项目风险评价[D]. 长春: 吉林大学.
- [2] BUCKLEY J J, 1992. Solving fuzzy equations in economics and finance[J]. Fuzzy Sets and Systems, 48: 289-296.
- [3] CHIU C Y, PARK C S, 1994. Fuzzy cash flow analysis using present worth criterion[J]. The Engineering Economist, 39 (2): 113-138.
- [4] KAHRAMAN C, TOLGA E, ULUKAN Z, 1995. Fuzzy flexibility analysis in automated manufacturing systems [C]// Proceedings of INRIA/IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation. Paris: INRIA/IEEE, 3: 496730.
- [5] KAHRAMAN C, RUAN D, TOLGA E, 2002. Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probability cash flows[J]. Information Sciences, 142: 57-76.
- [6] KARSAK E E, TOLGA E, 2001. Fuzzy multi-criteria decision-making procedure for evaluating advanced manufacturing system investments[J]. International Journal of Production Economics, 69: 49-64.
- [7] KAUFMANN A, GUPTA M M, 1988. Fuzzy mathematical models in engineering and management science[M]. Amsterdam: Elsevier Science Publishers BV, 159-165.
- [8] KUCHTA D, 2001. A fuzzy model for R&D project selection with benefit, outcome and resource interactions [J]. The Engineering Economist, 46(3): 164-180.

- [9] LIOU T S, CHEN C W, 2007. Fuzzy decision analysis for alternative selection using a fuzzy annual worth criterion[J]. The Engineering Economist, 51(1): 19-34.
- [10] WANG M J, LIANG G S, 1995. Benefit/Cost analysis using fuzzy concept[J]. The Engineering Economist, 40(4): 359-377.
- [11] WARD T L, 1985. Discounted fuzzy cash flow analysis[C]// Proceedings of 1985 Fall Industrial Engineering Conference Institute of Industrial Engineers. Chicago: Dlinois, 476-481.

Investment Decision-making of Water Diversion Project Based on Fuzzy Economic Calculation

Zhang Chunyu¹, Li Huimin²

(1. School of Hydraulic Engineering, Faculty of Infrastructure Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning, China; 2. School of Water Conservancy, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450046, China)

Abstract: Water diversion project is an important means to solve the uneven spatial distribution of water resources and an important part of infrastructure. However, there are many uncertainties in the operation of water diversion project. The traditional investment decision-making model cannot fully consider the uncertainty of the project, which directly affects the reliability and scientific of investment decision-making. In order to solve this problem, a method of investment decision-making of water diversion project based on fuzzy economic calculation is proposed and the uncertainty of the project is fully described by fuzzy number. The applicability and effectiveness of the model are verified through the calculation of case study, which improves the scientific and accuracy of decision-making and it has a high guiding value for project risk aversion.

Keywords: water diversion project; fuzzy economic calculation; degree of membership function; financial evaluation; investment decision-making