

基于四参照点前景理论的股市投资应急决策方法

莫国莉^{1,2†}, 张卫国¹, 刘芳², 刘勇军¹

(1. 华南理工大学工商管理学院, 广州 510641; 2. 广西大学数学与信息科学学院, 南宁 530004)

摘要: 针对股市突发事件, 首先提出一种基于四参照点的第三代前景理论的应急决策方法; 然后, 提出基于四参照点的单个前景值快速集结为综合前景值的方法, 并将该方法运用于股市投资各情景下综合前景值的计算; 最后, 将各情景下的综合前景值转变为各方案的期望前景值, 并最终将该期望前景值作为投资者动态调整应急方案的依据. 算例表明: 基于四参照点的期望前景值比三参照点、二参照点及一参照点更能反映投资者的心理决策过程; 基于四参照点个体前景值的信息集结方法更能准确地综合前景价值信息, 由此得到各方案的期望前景价值也更能反映客观实际; 所提出的方法比等权信息集结方法或者传统的复杂信息集结方法更适用于股市应急投资决策.

关键词: 股市投资; 应急决策; 前景理论; 外部参照点; 内部参照点; 时间参照点; 风险参照点; 信息集结
中图分类号: F831.59 文献标志码: A

Emergency decision-making method for stock investment based on forecast theory with four reference points

MO Guo-li^{1,2†}, ZHANG Wei-guo¹, LIU Fang², LIU Yong-jun¹

(1. School of Business Administration, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China; 2. School of Mathematics and Information Science, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: In view of the emergency events in stock markets, this paper firstly proposes an emergency decision-making method based on the third generation prospect theory with four reference points. Then we propose a fast information aggregation method that can change the individual prospect values into comprehensive ones quickly and efficiently, where the individual values are based on the four reference points respectively. Finally, we change the comprehensive prospect values into the form of expected ones under various scenes, and take them as the criterion of choosing emergency strategies. The results of numeral case show that: The expected prospect values based on the four reference points are more accurate to reflect the decision-making process of investors, comparing with three reference points, two reference points or only one reference point; The information aggregation method can aggregate the individual prospect values more quickly, and the expected ones developing from the comprehensive ones also can better reflect the reality; The proposed decision method is better than the ones based on equal weight or the ones based on complex aggregation algorithms in emergency decision for stock investment.

Keywords: investment in stock market; emergency decision; prospect theory; external reference point; internal reference point; time reference point; risk reference point; information aggregation

0 引言

众所周知, 股市暴跌会对整个证券市场的稳定运行造成严重破坏. 同时, 股市暴跌这种突发事件具有随机性、突然性、破坏性、复杂性、可变性、扩散性等特点. 因此, 当股市突发事件发生时, 如何迅速、有效地控制投资损失的进一步升级和恶化, 是投资应急决

策的核心任务, 受到多国政府和投资者的关注.

目前, 国内外已有不少文献对应急决策方法进行了研究^[1-3], 这些文献主要是基于自然灾害(如火灾、地震等)背景下提出的应急决策, 且研究成果确实为应急决策提供了有效方案. 但是, 以金融领域为背景, 尤其是针对反映股市特征的应急决策的研究主要集

收稿日期: 2017-05-26; 修回日期: 2018-01-27.

基金项目: 国家自然科学基金国际(地区)合作与交流重点项目(71720107002); 国家自然科学基金项目(71571054, 71501076); 2017年广西高等学校高水平创新团队及卓越学者计划项目(T3110097911); 广州市金融服务创新与风险管理研究基地项目.

作者简介: 莫国莉(1980—), 女, 讲师, 博士生, 从事管理决策及金融工程与风险管理的研究; 张卫国(1963—), 男, 教授, 博士生导师, 从事金融工程与风险管理等研究.

†通讯作者. E-mail: gongzuomo2006@163.com

中于论述政府的宏观救市政策及法律制度的建设,针对股市具体的应急措施也限于定性研究^[4-5].

在股市涨跌过程中,投资者心理因素起着关键影响作用.因此,关于投资者心理因素对投资的影响,特别是运用前景理论来刻画投资者心理决策过程的文献已有不少^[6-7].这些文献为金融投资者进行收益预测、资产组合的风险管理方面作出了贡献.但是这些研究方法较复杂,难以在紧急情况下作出快速、有效的决策.另外,在考虑投资者心理决策过程的前景理论分析阶段,参考点的设置是非常重要的,因为设置结果直接影响着评价结论.目前,关于前景理论参照点的已有研究中,Michal^[8]只根据一个连续的损失期望为参照点进行决策;Zhu等^[9]提出了基于外部、内部及时间3个维度的三参照点累积前景理论的风险型动态决策方法,但该参照点的设置还是不能满足进行股市投资所需.因为在股市中,风险分析已经是一个非常非常重要的投资参考依据,所以必须设置风险参照点.同时,如何对基于两个以上参照点计算出的个体前景价值进行信息集结的研究也较少.有限的文献如Gonzalo等^[10]及Xu等^[11]提出了一些智能信息集结方法,但仍存在信息集结过程中需要进行过于复杂的数学推理,不能给投资者一个快速的决策依据.

总之,针对股市应急情景下的定量投资决策方面研究的文献甚少.同时,影响投资决策参考点的设置也还不够全面、合理,且基于多参考点基础上的单个评价结果的集结方法也有待完善.综合以上考虑,本文将第三代前景理论引入到股市应急投资决策中,以期使得投资决策更具有合理性和有效性.

本文研究的创新点在于:1)研究角度创新.本文提出的基于四参照点前景理论的股市应急投资决策方法,与以往以定性研究为主的文献相比较,提供了新的研究视角.2)方法创新.本文提出的股指投资前景理论四参照点包括外部、内部、时间及风险参照点的设置方法.尤其是第4个参照点,据所搜集到的国内外研究文献看,目前还没有发现以风险为参照点的文章.3)算法创新.本文提出的前景评价值的有效集结方法,方法简洁、直观,投资者容易在短时间内掌握,从而可以进行有效的决策.

1 预备知识

1.1 区间数

在现实中,某些具体属性的精确值通常不能得到,但由于客观情境和主观意识的不确定性,属性值可以以区间数的形式给出.下面给出区间数的一些介绍.

定义1 若 $a = [a^-, a^+]$ 和 $b = [b^-, b^+]$ 是两个区间数,则 a 与 b 的距离^[12]为

$$d = \frac{[(a^- - b^-)^2 + (a^+ - b^+)^2]^{1/2}}{2^{1/2}}. \quad (1)$$

定义2 a 和 b 同时为区间数或者有一个为区间数时, $a \geq b$ 的可能度^[12]定义为

$$p(a \geq b) = \max \left\{ 1 - \max \left\{ \frac{b^+ - a^-}{(a^+ - a^-) + (b^+ - b^-)}, 0 \right\}, 0 \right\}. \quad (2)$$

1.2 第三代前景理论

由Tversky等^[13]提出的前景理论是一种描述性范式的决策模型,其判断方案优劣基准的前景值是由价值函数和决策权重函数共同确定的.下面分别给出价值函数、决策权重函数及备选方案前景值的具体介绍.

假设状态集 $S = (s_i | i = 1, 2, \dots, n)$ 对应的客观概率为 p , 且满足 $\sum_{i=1}^n p_i = 1$, 状态 S 在概率 p 下的结果是 Y , 事件 h 和 g 均表示从 S 到 Y 的函数, 即有 $h(s_i) \in Y, g(s_i) \in Y$; α 和 β 分别为对客观收益和损失的主观态度, λ 为损失情况下的规避系数. 以 h 为动态参考点, 则第三代前景理论的价值函数^[13]为

$$v(g, h) = \begin{cases} g(S_i) - h(S_i)^\alpha, & g \geq h; \\ -\lambda h(S_i) - g(S_i)^\beta, & g < h. \end{cases} \quad (3)$$

为简化式子, 令 $d_j = d(g(s_j), h(s_j))$. 另外, 当 $g(s_j)$ 为区间数时, 式(3)的计算可通过参考文献[13]中的区间数计算式进行. 关于式中 α 、 β 和 λ 的取值, 学术界做了许多研究, 但是Tversky等^[13]发现参数 $\alpha = \beta = 0.88, \lambda = 2.25$ 时与经验数据较为一致.

在状态 $g(s_j)$ 下比较 h 与 g , 当状态为弱获得时, 表示为 $g \geq h, m^+$ 表示弱获得的状态数; 当状态为强损失时, 表示为 $g < h, m^- = n - m^+$ 表示强损失的状态数. 则第三代前景理论权重函数表达式^[14]为

$$\pi(s_i, g, h) = \begin{cases} W^+(p_i), & i = n; \\ W^+ \left(\sum_{j \geq i} p_j \right) - W^+ \left(\sum_{j \geq i} p_j \right), & m^- + 1 \leq i \leq n; \\ W^- \left(\sum_{j \leq i} p_j \right) - W^- \left(\sum_{j \leq i} p_j \right), & 1 \leq i \leq m^-; \\ W^-(p_i), & i = 1. \end{cases} \quad (4)$$

其中: $W^+(p)$ 是面临投资收益时的决策函数, $W^-(p)$ 是面临投资损失时的决策函数. 式(4)中, 当存在两个

以上前景价值时,决策权重函数可参见文献[13]中的计算公式.

令 F 表示 $g \geq h$ 的状态集合, G 表示 $g < h$ 的状态集合, 则第三代前景理论下的投资收益的前景价值^[13]为

$$VR(g, h) = \sum_{i \in F} (g(S_i) - h(S_i))^\alpha \times \pi(s_i, g, h) - \sum_{i \in G} (\lambda h(S_i) - g(S_i))^\beta \times \pi(s_i, g, h). \quad (5)$$

2 决策过程

在本节中,首先对股市投资应急决策问题进行描述;然后建立前景理论的决策模型,具体包括四参照点的设置、各情景下投资收益前景值的计算及其综合前景值的计算;最后将综合前景值转变为各方案的期望前景值,并以此作为方案调整与择优的依据.

2.1 问题描述

应急决策过程是根据应急态势发展与演化的不同阶段进行多阶段不确定性决策,生成应急处置方案的动态过程是一类随机序贯决策问题^[15]. 在本节中,收益时间是离散时间,时间点的确定是根据投资者的收益或损失预期,并同时考虑方案的执行效果来确定. 具体问题描述如下:考虑一个有关动态参考点的股市投资应急决策问题,假设投资者在 t_r 时刻了解到某金融突发大事件. 由于此时信息不完全,投资者只能根据证监会、网络或者其他途径的信息报道初步估计和预测该突发事件将造成的损失,并依据四参照点立即执行对应级别的应急方案;当该方案执行到 $t_{r+1}(t_r < t_{r+1})$ 时,投资者对突发事件所处的状态、级别及已造成的股票下跌等信息有了较为清晰的掌握,并根据到 t_{r+1} 时刻已产生的收益或损失,及所采用的应急方案的执行效果决定 t_{r+1} 时刻的下一步应对措施. 若事件造成的股指收益损失小于等于参照点,则决策者心理感知为“收益”,反之为“损失”. 当决策者心理感知为“收益”时,说明 t_r 时刻所启动的投资应急方案能够有效地控制投资效果,则 t_{r+1} 时刻不需对方案做进一步调整;反之,若造成的股票收益为“损失”,则表明 t_r 时刻所采取的投资应急方案不能完全有效地止损. t_{r+1} 时刻应根据事态的发展和已造成的损失,形成新的心理参照点,并根据新的参照点调整相应的应急方案,以便能够及时、有效地改变投资策略,最大限度地减少资产损失.

由以上描述可知,投资决策方案的变化是根据某时刻 t_r 投资者收益预期及方案的执行效果综合决定. 如果综合效果欠佳,则它变为新方案实施的时间

转折点. 从某种程度上看,这个决策过程其实是一个连续、动态的监测过程,因为它从投资开始就一直在对方案进行评价,一旦发现某个时刻 t_r 所采取的应急方案不够理想,则立刻启动下一个应急方案. 所以说,它是一个动态的决策过程,但此过程主要是针对一个短期的、没有设定投资计划期 T 的优化过程. 此决策过程如图 1 所示.

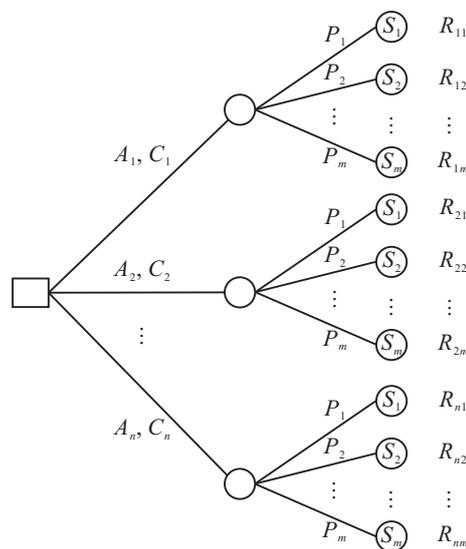


图 1 应急条件下的风险决策树

图 1 中各符号的意义如下.

向量 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$, 表示股市突发事件出现的 m 种可能情景, 其中 S_j 表示第 j 种可能出现的情景, $j = 1, 2, \dots, m$.

向量 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, 表示 n 个应急方案或策略的集合, 其中 A_j 表示采取的第 i 种策略, $i = 1, 2, \dots, n$.

矩阵 $C = \{C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{im}\}$, 表示 A_i 应急方案在情景 S_j 下的投入成本, 即采用相应策略所要支付的代价. 该成本包括资金成本、交易成本、信息收集成本等. 为方便表述, 本文取各种成本的总成本 C_{ij} 作为方案 A_i 在情景 S_j 下的总投入成本. 因为成本具有一定的随机数, 所以用区间数表示, 有 $C_{ij} = [C_{ij}^L, C_{ij}^H]$, $C_{ij}^H \geq C_{ij}^L \geq 0, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$.

矩阵 $R = \{R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{im}\}$, 表示股市投资方案 A_i 在各种情景 S_j 下所获得的收益, 此收益为净收益, 是剔除所有成本之后的收益. 由于金融突发事件的动态性和不确定性, 该投资收益也应具有一定的随机性, 其元素亦可用区间数的形式表示, 即 $R_{ij} = [R_{ij}^L, R_{ij}^H]$, $R_{ij}^H \geq R_{ij}^L \geq 0, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$.

$P = [P_{ij}]_{n \times m}$, 表示情景概率矩阵, P_{ij} , 表示在方

案 A_i 的作用下出现情景 S_j 的概率. 其中: $0 \leq P_{ij} \leq 1, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$. 对于任意 $i = 1, 2, \dots, n$, 满足 $\sum_{j=1}^m P_{ij} = 1$.

2.2 基于前景理论的决策模型与方法

2.2.1 投资收益四参照点的设置

影响投资决策的因素有很多, 因此在进行投资收益参照点设置时, 必须考虑到影响投资决策的一些主要因素. 对于金融风险型单阶段决策问题, 参照点的设置主要从外部竞争优势和内部自身特点这两方面来考虑^[16]. 其中, 外部竞争优势选择由外部所有指标的最优值来体现, 内部自身特点依据决策方对方案的收益预期值来确定. 对于股市这类高风险型投资决策问题, 不仅需要考虑到外部竞争优势和内部自身特点, 还需考虑各个股市之间的风险相关性^[17]. 同时, 一些文献(如文献[16])经过实证, 证明投资收益时间维度的动态发展速度也很重要, 因此本文对股市投资还设置了反映收益动态发展的时间参照点.

鉴于以上分析, 下面分别介绍股市投资四参照点的设置方法. 投资收益外部参照点的设置是将在整个投资评价系统中具有最强竞争力的股指收益表现值^[9,16]作为外部参照点.

定义3 x_{ij}^{kt} 表示方案 A_i 在情景 S_j 下第 t_k 时刻的投资收益评价价值, x_{ij}^{kt} 所对应的外部参照点 x_i^{kt} 满足如下公式:

$$x_i^{kt} = \max(x_{ij}^{kt}), 1 \leq i \leq n. \quad (6)$$

从内部管理而言, 投资者为了提升投资收益整体水平, 在评价过程中需要确定各方案收益的“预期值”, 并将其作为方案的内部参照点, 以体现方案进步的要求. 综合考虑相关文献^[18-19], 将不同时段银行存款利率作为投资收益的预期值.

定义4 x_{ij}^{kt} 表示方案 A_i 在情景 S_j 下第 t_k 时刻的投资收益评价价值, E_{ij}^{kt} 表示方案 A_i 在情景 S_j 下第 t_k 时刻的投资收益预期值, x_{ij}^{kt} 所对应的内部参照点即为 E_i^{kt} .

收益时间维度的参照点设置一般可以考虑某一阶段(时刻)的评价价值与投资初期的投资额相比较^[9,16]. 利用一般收益公式, 将第 t_k 时刻的评价价值与投资初期的投资额之差作为收益时间维度的参照点.

定义5 x_{ij}^{kt} 表示方案 A_i 在情景 S_j 下第 t_k 时刻的投资收益评价价值, x^0 表示期初投资额, R_{ij}^{kt} 表示方案 A_i 在情景 S_j 下第 t_k 时刻的投资收益值, 则 x_{ij}^{kt} 所对应的时间参照点即为 R_{ij}^{kt} , 其公式为

$$R_{ij}^{kt} = x_{ij}^{kt} - x^0, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m. \quad (7)$$

风险维度的参照点设置可以考虑使用股指最大跌幅、VaR(CVaR) 等测度进行刻画. 考虑到参考点设置的简便性及计算的快速性原则, 本文使用以收益时间序列协方差为基础的 VaR 值^[17] 作为股市投资紧急情况下的风险参考点.

定义6 x_{ij}^{kt} 表示方案 A_i 在情景 S_j 下第 t_k 时刻的投资收益评价价值, Q_{ij}^{kt} 表示投资方案 A_i 在情景 S_j 下第 t_k 时刻 $N \times 1$ 收益向量, \bar{Q}_{ij}^{kt} 表示至 t_k 时刻所有收益向量的时间序列均值, F_{ij}^{kt} 表示投资方案 A_i 在情景 S_j 下第 t_k 时刻由于股指收益存在相关性而面临的风险值, 则 x_{ij}^{kt} 所对应的风险参照点满足

$$F_{ij}^{kt} = \text{mean}(R_{ij}^{kt}) + \text{norminv}(\alpha) \sqrt{\text{cov}(Q_{ij}^{kt})}. \quad (8)$$

其中: R_{ij}^{kt} 为定义5的计算结果; $\text{mean}(R_{ij}^{kt})$ 为至第 t_k 时刻各方案的收益均值; $\text{norminv}(\alpha)$ 为正态分布 α 分位数; $\text{cov}(Q_{ij}^{kt})$ 为股指在第 t_k 时刻的投资组合协方差, 其计算公式为

$$\text{cov}(Q_{ij}^{kt}) = \frac{1}{(T-1)} \times \sum_{kt=1}^T (Q_{ij}^{kt} - \bar{Q}_{ij}^{kt}) \times (Q_{ij}^{kt} - \bar{Q}_{ij}^{kt})',$$

T 为样本大小, 即从投资初期到第 t_k 时刻的时间长度.

2.2.2 四参照点下投资收益综合前景值的确定

本文采用独立模式对四参照点下各个体前景值进行综合^[20]. 计算思路为: 分别基于每个参照点计算单个前景评价价值, 然后确定各评价价值集结的权重, 最后进行单个前景评价价值的综合. 因此, 可以先根据式(3)分别计算四参照点对应的前景价值, 得到 V_{ij}^{kt1} 、 V_{ij}^{kt2} 、 V_{ij}^{kt3} 及 V_{ij}^{kt4} , 即依次为在第 t_k 时刻投资方案 A_i 在情景 S_j 下以外部参照点、内部参照点、收益时间参照点及风险参照点的投资收益前景评价价值. 接着, 需要确定各参照点下各前景值的权重. 为体现四参照点的重要性差异, 假设外部参照点对应的系数为 $l (l \in [0, 1])$, 内部参照点系数为 $g (g \in [0, 1])$, 收益时间参照点系数为 $\eta (\eta \in [0, 1])$. 此时, 各方案、各情景在时刻 t_k 下的收益综合前景值为

$$\text{VR}_{ij}^{kt} = lV_{ij}^{kt1} + gV_{ij}^{kt2} + \eta V_{ij}^{kt3} + (1-l-g-\eta)V_{ij}^{kt4}, \quad (9)$$

其中 l 、 g 及 η 这三个参数在实际取值中需要根据决策者的偏好进行调整. 本文研究的是股市应急投资决策, 需要在较稳健的基础上快速决策, 因此需要找出一种快速信息集结方法. 受到 Zhu 等^[9] 的启发, 给出一种四参考点下的信息集结方法如下.

当计算实际值与外部参照点的客观距离时, 收益与损失决策矩阵中的元素 f_{ij}^{kt1} 可以表示为

$$f_{ij}^{kt1} = \begin{cases} -d(X_{ij}^{kt}, X_j^{kt}), P(X_{ij}^{kt} \geq X_j^{kt}) < 0.5; \\ 0, P(X_{ij}^{kt} \geq X_j^{kt}) = 0.5. \end{cases} \quad (10)$$

当计算实际值与其他3个参考点的距离时, 收益与损失决策矩阵中的元素 f_{ij}^{ktm} ($m = 2, 3, 4$) 可以表示为

$$f_{ij}^{ktm} = \begin{cases} d(X_{ij}^{kt}, h_j^{kt}), P(X_{ij}^{kt} \geq h_j^{kt}) > 0.5; \\ 0, P(X_{ij}^{kt} \geq h_j^{kt}) = 0.5; \\ -d(X_{ij}^{kt}, h_j^{kt}), P(X_{ij}^{kt} \geq h_j^{kt}) < 0.5. \end{cases} \quad (11)$$

其中 f_{ij}^{kt2} 、 f_{ij}^{kt3} 、 f_{ij}^{kt4} 分别表示与内部参照点、收益时间参照点及风险参照点的客观距离. 在4种参考点下, 可能会遇到如下几种对前景值的信息集结过程:

- 1) $f_{ij}^{kt1} \leq 0, f_{ij}^{kt2} < 0, f_{ij}^{kt3} < 0, f_{ij}^{kt4} < 0;$
- 2) $f_{ij}^{kt1} \leq 0, f_{ij}^{kt2} < 0, f_{ij}^{kt3} \geq 0, f_{ij}^{kt4} < 0;$
- 3) $f_{ij}^{kt1} \leq 0, f_{ij}^{kt2} < 0, f_{ij}^{kt3} \geq 0, f_{ij}^{kt4} \geq 0;$
- 4) $f_{ij}^{kt1} \leq 0, f_{ij}^{kt2} < 0, f_{ij}^{kt3} < 0, f_{ij}^{kt4} \geq 0;$
- 5) $f_{ij}^{kt1} \leq 0, f_{ij}^{kt2} \geq 0, f_{ij}^{kt3} < 0, f_{ij}^{kt4} < 0;$
- 6) $f_{ij}^{kt1} \leq 0, f_{ij}^{kt2} \geq 0, f_{ij}^{kt3} \geq 0, f_{ij}^{kt4} < 0;$
- 7) $f_{ij}^{kt1} \leq 0, f_{ij}^{kt2} \geq 0, f_{ij}^{kt3} \geq 0, f_{ij}^{kt4} \geq 0;$
- 8) $f_{ij}^{kt1} \leq 0, f_{ij}^{kt2} \geq 0, f_{ij}^{kt3} < 0, f_{ij}^{kt4} \geq 0.$

显然, 在集结过程1)下, 理性投资者绝不会进行投资, 因此下面仅讨论在集结过程条件下系数的确定问题. 根据前景理论, 当集结过程存在时, 如果收益等于损失, 则其对应的累积前景值应该小于0. 这就意味着, 由任意一个以上参考点造成的一个单位的损失应该大于(指的是绝对值大于)由剩余的其他参考点得到的收益^[9]. 因此, 存在以下定理.

定理1 假设4种参考点下前景价值系数存在 $l + g + \eta < 1$ ($l > 0, g > 0, \eta > 0$), 则有:

1) 当为信息集结过程2), 且 $-3f_{ij}^{kt1} = -3f_{ij}^{kt2} = f_{ij}^{kt3} = -3f_{ij}^{kt4}$ 时, 存在

$$\eta < \frac{\rho}{\rho + 3^\alpha}; \quad (12)$$

2) 当为信息集结过程3), 且 $-f_{ij}^{kt1} = -f_{ij}^{kt2} = 2f_{ij}^{kt3} = 2f_{ij}^{kt4}$ 时, 存在

$$l + g > \frac{1}{\rho \times 2^\alpha + 1}; \quad (13)$$

3) 当为信息集结过程4), 且 $-3f_{ij}^{kt1} = -3f_{ij}^{kt2} = -3f_{ij}^{kt3} = f_{ij}^{kt4}$ 时, 存在

$$l + g + \eta > \frac{3^\beta}{\rho + 3^\beta}; \quad (14)$$

4) 当为信息集结过程5), 且 $-3f_{ij}^{kt1} = f_{ij}^{kt2} = -3f_{ij}^{kt3} = -3f_{ij}^{kt4}$ 时, 存在

$$g < \frac{\rho}{\rho + 3^\beta}; \quad (15)$$

5) 当为信息集结过程6), 且 $-f_{ij}^{kt1} = 2f_{ij}^{kt2} = 2f_{ij}^{kt3} = -f_{ij}^{kt4}$ 时, 存在

$$g + \eta > \frac{\rho \times 2^\alpha}{\rho \times 2^\alpha + 1}; \quad (16)$$

6) 当为信息集结过程7), 且 $-f_{ij}^{kt1} = 3f_{ij}^{kt2} = 3f_{ij}^{kt3} = 3f_{ij}^{kt4}$ 时, 存在

$$l > \frac{1}{3^\beta \times \rho + 1}; \quad (17)$$

7) 当为信息集结过程8), 且 $-f_{ij}^{kt1} = 2f_{ij}^{kt2} = -f_{ij}^{kt3} = 2f_{ij}^{kt4}$ 时, 存在

$$l + \eta > \frac{1}{\rho \times 2^\alpha + 1}. \quad (18)$$

证明 首先以式(12)为例进行证明. 当 $f_{ij}^{kt1} \leq 0, f_{ij}^{kt2} < 0, f_{ij}^{kt3} \geq 0, f_{ij}^{kt4} < 0$, 且 $-3f_{ij}^{kt1} = -3f_{ij}^{kt2} = f_{ij}^{kt3} = -3f_{ij}^{kt4}$ 时, 根据式(9)和(12), 存在

$$\begin{aligned} VR_{ij}^{kt} &= lV_{ij}^{kt1} + gV_{ij}^{kt2} + \eta V_{ij}^{kt3} + (1 - l - g - \eta)V_{ij}^{kt4} = \\ &= -l\rho(-f_{ij}^{kt1})^\beta - g\rho(-f_{ij}^{kt2})^\beta + \eta(-f_{ij}^{kt3})^\alpha - \\ &= (1 - l - g - \eta)\rho(-f_{ij}^{kt4})^\beta. \end{aligned}$$

因为存在 $-3f_{ij}^{kt1} = -3f_{ij}^{kt2} = f_{ij}^{kt3} = -3f_{ij}^{kt4}$, $\alpha = \beta = 0.88$, 所以

$$VR_{ij}^{kt} = [-lp - gp + 3^\alpha \eta - (1 - l - g - \eta)\rho](-f_{ij}^{kt1})^\beta.$$

由前景理论的观点, 存在 $VR_{ij}^{kt} < 0$ 及 $(-f_{ij}^{kt1})^\beta > 0$, 所以存在 $-lp - gp + 3^\alpha \eta - (1 - l - g - \eta)\rho < 0$, 进一步整理可得 $\eta < \frac{\rho}{\rho + 3^\alpha}$. 同理可证式(13)~(18). \square

另外, 若要求出系数 l 、 g 和 η 的取值范围, 则需在式(12)~(18)这几个不等式所构成的可行域交集范围内进行选取. 因此, 下面证明式(12)~(18)所形成的交集非空.

推论1 在如下约束条件下所形成的交集非空:

$$\begin{aligned} \eta &< \frac{\rho}{\rho + 3^\alpha}, l + g > \frac{1}{\rho \times 2^\alpha + 1}, \\ l + g + \eta &> \frac{3^\beta}{\rho + 3^\beta}, g < \frac{\rho}{\rho + 3^\beta}, \\ g + \eta &> \frac{\rho \times 2^\alpha}{\rho \times 2^\alpha + 1}, l > \frac{1}{3^\beta \times \rho + 1}, \\ l + \eta &> \frac{1}{\rho \times 2^\alpha + 1}. \end{aligned}$$

证明 由于不等式中存在3个未知数, 可以先将未知数降元, 然后根据绘图结果证明其交集是否为空

集(将含有 l 、 g 和 η 的不等式变为只含 g 和 η 的不等式).

对于不等式 $l + g > \frac{1}{\rho \times 2^\alpha + 1}$ 和 $l + g + \eta > \frac{3^\beta}{\rho + 3^\beta}$, 经过整理可得

$$\eta > \frac{3^\beta}{\rho + 3^\beta} - \frac{1}{\rho \times 2^\alpha + 1}.$$

同理, 由 $l > \frac{1}{3^\beta \times \rho + 1}$ 和 $l + \eta > \frac{1}{\rho \times 2^\alpha + 1}$ 进一步整理可得

$$\eta > \frac{1}{\rho \times 2^\alpha + 1} - \frac{1}{3^\beta \times \rho + 1}.$$

又根据上文可知, $\alpha = \beta = 0.88, \rho = 2.25$. 另外由不等式 $\eta < \frac{\rho}{\rho + 3^\alpha}, g < \frac{\rho}{\rho + 3^\beta}, \eta > \frac{3^\beta}{3^\beta + \rho} - \frac{1}{\rho \times 2^\alpha + 1}, g + \eta > \frac{\rho \times 2^\alpha}{\rho \times 2^\alpha + 1}$ 和 $\eta > \frac{1}{\rho \times 2^\alpha + 1} - \frac{1}{3^\beta \times \rho + 1}$ 构成的图形如图2所示.

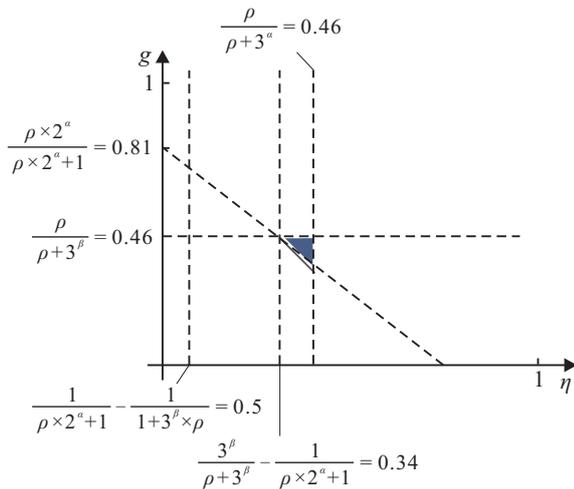


图2 关于参数 g 和 η 的可行域

显然, 图2中三角形填充区域为可行域, 所以不等式的交集非空. \square

至此, 综合图2和定理的结论, 可以推出式(12)各系数的范围, 即存在 $0.15 < l < 0.32, 0.34 < \eta < 0.46, 0.34 < g < 0.46$ 和 $0.17 < 1 - l - g - \eta < 0.32$. 这些结果表明, 在股票投资决策中, 投资收益的动态发展状况及收益期望值的影响作用最大, 而外部竞争优势及投资遭遇由股指相关性带来的风险影响也不容忽视.

另外, 为了消除不同量纲对决策结果的影响, 应将收益综合前景价值 VR_{ij}^{kt} 规范化为同一级别具有可比较的 \overline{VR}_{ij}^{kt} , 即

$$\overline{VR}_{ij}^{kt} = \frac{VR_{ij}^{kt}}{\max |VR_{ij}^{kt}|}, \quad i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m. \quad (19)$$

2.2.3 情景权重及各方案期望前景值的计算

根据前景理论的思想及方法, 首先将情景 S_j 的综合值 V_1, V_2, \dots, V_n 从大到小排序, 得到 $V_1 \geq \dots \geq V_h \geq 0 \geq V_{h+1} \geq \dots \geq V_n$, 其中 V_t 表示排在第 t 位的综合值. 若 $t \leq h$, 则 $V_t \geq 0$; 若 $t \leq h + 1$, 则 $V_{t+1} \leq 0, t \in \{1, 2, \dots, n\}$. 然后根据前景理论, 决策者在情景 S_j 下采用方案 A_i 的权重表达可由式(4)确定.

根据 V_1, V_2, \dots, V_n 和 $\pi_{i(1)}, \pi_{i(2)}, \dots, \pi_{i(n)}$ 计算方案 A_i 的期望前景值 EX_i , 其计算公式为

$$EX_i = \sum_{i=1}^n V_i \pi_{i(n)}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (20)$$

为了统一不同计算结果的量纲, 将方案 A_i 的期望前景值 EX_i 规范化为 \overline{EX}_i , 其计算公式为

$$\overline{EX}_i = \frac{EX_i}{\max |EX_i|}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (21)$$

总之, 基于第三代前景理论的不确定性动态决策模型步骤如下.

Step 1: 根据2.2.1节分别设置外部 X_j^{kt} 、内部 E_{ij}^{kt} 、时间 R_{ij}^{kt} 和风险 F_{ij}^{kt} 四参照点;

Step 2: 根据四参照点, 分别计算在时刻 t_k 方案 A_i 在情景 S_j 下投资收益动态前景值 V_{ij}^{kt} ;

Step 3: 基于2.2.2节所提出的定理及推论, 确定每个参照点对应的投资收益前景值权重, 然后计算每种情景下的综合前景值;

Step 4: 根据式(4)计算在各种情景下采用不同方案的权重, 根据式(20)和(21)确定计算方案的期望前景值, 并以此作为股市投资决策的依据.

由2.2.2节及本节可知, 本文所提出的以四参照点为基准的投资决策是一种快速信息集结方法, 理由如下:

1) 本文提出的前景理论投资决策的四参照点设置容易理解和掌握, 取值较简单、方便, 计算快速.

2) 前景评价价值定权是一个较为复杂的过程. 本文方法可以在较短时间内给多个评价价值定权, 并以此进行决策判断. 具体而言, 在决策中只需依据2.2.2节定理及推论来快速确定所提出四参照点对应前景价值的系数, 从而可以快速线性集结出前景综合值, 并进一步计算各方案的期望前景值.

3) 在确定基于各参照点前景评价价值的系数过程中, 很容易找出关键前景评价价值. 在面对紧急决策的情况下, 甚至可根据权重较大的前景值结果直接判断方案的执行效果, 从而快速确定下一步的执行方案. 如由2.2.2节可知, 基于内部参照点及时间参照点的前景评价价值的系数都较大, 分别为 $0.34 < g < 0.46$,

$0.34 < \eta < 0.46$. 因此,在应急情况下(如股票快速下跌的情形下),甚至可以基于这两个参照点的变化情况,迅速作出决策判断.

3 算例分析

以某个投资者选择若干个国家股指进行投资(以100万元人民币作为投资额)为例来说明本文所提出方法的潜在应用. 首先需要解释的是,在选择股市应急方案问题中,各情景之间应具有递进关系,即在情景 S_1 出现后才可能出现情景 S_2 ,然后才可能出现情景 S_3 ,后面依次类推. 实际股市投资中可能发生的情景如下.

S_1 : 盈利状况良好. 选择此时进场,可能会得到10~20万元的投资回报.

S_2 : 盈利状况一般,股市有小波动. 此时可能会得到5~10万元的投资回报.

S_3 : 股市波动增大,但投资仍有可能盈利. 此时仍可能得到0~2万元的投资回报.

S_4 : 手中股票亏损加大. 此时投资可能会在股市上亏损5~10万元.

S_5 : 手中股票已经跌破成本区. 此时投资可能会在股市上亏损15~20万元.

S_6 : 出现股灾. 此时投资可能会在股市上亏损20~50万元.

对于各种情景,假设可能的应急对策有 $A_1 \sim A_6$,且这些对策也具有递进关系,具体如下.

A_1 : 采取积极回购、增持、暂不减持等措施. 此对策成本主要为交易成本,大约为1~2万元.

A_2 : 卖出股票,保留现金. 此对策成本主要为交易成本和股票跌落损失,大约为1~2万元.

A_3 : 择机补仓. 此对策成本主要为交易成本和股价跌落造成的损失,大约为0.5~1万元.

A_4 : 设止损价或者离场. 此对策成本主要为交易成本,大约为0.5~1万元.

A_5 : 择机分批做出补仓、抛售或设止损价. 此对策成本主要为交易成本及股价跌落带来的成本,大约为1.5~2万元.

A_6 : 直接割肉退出股市. 此对策成本主要为交易成本,大约为2~4万元.

另外,根据后文需要,计算在不同情景下方案投资收益为正的的概率,计算结果如表1所示. 其中,表1中的概率可根据历史情况及投资者个人经验判断直接给出^[16]. 为了进一步解释表中概率的含义,以方案 A_1 对应的情景概率为例:若股市出现情景 S_1 ,则启动方案 A_1 后投资收益为正的的概率为0.65;出现情景 S_2 ,启动方案 A_1 后,投资收益为正的的概率为0.25. 表1中

其他的概率值可如此依次推断.

表1 在不同情景下方案投资收益为正的的概率

π_{ij}	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
A_1	0.65	0.25	0.10	0.00	0.00	0.00
A_2	0.50	0.25	0.15	0.10	0.00	0.00
A_3	0.50	0.20	0.20	0.05	0.05	0.00
A_4	0.50	0.30	0.15	0.05	0.00	0.00
A_5	0.65	0.25	0.05	0.05	0.00	0.00
A_6	0.55	0.20	0.15	0.10	0.00	0.00

下面运用本文提出的方法对股市投资应急方案进行决策与选择.

1) t_1 时刻的应急响应. 假设某投资者选择在2014年进入股市,投资若干个国家股指. 起初,投资者通过购买股票而得到一定程度的回报. 到了2015年,股市开始动荡,投资者在 t_1 时刻通过各种途径收集到股市波动消息及可能原因. 基于此,投资者根据最优股的绩效情况、银行当前的存款日利息、投资收益的动态变化情况及股指波动可能造成的股价跌落风险而带来的损失,形成的投资心理参考点分别为:外部竞争维度为初始投资额的3%,内部特征维度为初始投资额的0.05%,收益时间维度为初始投资额的0.001%,风险维度经计算为7万元. 之后,投资者根据心理参考点及股市波动趋势立即启动应急方案 A_2 对事态进行响应. 当事态发展到 $t_2(t_1 < t_2)$ 时,决策者对股市波动有了更多的了解,并对 t_1 时刻采取的方案效果进行检查,发现股市波动更大,股价跌落的风险也越来越大,投资收益的增长变小. 同时,已造成的股价跌落损失达8万元,且股价下跌有进一步加剧的趋势,造成的损失远远超出 t_1 时刻的投资者心理参考点. 由于方案 A_2 不能完全有效地控制投资损失,此时投资者需调整心理参考点,同时对应急方案做进一步调整,以最小化财产损失.

下面给出决策者在 t_2 时刻的调整方法.

2) t_2 时刻对原有方案进行调整. 根据 t_1 时刻的投资者心理参考点与方案 A_2 的执行效果,决策者对股市波动进一步可能造成的股指收益的损失重新估计和预测. 假设 t_2 时刻形成的股市投资心理参考点分别为:外部竞争维度为初始投资额的2.5%,内部特征维度为初始投资额的0.03%,收益时间维度为初始投资额的0.001%,风险维度为10万元. 此后一系列时刻也进行着类似的不断调整心理参考点的过程. 以下对方案进行调整的过程进行更详细介绍.

首先,计算相对于参考点的投资收益评价结果.

Step 1: 根据式(3)分别计算情景 S_j 股指投资相对于 t_2 时刻参考点的损益值 R .

Step 2: 每种参考点下,根据式(7)计算投资净收

益 R_{ij}^{kt} , 并对其进行规范化处理求得 \bar{R}_{ij}^{kt} , 即根据公式 $\bar{R}_{ij}^{kt} = \frac{R_{ij}^{kt}}{\max |R_{ij}^{kt}|} (j = 1, 2, \dots, 6)$ 计算规范化的投资净收益 \bar{R}_{ij}^{kt} .

Step 3: 计算投资净收益的累积前景价值. 假设投资净收益 R 服务均匀分布, 即 $U_j(d_j^m) = \frac{1}{d_j^H - d_j^L}$, 根据式(3)计算 V_j 前景值.

Step 4: 根据公式 $\bar{V}_j = \frac{V_j}{\max |V_j|} (j = 1, 2, \dots, 6)$ 计算规范化的投资收益前景值 \bar{V}_j .

其次, 依据定理1及推论1确定四参照点下对应各前景值的权重, 分别计算各情景的综合前景价值. 具体的计算过程如下.

Step 1: 根据定理1及推论1可得外部、内部、时间及风险参照点基础上计算出的前景价值对应的系数取值范围分别为: $0.15 < l < 0.32, 0.34 < g < 0.46, 0.34 < \eta < 0.46, 0.17 < 1 - l - g - \eta < 0.32$.

Step 2: 在此取 $l = 0.20, g = 0.50, \eta = 0.35$, 则风险参照点基础上计算出的前景价值系数 $1 - l - g - \eta$ 为0.15.

Step 3: 根据式(9)对4个前景值进行加权集结, 可计算出情景 $S_1 \sim S_6$ 下不等权重的综合前景价

值分别为: $VR_1 = 0.7241, VR_2 = 0.2103, VR_3 = -0.0942, VR_4 = -0.2587, VR_5 = -0.4996, VR_6 = -0.6298$.

再次, 根据式(4)计算在各情景下采用不同方案的权重 $\pi_{i(t)}, i = 1, 2, \dots, 6, t = 1, 2, \dots, 6$.

最后, 根据式(20)计算各方案的期望前景值 EX_i , 根据式(21)计算方案的规范化期望前景值 \bar{EX}_i . 计算结果为 $\bar{EX}_1 = -1.0000, \bar{EX}_2 = -0.2014, \bar{EX}_3 = 0.0320, \bar{EX}_4 = -0.3578, \bar{EX}_5 = -0.0216, \bar{EX}_6 = 0.0000$, 可知 $\bar{EX}_3 \succ \bar{EX}_6 \succ \bar{EX}_5 \succ \bar{EX}_2 \succ \bar{EX}_4 \succ \bar{EX}_1$. 因此, 根据方案的期望前景值, t_2 时刻采用方案 A_3 最合理.

为了体现本文2.2.2节所得出的推论, 从而验证不等权重下的期望前景价值的优越性, 特与已有文献所采取的等权重下计算期望前景价值进行比较. 同时, 为了体现所提出四参照点的优势, 将其分别与三参照点、两参照点及一个参照点进行比较, 具体比较结果如表2所示. 另外, 关于不同参照点的前景排序方案对比, 其排序主要依据现实情况, 并考虑以往文献的研究结论. 如果与现实情况吻合, 也与大部分的研究结论一致, 则认为该排序方案比较合理^[9,16].

表2 各情景下应对方案的期望前景价值比较表

比较情况	方案						方案的排序结果
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	
不等权重下四参照点	-1.0000	-0.2014	0.0302	-0.3578	-0.0216	0.0000	$A_3 \succ A_6 \succ A_5 \succ A_2 \succ A_4 \succ A_1$
等权重下四参照点	-1.0000	-0.2187	-0.0044	-0.3145	-0.0196	0.0000	$A_6 \succ A_3 \succ A_5 \succ A_2 \succ A_4 \succ A_1$
等权重三参照点	-1.0000	-0.2394	-0.0952	-0.2094	-0.0195	0.0000	$A_6 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_4 \succ A_2 \succ A_1$
等权重二参照点	-1.0000	-0.2519	-0.1318	-0.1657	-0.0185	0.0000	$A_6 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_4 \succ A_2 \succ A_1$
等权重一参照点(外部)	-1.0000	-0.2622	-0.1623	-0.1290	-0.0177	0.0000	$A_6 \succ A_5 \succ A_4 \succ A_3 \succ A_2 \succ A_1$
等权重一参照点(内部)	0.8427	0.5172	1.0000	-0.9332	-0.0065	0.0000	$A_3 \succ A_1 \succ A_2 \succ A_6 \succ A_5 \succ A_4$

由表2可以发现: t_2 时刻, 在不等权重下, 投资者对方案 A_3 的评价最高, 而对 A_1 的评价最低. 原因可能为, 在 t_2 时刻, 投资者已经感受到了 $t_1 \sim t_2$ 这期间股指收益持续跌落的消极影响, 且方案 A_2 不足以止损, 而方案 A_3 则是择机补仓, 有可能弥补部分损失, 所以对方案 A_3 的评价较高; 而 A_1 方案在股市持续跌落过程中(但不是等到价格谷底)建议回购、增持等, 其有可能出现股票进一步跌落而强化投资者损失感受, 或者即使股价偶尔有小反弹, 但也不足以弥补跌落带来的损失感受, 因此对 A_1 的评价最低; 其他方案的期望前景价值处于这两个方案之间. 在等权重下, 方案的排序稍有变化, 对 A_6 的评价最高, 对 A_1 仍为最低, 而其他几个方案与非等权重下是一致的, 但 A_3 的排序也排在最优决策的第2位. 对方案 A_6 的评价最高, 可能是投资者认为 t_2 时刻较 t_1 时刻相比, 股市有跌落现象, 投资股市有风险, 因此直接割肉退出股

市最合算. 相反, 对于方案 A_1 , 如果在 t_2 时刻不是候等时机, 而是接着不断买股票, 情况是非常糟糕的, 因此其期望前景值最低. 其实, 根据等权重下的期望前景价值进行的决策过于保守. 因为不等权重下, 已假设投资者为风险厌恶, 即便在这样苛刻的条件下其计算结果还能显示 A_3 方案的期望前景价值为正, 而其他方案为非正, 说明在 t_2 时刻方案 A_3 是可信的、最优的选择. 而从等权重下的结果看, 其最优方案竟是 A_6 . 这种方案未免太过于保守, 以至于让投资者失去本可以得到较稳健回报的机会. 所以, 在非等权重下的计算结果与实际情况更相符, 在 t_2 时刻, 投资者最优决策为选择方案 A_3 .

另外, 需要说明的是, 为了更快速地比较几类参考点对决策结果的影响, 此处采用等权重下参照点的比较. 因为参照点数量的多少而表现的对实际评价合理与否, 不因其是在等权重还是不等权重下而改

变. 表2显示,除了一参照点(内部)外,其他几种参照点下对方案的最优与最劣评价是一致的,即对方案 A_6 的评价最高,而对 A_1 的评价最低,但是 $A_2 \sim A_6$ 其他几种方案的排序则不太相同. 下面来分析 t_2 时刻下基于几类参照点方案排序结果.

对于等权重下基于四参照点的方案排序结果,上文已进行分析,在此不再赘述. 缺少了风险参照点的三参照点对方案的排序为 $A_6 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_4 \succ A_2 \succ A_1$. 产生此排序结果的原因为,三参照点没有考虑风险相关,因此认为方案 A_5 分批补仓,设立止损价后静观事变是比较好的策略,要优于 A_3 方案的暂时抛售股票后等待平稳时期迅速补仓的策略. 显然,股市大盘跌落背景下,若忽视股指之间相关性带来的风险,则这样的投资策略可能会让投资者面临着更多不可预测的损失. 另外,三参照点下的评价结果为方案 A_4 优于 A_2 ,即认为慢慢退出股市的方案 A_4 优于迅速卖出股票的方案 A_2 . 同样,这样的选择可能会让投资者损失更大. 因此,得出以四参照点为股市应急投资决策依据要优于三参照点.

另外,在 t_2 时刻股市不断跌落的背景下,股指投资收益的动态发展都为负值. 因此,以投资收益的动态发展为参考点的投资激励作用没有发挥,投资决策不变,即两参照点下对方案的排序结果与三参照点下相同. 其评价结果也不甚合理,原因与三参照点相同,在此不再赘述.

在一参照点(外部)基准下,对方案的排序为 $A_6 \succ A_5 \succ A_4 \succ A_3 \succ A_2 \succ A_1$. 因为该参照点只以每一时刻收益最佳的股指作为参照点,而不考虑投资收益是否高于银行利息、风险是否较大、收益是否具有增长潜力等信息. 因此,其方案的排序是非常保守的,即以在情景最坏情况下的方案作为 t_2 时刻的最优方案,方案排序不甚合理. 而在一参照点(内部)基准下,对方案的排序为 $A_3 \succ A_1 \succ A_2 \succ A_6 \succ A_5 \succ A_4$,且认为在股指跌落时刻,采用方案 A_1 、 A_2 及 A_3 都可以得到正的期望前景值,这个评价结果显然与实际不符. 因为 t_2 时刻股指已经较 t_1 时刻下跌了很多,且有进一步加剧的趋势,若直接采用方案 A_1 的回购、增持策略,则投资者肯定亏损更多. 因此,在 t_2 时刻一参照点(内部)基准下,对方案的排序结果不合理.

4 结论

本文根据股市突发事件发生的不确定性和动态性,提出了一种基于四参照点前景理论的股市动态应急投资决策方法. 该方法在面对股市突发事件发生时,不仅充分考虑了突发事件所具有的随机性、破坏

性及动态性等特征,而且还充分考虑了决策者在面对突发事件时心理因素对决策行为的影响. 该方法具有思路清晰、计算步骤简单等特点,为解决投资成本及收益均为区间数形式且反映投资者行为特征的应急动态投资决策问题提供了一种新的途径,具有实际应用价值. 本文进一步的研究方向为投资成本与收益评价值为语言值、模糊数或兼具随机模糊性的其他信息不确定情形下的动态应急股指投资决策问题,以及考虑在连续时间下基于前景理论的股指动态应急投资决策.

参考文献(References)

- [1] Yang J, Xu C. Emergency decision engineering model based on sequential games[J]. Systems Engineering Procedia, 2012, 5: 276-282.
- [2] Liang W, Wang Y M, Martínez L. A group decision method based on prospect theory for emergency situations[J]. Information Sciences, 2017, 418/419: 119-135.
- [3] 董庆兴, 李赛, 张大斌, 等. 基于匹配属性相似度的应急决策方案推荐方法[J]. 控制与决策, 2016, 31(7): 1247-1252.
(Dong Q X, Li S, Zhang D B, et al. Emergency decision response plan recommendation method based on similarity of matched attributes[J]. Control and Decision, 2016, 31(7): 1247-1252.)
- [4] 易宪容. 中国股市如何回归常态——A股暴涨暴跌的原因及政府救退市之路径[J]. 探索与争鸣, 2015(8): 87-93.
(Yi X R. How does Chinese stock market return to normal — The reason of boom and bust of a stock and the way of government rescue and delisting[J]. Exploration and Free Views, 2015(8): 87-93.)
- [5] Tong E. US monetary policy and global financial stability[J]. Research in International Business and Finance, 2017, 39: 466-485.
- [6] Shen Y W, Zhao X B, Xie J X. Revisiting prospect theory and the newsvendor problem[J]. Operations Research Letters, 2017, 45(6): 647-651.
- [7] Zhao J D, Zhu H L, Li X D. Optimal execution with price impact under cumulative prospect theory[J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2018, 490: 1228-1237.
- [8] Michal L. Complementary symmetry in cumulative prospect theory with random reference[J]. J of Mathematical Psychology, 2018, 82: 52-55.
- [9] Zhu J, Ma Z, Wang H, et al. Risk decision-making method using interval numbers and its application based on the prospect value with multiple reference points[J]. Information Sciences, 2017, 385/386: 415-437.
- [10] Gonzalo N, Rafael F, Zoumpoulia D, et al. Weighted aggregation of partial rankings using ant colony optimization[J]. Neuro Computing, 2017, 250: 109-120.

- [11] Xu P, Zhang R, Deng Y. A novel weight determination method for time series data aggregation[J]. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2017, 482: 42-55.
- [12] Xu Z S. Dependent uncertain ordered weighted aggregation operators[J]. *Information Fusion*, 2008, 9(2): 310-316.
- [13] Tversky K, Kahneman D. Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty[J]. *J of Risk and Uncertainty*, 1992, 5(4): 297-323.
- [14] Schmidt U, Starmer C, Sugden R. Third-generation prospect theory[J]. *J of Risk and Uncertainty*, 2008, 36(3): 203-223.
- [15] Gadamsk A M, Bologna S, Costanzo G D. Towards intelligent decision support systems for emergency managers the IDA approach[J]. *Int J of Risk Assessment and Managemen*, 2001, 2(3): 224-242.
- [16] 李欢, 朱建军, 张世涛, 等. 考虑三参照点累积前景理论的风险型动态决策方法[J]. *中国管理科学*, 2014, 22(SI): 42-50.
(Li H, Zhu J J, Zhang S T, et al. Dynamic risk decision-making method considering three reference point in cumulative prospect theory[J]. *Chinese J of Management Science*, 2014, 22(SI): 42-50.)
- [17] Gong P, Weng Y L. Value-at-risk forecasts by a spatiotemporal model in chinese stock market[J]. *Physica A*, 2016, 441: 173-191.
- [18] 卞世博, 刘海龙. 违约相关性下包含信用债券的最优投资组合[J]. *系统工程理论与实践*, 2013, 33(3): 569-576.
(Bian S B, Liu H L. Optimal portfolio with defaultable bonds under default correlation[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2013, 33(3): 569-576.)
- [19] 周超. 利率市场化背景下的银行信贷决策研究——基于行为金融学的进化博弈模型构建[J]. *金融理论与实践*, 2016(9): 18-23.
(Zhou C. Research on bank credit decision under the background of interest rate liberalization — Based on evolutionary game model of behavioral finance[J]. *Financial Theory and Practice*, 2016(9): 18-23.)
- [20] Ordbnez L D, Connolly T, Coughlan R. Multiple reference points in satisfaction and fairness assessment[J]. *J of Behavioral Decision Making*, 2000, 13: 329-344.
- [21] Aloui C, Hkiri B. Co-movements of GCC emerging stock markets: New evidence from wavelet coherence analysis[J]. *Economic Modelling*, 2014, 36: 421-431.

(责任编辑: 齐 霖)

第31届中国控制与决策会议(2019 CCDC)征文通知

第31届中国控制与决策会议(2019CCDC)将于2019年6月3日~5日在中国南昌举行。会议由东北大学和中国自动化学会信息物理系统控制与决策专业委员会主办,华东交通大学承办。

第31届中国控制与决策会议论文集集中的英文论文将进入IEEE Xplore Data Base, 被EI检索。

第31届中国控制与决策会议将涉及理论与应用两方面,主要涵盖系统、控制与决策相关课题。征文范围如下:

控制理论与工程: 智能控制、计算与优化;故障诊断与自愈控制;模式识别与深度学习;信息物理系统的分析与控制;信号处理与信息融合;最优控制与最优化;复杂系统与复杂网络;线性系统理论与应用;系统辨识与参数估计;非线性系统理论与应用;混杂系统与离散事件系统;空间飞行器控制;随机系统;分布参数系统控制;网络集群与网络化控制;多智能体系统与协同控制;传感器网络与物联网;鲁棒控制;过程控制与预测控制;专家系统、模糊系统与模糊控制;运动控制;控制工程教育;数据驱动控制;纳米自动化与装配;自适应控制与学习控制;变结构控制;先进传感技术与仪器仪表;控制系统信息安全;生物系统的建模、控制与仿真;无人系统自动控制;微机电系统。

决策理论与系统: 决策理论与方法;生产计划与调度;管控一体化;管理信息系统与企业信息化;供应链与物流的管理;知识工程与数据挖掘;大数据与知识自动化;经济控制论与社会经济系统;对策论与社会网络;智能制造与工业智能;电动车辆与智能交通;新能源管理与控制系统节能技术;智能电网。

机器人系统: 机器人控制;移动机器人;微机器人与微操作;工业机器人;图像处理与机器人视觉;多足机器人系统;搜寻、援救与野外机器人;机器人传感与数据融合;医用机器人与生物机器人;空间与水下机器人;遥控机器人。

会议程序委员会热情欢迎业内专家以会议为平台,针对国际控制与决策领域前沿热点方向、科研学者普遍关心的话题,组织“邀请分会”、“特别专题”、“专家论坛”、“高峰论坛”等学术研讨活动,会议将提供优质的平台服务。拟组织者请在2018年10月31日前与大会秘书处(secretary_ccdc@ise.neu.edu.cn)联系并提交组织建议书。

会议投稿者请于2018年10月31日前提交全文。请登录<http://www.ccdc.neu.edu.cn>网址了解具体的相关事宜并投稿。同时也可以向大会秘书处(secretary_ccdc@ise.neu.edu.cn)咨询。

中国控制与决策会议秘书处