

# 控制与决策

Control and Decision

## 基于三参照点理论的结构化产品购买行为

王宗润, 何珊珊

引用本文:

王宗润, 何珊珊. 基于三参照点理论的结构化产品购买行为[J]. *控制与决策*, 2020, 35(3): 677–685.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.0558>

---

## 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

### 考虑决策者情绪更新机制的多阶段应急决策方法

Multi-stage emergency decision-making method with emotion updating mechanism of decision-makers  
*控制与决策*. 2020, 35(2): 436–444 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0493>

### 考虑决策者情绪更新机制的多阶段应急决策方法

Multi-stage emergency decision-making method with emotion updating mechanism of decision-makers  
*控制与决策*. 2020, 35(2): 436–444 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0493>

### 基于后悔理论的灰色随机多准则决策方法

Method for grey-stochastic multi-criteria decision-making based on regret theory  
*控制与决策*. 2017, 32(6): 1069–1074 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2016.0295>

### 不完备质量和融资能力约束下的多产品风险厌恶库存模型

Multi-product risk-averse inventory system with imperfect quality and financing capacity constraint  
*控制与决策*. 2017, 32(4): 647–655 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2016.0569>

### 基于深度邻域搜索PSO算法的装配序列优化问题

Assembly sequence planning problem based on particle swarm optimization algorithm with depth local search  
*控制与决策*. 2016, 31(7): 1291–1295 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2015.0836>

### 基于改进的TODIM方法的区间灰数多属性决策模型

Multiple attribute decision-making model with interval grey number based on improved TODIM method  
*控制与决策*. 2016(2): 261–266 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2014.1419>

### 基于感知效用模型的“均值偏向”形成机理

Formation mechanism of pull to center phenomenon based on PUM  
*控制与决策*. 2015(7): 1171–1180 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2014.0523>

### 一种基于前景理论的三参数区间灰数型群体灰靶决策方法

A group grey target decision making method with three parameter interval grey number based on prospect theory  
*控制与决策*. 2015(1): 105–109 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2013.1641>

# 基于三参照点理论的结构化产品购买行为

王宗润<sup>†</sup>, 何珊珊

(中南大学 商学院, 长沙 410083)

**摘要:** 三参照点理论认为对于决策主体而言, 底线、现状及目标会成为人们的行为依据, 价值由此被划分为失败、损失、获益、成功 4 个区域. 充分考虑投资者的底线、现状及目标收益, 以最大化三参照点感知价值为目标函数, 安全第一原则为约束条件, 构造投资组合选择模型. 设计适合于求解该优化问题的粒子群算法, 并据此将中国理财市场上较为常见的两种结构化产品纳入投资组合, 通过三参照点理论中的参数变动研究投资者购买结构化产品的行为, 考察结构化产品与无风险资产及风险标的相比的优越性. 结果表明, 在投资者底线较高、目标也较高的情况下结构化产品最受投资者偏好, 因此情境下的结构化产品能满足投资者在保证安全的前提下, 追求较高收益的需求, 从而受到多数投资者的喜爱.

**关键词:** 三参照点理论; 安全第一原则; 投资决策; 结构化产品; 投资者偏好; 组合选择

中图分类号: F830

文献标志码: A

## Purchase behavior of structured products based on tri-reference point theory

WANG Zong-run<sup>†</sup>, HE Tang-tang

(Business School, Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** In tri-reference point theory, minimum requirement (MR), status quo (SQ), and goal ( $G$ ) are behavior rules for decision-making subjects, which divide the value into four regions: failure, loss, gain and success. Taking into account the investors' three reference points of investment return, a portfolio selection model is constructed by setting the maximum investors' perceived value in tri-reference point theory as the objective under the premise of meeting the safety-first principle. A particle swarm algorithm that is suitable for solving this optimization problem is designed. On this basis, two types of common structured products in China's financial market are included in two portfolios. Then the purchase behavior of structured products and the superiority of structured products compared to risk-free assets and underlying assets are studied by changing the parameters in tri-reference point theory. The results show that structured products are most favored by investors when both MR and  $G$  are relatively high. This is because under these circumstances, structured products can meet the demand of investors to pursue relatively high return on the premise of ensuring safety to make most investors prefer them.

**Keywords:** tri-reference point theory; safety-first principle; investment decision; structured products; investor preference; portfolio selection

## 0 引 言

结构化产品是过去数十年来对于个人投资者而言非常重要的金融创新之一<sup>[1]</sup>. 结构化产品兴起于欧美市场, 近年逐步发展于中国. 国内较早推出结构化产品的银行主要是外资银行, 随着理财产品开发方面的经验累积, 中资银行也拓宽了结构化产品的设计视野. 结构化产品通过投资于股票、指数、篮子、大宗商品、货币或利率等资产, 为投资者提供了一种多元化投资组合的选择途径. 其收益常呈区间型, 即存在收

益上下限, 投资者的具体收益情况根据挂钩标的表现在区间内浮动. 尽管结构化产品的收益形式灵活, 但均可归于“固定收益+期权”模式.

近年来, 在结构化产品的追捧热潮之中, 国外学者对于其异军突起的原因作出了部分探究. Kiriakopoulos 等<sup>[2]</sup>认为低利率环境刺激了投资者对高收益的渴望. Rieger 等<sup>[3]</sup>调查研究显示投资者对保本型结构产品的需求可以通过损失厌恶和储蓄目的来解释. Abreu 等<sup>[4]</sup>通过来自葡萄牙五大银行的数据

收稿日期: 2018-04-29; 修回日期: 2018-09-19.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71631008).

责任编辑: 李国齐.

<sup>†</sup>通讯作者. E-mail: zrwang0209@sina.com.

及进行的个人投资者特征调查结果说明“赌博心态”是结构性产品的重要交易动机,而过度自信增加了其交易频率,同时证实金融知识和银行人员的推荐在投资者对复杂产品的购买上起到助推作用。Rieger<sup>[5]</sup>探讨了系统性概率误判对结构性金融产品背景下复杂金融投资决策的影响。更多的研究则集中于行为效用函数的应用上。Hens等<sup>[6-7]</sup>提出的前景理论框架可以解释投资者对结构性产品的购买行为,强调投资者在面对确定性损失时的风险寻求心理是关键因素,并认为错误信念也是投资者效用收益被放大的原因之一。Döbeli等<sup>[8]</sup>的实证研究表明参与者的行为并不符合期望效用理论,却可以由行为金融模型描述。Vandenbroucke<sup>[9]</sup>以构造投资组合的形式分析结构性产品存在的条件,发现累积前景理论中的概率扭曲特征能对其存在的合理性作出解释。国内对结构性产品的研究多集中于定价方面<sup>[10-12]</sup>,关于结构性产品的购买行为研究寥寥可数。王宗润等<sup>[13]</sup>提出过度自信可导致投资者高估结构性产品获得较好情境收益的概率,从而降低感知风险。

上述文献都是从投资者的心理感知出发,描述其决策过程的行为偏差,且在定量研究方面,大多局限于从前景理论的角度对结构性产品的魅力进行阐释。总体而言,关于结构性产品的投资者购买行为探究还远远不够。

投资者以增加投资收益和降低投资风险为目的确定最优投资组合。Markowitz<sup>[14]</sup>开启了投资组合理论之阀门,以期望效用理论作基石,以方差度量组合风险。但随着时间的演进,学者们逐渐发现了均值方差模型的局限性。

首先,期望效用理论难以解释阿莱悖论<sup>[15]</sup>、框架和反转效应<sup>[16]</sup>;其次,均值方差模型基于投资者完全理性的假设,认为决策的目标是财富总量的最大化,与之相悖,投资行为往往表现为有限理性,投资人的决策标尺也并非最大化总财富,而是最大化感知财富。基于此,Kahneman等<sup>[16-17]</sup>提出了前景理论与累积前景理论,将参照点作为决策基准。Lopes<sup>[18]</sup>于1987年发展了SP/A模型,认为决策取决于主体的“安全心理”和“增值潜力心理”的双重作用。得益于前人的奠基理论,Wang等<sup>[19]</sup>于2012年提出的三参照点决策理论以底线、现状及目标作为决策主体的参照依据,这也是本文着重运用的理论工具。三参照点作为一种贴切刻画决策心理的理论,虽然近几年才被提出,但已广泛应用于各种涉及决策管理的话题,如众包模式<sup>[20]</sup>、离职决策<sup>[21]</sup>、薪酬感知<sup>[22]</sup>、人力资源管

理<sup>[23]</sup>、食品选择<sup>[24]</sup>,甚至马来西亚第二家园计划<sup>[25]</sup>等。熊冠星等<sup>[21]</sup>发现薪酬现状与底线的差距能负向预测离职决策,而薪酬目标与现状的差距对离职决策起到正向预测的作用。Zhao等<sup>[22]</sup>用3个实验测试了三参照点对薪酬的公平和满意度感知影响,当薪水低于底线时,即使报酬超过其他人,参与者的公平性和满意度也很低;当工资高于目标时,即使存在不平等,参与者也会感觉到更高的公平性和满意度。同时证明:底线的重要性高于目标,而目标的重要性高于现状。但遗憾的是,在投资组合领域,几乎没有学者将三参照点理论用于分析投资者心理,唯一可见的是詹泽雄等<sup>[26]</sup>将该理论中的底线、目标、现状作为单纯的参照点融入前景理论,但是并没有关注这三个参照点带给投资者的心理差异。

在风险度量领域,均值方差模型由于对正负差异一视同仁而广受置喙。合理的测度应区别对待上侧偏差和下行风险,于是学者们纷纷转至对下侧风险的研究。Bawa<sup>[27]</sup>首次将下偏矩用于资产收益风险的测度。在险价值(VaR)就是一种目前普遍使用的下行风险测度,Lwin等<sup>[28]</sup>以均值——VaR代替均值方差模型,并利用历史模拟法计算VaR,设计学习型混合多目标进化算法解决投资组合优化问题。除金融风险管理外,由在险价值发展而来的下行风险测度——条件在险价值<sup>[29-30]</sup>也为能源领域<sup>[31-33]</sup>注入了新鲜血液。值得注意的是,在投资行为中,投资者大多有自己的风险容忍度,寻求底线之上的效用最大化。Roy<sup>[34]</sup>首次提出安全第一原则,关键思想是,确定一个“灾难性”收益标准,投资时控制该收益标准及以下部分的发生概率。Pyle等<sup>[35]</sup>总结了安全第一的3种形式:1)确定收益标准,使收益低于或等于该标准的概率最小,这也是Roy的最初表达;2)在收益不大于收益标准的概率小于或等于某概率水平的条件下,使收益标准最大化;3)在收益不大于收益标准的概率小于或等于某概率水平的条件下,使收益期望最大化。本文基于第3种形式对包含结构性产品的投资组合进行优化,本质上,这也是利用下侧风险的控制思想,更多考虑投资者的心理因素。本文将三参照点理论中的底线确定为约束条件中的收益标准,以总收益不大于该标准的概率作为投资者的风险容忍度,设立优化目标为最大化三参照点理论中的感知价值。Levy等<sup>[36]</sup>从理论和实验两个角度证明安全第一在决策中起着至关重要的作用,可以解释无法用前景理论解释的选择。迄今,关于安全第一原则的文献已浩如烟海,学者们围绕安全第一原则取得了丰富的延展成果。Gren

等<sup>[37]</sup>采用安全第一的决策标准,开发了一个动态模型,用于在生境质量随时间发展并且不确定时恢复生物多样性的成本效益选址. Gren 等<sup>[38]</sup>对安全第一原则模型适当变形,以实现排放目标的总体预期成本和可变性成本最小化为基础,在森林固碳的经济价值方面进行了研究. Cao 等<sup>[39]</sup>建立双随机安全第一模型,分析退出策略对双随机回报最优投资组合选择的影响.

综上,本文将三参照点理论与安全第一原则有机融合,为投资组合提供一种新颖的选择模型,用以探究具有有限理性特点的投资者的真实投资决策. 同时,在构建的模型之上,考虑目前理财市场中方兴未艾的结构化产品,分析其在投资组合中扮演的角色,解释其受投资者们喜爱的原因.

### 1 模型构建

#### 1.1 三参照点理论

三参照点理论是一种用于解释一系列风险感知和风险决策行为的全新方法. 三参照点理论将决策主体的行为依据提炼为3个标准:底线(MR)、现状(SQ)和目标(G),并据此将价值划分为4个部分:低于底线为失败、底线与现状之间为损失、现状至目标范围为获益、高于目标则表示成功. 三参照点理论的核心在于,当客观价值位于不同区域时,决策主体的感知强度不同. 具体而言,失败带来的痛苦最强烈,成功带来的喜悦次之,接着是损失,获益的心理感知程度最弱. 与期望效用理论相比,三参照点理论能解释阿莱悖论、框架和反转效应等,而与前景理论和累积前景理论相比,三参照点理论丰富了行为决策的比较标准,不仅仅依赖于单一的参照物,而且还还原了概率的真实性.

用  $(x_1, p_1; \dots; x_n, p_n)$  表示有  $n$  个可能结果的风险选项,  $x$  与  $p$  分别对应结果和概率. 使

$$\begin{aligned} x_1 < x_2 < \dots < x_n, \\ x_i < MR < x_{i+1} < \dots < x_j < SQ < \\ x_{j+1} < \dots < x_k < G < x_{k+1}. \end{aligned}$$

当  $SQ = 0$  时,三参照点的数学模型<sup>[19]</sup>表示为

$$\begin{aligned} TRP = & \beta_F \cdot MR \sum_{m=1}^i p_m + \sum_{m=i+1}^j p_m \cdot \beta_- \cdot x_m + \\ & \sum_{m=j+1}^k p_m \cdot \beta_+ \cdot x_m + \beta_S \cdot G \sum_{m=k+1}^n p_m. \end{aligned} \quad (1)$$

其中  $\beta_F$ 、 $\beta_-$ 、 $\beta_+$ 、 $\beta_S$  分别表示失败、损失、获益、成

功4个区域的心理权重值,满足  $0 < \beta_+ < \beta_- < \beta_S < \beta_F$ . 值得注意的是,模型中,当底线和目标固定时,低于底线或高于目标的所有点的感知价值是相同的.

本文考虑参照点为定值,即投资者在一次投资活动中的底线、现状和目标固定的,得到感知价值函数,如图1所示.

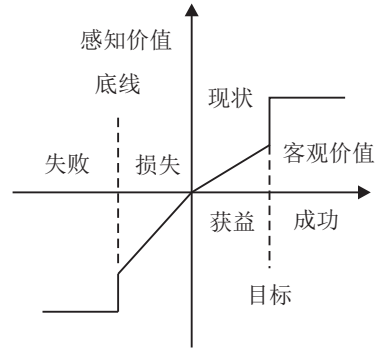


图1 三参照点模型的价值函数

将式(1)所表达的离散结果模式拓展为连续函数模型,即  $x$  由离散随机变量变为连续性随机变量,如下:

$$\begin{aligned} TRP = & \beta_F \cdot MR \int_{-\infty}^{MR} f(x)dx + \beta_- \int_{MR}^{SQ} x f(x)dx + \\ & \beta_+ \int_{SQ}^G x f(x)dx + \beta_S \cdot G \int_G^{+\infty} f(x)dx. \end{aligned} \quad (2)$$

其中:  $x$  为客观价值,  $f(x)$  为客观价值的概率密度函数,该模型简洁地体现了当客观价值位于不同心理区域时,决策主体的感知程度差异.

#### 1.2 安全第一原则

所谓安全第一,顾名思义,就是将自己的底线放于最重要的位置. 用  $z$  表示收益,  $\bar{z}$  表示“灾难性”水平, Pyle 等<sup>[35]</sup>所总结的安全第一原则的3种形式为:

- 1) 使收益低于或等于“灾难性”水平的概率最小,即  $\min \Pr(z \leq \bar{z})$ ;
- 2) 在收益不大于“灾难性”水平的概率小于或等于某概率  $\alpha$  的条件下,使“灾难性”水平最大化,即  $\max \bar{z}$ , 且服从  $\Pr(z \leq \bar{z}) \leq \alpha$ , 此时  $\alpha$  已知;
- 3) 在收益不大于“灾难性”水平的概率小于或等于某概率  $\alpha$  的条件下,使收益期望最大,即  $\max \mu$ , 且服从  $\Pr(z \leq \bar{z}) \leq \alpha$ , 此时  $\alpha$  已知.

在投资决策中,投资者的目的是给定风险时最大化收益价值或给定收益价值时最小化风险. 作为现代投资组合理论的开创者, Markowitz<sup>[14]</sup>在1952年提出均值方差模型,使期望值或期望效用值成为衡量组合收益价值的指标,方差成为刻画组合风险的工具. 然而,在不确定条件下,人们不仅会顾及各个选择

的期望值,还会考虑各可能结果的分布情况,此时参照点便起到了界限的作用.就风险而言,方差对收益的波动进行了客观描述,但从投资者的角度,一方面只有下侧风险值得忧虑,另一方面各个投资者对“风险”都有自己的标准,人们寻求的往往是收益结果不大于个体所能承担最坏结果概率的最小化.基于此,结合均值方差模型的框架,本文采用安全第一原则的第3种形式,用三参照点价值替换期望值,以描述投资者的收益价值,而用收益低于或等于“灾难性水平”的概率替换方差,以描述投资者的风险水平.联系三参照点理论中的“底线(MR)”,考虑与安全第一原则的“灾难性”水平有同样的含义,即个体所能承受的最大损失,将两者等同起来. $x$ 表示客观价值,约束条件改写为

$$\int_{-\infty}^{\text{MR}} f(x)dx \leq \alpha. \quad (3)$$

### 1.3 投资组合模型的构建

设投资者打算将财富投资于 $n$ 种资产中,各资产的收益率为 $r_m = (r_1, r_2, \dots, r_n)^T$ ,收益率的联合概率密度为 $f(r)$ ,投资比例 $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)^T$ .

在投资活动中,三参照点理论中的底线可以理解为投资者根据自身的财富水平或心理特征而设置的容忍限.当然,也可以表示投资者出于不同目的将财富投资于不同领域,为各个领域设置不同的最大损失线.现状体现投资者的当前状态,本文设为0,表明投资者的基础状态是“无作为”的状态,最安全的投资就是“不投资”.目标是投资者认为在有可能的情况下,所能实现的最高收益,是投资者的最高期望收益.同时,最大化感知价值的前提是,投资亏损满足个体的容忍度,即收益小于个体的容忍限的概率必须小于或等于个体预设的容忍度概率水平,在保证安全之后,才可谈及感知收益的优化.据此,结合三参照点理论和安全第一原则,建立符合投资者心理感知的投资组合选择模型,有

$$\max \beta_F \cdot \text{MR} \int_{-\infty}^{\text{MR}} f(r)dr + \beta_- \int_{\text{MR}}^{\text{SQ}} rf(r)dr + \beta_+ \int_{\text{SQ}}^G rf(r)dr + \beta_S \cdot G \int_G^{+\infty} f(r)dr. \quad (4)$$

$$\text{s.t.} \int_{-\infty}^{\text{MR}} f(r)dr \leq \alpha, \quad 0 \leq \alpha \leq 1; \quad (5)$$

$$r_m = (r_1, r_2, \dots, r_n)^T; \quad (6)$$

$$\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)^T; \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n \theta_i = 1, \quad 0 \leq \theta_i \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad (8)$$

$$r = r_m^T \theta; \quad (9)$$

$$0 < \beta_+ < \beta_- < \beta_S < \beta_F; \quad (10)$$

$$\text{MR} < \text{SQ} = 0 < G. \quad (11)$$

其中:式(4)描述了投资组合优化目标,即最大化三参照点感知价值;式(5)是投资者的损失约束,表示超过底线的损失的概率控制在 $\alpha$ 容忍度内;式(6)是 $n$ 个资产的收益率向量;式(7)是 $n$ 个资产的投资比例向量;式(8)使总投资比例为1;式(9)刻画了投资组合的总收益率;式(10)规定投资者4个心理区域的权重关系;式(11)限制了3个参照点的大小顺序.

## 2 算法设计

粒子群算法<sup>[40]</sup>属于一类以群体智能为基础的进化计算方式,其特点是编写简洁,易于实现.根据粒子群算法求解投资组合优化问题,将由一维向量构成的粒子表示各资产配置,通过给粒子所具有的速度、所处的位置设定各自的表示方式,并赋予其更新条件,从而得到各个可行解.

结合粒子群算法模型与投资组合最优化问题特征,算法步骤如下.

**Step 1:** 赋予粒子种群数量值,随机化个体位置和速度,设定整个迭代程序所需总次数.

**Step 2:** 依据粒子的位置计算投资组合优化问题的目标函数值,即适应值.

**Step 3:** 在满足约束条件的前提下,以适应值大小衡量组合配比方案优劣.

**Step 4:** 根据式(12)和(13)改变粒子的速度和位置.

**Step 5:** 依据最大迭代次数判断迭代结束与否,是则输出最优粒子对应的位置和目标函数值,否则返回Step 2.

粒子表示:将每个粒子的位置赋值为 $X = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$ , $n$ 为资产数量,该粒子就是一个可行解方案.速度赋值为 $V = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ ,表示粒子每次移动的距离.

初始化:用随机解初始化一群粒子.为满足约束条件(8),获得初始粒子的位置后,进行归一化处理,即 $\theta_i = \theta_i / \sum_{i=1}^n \theta_i$ ,以后每次更新都如此.如果初始解不满足约束条件(5),则重新初始化.

迭代寻优:每一次迭代中,粒子通过追寻两个“最优”更新自己:一个是粒子本身所找到的最优解,即个体最优;另一个是整个粒子群中所有粒子在历代搜索过程中所达到的最优解即全局最优.由于本文所述问题目标是最大化感知价值,并服从约束条件(5),在目标函数值变大且满足约束条件时才进行更新.粒子位置和速度更新公式如下:

$$V_h^{k+1} = \omega \cdot V_n^k + C_1 \cdot \text{random}(0, 1) \cdot (X_{hp}^k - X_h^k) + C_2 \cdot \text{random}(0, 1) \cdot (X_g^k - X_h^k), \quad (12)$$

$$X_h^{k+1} = X_h^k + V_h^{k+1}. \quad (13)$$

其中:  $V_h^k$  为在第  $k$  次迭代中粒子  $h$  的速度;  $X_h^k$  为在第  $k$  次迭代中粒子  $h$  的位置;  $C_1$  和  $C_2$  为学习因子, 取  $C_1 = C_2 = 1$ ;  $\omega$  为惯性权值, 数值愈高, 算法的全局搜索能力愈强, 反之则偏于局部寻优, 一般地, 以更新代数呈线性递减, 初始定其为 0.9, 存在下限, 定为 0.4;  $X_{hp}^k$  为直至第  $k$  次迭代粒子  $h$  的个体最优位置;  $X_g^k$  为直至第  $k$  次迭代种群的全局最优位置.

### 3 包含结构性产品的投资组合分析

#### 3.1 算例描述

为了考察结构性产品与无风险资产及风险标的相比的优越性体现, 即它相较这两种产品更吸引投资者的原因和条件, 本文考虑构建一个包含如下 3 种产品的投资组合:

- 1) 资产 1: 固定年收益率为 5% 的无风险资产;
- 2) 资产 2: 预期年收益率和波动率分别为 10%, 20% 的风险资产;
- 3) 资产 3: 挂钩资产 2 的结构性产品, 即收益情况取决于资产 2 的收益表现.

假设所有资产的投资期限均为一年.

对于资产 2, 部分实证研究表明, 金融资产收益率可用  $t$  分布描述, 且当自由度为 5 或 6 时, 拟合较好, 因此本文将收益率设定为服从自由度为 6 的  $t$  分布. 对于资产 3, 分别分析中国理财市场上常见的两种区间型结构性产品. 如前文所述, 结构性产品的收益形式大多为“固定收益+期权”, 在此分别运用两种期权:

1) 其一为二元期权, 内嵌该种期权的结构性产品(记为产品 3A)的收益描述大多分 2 段:

- ① 当挂钩资产的期末收益  $R_2$  大于或等于  $a$  时, 结构性产品收益为  $b$ ;
- ② 当挂钩资产的期末收益  $R_2$  小于  $a$  时, 结构性产品收益为  $c$ .

2) 其二为牛市价差期权, 内嵌该种期权的结构性产品(记为产品 3B)的收益描述大多分 3 段:

- ① 当挂钩资产的期末收益  $R_2$  大于  $d$  时, 结构性产品的收益为  $d$ ;
- ② 当挂钩资产的期末收益  $R_2$  小于  $e$  时, 结构性产品的收益为  $e$ ;
- ③ 当挂钩资产的期末收益  $R_2$  位于  $e$  与  $d$  之间时,

结构性产品的收益为  $R_2$ .

产品 3A 和 3B 的收益函数如下:

$$R(3A) = \begin{cases} b, & R_2 \geq a; \\ c, & R_2 < a. \end{cases}$$

$$R(3B) = \begin{cases} d, & R_2 > d; \\ R_2, & e \leq R_2 \leq d; \\ e, & R_2 < e. \end{cases} \quad (14)$$

由于资产 2 的预期年收益率为 10%, 当产品 3A 的标的收益临界值  $a$  设为 10% 时, 产品 3A 的两种收益结果概率均为 50%. 为使其与资产 1 具有可比性, 需将产品 3A 的预期年收益率设为 5%, 与资产 1 相同. 参照理财市场实际结构性产品收益界限设置, 1%~9% 较为常见, 文中将产品 3A 的收益上下限  $b$ 、 $c$  依次设为 7%、3%, 实质上, 即使设为 8%、2% 或 9%、1% 也只会略微改变算例结果的具体数值, 不会影响本文的结论. 同理, 对于产品 3B, 简便起见, 将其收益下限  $e$  设为 3%, 与产品 3A 相同. 为使其具有与资产 1 相同的期望收益率, 将其收益上限  $d$  设为 6.21%.

#### 3.2 优化结果及分析

本节以最大化投资者三参照点感知价值为目标, 安全第一原则为约束条件, 通过变换三参照点理论中的底线(MR)和目标(G), 研究不同参数对两种组合(组合  $P_1$  包含内嵌二元期权的结构性产品 3A, 组合  $P_2$  包含内嵌牛市价差期权的结构性产品 3B)的投资比例影响, 探讨结构性产品吸引投资者的缘由及前提条件.

##### 3.2.1 包含结构性产品 3A 的投资组合 $P_1$

先设失败、损失、获益、成功 4 个区域的权重值分别为  $\beta_F = 4$ 、 $\beta_- = 2$ 、 $\beta_+ = 1$ 、 $\beta_S = 3$ , 容忍度  $\alpha$  为 0.05. 对于投资组合  $P_1$ , 不同底线和目标下的投资比例变化情况如表 1 和表 2 所示, 为充分体现变化趋势, 初始阶段目标依次增加 0.005, 为避免冗余, 后阶段目标值间隔逐渐加大. 根据表 1 和表 2, 底线相同、投资者目标不大于 7% 时, 资产 3A 的比例逐渐增大, 资产 1 的比例逐渐减小, 而标的资产 2 始终为 0. 事实上, 对于投资者而言, 避免失败(MR 以下)最重要, 其次是获得成功(G 以上), 所以在目标值不是特别大时, 都会尽量避免对最具失败可能的资产 2 进行投资. 资产 1 与资产 3A 之间, 两者都不具失败可能, 此时获得成功最重要, 而只有资产 3A 提供了达到目标的机会, 所以随着目标与资产 1 固定收益的差距加大, 投资者会越发青睐资产 3A. 当目标值超过 3A 的收益上限 7% 时, 由

表1 底线(MR)为-0.05及-0.1时,不同目标(G)下的 $P_1$ 投资比例情况

G	MR = -0.05				MR = -0.1			
	资产1	资产2	资产3A	感知价值	资产1	资产2	资产3A	感知价值
0.055	0.75	0	0.25	0.105	0.75	0	0.25	0.105
0.06	0.5	0	0.5	0.11	0.5	0	0.5	0.11
0.065	0.25	0	0.75	0.115	0.25	0	0.75	0.115
0.07	0	0	1	0.12	0	0	1	0.12
0.075	0	0.1566	0.8434	0.1187	0	0.1599	0.8401	0.1189
0.08	0	0.2186	0.7814	0.1162	0	0.2180	0.7820	0.1165
0.09	0	0.3235	0.6765	0.1153	0	0.3084	0.6916	0.1148
0.1	0	0.3235	0.6765	0.1139	0	0.3935	0.6065	0.1146
0.12	0	0.3235	0.6765	0.1053	0	0.5256	0.4744	0.1170
0.15	0.6259	0.3741	0	0.0909	0.4389	0.5611	0	0.1131
0.2	0.6259	0.3741	0	0.0747	0.4389	0.5611	0	0.0985

表2 底线(MR)为-0.15及-0.2时,不同目标(G)下的 $P_1$ 投资比例情况

G	MR = -0.15				MR = -0.2			
	资产1	资产2	资产3A	感知价值	资产1	资产2	资产3A	感知价值
0.055	0.75	0	0.25	0.105	0.75	0	0.25	0.105
0.06	0.5	0	0.5	0.11	0.5	0	0.5	0.11
0.065	0.25	0	0.75	0.115	0.25	0	0.75	0.115
0.07	0	0	1	0.12	0	0	1	0.12
0.075	0	0.1618	0.8382	0.1190	0	0.1625	0.8375	0.1190
0.08	0	0.2227	0.7773	0.1168	0	0.2252	0.7748	0.1169
0.09	0	0.3137	0.6863	0.1154	0	0.3200	0.6800	0.1158
0.1	0	0.3905	0.6095	0.1154	0	0.3983	0.6017	0.1161
0.12	0	0.5394	0.4606	0.1169	0	0.5375	0.4625	0.1179
0.15	0	0.7278	0.2722	0.1218	0	0.7531	0.2469	0.1218
0.2	0.2518	0.7482	0	0.1182	0.0649	0.9351	0	0.1289

于3A也不能获得成功,投资者开始逐渐转向资产2,减少对3A的投入. Magron<sup>[41]</sup>通过实证研究表明,高抱负的投资者会持有风险更大的投资组合,本文结果与其殊途同归. 由表1和表2可见,目标相同时,在包含资产2的组合中,随着底线的下降,投资者能忍受的风险加大,有失败可能的资产2占比也增多. 可见,资产3A最适合底线较高,又有一定目标,但目标并非很高的投资者. 同时,目标相同时,在包含资产2的组合中,随着底线的下降,投资者的最大感知价值大都升高,这是因为落入失败区域的可能性减少.

三参照点理论的精华思想体现在各区域权重的大小关系上,尤其强调失败与成功区域对决策者的重要性. 为考察权重大小变化对投资比例的影响,下面在不改变权重大小关系的前提下,调整失败及目标

区域的权重值,观察组合变化. 表3和表4分别列出了 $\beta_S$ 与 $\beta_F$ 不同时,投资比例随目标变化的情况. 底线MR设为-0.05,容忍度 $\alpha$ 设为0.05. 表3中 $\beta_F = 4$ ,表4中 $\beta_S = 3$ . 由表3和表4可见,依据三参照点理论思想,在失败权重大于成功权重,成功权重大于损失权重,损失权重大于获益权重的前提下,目标达到一定水平时,无论区域具体数值如何变化,挂钩标的的比例始终随目标升高而升高,投资者会更倾向于冒险,这也验证了本文结论的稳定性. 由表3可见,随成功区域权重值的增加,资产2的比例增多,表明越渴望成功的投资者行为越冒险. 与表3形成对照,表4反映随失败区域权重值的增加,资产2的比例减少,表明越在意失败的人在投资活动中越趋于保守.

表3 成功区域权重值改变时,不同目标(G)下的P<sub>1</sub>投资比例情况

G	$\beta_s = 3$			$\beta_s = 3.4$			$\beta_s = 3.8$		
	资产1	资产2	资产3A	资产1	资产2	资产3A	资产1	资产2	资产3A
0.075	0	0.1566	0.8434	0	0.1667	0.8333	0	0.1667	0.8333
0.08	0	0.2186	0.7814	0	0.2388	0.7612	0	0.2584	0.7416
0.085	0	0.2793	0.7207	0	0.3113	0.6887	0	0.3235	0.6765

表4 失败区域权重值改变时,不同目标(G)下的P<sub>1</sub>投资比例情况

G	$\beta_F = 3$			$\beta_F = 4.4$			$\beta_F = 4.8$		
	资产1	资产2	资产3A	资产1	资产2	资产3A	资产1	资产2	资产3A
0.075	0	0.1566	0.8434	0	0.1543	0.8457	0	0.1522	0.8478
0.08	0	0.2186	0.7814	0	0.2126	0.7874	0	0.2074	0.7926
0.085	0	0.2793	0.7207	0	0.2676	0.7324	0	0.2581	0.7419

3.2.2 包含结构化产品3B的投资组合P<sub>2</sub>

设4个区域权重值 $\beta_F = 4$ 、 $\beta_- = 2$ 、 $\beta_+ = 1$ 、 $\beta_S = 3$ ,对于投资组合P<sub>2</sub>,不同底线和目标下的投资比例变化情况如表5和表6所示.可见,呈现的投资比例变化趋势与组合P<sub>1</sub>相似.目标低于结构化产品3B上限时,结构化产品占比逐渐增多,而当目标高于上限时,结构化产品占比减少,同时挂钩标的占比增多以尽量满足投资者的目标需求.组合P<sub>2</sub>与P<sub>1</sub>虽然在

投资比例的变化趋势上相同,但在具体数值上仍有些许差异,结合表1、表2、表5和表6,在目标达到结构化产品3B收益上限0.0621前,目标底线相同时,3B的占比大于3A的占比,且组合P<sub>2</sub>的最大感知价值大于组合P<sub>1</sub>,表明与3A相比,目标较小的投资者更喜爱产品3B;目标大于结构化产品3A收益上限0.07时,3B的占比小于3A的占比,且组合P<sub>2</sub>的最大感知价值小于组合P<sub>1</sub>,表明目标较大的投资者更青睐产品3A.

表5 底线(MR)为-0.05及-0.1时,不同目标(G)下的P<sub>2</sub>投资比例情况

G	MR = -0.05				MR = -0.1			
	资产1	资产2	资产3A	感知价值	资产1	资产2	资产3A	感知价值
0.055	0.5806	0	0.4194	0.1147	0.5806	0	0.4194	0.1147
0.06	0.1736	0	0.8264	0.1206	0.1736	0	0.8264	0.1206
0.0621	0	0	1	0.1230	0	0	1	0.1230
0.07	0	0.1807	0.8193	0.1114	0	0.1833	0.8167	0.1117
0.075	0	0.2347	0.7653	0.1103	0	0.2316	0.7684	0.1107
0.08	0	0.2910	0.7090	0.1102	0	0.2740	0.7260	0.1102
0.09	0	0.3235	0.6765	0.1107	0	0.3538	0.6462	0.1104
0.1	0	0.3235	0.6765	0.1088	0	0.4379	0.5621	0.1115
0.12	0.6259	0.3741	0	0.1033	0.4389	0.5611	0	0.1150
0.15	0.6259	0.3741	0	0.0909	0.4389	0.5611	0	0.1131
0.2	0.6259	0.3741	0	0.0747	0.4389	0.5611	0	0.0985

表6 底线(MR)为-0.15及-0.2时,不同目标(G)下的P<sub>2</sub>投资比例情况

G	MR = -0.15				MR = -0.2			
	资产1	资产2	资产3A	感知价值	资产1	资产2	资产3A	感知价值
0.055	0.5806	0	0.4194	0.1147	0.5806	0	0.4194	0.1147
0.06	0.1736	0	0.8264	0.1206	0.1736	0	0.8264	0.1206
0.0621	0	0	1	0.1230	0	0	1	0.1230
0.07	0	0.1861	0.8139	0.1119	0	0.1873	0.8127	0.1119
0.075	0	0.2365	0.7635	0.1110	0	0.2394	0.7606	0.1111
0.08	0	0.2797	0.7203	0.1107	0	0.2844	0.7156	0.1110
0.09	0	0.3559	0.6441	0.1112	0	0.3631	0.6369	0.1117
0.1	0	0.4268	0.5732	0.1121	0	0.4336	0.5664	0.1129
0.12	0	0.5731	0.4269	0.1149	0	0.5665	0.4335	0.1158
0.15	0.2518	0.7482	0	0.1212	0.2087	0.7913	0	0.1212
0.2	0.2518	0.7482	0	0.1182	0.0648	0.9352	0	0.1289

## 4 结论

投资组合的选择本质上属于风险抉择的范畴,三参照点理论为风险选择领域提供了定性与定量的双重分析视角. 本文将三参照点理论引入投资组合优化问题,以风靡市场的结构性产品投资为载体,从由底线、现状、目标构成的3个心理点、4个感知区域切入,分析投资者的决策行为.

研究发现:中国理财市场上普遍存在的区间型结构性产品的收益特点对产品本身的魅力起着决定性作用:一方面,下限使其减少了失败的可能,使之在风险角度优于它所挂钩的标的;另一方面,上行空间使其具备获得成功的潜力,使之在收益角度优于低风险产品. 故中国现有结构性产品吸引投资者并非偶然,而是市场上普遍存在的底线较高且目标较高的投资者选择的必然. Rieger等<sup>[3]</sup>通过实验也表明,人们对保本型结构性产品的喜爱的确出于本身的真实需求,而非保本型产品的购买大多受营销的影响.

本文只在投资者对自身底线、现状及目标认识准确且固定的情况下,建立投资组合选择模型. 但有理由考虑,投资者的参照点可能随外界而灵活波动,如之前投资活动中的损益情况. 并且,少部分投资者可能对自身参照点的认知较为模糊. 这些都是未来探索的内容.

### 参考文献(References)

- [1] Entrop O, McKenzie M, Wilkens M, et al. The performance of individual investors in structured financial products[J]. *Review of Quantitative Finance & Accounting*, 2016, 46(3): 569-604.
- [2] Kiriakopoulos K, Mavralaxakis T. Structured bonds and greek demons-is the attack “fair” [J]. *J of Applied Finance & Banking*, 2011, 1(2): 231-277.
- [3] Rieger M O, Hens T. Explaining the demand for structured financial products: Survey and field experiment evidence[J]. *Zeitschrift Für Betriebswirtschaft*, 2012, 82(5): 491-508.
- [4] Abreu M, Mendes V. The investor in structured retail products: Advice driven or gambling oriented[J]. *J of Behavioral and Experimental Finance*, 2018, 17: 1-9.
- [5] Rieger M O. Why do investors buy bad financial products? Probability misestimation and preferences in financial investment decision[J]. *J of Behavioral Finance*, 2012, 13(2): 108-118.
- [6] Hens T, Rieger M O. Can utility optimization explain the demand for structured investment products?[J]. *Quantitative Finance*, 2014, 14(4): 673-681.
- [7] Hens T, Rieger M O. The dark side of the moon: structured products from the customer’s perspective[D]. Zurich: Swiss Banking Institute, University of Zurich, 2008.
- [8] Döbeli B, Vanini P. Stated and revealed investment decisions concerning retail structured products[J]. *J of Banking & Finance*, 2010, 34(6): 1400-1411.
- [9] Vandenbroucke J. A cumulative prospect view on portfolios that hold structured products[J]. *J of Behavioral Finance*, 2015, 16(4): 297-310.
- [10] 任敏, 陈金龙. 保本型股票挂钩结构性外汇理财产品定价研究[J]. *国际金融研究*, 2008(12): 64-70. (Ren M, Chen J L. A Study on pricing of foreign exchange financial products with guaranteed equity-linked structure[J]. *Studies of International Finance*, 2008(12): 64-70.)
- [11] 崔海蓉, 何建敏, 胡小平. 规避通胀风险的结构性理财产品设计与定价[J]. *管理科学*, 2012, 25(2): 105-111. (Cui H R, He J M, Hu X P. Designing and pricing structured financing products in order to avoiding inflation risk[J]. *J of Management Science*, 2012, 25(2): 105-111.)
- [12] 顾婧, 程翔, 周勇. 区间型股票挂钩类结构性产品定价模型与偏差检验[J]. *系统工程*, 2017, 35(6): 18-25. (Gu J, Cheng X, Zhou Y. Pricing model and deviation test on stock-linked structured products with interval type[J]. *Systems Engineering*, 2017, 35(6): 18-25.)
- [13] 王宗润, 陈曦, 邓松海. 结构性产品投资者感知风险与过度自信影响研究[J]. *管理科学学报*, 2018, 21(3): 82-93. (Wang Z R, Chen X, Deng S H. Perceived risk and overconfidence of structured financial products investors[J]. *J of Management Sciences in China*, 2018, 21(3): 82-93.)
- [14] Markowitz H. Portfolio selection[J]. *J of Finance*, 1952, 7(1): 77-91.
- [15] Allais M. Le comportement de l’homme rationnel devant le risque: Critique des postulats et axiomes de l’ecole americaine[J]. *Econometrica*, 1953, 21(4): 503-546.
- [16] Kahneman D, Tversky A. Prospect Theory: An analysis of decisions under risk[J]. *Econometrica*, 1979, 47(2): 263-292.
- [17] Tversky A, Kahneman D. Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty[J]. *J of Risk & Uncertainty*, 1992, 5(4): 297-323.
- [18] Lopes L L. Between hope and fear: The psychology of risk[J]. *Advances in Experimental Social Psychology*, 1987, 20(3): 255-295.
- [19] Wang X T, Johnson J G. A tri-reference point theory of decision making under risk[J]. *J of Experimental Psychology: General*, 2012, 141(4): 743-756.

- [20] Harris C, Wu C. Using tri-reference point theory to evaluate risk attitude and the effects of financial incentives in a gamified crowdsourcing task[J]. *J of Business Economics*, 2014, 84(3): 281-302.
- [21] 熊冠星, 李爱梅, 王晓田. 基于三参照点理论的薪酬差距与离职决策的分析[J]. *心理科学进展*, 2014, 22(9): 1363-1371.  
(Xiong G X, Li A M, Wang X T. An analysis of wage gap and turnover decisions based on tri-reference point theory[J]. *Advances in Psychological Science*, 2014, 22(9): 1363-1371.)
- [22] Zhao L, Ye J, Wu X, et al. The influence of the tri-reference points on fairness and satisfaction perception[J]. *Frontiers in Psychology*, 2018, 9: 193.
- [23] Hu Z, Wang X T. Trust or not: Heuristics for making trust-based choices in hr management[J]. *J of Business Research*, 2014, 67(8): 1710-1716.
- [24] Lagerkvist C J, Normann A, Åström A. A theoretical description and experimental exploration of tri-reference point theory with respect to food choice[J]. *Food Quality & Preference*, 2015, 41: 60-74.
- [25] Keemun W, Musa G. International second home retirement motives in malaysia: Comparing british and japanese retirees[J]. *Asia Pacific J of Tourism Research*, 2015, 20(9): 1041-1062.
- [26] 詹泽雄, 吴宗法, 程国雄. 基于前景价值与下偏二阶矩的投资组合优化研究[J]. *北京理工大学学报: 社会科学版*, 2017, 19(2): 55-66.  
(Zhan Z X, Wu Z F, Cheng G X. Behavioral portfolio optimization based on prospect theory and lower partial secondary moment[J]. *J of Beijing Institute of Technology: Social Sciences Edition*, 2017, 19(2): 55-66.)
- [27] Bawa V S. Optimal rules for ordering uncertain prospects[J]. *J of Financial Economics*, 1975, 2(1): 95-121.
- [28] Lwin K T, Qu R, Maccarthy B L. Mean-VaR portfolio optimization: A nonparametric approach[J]. *European J of Operational Research*, 2017, 260(2): 751-766.
- [29] Artzner P, Delbaen F, Eber J M, et al. Coherent measures of risk[J]. *Mathematical Finance*, 1999, 9(3): 203-228.
- [30] 李军, 周建力. 考虑复杂约束的鲁棒均值-CVaR投资组合模型及粒子群算法[J]. *控制与决策*, 2016, 31(12): 2219-2224.  
(Li J, Zhou J L. Robust mean-CVaR portfolio selection model with complicated realistic constraints and its improved particle swarm optimization algorithm[J]. *Control and Decision*, 2016, 31(12): 2219-2224.)
- [31] Sheikahmadi P, Bahramara S, Moshtagh J, et al. A risk-based approach for modeling the strategic behavior of a distribution company in wholesale energy market[J]. *Applied Energy*, 2018, 214: 24-38.
- [32] Zhang X, Liu P, Xu C Y, et al. Conditional value-at-risk for nonstationary streamflow and its application for derivation of the adaptive reservoir flood limited water level[J]. *J of Water Resources Planning & Management*, 2018, 144(3): 04018005.
- [33] Li Q Q, Li Y P, Huang G H, et al. Risk aversion based interval stochastic programming approach for agricultural water management under uncertainty[J]. *Stochastic Environmental Research & Risk Assessment*, 2018, 32(3): 715-732.
- [34] Roy A D. Safety first and the holding of assets[J]. *Econometrica*, 1952, 20(3): 431-449.
- [35] Pyle D, Turnovsky S. Safety-first and expected utility maximization in mean-standard deviation portfolio analysis[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 1970, 52(1): 75-81.
- [36] Levy H, Levy M. The safety first expected utility model: experimental evidence and economic implications[J]. *J of Banking & Finance*, 2009, 33(8): 1494-1506.
- [37] Gren I M, Baxter P, Mikusinski G, et al. Cost-effective biodiversity restoration with uncertain growth in forest habitat quality[J]. *J of Forest Economics*, 2014, 20(1): 77-92.
- [38] Gren I M, Carlsson M. Economic value of carbon sequestration in forests under multiple sources of uncertainty[J]. *J of Forest Economics*, 2013, 19(2): 174-189.
- [39] Cao G, Shan D. The effect of exit strategy on optimal portfolio selection with birandom returns[J]. *J of Applied Mathematics*, 2013, 1: 707-724.
- [40] Kennedy J, Eberhart R. Particle swarm optimization[J]. *IEEE Int Conf on neural Networks IV*, 1995, 4(8): 1942-1948.
- [41] Magron C. Investors' aspirations and portfolio performance[J]. *Finance Research Letters*, 2014, 11(2): 153-160.

#### 作者简介

王宗润(1973—), 男, 教授, 博士生导师, 从事金融工程与风险管理等研究, E-mail: zrwang0209@sina.com;

何珊珊(1995—), 女, 硕士生, 从事金融工程与风险管理的研究, E-mail: 1294134835@qq.com.

(责任编辑: 郑晓蕾)