DOI:10.11721/cqnuj20170427

# 兼容移动市场下的多期模糊投资组合优化模型*

玄海燕[1]，李　玥[2]，张玉春[1]，赵　晖[1]
(1. 兰州理工大学 经济管理学院；2. 兰州理工大学 理学院，兰州 730050)

**摘要**:【目的】理性的投资决策需要满足风险收益均衡目的,同时还需要考虑很多标准,从而使得投资组合优化模型更贴合实际。【方法】根据市场发展趋势的风险偏好以及风险收益权衡原则,运用模糊的方法给出模糊收益率。【结果】假设收益率为兼容移动市场下的非对称三角模糊变量,不仅给出了一种新型的多期模糊投资组合优化模型,而且在模型中还考虑了交易成本、多元化程度等因素。【结论】最后选取中国股票市场的 8 支股票数据,用遗传算法进行了实证分析,还对结果进行了对比,证实兼容移动的市场因素的模型更符合实际的金融市场。

**关键词**:移动市场;三角模糊变量;投资组合优化

**中图分类号**:O221.6　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1672-6693(2017)05-0128-06

Markowitz[1]最初提出了投资组合选择的均值-方差模型,从而奠定了现代投资组合分析的基础。适当的投资组合模型可以更好地分配投资者的财富,Speranza[2]、Konno 等人[3]在平均绝对偏差模型基础上提出了一种混合整数规划模型,用于考虑最小交易量和最大数量的证券,且设计了一个简单的两阶段启发式算法解决该模型,上述的模型都是单期资产组合选择模型。然而,在现实世界中,投资者倾向于投资长期投资,投资者应不时地调整自己的财富。所以许多研究人员研究了多期投资组合优化问题,例如,Li 等人[4]通过动态投资组合取得了突破性的结果。在模型中,他们提出在一个容易处理的辅助问题中嵌入问题的想法来探讨多期资产组合选择均值-方差模型,并获得了相应的均值-方差有效前沿。孙宗岐等人[5]研究了考虑受动态 VAR 约束时带阀值分红策略的保险公司最优投资策略问题。

虽然研究者大多致力于用概率论的方法定义所有的不确定性,但是有些不确定性无法用概率准确解释它们的性质。为了解释这种不确定性,模糊理论提供了一个有用的框架。本质上,这样的框架提供了处理问题的一种自然的方式,其中的不确定性的来源是缺乏一类隶属函数严格定义的标准而不是随机变量的存在。随着 Zadeh[6]模糊集理论的广泛使用,越来越多的研究者已经意识到他们可以使用模糊集理论来处理模糊性和歧义,Zhang 等人[7]提出了一个对于多阶段模糊组合可能性选择,就是均值-半方差-熵函数模型。Liu 等人[8]通过使用多目标提出了多期模糊组合优化模型。Zhang 等人[9]提出了具有风险控制和基数约束的均值-绝对偏差投资组合优化模型。

本研究的目的是研究移动的市场因素下的多期模糊投资组合选择问题。用可能性理论提供一个均值-方差模型。该模型考虑了收益、风险、交易成本、多元化程度以及移动市场等因素。其中,假设收益率是考虑了移动市场因素的三角模糊变量,更符合实际中预测的收益率以及客观事实。投资回报是由投资组合的回报的可能性均值来衡量的,投资风险是由投资组合的回报率的可能性方差量化,从而提出的模型是一个双目标规划问题。根据中国股市的发展,选取中证指数有限公司官网上的数据作为观测值,利用 R 语言,进行数值模拟,并对模拟结果进行分析。

## 1 兼容移动市场下收益率为三角模糊变量的模型构建

假设投资者持有 $n$ 种风险资产和 1 种无风险资产,在第一期的初始财富记为 $W_1$,第 $T$ 期结束时获得终端财富,并且假设无风险资产的收益率是一个常数。

* **收稿日期**:2016-08-18　**修回日期**:2017-07-21　**网络出版时间**:2017-05-16　11:26
**资助项目**:国家自然科学基金(No.11261031)
**第一作者简介**:玄海燕,女,副教授,研究方向为金融工程、应用概率统计,E-mail:haiyanxuan@msn.com
**网络出版地址**:http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20170516.1126.050.html

首先介绍所有将在以下叙述中使用的相关符号：$p_{ti}$ 表示第 $t$ 期股票 $i$ 的价格；$x_{ti}$ 表示第 $t$ 期股票 $i$ 的交易量；$x_{tn+1}$ 表示第 $t$ 期无风险资产的交易量；$W_t$ 表示第 $t$ 期期初的财富值；$w_{ti}$ 表示第 $t$ 期股票 $i$ 的投资比例；$w_{tn+1}$ 表示第 $t$ 期无风险资产的投资比例；$r_{ti}$ 表示第 $t$ 期股票 $i$ 的收益率；$c_{ti}$ 表示第 $t$ 期股票 $i$ 的单位交易成本；$r_{pt}$ 表示第 $t$ 期投资组合的收益率；$R_{pt}$ 表示第 $t$ 期投资组合的收益；$r(t)$ 表示第 $t$ 期投资组合预设的最低收益率；$r_f(t)$ 表示第 $t$ 期无风险资产的收益率；$\lambda_t$ 表示第 $t$ 期投资组合预设的最大风险容忍水平；$\xi_t$ 表示第 $t$ 期投资组合预设的最小多元化程度。

假设接下来的 $t$ 周期的交易成本是第 $t$ 期投资组合 $x_t=(x_{t1},x_{t2},\cdots,x_{tn},x_{tn+1})$ 和第 $t-1$ 期投资组合 $x_{t-1}=(x_{t-11},x_{t-12},\cdots,x_{t-1n},x_{t-1n+1})$ 之差的 V 形函数。这样，第 $t$ 期股票 $i$ 的成本可以表示为：$C_{ti}=c_{ti}\left|x_{ti}-x_{t-1i}\right|p_{ti}$。在 $t$ 周期的投资组合 $x_t=(x_{t1},x_{t2},\cdots,x_{tn},x_{tn+1})$ 的收益可以表示为：

$$R_{pt}=\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}r_{ti}+r_f(t)x_{tn+1},t=1,2,\cdots,T。$$

其中，$x_{tn+1}=W_t-\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}-C_t$。

这样，在 $t+1$ 期期初的可用财富可以表示为：

$$W_{t+1}=\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}(1+r_{ti})+\left(W_t-\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}-C_t\right)(1+r_f(t)),$$

然而

$$W_{t+1}-W_t=\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}(1+r_{ti})+W_tr_f(t)-\left(\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}+C_t\right)(1+r_f(t)),$$

$$W_{t+1}-W_t(1+r_f(t))=\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}+\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}r_{ti}-\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}-\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}r_f(t)-C_t(1+r_f(t))=$$

$$\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}\left[r_{ti}-r_f(t)\right]-C_t(1+r_f(t)),$$

$$W_2-W_1(1+r_f(1))=\sum_{i=1}^{n}x_{1i}p_{1i}\left[r_{1i}-r_f(1)\right]-C_1(1+r_f(1)),$$

$$W_3-W_1\prod_{t=1}^{2}(1+r_f(t))=\sum_{t=1}^{2}\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}\left[r_{ti}-r_f(t)\right]\prod_{j=t+1}^{T}(1+r_f(j))-\sum_{t=1}^{2}C_t\prod_{t=1}^{2}(1+r_f(t))。$$

进而，第 $T$ 期期末的终端财富可以表示为：

$$W_{T+1}=W_1\prod_{t=1}^{T}(1+r_f(t))+\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}(r_{ti}-r_f(t))\prod_{j=1}^{T}(1+r_f(j))-\sum_{t=1}^{T}C_t\prod_{t=1}^{T}(1+r_f(t))。$$

下面给出收益率 $r_{ti}$ 为兼容移动市场的非对称三角模糊变量的情况下的投资组合优化模型，第 $t$ 期股票 $i$ 的收益率 $r_{ti}$，表示为 $\sigma_i=(1,\beta_{\min},\beta_{\max})$，其中 $\beta$ 系数用来衡量一种证券或一个投资组合相对总体市场的波动性，1 为标准化处理后的中心值，$w_{ti}$ 是第 $t$ 期投资在第 $i$ 种证券的投资比例，它是由投资者确定的非随机变量，显然有 $\sum_{i=1}^{n}w_{ti}=1,w_{ti}\geqslant 0$；由此，兼容移动的市场因素下的三角模糊变量的隶属函数及图形（图 1）如下：

$$\mu_{\sigma_i}(x)=\begin{cases}0,\sum_{i=1}^{n}\beta_ix_i<\beta_{\min}\\[2ex] 1-\dfrac{1-\sum_{i=1}^{n}\beta_ix_i}{1-\beta_{\min}},\beta_{\min}\leqslant\sum_{i=1}^{n}\beta_ix_i\leqslant 1\\[2ex] 1-\dfrac{\sum_{i=1}^{n}\beta_ix_i-1}{\beta_{\max}-1},1\leqslant\sum_{i=1}^{n}\beta_ix_i\leqslant\beta_{\max}\\[2ex] 0,\sum_{i=1}^{n}\beta_ix_i>\beta_{\max}\end{cases}。$$

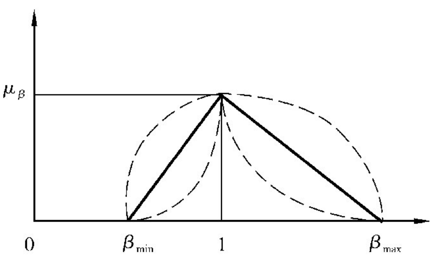


**图 1　兼容移动市场的三角模糊变量的隶属函数**

Fig. 1　Membership function of triangular fuzzy variable with movement of market

容易计算出其可能性均值和可能性方差分别为：

$$E=\int_0^1\gamma(1-(1-\gamma)\beta_{\min}+1+(1-\gamma)\beta_{\max})\mathrm{d}\gamma=1-\frac{\beta_{\max}-\beta_{\min}}{6},\tag{1}$$

$$V=\int_0^1\gamma\{[E-(1-(1-\gamma)\beta_{\min})]^2+[E-(1+(1-\gamma)\beta_{\max})]^2\}\mathrm{d}\gamma=$$

$$\left(\frac{\beta_{\max}+\beta_{\min}}{6}\right)^2+\left(\frac{\beta_{\max}+\beta_{\min}}{72}\right)^2+\left(\frac{\beta_{\max}-\beta_{\min}}{72}\right)^2。\tag{2}$$

由(1)式可得投资组合在第 $t$ 期的收益率为：

$$E(r_{pt})=\sum_{i=1}^{n}W_{ti}\left(1-\frac{\beta_{i\max}-\beta_{i\min}}{6}\right)+W_{tn+1}r_f(t)。$$

由于 $r_{ti}$ 是一个模糊变量，终端财富 $W_{T+1}$ 也是一个模糊变量，从而可以得到：

$$E(W_{T+1})=W_1\prod_{t=1}^{T}(1+r_f(t))+\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}(E(r_{ti})-r_f(t))\prod_{j=t+1}^{T}(1+r_f(j))-\sum_{t=1}^{T}C_t\prod_{t=1}^{T}(1+r_f(t))=$$

$$\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}\left(1-\frac{\beta_{i\max}-\beta_{i\min}}{6}-r_f(t)\right)\prod_{j=t+1}^{T}(1+r_f(j))+W_1\prod_{t=1}^{T}(1+r_f(t))-\sum_{t=1}^{T}C_t\prod_{t=1}^{T}(1+r_f(t))。$$

由(2)式可得收益率的可能性方差可以表示为：

$$\mathrm{Var}(r_{pt})=\left[\sum_{i=1}^{n}w_{ti}\left(\frac{\beta_{i\max}+\beta_{i\min}}{6}\right)\right]^2+\frac{1}{72}\left[\sum_{i=1}^{n}w_{ti}(\beta_{i\max}+\beta_{i\min})\right]^2+\frac{1}{72}\left[\sum_{i=1}^{n}w_{ti}(\beta_{i\max}-\beta_{i\min})\right]^2,$$

从而得到累加的整个持有周期的可能性方差为：

$$V=\sum_{t=1}^{T}\left\{\left[\sum_{i=1}^{n}w_{ti}\left(\frac{\beta_{i\max}+\beta_{i\min}}{6}\right)\right]^2+\frac{1}{72}\left[\sum_{i=1}^{n}w_{ti}(\beta_{i\max}+\beta_{i\min})\right]^2+\frac{1}{72}\left[\sum_{i=1}^{n}w_{ti}(\beta_{i\max}-\beta_{i\min})\right]^2\right\}。$$

基于以上分析，用期望和方差来量化股票的收益和风险，假设投资者想要在 $T$ 周期内达到终端财富最大化和累积风险最小化的目标。同时，要求投资组合每个周期的收益率和多元化程度必须超过预设的最小水平，投资组合每个周期收益率的风险小于给定的最大风险承受能力。这样，可以将多期投资组合优化问题构造为下面的双目标规划问题。

$$\max E(W_{T+1})=W_1\prod_{t=1}^{T}(1+r_f(t))+\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}(E(r_{ti})-r_f(t))\prod_{j=t+1}^{T}(1+r_f(j))-\sum_{t=1}^{T}C_t\prod_{t=1}^{T}(1+r_f(t))=$$

$$\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}\left(1-\frac{\beta_{i\max}-\beta_{i\min}}{6}-r_f(t)\right)\prod_{j=t+1}^{T}(1+r_f(j))+W_1\prod_{t=1}^{T}(1+r_f(t))-\sum_{t=1}^{T}C_t\prod_{t=1}^{T}(1+r_f(t)),$$

$$\min V=\sum_{t=1}^{T}\left\{\left[\sum_{i=1}^{n}w_{ti}\left(\frac{\beta_{i\max}+\beta_{i\min}}{6}\right)\right]^2+\frac{1}{72}\left[\sum_{i=1}^{n}w_{ti}(\beta_{i\max}+\beta_{i\min})\right]^2+\frac{1}{72}\left[\sum_{i=1}^{n}w_{ti}(\beta_{i\max}-\beta_{i\min})\right]^2\right\}。$$

$$\text{s.t. }\sum_{i=1}^{n}x_{ti}p_{ti}+C_t\leqslant E(W_t),$$

$$\sum_{i=1}^{n}w_{ti}1-\frac{\beta_{i\max}-\beta_{i\min}}{6}+w_{tn+1}r_f(t)\geqslant r(t),$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n}w_{ti}\left(\frac{\beta_{i\max}+\beta_{i\min}}{6}\right)\right]^2+\frac{1}{72}\left[\sum_{i=1}^{n}w_{ti}(\beta_{i\max}+\beta_{i\min})\right]^2+\frac{1}{72}\left[\sum_{i=1}^{n}w_{ti}(\beta_{i\max}-\beta_{i\min})\right]^2\leqslant\lambda_t,$$

$$-\sum_{i=1}^{n}w_{ti}\ln(w_{ti})\geqslant\xi_t。$$

采用加权法转化为单目标规划模型：

$$\max rE[f(w_{ti},\sigma_{ti})]+1-r\{V[f(w_{ti},\sigma_{ti})]\},$$

$$\text{s.t. }\sum_{i=1}^{n}w_{ti}=1,w_{ti}\geqslant 0,i=1,2,\cdots,n。$$

其他条件同上。

权重系数 $r\in[0,1]$，它的取值可以依据投资者能够承担风险的程度而定。如果 $r$ 越大，那么投资者越倾向于风险，是典型的风险偏好型投资者；如果 $r$ 越小，那么投资者越远离风险，是典型的风险规避型投资者。

## 2 实证分析

为了说明模型的思想和设计的算法，下面考虑一个中国股市的实证应用。假设有 8 支股票和 1 种无风险资产在金融市场交易，选取“上证 50 指数”中的 8 支成份股进行投资组合分析，分别为 600028 中国石化、600111 北方稀土、600519 贵州茅台、601006 大秦铁路、601088 中国神华、601398 工商银行、601628 中国人寿和 601988 中国银行。

投资者打算在连续 3 个投资周期的时间范围内，在 9 个资产中分配他的 1 亿初始财富，依据前面的假设，所选取的 8 支股票的未来收益率是考虑了移动市场的三角模糊数，记为$\sigma_i=(1,\beta_{\min},\beta_{\max})$，$\beta_{\min}$代表股票的左宽度，$\beta_{\max}$代表股票的右宽度，1 代表三角模糊数量化后的中心值。用模糊频数统计法确定参数$\sigma_i=(1,\beta_{\min},\beta_{\max})$，即利用统计软件，构造频数统计图，近似地得出三角模糊数，搜集 8 支股票 2013 年 7 月 1 日—2016 年 6 月 31 日这 3 年间的周收益率，以一年为一个投资周期来处理这些历史数据，并且进行量化处理；算出周收益率区间段的最小值、最大值和中心值之间的距离。在 SPSS 软件平台上，通过计算分别得 $\beta_{\min}$，$\beta_{\max}$，如表 1 所示。表 2 表示每一时期的交易日期这些股票的市场价格。

**表 1　兼容移动市场因素的三角模糊数参数值**

Tab. 1　Triangular fuzzy number parameter value of stock compatible with movement of market

| $t$ | 股票 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\beta_{\max}$ | 1.100 3 | 1.317 9 | 1.107 1 | 1.154 5 | 1.241 8 | 1.146 4 | 1.229 1 | 1.460 3 |
| $t=1$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | $\beta_{\min}$ | 0.314 17 | 0.568 4 | 0.623 6 | 0.548 3 | 0.359 9 | 0.145 8 | 0.054 8 | 0.025 2 |
| | $\beta_{\max}$ | 1.085 5 | 1.430 9 | 1.267 2 | 1.422 1 | 1.497 9 | 1.122 6 | 1.388 8 | 1.344 2 |
| $t=2$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | $\beta_{\min}$ | 0.358 4 | 0.358 4 | 0.085 2 | 0.930 5 | 0.863 9 | 0.483 6 | 0.806 8 | 0.213 7 |
| | $\beta_{\max}$ | 1.112 8 | 1.371 5 | 1.494 3 | 1.053 6 | 1.241 0 | 1.442 7 | 1.410 5 | 1.098 5 |
| $t=3$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | $\beta_{\min}$ | 0.224 5 | 0.237 4 | 0.284 8 | 0.528 1 | 0.726 2 | 0.439 6 | 0.799 1 | 0.106 3 |

**表 2　三期 8 支股票的价格**

Tab. 2　Eight stock price of three periods

| $t$ | 股票 1 | 股票 2 | 股票 3 | 股票 4 | 股票 5 | 股票 6 | 股票 7 | 股票 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t=1$ | 20.70 | 192.03 | 5.87 | 16.86 | 3.96 | 13.60 | 2.69 | 4.15 |
| $t=2$ | 5.22 | 19.74 | 142.59 | 6.34 | 14.62 | 3.40 | 13.68 | 2.56 |
| $t=3$ | 7.00 | 17.97 | 255.00 | 13.68 | 20.40 | 5.20 | 30.80 | 4.87 |

假设交易成本率为 0.055，即$c_{ti}=0.055(t=1,2,3;i=1,2,\cdots,10)$。投资组合的预期收益率水平在 3 个投资周期分别设定为 0.0245，0.026 7 和 0.033 3。在每一期的无风险资产收益率设定为 0.02。在 3 个投资期的投资组合的风险承受水平分别设置为 0.015，0.018 和 0.024。在每一个时期的投资组合的多样化程度设置为 1.2。由于每个投资者对未来收益预期不同，而投资者自身判断的不同将会导致预期收益的不同，因此依据上述的模糊组合优化模型，考虑参数 $r$ 的 3 个不同值来表示不同投资者的偏好，即 $r=0.1,0.5,0.9$。在用上述选定的8 支股票进行投资时，在遗传算法中的具体参数设置为：目标值为 9，种群规模为 1 000，交叉概率为 0.7，变异概率为 0.3。从线性代数的角度来说，采用这样的处理方式，会使得在程序上更容易得到运行。交叉概率设置为 70%，

即一边是70%,另一边是30%,两边的基因都得到了较好的保留。采用R语言,在程序中分别针对风险偏好型、风险规避型和风险中性型3种投资者进行计算分析,得到针对这3类投资者的投资策略,其投资比例及终端财富如表3所示。假设3类投资者的初始投资均为1亿。

1)若投资者对未来的投资收益是悲观态度,并且持风险规避态度,这里取 $r=0.1$,经过100次迭代得到投资者的投资策略及终端财富值为1.183 1亿。

2)如果投资者对未来的收益既不看好也不悲观,并且对风险持中性态度,那么在程序运行时取 $r=0.5$,经过迭代100次后,得到投资组合策略,且最优值是1.204 1亿。

3)如果投资者对证券未来的收益持乐观态度,并且他是风险偏好者,那么取 $r=0.9$,经过迭代100次后,可以得到最优的投资组合策略,且最优值是1.213 4亿。

**表3 兼容移动市场因素的3期8支股票在不同加权系数下的分配比率及财富**

Tab. 3 Eight stock distribution ratio and wealth of three periods compatible with movement of market in different weighting coefficients

| $r$ | $t$ | 股票1 | 股票2 | 股票3 | 股票4 | 股票5 | 股票6 | 股票7 | 股票8 | $w$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $r=0.1$ | $t=1$ | 0.038 9 | 0.191 4 | 0.203 8 | 0.135 4 | 0.127 5 | 0.060 8 | 0.173 4 | 0.068 8 | 1.031 5 |
| | $t=2$ | 0.201 1 | 0.019 5 | 0.175 2 | 0.076 6 | 0.186 5 | 0.094 3 | 0.083 7 | 0.163 1 | 1.142 6 |
| | $t=3$ | 0.136 1 | 0.101 9 | 0.117 1 | 0.212 3 | 0.190 1 | 0.098 3 | 0.039 5 | 0.104 7 | 1.183 1 |
| $r=0.5$ | $t=1$ | 0.030 9 | 0.156 7 | 0.201 8 | 0.098 9 | 0.177 2 | 0.137 5 | 0.069 5 | 0.127 5 | 1.072 3 |
| | $t=2$ | 0.111 2 | 0.130 3 | 0.061 8 | 0.143 6 | 0.146 1 | 0.084 8 | 0.232 5 | 0.089 7 | 1.132 5 |
| | $t=3$ | 0.086 2 | 0.138 1 | 0.148 4 | 0.091 6 | 0.207 4 | 0.131 0 | 0.133 1 | 0.064 2 | 1.204 1 |
| $r=0.9$ | $t=1$ | 0.038 6 | 0.079 8 | 0.093 6 | 0.216 7 | 0.207 7 | 0.137 2 | 0.045 5 | 0.180 9 | 1.037 2 |
| | $t=2$ | 0.135 4 | 0.101 6 | 0.225 9 | 0.100 6 | 0.099 9 | 0.196 5 | 0.097 6 | 0.042 5 | 1.142 7 |
| | $t=3$ | 0.199 7 | 0.019 4 | 0.174 1 | 0.076 1 | 0.185 7 | 0.099 7 | 0.083 2 | 0.162 1 | 1.213 4 |

通过模型和程序运行可以看出,在不同的权数下,不同类型的投资者所采用的投资策略不同。例如:风险偏好型投资者倾向于高风险、高收益,在个人主观上是期望获得高收益,在模型中取 $r=0.9$ 时,终端财富值为1.213 4亿,在模拟的3种情况下处于最大状态;风险规避型投资者倾向于低风险、低收益,在个人主观上期望投资的风险最低,在模型中取 $r=0.1$ 时,终端财富为1.183 1亿,在所模拟的3种情况下处于最小状态;风险中性型投资者倾向于客观看待,既不悲观,也不乐观,在模型中取 $r=0.5$ 时,终端财富为1.204 1亿,在模拟的3种情况下处于中间状态,相对而言,这种情况更接近于实际情况。

为了便于对实证分析的结果进行比较,本章选取的数据保持一致,所有设定不变,只是收益率为普通的未考虑移动市场的三角模糊数,3期8支股票在不同加权系数下的分配比率和终端财富如表4所示。

**表4 未兼容移动市场因素的三期8支股票在不同加权系数下的分配比率及财富**

Tab. 4 Eight stock distribution ratio and wealth of three periods without compatible with movement of market in different weighting coefficients

| $r$ | $t$ | 股票1 | 股票2 | 股票3 | 股票4 | 股票5 | 股票6 | 股票7 | 股票8 | $w$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $r=0.1$ | $t=1$ | 0.144 2 | 0.231 1 | 0.086 9 | 0.092 4 | 0.027 4 | 0.207 5 | 0.190 3 | 0.020 2 | 1.070 1 |
| | $t=2$ | 0.217 8 | 0.144 6 | 0.051 2 | 0.066 4 | 0.152 1 | 0.142 5 | 0.092 8 | 0.132 6 | 1.113 2 |
| | $t=3$ | 0.231 9 | 0.166 9 | 0.068 1 | 0.207 1 | 0.077 9 | 0.103 7 | 0.121 6 | 0.022 8 | 1.142 8 |
| $r=0.5$ | $t=1$ | 0.254 2 | 0.187 1 | 0.057 1 | 0.195 7 | 0.025 8 | 0.007 4 | 0.171 6 | 0.101 1 | 1.031 4 |
| | $t=2$ | 0.214 1 | 0.220 6 | 0.017 3 | 0.102 6 | 0.097 7 | 0.011 2 | 0.163 1 | 0.173 4 | 1.082 6 |
| | $t=3$ | 0.167 1 | 0.194 6 | 0.071 3 | 0.068 9 | 0.016 6 | 0.156 4 | 0.108 9 | 0.216 2 | 1.193 0 |
| $r=0.9$ | $t=1$ | 0.033 4 | 0.199 1 | 0.075 7 | 0.163 8 | 0.157 5 | 0.196 9 | 0.159 5 | 0.047 5 | 1.073 8 |
| | $t=2$ | 0.212 8 | 0.008 5 | 0.018 1 | 0.137 7 | 0.095 9 | 0.120 7 | 0.198 6 | 0.207 7 | 1.124 1 |
| | $t=3$ | 0.197 4 | 0.186 7 | 0.089 3 | 0.079 1 | 0.182 8 | 0.212 4 | 0.000 7 | 0.051 6 | 1.203 2 |

可以看出考虑了移动市场的股票配比都对资金进行了更良好的分散，没有出现某一支股票的投资份额超过23%，投资重点各有侧重。

## 3 结语

研究了移动市场因素下的一个多期模糊投资组合选择问题。基于可能性理论，用均值-方差模型来研究多期模糊投资组合选择问题。在该模型中考虑了收益、风险、交易成本和多元化程度等因素。该模型是用来解决整个投资期限的终端财富最大化和累积风险最小化为目标的一个双目标规划问题。为了解决所提出的模型，采用加权法转化为单目标规划模型，设计了遗传算法来求解问题，且给出了一个实例来表达模型的思想以及表明所设计的算法的有效性。计算结果表明，考虑了移动市场因素的模型可以更好地分散股票的配比。

**参考文献：**

[1] MARKOWITZ H. Portfolio selection[J]. Journal of Finance, 1952, 7(1): 77-91.

[2] SPERANZA M G. A heuristic algorithm for a portfolio optimization model applied to the Milan stock market[J]. Computers Operations Research, 1996, 23(5): 433-441.

[3] KONNO H, YAMAZAKI H. Mean-absolute deviation portfolio optimization model and its application to Tokyo stock market[J]. Management Science, 1991, 37(5): 519-531.

[4] LI D, NG W L. Optimal dynamic portfolio selection: multi period mean-variance formulation[J]. Mathematical Finance, 2000, 10(3): 387-406.

[5] 孙宗岐，刘宣会，冀永强，等. 动态 VAR 约束下带阀值分红的保险最优投资[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版)，2016，33(2)：67-72.

SUN Z Q, LIU X H, JI Y Q, et al. Optimal approach for insurance company with threshold dividend dtrategy under dynamic VAR constraint[J]. Journal of Chongqing Normal Universiy(Natural Science), 2016, 33(2): 67-72.

[6] ZADEH L A. Fuzzy sets[J]. Information and Control, 1965, 8(3): 338-353.

[7] ZHANG W G, LIU Y J, XU W J. A possibilistic mean-semi variance-entropy model for multi-period portfolio selection with transaction costs[J]. European Journal of Operational Research, 2012, 222(2): 341-349.

[8] LIU Y J, ZHANG W G, XU W J. Fuzzy multi-period portfolio selection optimization models using multiple criteria [J]. Automatica, 2012, 48(12): 3042-3053.

[9] ZHANG P, ZHANG W G. Multiperiod mean absolute deviation fuzzy portfolio selection model with risk control and cardinality constraints[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2014, 255(16): 74-91.

## Multi-period Fuzzy Portfolio Optimization Model Compatible with Movement of Market

XUAN Haiyan[1], LI Yue[2], ZHANG Yuchun[1], ZHAO Hui[1]

(1. School of Economics and Management, Lanzhou University of Technology;

2. School of Sciences, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

**Abstract**: [**Purposes**]In order to meet the risk-benefit balance and make a rational investment decision, many criteria need to be taken into consideration, thus making the protfolio optimization model more realistic. [**Methods**] According to market trends in risk appetite and risk-return trade-off principle, the fuzzy yield is given by fuzzy method. [**Findings**] This thesis tries to assume that return is a triangular fuzzy variable compatible with movement of market, the thesis proposes a new kind of muti-period fuzzy portfolio optimization model, and the model takes into account transaction costs, the degree of diversification and so on. [**Conclusions**]Besides, eight Chinese stock market data are selected to make an empirical analysis by using genetic algorithms and compared the results, it confirmed the model with movement of market is more suitable for financial markets.

**Keywords**: movement market; triangular fuzzy variable; portfolio optimization

（责任编辑　游中胜）