

# 证券投资基金统计技术应用分析

单雪超

浙江财经大学数据科学学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2024年5月15日; 录用日期: 2024年6月4日; 发布日期: 2024年6月13日

## 摘要

现代投资理论的创立对于建立合理的证券投资基金, 实现有效收益、降低投资风险具有重要意义。本文对于现代投资组合理论进行系统梳理, 细致地分析了现阶段流行的理论、科学地分析证券投资基金的技术、模型和工具, 并基于均值方差模型做出投资组合选择。搜集多种股票数据建立股票池, 对搜集的股票进行多种组合, 运用聚类分析、回归分析、非线性规划等方法, 建立诸如均值-方差等模型, 对所选择股票组合的收益、风险等进行分析、预测。根据模型分析结果, 得出最优的股票组合。选出最优组合后可以通过非线性规划分析投资组合中各股的最优占比, 得出最佳的组合方式, 为证券市场上的投资行为提供具有借鉴意义的方法路径。

## 关键词

均值方差模型, 非线性规划, 证券投资基金, 回归分析

# Application Analysis of Securities Portfolio Statistical Technology

Xuechao Shan

School of Data Science, Zhejiang University of Finance and Economics, Hangzhou Zhejiang

Received: May 15<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jun. 4<sup>th</sup>, 2024; published: Jun. 13<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

The establishment of modern investment theory is of great significance for establishing reasonable securities portfolio, realizing effective return and reducing investment risk. This paper systematically combs the modern portfolio theory, makes detailed analysis of the popular theory and scientific analysis of securities portfolio technology, models and tools, and makes portfolio selection based on the mean variance model. Collect a variety of stock data to establish a stock pool, collect a variety of stocks, use cluster analysis, regression analysis, nonlinear planning and other

methods, establish models such as mean-variance. Analyze and forecast the returns and risks of selected equity portfolios. According to the results of the model analysis, the optimal stock portfolio is obtained. After selecting the optimal combination, the optimal proportion of each stock in the combination can be analyzed by nonlinear programming, and the optimal combination method can be obtained, which provides a reference method for the investment behavior in the securities market.

## Keywords

Mean Variance Model, Nonlinear Planning, Securities Portfolio, Regression Analysis

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

### 1.1. 背景与意义

随着我国资本市场的不断完善和我国市场经济的高速发展, 人民的生活水平明显改善, 可供支配的资本也更多了, “投资” “理财” 等观点也日益受到社会大众的青睐, 大多数人也开始进军中国证券市场, 希望所持有资本得以升值。但我国市场经济是错综复杂的并且存在着许多不稳定因素, 人们可以选择的投资品种也越来越丰富, 而单纯的资产投资却往往无法达到投资人的期望, 同时还有不少人因为对证券市场认识得不够而做出了盲目跟风式的投资, 再加上中国证券市场的不健全, 发生的股票证券的大起大落使投资者们损失惨重。

于是, 许多投资人开始关注投资组合的合理配置。在建立长期投资组合时, 怎样使组合的风险和收益都符合投资人的要求, 并获得最大期望收益才是关键的。为了在长期投资中收益最大化风险最小化, 就必须坚持合理的长期投资方式, 科学合理地建立长期投资组合, 唯有如此方可使中长期的投资收益最优化。

在这种情形下, 证券投资组合问题成了当今金融市场上一个很重要的问题。证券投资组合, 简单地说, 就是把资金分散投资到股票、债券、基金、期货等不同的证券类别上面, 以降低投资风险。而最佳投资组合则是指在投资者所能够进行的所有可能的投资组合中, 唯一能达到最高有效期望值的投资组合。因此, 对于证券投资组合技术的研究与应用符合了广大投资者和投资机构的需要, 具有极强的现实意义。

### 1.2. 相关研究综述

#### 1.2.1. 国外研究现状

投资组合选择问题等价于投资者从一组可能的投资组合中选择最优投资组合, 而马科维茨则是现代投资选择理论的先驱者, 他于一九五二年出版的《资产选择——有效的分散化》等论文中, 把以往个别资产研究领域推入了一个崭新时期, 他以资产组合为依据, 并结合传统投资人对待风险的观点, 而展开了资产选择的理论研究, 用数理语言表达了分散投资如何减少风险, 从而便形成了现代投资组合理论的基本概念。

马科维茨关于资产选择理论中的分析方法——现代投资组合理论也就是均值方差模型, 可以帮助投

资人挑选最有利的投资机会，以获得最优化的资产组合，使投资回报最大，且其风险也最小化。线性规划是决策者使用的重要工具，经常被应用于投资组合的应用问题上。尽管决策者拥有丰富的决策经验，但决策者并不能总是准确地表达目标。因此研究者们引入了摘要中性集概念，摘要中性集被认为是脆集、模糊集和直觉模糊集的广义，用来表示现实世界问题的不确定性、不一致性和不完全知识。

Wahed 和 Pavan 在 2020 年提出了一种基于所谓的分数函数求解全中性线性规划(FNLP)问题的中性最优解的新方法并运用到了投资组合分析问题中[1]。这种方法比线性规划(LP)问题更灵活，因为它允许决策者选择他愿意采取的偏好。他们建立了中性环境中的线性规划(LP)问题，通过合并单值梯形中性粒数来考虑这个问题，并提出了一种求解 FNLP 问题的中性最优解的新方法。

佐拉在 2006 年基于均值 - 方差模型，经过对夏普比率的分析，选取了风险资本比例为 1:1 的资本组合，作为风险资本组合 X 和无风险资本组合的一种新型的投资组合[2]。分析了新的投资组合后表明，不管无风险资产是否存在，不同风险及厌恶水平的投资人均能获得最适合于他们风险承受能力的最佳投资策略。

### 1.2.2. 国内研究现状

我国学者对投资组合问题的分析研究相对国外开始相对较晚，改革开放后，我国的经济长期以来一直保持着高速的发展，对投资的组合问题越发重视，我国学者对投资组合问题的研究逐步发展。

杨桂元和唐小我通过统计方法对组合证券投资的预期收益和风险进行了分析，包括损失概率估计和收益区间估计，最后提出了两种组合证券投资决策模型，一种是损失概率值最小化模型，另一种是基本收益率最大化模型[3]。

马青华、李艳涛和程康利用聚类分析可以给数据进行重新分类，利用判别分析更准确地对已归类个体进行判断。对于巨大的资本市场变化时，应先对上市公司的综合能力进行排序，并对各种经济技术指标进行降维，然后再利用聚类分析技术再加以分析，从而进行更好地投资决策[4]。

周焯华、陈文南和张宗益对股票的行业因素、公司影响、收益性、成长性等基本层面加以了综合考虑，建立了较为全面的综合评价指标体系，并评估了各样本股票的“相似程度”[5]。然后使用聚类分析模型，来确定投资区域与投资价值，从而认识并掌握股票的总体特征，预期股票的发展潜力，并利用类的总体价格水平来预期股价的变化走势，并由此来选取最有利的投资机会。

汪温泉、俞雪飞和潘德惠以 Markowitz 组合证券投资模型为基础，在期望 - 半方差( $E-S_v$ )的风险计量条件下，针对具有较高交易费用的投资组合优化问题，进行了研究[6]。提出用  $\Gamma$ -分布来描述股票的平均收益率，并建立了一种全新的综合股票投资模型，为证券投资基金等机构投资者解决了大型的股票投资问题，提出了一些办法。

郭紫璇将 Bayes 预测融入股票投资风险分析的方法中，来减少影响股票投资的收益率具有不确定性的因素，并采用了 Bayes 的估计与预测方法对证券市场走势进行了定量分析，并采取了将资金分散投放的方法以降低投资风险[7]。Bayes 估计能够利用前一天的历史数据，预见未来股票走势。这将有助于公司采取相应措施，对风险因素进行调整、管理以减少在股票投资活动中的损失。

宋华和王洋以马科维兹资产配置理论为依据，通过研究股票的收益率与风险选取最有效的股票组合，然后运用均值 - 方差分析方法筛选出最优的预测投资组合，并利用 Lingo 软件进行多重非线性规划分析，从而决定在最优的预期资产配置中各种资产所占份额大小，以达到资金分配。对于在投资领域，偏好资产规模相对较小的投资者制定最有效投资组合、研究各类资产投资权重，进而进行最佳投资配置有着相当的参考意义与价值[8]。

陆可考虑与股票不同相关关系的前提下对投资组合比率的影响，并利用对股票投资组合模型的验证与分析将有助于投资人确定最佳的投资组合，通过实证分析对均值 - 方差模型、效用最大化模型这两种

模型的优劣进行了讨论[9]。

李一凡、余洛和云千周认为在特定情况下，找到合适的投资组合更困难也更棘手[10]。基于此种情况和新冠疫情的背景下，基于卡内曼和特维斯基提出的前景理论，以及贝尔、卢姆斯和苏尔根提出的避悔概念他们建立了一个动态投资组合模型，找出在冠病毒背景下效用最高的投资组合，以中国市场的建筑业类股为例，研究了投资者行为对投资决策的影响。由于国内外学者最近提出投资者的行为和心理因素对投资策略有重大影响，模型中为了简化模型并关注重要的金融产品，提出了基于客户几种行为理论的效用概念，并考虑了许多其他可能对客户满意度起关键作用的因素。采用布谷鸟搜索算法进行数值计算，给出了一个以给定条件下效用函数最高的股票投资组合，为投资者的股票投资选择提供了参考。在帮助投资者如预期的那样最大化资产效用的同时，为改善市场对紧急情况响应提供了理论和实证支持。

### 1.3. 主要研究内容与方法

了解现代投资组合理论，收集关于证券投资、股票的相关数据，掌握聚类分析、回归分析等分析方法，建立均值 - 方差等模型，对已有的投资组合进行分析、预测，最后评价投资组合的优劣，从中选出最优的投资组合。选出最优组合后可以通过非线性规划分析投资组合中各股的最优占比，得出最佳的组合方式，并加以分析运用。寻找适合的股票数据建立股票池，用 R 语言建立回归模型，聚类模型和均值方差模型，运用 Lingo 求解非线性规划问题来获得最佳的股票组合[11]-[18]。

本文主要应用了文献研究法和定性研究和定量分析方法相结合的数据分析方式。文献研究法以收集、整理、分类有关文章为基本方式，充分运用已出版的书籍、杂志和中文数字化刊物网、文章传递、万方期刊网、中国人民大学电子复印资源信息检索数据库系统等互联网知识信息开发工具，深入地收集了关于现代投资组合理论、证券市场投资、数理统计方法等有关的文献资料，在对现有成果加以概括总结的基础上加以吸纳与总结，从而形成起本研究选题的理论基础。

本文重点运用的定性和定量分析法即为层次统计分析法。首先采取定性分析对于现代投资组合理论进行系统梳理，细致分析现阶段流行的、科学地分析证券投资的技术、模型和工具，其次利用定量分析法，通过并均值方差模型做出投资组合选择。运用聚类分析、回归分析、非线性规划等方法，建立诸如均值 - 方差等模型，对所选择股票组合的收益、风险等进行分析、预测。

在文章撰写过程中，虽然本人已尽量多的对国内有关论文内容作出了认真细致的阐述，但当前中国金融市场制度以及具体投资市场情况方面仍存在一定局限性，可能会对投资组合收益率、风险等各项指标产生一定程度的偏差。本文建立了自选的证券投资组合，对投资组合理论展开了深层次地探究。试图采取大量数理统计方法，尤其是均值方差模型、非线性规划等科学理论基础与实际操作经验，以形成一个适合于中国投资市场实际情况的证券投资组合。

## 2. 现代投资组合学说分析

### 2.1. 创立背景

早在公元前 600 年开始便出现了投资组合的雏形，即“不要将鸡蛋放在同一个篮子之中”，但往往都是所流传的俗语，真正意义上出现了风险衡量单位应追溯至上世纪 50 年代，马克维茨在一九五二年发表的《证券组合选择》文章，标志着现代证券管理思想的开始，其“把风险和收益同等重要”的思想也开始真正被金融学界所接受，随着金融市场和世界经济的不断发展，现代投资理论也逐渐完善、发展。

### 2.2. 理论基础

马科维茨在《证券组合选择》一文中提出的观点向来被金融学界看作现代投资组合理论创立的标志。

但马科维茨的理论绝不是凭空出现的，而是在吸收前人投资理论的基础上所提出的。早在 20 世纪 30 年代，学术界已经出现了利用证券组合来追求收益最大化、降低风险的观点，其中 Marschak 针对不确定条件下的序数选择的探究作出了贡献，其研究观点认为由于投资者的个人属性，经常选择高收益低风险证券，应该进行相关研究分析，但并未完整地提出投资组合的概念。Williamss 提出了“分散折价模型”，即只要投资组合之中出现绝对数量的证券，就可以完全地消除风险，为马科维茨的理论提供了思路；Hicks 提出“分离定理”，即学术界应将风险引入分析中；Leavens 则是看到了学术界对于分散化的讨论不够深入具体，缺乏数理统计的支持，这为马科维茨创立现代投资理论提供了基础。

### 2.3. 主要内容

马科维茨是现代投资组合理论的主要奠基人，现代投资组合理论的核心论点就在于认为投资人的效益和投资人的期望收益率、标准差(风险)之间存在着函数关联，即一位理性的投资人往往是在一定的收益率水平下努力实现了投资风险的最小化，因此也就是在一定的投资风险水平下努力实现了最高的预期收益率，只是因为投资人选定了最理想的投资组合才达到了这一效益的最优化。现代投资组合理论成型于马科维兹在 1952 年、1956 年、1959 年所发表的三篇文章之中，马科维兹投资组合理论提出了一个重要的前提假设，即投资者对于证券投资的主观意愿是恒定值、没有差别，换言之就是投资者的投资行为并不受其主观意愿的影响，同时现代投资组合理论之中资产指标被看做整体。同时也提出了有效边界(efficient frontier)概念，用以区分投资者建立的组合是否具有有效性，因此在这一假设下，我们可以运用数理统计的方法来确定组合证券预期收益率、方差，从而规划投资组合的确立。

### 2.4. 研究意义

马科维茨对于现代投资理论具有开创性的作用，开创了金融学与数理统计方法应用的研究方法，其提出的投资组合理论仍然是现代投资理论的研究基础和思路来源。同时其对于风险的重点研究，也为日后投资相关模型的建立提供了研究基础，因此日后有关投资组合的研究内容均命名为现代投资组合理论。

## 3. 实证分析——基于 R 语言的均值方差模型确定投资组合

### 3.1. 数据来源——证券池的选取

由于本文所建立的时间序列的时间为 2010 年 1 月起，因此股票需选择上市日期在 2010 年 1 月之前，同时考虑到金融，金属，消费，医药作为股票的四大热门板块。因此本文以上海证券交易所为基础，从中选取了金融，金属，消费，医药这四大热门板块的代表性股票，具体为：浦发银行(股票代码：60000)、山东黄金(600547)、伊利股份(600887)、中国医药(600056)。从而建立本文所研究的投资组合。这样的选择既符合时间序列的要求，又能够很好的体现了投资组合建立的多元性。具体数据来源采用 R 包中的 quantmod 安装包，该工具可以直接获取股票的相关信息，并且上述股票数据完整，具有较强的研究价值。

### 3.2. 建立所需的主要模型

本文依据马科维茨资产组合理论构建所使用的模型，其中一个重要假设即马科维茨模型的基本假定，投资者均为理性的投资者，通过一定收益率水平下的风险衡量来确定最优的投资组合理论。

具体模型如下：

$$\begin{aligned} \text{Min}\sigma^2(\gamma_p) &= \sum \sum \omega_i \omega_j \text{cov}(\gamma_i, \gamma_j) \\ E(\gamma_p) &= \sum \omega_i \gamma_j \end{aligned}$$

其中,  $E(\gamma_p)$  代表证券期望收益,  $\sigma^2$  代表投资的风险,  $\gamma_p$  为组合收益,  $\omega_i, \omega_j$  为股票  $i$ 、 $j$  的投资比例即权重,  $\gamma_i, \gamma_j$  为第  $i$  只、第  $j$  只股票的收益,  $\sigma^2(\gamma_p)$  为组合投资方差(组合总风险),  $\text{COV}(\gamma_i, \gamma_j)$  为两只股票之间的协方差。

### 3.3. 数据处理——R 语言建立回归模型

本文主要使用 R 语言作为研究的统计工具, R 语言目前已成为世界主流分析语言之一, 对于金融、材料等领域研究的快速推进, 起到很强的推进作用。目前金融领域与量化、高频交易等多个领域已大多数采取 R 语言作为辅助软件, R 语言具有全面、系统、使用便利等诸多优势, 通过开源的系统网站为用户提供 R 安装包, 使用者可以直接使用 R 包作为数据来源以及分析框架, 同时 R 语言也具备了进行交互式的统计分析和图表分析等能力, 对于资产组合的构建分析具有直观性、便捷性等诸多优势。本文主要使用 R4.1.2 版本进行分析。

#### 3.3.1. 前期准备及数据调用

首先在 R 中下载 XTS、ZOO、quantmod 等相关金融类分析 R 包, 为后续的计算奠定基础; 本文按照 3.1 节中所提及的 4 只符合本文需求的股票建立股票池, 通过代码中调用 quantmod 包完成初始数据的输入, 接下来通过相应代码实现后续计算。

#### 3.3.2. 计算股票收益率、方差协方差矩阵

在得到初始数据之后, 通过相应代码调用“fPortfolio”这一 R 包进行资产组合最优组合的相关计算, 根据现代投资组合理论, 我们需要首先计算构建投资组合的均值(收益率)以及协方差等数据, 由于我们已经通过 quantmod 进行了数据的调用, 因此我们可以使用“fPortfolio”这一 R 包将数据转化为实践序列, 接下来使用 covEstimator 函数进行相关数据的计算, 结果如图 1 所示。

```

$mu
      600000      600547      600887      600056
0.005438648  0.011111581  0.20406119  0.003842762

$sigma
      600000      600547      600887      600056
600000  0.006155295  0.001694648  0.001230602  0.004885615
600547  0.002098188  0.018778884  0.002098188  0.002348154
600887  0.001230602  0.002098188  0.008034601  0.001549492
600056  0.004885615  0.002348154  0.001549492  0.024844864

```

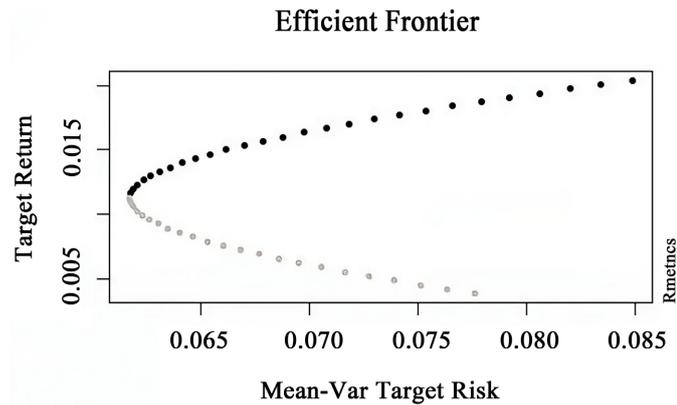
**Figure 1.** Returns (mean) and covariance matrix of 4 stocks in the stock pool (computed in R)  
**图 1.** 出股票池中 4 支股票的收益率(均值)及方差协方差矩阵(R 语言计算)

从图中我们可以看出, 四只股票的均值、方差协方差矩阵的有关情况; 从收益率中我们可以看出伊利股份在过去 10 年的收益率水平较好, 而中国医药在过去 10 年的表现相对较差, 但我们也不能仅仅从收益率的角度考虑证券投资, 较高收益率往往也对应着较高的风险, 这一点从协方差矩阵中我们也可以看出, 伊利股份的风险相对较高。

#### 3.3.3. 计算资产组合有效前沿

资产组合的有效前沿计算, 也采取“fPortfolio”这一 R 包中的内置函数来实现, 有效前沿是指风险资产组合之中风险系数最小组合的连线, 形成本资产组合的有效前沿, 通过设定 portfolioSpec (组合类型)、

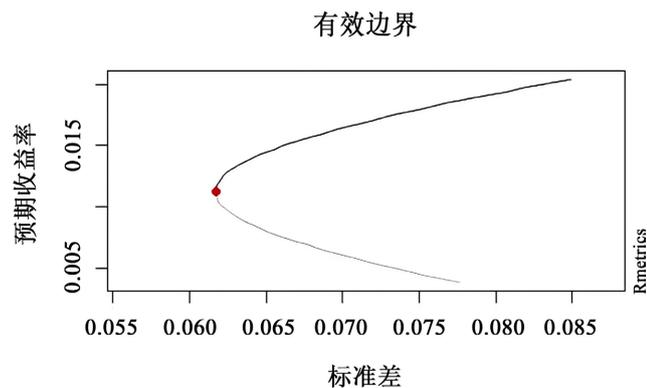
setSolve (求解类型)、constraints = “LongOnly” (约束)等相关指标, 通过内置的 summary 函数, 我们可以得到我们所建立证券投资组合的有效前沿图, 结果如图 2 所示。



**Figure 2.** Efficient frontier of portfolio assets  
**图 2.** 资产组合的有效前沿

通过图示, 我们可以很清晰地看出在这一证券组合之中, 风险与收益率水平呈正相关, 在图片的拐点即为我们所构建的资产组合的有效前沿, 在此收益率水平的风险最小化。

接下来, 我们将散点图连线, 并标记出红色标记点, 我们便得到了有效边界图, 情况如图 3 所示。这一条线代表着在约束条件下, 以最小的风险水平获得最大收益的集合, 在这一条线上的投资组合明显优于线外的组合。



**Figure 3.** Efficient frontier plot of security portfolio investment  
**图 3.** 证券投资组合的有效边界图

### 3.3.4. 最小方差组合下的股票占比权重

在确定方差最小的投资组合时, 我们便可以使用 R 语言之中的代码查看资产组合之中具体每只股票所占的权重, 同时也可以使用 R 语言的绘图功能来将占比情况由图形展示, 如图 4 所示。

通过这一条形图我们可以看出, 投资组合对于浦发银行具有较高的权重要求, 主要由于浦发银行作为市值较大的银行股, 风险波动水平相对较低, 同时由于其分红水平以及成长水平相对较好, 所以为实现投资目标, 自然对其权重要求相对较高, 而中国医药在过去 10 年里, 风险水平相对较高, 波动程度大, 自然投资组合也就降低了对它的权重要求。

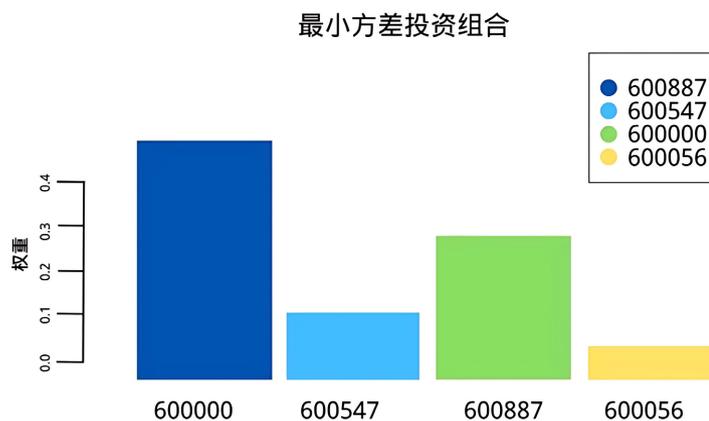


Figure 4. Illustration of minimum variance portfolio

图 4. 最小方差组合示意图

### 3.3.5. 计算一定收益率水平下的权重以及风险水平

马科维茨模型的重要假设即一定的收益水平下努力实现投资风险的最小化，因此通过调用 R 语言的相关代码，我们将预期收益率确定在 0.003 和 0.005 的水平，可以得到以下结果，如图 5、图 6 所示。

Portfolio weights:

```
600000 600547 600887 600056
0.9765 0.2238 -0.0162 0.4581
```

Figure 5. Risk at a fixed return level (0.003)

图 5. 一定收益率水平(0.003)下的风险

Portfolio weights

```
600000 600547 600887 600056
0.3587 0.2506 0.9848 -0.4584
```

Figure 6. Risk at a fixed return level (0.005)

图 6. 一定收益率水平(0.005)下的风险

我们可以看出，在收益率为 0.003 时，伊利股份的风险水平较小；在收益率为 0.005 时伊利股份的风险水平快速上升，我们可以看出伊利股份具有收益率与风险系数之间的波动程度相对较高，对于风险承受能力较高的投资者可以对伊利股份进行投资；根据收益率水平下的风险测量，我们可以对证券的风险特点进行系统性的评估。

### 3.3.6. 投资组合和资本市场线

我们可以十分轻松的使用 R 语言之中的绘图功能，得到投资组合和资本市场线，如图 7 所示。

通过建立投资组合和资本市场线我们可以看出，我们所建立的投资组合的市场价格，根据马科维茨资产组合理论，资本市场线是代表着风险与收益的关系，代表着一种均衡状态，一旦选择了资本市场线外的投资组合，根据市场行为一段时间后也会回到市场均衡，因此我们可以根据所得到的资本市场线，在这一基础上，按照不同的收益和风险偏好选择我们的投资组合。

## 投资组合和资本市场线

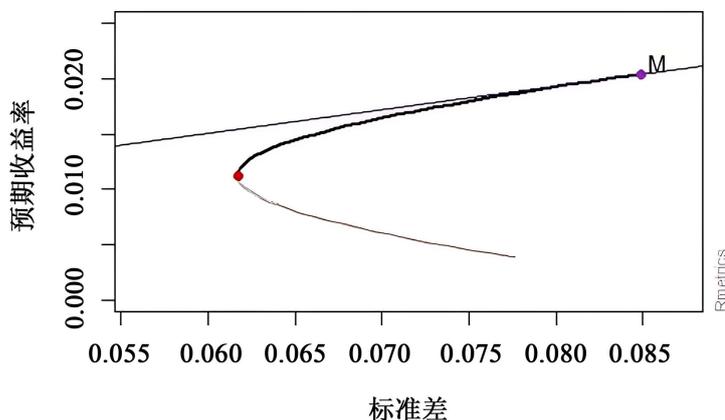


Figure 7. Investment portfolio and capital market line  
图 7. 投资组合和资本市场线

### 3.3.7. 小结

通过 R 语言的实证分析，我们成功构建出了所选择四只股票的资产组合，并使用 R 语言相关安装包实现了收益率、协方差、最小方差组合、一定收益率下的风险等诸多指标的计算，完成了这一证券投资组合基于 R 语言下的实证研究。

## 3.4. 非线性规划问题的解决——基于 Lingo

### 3.4.1. 建立机会约束条件下的线性规划与数学原理及模型构建

对于非线性规划我们依然依据马科维茨组合理论，而上文所提到的，一个理性的投资者，往往是在一定的收益水准下努力实现了投资风险的最小化，因此也是努力争取在一定的投资风险水准下达到最大的预期收益率，只有投资者选择了正确的投资组合才能达到这一效果的最大化。基于上述原理，我们可以将投资组合的权重确定为优化问题。该问题的解决我们可以借助 Lingo 软件来实现。

在股票组合中，股票组合的权重可正可负。当证券权重  $X_i > 0$  时，一个正的权重表示买进该种股票；当证券权重  $X_i < 0$  时，一个负的权重表示卖空该种股票，而卖空则是指投资者从别处借来了相当数量的某种股票，并于规定时间归还同样数量的某种证券。由于我国法律禁止自由卖空，使得权重  $X$  均大于或等于零。当知道了四支证券的组合收益  $R_x$ ，方差协方差矩阵，及其对组合中所有资产的期望收益向量  $(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \dots, \gamma_6)$  后，通过对组合中资产的权重向量的求解即可建立如下多元非线性规划：

$$\text{Min} \sigma^2 = X^T \Lambda X$$

$$\sum_{i=1}^4 X_i = I$$

$$X^T R = E(r_x)$$

$$X \geq 0$$

### 3.4.2. 实证过程——基于 Lingo 的计算结果

我们依然使用上文中所选择的 4 只股票作为投资组合进行研究，由于前文已经通过 R 语言对上述股票的收益率、方差协方差矩阵进行了计算，因此我们直接借用上文所得出的数据进行相关计算。我们在 Lingo 中设定  $X_1, X_2, X_3, X_4$  分别代表浦发银行、山东黄金、伊利股份、中国医药等 4 支我们所选定的股

票进行上述多元非线性规划，运行结果如表 1，即如果我们按照上述权重进行投资所构成的投资组合即为最优投资组合。从表中可得出福安银行应占比为 18.46%，山东黄金占比为 30.3%，伊利股份应为 26.623%，而中国医药应占比为 24.61%。

**Table 1.** Weight distribution of each stock in the optimal linear combination

**表 1.** 最优线性组合下的各支股票所占权重

Variable	Value	Reduced Cost
$X_1$	0.18467	0.000000000
$X_2$	0.3030	0.000000000
$X_3$	0.26623	0.000000000
$X_4$	0.24610	0.000000000

通过非线性规划，我们得到了如何进行最优投资组合的构建，可以采取上述占比进行构造，在这一比例水平下我们可以实现一定收益率水平下的风险最低的目标。

### 3.5. 模型的修正与改良

由于本文出于数据量和研究方法的考虑，仅仅选择了 4 支股票作为研究对象，证券投资所存在的局限性导致模型所得结果存在一定程度的误差，造成了部分结果偏离，但总体来看实证具备可信性，下一步研究可以采取增加组合中股票数量，延长时间序列等方法扩大数据处理量，从而进一步修正和改良相关模型。

## 4. 主要结论、建议与研究展望

### 4.1. 主要结论与建议

现代投资组合理论的主要思想是，通过股票投资组合就能够有效地减少系统性风险，当组合中的股票达到一定数量时便可以规避系统性风险，如果投资者假设均是理性，则都能够在规定的收益率水平下努力实现投资风险的最低，也因此都是在规定的投资风险水平下努力达到最高的预期收益率。

证券投资组合中各种证券的占比将对投资组合的效益产生显著影响，可以通过股票的占比来进行最佳投资组合，从而实现一定收益下的风险最小化。通过实证分析可以看出，风险与收益往往成正比，当期期望收益率提升时往往带来的是风险程度的提升。

在中国证券市场结构逐渐完善的今天，大数据分析、云计算技术、人工智能也在不断的发展与壮大，人工智能量化投资分析技术能够准确追踪金融市场的价格波动变化，对金融市场中的投资时机做出精确的评估，同时与各类人工策略进行结合以丰富投资策略。因此随着科学技术的发展，人工智能、大数据等新兴手段都会在未来被运用到投资组合技术的分析应用中，今后的投资组合策略应该会减少人工决策，更加智能化数据化。

### 4.2. 研究展望

新冠疫情背景下，我国经济已成为世界经济的重要组成部分，在世界资本市场具有举足轻重的地位。随着我国人均可支配收入的不断提升，居民对于“理财”的主观性正大幅提升，大多数人纷纷进入股市以期所持资产能够增值。但是市场是多变的并且存在着许多不确定因素，可选择的投资种类日趋多元，单一的资产投资往往不能满足投资者的预期，并且许多人由于对证券知识的缺乏而进行盲目跟风的投资，再加上我国证券市场的不完善，发生的股票证券的大起大落使投资者们损失惨重。因此许多个人以及机

构投资者开始注重投资组合的合理配置,用以分散风险,从而达到自身所能承受的风险限制。而在建立投资组合之时,怎样让组合的风险和收益都符合投资人的要求,并获得期望收益才是最关键的。为达到投资在长期中的收益最大化风险最小化,就必须坚持合理的投资方式,并科学合理地建立投资组合,唯有如此方可使中长期的投资收益最优化。在这种情形下,证券投资组合问题成了当今金融市场上重要研究焦点。因此,对于证券投资组合技术的研究与应用符合了广大投资者和投资机构的需要,具有极强的现实应用意义,与此同时大数据技术为传统金融向现代金融的变革提供了动力,对于证券投资组合的深度研究也将起到较强的推动作用。

随着信息化在各个领域的快速应用,金融领域这一高度依赖信息收集、获取、判断、分析的行业自然也毫不例外。大数据技术为传统金融向现代金融的变革提供了动力。随着互联网技术的深入发展,对于数据的处理更加的快速高效,同时对于金融风险也具有一定的防范作用。随着数字化、智能化与各行各业加速融合,金融业走向科技化已成为业界大趋势,随着我国证券市场的逐步成熟,人工智能量化投资分析将成为日后投资市场的主流,由于其可以及时跟进市场的波动变化,对市场中的投资机会进行精准的评估,并且与各种人工决策进行组合丰富投资策略的优点,必将为日后投资理论的完善奠定基础。因此我们可以看到,随着科学技术的发展,人工智能、大数据等新兴手段都会在未来被运用到投资组合技术的分析应用中,今后的投资组合策略应该会减少人工决策,更加智能化数据化。传统金融与现代金融的区别,本质上就在于信息收集与获取能力上,大数据及时提供了这样一种强大的信息工具。当前金融大数据已经成为金融业发展的推动力,大数据与金融的深度结合是如今的发展趋势。大数据的优势在于将海量数据以统计学方法处理,获得简明扼要的结论。大数据拥有丰富的场景分析能力,人群适用能力和宏观预测能力。前进的道路往往是曲折的,目前大数据依然存在着许多关键问题尚未解决,最严重的莫过于数据泄露与隐私问题,如何在效率与道德之间抉择,仍然是摆在人们面前的一道难题。但其对于金融行业的巨大推动力不可忽视。因此如何正确利用大数据技术,成为需要解决的关键问题。针对上述问题,应从以下几方面重点解决:完善相关领域法律法规,推进行业自律组织的不断发展;提高数据判别与分析能力,增强数据可读性与可信性;建立多层次的复合人才培养体系,提供人才与技术支持;以政策引导推动行业之间数据共享,推进技术合作与创新研究。

## 参考文献

- [1] El-Wahed Khalifa, H.A. and K. Pavan. (2020) Solving Fully Neutrosophic Linear Programming Problem with Application to Stock Portfolio Selection. *Croatian Operational Research Review*, **11**, 165-176. <https://doi.org/10.17535/crorr.2020.0014>
- [2] 佐拉. 基于均值-方差模型的投资组合策略研究[J]. 财经理论研究, 2021(5): 9-16.
- [3] 杨桂元, 唐小我. 组合证券投资的统计决策方法探讨[J]. 统计研究, 1999(7): 53-55.
- [4] 马青华, 李艳涛, 程康. 聚类分析和判别分析在投资中的应用[J]. 信息安全与技术, 2015, 6(6): 81-83.
- [5] 周焯华, 陈文南, 张宗益. 聚类分析在证券投资中的应用[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2002(7): 122-126.
- [6] 汪温泉, 俞雪飞, 潘德惠. 证券投资基金的一种投资组合选择模型[J]. 系统工程学报, 2003(3): 279-283.
- [7] 郭紫璇. 马克维茨投资组合投资 Bayes 估计在证券投资风险分析中的应用[J]. 现代经济信息, 2019(12): 326-328.
- [8] 宋华, 王洋. 证券投资组合的非线性规划案例分析[J]. 山东农业工程学院学报, 2020, 37(8): 48-52.
- [9] 陆可嘉. 证券投资组合方略中数学模型的应用研究[J]. 现代商业, 2019(27): 128-130.
- [10] Li, Y.F., Luo, Y. and Zhou, Y.Q. (2021) Empirical Analysis of Optimal Stock Portfolio under the Background of COVID-19. *E3S Web of Conferences*, **235**, 01027. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123501027>
- [11] 郜笑颖, 黄莹, 郭思敏, 原彰. 基于马科维茨模型的中医药股票组合分析——以片仔癀, 华润三九及云南白药为例[J]. 现代商业, 2020(35): 82-84.
- [12] 孙丽泊. 基于 Python 的马科维茨投资组合理论的实证研究[J]. 时代金融, 2020(25): 46-47+50.

- 
- [13] 陈骏兰. 基于马科维茨模型的股票投资组合实证研究[J]. 品牌研究, 2018(2): 146-147.
- [14] 高蓉. R 软件在马科维茨资产组合投资理论中的教学应用[J]. 时代金融, 2017(36): 203-205.
- [15] 张贺清. 均值和方差变动的马科维茨投资组合模型研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2015.
- [16] 余后强, 李玲. 基于我国证券市场的马科维茨模型与实证研究[J]. 甘肃科学学报, 2013, 25(3): 146-149.
- [17] 白志东, 李华, 黄永强. 马科维茨均值方差准则的应用[J]. 上海金融学院学报, 2010(4): 42-50.
- [18] 曾颖苗, 张琨, 张晴. 马科维茨模型在股市最优投资组合选择中的实证研究[J]. 湘潭师范学院学报(社会科学版), 2009, 31(4): 88-91.