

参赛编号：202406900343

## 2024 年第五届“大湾区杯”粤港澳 金融数学建模竞赛

### 多因子风险计量与综合预测模型在证券市场风控中的应用

#### 摘要：

对于任务一，我们编写程序，导入附件文件，首先对数据进行清洗以处理异常数据，然后根据附件所给数据，通过每日收盘价的变化来计算沪深 300 个股在 2014-2024 年的平均收益率、使用 Amihud 指标衡量市场流动性、综合使用交易量和波动率两个间接指标组合为复合指标以反映市场情绪，并说明了它们的经济意义、优缺点。

对于任务二，本文设计了四个风险计量指标，分别为波动率系数、平均最大回撤、市场情绪指数、贝塔系数，并计算它们在 2014-2024 年每日的数值。我们使用主成分分析法计算每一个指标的 PCA 组件权重，对四个风险计量指标进行加权平均计算从而得出了我们设计的综合风险计量指标。然后计算十年间每日的综合风险计量指标，并作图，发现综合风险计量指标能较好的测度系统性风险。然后，我们使用 ARIMAX 模型，根据综合风险计量指标的历史数据，预测未来一段时间内的系统性风险，构建系统性风险预测模型。

对于任务三，我们使用在险价值 (Value at Risk) 度量风险，用其在特定时间范围内和我们所给定的 95% 置信水平下衡量最大可能损失。我们使用 GJR-GARCH 模型和 LSTM 模型对在险价值进行预测，通过 GJR-GARCH 模型捕捉过去市场波动的非对称性特征（即市场的负面冲击对波动的放大效应），同时利用 LSTM 模型的非线性建模能力来捕捉市场动态变化的复杂模式，从而综合利用二者的优势，并基于历史预测误差设定两个模型的权重，然后将两种模型的预测结果加权平均，从而获得更为精确的在险价值预测值。然后通过设定分级风险警戒线，并针对每个级别的预警制定相对应的风险响应措施，构建起事前风控体系。该体系对在险价值进行每日更新，以确保在险价值风控体系能够灵敏地响应市场的最新波动情况，提高风险预测的及时性和准确性。

对于任务四，我们运用了 Fama-French 三因子模型。以沪深 300 中具有代表性的成分股之一贵州茅台为研究对象，详细展示了如何搜集整理数据，计算求解这一模型。并找到贵州茅台这一股票的一个收益率基准。我们又代入了两个近期数据，利用模型计算预期收益，为投资者比较分析了如何理性根据基准收益率来做出决策。

关键词：ARIMAX 模型 在险价值 GJR-GARCH 模型 LSTM 模型 Fama-French 三因素模型

## 目录

一、 问题重述 .....	4
1.1 问题背景 .....	4
1.2 问题要求 .....	4
二、 问题分析 .....	5
2.1 任务一分析 .....	5
2.2 任务二分析 .....	5
2.3 任务三分析 .....	6
2.4 任务四分析 .....	6
三、 模型假设 .....	6
四、 符号说明 .....	7
五、 任务一的模型的建立和求解 .....	8
5.1 平均收益率 .....	8
5.1.1 经济意义 .....	8
5.1.2 模型算法 .....	8
5.1.3 优缺点 .....	8
5.2 市场流动性指标 .....	9
5.2.1 经济意义 .....	9
5.2.2 模型算法 .....	9
5.2.3 模型算法的优缺点 .....	9
5.3 市场情绪指标 .....	10
5.3.1 经济意义 .....	10
5.3.2 模型算法 .....	10
5.3.3 模型算法的优缺点 .....	10
5.4 模型求解结果 .....	11
六、 任务二的模型的建立和求解 .....	11
6.1 风险计量指标的设计 .....	11
6.2 综合风险计量指标的设计 .....	13
6.2.1 主成分分析法 .....	13
6.2.2 综合风险计量指标的构建 .....	14

6.3 系统性风险预测模型的建立	15
6.3.1 ARIMA 模型	15
6.3.2 ARIMAX 模型	16
6.3.3 预测结果	18
七、任务三的模型的建立和求解	19
7.1 风险的度量	19
7.2 使用 GJR-GARCH 模型预测风险	19
7.2.1 GARCH 模型	19
7.2.2 GJR-GARCH	20
7.3 使用 LSTM 模型预测风险	20
7.4 综合 GJR-GARCH 模型和 LSTM 模型构建事前风控体系	21
7.4.1 分级风险警戒线的设定	22
7.4.2 风险响应措施	23
八、任务四的模型的建立和求解	23
8.1 模型建立	23
8.2 模型假设	24
8.3 模型求解	24
8.3.1 步骤一：收集数据	25
8.3.2 步骤二：计算因子回报	25
8.3.3 步骤三：回归分析	25
8.3.4 步骤四：结果解释	26
8.4 模型检测	27
九、模型的评价	27
9.1 模型的优点	27
9.2 模型的缺点	28
参考文献	28
A 附录 文件列表	30
B 附录 代码	30

## 一、问题重述

### 1.1 问题背景

随着中国金融市场的快速发展，证券市场已成为重要的投资渠道。然而，系统性风险（即影响整个市场的风险）成为投资者面临的主要挑战。从 2008 年全球金融危机到 2024 年初的市场波动，如何有效量化和管理市场风险，预测未来的系统性风险，已经成为金融领域的关键问题。

系统性风险无法通过分散投资来消除，通常受宏观经济、政策调整及国际金融波动的影响。因此，投资者需要依赖量化风险管理工具，如波动率、 $\beta$  系数、市场情绪等，来识别和应对潜在风险。同时，合理设定收益预期，避免投资者的非理性行为，也有助于提高决策的科学性。

在本文中，我们通过数学建模，设计和分析风险计量指标，构建系统性风险预测模型，并提出事前风控体系和合理收益预期，旨在帮助投资者更好地管理风险，优化投资决策，促进金融市场的稳定和健康发展。

### 1.2 问题要求

#### 任务一

根据附件提供的沪深 300 个股数据（2014-2024 年），计算并分析三个风险计量指标：平均收益率、市场流动性、市场情绪指标。要求对每个指标进行经济意义的解释，设计相应的模型算法，并指出各指标的优缺点。

#### 任务二

设计至少三个风险计量指标，基于这些指标，构建一个能够预测未来系统性风险的模型。要求说明每个指标的选择理由，并构建一个综合多指标的模型，以评估和预测系统性风险。

#### 任务三

以 2014 年至今的 A 股历史数据为基础，构建一个回测可以控制在 0.7 以内的事前风控体系，适用于混合型权益类基金。要求设计一个有效的风控体系，确保风险在合理范围内，并提供回测分析，确保回撤控制在国际标准（0.7）内。

#### 任务四

以沪深 300 个股的历史数据为基础，参考 10 年期长期国债收益率，设定合理的股权市场收益预期。要求设定合理的收益预期。

## 二、问题分析

### 2.1 任务一分析

对于任务一，需要我们根据附件计算沪深 300 个股的三个风险计量指标：平均收益率、市场流动性和市场情绪指标。

首先，我们导入和处理数据。附件提供了沪深 300 成分股的数据，分别有沪深 300 成分股在 2014 年到 2024 年的行情数据，和在 2014 年到 2024 年的沪深 300 成分股信息。“沪深 300 成分股在 2014 年到 2024 年的行情数据”文件中包括每只股票的每日交易数据，具体数据有时间、股票代码、开盘价、最高价、最低价、收盘价、成交量、成交金额等。“在 2014 年到 2024 年的沪深 300 成分股信息”文件中包括股票代码、股票代码对应的公司名称和其占沪深 300 指数的权重。由于数据分布在多个文件中（每年一个成分股数据文件和一个成分股权重文件），我们编写 *Python* 程序遍历这些文件来加载数据，并对数据进行清洗，对异常数据进行处理。

然后，通过整理后的数据计算三个风险计量指标。我们通过每日收盘价来计算个股的日收益率，然后取年度平均，得到平均收益率；我们计算 Aminud (2002) 提出的 Stock Illiquidity 指标来衡量股票的市场流动性<sup>[1]</sup>，该指标越低意味着股票流动性越高；对于市场情绪指标，我们使用交易量<sup>[2][3]</sup> (Baker and et al. 2003, Baker and Wurgler, 2006 等) 和波动率两个间接指标组合为反映市场情绪的复合指标。

### 2.2 任务二分析

对于任务二，需要我们构建系统性风险预测模型。

首先，我们参考已有文献，综合对比各个风险指标的实证研究结果，设计了四个风险计量指标：波动率指数、平均最大回撤、市场情绪指数、贝塔系数，并分别计算了各个指标在 2015-2024 年每日的数值。选择指标及其对应的衡量标准具体如图 1 所示。

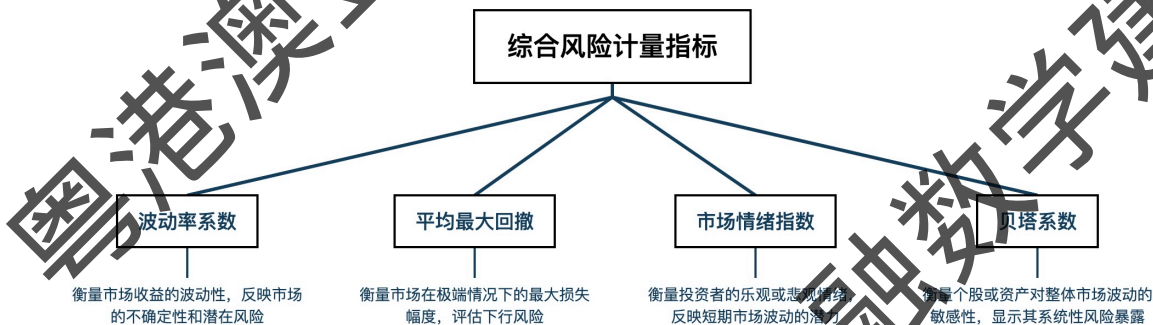


图 1 综合风险计量指标的构建

然后，我们使用主成分分析法得到各个指标的权重，把各个指标进行加权后相加，

从而构建起一个综合风险计量指标，并计算综合风险计量指标在 2015-2024 年每日的数值。

最后，我们使用 ARIMAX 模型，根据历史的综合风险计量指标的数据，对综合风险计量指标的数值进行预测。

### 2.3 任务三分析

对于任务三，需要我们构建事前风控体系。

我们使用在险价值 (Value at Risk) 来度量风险的大小。注意到在任务二我们设计的综合风险计量指标在股票大幅上涨的时候也会显示出极大的数值，在股权市场中风险来源一般是持有股票价格的下跌，因此我们不使用任务二设计的综合风险计量指标，而在险价值 (Value at Risk) 可以在特定时间范围内和给定置信水平下，预估可能遭受的最大损失。

我们使用两个预测模型以发挥预测模型各自的优势，利用 GJR-GARCH 模型捕捉波动性中的不对称性，以反映市场可能的突然冲击，利用 LSTM 模型对非线性和复杂市场模式进行预测。具体地说，计算 2015 年到 2024 年的每日的在险价值数据，然后分别使用 GJR-GARCH 模型和 LSTM 模型对以后的在险价值进行预测，然后对预测结果进行加权平均，得到更精准的 VaR 预测结果。

最后我们根据 VaR，设计一个事前风控体系，每日更新预测的 VaR 数值，设定分级的警戒线，对每个警戒线制定风险响应措施，具体有减仓、增持防御性资产、对冲等，从而有效地在市场波动前进行主动管理，将回撤风险控制在 0.7 以内，为基金管理提供稳健的风险防控措施。

### 2.4 任务四分析

对于任务四，本任务的核心就在于为散户投资者设定一个基于历史数据和市场基准的合理收益预期，来引导投资者形成理性的投资心态和理性决策，在一定程度上减少因情绪化决策导致的亏损。题目要求结合 2014 年至今的 A 股沪深 300 个股的历史数据，综合考虑市值规模（选择市值较大的股票，因为它们通常更能代表市场）、流动性（选择交易活跃，流动性好的股票。）和历史表现（选择历史表现稳定的股票。）三种因素，我们选出贵州茅台 (600519) 这只股票作为例子，以 10 年期长期国债收益率为标准作为无风险利率，利用 Fama-French 三因素资产定价模型，演示如何计算出股票的预期收益，以做出理性的投资决策。

## 三、模型假设

在本文中，为简化问题和便于建模分析，作出以下假设：

- **数据特性假设：**历史数据的统计特性在建模期间保持相对稳定；股票收益率时间序列是弱平稳的，即在时间上均值和方差不发生显著变化；价格波动性存在自相关性。另外，数据样本具有独立同分布的性质。
- **市场条件假设：**市场是流动的，投资者在必要时能够以较小的成本买卖资产，从而在风险增加时执行相应的对冲操作；市场情绪可以通过特定指标（如交易量、日内价格振幅）进行量化，并能较好地反映市场参与者的预期变化；系统性风险主要来源于市场内部因素（如价格波动、市场情绪等），外部宏观经济或政策冲击相对有限或可预测。
- **风险计量假设：**各风险计量指标（如波动率、最大回撤、贝塔系数等）在数据层面是相对独立的，能通过加权组合反映系统性风险的总体水平。

#### 四、符号说明

符号	说明
$DailyReturn_t$	时刻 $t$ 的日收益率
$AvgDailyReturn$	十年期间平均日收益率
$Close_t$	在时刻 $t$ 的收盘价
$T$	十年间所有的交易日天数
$AmihudIlliquidity$	Amihud 非流动性指标数值
$Return_t$	股票在第 $t$ 天的收益率
$Volume_t$	股票在第 $t$ 天的成交量
$VolumeChange_t$	在时间 $t$ 的成交量变动率
$Intraday_t$	在时间 $t$ 一日内的价格振幅
$High_t$	在时间 $t$ 一日内的最高价
$Low_t$	在时间 $t$ 一日内的最低价
$MarketSentiment_t$	在时间 $t$ 的市场情绪指标
$StdVolumeChange_t$	对在时间 $t$ 的成交量变动率标准化后的数值
$StdIntraday_t$	对在时间 $t$ 一日内的价格振幅标准化后的数值
$MaxDrawdown_t$	在第 $t$ 天的最大回撤
$Composite\_Risk\_Index$	综合风险计量指标

## 五、任务一的模型的建立和求解

### 5.1 平均收益率

#### 5.1.1 经济意义

平均收益率表示一段时间内投资组合或单个资产的平均增长率，是衡量投资回报的重要指标。较高的平均收益率意味着投资收益潜力更大，但也可能伴随更高的风险。平均收益率能够帮助投资者了解资产的历史表现和潜在收益，并通过此指标来进行比较和优化投资组合选择。

#### 5.1.2 模型算法

本文首先通过每日收盘价来计算沪深 300 个股的每日收益率，其公式为：

$$DailyReturn_t = \frac{Close_t - Close_{t-1}}{Close_{t-1}} \quad (1)$$

然后按照股票代码分组后取日收益率均值，得到沪深 300 个股十年的平均日收益率，其公式为：

$$AvgDailyReturn = \frac{\sum_{t=1}^T DailyReturn_t}{T} \quad (2)$$

另外，我们将所有成分股的日收益率乘以其在当年沪深 300 指数中对应的权重，然后按天汇总所有成分股的加权日收益率，最后取日收益率的均值，得到沪深 300 指数的平均日收益率。

#### 5.1.3 优缺点

##### 优点：

- 简单直观：平均收益率计算简单，能快速给出市场或资产的整体收益水平，易于理解。
- 反映总体趋势：在较长时间范围内，平均收益率可以有效揭示市场或资产的长期增长趋势。

##### 缺点：

- 忽略波动性：平均收益率无法反映期间的波动和风险，仅描述了收益的均值。
- 不适合短期分析：在波动剧烈或包含极端值的短期数据中，平均收益率可能失真，无法准确反映真实收益情况。

## 5.2 市场流动性指标

### 5.2.1 经济意义

市场流动性指资产在不显著影响价格的情况下快速买入或卖出的能力。高流动性的市场通常更有效率，投资者可以更容易地交易资产。流动性较高的市场，通常伴随较低的交易成本和更少的价格波动性。流动性在风险管理中也扮演重要角色，因为流动性不足会增加交易成本和风险，尤其在市场压力增大的情况下（如金融危机）。

### 5.2.2 模型算法

我们使用 Amihud (2002) 的 Stock Illiquidity 指标来衡量股票的市场流动性 [1]。该指标越低意味着股票流动性越高。Stock Illiquidity 被定义为每日收益的绝对值与当日交易量的比率的平均值，这个比率给出了每日交易量中每一美元对应的绝对（百分比）价格变化。Amihud Illiquidity 的计算公式为：

$$AmihudIlliquidity = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{|Return_t|}{Volume_t} \quad (3)$$

### 5.2.3 模型算法的优缺点

#### 优点：

1. 反映价格影响成本：Amihud 流动性捕捉了价格波动对交易量的敏感性，即在市场流动性较低时，少量交易就可能导致价格剧烈变动。
2. 适合低流动性市场：该指标对低流动性资产较为敏感，能够反映市场在流动性不足时的潜在风险，是评估不活跃市场的有效工具。
3. 简单易计算：Amihud 指标计算简单，仅需收益率和交易量数据，便于在日常市场数据中使用。
4. 解释性强：Amihud 指标较高时表示市场对交易量的敏感性增加，适合观察市场是否因流动性不足而产生剧烈波动。

#### 缺点：

1. 对异常波动敏感：单日的大幅价格波动可能导致 Amihud 指标失真，使其在短期内对流动性状况的描述出现偏差。
2. 不适用于高流动性市场：在流动性充足的市场中，价格对交易量不敏感，Amihud 指标可能低估市场流动性变化。

## 5.3 市场情绪指标

### 5.3.1 经济意义

市场情绪反映了投资者对未来市场的看法和情绪状态。通常通过情绪指标来度量，包括投资者的乐观或悲观情绪、风险厌恶程度等。情绪指标是投资行为金融学的一个重要内容，情绪变化会影响投资者的决策，可能导致资产价格偏离基本价值，进而带来市场波动。高情绪波动通常表明市场可能处于不稳定状态。

### 5.3.2 模型算法

投资者情绪的传统衡量指标大致可以分为两类：直接指标和间接指标。间接指标是采用市场交易的公开统计数据，通过对数据的事后分析，间接或侧面地反映投资者心理特征。关于间接情绪指标的文献较多，我们根据附件所给数据，在主流的研究中选取了成交量和波动率两个指标 [3]，将两个指标组合成为一个复合指标，来体现市场情绪指标。

我们计算每日成交量的波动率，其公式为：

$$VolumeChange_t = \frac{Volume_t - Volume_{t-1}}{Volume_{t-1}} \quad (4)$$

然后计算每日日内振幅，其公式为：

$$Intraday_t = High_t - Low_t \quad (5)$$

最后，我们对成交量的波动率和每日日内振幅的数据进行标准化之后，取二者的简单平均，即为沪深 300 某成分股在时间  $t$  的市场情绪指标：

$$MarketSentiment_t = StdVolumeChange_t + StdIntraday_t \quad (6)$$

### 5.3.3 模型算法的优缺点

**优点：**

1. 反映市场情绪的敏感性：成交量和波动率都能直接反映投资者情绪的波动，例如恐慌情绪时成交量上升、波动性增大，情绪指标因此较为敏感。
2. 适应短期市场预测：成交量和波动率的变化可以提供市场的短期信号，有助于预测短期内的价格波动和潜在的转折点。

**缺点：**

1. 忽略方向性信息：成交量和波动率仅反映市场活跃程度和波动大小，未提供市场多空方向，可能导致情绪指标对市场趋势的判断失准。

## 5.4 模型求解结果

通过编写 *Python* 程序求解，我们得到了沪深 300 个股的三个风险计量指标（平均收益率、市场流动性和市场情绪指标），分别将其整理至 `avg_daily_return_by_stock_2015_2024.csv`，`amihud_liquidity_by_stock_2015_2024.csv`，`market_sentiment_by_stock_2015_2024.csv` 文件中。

我们展示沪深 300 某三只个股在 2015 年到 2024 年的平均收益率、市场流动性指标和市场情绪指标，如表 1 所示。

股票名称	股票代码	平均收益率	市场流动性指标	市场情绪指标
浦发银行	sse.600000	0.0208%	$2.3002 \times 10^{-8}$	0.0540
贵州茅台	sse.600519	0.1189%	$3.5520 \times 10^{-7}$	0.0571
万科 A	szse.000002	0.0314%	$2.1096 \times 10^{-8}$	0.0770

表 1 任务一求解结果示例

另外，我们计算出了沪深 300 指数在 2015 年到 2024 年的平均收益率、市场流动性和市场情绪指标，如表 2 所示。

平均收益率	市场流动性指标	市场情绪指标
0.0290%	$8.7317 \times 10^{-8}$	0.0670

表 2 沪深 300 指数风险计量指标求解结果

## 六、任务二的模型的建立和求解

### 6.1 风险计量指标的设计

我们基于各指标对于市场风险的敏感性和反应不同维度的风险特性，参考已有文献比较测度效果，在众多风险计量指标中选择了波动率、最大回撤、市场情绪指数、 $\beta$  系数 [4] 这四个指标来测度系统性风险。

#### 1. 波动率指数

波动率是衡量价格或收益波动程度的指标，通常通过收益率的标准差来衡量。波动率越高，表示价格波动越大，市场的不确定性越强。波动率系数被广泛用于衡量市场的整体风险水平，是系统性风险的核心度量。

若某资产在某一时间窗口  $T$  内的日收益率为  $R_t$ ，则波动率的计算公式为：

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (R_t - \bar{R})^2} \quad (7)$$

其中：

- $R_t$  是第  $t$  日的收益率。
- $\bar{R}$  是  $T$  天收益率的平均值。
- $T$  表示时间窗口的天数（30 天）。

## 2. 平均最大回撤

最大回撤衡量的是价格从最高点到最低点的最大下降幅度，通常用于评估资产在极端情况下的潜在亏损程度。较大的最大回撤表示资产在市场下跌时可能遭受较大损失。平均最大回撤计算所有成分股的最大回撤的平均值，用以衡量市场整体的下行风险。

对于某日的最大回撤，计算公式为：

$$MaxDrawdown_t = \frac{High_t - Close_t}{High_t} \quad (8)$$

在计算平均最大回撤时，对所有成分股在特定日的最大回撤求平均：

$$Average \ Max \ Drawdown = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N MaxDrawdown_i \quad (9)$$

其中， $N$  表示成分股的数量。

## 3. 市场情绪指数

市场情绪指数反映了投资者对市场的情绪状态，包括乐观和悲观的倾向。可以通过成交量变动率和日内振幅来衡量市场情绪。情绪指数高时，表示市场处于极度乐观或恐慌的情绪之中，这通常会带来较大的市场波动。

市场情绪指数在任务一中已经计算。其计算请参考公式 (4)、(5)、(6)。

## 4. 贝塔系数

贝塔系数衡量某资产相对于市场整体波动的敏感性。贝塔系数越高，表示该资产对市场风险的反应更为强烈，价格波动与市场波动更加一致。贝塔系数是衡量系统性风险暴露的核心指标，尤其在评估个股对整体市场波动的敏感性时具有重要作用。我们将沪深 300 个股加权平均，得到沪深 300 指数的贝塔系数。

贝塔系数定义为个股收益率与市场收益率的协方差除以市场收益率的方差：

$$\beta = \frac{\text{Cov}(R_i, R_m)}{\text{Var}(R_m)} \quad (10)$$

其中：

- $R_i$  是个股的日收益率。
- $R_m$  是市场的日收益率。
- $\text{Cov}(R_i, R_m)$  表示个股收益率与市场收益率的协方差。
- $\text{Var}(R_m)$  表示市场收益率的方差。

在实际计算时，通过一个时间窗口（30 天）内的收益率数据来计算贝塔系数，以反映个股对市场波动的敏感度。

## 6.2 综合风险计量指标的设计

在本文中，我们将波动率系数、平均最大回撤、市场情绪指数和贝塔系数这四个风险计量指标综合为一个单一的综合风险计量指标（Composite Risk Index）。考虑到主成分分析法的以下优点，我们使用主成分分析法来计算每一个风险计量指标的权重，从而构建综合风险计量指标。

### 6.2.1 主成分分析法

主成分分析法（PCA）是一种降维技术，用于提取数据中的主要信息。在本模型中，我们使用主成分分析法（PCA）来确定每个风险计量指标的权重，进而构建一个综合风险计量指标。主成分分析法的目的是分析每个原始指标在第一个主成分中的贡献度，从而得出各指标的权重。

- **客观性：**通过数据驱动的方法自动确定权重，避免了人为设定权重的主观性。
- **去除冗余：**PCA 可以识别并降低指标间的冗余性和相关性，确保组合指标中的信息有效。
- **解释性：**第一个主成分通常能解释大部分数据的方差，因此可以用其对应的权重来综合各个风险指标，从而得到更具解释性的系统性风险度量。

**主成分分析法的数学原理** 设四个标准化后的风险计量指标为  $X_1, X_2, X_3, X_4$ ，分别对应于波动率、平均最大回撤、市场情绪指数和贝塔系数。PCA 将这些变量线性组合为主成分  $Z_1$ ，并从中确定各变量在综合风险指标中的权重。

1. **构建协方差矩阵：**对四个标准化后的风险计量指标计算协方差矩阵，以量化各指标间的相关性。
2. **特征值分解：**计算协方差矩阵的特征值和特征向量。第一个主成分的特征向量对应于协方差矩阵的最大特征值。

3. **确定权重**：第一个主成分的特征向量包含了每个原始指标的系数（即权重），表示它们在综合风险指标中的贡献度。若第一个主成分为：

$$Z_1 = w_1X_1 + w_2X_2 + w_3X_3 + w_4X_4 \quad (11)$$

则  $w_1, w_2, w_3, w_4$  即为各个指标的权重，反映每个指标对系统性风险的相对影响力。

### 6.2.2 综合风险计量指标的构建

我们编写 *Python* 程序对进行主成分分析，得到了综合风险计量指标 (*Composite\_Risk\_Index*) 中各个风险计量指标的 PCA 组件权重（各指标的贡献度），计算结果如表 3 所示。

波动率指数	平均最大回撤	市场情绪指数	贝塔系数
0.67173755	0.65095499	0.34708468	0.0675166

表 3 各个风险计量指标的 PCA 组件权重

因此，我们设计的综合风险计量指标的计算公式为

$$\begin{aligned} Composite\_Risk\_Index = & 0.67173755 \times Volatility \\ & + 0.65095499 \times Average\_Drawdown \\ & + 0.34708468 \times Market\_Sentiment \\ & + 0.06751660 \times Beta \end{aligned}$$

其中，*Volatility* 为波动率指数，*Average\_Drawdown* 为平均最大回撤，*Market\_Sentiment* 为市场情绪指数，*Beta* 为贝塔系数。

我们使用公式 (9) (9) (6) (10)，计算 2015 年到 2024 年每日的四个风险计量指标，并将结果保存在 *hs300\_composite\_risk\_index\_2015\_2024.csv* 文件中，然后将数据可视化，可视化结果如图 2 所示。

然后，我们使用计算出的四个风险计量指标的数据，利用上式，对 2015 年到 2024 年每日的综合风险计量指标进行计算，将结果也保存在上面的文件中，并将综合风险计量指标的数据作图，如图 3 所示。

另外，我们对 2022/06/15，2018/03/22，2020/01/23，2020/03/09，2024 年年初这五个时间点进行了标注，如图 3 中虚线所示。在其中的一些时间点附近，还有在 2024 年国庆节前期，可以发现综合风险计量指标的数值急剧变大，这说明本文设计的综合风险计量指标在测度极端市场风险发挥了较好的作用。

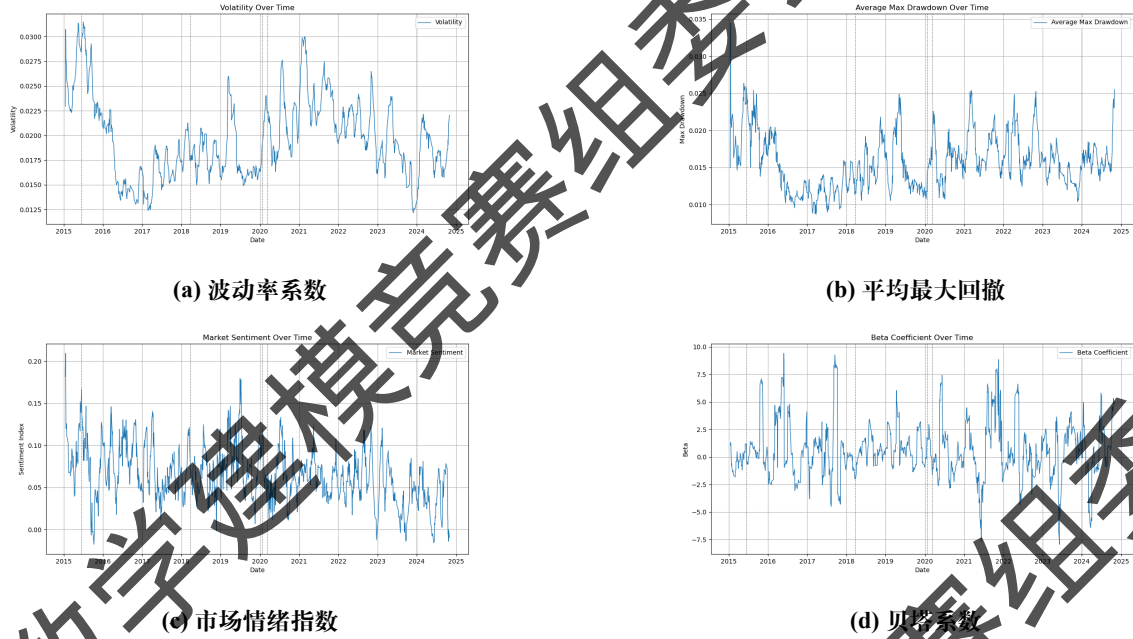


图 2 2015 年到 2024 年每日的四个风险计量指标变化

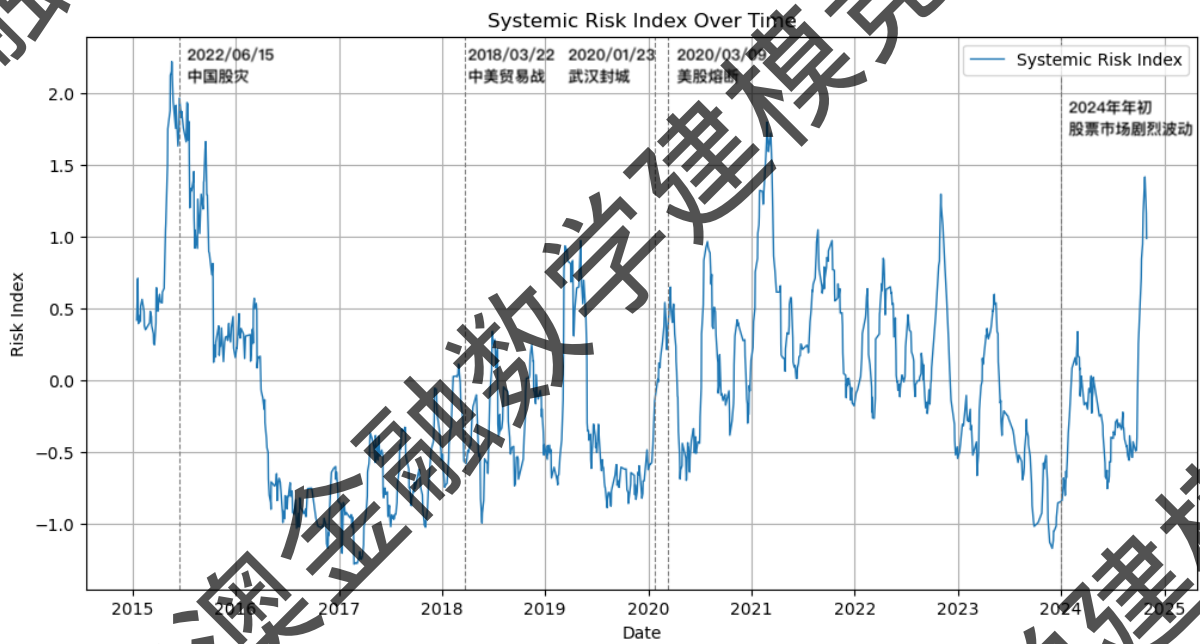


图 3 2015 年到 2024 年每日的综合风险计量指标变化

### 6.3 系统性风险预测模型的建立

#### 6.3.1 ARIMA 模型

ARIMA 是一种广泛应用于时间序列分析与预测的统计模型，旨在捕捉数据的自相关性以及趋势性。ARIMA 模型结合了自回归 (AR) 模型、差分 (I) 过程和移动平均 (MA) 模型。其核心思想是通过对历史数据的学习，识别并建模数据的时间依赖性，进

而进行预测。通常表示为 ARIMA(p, d, q)，其中：

- p 是自回归 (AR) 部分的阶数，
- d 是差分次数 (表示使得序列平稳所需的差分次数)，
- q 是移动平均 (MA) 部分的阶数。

ARIMA 模型的数学公式为：

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \epsilon_{t-q} + \epsilon_t \quad (12)$$

考虑到我们所构建的综合风险计量指标与历史数据有密切关系，ARIMA 要求输入的时间序列是平稳的，这意味着数据的统计特性 (如均值、方差) 随时间变化应保持不变。这与真实情况不相符。

同时综合风险计量指标具有较强的波动性及不规则性，我们采用 ARIMAX 来更好的处理周期性波动，并通过引入外部变量来更好地处理突发事件或政策。ARIMAX 相对于传统形式有可考虑外部因素的影响的优点，增强模型解释性，更适应变化的市场环境。

### 6.3.2 ARIMAX 模型

ARIMAX (AutoRegressive Integrated Moving Average with eXogenous variables) 是 ARIMA (自回归积分滑动平均模型) 模型的扩展，加入了外部变量 (也叫外生变量或解释变量) 的影响。ARIMAX 模型可以捕捉到外部因素对时间序列数据的影响，从而在很多场景下提高了预测的准确性，特别是在预测受多个因素影响的复杂系统时。其数学公式如下：

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \epsilon_{t-q} + \beta_1 X_{t-1} + \dots + \beta_k X_{t-k} + \epsilon_t \quad (13)$$

- $Y_t$  是目标时间序列数据 (股市指数)。
- $X_t$  是外部变量 (利率、GDP 等)。
- $c$  是常数项。
- $\phi_i$  是自回归 (AR) 部分的参数，用于描述目标时间序列的历史值对当前值的影响。
- $\theta_j$  是移动平均 (MA) 部分的参数，用于描述随机误差项的过去值对当前值的影响。
- $\beta_k$  是外部变量  $X_t$  的系数，表示外部因素对目标时间序列的影响。
- $\epsilon_t$  是误差项 (白噪声)。
- $p, q, r$  分别是自回归部分、滑动平均部分和外部变量部分的阶数。

这里，ARIMAX 模型通过引入外部变量，能够捕捉到目标变量变化的外部驱动因素。例如，在股市预测中，除了历史价格数据，还可以加入利率、GDP 增长、通货膨胀等宏观经济指标。并且 ARIMAX 能够灵活适应不同类型的时间序列，特别是当目标时间序列受到多个外部因素影响时，相比单纯的 ARIMA 模型具有更强的预测能力。同

时，由于考虑了外部变量，ARIMAX 模型通常比 ARIMA 模型在实际应用中提供更准确的预测，尤其是对于受政策、市场环境等外部因素影响较大的时间序列。通过图 4，我

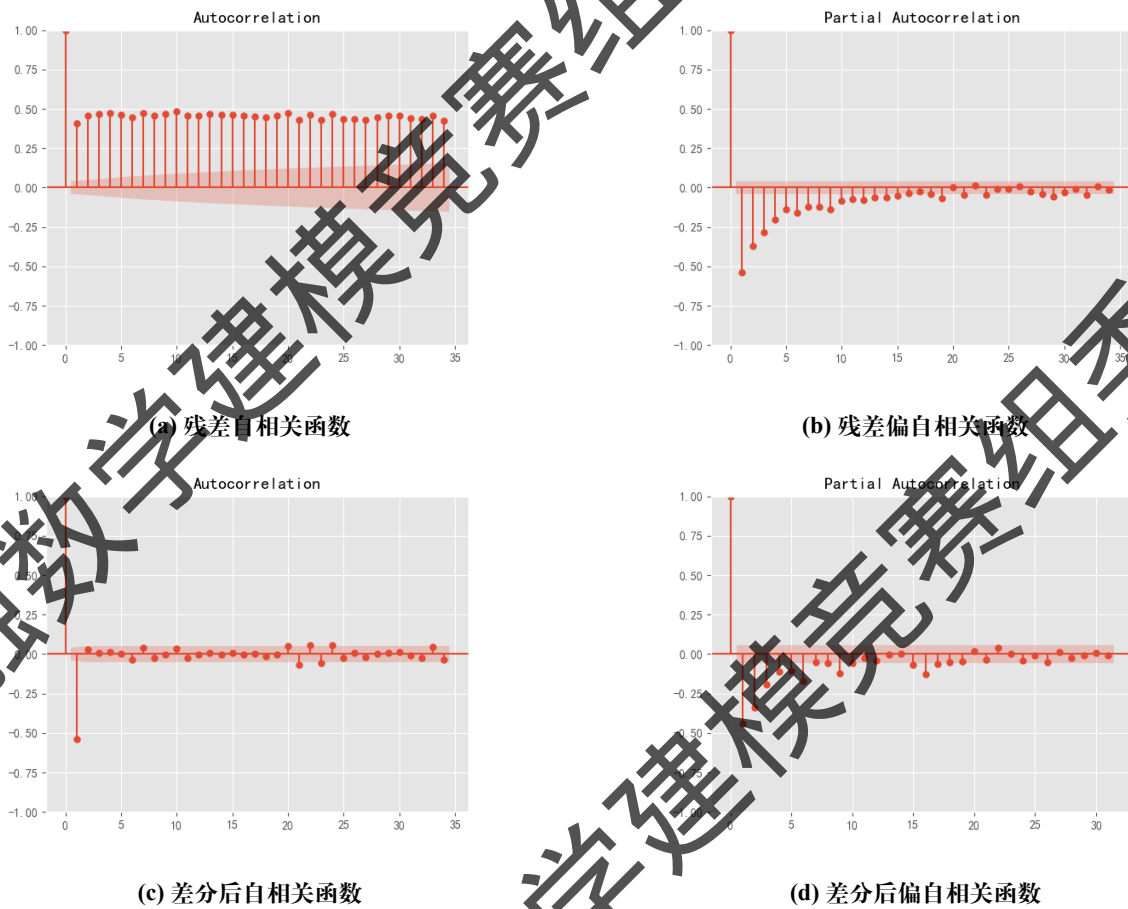


图 4 差分前后的偏自相关函数

们发现，差分的确能够有效避免非平稳性问题，使得数据变得平稳。

```

SARIMAX Results
=====
Dep. Variable:   Composite_Risk_Index   No. Observations:   1118
Model:          ARIMA(1, 1, 1)         Log Likelihood      -1598.582
Date:           Thu, 07 Nov 2024       AIC                 3203.163
Time:           10:47:37               BIC                 3218.219
Sample:         0                       HQIC                3208.855
Covariance Type: opg
=====
               coef  std err      z  P>|z|  [0.025  0.975]
-----
ar.L1         0.1219   0.020    6.108  0.000   0.083   0.161
ma.L1        -0.8724   0.011  -79.848  0.000  -0.894  -0.851
sigma2        1.0236   0.015   66.387  0.000   0.993   1.054
=====
Ljung-Box (L1) (Q):           0.00  Jarque-Bera (JB):           9698.04
Prob(Q):                      0.97  Prob(JB):                   0.00
Heteroskedasticity (H):       0.52  Skew:                       1.27
Prob(H) (two-sided):          0.00  Kurtosis:                    16.89
=====
    
```

图 5 运行过程

QQ 图 (图 6) 显示，我们看到 KDE 线与  $N(0,1)$  平行，这是残留物正太分布的良好指标，说明残差序列是白噪声序列，模型的信息的提取充分。

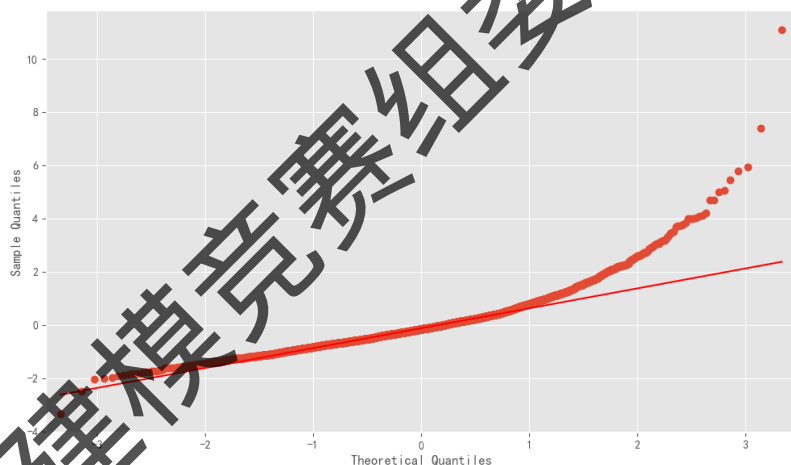


图 6 QQ 图

### 6.3.3 预测结果

我们使用 ARIMAX 模型对设计的综合风险计量指标进行预测，得到后 3 天的综合风险计量指标预测值并作图，结果如表 4 和图 7 所示。

天数	1	2	3
预测值	0.637291	0.613712	0.610837

表 4 综合风险计量指标预测值

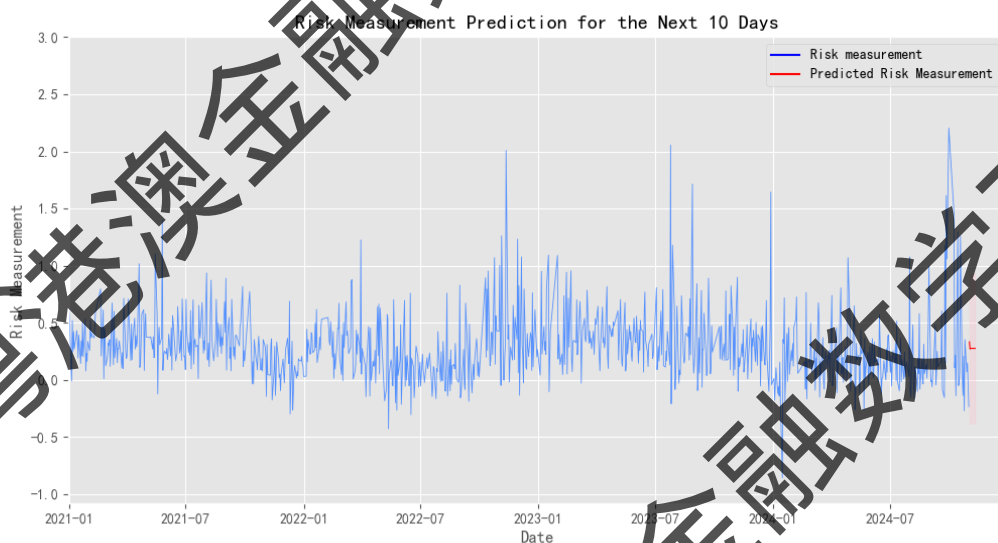


图 7 ARIMAX 预测结果

## 七、任务三的模型的建立和求解

### 7.1 风险的度量

#### 在险价值 (Value at Risk)

我们使用在险价值 (Value at Risk) 构建事前风控体系。

在险价值 (VaR) 通过提供下行风险的统计度量, 概括了表现不佳的可能性。它能提供一个明确的、量化的指标, 用来衡量在特定时间范围内和给定置信水平下, 投资组合或单个资产可能遭受的最大损失。通过 VaR, 我们可以预估可能的损失, 从而在事前采取措施降低潜在风险。尤其是在市场波动性高的情况下, VaR 可以帮助识别出潜在的极端损失风险, 从而进行更合理的资本配置和流动性管理, 确保投资组合在承受风险的范围内。

风险价值的公式为:

$$\text{VaR}(X) = -t \quad \text{其中} \quad \mathbb{P}(X < t) = p \quad (14)$$

VaR 表示在给定未来时间段内, 投资组合的最大潜在损失, 具有给定的置信度 (通常为  $1 - p$ )。例如, 95% 的一天 VaR 是在 95% 置信度下, 投资组合在一天内的最大损失, 即有 5% 的概率损失更大。它可以以绝对值或相对于基准来衡量。

### 7.2 使用 GJR-GARCH 模型预测风险

#### 7.2.1 GARCH 模型

GARCH 模型 (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) 是一种广泛用于金融时间序列分析的模型, 旨在描述和预测资产收益的波动性。与传统的时间序列模型不同, GARCH 模型主要关注条件异方差 (即随着时间变化的波动性), 是为了应对金融数据中常见的波动性聚集现象——即某段时间内的波动性通常比其他时段更大。其核心思想是: 资产回报序列的方差 (即波动性) 不仅取决于过去的回报, 也取决于过去的波动性。通常的表达式为:

$$r_t = \mu + \epsilon_t \quad (15)$$

其中,  $r_t$  是时间  $t$  的回报,  $\mu$  是常数均值,  $\epsilon_t$  是误差项。

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \epsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (16)$$

- $\omega$ : 表示常数项, 通常是一个非负值, 决定了波动性在没有外部冲击时的基础水平。
- $\alpha$ : 是回报平方的系数, 表示过去回报 (尤其是大幅波动回报) 对当前波动性的影响。通常来说,  $\alpha > 0$  表示过去的冲击会对当前波动性产生影响。

- $\beta$ : 是过去波动性的系数, 表示过去的波动性 (即过去的条件方差) 对当前波动性的影响。通常来说,  $\beta > 0$  表示波动性有“记忆”效应, 即较高的过去波动性会增加未来波动性的概率。

然而, GARCH 模型假设回报的波动性是对称的, 但在实际金融市场中, 波动性通常对负面和正面回报具有不同的反应。金融市场往往在负面消息或下跌时波动性上升, 而正面消息则未必会有相同的效果。这种非对称波动性的缺失使得 GARCH 模型在极端事件下的预测能力不强, 尤其在预测负尾风险时, 所以针对任务三的 VaR 预测, 我们采用 GJR-GARCH 模型。

### 7.2.2 GJR-GARCH

在 GJR-GARCH 模型中, 我们引入了 Josephson 效应的思想, 即通过引入更加复杂的非线性动态和可能的突变效应, 以提高模型对金融市场极端风险和非对称波动性的捕捉能力。

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \epsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \gamma \epsilon_{t-1}^2 I(\epsilon_{t-1} < 0) \quad (17)$$

- $\omega$  是常数项, 表示长期平均波动水平;
- $\alpha$  和  $\beta$  是模型的参数, 分别表示历史回报和历史波动性对当前波动性的影响;
- $\gamma$  是额外的参数, 表示负回报对波动性的影响程度;
- $I(\epsilon_{t-1} < 0) = \begin{cases} 1 & \text{if } \epsilon_{t-1} < 0, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$

其中,  $I(\epsilon_{t-1} < 0)$  是指示函数, 当过去的回报为负时 (即市场下跌), 否则为 0。通过引入该项, 模型能够捕捉到市场负面冲击时波动性上升的现象。

并且, GARCH 模型通常假设误差项服从正态分布, 而在实际金融数据中, 资产回报的分布常常表现为厚尾, 即极端波动 (如金融危机) 发生的概率比正态分布预测的要高。因此, GJR-GARCH 模型通过引入更加适应尾部风险的分布来进行建模, 通常使用 t 分布 (Student's t-distribution) 或泛化 Pareto 分布 (Generalized Pareto Distribution) 来更好地描述回报的尾部特性。

所以, 我们认为使用 GJR-GARCH 模型对 VaR 的预测会更加准确。利用 GJR-GARCH 模型得出的预测结果如图 8 所示。

### 7.3 使用 LSTM 模型预测风险

长短期记忆网络 (LSTM) 模型是递归神经网络的一个子类, 是当前比较流行的时间序列预测模型, 可以学习时间序列数据中的长期依赖关系和复杂模式, 尤其是在金融时间序列预测中可以捕捉到非线性回报与波动性之间的关系。这里, 我们也利用过去市场数据所得到的 VaR 对 LSTM 进行训练并且预测 VaR 的变化趋势。模型中重要损失函

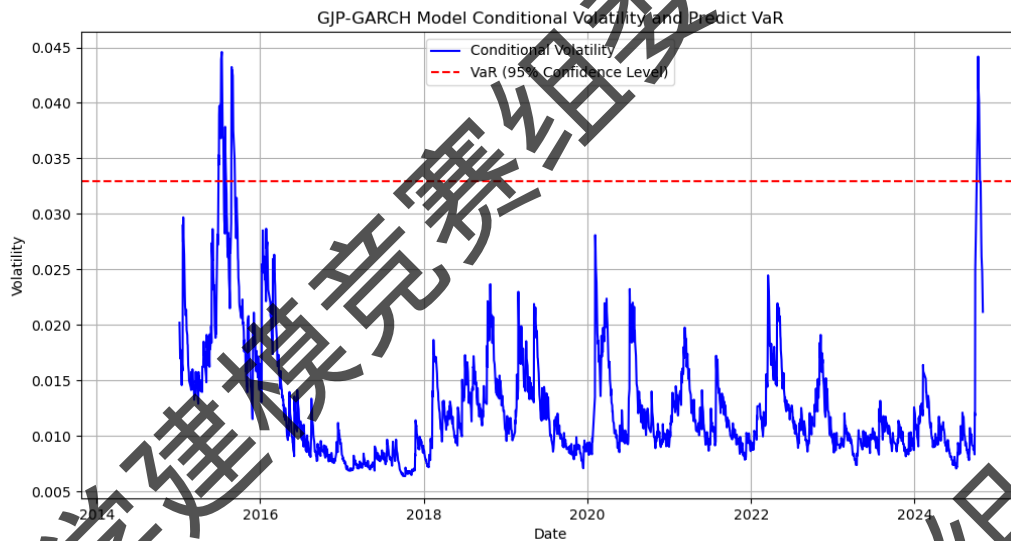


图 8 GJP-GARCH 预测结果

数是均方误差 (MSELoss)，其用于回归问题，计算预测值与实际值之间的平均平方误差。

在本次实验中，我们假设每日 VaR 是一个连续的数值，因此使用了均方误差损失函数。MSE 损失函数的公式为：

$$\text{MSE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_{\text{pred},i} - y_{\text{true},i})^2 \quad (18)$$

其中  $y_{\text{pred},i}$  是第  $i$  个样本的预测值， $y_{\text{true},i}$  是对应的真实值， $N$  是样本数。

实验过程中，我们将数据集按百分之九十与百分之十的比例进行划分，分别用于训练和测试。在设置模型超参数时，我们发现当隐藏层数设置为 128 或 256 更大时，拟合图像会有明显的过拟合问题，所以我们将隐藏层神经元数设置为 64 并得到更优秀的结果。对于 LSTM 层数，我们选择为一层，在更大的层数情况下，运行效率大幅增加，预测效果却没有明显提升。

对于训练模型的超参数设置，我们将轮次设计为 5000 层，批次为 256，不会出现过拟合问题且运行效率高。同时采用 Adam 优化器自适应调整每个参数的学习率，用来更新每个变量的权重，这里我们设置学习率为 0.01。训练时依次进行前向传播与反向传播，然后进行损失计算，最后实现预测结果的可视化。这里我们发现，除去两个极端情况，模型都取得了较好的预测效果，如图 9 所示。

#### 7.4 综合 GJP-GARCH 模型和 LSTM 模型构建事前风控体系

我们基于 Value at Risk (VaR) 作为风险度量指标，通过 GJR-GARCH 和 LSTM 模型对未来市场风险进行预测，这样可以利用 GJR-GARCH 模型捕捉市场波动的非对称性，

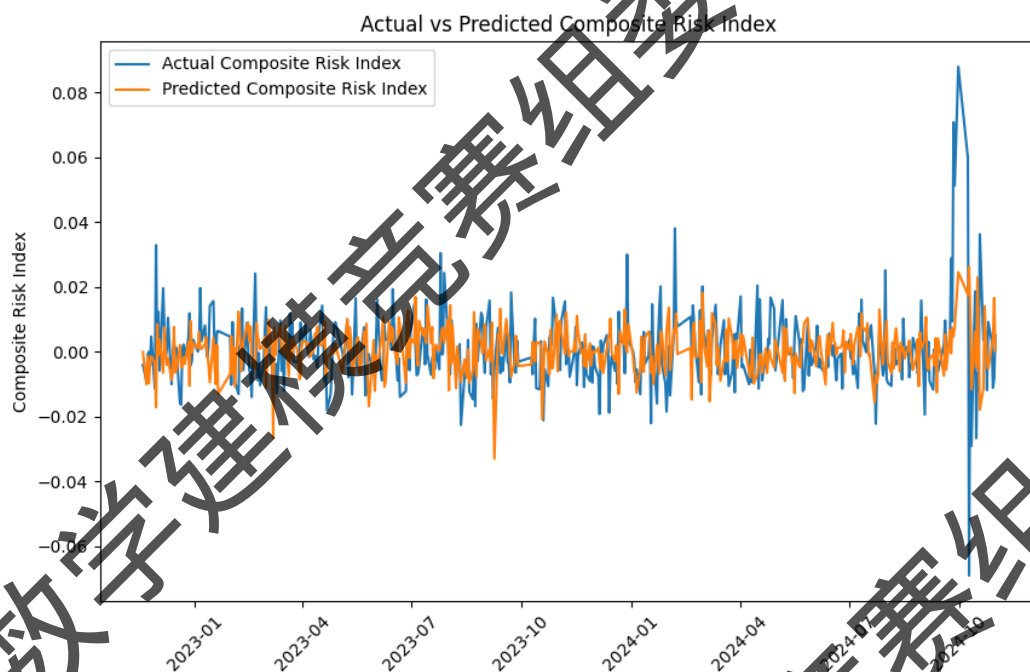


图9 LSTM 预测结果

LSTM 模型捕捉非线性市场动态的优势。然后利用历史预测误差设定二者权重，然后将两个预测结果进行加权平均计算，得到一个较为精确的 VaR 预测值。每日对 VaR 进行更新，确保风控体系对市场波动的灵敏响应。

#### 7.4.1 分级风险警戒线的设定

根据预测的 VaR 值，设定三级警戒线：10%、20% 和 30%，分别对应轻度、中度和严重风险预警。

**轻度预警** 当 95% VaR 超过组合资产的 10% 时，说明有 95% 的可能会损失 10%，提示基金经理关注市场风险增加，并建议加强对高波动资产的流动性管理；

**中度预警** 当 95% VaR 超过组合资产的 20% 时，说明有 95% 的可能会损失 20%，需采取组合调整措施，包括适当减持高波动性资产，增持低风险资产，以降低组合的整体波动率；

**严重预警** 当 95% VaR 超过组合资产的 30% 时，说明有 95% 的可能会损失 30%，触发紧急风险控制措施，采取严格的风险削减和对冲操作，以避免回撤进一步扩大。

## 7.4.2 风险响应措施

**轻度预警响应** 增加市场监控频率，关注高波动资产的流动性；提高对仓位的跟踪频率，但不采取实质性调整。

**中度预警响应** **减仓操作**：将高波动性资产的持仓比例减少 10-20%，并增持防御性资产，如现金和债券，以分散组合的风险；**资产配置调整**：降低权益类资产比重，提高低波动资产占比，确保组合在中度预警下仍能保持适度的防御性。

**严重预警响应** **对冲策略**：利用股指期货或个股看跌期权，建立与组合高度相关的对冲仓位，降低市场下行风险敞口；**减仓与流动性管理**：进一步减持权益类资产，将高风险股票置换为流动性较高的固定收益类资产，并确保足够的现金流动性；**止损操作**：当市场急剧下跌且 VaR 达到 30% 后，根据组合的资产负债表，视情况启动止损操作，以控制最大回撤。

# 八、任务四的模型的建立和求解

## 8.1 模型建立

Fama-French 三因子模型是由尤金·法马 (Eugene Fama) 和肯尼斯·弗伦奇 (Kenneth French) 在 1992 年提出的，实际上是在传统资本资产定价模型 (CAPM) 基础上的改进。相较于 CAPM 模型，它引入了两个额外的风险因子：规模因子——公司规模 (Small Minus Big, SMB) 和价值因子——账面市值比 (High Minus Low, HML)，以更全面地解释股票回报的横截面差异。

CAPM 模型的局限性之一是它仅仅考虑用市场风险 (Beta 系数) 来解释股票的预期回报。然而，从陈信元、张田余和陈冬华 (2001) [5] 对预期股票收益的决定因素进行了横截面分析中发现，股票 Beta 值在单因素模型和多因素模型都缺乏对股票收益的解释能力；取而代之的是，股票收益率与公司规模、账面市值比率体现出显著相关性。与此同时，邓长荣、马永开 (2005) 采用深市的股票数据对 Fama-French 三因子模型在我国证券市场的适用性进行了检验，证明三因子模型在我国证券市场上是成立的，并且比传统模型更能够描述股票收益率的横截面数据的变动 [6]。Chui 和 Wei (1998) [7] 对中国香港、韩国、马来西亚等五个亚太市场进行的实证研究也表明 FF 三因素模型对股票横截面收益率具有显著的解释力。因此，在本任务的收益率预期设定中，我们使用 FF3 模型而非单纯的 CAPM 模型，以减少此局限性的影响，更进一步解释股票收益。

Fama-French 三因子模型的资本资产定价方程可以表示为：

$$\mathbb{E}(R_i) = R_f + \beta_{i,MKT} (\mathbb{E}(R_{MKT}) - R_f) + \beta_{i,SMB} (\mathbb{E}(R_{SMB}) - R_f) + \beta_{i,HML} (\mathbb{E}(R_{HML}) - R_f) \quad (19)$$

其中：

- $\mathbb{E}(R_i)$  是资产  $i$  的预期回报。
- $R_f$  是无风险利率。
- $\beta_{i,MKT}$  是资产  $i$  对市场风险因子的敏感性，即市场贝塔系数。
- $\mathbb{E}(R_{MKT})$  是市场的预期回报。
- $\beta_{i,SMB}$  是资产  $i$  对规模因子的敏感性。
- $\mathbb{E}(R_{SMB})$  是规模因子的预期回报，代表小盘股相对于大盘股的预期回报。
- $\beta_{i,HML}$  是资产  $i$  对价值因子的敏感性。
- $\mathbb{E}(R_{HML})$  是价值因子的预期回报，代表高账面市值比股票相对于低账面市值比股票的预期回报。

## 8.2 模型假设

- 市场有效性：模型假设市场是半强式有效的，即所有公开信息都已经反映在股票价格中
  - 风险和回报的正相关性：投资者需要更高的预期回报来补偿承担的更高风险。
  - 风险因子的识别：模型假设市场风险溢价、公司规模（SMB）和账面市值比（HML）是影响股票预期回报的主要风险因子。
  - 线性关系：股票的预期回报与三个风险因子之间存在线性关系。
  - 因子独立性：模型中的各个因子是相互独立的，即一个因子的变动不会影响其他因子的风险溢价。
  - 无套利机会：市场不存在无风险套利机会，投资者不能通过构建特定的投资组合来获得超过模型预测的回报。
  - 风险厌恶的投资者：投资者是风险厌恶的，他们需要额外的回报来补偿承担的额外风险。
  - 资产同质性：在同一因子下，所有资产的预期回报对因子的敏感性是一致的。
  - 时间稳定性：模型中的因子风险溢价在时间上是稳定的，不会随时间发生显著变化。
  - 无限分割性：资产可以无限分割，投资者可以持有任意规模的资产组合。

## 8.3 模型求解

我们将沪深 300 视为市场大盘，将贵州茅台这只股票视为某项资产  $i$ 。根据方程式可以看出，想要得到资产  $i$  的预期回报（在这里即贵州茅台股票的预期回报率），首先要求得系数  $\beta_{i,MKT}$ ， $\beta_{i,SMB}$ ， $\beta_{i,HML}$  以及方程的纵截距。因此，我们首先运用 FF3 的回归模型方程式求得贵州茅台对应的各个系数和截距，进而找到它对应的 FF3 模型方

程式，最后代入相关值的实时数据进行预期回报的评估计算。Fama-French 三因子模型的回归方程可以表示为：

$$(R_{i,t} - R_f) = \alpha_i + [\beta_{i,MKT}(R_{m,t} - R_f) + \beta_{i,SMB}SMB_t + \beta_{i,HML}HML_t] \quad (20)$$

其中：

- $R_{i,t}$  是资产  $i$  在时间  $t$  的实际回报率；
- $\alpha_i$  是截距项，代表资产的阿尔法（超额回报）；
- $R_{m,t}$  是市场在时间  $t$  的回报率；
- $SMB_t$  是小盘股相对于大盘股在时间  $t$  的回报率差异（规模因子）；
- $HML_t$  是高账面市值比股票相对于低账面市值比股票在时间  $t$  的回报率差异（价值因子）。

### 8.3.1 步骤一：收集数据

我们统一使用月度数据，分别收集了 2014-2024 年中国 10 年期长期国债的历史收益率、贵州茅台过去近 10 年的历史月度价格涨跌幅、过去近 10 年沪深 300 指数的月度涨跌幅数据，以及公司规模（Small Minus Big, SMB）和账面市值比（High Minus Low, HML）的月度数据，并且计算出 10 年期国债的每月的平均收益率。

### 8.3.2 步骤二：计算因子回报

计算出贵州茅台的超额回报  $R_i - R_f$ ，以及市场（沪深 300 个股）的超额回报  $R_m - R_f$ ，分别得到了市场风险因子、规模因子和价值因子的回报，全部统计在 Excel 中。

### 8.3.3 步骤三：回归分析

利用 Excel 中数据分析工具的回归分析，得到回归结果： $\beta_{i,MKT} = 1.0234$ ， $\beta_{i,SMB} = -0.0312$ ， $\beta_{i,HML} = -0.1155$ ， $\alpha_i = 0.0176$ ，如图 10 所示。

我们得到：

$$(R_{i,t} - R_f) = 0.0176 + 1.0234(R_{m,t} - R_f) - 0.0312SMB_t - 0.1155HML_t \quad (21)$$

进而代入 Fama-French 三因子模型得到：

$$\mathbb{E}(R_i) = 0.0176 + 1.0234(\mathbb{E}(R_{MKT}) - R_f) - 0.0312(\mathbb{E}(R_{SMB}) - R_f) - 0.1155(\mathbb{E}(R_{HML}) - R_f) \quad (22)$$

现在，我们就可以代入实时数据，得到贵州茅台的收益预期。

SUMMARY OUTPUT								
回归统计								
Multiple R	0.699503							
R Square	0.489304							
Adjusted R	0.476536							
标准误差	0.065192							
观测值	124							
方差分析								
	df	SS	MS	F	Significance F			
回归分析	3	0.488639	0.16288	38.32445	1.92E-17			
残差	120	0.510002	0.00425					
总计	123	0.99864						
	Coefficients	标准误差	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
Intercept	0.017604	0.006312	2.789157	0.006148	0.005108	0.030101	0.005108	0.030101
Rm(沪深30)	1.023449	0.097117	10.53832	8.8E-19	0.831165	1.215734	0.831165	1.215734
SMB	-0.03116	0.214803	-0.14508	0.884893	-0.45646	0.394132	-0.45646	0.394132
HML	-0.11548	0.157397	-0.73369	0.464571	-0.42712	0.196155	-0.42712	0.196155

图 10 任务四回归结果

#### 8.3.4 步骤四：结果解释

1. 市场因子贝塔值  $\beta_{i,MKT} = 1.0234$  贝塔值大于 1 表明该贵州茅台这一股票的波动性高于市场平均水平，具有一定的市场风险敞口。具体来说  $\beta_{i,MKT} = 1.0234$  意味着市场每变动 1%，贵州茅台这一股票的预期变动为 1.023%。这表明该投资比市场略微更具风险，投资者应该期望获得高于市场平均水平的回报来补偿这种额外风险。

2. 规模因子贝塔值  $\beta_{i,SMB} = -0.0312$  负的规模因子贝塔值表明贵州茅台这一股票倾向于与小盘股的回报负相关，对小盘股的超额回报具有负敏感性。这意味着当小盘股表现良好时，该资产可能表现不佳，反之亦然。一个较小的负贝塔值表明这种负相关性相对较弱。具体来说，当小盘股表现优于大盘股时，该资产的回报可能会低于市场平均水平。这可能表明该资产倾向于在大盘股中表现更好。

3. 价值因子贝塔值  $\beta_{i,HML} = -0.1155$  一个负的价值因子贝塔值表明该股票或投资组合对价值因子不敏感，或者倾向于与高账面市值比股的回报负相关。当价值股（高账面市值比）表现优于成长股（低账面市值比）时，该资产的回报可能会低于市场平均水平。 $\beta_{i,HML} = -0.1155$  具体意味着价值股每变动 1%，贵州茅台的预期变动为-0.1155%。这意味着在价值股表现优于成长股的市场中，该股票或投资组合可能表现不佳。这种情况也有可能是市场 SMB 值为负导致的。

4. 阿尔法值  $\alpha_i = 0.0176$  正的阿尔法值表明在考虑了市场风险、公司规模和账面市值比之后，该资产的预期回报仍然高于 CAPM 模型预测的回报。这可能表明该资产具有

正的超额回报，或者存在某种形式的 alpha，即投资者可以通过投资该资产获得超过市场平均水平的回报。种情况也有可能是市场 HML 值为负导致的。

进而代入 Fama-French 三因子模型，可得

$$\mathbb{E}(R_i) = R_f + 0.0176 + 1.0234 (\mathbb{E}(R_{RMKT}) - R_f) - 0.0312 (\mathbb{E}(R_{SMB}) - R_f) - 0.1155 (\mathbb{E}(R_{HML}) - R_f) \quad (23)$$

接下来我们根据历史的平均数据，计算出得到贵州茅台的历史平均预期，并以此作为此股票的基准收益。

根据 Excel 中展示，过去十年间，10 年期国债平均值 ( $R_f$ ) 为 3.17%；SMB 平均值为 -0.15%；HML 平均值为 -0.16%；沪深 300 平均收益率 ( $\mathbb{E}(R_{MKT})$ ) 为 0.68% (与任务一中数据不一致的原因是采用了时间跨度不同的数据)。将上述各值代入 FF3 方程，可计算出贵州茅台十年平均期望收益率为：**2.8634%**。

因此，我们可以将 2.8634% 作为一个基准收益率。在决策是否要投资时，可计算出贵州茅台的期望收益，并与 2.8634% 作比较。若预期收益大于此或高于个人期望，那么我们认为这种股票的市场发展情况较好，建议交易；反之，则不建议交易。

#### 8.4 模型检测

我们以 2024 年 7 月份的数据为例 (任务四数据.csv 中黄色标出的)， $R_M - R_f = -2.81\%$ ， $R_f = 2.24\%$ ，SMB 值为 0.068，HML 值为 0.0573。代入 (23)，可得

$$\mathbb{E}(R_i) = 0.5789\% < 2.8634\%$$

因此，根据理性的收益预期，此时不建议购买这一股票。

### 九、模型的评价

#### 9.1 模型的优点

- 任务一中的市场情绪指标综合多个指标组合成复合指标，相比于单一指标可以更全面地体现市场情绪。
- 使用 VaR 作为风险度量的工具，能够量化下行风险，为风险控制提供了明确的依据。
- GJR-GARCH 模型使用  $t$  分布描述回报的尾部特性，相比于一度使用的正态分布更符合实际股票市场回报的概率分布，更符合客观存在。
- 使用 GJR-GARCH 和 LSTM 模型综合预测 VaR 的数值，能利用到两个模型各自的优势，对极端的市场波动进行有效预测。
- 许多学者进行了大量论证，使用 Fama-French 三因素模型计算预期回报率，结果具有解释力。[8]。

## 9.2 模型的缺点

- 由于反映市场情绪的复合指标由两个间接指标组成，我们在任务一构建的复合指标也是间接的，有一定的局限性。若能得到直接对投资大众进行调查所得的直接指标，综合直接和间接指标得到复合指标会更加有效。
- 预测模型对历史数据的依赖性较大，对突发风险事件的预测反应较慢，并且有预测不足的可能。
- 模型假设市场至少是半强式有效的，即所有公开信息都已反映在价格中，但是实际上市场可能 1 存在非效率性
- Fama-French 模型假设资产回报与因子之间存在线性关系，并且因子间相互独立，但某些情况下可能并不成立。另外，田利辉等（2014）认为中国股市的账面市值比效应并不显著 [8]，因此，Fama-French 三因素模型中账面市值比的部分可能会导致收益率计算的不精确。

## 参考文献

- [1] AMIHUD Y. Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series effects[J]. Journal of financial markets, 2002, 5(1):31-56.
- [2] BAKER S R, BLOOM N, DAVIS S J. Measuring economic policy uncertainty[J]. The quarterly journal of economics, 2016, 131(4):1593-1636.
- [3] BAKER M, WURGLER J. Investor sentiment in the stock market[J]. Journal of economic perspectives, 2007, 21(2):129-151.
- [4] 吴世农等. 中国股票市场风险研究[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2013.
- [5] 陈信元, 张田余, 陈冬华. 预期股票收益的横截面多因素分析: 来自中国证券市场的经验证据[J]. 金融研究 = Journal of Financial Research, 2001.
- [6] 邓长荣. 三因素模型在中国证券市场的实证研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2006.
- [7] CHU A C, WEI K J. Book-to-market, firm size, and the turn-of-the-year effect: Evidence from pacific-basin emerging markets[J]. Pacific-Basin finance journal, 1998, 6(3-4):275-293.
- [8] 韩立岩, 部慧. 金融资产风险与定价理论篇[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- [9] SU Y, HUANG H, LIN Y. Gjr-garch model in value-at-risk of financial holdings[J]. Applied Financial Economics, 2011, 21(24):1819-1829.

- [10] BAUWENS L, LAURENT S, ROMBOUTS J V. Multivariate garch models: a survey[J]. Journal of applied econometrics, 2006, 21(1):79-109.
- [11] HOCHREITER S. Long short-term memory[J]. Neural Computation MIT-Press, 1997.
- [12] NEWBOLD P. Arima model building and the time series analysis approach to forecasting [J]. Journal of forecasting, 1983, 2(1):23-35.

# 实测报告

## 一、测试目的

在任务二中，我们利用波动率指数、平均最大回撤、市场情绪指数、贝塔系数这四个指标合成了一个综合性风险计量指标，基于历史数据，构建出一个十分符合历史情况的系统性风控模型，并利用 ARIMAX 模型进行未来的风险预测。本次实测旨在验证 ARIMAX 预测模型的可行性，评价总结 ARIMAX 模型的预测能力。

## 二、测试环境

在 Python3.9 环境下运用 Pandas, NumPy, Matplotlib, Statsmodels 库，分别进行数据处理，数值计算，数据可视化，时间序列分析及 ARIMAX 模型实现。（以上库版本需兼容。）

实验中，我们将读取并预处理 CSV 格式的历史数据，利用 ADF 检验评估数据的平稳性，并通过一阶差分处理达到平稳。接着，我们将构建 ARIMAX 模型，训练并评估模型性能，最后通过残差分析和预测未来风险度量值，以评估模型的准确性。整个实验流程包括数据读取、预处理、模型训练、预测和结果可视化，旨在提供一个完整的时间序列分析框架。

关于参数，我们设置自回归阶数  $p=1$ ，一阶差分  $d=1$ ，移动平均项阶数  $q=1$ 。

## 三、测试内容

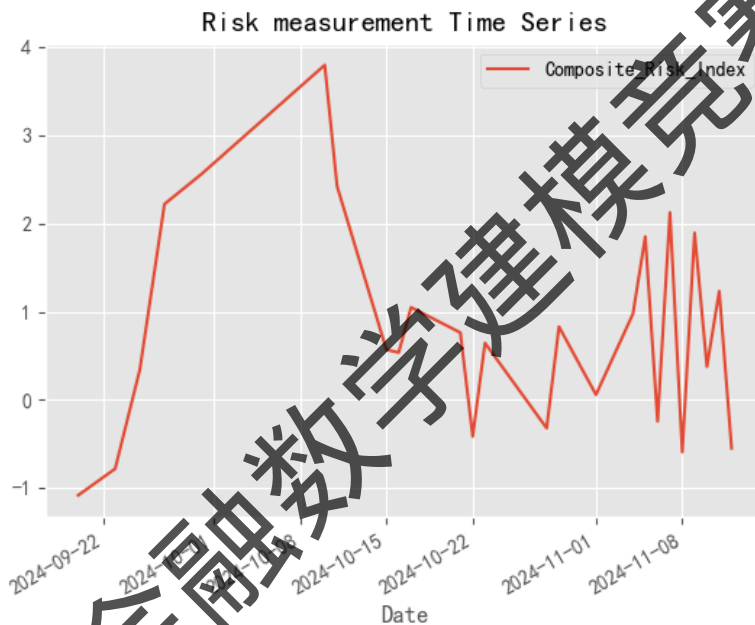
利用官方给出的 11 月 11 日-15 日每日更新的沪深 300 个股实盘数据，将个股加权计算得到沪深 300 投资组合的综合性风险指数的真实值（计算结果于附录）。同时，我们补齐了 11 月 1 日和 11 月 4 日到 11 月 8 日的相关数据，用 ARIMAX 模型得到 11 日至 15 日每日的综合性风险指数的预测值。将真实值与预测值可视化处理后比较分析。

## 四、测试结果分析

1. 通过官方给出的实盘数据，对沪深 300 在 11 月 11 日-15 日期间每日的综合风险指数进行实测，真实结果如下：

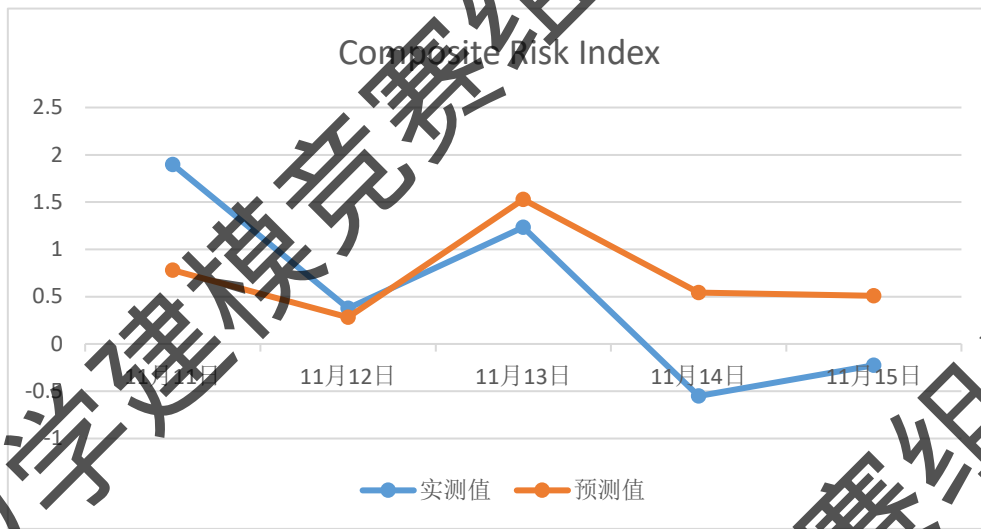
日期	真实值
11月11日	1.896498
11月12日	0.376302
11月13日	1.233985
11月14日	-0.55025
11月15日	-0.22378

2. 基于过去一个月的综合风险指数实际值，利用 ARIMAX 模型对 11 月 11 日-15 日期间的该值进行逐日预测，预测过程和结果如下：



日期	预测值
11月11日	0.779992
11月12日	0.28167
11月13日	1.527832
11月14日	0.54398
11月15日	0.510244

3. 为了更好地对比结果，将真实值与预测值可视化处理，如下：



4. 结果分析：

- 趋势性分析：**从图表中可以看出，预测值（橙色线）与真实值（蓝色线）大致呈现相同的趋势，尤其是在第 2 和第 3 点，预测值与真实值的趋势较为一致。这表明 ARIMAX 模型在识别风险计量指标的趋势变化方面具有一定的优势。
- 精确度分析：**在数值上，我们可以看到 12 日与 13 日的预测值与真实值十分接近，这表明该模型在短期强震荡的情况下仍能保持较高的准确率。但在 14 日与 15 日预测值更趋向平稳，这表明模型对连续大幅度变化的敏感性有待提升。
- 波动性分析：**能够准确及时响应短期的剧烈波动，这对于实际的风险管理非常有利。但在长期连续的大幅度波动下预测值波动性不足，可能低估极端情况下的风险水平，尤其是在发生显著波动的情况下。

## 五、模型评价与改进

1. 模型优点：

- 趋势捕捉：**ARIMAX 模型对风险计量指标的整体趋势把握较好，预测能够反映指标的变化方向。
- 精确度较高：**针对短期波动大的数据精确高。
- 稳定性：**预测结果趋向短期波动长期稳定，更适合风险管理中需要稳定性的场景。

## 2. 模型缺点:

- 1) **敏感度不足:** 对连续大幅度幅度变化的敏感性不足, 导致模型在处理长期高波动性时期的准确性下降。

## 3. 模型改进:

- 1) **引入误差回归模型:** 将残差建模为一个新的时间序列, 并将其加回到预测值中, 可以有效减少因残差随时间变化所带来的误差, 可以优化模型对连续大幅度波动预测敏感度不足的问题。
- 2) **优化参数设置:** 加入循环网络, 通过多次迭代交叉验证并反向传播重新调整 ARIMAX 模型的参数, 来获取更精准的预测结果。
- 3) **引入更多变量:** 本题中我们只考虑了波动率指数、平均最大回撤、市场情绪指数、贝塔系数这四个风险指标, 可以尝试增加与系统性风险相关的宏观经济指标或其他风险指标, 进一步提升预测精度。

## 附录

(因篇幅过长, 以 11 月 11 日为示例, 沪深 300 个股风险指标计算结果如下):

代码	名称	Volatility	Drawdown	Market	Beta	Risk measurement
000001	平安银行	-1.02	0.017979	1.34	1.03322	-0.13861
000002	万科A	-2.21	0.033755	2.06	1.03773	-0.67751
000063	中兴通讯	10.01	0.09817	6.185	1.25723	9.0196
000100	TCL 科技	2.1	0.048237	2.905	1.13356	2.528201
000157	中联重科	-0.54	0.028075	1.85	1.082912	0.370758
000166	申万宏源	-0.85	0.024014	1.535	1.040715	0.047695
000301	东方盛虹	0.83	0.029104	1.935	1.042013	1.318449
000333	美的集团	-1.35	0.014198	1.18	1.068668	-0.41589
000338	潍柴动力	0.42	0.02463	1.67	1.17028	0.956808
000408	藏格矿业	-0.36	0.034997	2.16	0.809321	0.585301

000425	徐工机械	0.37	0.035842	2.18	1.031246	1.098145
000538	云南白药	-0.84	0.020236	1.48	0.839404	0.019272
000568	泸州老窖	-1.92	0.030242	2.3	1.292028	-0.38062
000596	古井贡酒	-1.6	0.02646	2.235	1.241128	-0.19153
000617	中油资本	-1.58	0.043527	2.47	1.481469	-0.07569
000625	长安汽车	9.97	0.099035	6.33	1.155605	9.036759
000651	格力电器	-1.13	0.017524	1.265	0.978724	-0.24251
000661	长春高新	1.14	0.026195	2.285	1.177104	1.661905
000708	中信特钢	2.16	0.027907	2.245	0.87609	2.307475
000725	京东方A	0.65	0.03178	2.135	1.10136	1.272702
000733	振华科技	5.45	0.060403	3.97	1.255962	5.163014
000768	中航西飞	1.49	0.029221	1.885	1.117609	-0.25216
000776	广发证券	-0.34	0.019608	1.295	1.31451	0.322599
000786	北新建材	-3.63	0.042281	2.785	1.161779	-1.36581
000792	盐湖股份	0.46	0.033062	2.12	1.046017	1.136864
000800	一汽解放	2.59	0.02967	2.085	1.172727	2.561964
000807	云铝股份	-1.98	0.035692	2.17	1.022039	-0.48463
000858	五粮液	-1.05	0.023571	1.61	1.285948	-0.04435
000876	新希望	-0.78	0.016585	1.25	0.88977	-0.01928
000895	双汇发展	-0.71	0.013807	1.03	0.803915	-0.05617
000938	紫光股份	8.44	0.111183	6.98	1.19741	8.245337
000963	华东医药	-1.33	0.033426	2.23	0.95822	-0.03429
000977	浪潮信息	5.82	0.07173	4.915	1.096451	5.736156
000983	山西焦煤	-0.81	0.025522	1.805	1.195888	0.179736
000999	华润三九	-0.53	0.03485	2.295	1.073332	0.535696
001289	龙源电力	4.04	0.042994	2.88	0.758073	3.796064
001965	招商公路	-2.04	0.015411	1.235	0.700758	-0.88435
001979	招商蛇口	-1.67	0.030126	1.835	1.025953	-0.39602
002001	新和成	-1.74	0.022969	1.695	0.97968	-0.49942
002007	华兰生物	0.97	0.020869	1.325	0.890949	1.254628
002027	分众传媒	-1.2	0.028264	1.97	1.262409	-0.0187
002049	紫光国微	9.59	0.088002	5.895	1.022039	8.614317
002050	三花智控	9.57	0.100761	6.15	1.051836	8.699706
002074	国轩高科	4.9	0.059159	3.92	1.231466	4.774131
002129	TCL中环	5.01	0.071882	4.49	1.289049	5.057607
002142	宁波银行	-1.19	0.024625	1.7	1.057786	-0.12188
002179	中航光电	1.66	0.036312	2.54	0.748146	2.070829
002180	纳思达	1.11	0.047515	3.08	1.241011	1.929368
002230	科大讯飞	3.5	0.076804	5.015	1.19936	6.264766
002236	大华股份	5.21	0.069399	4.505	1.172137	5.187683
002241	歌尔股份	5.91	0.07096	4.67	1.217314	5.719235
002252	上海莱士	0.13	0.024453	1.675	0.59535	0.724807
002271	东方雨虹	-1.18	0.029742	1.845	1.336588	-0.04268
002304	洋河股份	-2.07	0.029489	1.885	1.085941	-0.61472
002311	海大集团	-0.2	0.043496	2.725	0.737983	0.889398
002352	顺丰控股	-1.18	0.025359	1.735	0.863282	-0.11566
002371	北方华创	8.7	0.065785	4.325	0.98324	7.454465
002410	广联达	3.65	0.051957	3.225	1.213634	3.686952
002415	海康威视	4.05	0.060843	3.955	1.156897	4.210973
002459	晶澳科技	2.26	0.056204	3.27	1.269482	2.775391
002460	赣锋锂业	10	0.093182	6.1	1.37727	8.987796
002466	天齐锂业	7.5	0.092905	5.88	1.292727	7.226648
002475	立讯精密	0.99	0.032092	2.2	1.144457	1.526767
002493	荣盛石化	0.1	0.017017	1.275	0.950115	0.584932
002555	三七互娱	6.04	0.075611	4.825	1.04045	5.851445
002594	比亚迪	0.47	0.022941	1.665	2.152348	0.986349
002601	龙佰集团	-1.37	0.035168	2.445	1.108726	0.026092
002603	以岭药业	0.5	0.020521	1.6	1.035734	0.939784
002648	卫星化学	0.59	0.02439	1.575	1.081844	1.031903
002709	天赐材料	10	0.120196	7.215	1.530416	9.403164
002714	牧原股份	-0.6	0.016115	1.195	0.829061	0.078189

002736	国信证券	-0.62	0.022394	1.46	1.124272	0.180751
002812	恩捷股份	10	0.100983	6.365	1.273829	9.07831
002821	凯莱英	4.06	0.071491	4.355	1.299066	4.373054
002841	视源股份	2.49	0.041743	2.98	0.858194	2.792054
002916	深南电路	6.94	0.06938	4.37	1.058919	6.295244
002920	德赛西威	3.86	0.049079	4.185	1.293082	4.177728
002938	鹏鼎控股	-0.14	0.036554	2.51	1.054239	0.872373
003816	中国广核	-1.45	0.01937	1.495	0.351642	-0.41878
300014	亿纬锂能	6.74	0.085859	5.3	1.763826	6.542038
300015	爱尔眼科	1.18	0.03444	2.115	1.220803	1.631578
300033	同花顺	-0.66	0.062823	3.515	1.722373	0.93384
300059	东方财富	0.68	0.054471	3.09	1.777815	2.322914
300122	智飞生物	2.78	0.044444	2.87	1.167099	2.971293
300124	汇川技术	3.01	0.05376	3.27	1.168385	3.270778
300142	沃森生物	5.03	0.062385	4.11	1.11661	4.921558
300223	水晶光电	5.19	0.055111	3.825	1.662748	4.962055
300274	阳光电源	1.4	0.037444	2.34	1.293309	1.864205
300308	当红旭创	1.89	0.062364	3.76	1.854967	2.74046
300316	晶盛机电	9.56	0.077769	5.305	1.327405	8.103441
300341	泰格医药	3.68	0.063105	3.845	1.401023	3.942205
300408	三环集团	2.74	0.039354	2.75	1.093105	2.894464
300413	芒果超媒	3.98	0.049948	3.075	1.205385	3.854678
300418	昆仑万维	13.89	0.157163	10.435	1.006633	13.12249
300433	蓝思科技	3.73	0.052265	3.365	1.420123	3.803425
300442	润泽科技	2.38	0.031954	2.295	1.025953	2.485364
300450	先导智能	19.99	0.156774	10.685	1.598777	17.32894
300454	深信服	5.81	0.065674	4.155	1.805311	5.516513
300496	中科创达	4.7	0.053659	2.45	1.720091	4.509143
300498	温氏股份	-1.14	0.014667	1.155	0.734111	-0.30579
300628	亿联网络	3.92	0.050338	3.375	0.861417	3.89555
300661	圣邦股份	3.85	0.051675	3.1	1.498455	3.901086
300750	宁德时代	3.88	0.066843	4.13	1.509496	4.185229
300751	迈为股份	11.85	0.177494	7.385	1.7285	10.7165
300759	康龙化成	3.27	0.053718	3.305	1.635091	3.489057
300760	迈瑞医疗	-0.61	0.025113	1.77	0.900952	0.28176
300782	卓胜微	3.24	0.04879	3.075	1.46709	3.374528
300832	新产业	-1.91	0.027757	1.935	1.044813	-0.5228
300896	爱美客	-0.49	0.038362	2.335	1.677498	0.619522
300919	中伟股份	5.16	0.089467	5.365	1.723883	6.188077
300957	贝泰妮	1.16	0.021013	1.665	1.763298	-0.06859
300979	华利集团	0.66	0.025604	1.91	0.689994	0.282838
300999	金龙鱼	-0.94	0.031123	2.005	1.157423	0.162877
301269	华大九天	20	0.146583	10.425	1.628783	17.2585
600000	浦发银行	-3.38	0.045455	3.03	0.648319	-1.11645
600009	上海机场	0.16	0.015782	1.195	0.923469	0.594367
600010	包钢股份	-1.82	0.049107	2.795	0.960473	-0.16565
600011	绝能国际	0.41	0.016327	1.3	0.764293	0.788853
600013	华夏银行	-0.42	0.014006	1.105	0.667541	0.155586
600016	民生银行	0	0.01269	1.09	0.554749	0.424038
600018	上港集团	-0.5	0.016529	1.295	0.773304	0.176603
600019	宝钢股份	-1.76	0.026432	1.77	0.951189	-0.48555
600023	浙能电力	1.53	0.031614	2.05	0.811055	1.820022
600025	华能水电	-0.72	0.010215	0.935	0.391119	-0.12607
600026	中远海能	-1.22	0.023041	1.67	0.63544	-0.15498
600027	华电国际	-0.17	0.019064	1.35	0.930437	0.429599
600028	中国石化	-1.58	0.012719	1.085	0.608513	-0.63539
600029	南方航空	-2.38	0.033386	2.33	1.096447	-0.69427
600030	中信证券	0	0.070225	4.105	1.264842	1.555894
600031	三一重工	0.43	0.026358	1.755	1.225546	0.997883
600036	招商银行	-1.21	0.0209	1.55	0.86042	-0.19963
600039	四川路桥	0.13	0.027919	1.765	0.617497	0.759795

600048	保利发展	-2.42	0.033454	2.09	1.114043	-0.8032
600050	中国联通	0.58	0.01912	1.415	0.962688	0.958177
600061	国投资本	-0.72	0.019231	1.25	1.115688	0.038051
600085	同仁堂	0.59	0.028658	1.895	0.946727	1.136612
600089	特变电工	0.62	0.019241	1.43	1.006031	0.993259
600104	上汽集团	2.98	0.039017	2.71	0.858734	3.025755
600111	北方稀土	0	0.031418	1.825	1.130096	0.730181
600115	中国东航	-0.75	0.0199	1.415	1.051966	0.071301
600132	重庆啤酒	-0.14	0.032209	2.035	1.336909	0.723504
600150	中国船舶	0.37	0.025803	1.815	1.097871	0.969423
600161	天坛生物	0.58	0.018909	1.415	0.6959	0.940027
600176	中国巨石	1.63	0.032759	2.125	1.150467	-0.25838
600183	生益科技	2.44	0.038141	2.405	0.999006	2.566056
600188	XD 瓷研能	1.64	0.025237	1.8	1.197934	-0.37959
600196	健民医药	0.07	0.021818	1.695	1.00903	0.717559
600219	南山铝业	-1.59	0.029613	1.875	0.864693	-0.63982
600233	圆通速递	-1.92	0.047341	2.87	0.832805	-0.20656
600276	恒瑞医药	-0.14	0.027582	1.93	0.846461	0.650935
600309	万华化学	-0.85	0.020674	1.455	1.106997	0.02224
600332	白云山	-0.64	0.020967	1.52	0.929012	0.174029
600346	恒力石化	-0.72	0.030719	1.93	0.957415	0.270854
600362	江西铜业	-0.47	0.019514	1.35	1.141284	0.242607
600372	中航机载	2.42	0.029307	2.045	1.128309	2.430684
600406	国电南瑞	-1.03	0.015768	1.34	0.971842	-0.15092
600415	小商品城	0	0.041732	2.445	1.15833	0.951124
600426	华鲁恒升	-2.31	0.031548	2.225	0.924522	-0.69649
600436	片仔癀	-0.98	0.02015	1.89	1.052837	-0.06042
600438	通威股份	0.47	0.039024	2.33	1.185481	1.226396
600460	士兰微	5.56	0.065277	4.91	1.044813	5.309122
600489	中金黄金	-2.05	0.025915	2	0.68242	-0.61995
600515	海南机场	-3.93	0.037319	2.205	0.922089	-1.78806
600519	贵州茅台	-0.74	0.02656	1.77	0.890852	0.194691
600547	山东黄金	-1.37	0.018548	1.415	0.539139	-0.38068
600570	恒生电子	8.75	0.109488	6.49	1.366517	8.293753
600584	长电科技	6.74	0.079382	4.465	0.947052	6.187372
600585	海螺水泥	-2.06	0.021892	1.54	0.985611	-0.76847
600588	用友网络	10.92	0.094653	5.72	1.246853	8.861933
600600	青岛啤酒	2.12	0.050159	3.085	1.000414	2.595036
600660	福耀玻璃	9.05	0.021515	1.54	0.912546	0.643714
600674	川投能源	1.64	0.01867	1.465	0.7354	-0.56495
600690	海尔智家	2.37	0.024602	1.765	1.092967	-0.88961
600732	爱旭股份	9.99	0.110825	6.445	1.47816	9.119561
600741	华域汽车	0.72	0.024551	1.705	1.03544	1.161321
600745	闻泰科技	9.99	0.081633	5.215	1.250694	8.658387
600760	中航沈飞	-1.95	0.064188	4.015	0.928779	0.188148
600795	国电电力	0.2	0.016327	1.355	0.736033	0.66497
600803	新奥股份	0.92	0.032471	2.175	0.590995	2.435947
600809	山西汾酒	-0.04	0.044046	2.655	1.229075	1.006295
600817	海通证券	-0.72	0.027092	1.595	1.145777	0.164943
600845	宝信软件	3.21	0.039633	2.78	0.779305	2.199615
600875	东方电气	0.62	0.023128	1.515	1.302181	1.045285
600886	国投电力	-0.4	0.013175	1.205	0.539215	0.19655
600887	伊利股份	-0.4	0.026587	1.695	0.98682	0.403547
600893	航发动力	-0.49	0.032319	1.995	0.055057	0.455555
600900	长江电力	-0.51	0.009772	0.875	0.35625	-0.00847
600905	三峡能源	-0.62	0.018519	1.83	0.662586	0.108877
600918	中泰证券	-0.41	0.01897	1.555	0.989291	0.239321
600919	江苏银行	-2.74	0.029638	2.245	0.602202	-1.0014
600926	杭州银行	-0.86	0.009346	0.83	0.789456	-0.2094
600938	中国海油	-1.09	0.016651	1.33	0.505224	-0.22562
600941	中国移动	-0.75	0.008772	0.88	0.326639	-0.1706

600958	东方证券	-0.78	0.023499	1.375	1.290075	0.125101
600989	宝丰能源	-2.74	0.038627	2.525	0.875372	-0.87993
600999	招商证券	-0.05	0.037244	2.2	1.204933	0.835597
601006	大秦铁路	-0.89	0.017804	1.285	0.663747	-0.09544
601009	南京银行	0.79	0.018411	1.405	0.803724	1.084576
601012	隆基绿能	4.11	0.059387	3.66	1.195353	4.148974
601021	春秋航空	-1.9	0.023718	1.805	0.876067	-0.57522
601059	信达证券	2.16	0.01939	2.855	1.385931	2.567604
601066	中信建投	-1.34	0.03539	2.105	1.313418	-0.0578
601088	中国神华	-2.09	0.019347	1.52	0.768521	-0.76486
601100	恒立液压	5.25	0.084779	5.25	1.213632	5.485945
601111	中国国航	2.97	0.028571	1.815	1.095334	-0.66799
601117	中国化学	0.24	0.02148	1.5	1.096779	0.769877
601138	工业富联	3.96	0.07248	4.655	1.095802	4.396926
601166	兴业银行	-1.71	0.01828	1.4	0.784895	-0.59736
601169	江苏银行	-1.93	0.0194	1.495	0.614806	-0.72822
601186	中国建筑	-0.83	0.032821	2.02	1.033989	0.234745
601211	国泰君安	-0.43	0.038552	2.25	1.070792	0.889485
601225	陕西煤业	-2.89	0.031185	2.285	0.961809	-1.06299
601229	上海银行	-2.09	0.019704	1.395	0.514193	-0.87221
601236	红塔证券	-0.11	0.020585	1.26	1.158073	0.455025
601238	广汽集团	3.16	0.034014	2.44	0.949301	3.055792
601238	农业银行	-1.47	0.012658	1.26	0.448059	-0.51164
601318	中国平安	-1.22	0.017088	1.215	0.999159	-0.31923
601319	中国人保	-1.45	0.019868	1.32	0.870853	-0.44414
601328	交通银行	-1.52	0.015257	1.285	0.567163	-0.52677
601336	新华保险	-1.06	0.026468	1.705	1.25373	-0.01839
601360	三六零	8.03	0.105705	6.575	0.995621	7.812164
601377	兴业证券	-0.57	0.021277	1.355	1.285806	0.188073
601390	中国中铁	-0.88	0.030702	1.93	0.98674	0.165351
601398	工商银行	-1.15	0.011494	1.165	0.440056	-0.33095
601600	中国铝业	-1.29	0.02646	2.515	1.155961	-0.24792
601601	中国太保	-2.94	0.012914	2.7	1.068844	-0.93768
601607	上海医药	2.68	0.054321	2.345	0.858226	2.694528
601618	中国中冶	-0.85	0.025421	1.655	1.044467	0.090517
601628	中国人寿	-3.19	0.038223	2.365	1.087799	-1.22366
601633	长城汽车	4.96	0.063415	4.115	1.115056	4.876637
601658	邮储银行	-1.7	0.017078	1.49	0.481932	-0.58114
601668	中国建筑	1.75	0.033175	2.14	0.956695	-0.34659
601669	中国电建	0.34	0.02027	1.365	1.061558	0.330248
601688	华泰证券	3.86	0.023291	1.45	1.297902	0.02837
601689	拓普集团	10	0.087317	5.255	1.168259	8.677022
601698	中国网通	9.98	0	0.075	0.942914	6.793634
601699	潞安环能	-1.28	0.030148	1.935	1.223487	-0.08498
601728	中国电信	0.15	0.018405	1.32	0.455034	0.601516
601766	中国中车	-1.98	0.027972	1.88	0.890828	-0.50917
601788	光大证券	0.16	0.02697	1.695	1.295147	0.806747
601799	星宇股份	4.48	0.057778	3.61	0.890106	4.360068
601800	中国交建	-1.64	0.033737	2.025	1.034444	-0.307
601838	中海油服	-0.82	0.023597	1.66	1.009327	0.108883
601816	京沪高铁	-1.41	0.017699	1.3	0.57236	-0.44882
601818	光大银行	0	0.014327	1.23	0.713805	0.483759
601838	成都银行	-0.95	0.0178	1.275	0.742139	-0.13392
601857	中国石油	-1.94	0.021951	1.66	0.664049	-0.67194
601865	福莱特	1.43	0.046154	2.845	1.138745	2.054969
601868	中国能建	-1.59	0.027778	1.725	0.681707	-0.40523
601872	招商轮船	1.02	0.027378	1.495	0.806743	1.415188
601877	正泰电器	1.11	0.022344	1.505	0.961628	1.347462
601878	浙商证券	-0.07	0.022956	1.515	1.348072	0.584772
601881	中国银河	0.24	0.03706	2.165	1.304598	1.024861
601888	中国中免	-1.81	0.023062	1.59	1.260196	-0.56388

601898	中煤能源	-1.71	0.025661	1.76	1.000155	-0.45357
601899	紫金矿业	-3.39	0.043427	2.96	0.921843	-1.15931
601901	方正证券	-1.56	0.023182	1.59	1.204718	-0.39962
601916	浙商银行	-1.03	0.020548	1.59	0.415861	-0.09857
601919	中远海控	-1.21	0.017663	1.33	1.119767	-0.26408
601939	建设银行	-1.25	0.018302	1.31	0.59205	-0.33603
601985	中国核电	-1.69	0.021691	1.645	0.615547	-0.50847
601988	中国银行	-1.03	0.008264	1.025	0.465122	-0.29934
601989	中国重工	-0.38	0.032197	2.08	0.994147	0.554756
601995	中金公司	0.5	0.023946	1.525	1.095906	0.954752
601998	中信银行	-1.23	0.016467	1.515	0.685391	-0.91515
603019	中科曙光	1.39	0.086175	5.27	1.057161	8.667267
603195	公牛集团	0.77	0.031417	2.055	0.901274	0.97593
603259	药明康德	2.33	0.042697	2.61	1.190324	2.5792
603260	合盛硅业	1.68	0.04144	2.77	1.067424	2.188988
603288	海天味业	-2.87	0.038859	2.52	0.900997	-0.96711
603296	华勤技术	1.54	0.037109	2.785	1.045174	2.095229
603369	今世缘	0	0.033481	2.12	1.28787	0.844567
603392	万泰生物	1.61	0.030073	1.995	0.983258	1.859894
603501	韦尔股份	3.9	0.042606	3.025	1.270017	3.783189
603659	璞泰来	10.02	0.1093	6.505	1.32471	9.149185
603799	华友钴业	2.67	0.046505	2.765	1.405426	2.878391
603806	福斯特	4.71	0.055857	3.55	1.142702	4.509546
603833	欧派家居	-3.03	0.034078	2.105	1.136973	-1.2058
603899	晨光股份	-0.92	0.027546	1.85	1.006244	0.109978
603986	兆易创新	3.83	0.040425	2.7	1.269434	3.621906
603993	洛阳钼业	-2.22	0.029851	1.885	1.194033	-0.70225
605117	德业股份	1.96	0.04789	2.895	1.279029	2.438946
605499	东鹏饮料	0.56	0.030315	1.855	0.985059	1.109728
688008	澜起科技	10.59	0.091607	5.895	0.995708	9.286624
688009	中国通号	3.4	0.042674	2.805	0.372704	3.310423
688012	中微公司	12.89	0.104418	6.7	1.045174	11.1227
688036	传音控股	-2.31	0.034479	2.245	1.138748	-0.67318
688041	海光信息	1.5	0.053124	5.15	1.445206	2.946713
688082	盛美上海	6.33	0.058823	3.995	1.055057	0
688111	金山办公	5.16	0.086708	5.64	1.399569	5.574661
688126	沪硅产业	8.87	0.080424	5.325	0.968113	7.897384
688187	时代电气	-0.37	0.032545	2.16	1.147456	0.599818
688223	晶科能源	1.3	0.040305	2.675	1.676598	1.968015
688256	寒武纪-U	0.11	0.072545	4.365	1.638168	1.59896
688271	联影医疗	2.73	0.074209	4.73	1.033751	4.937131
688303	大全能源	0.77	0.039024	2.495	1.272287	1.494518
688363	华熙生物	2.41	0.040116	2.52	1.437663	2.616721
688396	华测微	7.17	0.082569	5.4	1.10343	6.818664
688599	天智光能	0.73	0.032487	2.135	1.269103	1.838227
688981	中芯国际	4.67	0.070914	4.375	1.024576	4.70846