

# 基于GARCH-VaR模型的上证指数风险度量

孟 珊, 徐佳文

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2023年9月14日; 录用日期: 2023年11月2日; 发布日期: 2023年11月9日

## 摘 要

本文选取我国股票市场中较为有代表性的上证指数作为研究对象, 选取2000年1月1日至2022年11月28日以来所有交易日的股票波动情况进行分析。对参数取值多次拟合得到拟合结果较好的GARCH模型, 建立上证指数收益波动序列的GARCH模型。再应用Eviews10.0软件中的Forest和已经建立的GARCH模型结合, 预测未来上证指数的条件方差。最后基于GARCH模型计算上证指数的预期VaR值, 量化上证指数预期金融风险。为投资者和提前预测股票价格波动, 此模型也适合不同的股票收益序列, 在一定程度上为投资者提前掌握股票价格走势提供参考帮助。

## 关键词

上证指数, 金融风险, VaR模型, GARCH模型

## Risk Measurement of Shanghai Composite Index Based on GARCH-VaR Model

Shan Meng, Jiawen Xu

Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Sep. 14<sup>th</sup>, 2023; accepted: Nov. 2<sup>nd</sup>, 2023; published: Nov. 9<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

In this paper, the Shanghai Stock Index, a representative stock market in China, is selected as the research object, and the stock fluctuations of all trading days from January 1, 2000 to November 28, 2022 are analyzed. The GARCH model with better fitting results is obtained by fitting the parameter values for many times, and the GARCH model of SSE index return volatility series is established. Then the Forest in Eviews10.0 is combined with the established GARCH model to predict the conditional variance of Shanghai Composite Index in the future. Finally, the expected VaR value of SSE index is calculated based on GARCH model, and the expected financial risk of SSE index is

quantified. For investors and to predict stock price fluctuations in advance, this model is also suitable for different stock return series, and to a certain extent, it provides reference help for investors to grasp the stock price trend in advance.

## Keywords

Shanghai Composite Index, Financial Risk, VaR Model, GARCH Model

Copyright © 2023 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

我国的证券市场已经成为了国民经济中一个重要的组成部分,在现代经济发展和国家经济建设上发挥着举足轻重的作用。当前股票市场投资也成为了一个大众理财的工具,走进了千家万户的视野。越来越多的股民开始热衷于股票市场高回报的同时,也应该关注股票市场的高风险。随着股票市场规模的扩大,股票价格趋势预测也成为基本的关注对象,在此背景下,股价走势成为学者们重要的研究方向。本文选取股票指数中较为代表的上证指数基于 GARCH 模型建立股票指数价格预测模型,再结合 VaR 模型进行金融风险预测。

## 2. 文献综述

罗琰、谷政(2021) [1]利用 VaR 工具,在委托代理框架下,研究了科技保险风险补偿合同问题,阐述了科技保险风险补偿的理论依据。在对称信息与非对称信息情形下,获得了风险补偿合同的闭式解。结论得到,合同中固定补偿将起主导作用,最优边际补偿系数可正可负,且随保险公司置信水平增加而递减。陈倩文(2015) [2]基于互联网理财产品的推行,引用 GARCH 模型对互联网理财收益率进行风险分析,得到当时互联网金融产品的市场风险仍处于可控范围内,波动性较小。王向翠和董佳慧(2009) [3]对 VaR 准确性检验的失败检验法进行了分析,提出了一种新的失败检验法,即贝叶斯检验法。并与传统的正态近似法和 Kupiec 检验法进行了比较,说明了贝叶斯检验法的合理之处。

郑文通(1997) [4]具体分析金融风险管理中的 VaR 模型在国外兴起的具体使用,包括期初在国外银行经营与管理中的应用。刘瑾、施建准(2008) [5]将残差项服从 t 分布的 ARCH 类模型应用于我国外汇风险的计量,通过美元对人民币汇率日波动率 VaR 值的实证发现;ARCH 类模型预测得到的 VaR 值能很好拟合美元对人民币的汇率日波动率,其中以 TARCH-M(1,1)模型计算结果最为理想。

艾兴(2023) [6]选取城市商业银行历史数据中的汇率波动和股票价格波动为研究对象,将 GARCH 模型推广到汇率风险领域,得到无论是汇率风险还是股票价格风险的量化分析,GARCH 模型适用范围均要广于 TGARCH 和 EGARCH 模型,并得到城市商业银行的股票价格风险远大于汇率风险。

何雷雨航(2021) [7]针对 2018 年至 2020 年“招商中证白酒指数”基金的收益率作为训练集,利用多种 VaR 模型分析其收益率的波动性质。得到 MCMC-GARCH-VaR 模型精确度更高,为投资者提供更准确的基金风险信息,以便选择更合适的投资方案。徐伟民、肖坚(2022) [8]以“碳达峰”、“碳中和”为政策指引,为进一步提升中国碳市场发展水平,结合国内六大交易所交易价格数据,采用 GARCH-VaR 模型预测了中国碳金融交易价格风险水平。研究发现,中国碳交易价格总体来说风险水平较高,六个交

易市场金融交易价格风险从大到小依次是上海、北京、深圳、福建、广东和湖北；应进一步明确碳金融交易的价格风险的监管重点。

本文参考前人文献对模型选择和 VaR 值计算方式选择做出合理判断，结合前人文献和具体研究对象数据结选择合适的回归模型。也根据前人文献中对数据判断的空白做出补充，将上证指数在具体回归前的数据检测内容较为完整的补充还原。前期的数据预处理对后期模型回归的真实性、可靠性有着重要的说服力，前人文献专注于对不同研究对象的模型还原和拟合效果的好坏，在此之上，本文依据研究对象上证指数具体的价格数据出发，进行多项数据检验，为后期数据模型回归拟合效果做出铺垫。

### 3. 模型介绍

GARCH 模型被称为广义自回归条件异方差模型，是 Engle (1982) & Bollerslev (1986) 提出并发展的，该模型主要适用于金融研究领域批量数据的量化预测问题，特别适用于大量金融时间序列数据的波动分析。式(1)和式(2)显示了该模型的基本方程形式，其中  $x$  为待分析序列， $\mu$  为序列  $x$  的期望均值， $\varepsilon$  为残差， $\sigma$  为序列  $x$  的波动方差。

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  为待估计系数， $p$  和  $q$  代表了前期方差和前期残差的最大滞后阶数，此时称式(2)为 GARCH(p,q)模型，即分别含有  $p$  个 GARCH 项和  $q$  个 ARCH 项。式(2)的含义是，序列  $x$  第  $t$  期的方差受到不变方差  $\alpha$ 、前期方差估计值  $\sigma_{t-j}^2$  和前期新信息残差  $\varepsilon_{t-i}^2$  的共同影响。这说明如果序列  $x$  第  $t-1$  期的方差  $\sigma_{t-1}^2$  较大时，交易者会对下一期方差  $\sigma_t^2$  估计的更大，即金融时间序列数据往往表现出波动集群特征。如果式(2)中  $p$  和  $q$  同时等于 1，则方程(2)变为方程(3)为 GARCH(1,1)模型，即模型中含一个 ARCH 项和一个 GARCH 项。

$$R_t = \mu_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha + \sum \beta_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum \gamma_j \sigma_{t-j}^2 \quad (2)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha + \beta_i \varepsilon_{t-i}^2 + \gamma_j \sigma_{t-1}^2 \quad (3)$$

在金融时间序列分析中应用最多的模型为 GARCH(1,1)模型，该模型平稳的充分必要条件是式(3)中  $\beta + \gamma < 1$ 。

为了评估企业、证券或投资组合的风险，人们可以使用各种衡量标准，如标准差、方差、贝塔值、夏普比率。但是，大多数公司的高管喜欢简单的数值。常用的一个衡量指标是在险价值，它可被定义为“在预定时期内，在某一置信水平上，最大的损失”。金融市场中有几种类型的风险，其中三个主要类别的金融风险时信用风险、流动性风险和市场风险。VaR 主要讨论市场风险，但是它也可以应用于其他类型的风险。VaR 是在某个风险范畴中的机构的头寸在一个给定持有期间内可以会由于一般的市场运动而降低所带来的损失的统一估计。VaR 值的计算有三种最常用的方法：参数法、历史模拟法、蒙特卡洛模拟法。基于收益为正态分布，利用均值、方差、协方差进行参数估计，样本数据多且独立，对于不服从正态的风险因子也能适用。

### 4. 数据选取和描述性统计

本文选取 2000 年 1 月 1 日至 2022 年 11 月 28 日以来所有交易日的上证指数波动情况进行分析，利用 Eviews10.0 软件进行 GARCH 模型拟合，寻找到最优拟合回归模型；再利用 EViews 中的 Forest 和已经建立的 GARCH 模型结合，最后建上证指数的 VaR 金融风险预测值模型，对上证指数金融风险进行量化预测。本文数据全部通过 wind 数据库获取。

由于金融时间序列的条件分布具有高峰、厚尾、时变、偏斜、波动群集等特征，GARCH 模型的峰

度比正态分布更高, 因此出现极端值的可能性更高。只有在椭圆分布情况下相关系数表示随机变量之间的相关性, 但是在实践中多元椭圆分布假定很难满足。因此相依性往往是错的, 而 GARCH 模型可以分开相依结果和边缘分布。

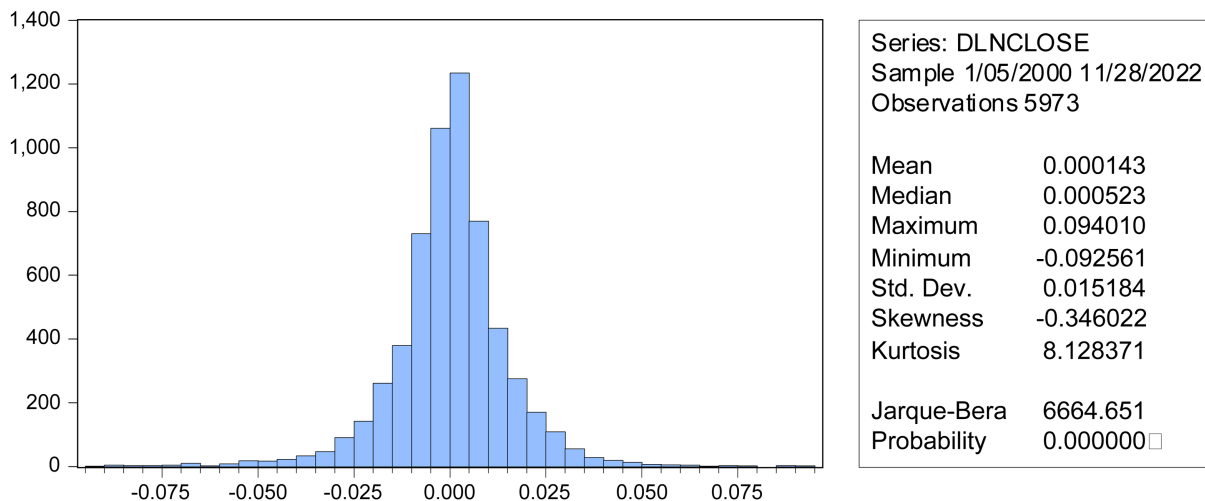


Figure 1. Log-difference statistical chart of Shanghai Stock Exchange Index  
图 1. 上证指数对数差分统计图

从图 1 中可以看出, 上证指数对数差分得到的统计图中的均值为 0.000143%, 标准差为 0.015184, 说明有较小程度的偏离; 因为偏离程度为-0.346022, 从而说明价格分布呈现一定程度上的左偏, 峰度为 8.128371 大于 3, 说明其呈现“尖峰后尾”的特征, 从 JB 检验统计量为 6664.651 的伴随概率为零, 这个情况说明, 统计结果拒绝原先的假设, 也就是说, 上证指数收益序列是不服从正态分布的。

### 5. 平稳性检验(单位根检验)

本文采用 ADF 单位根检验序列的平稳性, 由图 2 可以看出上证指数收益序列的 ADF 的统计量为 -75.64599, 并且伴随概率为 0.0001 小于 1%~10%的置信水平的 ADF 值, 所以在置信水平 1%的情况下拒绝上证指数收益序列有 1 个单位根的原假设, 即从 2022 年 1 月 1 日至 2022 年 11 月 1 日以来的交易日上证指数收益序列是平稳的。研究对象上证指数收益序列数据平稳, 通过单位根检验, 可以继续后续数据模型检验操作。

Null Hypothesis: DLNCLOSE has a unit root		
Exogenous: Constant		
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=33)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-75.64599	0.0001
Test critical values:		
1% level	-3.431265	
5% level	-2.861829	
10% level	-2.566966	

Figure 2. Unit root test \*MacKinnon (1996) one-sided p-values  
图 2. 单位根检验

## 6. ARCH 效应的自相关函数检验

ARCH 效应的自相关函数检验的方法主要是根据残差平方序列的自相关图和自相关函数值计算的 Q 统计量判定是否存在 ARCH 效应。如果残差平方序列的自相关图出现“拖尾现象”，则说明原序列存在 ARCH 效应，如果残差平方序列的 Q 统计量的伴随概率都小于显著性水平，则说明原序列存在 ARCH 效应，由自相关函数检验结果可以看出自相关函数图呈现衰减态势。

由图 3 可知研究对象上证指数收益序列数据自相关性存在 2 阶截尾，偏自相关性存在“拖尾”现象。则选取建立 MA(2)模型，又由图 3 可知上证指数收益序列存在序列自相关性，以此可以引入 ARMA 项在回归方程中，并继续进行下面 ARCH-LM 检验。

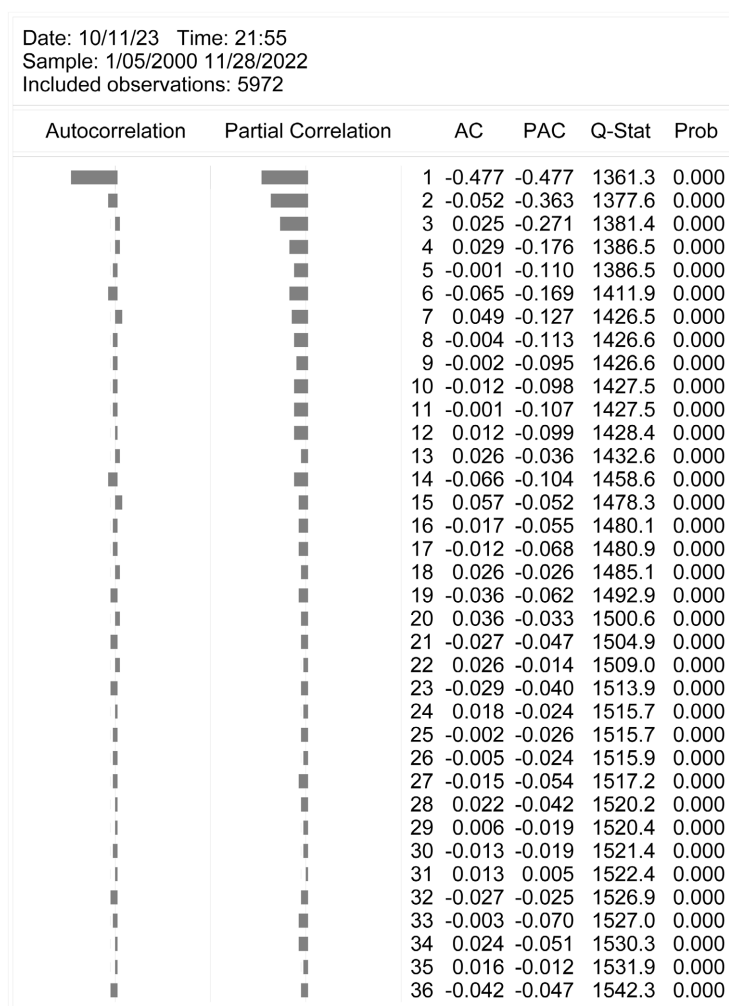


Figure 3. Autocorrelation test

图 3. 自相关性检验

## 7. GARCH 效应的 ARCH-LM 检验

对上证指数收益序列进行自相关检验，发现存在序列自相关，因此在均值方程中加入 ARMA 项，并且再次基础上对两个序列的残差项进行 ARCH-LM 检验。ARCH-LM 检验主要是通过输出的 F 统计量以及卡方统计量来判断是否存在 ARCH 效应，检验结果如图 4 所示。



Heteroskedasticity Test: ARCH			
F-statistic	6.043605	Prob. F(4,5963)	0.0001
Obs*R-squared	24.09700	Prob. Chi-Square(4)	0.0001

Figure 4. ARCH-LM test

图 4. ARCH-LM 检验

观测上面图中数据残差序列 F 统计量和卡方统计量的伴随概率 P 值都小于 0.05, 接受残差序列存在 ARCH 效应的原假设, 因此 ARCH-LM 检验结果认为残差序列存在 ARCH 效应, 即两个序列均具有条件异方差特征, 由此可以建立 GARCH 模型。

### 8. GARCH 模型的建立

本文建立上证指数收益序列 2000 年 1 月 3 日至 2022 年 11 月 28 日时间序列, 对自身滞后性回归的 AR 模型, 根据单位根检验的结果最终建立上证指数收益波动序列的 GRACH 模型, GARCH 模型:  $\sigma_t^2 = \alpha + \beta_i \varepsilon_{t-i}^2 + \gamma_j \sigma_{t-1}^2$  (4), 对 GARCH、EGARCH、TARCH 模型参数选取的下表。为了确定模型以及模型中的参数, 在建立模型前需要对参数取值进行多次拟合, 以得到拟合效果尚好的模型。判断拟合效果的方法为 AIC 准则, 即 AIC 的值越小, 拟合效果越好。为了弥补 AIC 准则的不足之处——AIC 准则拟合效果会受到数据大小的影响, 本文通过 AIC (赤池信息准则)、BIC (贝叶斯信息准则) 最小准则来确定 GARCH 模型中的参数取值, AIC 和 BIC 的平均值越小, 模型拟合的效果越好。

Table 1. GARCH model fitting comparison table

表 1. GARCH 模型拟合对比表

	(p,q)	AIC	SC	HQ	AIC 值和 BIC 平均值
GARCH	(1,1)	3.308761	3.315491	3.311099	1.95501
	(2,1)	3.308389	3.316241	3.311116	1.954947
	(1,2)	3.30875	3.316601	3.311477	1.954982
	(2,2)	3.308584	3.317557	3.311701	1.954947
EGARCH	(1,1)	3.302269	3.310121	3.304996	1.955246
	(1,2)	3.302006	3.310979	3.305123	1.955232
	(2,1)	3.300539	3.309512	3.303656	1.955229
TARCH	(1,1)	3.306814	3.314666	3.309541	1.955178

经过上表 1 的拟合结果对比, 对 2000 年到 2022 年 11 月 28 日上证指数收益波动模型参数选取决定构建 ARMA(2,2)、GARCH(1,1)模型, 利用 EViews 构建均值模型结构如下图 5。

由下图 5 可知, 本文中建立的自回归模型回归因子系数的伴随概率 P 值均等于零, 表明参数的结果是非常显著地, 上证指数收益波动序列具体的回归方程如下:

$$R_t = -0.819239 * R_{t-1} + 0.810700 * R_{t-2} + \varepsilon_t \tag{4}$$

$$\sigma_t^2 = 0.00000199 + 0.077159 * R_{t-1}^2 + 0.913603 * \sigma_{t-1}^2 \tag{5}$$

其中,  $R_t$  为第  $t$  天的对数差分,  $\sigma_t^2$  为第  $t$  天的方差。从估计结果可以看出, 所建立的 GARCH(1,1)模型

中,  $\alpha + \beta < 1$ , 因此 GARCH(1,1)过程是平稳的, 条件方差 ARCH 和 GARCH 项都属于高度显著地, 因此, 对数差分序列具有明显的波动簇簇性。

Dependent Variable: DLNCLOSE				
Method: ML ARCH - Generalized error distribution (GED) (OPG - BHHH / Marquardt steps)				
Date: 10/11/23 Time: 22:40				
Sample (adjusted): 1/10/2000 11/28/2022				
Included observations: 5971 after adjustments				
Convergence achieved after 29 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
MA Backcast: 1/06/2000 1/07/2000				
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
GED parameter fixed at 1.5				
GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1)				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
AR(2)	-0.819239	0.110383	-7.421802	0.0000
MA(2)	0.810700	0.112986	7.175237	0.0000
Variance Equation				
C	1.99E-06	3.31E-07	6.016202	0.0000
RESID(-1)^2	0.077159	0.005100	15.12814	0.0000
GARCH(-1)	0.913603	0.005145	177.5633	0.0000
R-squared	0.002076	Mean dependent var	0.000142	
Adjusted R-squared	0.001909	S.D. dependent var	0.015185	
S.E. of regression	0.015171	Akaike info criterion	-5.886358	
Sum squared resid	1.373820	Schwarz criterion	-5.880752	
Log likelihood	17578.72	Hannan-Quinn criter.	-5.884411	
Durbin-Watson stat	1.956914			
Inverted AR Roots	-.00+.91i	-.00-.91i		
Inverted MA Roots	-.00+.90i	-.00-.90i		

Figure 5. Results of mean model construction

图 5. 均值模型构建结果

对构建好的均值方程再进行 ARCH-LM 检验, 结果如下图 6。F 统计量和卡方统计量的伴随概率 P 值都大于 0.05, 不接受残差序列存在 ARCH 效应的原假设, 因此 ARCH-LM 检验结果认为均值方程残差序列不存在 ARCH 效应, 即构建好的均值方程不具有条件异方差特征, 模型拟合良好。

Heteroskedasticity Test: ARCH			
F-statistic	0.264084	Prob. F(2,5966)	0.7679
Obs*R-squared	0.528387	Prob. Chi-Square(2)	0.7678

Figure 6. ARCH-LM test

图 6. ARCH-LM 检验

## 9. 基于 GARCH 模型下的 VaR 模型

在我国股票市场迅速发展, 上证指数可以大致描述上海证券交易所内全部股票形势的大致状况。本文通过网易财经平台选取上证指数作为研究对象, 选取的时间为 2000 年 1 月 1 日至 2022 年 11 月 28 日以来的所有交易日情况, 22 年的数据样本能够更全面地分析股票波动情况。

VaR 指的是在一定的置信区间下的风险价值, 常用来衡量金融风险及金融资产在未来某一时间内所面

临的最大损失。主要由三种计算方法：历史模拟法、方差-协方差法、蒙特卡洛模拟法。方差-协方差法建立在多种因素因子条件下，也可以简化 VaR 值计算，所以本文选取方差-协方差法进行上证指数收益序列金融风险值的计算。基于上述建立的模型计算出方差的预测值，对处理好的数据计算 VaR 和实际损失，损失值的计算前一天的收盘价减去后一天的收盘价，即  $P_{t-1} - P_t$ 。本文采用的计算方法是基于 GARCH 模型计算的 VaR 值，由  $VaR = P_{t-1} * Z_a * \sigma_t$  (7)，其中， $P_{t-1}$  是  $t-1$  天的股票收盘价， $Z_a$  为置信水平下分位数，显著性水平 95%，计算得到  $Z_a = 1.64464$ ， $\sigma_t$  是对数差分的标准差，部分结果显示如下表 2 所示。

**Table 2.** Partial prediction results based on VaR model  
**表 2.** 基于 VaR 模型的部分预测结果

日期	VaR 值
1/03/2022	41.87138624
1/04/2022	46.21296729
1/05/2022	48.52013382
1/06/2022	47.08914854
1/07/2022	46.53717014
1/10/2022	46.05930681
1/11/2022	45.14367843
1/12/2022	46.27607986
1/13/2022	49.00902141
1/14/2022	50.61430988
.....	.....
11/17/2022	63.75299116
11/18/2022	61.18546467
11/21/2022	59.1094257
11/22/2022	56.87074686
11/23/2022	54.80197966
11/24/2022	53.00587578
11/25/2022	51.06358458
11/28/2022	49.83930417

依据 GARCH-VaR 模型进行预测未来上证指数收益价格序列，得到如上表 2 结果，可以观测得到 2022 年一月份至十一月份底的上证指数收益预测情况。将模型预测结果与实际数据进行对比发现，误差在合理范围内。证明本模型的准确性和科学性，可以根据具体研究对象的不同进行灵活应用。

## 10. 结论

基于国内外已有的模型研究成果，本文研究了基于 GARCH 模型计算上证指数的 VaR 风险值。通过对未来上证指数价格的变化趋势以及评估潜在的投资损失，判断上证指数何时能以低风险获得高利润。在 95% 的置信水平下所建立 GARCH(1,1)-VaR 模型，实证分析结果表明，由于解决对称的序列并且使用



方差-协方差法计算上证指数收益序列的金融风险 VaR 值, GARCH 模型更适合模型预测。投资者在选择投资组合时, 可以把所预测的风险值作为整个组合潜在风险的参考。此模型适用于不同的股票收益序列, 在一定程度上可以提前预测股票价格的波动范围, 评估可能的投资损失, 更好地掌握股票走势, 获得投资盈利。

基于上述研究结论, 本文就上证指数收益序列风险管理突出以下建议。第一, 充分发挥市场风险管理部门的作用, 加强对上证指数的实时监控, 及时做出风险管理决策; 第二, VaR 模型方式预测股指价格本身存在一定的局限性, 因此要具体结合市场动态实际情况, 综合判断市场风险大小, 不可过度依赖模型预测结果。

## 参考文献

- [1] 罗琰, 谷政. 基于 VaR 的科技保险风险补偿问题研究[J]. 运筹与管理, 2021, 30(12): 185-190.
- [2] 陈倩文. 基于 GRACH-VAR 模型的互联网理财产品市场风险管理研究[J]. 价值工程, 2015, 34(20): 178-180.
- [3] 王向翠, 董佳慧. VaR 准确性检验的贝叶斯方法[J]. 企业技术开发, 2009, 28(10): 44-45.
- [4] 郑文通. 金融风险管理的 VAR 方法及其应用[J]. 国际金融研究, 1997(9): 58-62.
- [5] 刘瑾, 施建淮. 基于 ARCH 类模型的 VaR 方法在外汇风险计量中的应用[J]. 国际金融研究, 2008(8): 35-43.
- [6] 艾兴. 基于 GARCH-VaR 模型的城市商业银行市场风险度量[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2022. <https://doi.org/10.27684/d.cnki.gxndx.2022.001308>
- [7] 何雷雨航. 基于蒙特卡罗模拟的开放式基金风险价值研究[D]: [硕士学位论文]. 桂林: 广西师范大学, 2021. <https://doi.org/10.27036/d.cnki.ggxsu.2021.000948>
- [8] 徐伟民, 肖坚. 中国碳金融交易价格风险测度研究——基于 GARCH-VaR 模型视角[J]. 金融教育研究, 2022, 35(6): 3-10.