

使用VaR模型研究股指期货的基差风险： 中国期货市场的证据

陈文杰, 郑浩, 周天宝

上海理工大学能源与动力工程学院, 上海

收稿日期: 2023年11月7日; 录用日期: 2023年11月27日; 发布日期: 2024年2月29日

摘要

本论文以沪深300期货指数为研究对象, 探讨VaR-GARCH模型能否成为评估期货市场的有效工具。以往的研究结果主要集中在VaR模型和GARCH模型中的一个, 很少有研究将两者联系起来。本论文的研究结果表明GARCH(1, 1)能以较高的精确度预测期货的波动性, 这可以作为风险价值的输入值。此外, TGARCH模型的结果表明, 负面信息比正面信息的影响更大, 而使用EGARCH模型估计的风险价值都小于原始GARCH和TGARCH。

关键词

VaR模型, 股指期货, 基差风险

Using the VaR Model to Study Basis Risk in Stock Index Futures: Evidence from the Chinese Futures Market

Wenjie Chen, Hao Zheng, Tianbao Zhou

School of Energy and Power Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Nov. 7th, 2023; accepted: Nov. 27th, 2023; published: Feb. 29th, 2024

Abstract

This paper takes the CSI 300 futures index as the research object to explore whether the VaR-GARCH model can become an effective tool for evaluating the futures market. Previous research results have mainly focused on one of the VaR model and the GARCH model, and few studies have linked the two. The research results of this paper show that GARCH (1, 1) can predict

future volatility with high accuracy, which can be used as an input value for risk value. In addition, the results of the TGARCH model show that negative information has a greater impact than positive information, and the values at risk estimated using the EGARCH model are smaller than the original GARCH and TGARCH.

Keywords

VaR Model, Stock Index Futures, Basis Risk

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

股指期货已成为市场上最受欢迎的金融工具之一(Carter, 2007) [1]。利用这一工具, 基于不同的投资目的, 投资者可以对冲风险(Chen, 2020) [2]、发现价格(Chen, 2020) [2]或实现资产配置目标(Chen, 2020) [2]。毫无疑问, 价格发现在这三种好处中起着至关重要的作用, 因为它可以让投资者了解资产的内在价值而不是市场价值(Chu 等, 1999) [3]。虽然股指期货为投资者提供了各种好处, 但由于其交易性质, 它面临着巨大的不确定性, 而这种不确定性来自于基差风险, 最终可能使投资者陷入亏损的危险境地。因此, 之前的文献对基于基差风险的股指期货价格发现功能进行了不同的研究, 一般可以归纳为三种类型。第一类是通过比较现货和期货的价格来判断是否存在价格发现及其周期和方向(Booth 等, 1996, Booth 等, 1999, Ryoo and Smith, 2004) [4] [5] [6]。第二类是根据稳定的协整关系确定期货市场的价格贡献和现货市场(Roope and Zurbrugg, 2002, Hodgson *et al.*, 2003) [7] [8]。最后一种是研究期货价格和现货价格之间的波动溢出效应, 从而找出价格发现的功能(Darrat and Zhong, 2002) [9]。

然而, 本论文发现, 即使中国已成为全球第二大经济体, 但关注中国市场的论文并不多见。此外, 中国股指期货始于 2010 年, 比其他不同市场的股指期货都要年轻。因此, 考虑到中国目前的期货市场仍在发展之中, 中国股指期货可以成为一个非常有趣的背景。

基于上述证据, 本论文以沪深 300 期货指数为研究对象, 探讨 VaR-GARCH 模型是否是检测期货指数走势的有效工具。本论文的研究结果表明, GARCH (1, 1)模型可以预测期货指数的未来波动率, 并可进一步用于 VaR 值。此外, 由于原始 GARCH 模型的某些局限性, 本论文还应用了 EGARCH 和 TGARCH 模型来确保模型的稳健性。结果表明, EGARCH 和 TGARCH 模型的结果与原始 GARCH 模型一致。此外, 使用 TGARCH 模型预测波动率时, 估算的 VaR 略高于使用原始 GARCH 模型, 表明负面信息的影响强于正面信息。相反, 当使用 EGARCH 模型预测波动率并计算风险价值时, 由于波动率为对数格式, 其结果小于原始 GARCH 模型。

本论文在以下方面对文献做出了贡献。首先, 本论文填补了中国期货市场中 VaR-GARCH 模型的空白, 为相关文献做出了贡献。之前的研究主要集中在 GARCH 模型(Sadorsky, 2006 年; Agnolucci, 2009 年; Li and Yang, 2013 年) [10] [11] [12]或 VaR 模型(Giot, 2003 年; Charfeddine, 2016 年; Dahl, 2017 年) [13] [14] [15]中的一个来研究期货指数, 这可能会忽略其中的关系。因此, 了解这种关系有助于政府建立基差风险的实时预警系统。我国股指期货市场仍处于发展阶段。对于基础风险管理来说, 风险管理的重点应该放在防范上。因此, 建立实时风险预警系统十分必要。通过发现持仓量变化、交易量变化和

价格变化,可以发现风险迹象,并进行风险分析、评估和控制(Du *et al.*, 2019) [16]。在现实中,需要找到影响基差风险的各个因素,并赋予各个因素不同的权重,从而建立风险评估模型。通过这种方法,可以更全面地衡量基差风险,并进行相关的风险控制方法。

其次,本论文通过证明 VaR-GARCH 是估算未来最大潜在损失的有效模型,为相关文献做出了贡献。由于期货的特性,投资者在参与博弈时通常存在信息不对称的问题,需要承担较大的损失风险。尤其是在中国金融市场,信息不对称一直是个大问题。金融机构与个人投资者之间的信息不对称往往会导致金融产品的价格不能反映其实际价值,并经常导致市场操纵(Zhang 等, 2005) [17]因此,完善信息公开制度是十分必要的,而使用 VaR-GARCH 模型不仅可以提供更有效的期货风险调查方法,还可以防止从业人员的道德风险问题。

第三,本论文的成果可用于中国期货市场的发展。随着我国经济的发展,商品期货和金融期货有了很大的发展,但期货立法明显滞后于市场的发展。由于期货市场法律体系的空白,现行的规章制度对市场的不规范行为没有很强的约束力。市场中经常出现资金操纵现象,从而导致基差波动较大,基差零收益效应不明显(Suo 等, 2015) [18]。这使得期货市场参与者无法把握趋势,基差风险很大。在这种情况下,政府应该制定相关的期货法律来保护投资者的利益,同时规范期货市场的交易行为(Ma 等, 2012) [19]。而利用 VaR-GARCH 模型,政府可以迅速做出相关的监管调整,从而稳定市场。

最后,本论文提供了充分的证据表明 VaR-GARCH 模型可以帮助投资者制定投资策略。具体而言,当基差风险波动较大时,投资者将面临较大的损失。在这种情况下,股指期货的参与者可以通过 VaR-GARCH 模型制定投资策略,并通过该模型对基差风险进行测算(Li *et al.*, 2018) [20]。当 VaR 的计算值明显偏离实际值时,投资者可以及时调整资产组合,最大程度地规避和分散基差风险,提高资金的投资效率。

本论文的其余部分安排如下。第 2 章回顾了相关文献,包括基础风险的一般概念、影响基础风险的因素和相关模型。第 3 章解释了研究方法。第 4 章讨论实证结果,第 5 章呈现期货的分析。最后,第 6 章是本论文的结论。

2. 文献综述

2.1. 基差风险的概念

基差的定义最早由 Working (1953 年)提出,他将基差定义为现货价格与期货价格之间的差额[21]。一般来说,基差可以是正、负或零。正差异越大,基差越强,反之亦然(Haushalter, 2000 年) [22]。同样,Anderson 和 Danthine (1983 年)进一步认为,空间和时间基差是基差风险的两个重要组成部分[23]。在等式中,可以写成 $b_t = S_{t,i} - F_t = (S_t - F_t) + (S_{t,i} - S_t)$,前者指的是时间差,后者指的是空间差,也就是在不同地点交换货物时产生的运输成本。

然而,与普通期货合约相比,金融期货合约(如指数期货合约)的一个优点是不存在运输成本。因此,金融期货的基差定义仅指期货价格的波动(Figlewski, 1984) [24]。

理想情况下,投资者希望看到正基差,因为它是指数期货价格高于现货价格,投资者可以在当前价格做多资产,在未来做空资产,以获得价差。然而,在现实中,影响基差风险的因素多种多样。例如,Wang 和 Wu (2011)以国债期货基差为样本,发现国家经济状况会显著影响基差走势[25]。同样,Gong 等人(2021 年)以中国市场为研究对象,发现投资者的交易行为是影响基差的另一个重要因素[26]。由此可见,基差包含一定的风险,需要采取对冲风险的策略。

套期保值的效果主要取决于基差的变化,因此投资者必须密切关注套期保值后基差的波动方向和幅度,因为基差的波动直接影响套期保值的效果。一般来说,当交易开始时的基差与交易结束时的基差相

同时,两个市场的盈亏正好平衡,达到完全套期保值的效果(Davis, 2006) [27]。具体来说,在正常市场中,如果基差扩大,多头套期保值不仅能完全套期保值,还能获利。而空头套期保值只能部分套期保值,两个市场的损失大于利润;反之,则相反;如果基差保持不变,则不亏不盈,完全套期保值(Haushalter, 2000) [22]。在反向市场中,如果基差扩大,空头套期保值不仅能完全套期保值,还能获利,多头套期保值只能解套;如果基差缩小,情况则相反。更详细的解释见表 1。

Table 1. Comparison of hedging
表 1. 套期保值的比较

基差变化	套期保值头寸	基差趋势	套期保值结果
基差扩大	多头	正向市场	收益 > 损失
		反向市场	收益 < 损失
	空头	正向市场	收益 < 损失
		反向市场	收益 > 损失
基差减少	多头	正向市场	收益 < 损失
		反向市场	收益 > 损失
	空头	正向市场	收益 > 损失
		反向市场	收益 < 损失
基差不变	多头	正向市场	收益 = 损失
		反向市场	收益 = 损失
	空头	正向市场	收益 = 损失
		反向市场	收益 = 损失

2.2. 基差影响因素

先前的研究发现,有各种各样的因素会极大地影响期货的基差,这些因素可分为宏观和微观两类。本节将讨论其中一些关键变量。

2.2.1. 宏观因素

以往研究中提到的宏观因素主要基于消费价格指数、财政政策和货币政策。

首先是居民消费价格指数(简称 CPI),这是衡量与居民生活相关的产品和服务价格之间关系的指标(Jason)。这是检测通货膨胀的重要指标。理想情况下,高 CPI 指的是不稳定的经济环境,这可能会随之改变基差的波动(Fernando, 2021 年) [28]。Hinkelmann 和 Swidler (2008 年)利用美国住房价格指数来研究它是否能成为对冲基差风险的有效工具[29]。他们的论文结果表明,CPI 是改变基差的关键因素。特别是,CPI 百分比变化越大,基差就会扩大,反之亦然。同样,Forson 和 Janrattanagul (2014 年)以泰国市场为例,研究了基差风险的影响因素,并得到了一致的结果[30]。其他研究(Jennings, 2006; Xiangcheng and Han, 2013) [31] [32]的结果也是一致的,即使在不同的市场,CPI 与基差之间的关系也是正向的。

第二,财政政策主要包括税收政策和转移支付制度。当政府实施减税、扩大政府支出等扩张性财政政策时,企业和个人的投资需求上升,从而使整个社会的资金需求上升,最终导致利率上升。利率上升会增加借贷成本,导致更大基差(Lee and Yu, 2002) [33]。Bi (2012)利用中国市场研究检验了财政政策的影响力[34]。其中,作者使用借贷利率作为财政政策的代理变量,分析了利率变化与基差风险之间的关系。结果表明,随着国家借贷利率呈上升趋势,基差将变得越来越大,从而为投资者提供更多的获利机会。这一结论与 Haushalter (2000)的研究结果一致,后者以石油和天然气期货为研究对象,发现随着财政政策的收紧,基差的变动将变为负值,导致石油和天然气期货价格呈下降趋势[22]。

第三个宏观因素是货币政策。当中央银行采取紧缩的货币政策时,如提高法定存款准备金率、提高

存贷款利率、公开提取资金等，市场流动性紧张，从而导致资金借贷成本上升，基差增大。但从长期来看，这种紧缩的货币政策会减轻通货膨胀的压力，降低利率，减少基差，反之亦然。Driffill 等人(2006年)以美国市场为研究对象，分析了货币政策如何影响基差，结果表明在短期内，宽松的货币政策可以刺激市场，导致基差范围扩大，最终让投资者获利[35]。此外，如果政府长期持续鼓励宽松的货币政策，则会增加通货膨胀的可能性，从而进一步扩大基差范围。然而，本文认为政府应该为通货膨胀设定一个门槛，因为较高的通货膨胀会导致国家体系的不稳定(Giordano 等人，2007) [36]。

2.2.2. 微观因素

根据以往的研究，影响基差风险的微观因素主要有两个，即投资者的行为和期货交易机制。

一般来说，期货市场有三种不同的参与者，即套期保值者、套利者和投机者。而市场基差的波动与市场参与者有一定的关系。Shafi (2014)利用跨国数据分析了投资者行为与基差之间的关系[37]。本文的研究结果表明，市场中的大部分投资者都是非理性的，他们的交易行为必然会影响基差的波动。例如，套期保值者通常是保守的投资者，他们大多倾向于做空期货。如果套期保值者整体进行卖空，说明市场信心不足，期货价格将趋于下跌，正向市场的基差将扩大。反之，正向市场的基差就会缩小。此外，由于套期保值者大多比较保守，他们的存在对降低基差波动的幅度和频率起到一定作用(Davis, 2006) [27]。投机者通常通过预测期货未来的价格走势，低卖高买来赚取差价。投机者倾向于做多期货。投机者持有的净头寸通常与期货市场信心、通胀预期和市场回报有关。当投机者普遍做空时，表明市场信心下降，在正向市场中基差趋于扩大。相反，当他们整体做多的时候，说明市场信心增强，期货市场价格趋于上涨，基差趋于缩小(Wu, 2020) [38]。套利者通过分析和预测期货市场和现货市场的价格波动，寻找两者之间的价差来获利。他们通过在期货市场和现货市场采取低买高卖的反向操作策略来赚取差价。由于套利者的存在，期货和现货价格一般不会剧烈波动，相应的基差波动也会相对稳定。他们的操作对稳定基差起着重要作用(Briys 等人，1993年) [39]。

另一个因素是期货的交易机制。这是因为每个期货交易所都有不同的交易机制体系，会直接影响市场的价格发现和信息传递，甚至影响市场的流动性、稳定性和有效性。Cummins 等人(2004)利用美国数据研究发现，上述要素会直接影响市场参与者的交易成本，最终影响基差[40]。这是因为基差是由持有成本反映的。同时也会影响基差的波动。如果参与期货交易的成本过高，很多参与者可能会退出期货市场。现货需求的增加和期货需求的减少会直接导致现货价格的上涨和期货价格的下跌，从而直接导致基差的剧烈波动。同时，由于期货参与成本的增加，当交易成本超过基差时，套利者和投机者就没有机会参与了(邵俊等，2017) [41]。没有套利者和投机者的期货市场价格会大幅波动，相应的基差也会大幅升降。

2.3. 基差风险的相关模型

本节将介绍衡量基础风险的模型，包括传统方法、风险价值法和 GARCH 模型。

2.3.1. 传统方法

第一种传统方法是利用波动率来检测基差风险，因为风险本身反映了预期收益的不确定性或预期收益与实际收益之间的偏差。因此，将 $E(r)$ 设为预期收益率， r_i 反映实际收益率， π 为概率。利用波动率法的基差风险模型可写成：
$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i [r_i - E(r)]^2}$$
。然而，这种方法存在两大局限性(Hull, 2003) [42]。首先，它只能反映偏差的范围，而不能指明偏差的方向，这使得投资者无法调整决策，在现实中，投资者更关注负偏差。其次，这种方法无法明确实际损失的确切数额(Hull, 2003) [42]。

第二种传统方法是使用 beta 系数进行敏感性分析。它实际上用于衡量金融资产组合对市场因素的敏

感度。通常市场因素包括利率、汇率和股票指数。它反映了当市场因素变化一个百分点时，金融资产组合价值变化的百分比，主要反映市场风险，即系统风险(Kolb, 1996) [43]。资产的 beta 值等于市场平均收益率变化 1% 时证券预期收益率的变化。beta 模型可被表示为：

$$\beta = \frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i [r_i - E(r)][r_m - E(r_m)]}{E[r_m - E(r_m)]^2}。$$

这种方法的局限性包括：第一，beta 模型是一种比较法，只能反映资产与市场风险相比的相对风险。换句话说，它不能反映不同市场条件下的实际直接风险。第二，beta 模型可能只适用于一组资产，不一定能用于任意一种资产(Bessembinder, 1992) [44]。

虽然这两种方法都可以用来检测基差风险，然而，检测结果却不能令人满意。这是因为基差风险是由现货价格和期货价格共同决定的，并没有一定的规律可寻。

因此，为了克服这一问题，学者们提出了风险价值(VaR)来评估基差风险。

2.3.2. 风险价值

风险价值(通常被称为 VaR)衡量的是资产在一定置信度和期限内的最大损失。其方程式通常可写成： $Prob(\Delta p > VaR) = 1 - \alpha$ 。这个等式的含义是资产(或投资组合)最大损失(VaR)的概率不会超过 $1 - \alpha$ 。具体而言，假设 W_0 是起始时的初始投资，实际收益为 R 。预期收益率和方差分别为 μ 和 σ 。而置信度为 α 和 R^{\wedge} ，是持有期间的最低收益。风险价值可以用相对损失和绝对损失来表示。相对损失的方程式为 $VaR = E(W) - W^{\wedge} = -W_0(R^{\wedge} - \mu)$ 式中 $W = W_0(1+R)$, $W^{\wedge} = W_0(1+R^{\wedge})$ 。而绝对损失的方程式为： $VaR = W_0 - W^{\wedge} = -W_0 R^{\wedge}$ 。在正态分布假设下，VaR 模型将表达为： $Var = W_0 z_{\alpha} \sqrt{\Delta t}$ ，式中 z_{α} 指置信区间的相应量级(Liu, Song, 2006) [45]。

一般来说，计算 VaR 有三种方法，即历史数据模拟法、方差 - 协方差法和蒙特卡罗模拟法，每种方法都有其优缺点。历史数据模拟是基于历史的重现性。它利用资产组合过去的历史收益数据，确定资产在未来一定置信度下的最低收益水平，从而计算出 VaR 值。这种方法的核心是根据样本的历史数据模拟样本未来的盈亏分布(Jorion, 2000) [46]。历史数据模拟法有利有弊。优点是不需要假设样本未来的收入分布，可以有效克服实际分布的不对称和厚尾；历史数据一般易于收集，简单、直观、易懂。然而，历史数据模拟法也有其缺陷(Jorion, 2000) [47]。历史数据模拟法的核心是根据过去预测未来，但过去的一些极端情况在未来可能不会发生；这种方法需要足够可靠的数据。如果样本数据不可靠或不足，就会影响结果的可信度(Tang, Shieh, 2006) [47]。

第二种方法是均值方差法。它是通过定价模型找出金融投资组合的波动与市场因素波动之间的线性或非线性关系，并利用市场因素的波动来预测未来投资组合的收益分配(Jorion, 2000) [46]。其核心是将投资组合的收益表示为市场因素的函数，并通过预测各市场因素的变化来预测投资组合未来的收益变化。其主要优点是模型简单，易于计算。方差 - 协方差法的一个假设是市场因素服从正态分布和线性分布(Jorion, 2000) [46]。这一假设与实际模型中的厚峰尾和波动集群现象不符，因此使用这种方法可能会低估风险的高低。

最后，蒙特卡罗模拟是通过大量模拟来确定金融资产价格的波动和分布。通过大量模拟产生的金融资产价值分布将趋近于资产组合的真实分布，从而可以估算出一定置信度下的风险价值率(Jorion, 2000) [46]。这种方法的优点是不需要假设任何模型，可以有效克服实际分布的厚尾性和不对称性；只受限于过去的模拟方法，因此比历史数据模拟法更可靠、更准确。其缺点是参数估计可能存在误差和模型风险；计算量大，计算成本高。

2.3.3. GARCH 模型

在 VaR 模型中, 其中一个重要的输入值是波动率, 而在金融时间序列中, 经常会出现聚集现象。也就是说, 高(低)收益率或波动率通常是连续发生的, 有一些很少见的证据表明波动率的收益率在现实中遵循随机分布。换言之, 异方差现象时有发生。为了克服这一问题, 学者们主要使用 ARCH 和 GARCH 模型。ARCH 模型是由 Engle (1982)提出的, 可写成以下形式[48]:

$$y_t = X_t' b + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\varepsilon_t | I_{t-1} \sim N(0, \sigma_t^2) \quad (2)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{j=1}^q \alpha_j \varepsilon_{t-j}^2 \quad (3)$$

ARCH 模型的关键在于现阶段的残差取决于前一阶段, 这完美地解决了异方差问题。不过, ARCH 模型要求所有系数都为正, 以满足正条件方差, 而这在现实中不太可能发生。此外, 为了提高准确性, ARCH 模型通常需要更多的滞后项, 从而增加了计算难度。

因此, Bollerslev (1986)提出了 GARCH 模型来克服 ARCH 模型的局限性[49]。GARCH 模型考虑并放宽了 ARCH 的假设, 包括更高的滞后阶数和正参数(Hwang, Satchell, 2005) [50]。换句话说, GARCH 模型可以反映波动率的长期变化, 而 ARCH 就是 GARCH 的一个典型例子。GARCH 模型可以被表示为:

$$y_t = X_t' b + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$\varepsilon_t | I_{t-1} \sim N(0, \sigma_t^2) \quad (5)$$

$$\varepsilon_t = \sigma_t \eta_t, \eta_t \sim i.i.d.N(0,1) \quad (6)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i \sigma_{t-i}^2 \quad (7)$$

在方程(2)中, 所有变量都应大于零, 对于滞后项 p 和 q , 它们可以为零, 这指的是白噪声。

GARCH 模型不仅能捕捉金融时间序列的聚集特征, 还能描述现实中残差项的时变特征。然而, 该模型也存在一些局限性。例如, 它不能反映波动的不对称性; 也不能反映金融市场的风险溢价现象。

由于 GARCH 模型存在的一些问题, 学者们进一步调整了 GARCH 模型, 发展出了 TGARCH 和 EGARCH 模型。TGARCH 模型关注的是负面影响而非正面影响, 因为在现实中前者通常比后者造成更大的波动(Sadorsky, 2006) [10]。因此, Zakoian (1994)在原始 GARCH 模型中加入了一个虚拟变量来表达这种负面信息[51]。该模型可以写成:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q \beta_i \sigma_{t-i}^2 d_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_i \sigma_{t-i}^2 \quad (8)$$

在这个等式中, d_{t-1} 是一个虚拟变量, 当前一项的波动率为负数时, 它等于 1, 否则等于 0。因此, 当系数 β_i 为正时, 与正波动相比, 负波动的影响更大。

纳尔逊(Nelson, 1991)对模型进行了修改, 将重点放在波动率的对数格式上, 而不是原始数据上[52]。该模型可以写成:

$$\ln \sigma_t = \omega_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sqrt{\sigma_{t-i}}} \right| + \sum_{i=1}^q \beta_i \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sqrt{\sigma_{t-i}}} + \sum_{i=1}^p \gamma_i \ln \sigma_{t-i} \quad (9)$$

在该模型中, 为了确保模型中波动率平方的非负性, 没有必要限制模型参数的范围。同时, 由于新收益率扰动对波动率的影响是乘积而不是总和, 因此非对称性自然被纳入模型中。

3. 方法论

3.1. 样本

在对期货合约进行实证研究时出现了一个问题,即合约价格的不连续性。这是因为每份期货合约都有其结束日期,当到达该日期时,合约和所有其他信息都将不复存在(Antoniou, Holmes, 1995) [53]。在这种情况下,如果只评估一份期货合约,数据会存在很大的局限性。因此,为了克服这一问题,本论文选择了沪深300指数期货,因为它是一个滚动价格基数,并且在市场上交易活跃(Li, 2015) [54]。也就是说,从2010年4月16日至今,沪深300股指期货每天都有收盘价。因此,本论文的研究时段为2010年4月16日至2021年7月20日。本论文的数据来自WIND数据库,这是一个提供中国所有证券交易所市场信息的专业数据库。该数据库在其他金融研究中也经常被使用(Zhang, 2019; Manqiu and Shancun, 2018; Chen and Gong, 2019) [55] [56] [57]。最后,为确保预测模型的准确性,本论文选择前80%的数据生成模型,后20%的数据进行回测。

3.2. 变量估算

本论文的主要变量是基差风险,即现货价格与期货价格之间的差额(Ali, Parisa, 2011) [58]。一般来说,资产的基差会随着时间的推移而变化。当市场平稳运行时,期货价格通常高于现货价格。此时,基差为负,市场被称为正向市场。这是因为持有成本的存在会使资产持有者不愿意在未来以低于或等于之前现货价格的现货价格出售资产(Moschini, Myers, 2002) [59]。然而,一旦市场受到风险因素的影响,基差也可能变为正数。此时的市场被称为反向市场。计算基差风险的公式如下:

$$Basis Risk_t = Spot Price_t - Futures Price_t \quad (10)$$

3.3. 模型设计

本论文旨在探讨VaR-GARCH模型是否是沪深300期货指数的有效检测工具。因此,第一步是进行正态性检验,检查数据是否呈正态分布。特别的是,本论文将把检验统计量与Jarque-Bera临界值(Jarque, Bera, 1987) [60]进行比较。

第二步是检查时间序列数据的静态条件,这是任何时间序列研究的关键过程。这是因为,如果时间序列数据不是静态的,它就不会因时间段的不同而发生变化。回归结果就会出现偏差。一种常见的静态检验方法是使用增强Dickey-Fuller检验(ADF) (Cheung, Lai, 1995) [61],其零假设的时间序列数据包含单位根且不具有静态性或是其他(Harris, 1992) [62]。

第三步是进行相关性检验以评估最佳滞后算子,第四步是检验序列数据是否符合条件异方差效应,可以通过使用ARCH-LM检验来检测(Harvey等人, 1992) [63]。要进行ARCH-LM检验,必须根据相关性检验得出的最优滞后算子构建均值方程(Duchesne, Lalancette, 2003) [64]。

最后,本论文通过GARCH模型得到条件方差,并将标准差代入VaR模型,根据公式 $VaR = B_{t-1} z_\alpha \sigma$ 计算出风险价值。

4. 实证分析

4.1. 正态性检验

第一步是检验时间序列数据是否服从正态分布。图1详细报告了结果。

基差风险的平均数为8.59,即期货合约价格与现货价格之间的差距为8.59。这个数字与Chen和Gong(2019)的研究一致,后者发现中国的平均基差风险为7.39 [57]。此外,基差风险的正数表明现货价格高于期货价格,这进一步表明市场处于反向状态。基差风险的偏度为2.95,表明其具有右尾和高峰,因为峰

度为 27.22，高于临界值 3 (Jarque 和 Bera, 1987 年) [60]。此外，Jarque-Bera 检验统计量为 70884.91，高于临界值 5.99，表明基差风险不服从正态分布。

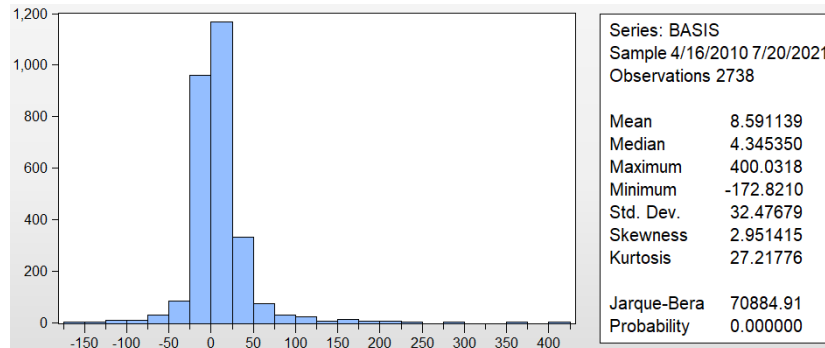


Figure 1. Normality test
图 1. 正态性检验

4.2. 静态性检验

ADF 检验结果见表 2。在任何显著水平上，两个检验统计量(水平和首次差分)都高于临界值，表明应拒绝零假设，接受备择假设，即基差风险序列是静态的。

Table 2. ADF inspection
表 2. ADF 检验

ADF 统计		显著性水平	临界值
水平	首次差分		
-4.120990	-15.54755	1%	-3.432568
		5%	-2.862406
		10%	-2.567276

4.3. 相关性检验

图 2 显示了基差风险序列数据的相关性检验。本论文发现自相关具有尾部偏差，而偏相关具有截断偏差。根据该图，最佳滞后项应为 4 (Orcutt 和 James, 1948 年) [65]。

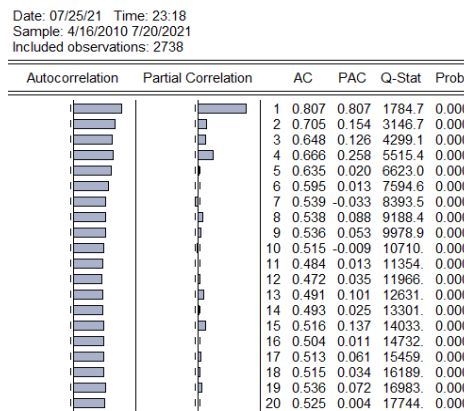


Figure 2. Correlation test
图 2. 相关性检验

4.4. ARCH 检验

根据表 3 的结果, 本论文构建了以下模型来检验条件异方差效应的存在性。

$$Basis_t = \beta_0 Basis_{t-1} + \beta_1 Basis_{t-2} + \beta_2 Basis_{t-3} + \beta_4 Basis_{t-4} + \varepsilon_t$$

Table 3. Average equation

表 3. 平均方程

变量	系数	标准误差	t 统计量	概率
AR (-1)	0.635387	0.018473	34.39526	0
AR (-2)	0.261314	0.018455	14.15942	0
AR (-3)	0.049306	0.022097	2.231329	0.0257
AR (-4)	0.043347	0.022087	1.9622632	0.0498
R 平方	0.887199	因变量平均值		8.659302
修正后的 R 平方	0.886855	S.D.因变量		32.447
回归的 S.E.	18.15714	Akaike 信息准则		8.637467
残差平方和	900031.3	Schwarz 准则		8.646119
对数似然比	-11803.42	Hannan-Quinn 标准		8.640594
Durbin-Watson 统计	2.01169			

本论文发现, 所有滞后项都与当前的基差风险正相关, 分别为 1% 或 5%, 这表明当前的基差风险与过去一段时间有很大关系。此外, 本论文还发现系数有减小的趋势, 表明基差风险滞后项的影响力在减小。这一结论与 Chen 和 Gong (2019) 的研究一致, 他们以中国市场为样本, 研究了基差风险的滞后项是否会影响当期的基差风险, 结果也提供了滞后算子增大时减小的趋势[57]。本论文在估计 AR 模型后, 得到残差序列, 如图 3 所示。

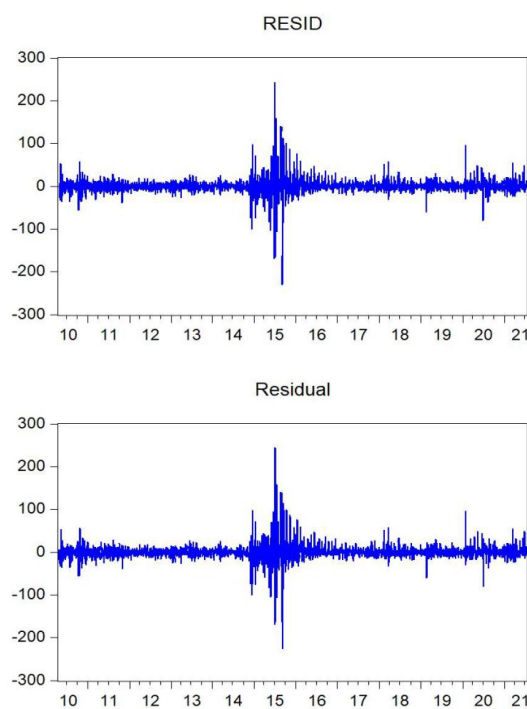


Figure 3. Residual series

图 3. 残差系列

基于此图，本论文发现 2014~2016 年间的残差存在聚集现象，说明存在 ARCH 效应(Zhou *et al.*) [66] 因此，下一步是进行 ARCH-LM 检验，假设残差不存在 ARCH 效应，反之亦然。本论文分别选择 $q = 1$ 、2、3 和 4 进行检验。表 4 显示了检验结果。与图 3 一致，本论文发现 ARCH-LM 检验的零假设应在 1% 的显著水平上被剔除，证实了异方差(ARCH 效应)的存在。

Table 4. ARCH-LM test
表 4. ARCH-LM 检验

A 组 $q = 1$			
F 统计量	356.0145	概率 F (1,2731)	0.0000
T * R ² 统计量	315.1873	概率 奇数方(1)	0.0000
B 组 $q = 2$			
F 统计量	243.0745	概率 F (2,2729)	0.0000
T * R ² 统计量	413.0941	概率 奇数方(2)	0.0000
C 组 $q = 3$			
F 统计量	325.3432	概率 F (3,2728)	0.0000
T * R ² 统计量	719.826	概率 奇数方(3)	0.0000
D 组 $q = 4$			
F 统计量	293.3335	概率 F (4,2727)	0.0000
T * R ² 统计量	821.6848	概率 奇数方(4)	0.0000

4.5. GARCH 模型构建

根据前面的检验，中国的基差风险是静态的，不是正态分布，并且包含异方差效应，这使得 GARCH 成为预测的最佳模型。一般来说，GARCH 模型包含两个不同的滞后项，即 p 和 q ，前者是 GARCH 的滞后算子，后者是 ARCH 的滞后算子(Li 和 Xiang, 2017) [67]。本论文沿用 Chen 和 Gong (2019)的研究，利用 GARCH (1, 1)来预测基差风险[57]。GARCH (1, 1)模型在其他文献(Wang 和 Wang, 2001; Ali 和 Parisa, 2011; Zhou 等人, 2019) [58] [66] [68]中也经常使用，因为它可以通过简单的计算拟合条件均值和方差(Wei 等人, 2011) [69]。值得注意的是，本论文只使用了前 80%的数据进行预测，GARCH 模型的结果见表 5。

Table 5. GARCH model
表 5. GARCH 模型

变量	系数	标准误差	z 统计量	概率
C	0.274432	0.197838	1.387152	0.1654
BASIS (-1)	0.502929	0.021407	23.49382	0.0000
BASIS (-2)	0.185349	0.026144	7.089537	0.0000
BASIS (-3)	0.111865	0.026205	4.268757	0.0000
BASIS (-4)	0.097878	0.01985	4.931004	0.0000
方差方程				
C	2.452639	0.333906	7.345308	0.0000
ARCH (-1)	0.110354	0.006463	17.07457	0.0000
GARCH (-1)	0.879755	0.005457	161.21	0.0000

因此，基差风险的最终均值方程和条件方差方程为

$$\begin{aligned} \text{Mean Equation: } Basis_t = & 0.502929 * Basis_{t-1} + 0.185349 * Basis_{t-2} + 0.111865 * Basis_{t-3} \\ & + 0.097878 * Basis_{t-4} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

$$\text{Conditional Variance Equation: } \sigma_t^2 = 2.452639 + 0.110354 * \varepsilon_{t-1}^2 + 0.879755 * \sigma_{t-1}^2$$

4.6. 回溯检验

为进一步确保 GARCH 模型能够提供准确无误的预测，本论文使用最后 20% 的数据进行回溯检验。具体而言，本论文使用估计方程计算当期的估计基差，并将其与实际基差进行比较。图 4 显示了结果。总体而言，本论文发现预测基差与实际基差的走势相同，尽管有一些波动。在这种情况下，本论文认为该模型可以预测未来的基差。

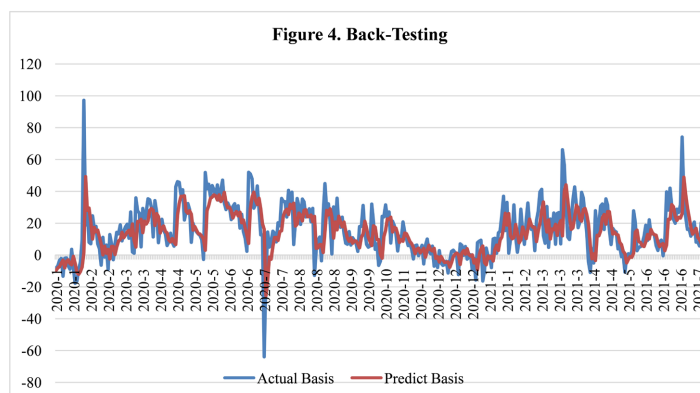


Figure 4. Back-Testing

图 4. 回溯结果

4.7. 风险价值估算

由于 GARCH 模型可以准确预测基差，下一步就是使用均值和条件方差方程来计算风险价值。回顾 VaR 方程，其中置信区间为 95%。因此，将所有信息代入方程，即可计算出风险价值。图 5 详细说明了风险价值与基差之间的关系。从图 5 中可以看出，计算出的 VaR 值的波动趋势与实际基差的波动趋势是一致的。计算出的 VaR 值也基本涵盖了每个交易日实际基差的涨跌。也可以看出，基差风险的变化与其波动范围的绝对值趋势是一致的。换句话说，基差涨跌剧烈，VaR 值波动剧烈 (Chen 和 Gong, 2019) [57]。从结果来看，VaR 模型可以模拟实际基差的波动和趋势，但不能完全拟合基差风险的波动。因为基差的 VaR 值相对较小，而实际基差相对较大。

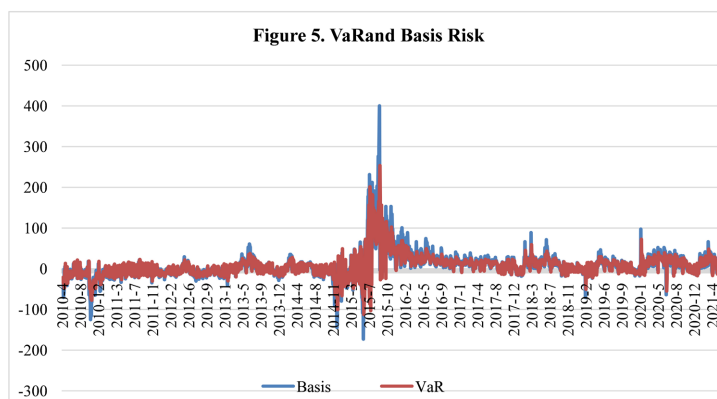


Figure 5. VaR and basis risk

图 5. VaR 基础风险

5. 深入分析

到目前为止, 本论文已成功使用 GARCH 模型预测了沪深 300 指数的基差风险, 并计算了风险价值。然而, GARCH 模型仍然存在一些局限性。例如, GARCH 模型无法反映波动的不对称性(Lehar 等, 2002 年) [70], 也无法反映金融市场的风险溢价现象。因此, 本论文还使用 TGARCH 和 EGARCH 模型来重新估计基差的均值和条件方差方程。然后将分别基于 TGARCH 和 EGARCH 计算风险价值。表 6 详细报告了结果。

Table 6. Additional GARCH model
表 6. 附加 GARCH 模型

A 组: TGARCH 模型(阈值 = 1)				
变量	系数	标准误差	z 统计量	概率
BASIS (-1)	0.506523	0.02134	23.73572	0.0000
BASIS (-2)	0.18675	0.026112	7.151896	0.0000
BASIS (-3)	0.111229	0.026148	4.253791	0.0000
BASIS (-4)	0.098318	0.019828	4.958643	0.0000
方差方程				
C	2.43954	0.339729	7.18084	0.0000
ARCH (-1)	0.097472	0.008818	11.0539	0.0000
ARCH (-1) (ARCH < 0)	0.032008	0.012357	2.590224	0.0096
GARCH (-1)	0.878626	0.005763	152.472	0.0000
B 组: EGARCH 模型				
变量	系数	标准误差	z 统计量	概率
BASIS (-1)	0.523966	0.020232	25.89788	0.0000
BASIS (-2)	0.190035	0.025218	7.535548	0.0000
BASIS (-3)	0.108924	0.025625	4.250762	0.0000
BASIS (-4)	0.087173	0.019438	4.484547	0.0000
方差方程				
γ_1	-0.125463	0.011659	-10.76136	0.0000
γ_2	0.227905	0.010499	21.7063	0.0000
γ_3	-0.026242	0.008261	-3.176769	0.0015
γ_4	0.991349	0.001564	633.6638	0.0000

因此, 根据表 4 中的结果, 方程可以写成:

$$\begin{aligned} \text{Mean Equation of TGARCH : Basis}_t &= 0.506523 * \text{Basis}_{t-1} + 0.18675 * \text{Basis}_{t-2} \\ &+ 0.111229 * \text{Basis}_{t-3} + 0.098318 * \text{Basis}_{t-4} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

Conditional Variance Equation of TGARCH :

$$\sigma_t^2 = \begin{cases} \varepsilon \geq 0, 2.43954 + 0.097472 * \varepsilon_{t-1}^2 + 0.878626 * \sigma_{t-1}^2 \\ \varepsilon < 0, 2.43954 + 0.097472 * \varepsilon_{t-1}^2 + 0.032008 * \varepsilon_{t-1}^2 (\varepsilon < 0) + 0.878626 * \sigma_{t-1}^2 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{Mean Equation of EGARCH : Basis}_t &= 0.523966 * \text{Basis}_{t-1} + 0.190035 * \text{Basis}_{t-2} \\ &+ 0.108924 * \text{Basis}_{t-3} + 0.087173 * \text{Basis}_{t-4} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

Conditional Variance Equation of EGARCH :

$$\log(\sigma_t^2) = -0.125463 + 0.227905 * \frac{|\varepsilon_{t-1}|}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + -0.026242 * \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + 0.991349 * \log(\sigma_{t-1}^2)$$

然后, 本论文使用相同的方法计算风险价值, 并将其与基差风险进行比较。结果如图 6 和图 7 所示。与主要结果一致, 本论文发现使用 TGARCH 和 EGARCH 的风险价值与基差风险的变动一致。其中, 使用 TGARCH 模型时的风险价值变幅高于原始 GARCH 模型, 表明波动率的负面影响对风险价值的影响更大, 这与 Chen 和 Gong (2019) 的研究一致, 他们发现负波动率会导致中国市场的风险价值波动更大[57]。

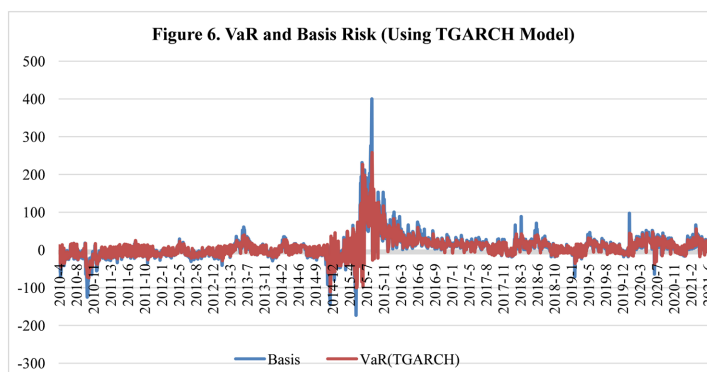


Figure 6. VaR and basis risk (using TGARCH model)

图 6. VaR 和基差风险(使用 TGARCH 模型)

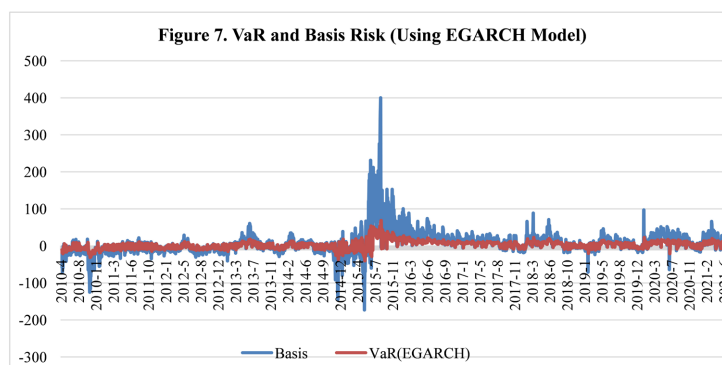


Figure 7. VaR and basis risk (using EGARCH model)

图 7. VaR 和基差风险(使用 EGARCH 模型)

然而, 在使用 EGARCH 模型时, 风险价值的变动相对稳定, 因为对数格式是一种丑化的方式, 可以减少波动率的变化, 从而减少对风险价值的影响。

6. 结论、影响和局限性

6.1. 结论

本论文主要研究股票期货合约的基差风险, 并检验 VaR-GARCH 模型的可用性。样本期为 2010 年 4 月 22 日至 2021 年 7 月 20 日。论文结果表明, GARCH 模型能够拟合沪深 300 指数期货合约的基差风险变动。其风险价值与基差风险具有相同的变动。在不同的 GARCH 模型(如 TGARCH 和 EGARCH)下, 结果是稳健的, 这表明风险价值是期货合约的一个重要指标。相较于其他模型, GARCH 模型可以更加精准地预测基差, 而中国的基差风险又是静态的, 所以 GARCH 模型即为最佳选择。当系数满足一定条件时, 波动率则具有均值回归的特点, 即满足波动率的稳定性。其中, GARCH (1, 1)以计算的简洁性和预测较为精准的特点使其成为最常用的模型之一。

6.2. 影响

值得注意的是,这篇论文不仅提供了足够的证据来证明 VaR-GARCH 模型是有效的,而且还为政府改进期货市场提供了建议,从而为文献做出了贡献。然而,正如本论文所认为的,仅仅依靠政府可能还不够,投资者在加入这场危险的游戏之前还应该多加注意。特别是要教育投资者更加理性。先前的研究表明,大部分波动都是由于非理性交易造成的(Xiaoxing 等) [71]中国证券市场的发展表明,基金、保险、信托等机构投资者是最理性的市场投资者。由于其金融专业性较强,以规范的操作和科学的投资策略获利,对稳定金融市场起着非常重要的作用。对于个人投资者来说,有必要对其进行教育,使其更好地理解理性投资,避免盲目追涨杀跌(Huang 等, 2021) [72]。目前,我国期货市场发展滞后,市场资金少,运作模式有待规范,这就需要大力发展机构投资者参与期货市场。大量机构投资者的参与,不仅可以为期货市场注入大量资金,还可以稳定期货市场。为了适应我国期货市场发展的需要,我国期货行业需要引进和学习国外先进的风险管理技术,通过定量分析和定性分析相结合的方式,推出适合我国国情的期货风险管理模式(Li 和 Liu, 2021) [73]。金融监管部门也应更深入地研究 VaR 技术,使期货市场参与者更好地理解 and 合理使用 VaR 技术。

6.3. 局限性

虽然本论文通过 VaR-GARCH 模型找到了一种预测股票期货合约风险价值的方法,但仍存在一定的局限性。首先,风险价值预测的准确性是基于历史数据的。然而,由于股票期货合约仍处于发展阶段,中国的此类数据仍然不足。此外,基差的风险价值表示在一定置信区间下的最大损失。理想情况下,置信度越高,风险价值的预测效果越好。然而,这仍然需要大量数据。其次,风险价值主要是通过分析过去资产的收益特征来预测这类资产未来的价格波动。事实上,它反映的是在一定概率下资产价格波动可能造成的最大损失(Yao 等, 2006 年) [74]。也就是说,风险价值是一种概率,并不能决定投资者在面对某种风险时愿意承担或应该规避的风险。完整的风险管理方法不仅需要量化客观风险,还需要考虑投资者的风险承受能力和风险偏好。最后, VaR 模型是在西方强调市场经济的体制下发展起来的,与中国的国情不同(Giordano 等人) [36]。例如,西方发达国家的利率是由市场资金的供求关系决定的,即利率的市场化。VaR 模型也是在这种环境下产生的。中国的利率市场化改革并未取得进展。目前,央行仍然决定市场基准利率,这使得 VaR 模型的功能难以有效发挥,也制约了模型的规范化和进一步推广(Lv 等, 2015) [75]。任何模型的建立都建立在一定的假设基础之上,但基于西方成熟经济体制和我国金融体系发展现状的金融定价与风险管理模式在应用中仍存在明显问题。如果利率市场化改革没有实质性进展,利率的基础定价作用不能有效发挥, VaR 模型的效率将大打折扣。除了利率市场化,我国金融市场建设中还有许多问题亟待解决。

参考文献

- [1] Carter, C.A. (2007) *Futures and Options Markets: An Introduction*. Waveland Press.
- [2] Chen, J. (2020) Index Futures. <https://www.investopedia.com/terms/i/indexfutures.asp>
- [3] Chu, Q.C., Hsieh, W.-L.G. and Tse, Y. (1999) Price Discovery on the S&P 500 Index Markets: An Analysis of Spot Index, Index Futures, and SPDRs. *International Review of Financial Analysis*, **8**, 21-34. [https://doi.org/10.1016/S1057-5219\(99\)00003-4](https://doi.org/10.1016/S1057-5219(99)00003-4)
- [4] Booth, G.G., Lee, T.-H. and Tse, Y. (1996) International Linkages in Nikkei Stock Index Futures Markets. *Pacific-Basin Finance Journal*, **4**, 59-76. [https://doi.org/10.1016/0927-538X\(95\)00023-E](https://doi.org/10.1016/0927-538X(95)00023-E)
- [5] Booth, G.G., So, R.W. and Tse, Y. (1999) Price Discovery in the German Equity Index Derivatives Markets. *Journal of Futures Markets: Futures, Options, and Other Derivative Products*, **19**, 619-643. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9934\(199909\)19:6<619::AID-FUT1>3.3.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9934(199909)19:6<619::AID-FUT1>3.3.CO;2-D)

- [6] Ryoo, H.-J. and Smith, G. (2004) The Impact of Stock Index Futures on the Korean Stock Market. *Applied Financial Economics*, **14**, 243-251. <https://doi.org/10.1080/0960310042000201183>
- [7] Roope, M. and Zurbrugg, R. (2002) The Intra-Day Price Discovery Process between the Singapore Exchange and Taiwan Futures Exchange. *Journal of Futures Markets: Futures, Options, and Other Derivative Products*, **22**, 219-240. <https://doi.org/10.1002/fut.2215>
- [8] Hodgson, A., Masih, A. and Masih, R. (2003) Price Discovery between Informationally Linked Markets during Different Trading Phases. *Journal of Financial Research*, **26**, 77-95. <https://doi.org/10.1111/1475-6803.00046>
- [9] Darrat, A.F. and Zhong, M. (2002) Permanent and Transitory Driving Forces in the Asian-Pacific Stock Markets. *Financial Review*, **37**, 35-51. <https://doi.org/10.1111/1540-6288.00003>
- [10] Sadorsky, P. (2006) Modeling and Forecasting Petroleum Futures Volatility. *Energy Economics*, **28**, 467-488. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.04.005>
- [11] Agnolucci, P. (2009) Volatility in Crude Oil Futures: A Comparison of the Predictive Ability of GARCH and Implied Volatility Models. *Energy Economics*, **31**, 316-321. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.11.001>
- [12] Li, M. and Yang, L. (2013) Modeling the Volatility of Futures Return in Rubber and Oil—A Copula-Based GARCH Model Approach. *Economic Modelling*, **35**, 576-581. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.07.016>
- [13] Giot, P. (2003) The Information Content of Implied Volatility in Agricultural Commodity Markets. *Journal of Futures Markets*, **23**, 441-454. <https://doi.org/10.1002/fut.10069>
- [14] Charfeddine, L. (2016) Breaks or Long Range Dependence in the Energy Futures Volatility: Out-of-Sample Forecasting and VaR Analysis. *Economic Modelling*, **53**, 354-374. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.12.009>
- [15] Dahl, R.E. (2017) A Study on Price Volatility in the Aquaculture Market Using Value-at-Risk (VaR). *Aquaculture Economics and Management*, **21**, 125-143. <https://doi.org/10.1080/13657305.2017.1262475>
- [16] Du, S., Tang, G. and Li, S. (2019) Risk Measurement of Chinese Stock Market Based on GARCH Model and Extreme Value Theory. *Open Journal of Business and Management*, **7**, 963-975. <https://doi.org/10.4236/ojbm.2019.72065>
- [17] Zhang, C., Cheng, X.-J. and Wang, M.J.O.R. (2005) An Empirical Research in the Stock Market of Shanghai by GARCH Model. *Operations Research and Management Science*, **4**, 144-146.
- [18] Suo, Y.-Y., Wang, D.-H. and Li, S.-P. (2015) Risk Estimation of CSI 300 Index Spot and Futures in China from a New Perspective. *Economic Modelling*, **49**, 344-353. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.05.011>
- [19] Ma, F., Zhang, L.-Y., Huang, X.-T. and Zou, K.-L. (2012) Empirical Study on CSI 300 Stock Index Futures' Ratio and Hedging Effectiveness. *Journal of Southwest Jiaotong University*, **2**, 22-26.
- [20] Li, Y.-S., Li, A.-H. and Liu, Z.-D. (2018) Two Ways of Calculating VaR in Risk Management—An Empirical Study Based on CSI 300 Index. *Procedia Computer Science*, **139**, 432-439. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.259>
- [21] Working, H. (1953) Futures Trading and Hedging. *The American Economic Review*, **43**, 314-343.
- [22] Haushalter, G.D. (2000) Financing Policy, Basis Risk, and Corporate Hedging: Evidence from Oil and Gas Producers. *The Journal of Finance*, **55**, 107-152. <https://doi.org/10.1111/0022-1082.00202>
- [23] Anderson, R.W. and Danthine, J.-P. (1983) The Time Pattern of Hedging and the Volatility of Futures Prices. *The Review of Economic Studies*, **50**, 249-266. <https://doi.org/10.2307/2297415>
- [24] Figlewski, S. (1984) Hedging Performance and Basis Risk in Stock Index Futures. *The Journal of Finance*, **39**, 657-669. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1984.tb03654.x>
- [25] Wang, C.-W. and Wu, T.-Y. (2011) Futures and Futures Options with Basis Risk: Theoretical and Empirical Perspectives. *Quantitative Finance*, **11**, 477-485. <https://doi.org/10.1080/14697680903213807>
- [26] Gong, Q., Tang, Z. and Xu, B. (2021) Trading Behaviors on Knowledge of Price Discovery in Futures Markets. *Journal of Innovation and Knowledge*, **6**, 191-195. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2021.03.001>
- [27] Davis, M.H. (2006) Optimal Hedging with Basis Risk. In: Kabanov, Y., Liptser, R. and Stoyanov, J., Eds., *From Stochastic Calculus to Mathematical Finance*, Springer, Berlin, 169-187. https://doi.org/10.1007/978-3-540-30788-4_8
- [28] Fernando, J. (2021) Consumer Price Index (CPI). <https://www.investopedia.com/terms/c/consumerpriceindex.asp>
- [29] Hinkelmann, C. and Swidler, S. (2008) Trading House Price Risk with Existing Futures Contracts. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, **36**, 37-52. <https://doi.org/10.1007/s11146-007-9075-1>
- [30] Forson, J.A. and Janrattanagul, J. (2014) Selected Macroeconomic Variables and Stock Market Movements: Empirical Evidence from Thailand. *Contemporary Economics*, **8**, 154-174. <https://doi.org/10.5709/ce.1897-9254.138>
- [31] Jennings, W.W. (2006) Disaggregated TIPS: The Case for Disaggregating Inflation-Linked Bonds into Bonds Linked to Narrower CPI Components Slicing and Dicing TIPS. *Journal of Pension Economics Finance*, **5**, 325-343. <https://doi.org/10.1017/S1474747206002551>

- [32] Chen, X.C. and Qiao, H. (2013) Research on CPI Compilation with Scanner Data. *Statistical Research*, **30**, 23-30.
- [33] Lee, J.-P. and Yu, M.-T. (2002) Pricing Default-Risky CAT Bonds with Moral Hazard and Basis Risk. *The Journal of Risk and Insurance*, **69**, 25-44. <https://doi.org/10.1111/1539-6975.00003>
- [34] Bi, H. (2012) Sovereign Default Risk Premia, Fiscal Limits, and Fiscal Policy. *European Economic Review*, **56**, 389-410. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2011.11.001>
- [35] Driffill, J., Rotondi, Z., Savona, P. and Zazzara, C. (2006) Monetary Policy and Financial Stability: What Role for the Futures Market? *Journal of Financial Stability*, **2**, 95-112. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2005.03.001>
- [36] Giordano, R., Momigliano, S., Neri, S. and Perotti, R. (2007) The Effects of Fiscal Policy in Italy: Evidence from a VAR Model. *European Journal of Political Economy*, **23**, 707-733. <https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2006.10.005>
- [37] Shafi, M. (2014) Determinants Influencing Individual Investor Behavior in Stock Market: A Cross Country Research Survey. *Nigerian Chapter of Arabian Journal of Business Management Review*, **62**, 1-12. <https://doi.org/10.12816/0003720>
- [38] Wu, B. (2020) Investor Behavior and Risk Contagion in an Information-Based Artificial Stock Market. *IEEE Access*, **8**, 126725-126732. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3008717>
- [39] Briys, E., Crouhy, M. and Schlesinger, H. (1993) Optimal Hedging in a Futures Market with Background Noise and Basis Risk. *European Economic Review*, **37**, 949-960. [https://doi.org/10.1016/0014-2921\(93\)90103-H](https://doi.org/10.1016/0014-2921(93)90103-H)
- [40] Cummins, J.D., Lalonde, D. and Phillips, R.D. (2004) The Basis Risk of Catastrophic-Loss Index Securities. *Journal of Financial Economics*, **71**, 77-111. [https://doi.org/10.1016/S0304-405X\(03\)00172-7](https://doi.org/10.1016/S0304-405X(03)00172-7)
- [41] Shao, J., Papaioannou, A.D. and Pantelous, A.A. (2017) Pricing and Simulating Catastrophe Risk Bonds in a Markov-Dependent Environment. *Applied Mathematics and Computation*, **309**, 68-84. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2017.03.041>
- [42] Hull, J.C. (2003) *Options Futures and Other Derivatives*. Pearson Education India, Noida.
- [43] Kolb, R.W. (1996) The Systematic Risk of Futures Contracts. *The Journal of Futures Markets* (1986-1998), **16**, 631-654. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9934\(199609\)16:6<631::AID-FUT2>3.3.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9934(199609)16:6<631::AID-FUT2>3.3.CO;2-7)
- [44] Bessembinder, H. (1992) Systematic Risk, Hedging Pressure, and Risk Premiums in Futures Markets. *The Review of Financial Studies*, **5**, 637-667. <https://doi.org/10.1093/rfs/5.4.637>
- [45] Liu, Y.-F. and Song, F.-T. (2006) An Empirical Analysis on the Basis of VaR Method for the Risk of the Opened Fund. *Journal of East China University of Science Technology*, **2**, 34-39.
- [46] Jorion, P. (2000) Value at Risk.
- [47] Tang, T.-L. and Shieh, S.-J. (2006) Long Memory in Stock Index Futures Markets: A Value-at-Risk Approach. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, **366**, 437-448. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2005.10.017>
- [48] Engle, R.F. (1982) Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*, **50**, 987-1007. <https://doi.org/10.2307/1912773>
- [49] Bollerslev, T. (1986) Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, **31**, 307-327. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(86\)90063-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(86)90063-1)
- [50] Hwang, S. and Satchell, S.E. (2005) GARCH Model with Cross-Sectional Volatility: GARCHX Models. *Applied Financial Economics*, **15**, 203-216. <https://doi.org/10.1080/0960310042000314214>
- [51] Zakoian, J.-M. (1994) Threshold Heteroskedastic Models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, **18**, 931-955.
- [52] Nelson, D.B. (1991) Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach. *Econometrica*, **59**, 347-370. <https://doi.org/10.2307/2938260>
- [53] Antoniou, A. and Holmes, P. (1995) Futures Trading, Information and Spot Price Volatility: Evidence for the FTSE-100 Stock Index Futures Contract Using GARCH. *Journal of Banking and Finance*, **19**, 117-129. [https://doi.org/10.1016/0378-4266\(94\)00059-C](https://doi.org/10.1016/0378-4266(94)00059-C)
- [54] Li, S. (2015) Volatility Spillovers in the CSI300 Futures and Spot Markets in China: Empirical Study Based on Discrete Wavelet Transform and VAR-BEKK-Bivariate GARCH Model. *Procedia Computer Science*, **55**, 380-387. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.085>
- [55] Zhang, X. (2019) Research on CSI 300 Index Volatility Based on GARCH Model. 2019 12th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), Xiangtan, 26-27 October 2019, 77-80. <https://doi.org/10.1109/ICICTA49267.2019.00023>
- [56] Manqiu, S. and Shancun, L. (2018) Study on the Volatility Stylize of Shanghai and Shenzhen 300 Index Using GARCH. 2018 Chinese Control and Decision Conference (CCDC), Shenyang, 9-11 June 2018, 3191-3195. <https://doi.org/10.1109/CCDC.2018.8407673>
- [57] Chen, Q. and Gong, Y. (2019) The Economic Sources of China's CSI 300 Spot and Futures Volatilities before and af-

- ter the 2015 Stock Market Crisis. *International Review of Economics and Finance*, **64**, 102-121. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2019.05.017>
- [58] Ali, F. and Parisa, M. (2011) Examination of Crude Oil Prices Relationship in Spot and Futures Markets Based on the Basis Risk and Crude Oil Inventory: Using GARCH Model. *Journal of Economic Modeling Research*, **10**, 75-102.
- [59] Moschini, G. and Myers, R.J. (2002) Testing for Constant Hedge Ratios in Commodity Markets: A Multivariate GARCH Approach. *Journal of Empirical Finance*, **9**, 589-603. [https://doi.org/10.1016/S0927-5398\(02\)00012-9](https://doi.org/10.1016/S0927-5398(02)00012-9)
- [60] Jarque, C.M. and Bera, A.K. (1987) A Test for Normality of Observations and Regression Residuals. *International Statistical Review*, **55**, 163-172. <https://doi.org/10.2307/1403192>
- [61] Cheung, Y.-W. and Lai, K.S. (1995) Lag Order and Critical Values of the Augmented Dickey—Fuller Test. *Journal of Business and Economic Statistics*, **13**, 277-280. <https://doi.org/10.1080/07350015.1995.10524601>
- [62] Harris, R.I.D. (1992) Testing for Unit Roots Using the Augmented Dickey-Fuller Test: Some Issues Relating to the Size, Power and the Lag Structure of the Test. *Economics Letters*, **38**, 381-386. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(92\)90022-Q](https://doi.org/10.1016/0165-1765(92)90022-Q)
- [63] Harvey, A., Ruiz, E. and Sentana, E. (1992) Unobserved Component Time Series Models with Arch Disturbances. *Journal of Econometrics*, **52**, 129-157. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(92\)90068-3](https://doi.org/10.1016/0304-4076(92)90068-3)
- [64] Duchesne, P. and Lalancette, S. (2003) on Testing for Multivariate ARCH Effects in Vector Time Series Models. *Canadian Journal of Statistics*, **31**, 275-292. <https://doi.org/10.2307/3316087>
- [65] Orcutt, G.H. and James, S.F. (1948) Testing the Significance of Correlation between Time Series. *Biometrika*, **35**, 397-413. <https://doi.org/10.1093/biomet/35.3-4.397>
- [66] Zhou, W., Pan, J. and Wu, X. (2019) Forecasting the Realized Volatility of CSI 300. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, **531**, Article ID: 121799. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.121799>
- [67] Li, Y. and Xiang, Y. (2017) The Accumulation of Index Futures Basis Risk and Its Information Transmission Effect. 2017 *International Conference on Humanities Science, Management and Education Technology (HSMET 2017)*, Taiyuan, 25-26 February 2017, 1115-1120. <https://doi.org/10.2991/hsmet-17.2017.206>
- [68] Wang, P. and Wang, P. (2001) Equilibrium Adjustment, Basis Risk and Risk Transmission in Spot and Forward Foreign Exchange Markets. *Applied Financial Economics*, **11**, 127-136. <https://doi.org/10.1080/096031001750071514>
- [69] Wei, Y., Wang, Y. and Huang, D. (2011) A Copula-Multifractal Volatility Hedging Model for CSI 300 Index Futures. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, **390**, 4260-4272. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2011.06.042>
- [70] Lehar, A., Scheicher, M. and Schittenkopf, C. (2002) GARCH vs. Stochastic Volatility: Option Pricing and Risk Management. *Journal of Banking and Finance*, **26**, 323-345. [https://doi.org/10.1016/S0378-4266\(01\)00225-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4266(01)00225-4)
- [71] Liu, X.X., He, J.M. and Liu, Q.F. (2005) Volatility Analysis of Shenzheng Stock Market Based on VaR-EGARCH (1,1)-GED Model. *Nankai Business Review*, **8**, 9-13.
- [72] Huang, W., Luo, J., Qian, Y. and Zheng, Y. (2021) The Impact of Decreased Margin Requirements on Futures Markets: Evidence from CSI 300 Index Futures. *Emerging Markets Finance and Trade*, **57**, 2052-2064. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2020.1852925>
- [73] Li, Y. and Liu, C. (2021) Empirical Analysis about CSI 300 Stock Index Futures Based on GARCH-VaR Model. *Proceedings of the 2012 3rd International Conference on E-Business and E-Government*, Vol. 4, 421-425.
- [74] Yao, J., Li, Z.-F. and Ng, K.W. (2006) Model Risk in VaR Estimation: An Empirical Study. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, **5**, 503-512. <https://doi.org/10.1142/S021962200600209X>
- [75] Lv, X., Dong, W. and Fang, F. (2015) The Asymmetric Effects of Official Interest Rate Changes on China's Stock Market during Different Market Regimes. *Emerging Markets Finance and Trade*, **51**, 826-841. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2015.1047305>