

高频交易对金融市场的影响分析

骆甜甜, 刘成志*

湖南人文科技学院, 数学与金融学院, 湖南 娄底

收稿日期: 2024年6月1日; 录用日期: 2024年6月21日; 发布日期: 2024年6月30日

摘要

高频交易以其快速和大量交易的特点在海外金融市场日益普及, 为技术投资者带来便利, 但滥用行为也对市场造成巨大冲击。2023年9月5日, 证监会加强对高频交易的监管, 以遏制过度投机。基于沪深300指数2014~2024年的交易数据, 本文利用GARCH模型分析监管后金融市场相关指标的变化, 分析了高频交易对金融市场的影响。结果显示, 高频交易虽然能促进市场流动性, 但也会对市场稳定性产生消极影响, 过度交易增加市场波动率和不确定性。

关键词

高频交易, 金融市场, GARCH模型, 市场监管

Analysis of the Impact of High-Frequency Trading on Financial Markets

Tiantian Luo, Chengzhi Liu*

School of Mathematics and Finance, Hunan University of Humanities, Science and Technology, Loudi Hunan

Received: Jun. 1st, 2024; accepted: Jun. 21st, 2024; published: Jun. 30th, 2024

Abstract

High-frequency trading, characterized by its speed and large volume of transactions, has become increasingly popular in overseas financial markets, providing convenience for technical investors. However, abusive practices have also caused significant impacts on the market. On September 5, 2023, the China Securities Regulatory Commission strengthened its supervision of high-frequency trading to curb excessive speculation. Based on the trading data of the China Securities Index 300 from 2014 to 2024, this paper utilizes the GARCH model to analyze the changes in relevant finan-

*通讯作者。

cial market indicators after the regulation. It examines the impact of high-frequency trading on the financial market. The results show that while high-frequency trading can promote market liquidity, it harms market stability, and excessive trading increases market volatility and uncertainty.

Keywords

High-Frequency Trading, Financial Market, GARCH Model, Market Regulation

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

近年来, 金融市场的蓬勃发展和科技的飞速进步共同推动了金融市场交易模式的革新。在这一浪潮中, 日内交易和程序化交易因其高效性和便捷性而逐渐占据主流地位。其中, 高频交易作为量化投资交易策略的重要分支, 在金融市场中扮演着日益关键的角色。高频交易, 其核心特征在于通过极短时间内的 高频买卖来捕捉市场中的微小价差, 从而实现盈利。这种交易方式不仅速度极快, 而且交易量巨大, 对金融市场的影响力不容小觑。早在 17 世纪的罗斯柴尔德家族, 他们通过飞鸽传递市场信息, 利用信息优势在不同国家的市场上进行套利交易, 这一早期形式为现代高频交易的发展奠定了基础[1]。

高频交易投资者是市场形成和交易达成的基石, 更是市场流动性的主要提供者。截止 2021 年末, 北美仍然是高频交易量最大的市场。在美国, 投资者运用高频交易能很方便的以理想的价格进行买卖, 交易非常简单迅速。所以绝大多数人更加倾向于在金融市场中做高频交易者, 其高频交易量大约可以达到一天总交易量的 70% [2]。深入研究高频交易对金融市场流动性的影响, 对于投资者而言, 具有深远的战略意义。这样的研究能够帮助投资者更精确地把握市场动态, 从而优化投资策略, 提高投资回报。

然而, 值得注意的是, 过度的高频交易可能给金融市场带来潜在的负面影响。2024 年 2 月 19 日, 我国百亿元量化私募宁波灵均投资名下多个证券账户在开盘期间大量卖出沪深股票, 过度的高频交易给市场带来了严重的冲击, 受到了沪深交易所的严重谴责。第二天 2 月 20 日, 沪深交易所发布了《量化交易报告制度平稳落地》公告, 建立健全高频交易的监管制度, 在将来持续加强对高频交易的监督管理。为了维护金融市场的健康、稳定和持续发展, 监管部门需要密切关注这一领域, 并采取必要的监管措施。因此, 对高频交易及其影响的研究, 不仅为投资者提供了重要的决策参考, 也为监管部门加强相关监管、提升金融市场质量、稳定金融体系、防控金融风险提供了宝贵的依据。这样的研究对于促进金融市场的健康发展, 具有不可或缺的价值。

高频交易对金融市场的影响是一个多维度、复杂的议题, 吸引了众多研究者的深入探讨。过往研究揭示了高频交易在不同市场环境和条件下对金融市场产生的不同影响。部分学者专注于高频交易在极端市场条件下的行为。如: 李路等人发现, 在真正缺乏流动性的市场中, 高频交易往往不能为市场提供流动性, 并可能在极端情况下降低市场流动性[3]。朱峰研究了金融高频交易数据的波动率预测, 提出了基于强化学习的蜂群优化特征选择方法和基于降噪自动编码器及不稳定注意力机制的预测模型, 并开发了基于 Django 的预测系统, 旨在帮助投资者更准确地把握市场风险和机会[4]。张野结合 A 股上市股票研究, 发现高频交易在股票“闪崩”后能为市场提供流动性[5]。王黎明通过仿真模拟方法发现, 高频交易

者对市场稳定性有消极影响[6]。也有研究者们还从监管的角度分析了高频交易的影响。如：汪婧通过案例分析，探讨了高频交易对我国股指期货市场的影响，并对市场监管提出了建议[7]。巴曙松和王一出对高频交易进行了系统梳理，指出其一般情况下可以提升市场稳定性并提供流动性，但在极端情况下则可能降低流动性并损害市场质量[8]。在方法上，研究者们采用了多种分析工具和模型来探究高频交易的影响。如，朱话笙和周志中利用引入虚拟变量的 EGARCH 模型研究了调整股指期货交易规则后波动率的变化[9]。史光伟通过共聚类的无监督机器学习算法对投资者进行行为分析[10]。Liang 等人针对高频数据中的复杂周期性和非线性问题，提出了 DB-BLSTM 模型，并发现该模型在预测中国股指期货日内趋势和制定交易策略方面表现优异[11]。

综上所述，高频交易对金融市场的影响是多方面且复杂的，需要系统、全面的分析。本文在前人研究的基础上，利用 Eviews 软件和 GARCH 模型对相关数据进行分析，深入探讨高频交易对金融市场的影响。GARCH 模型的选择和应用符合金融时间序列数据的特点，能够捕捉高频交易对市场波动的细微影响。本文通过选择独特的数据时间段、运用适当的模型以及提供具体的政策建议，展示了多方面的创新点。这些创新点不仅增强了理论分析的新意，还在实际应用中提供了有价值的参考。这一研究不仅旨在为投资者提供有效的投资建议，还希望为监管部门提供科学的监管依据，从而促进金融市场的健康稳定发展。

2. 预备知识

本文的研究主要聚焦于高频交易限制措施对金融市场质量的影响，特别是通过考察限制前后市场流动性和波动性的变化情况进行分析。首先，我们设定了研究假设，即高频交易对金融市场质量具有显著影响。接着，我们收集并分析了高频交易限制实施前后的相关市场数据，特别关注于市场流动性和波动性的指标变化。

2.1. ARCH 模型

ARCH 模型是为时间序列的波动率构建模型，通过引入一个动态方程来捕捉资产收益率的条件异方差随时间变化的规律，从而揭示波动性的演变特性

$$\sigma_t^2 = E(u_t^2) = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \alpha_2 u_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q u_{t-q}^2, \quad (1)$$

其中， σ_t^2 代表了时刻 t 的随机扰动项的方差。方差 σ_t^2 并不是固定的，而是会随着时间 t 的变化而变化。具体来说， σ_t^2 的值依赖于之前 q 个时期的扰动项信息，这就构成了 ARCH (q) 模型，即式(1)。考虑到均值方程的平稳性，需要满足以下三个条件：第一，模型的特征根必须位于单位圆之外；第二，均值方程应保持其原有的经济意义而不受特征根的影响；第三，在进行计算之前，需要确保所使用的数据具有高度的相关性，并且可能需要通过适当的转换方法(如差分、对数变换等)将非平稳的均值方程转换为平稳形式。进行计算时确保数据具有高度相关性，并将其转换成平稳的均值方程。

2.2. GARCH 模型

GARCH (p, q) 模型是探究时间序列波动性的有效模型，它能够捕捉到金融时间序列中的波动集群现象，广泛应用于金融市场中的风险管理、期权定价和投资组合管理等领域。本文将对交易日的数据构建 GARCH (p, q) 模型，具体表达式为：

(1) 均值方程：

$$r_t = u_t + \varepsilon_t,$$

其中， u_t 是常数或关于时间的函数， ε_t 是零均值的误差项。

(2) 方差方程:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

其中, α_0 是常数, 代表收益率的均值水平, $\alpha_i (i=1, 2, \dots, p)$ 是过去误差项平方的系数, $\beta_j (j=1, 2, \dots, q)$ 是过去条件方差的系数。

3. 实证分析

3.1. 数据处理和描述性统计

3.1.1. 数据收集与预处理

本文选取 2014 年 4 月 8 日至 2024 年 4 月 3 日沪深 300 指数的开盘价、收盘价、交易量等参数, 数据来源于英为财经网。相对于价格序列而言, 资产收益率序列更易处理, 并且更具有研究意义, 所以对收盘价作对数收益率处理, 公式如下:

$$R_t = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} \quad (4)$$

其中 P_t 指每个指数在 t 交易日的收盘价, P_{t-1} 指每个指数在上一个交易日的收盘价, R_t 是指每个指数的日收益率。

3.1.2. 数据收集与预处理

为了研究沪深 300 指数的收益率波动特性, 我们选取了特定交易日的数据, 利用 Eviews 软件对数据进行对数化处理, 目的是通过自然对数转换使得收益率数据更加平稳, 并消除潜在的异方差性。经过对数化处理后, 可得到沪深 300 指数的自然对数收益率时序图(如图 1 所示)。该时序图直观地展示了沪深 300 指数收益率的波动过程。由图 1, 可以观察到沪深 300 指数收益率的波动过程呈现出随机性。具体来说, 收益率围绕 0 这一中心值上下波动, 且波动范围相对稳定, 大部分数据点落在 $[-0.4, 0.4]$ 的区间内。这一观察结果初步表明, 沪深 300 指数的收益率波动具有一定的稳定性和可预测性, 尽管其整体表现为随机过程。

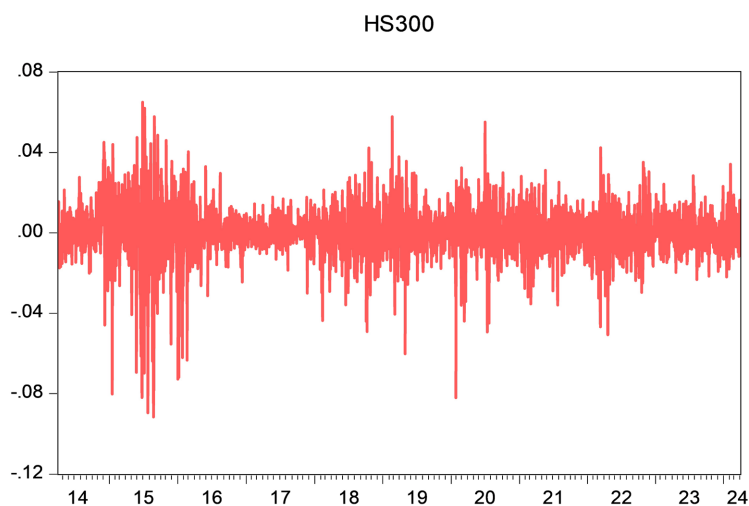


Figure 1. Time series chart of logarithmic returns of the Shanghai and Shenzhen 300 index.

图 1. 沪深 300 指数对数收益率时间序列图

接下来,对时间序列描述性统计及分布特性分析。利用 Eviews 软件对时间序列数据进行描述性统计分析,得到的结果如图 2 所示。根据图 2,可得到如下结论:

(1) 收益率序列的均值为 0.000192,是一个接近于零的正值。这一结果表明,在考察的这段时间内,尽管收益率序列略有上升,但整体波动仍然保持在一个相对平稳的水平,这可能暗示市场可能处于一个平稳或微升的态势。从图 2 的柱状图中可以观察到,大部分数据聚集在正负 0.02 之间的范围内,这一直观的表现与标准差的数值相吻合,再次验证了数据的聚集性。

(2) 再来探究数据的分布特性。Skewness (偏度)为-0.818317,为负值,说明数据呈现左偏态,即数据的分布向左拖尾。Kurtosis (峰度)为 9.195540,远大于 3 (正态分布的峰度),表明数据的分布比正态分布更加陡峭,呈现尖峰特征。

(3) 为了验证收益率序列是否服从正态分布,进一步计算了 JB 统计量,并得到了伴随概率 p 值。由于 p 值小于 0.05,拒绝原假设,即该对数收益率序列不服从正态分布。

综上所述,通过描述性统计量、柱状图以及正态性检验的分析,可以得出以下结论:该收益率序列在考察期间整体波动平稳,数据呈现聚集趋势;同时,其分布具有左拖尾、尖峰的特征,并且不服从正态分布。这些特性为我们后续的市场分析和预测提供了重要的参考信息。

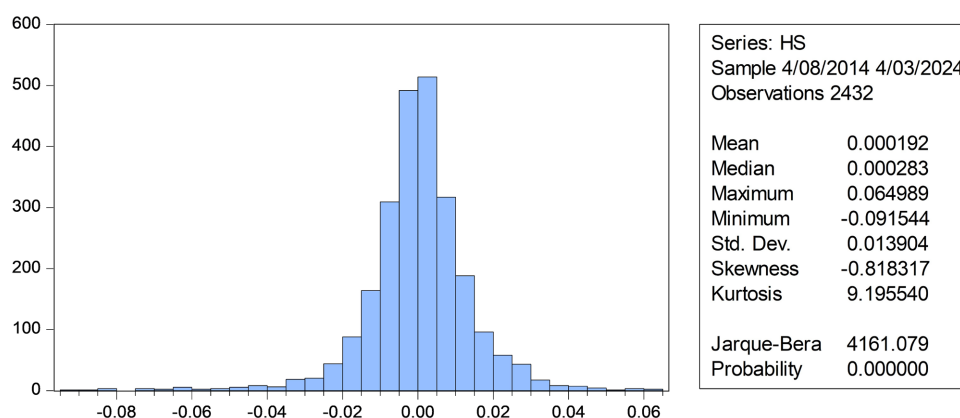


Figure 2. Descriptive statistics and histograms of time series.

图 2. 时间序列描述性统计量及柱状图

3.2. 平稳性检验和 ARCH 效应检验

沪深 300 指数的收益率序列由多个参数构成,主要包括开盘价、收盘价和交易量等。这些参数直接反映了市场的供求关系和投资者的交易行为。然而,除了内部参数的影响外,收益率序列还受到一系列外部因素的影响,如经济形势、政策变化等。这些外部因素的不确定性可能导致收益率序列在短期内出现波动。

3.2.1. 平稳性检验

在评估金融时间序列数据时,平稳性是一个重要的统计特性,因为它影响着模型的有效性和预测的准确性。接下来对收益率进行 ADF 检验,以评估其平稳性。一般来说,只要存在一种检验形式下的 ADF 统计量小于其临界值,就可以认为该收益率序列是平稳的。这是因为 ADF 检验的原假设是序列存在单位根(即非平稳),如果拒绝原假设,则表明序列是平稳的。为了使结果更加直观和易于理解,通常选择 ADF 值最小或 p 值为 0 的检验结果作为主要的展示结果。因为较小的 ADF 值意味着更强的拒绝原假设的证据,而 p 值为 0 则直接表明在设定的显著性水平下,拒绝原假设,即序列是平稳的。

Table 1. Stability test table for the Shanghai and Shenzhen 300 index
表 1. 沪深 300 指数的平稳性检验表

Null Hypothesis: HS has a unit root				
ADF test statistic			t-Statistic	Prob.*
			-47.78214	0.0001
Teat critical values	1% level		-3.432846	
	5% level		-2.862528	
	10% level		-2.567341	
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
HS (-1)	-0.969058	0.020281	-47.78214	0.0000
C	0.000186	0.000282	0.658678	0.5102
F-statistic	2283.133	Durbin-Watson stat		1.997491
Prob (F-statistic)	0.000000			

基于 ADF 检验法, 对沪深 300 指数的收益率序列进行了检验, 结果如表 1 所示。从表 1 的平稳性检验表中可以看到, 原序列的 ADF 统计量为-47.78214, 伴随概率 P 值为 0.0001。由于 P 值远小于常用的显著性水平 0.05, 我们不能拒绝原假设, 即该收益率序列是平稳的。这意味着该收益率序列从统计意义上来说具有平稳性特征。尽管沪深 300 指数的收益率序列在短期内可能受到外部因素的影响而表现出一定的波动性, 但从长期和整体的角度来看, 该序列仍然呈现出平稳性特征。这是因为 ADF 检验的结果已经证明了该序列在统计上是平稳的, 并且这种平稳性特征在市场长期运行中得到了体现。

3.2.2. ARCH 效应检验

为了分析收益率的波动特征, 首先建立滞后 6 期的模型, 并基于模型的残差进行了 ARCH 效应的检验。在选定的窗口中, 应用了异方差检验中的 ARCH 检验, 并得到了表 2 的结果。观察表 2 中的数据, 可以发现观测值 R2 对应的伴随概率 P 值为 0, 这显著地小于 5% 的显著性水平。因此, 在 5% 的显著性水平下, 收益率序列存在 ARCH 效应。

进一步地, 利用残差项对滞后 6 期的均值方程回归系数进行了检验。检验结果显示, 在 5% 的显著性水平下, 该回归系数通过了统计检验。这一结果为我们后续选择 GARCH 模型中的自变量提供了依据, 即在该 GARCH 模型中, 自变量应选择滞后 6 期的收益率。

建立滞后 6 期模型利用残差判断 ARCH 效应, 在窗口中选择异方差检验中的 ARCH 检验得到表 2 如下, 观测值 R2 对应的伴随概率 P 值为 0, 说明在 5% 显著水平下存在 ARCH 效应, 可以建立 GARCH 模型。利用残差项判断滞后 6 期均值方程的回归系数在 5% 显著水平下通过了统计检验, 故该 GARCH 模型中自变量应选择滞后 6 期收益率。建立 GARCH (1, 1) 模型, 且该模型系数均在 5% 显著水平下显著, 选择 GARCH (1, 1) 模型分析收益率波动特征。

基于上述的 ARCH 效应检验和均值方程回归系数的检验结果, 选择 GARCH (1, 1) 模型来分析收益率的波动特征。在建立 GARCH (1, 1) 模型后, 进一步检验了该模型的系数。结果显示, 所有系数在 5% 的显著性水平下均显著, 这验证了 GARCH (1, 1) 模型的有效性。因此, 我们可以利用该模型对收益率的波动进行准确的分析和预测。

Table 2. ARCH test results
表 2. ARCH 检验结果表

Heteroskedasticity Test ARCH			
F-statistic	127.4914	Prob. F (1,2423)	0.0000
Obs*R-squared	121.2185	Prob. Chi-Square (1)	0.0000

续表

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000149	1.15E-05	13.02508	0.0000
RESID ² (-1)	0.223578	0.019801	11.29121	0.0000
F-statistic	127.4914	Durbin-Watson stat		2.086411
Prob(F-statistic)	0.000000			

3.3. 实证结果分析

在表 3 中, 展示了 GARCH(1,1)模型的结果。该模型分为两个部分: 上半部分为均值方程, 用于描述收益率的平均行为; 下半部分为方差方程, 专门用于分析收益率的波动性。

在方差方程中, 有两个关键系数: RESID(-1)²的系数表示 ARCH 项系数, 反映了收益率当前波动对过去冲击的敏感程度; GARCH(-1)的系数表示 GARCH 项系数, 则体现了过去波动对当前波动的影响。这两个系数的和接近 1, 表明收益率的冲击具有持续效果, 即条件方差所受的冲击是持久的。GARCH 项系数为 0.914564, 占据了较大的权重, 显示出过去波动对当前波动具有显著影响。同时, ARCH 项和 GARCH 项的显著性水平均极高, 证明了该模型能够准确地捕捉金融市场的波动性和变化趋势。

这些结果表明, 早期收益率波动对后期收益率波动的显著影响, 揭示了高频交易活动对金融市场的显著影响。高频交易者通过迅速捕捉市场波动并做出相应交易决策, 进一步加剧了市场的波动性。此外, 模型结果还显示了风险溢价现象的存在。这意味着在金融市场中, 波动越大, 风险越高, 但相应地, 投资者期望的收益率也越高。这种风险与收益的正向关系反映了市场参与者的理性预期。

表 4 和图 3 给出了交易额与波动率的相关性分析。通过图 3, 可以直观地看到交易额与波动率之间的负相关关系。这进一步证明了金融市场的复杂性, 即在高波动性时期, 投资者可能会选择减少交易以规避风险, 从而导致交易额下降。

Table 3. Results of Model GARCH (1,1)

表 3. GARCH (1,1)模型结果

Dependent Variable: Hs				
GARCH = C(3) + C(4) * RESID(-1) ² + C(5) * GARCH(-1)				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.000337	0.000204	1.646339	0.0997
HS(-6)	-0.035496	0.020834	-1.703761	0.0884
Variance Equation				
C	1.49E-06	3.24E-07	4.604444	0.0000
RESID(-1) ²	0.080906	0.004925	16.42743	0.0000
GARCH(-1)	0.914564	0.004607	198.5044	0.0000

Table 4. The correlation between trading volume and volatility

表 4. 交易额与波动率的相关性

Dependent Variable: GARCH				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000318	2.08E-06	152.5327	0.0000
HSF	-9.50E-11	1.26E-11	-7.563977	0.0000
F-statistic	57.21376	Durbin-Watson stat		0.003512
Prob(F-statistic)	0.000000			

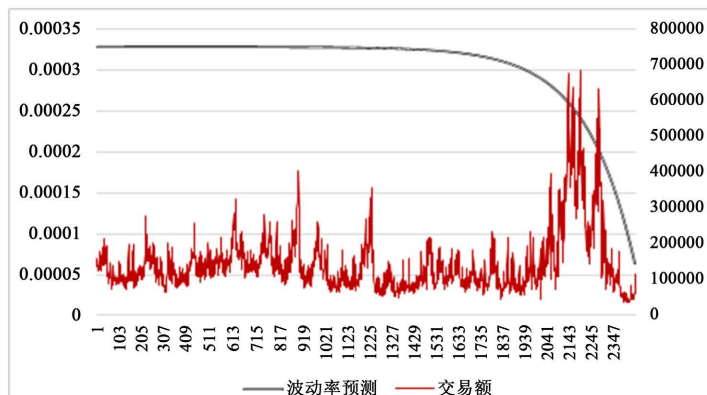


Figure 3. The correlation between trading volume and volatility
图 3. 交易额与波动率的相关性

4. 结论与建议

基于 2014~2024 年沪深 300 指数的交易数据, 本文全面地分析了高频交易对金融市场的影响。这种样本数据时间跨度长且包含了新的监管政策实施, 有助于捕捉长期趋势和结构变化和揭示更细微的市场行为和规律。

4.1. 实证结论

随着金融市场的不断发展和技术进步, 高频交易作为现代金融市场的重要组成部分, 其影响日益显著。基于前面的实证分析, 得出以下结论:

(1) 实证分析显示, 高频交易对金融市场的影响具有双重性。一方面, 高频交易通过极短的时间和极快的交易速度, 快速买卖, 有效提升了金融市场的活跃度, 促进了市场流动性, 并在一定程度上提高了市场效率。此外, 高频交易采用程序化交易方式, 使得投资者能够迅速执行交易, 以较小的成本获取较大利润, 减少了人力和时间成本, 增强了投资的稳健性和资金安全。

(2) 然而, 高频交易也存在显著的消极影响。《量化交易报告制度平稳落地》公告后, 监管中心加强了对量化交易特别是高频交易的监测分析, 显著限制了高频交易的活动。这一措施在一定程度上放大了沪深 300 指数自身的波动性, 对市场的稳定性和价格发现的及时性与准确性造成了影响。这表明, 虽然高频交易能带来市场活跃度和效率的提升, 但过度的交易活动也可能对金融市场造成冲击, 降低市场稳定性。

(3) 高频交易的特点在于其极快的交易速度和程序化交易方式, 这使得没有技术支持的传统投资者在竞争中处于劣势地位, 形成了不公平的竞争环境。此外, 高频交易的计算机系统一旦出现故障, 将可能导致巨大的损失, 加剧金融市场的波动, 降低市场稳定性。当金融市场处于不稳定状态时, 所有市场主体都会受到严重的负面影响。

因此, 在充分利用高频交易提升金融市场流动性和效率的同时, 也需要对其潜在的不公平性和风险性进行警惕。监管部门应当制定合理的政策框架和监管措施, 既要鼓励高频交易在促进市场健康发展中的积极作用, 也要防范其可能带来的市场波动和风险。同时, 投资者也应充分了解高频交易的特点和风险, 做出理性的投资决策。

4.2. 政策建议

居民储蓄既是经济增长的稳定投资来源, 也是经济发展的强大动能, 探究居民储蓄的影响因素有助

于提升一个国家或地区的经济稳定性、可持续发展性, 基于前面的分析结论, 提出相应的建议:

4.2.1. 对监管部门的建议

(1) 平衡高频交易的利与弊。认可高频交易作为金融市场流动性提供者的角色, 强调其合理存在的必要性。同时也指出过度高频交易可能带来的非真实流动性问题, 建议加强监管以防范潜在风险。

(2) 完善监管机制。呼吁制定相关法律法规, 明确高频交易的监管范围和力度。强调对跨市场联动风险的重视, 建议构建完善的风险防线, 规避和消除高频交易所产生的风险。

(3) 实施备案与风险管理。建议对采用高频交易的企业或个人实行备案制度, 建立高频交易的风险管理机制。控制交易规模和频次, 及时监测异常交易行为, 确保高频交易的公平性。

(4) 提供公平公正的托管服务, 构建公平的信息披露体系, 维护金融市场的健康运行。

4.2.2. 对高频交易者的建议

(1) 强调避免过度交易的重要性, 特别是在市场波动大时, 应防止保证金不足。

(2) 在高频交易中保持冷静、客观的情绪, 防止情绪失控对交易决策的影响。

(3) 在进行高频交易前, 充分了解相关理论知识, 制定详细的交易计划和策略。

(4) 制定科学的风险管理策略, 严格控制风险, 以防止因忽视风险或控制不当而导致的损失。

总之, 高频交易在金融市场具有双重性, 监管部门和交易者都需要把握分寸和尺度, 以有序发展国内金融市场中的高频交易。我国在发展高频交易时, 应借鉴国外经验, 取其精华, 去其糟粕, 确保金融市场的稳定与安全。

致 谢

本文由湖南人文科技学院科学计算与数据分析创新创业中心资助。

参考文献

- [1] 王希多. 高频交易对我国股指期货市场的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 中共黑龙江省委党校, 2023. <https://doi.org/10.27473/d.cnki.gzhld.2023.000033>
- [2] 亚太新兴市场对高频交易的监管现状[J/OL]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/608402584>, 2024-5-18.
- [3] 李路, 周佩瑶, 李洋. 极端市场下高频交易对流动性和稳定性的影响[J]. 保险理论与实践, 2024(1): 72-83.
- [4] 朱峰. 基于深度学习的金融市场高频交易数据波动率预测的研究与应用[D]: [硕士学位论文]. 上海: 东华大学, 2023.
- [5] 张野. 高频交易对股票“闪崩”的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海财经大学, 2020.
- [6] 王黎明. 高频交易对股票市场稳定性影响的系统仿真研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京大学, 2020.
- [7] 汪婧. 从伊世顿案分析高频交易对我国股指期货市场的影响[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2019.
- [8] 巴曙松, 王一出. 高频交易对证券市场的影响: 一个综述[J]. 证券市场导报, 2019(7): 42-51.
- [9] 朱话笙, 周志中. 高频类交易对股指期货市场的影响及探讨——基于近年股指期货市场规则调整的实证分析[J]. 上海管理科学, 2018, 40(4): 37-41.
- [10] 史光伟. 我国股指期货市场高频交易对市场风险的影响及风险预警研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 上海财经大学, 2021.
- [11] Liang, D., Xu, Y., et al. (2023) Intraday Return Forecasts and High-Frequency Trading of Stock Index Futures: A Hybrid Wavelet-Deep Learning Approach. *Emerging Markets Finance and Trade*, **59**, 2118-2128. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2023.2177507>