



华泰期货

HUATAI FUTURES

研究院 量化组

研究员

高天越

☎ 0755-23887993

✉ gaotianyue@htfc.com

从业资格号: F3055799

投资咨询号: Z0016156

联系人

李光庭

☎ 0755-23887993

✉ liguangting@htfc.com

从业资格号: F03108562

李逸资

☎ 0755-23887993

✉ liyizi@htfc.com

从业资格号: F03105861

投资咨询业务资格:

证监许可【2011】1289号

Micro: 优秀的高频公允价指标

摘要

本报告聚焦于期货市场中高频公允价的确定机制，旨在探讨和评估传统公允价指标与新兴高频公允价指标 Micro 的性能表现。首先，我们概述了做市商在期货市场中的关键作用，强调了公允价对于做市商重要性。随后，我们分析了传统公允价指标 Mid 和 Vwap 在实际应用中的局限性。最后，我们引入了 Micro 这一高频公允价指标，并从公式推导、案例分析、国内实证及情景模拟等方面，展示了 Micro price 的原理及其相较于传统价格的优势。

核心观点

传统的公允价指标如 Mid 和 Vwap 存在一定缺陷，如 Mid 的自相关性和未考虑挂单量，Vwap 的高频噪音和反直觉。

Sasha Stoikov 用严谨的数学推导公式构造了 Micro，并证明了 Micro 是优于 Mid 和 Vwap 的价格指标。

国内实证结果表明，Micro 能够更好地反映当前盘口的量价信息，并在一定程度上预测未来盘口的变动。

在不同市场情景下，Micro 展现出了较强的抗打击性和对市场真实需求的敏感性。

目录

摘要.....	1
核心观点.....	1
前言.....	4
研究背景.....	4
研究目标.....	4
传统方法及缺陷.....	5
研究方法.....	7
文献介绍.....	7
Micro price 推导.....	8
文献案例分析.....	9
国内实证.....	11
数据选取.....	11
验证框架.....	11
实证结果.....	12
情景模拟.....	13
总结.....	15
参考文献.....	15

图表

图 1: LU2204 某一 TICK 盘口 单位: 手.....	5
图 2: LU2204 未来盘口变动 单位: 元/吨.....	5
图 3: MID 示例 单位: 元/吨.....	5
图 4: VWAP 示例 单位: 元/吨.....	6
图 5: 文献封面 单位: 无.....	8
图 6: BAC 以及 CVX 的 SPREAD 分布 单位: 无.....	9
图 7: MICRO PRICE 计算结果 单位: 无.....	9
图 8: BAC 各价格指标准确性对比 单位: 无.....	10
图 9: CVX 各价格指标准确性对比 单位: 无.....	10
图 10: 时间序列交叉验证 单位: 无.....	12
图 11: 全样本实证结果 单位: 无.....	12
图 12: 极度不平衡样本实证结果 单位: 无.....	12
图 13: 盘口前后变动 (情景一) 单位: 元.....	13
图 14: 三价格指标前后变动 (情景一) 单位: 元.....	13
图 15: 盘口前后变动 (情景二) 单位: 元.....	14
图 16: 三价格指标前后变动 (情景二) 单位: 元.....	14
图 17: 盘口前后变动 (情景三) 单位: 元.....	14
图 18: 三价格指标前后变动 (情景三) 单位: 元.....	14
表 1: VWAP 反直觉示例 单位: 无.....	7

前言

在当今日益复杂多变的金融市场中，做市商扮演着不可或缺的角色。他们通过提供双边报价，为市场参与者创造了交易的机会，从而保证了市场的流动性和交易效率。做市商的存在使得投资者能够在绝大部分时刻以相对合理的价格买入或卖出资产，有效缓解了市场的供需不平衡，为市场的稳定运行提供了坚实的支撑。

对于期货做市商而言，为**期货合约确定公允价**不仅是其日常业务的核心，更是其维护市场稳定、提供流动性并有效管理风险的关键。公允价，即市场普遍认可的、基于买卖双方力量及多种市场因素综合影响下的价格，是做市商进行报价的重要参考。在快速变化的高频市场环境中，做市商需要依据公允价来确定双边报价，以满足投资者的交易需求，并有效管理其持仓风险。因此，一个准确、及时的公允价对于做市商来说至关重要。

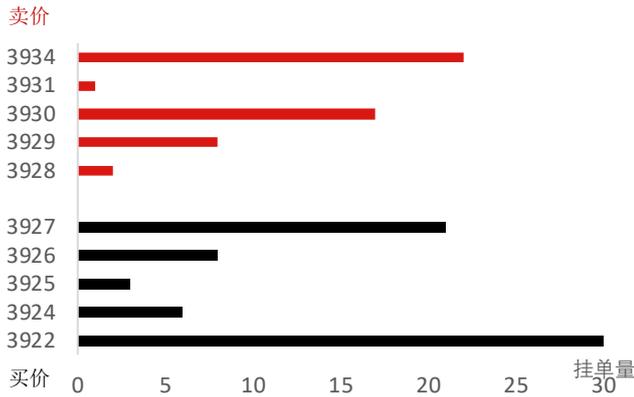
本报告旨在深入探讨期货公允价的计算方式，并分析其对做市业务的影响。我们将从传统方法、学术界最新文献、做市商困境等方面入手，结合实证研究，为期货市场的公允价确定提供理论支持和实践指导。我们相信，通过深入研究和分析，能够为做市商在期货市场中更好地发挥作用提供有价值的参考和借鉴。

研究背景

■ 研究目标

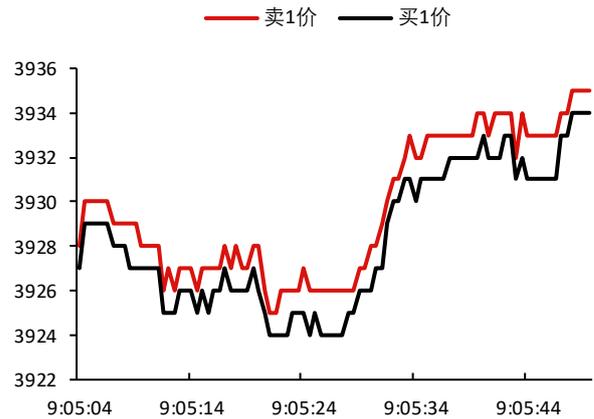
首先，让我们用一个具体的例子来说明本报告的研究目的。在期货市场中，限价订单簿数据是高频市场参与者交易时的主要参考依据。限价订单簿数据最主要的组成部分是**买卖双方价格及挂单量**，既买卖双方在各个价格档位上的订单价格和对应的挂单量，一般是买卖各 5 个档位。下图为低硫燃料油 LU2204 合约在某一天的真实盘口快照，反映了该合约在这个 tick 上的报价信息。可以发现，不管是从买 1 和卖 1 之间的相对挂单量上看，还是从全部买单和卖单的挂单量上看，市场上的买方力量是会强一些的，也就是说未来价格应该会有更大的概率抬升，那一个合理的公允价似乎应该定的高一点。从该合约之后的价格走势上看，买卖报价确实在下一个 tick 上涨了。

图 1: LU2204 某一 tick 盘口 | 单位: 手



数据来源: 天软 华泰期货研究院

图 2: LU2204 未来盘口变动 | 单位: 元/吨



数据来源: 天软 华泰期货研究院

当然, 这里展示的只是订单簿的一个盘口快照的挂单量价信息, 实际交易中我们还会有更多信息, 比如说历史上的盘口数据, 以及一些最新的成交数据等等。我们的目的是从这么多的信息中, 寻找一个合理的公允价, 既能反映出当前盘口的量价信息, 又能在一定程度上预测未来盘口的变动。

■ 传统方法及缺陷

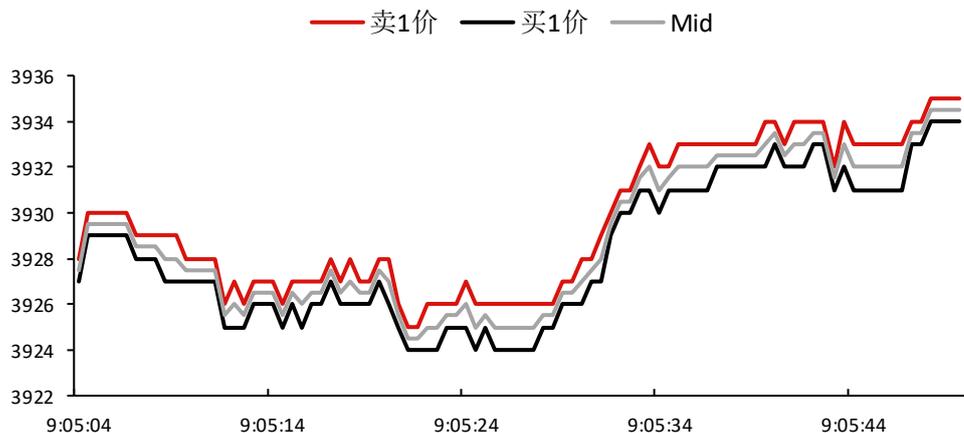
Mid

Mid (中间价) 是学术上及实务中常用于衡量公允价的方法之一。Mid 的计算公式为:

$$Mid = (Ask_1 + Bid_1) / 2$$

其中, Ask_1 是卖一价, Bid_1 是买一价。

图 3: Mid 示例 | 单位: 元/吨



数据来源: 天软 华泰期货研究院

尽管 Mid 是市场公认最公允的价格之一，但其本身存在一定的缺陷。第一，Mid 的变化具有高度的自相关性，这种效应被称为买卖反弹 (bid-ask bounce)。第二，相较于报价信息的更新而言，Mid 的变动相对更不频繁，使其变为相对更低频的信号。第三，它并没有使用挂单量的信息，但实证结果表明最优报价的相对挂单量对于未来价格变动而言是较显著的信号。这些缺陷被研究高频收益率与波动率的学者统称为微观噪音 (Microstructure Noise)。(详见 Hansen 和 Lunde (2006)¹, Ait-Sahalia 等人 (2011)²)

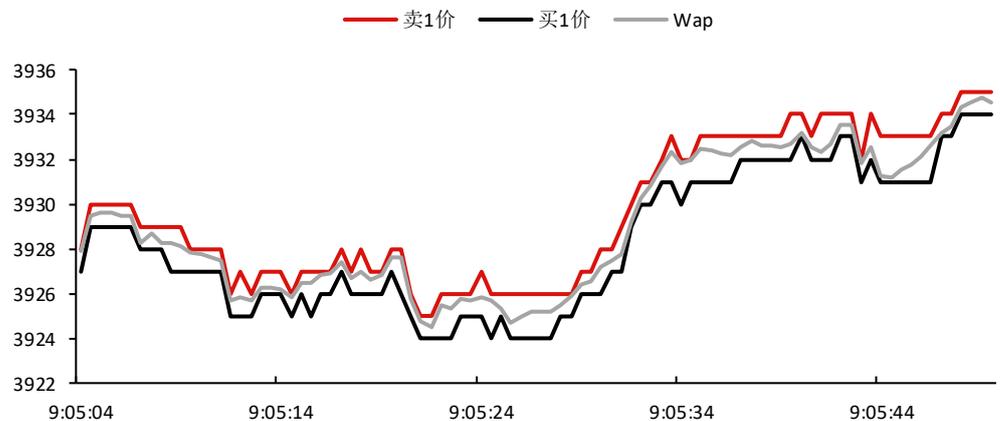
Vwap

为了弥补 Mid 没有考虑订单量的缺陷，Vwap (Volume weighted average price) 应运而生。Vwap 的计算公式为：

$$Vwap = (Ask_1 * Bid_volume_1 + Bid_1 * Ask_volume_1) / (Bid_volume_1 + Ask_volume_1)$$

其中， Ask_1 是卖一价， Ask_volume_1 是卖一价处的挂单量， Bid_1 是买一价， Bid_volume_1 是买一价处的挂单量。

图 4: Vwap 示例 | 单位：元/吨



数据来源：天软 华泰期货研究院

对于第一次接触该公式的读者来说，可能会疑惑为什么要对卖价用买单量加权，对买价用卖单量加权。这是因为，市场合理的价格应该更偏向于挂单量更少的那一侧。当买方订单量相对更少时，说明卖方力量相对更强，未来价格更有可能下跌，合理的价格也就应该更偏向于两者中较低的一价。

¹ Hansen, P.R. and Lunde, A., Realized variance and market microstructure noise. *J. Bus. Econ. Stat.*, 2006, **24**(2), 127–161.

² Ait-Sahalia, Y., Mykland, P.A. and Zhang, L., Ultra high frequency volatility estimation with dependent microstructure noise. *J. Econom.*, 2011, **160**(1), 160–175.

尽管 Vwap 在 Mid 的基础上考虑了挂单量的信息，但其本身仍然存在一定缺陷。第一，由于 Vwap 会在每次数据更新时都发生变动，因此对于高频波动率估计而言其存在更多的噪音。（见 Gatheral and Oomen (2010)³、Rosenbaum and Robert (2012)⁴。）第二，没有理论依据能说明 Vwap 是“公允价”，因为其本身并不符合鞅（martingale）的性质。第三、在实际应用中，Vwap 的计算结果可能会反直觉。以下表为例，盘口在变动前的 Vwap 是 100.0 元，在 1 笔 101 元的卖单加入后 Vwap 变为 100.5 元。然而，新卖单的加入使得市场卖方力量得到了加强，“公允价”应该会下跌，而 Vwap 计算出的结果与直觉相悖。

表 1：Vwap 反直觉示例 | 单位：元

盘口变动前			盘口变动后		
买	价格	卖	买	价格	卖
	103	100		102	50
	102	50		101	1
1	100		1	100	
100	99		100	99	

数据来源：华泰期货研究院

研究方法

■ 文献介绍

本文主要参考的文献是 Sasha Stoikov 于 2018 年发表的《The micro-price: a high-frequency estimator of future prices》⁵。在这篇文献中，作者通过严谨的数学推导公式构造了 Micro price，并用实证结果表明 Micro price 是优于 Mid 和 Vwap 的价格指标（作者在文献封面上强调了这一点）。

³ Gatheral, J. and Oomen, R.C.A., Zero-intelligence realized variance estimation. *Financ. Stoch.*, 2010, 14(2), 249–283.

⁴ Rosenbaum, M. and Robert, C.Y., On volatility and covariation estimation when microstructure noise and trading times are endogenous. *Math. Financ.*, 2012, 22, 133–164.

⁵ Sasha Stoikov. “The micro-price: a high-frequency estimator of future prices”. In: *Quantitative Finance* 18.12 (2018) pp. 1959–1966.

图 5:文献封面 | 单位: 无



© 2018 iStockphoto LP

The micro-price: a high-frequency estimator of future prices

SASHA STOIKOV *

Cornell Financial Engineering Manhattan, 2 W Loop Rd, New York, NY 10044, USA

(Received 26 November 2017; accepted 8 June 2018; published online 3 September 2018)

The micro-price estimated using high-frequency data is empirically a better predictor of short-term prices than the mid-price or the weighted mid-price

数据来源: 《The micro-price: a high-frequency estimator of future prices》 华泰期货研究院

另外, 该文献也具备较高的参考价值, 许多后续的研究都引用了该文献。(如 Hagströmer, Björn (2021)⁶, Velu, Raja (2020)⁷, Cohen, Samuel N.等人 (2020)⁸)

■ Micro price 推导

Micro price 的推导涉及到较多复杂的数学公式, 此处不作展开介绍, 如果有感兴趣的读者可以阅读原文献。简单来说, 作者将 Micro price 定义为在无穷远的未来时, Mid 的期望值。通过这样的方式能使其具备鞅 (Martingale) 的属性, 既未来期望值等于当前值。Micro price 的计算方式为:

⁶ Hagströmer, Björn. "Bias in the effective bid-ask spread." *Journal of Financial Economics* 142.1 (2021): 314-337.

⁷ Velu, Raja. *Algorithmic Trading and Quantitative Strategies*. CRC Press, 2020.

⁸ Cohen, Samuel N., Christoph Reisinger, and Sheng Wang. "Detecting and repairing arbitrage in traded option prices." *Applied Mathematical Finance* 27.5 (2020): 345-373.

$$p^{micro} = Mid + g(I, S)$$

其中， I 为订单不平衡程度（Order Imbalance）， S 为最优报价的价差。

■ 文献案例分析

文献作者选择股票 BAC 和 CVX 作为案例进行分析，两者之间的 spread（最优报价价差）存在较显著的差异，BAC 的 spread 大部分时间都是 1tick，而 CVX 的 spread 则更广泛；作者用这两个案例表明 micro price 的结果具备普适性。

图 6: BAC 以及 CVX 的 Spread 分布 | 单位：无

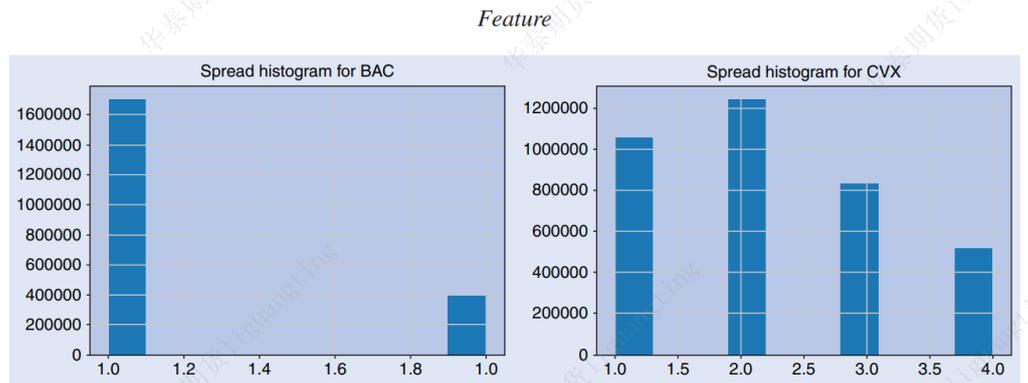


Figure 2. Spread histograms for BAC and CVX. BAC is a typical large tick stock and CVX is a typical small tick stock.

数据来源：《The micro-price: a high-frequency estimator of future prices》 华泰期货研究院

尽管没有提前约束，但最终获得的 Micro 是一个大概率介于 Mid 和 Vwap 中间的数；此外，当 Spread 增大时，micro 会更接近 mid（与 Vwap 相反），这一点很好的规避了极端盘口对价格造成的影响。

图 7: Micro price 计算结果 | 单位：无

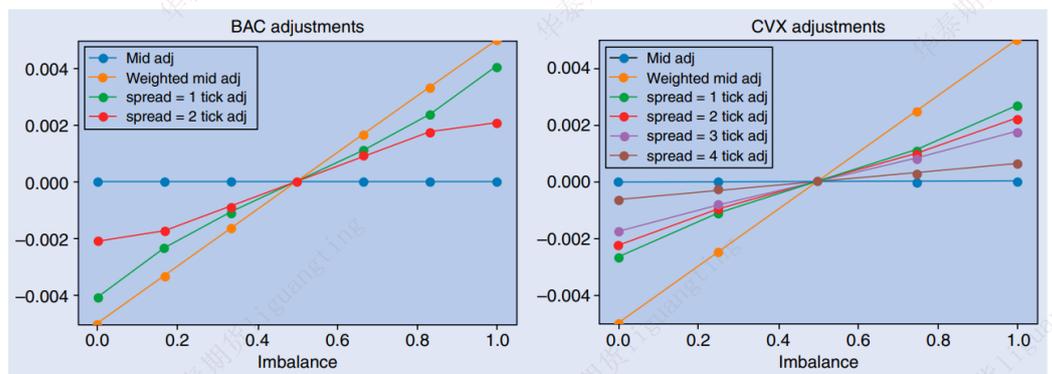


Figure 3. $G^* = p^{micro} - M$ for BAC and CVX.

数据来源：《The micro-price: a high-frequency estimator of future prices》 华泰期货研究院

最后，作者使用 Mid 价格未来 n 秒的平均变动（按不平衡程度分组）来衡量价格的公允性。从结果上看，Micro 的拟合准确性优于 Mid 以及 Vwap，且 Spread 越大，Micro 相比于 Vwap 会更准确。值得注意的是，BAC 以及 CVX 衡量所选用的是时间区间并不一样。作者解释，对于 BAC 这种相对最小变价单位而言股价偏低的股票（large tick stock）来说，价格变动所承受的微观噪音会更大，所以需要较大的时间区间才能规避掉这部分噪音，因此作者选择 60s 和 180s 来作为验证其有效性。而对于 CVX 这种股价偏高的股票来说，10s 已经足够规避掉大部分噪音；

图 8: BAC 各价格指标准确性对比 | 单位: 无

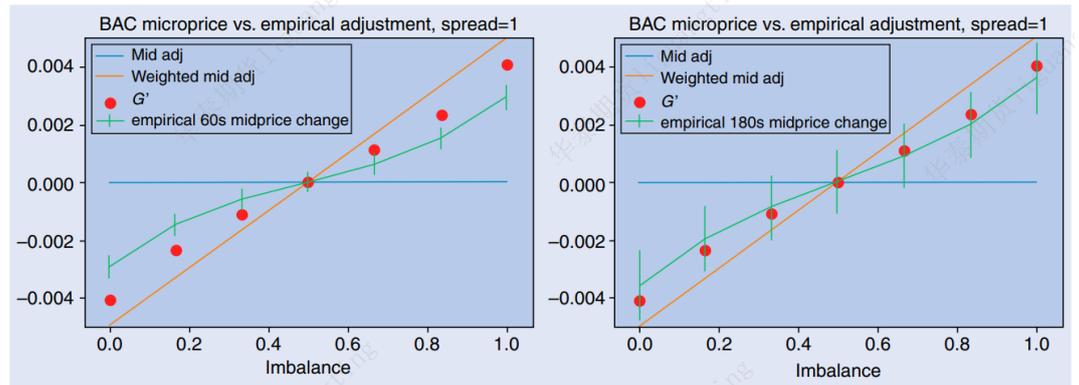


Figure 4. $G^* = P_t^{\text{micro}} - M_t$ vs. empirical price changes for BAC at 1 minute and 3 minute horizons.

数据来源: 《The micro-price: a high-frequency estimator of future prices》 华泰期货研究院

图 9: CVX 各价格指标准确性对比 | 单位: 无

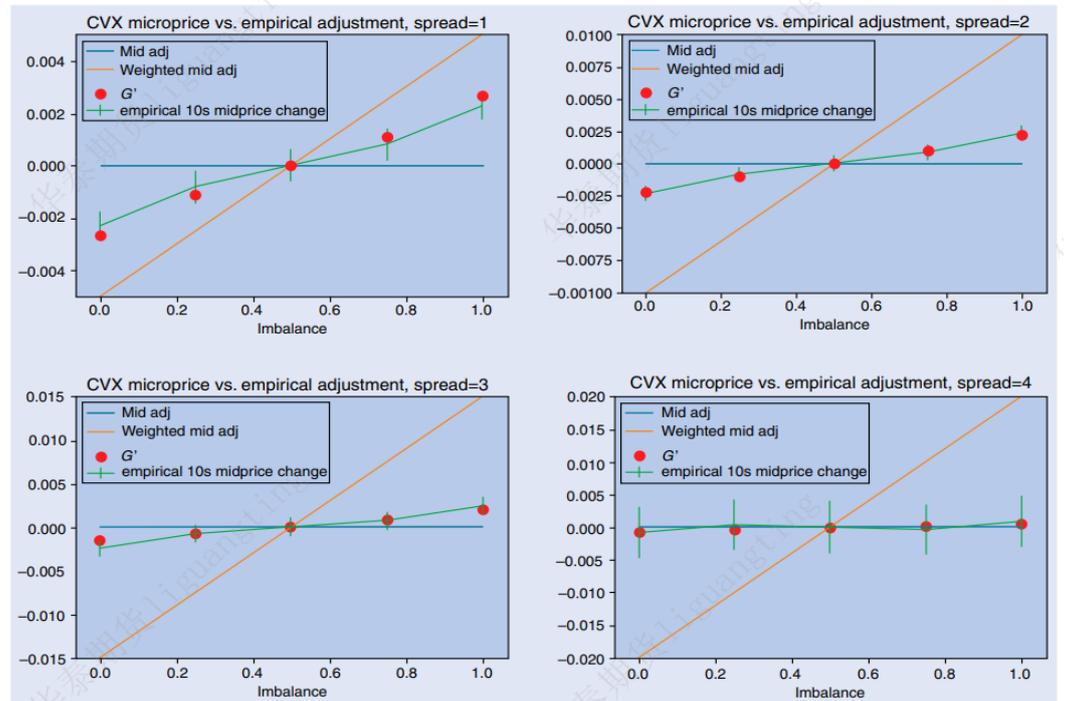


Figure 5. $G^* = P_t^{\text{micro}} - M_t$ vs. 10 second empirical price changes for CVX.

数据来源: 《The micro-price: a high-frequency estimator of future prices》 华泰期货研究院

国内实证

■ 数据选取

品种选取：低硫燃料油

合约选取：主力合约

时间范围：2023/01/04-2023/03/27

时间段选取：日盘（剔除开盘后、收盘前 5 分钟）

数据频率：tick

样本量：约 100 万

■ 验证框架

公允价构造

考虑验证 4 种公允价的准确性，分别是 Mid, Vwap, Micro 及 Micro_hl，其中 Micro_hl 为考虑了半衰期的 Micro，计算公式为：

$$Miro_hl_t = \frac{1}{2}Micro_t + \frac{1}{4}Micro_{t-1} + \frac{1}{8}Micro_{t-2} + \dots$$

检验指标

我们使用公允价与 n 个 tick 后 mid 之间的 RMSE（均方根误差）作为检验的指标，相较于文献原本的分组均值而言更加合理，定价偏高和偏低都会受到惩罚，不会被平均。

参数选择

n 的取值范围为 (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 50, 100, 200, 300)，同时考虑公允价的长期和短期准确性。

样本外验证

采用时间序列交叉验证，滚动 7 天计算 Micro 中的 G^* ，并求出这 7 天不平衡程度的分布，应用于第 8 天 micro price 计算。

图 10: 时间序列交叉验证 | 单位: 无



数据来源: 网络收集 华泰期货研究院

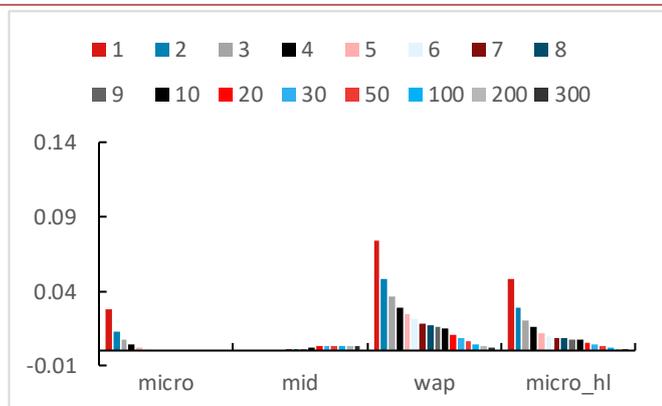
■ 实证结果

在全样本上, 当预测区间小于 7 个 tick 时, Mid 仍然是最优秀的公允价指标; 当预测区间大于 7 个 tick 时, Micro 是最优秀的公允价指标;

在极度不平衡的样本中 (订单不平衡程度高), 当预测区间小于 3 个 tick 时, Mid 是最优秀的公允价指标; 当预测区间大于 3 个 tick 时, Micro 是最优秀的公允价指标

结果表明 **Micro** 在极端盘口更加有效。

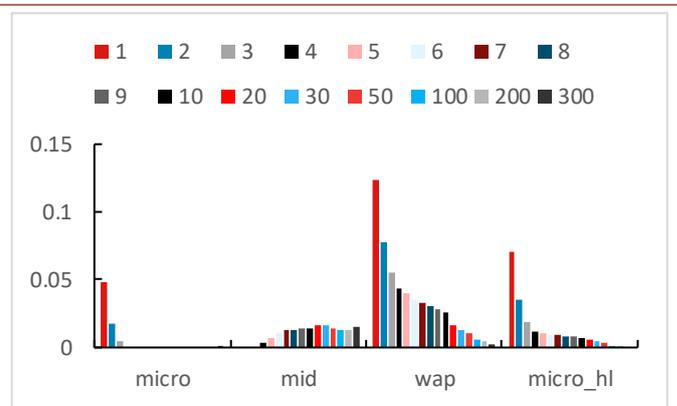
图 11: 全样本实证结果 | 单位: 无



数据来源: 天软 华泰期货研究院

注: 图中纵轴为该价格指标 RMSE 与 4 价格指标中最低 RMSE 之间的差值, 当该差值为 0 时说明该价格指标为 RMSE 最小的价格指标。

图 12: 极度不平衡样本实证结果 | 单位: 无



数据来源: 天软 华泰期货研究院

注: 图中纵轴为该价格指标 RMSE 与 4 价格指标中最低 RMSE 之间的差值, 当该差值为 0 时说明该价格指标为 RMSE 最小的价格指标

■ 情景模拟

在本小节中，我们将采用情景模拟的方式，详细比较 Micro、Mid 以及 Vwap 这三个价格指标在盘口变动后的变化。通过这种直观的方式，我们希望能够帮助读者更深入地理解 Micro 的优点。

情景一：平衡盘口下的钓鱼单

假设有一个市场参与者了解做市商的做市逻辑，试图通过一笔小订单（钓鱼单）改变做市商的报价，于是在 101 元挂了一手卖单。在先前较为均衡的盘口下，Mid 出现了明显的变化，降低了 0.5 元，而 Vwap 和 Micro 展现出了较好的抗打击性。

图 13：盘口前后变动（情景一） | 单位：元

变动前			变动后		
买	价格	卖	买	价格	卖
	102	50		102	50
	101	0		101	1
50	100		50	100	
100	99		100	99	

数据来源：华泰期货研究院

图 14：三价格指标前后变动（情景一） | 单位：元

	变动前	变动后	变化值
Mid	101	100.5	-0.5
Vwap	101	101	0
Micro	101	100.9	-0.1

数据来源：华泰期货研究院

情景二：不平衡盘口下的钓鱼单

与情景一类似，都是一个市场参与者在 101 元处下了一手 101 元的卖单。不同的是，这次的盘口是极度不平衡的盘口。在这种情况下，Mid 依旧降低了 0.5 元，而 Vwap 则提高了 0.5 元。只有 Micro 呈现出了较强的抗打击性，仅下降了 0.2 元。

图 15：盘口前后变动（情景二） | 单位：元

变动前			变动后		
买	价格	卖	买	价格	卖
	102	50		102	50
	101	0		101	1
1	100		1	100	
100	99		100	99	

数据来源：华泰期货研究院

图 16：三价格指标前后变动（情景二） | 单位：元

	变动前	变动后	变化值
Mid	101	100.5	-0.5
Vwap	100	100.5	0.5
Micro	100.7	100.5	-0.2

数据来源：华泰期货研究院

情景三：市场真实需求

假设有一个市场参与者强烈看空后市，在 101 元挂了 50 手卖单。在这种情况下，Mid 依旧降低了 0.5 元，而 Vwap 降低了 1 元，Micro 也出现了明显变化，下降了 0.9 元。

图 17：盘口前后变动（情景三） | 单位：元

变动前			变动后		
买	价格	卖	买	价格	卖
	102	1		102	1
	101	0		101	50
1	100		1	100	
100	99		100	99	

数据来源：华泰期货研究院

图 18：三价格指标前后变动（情景三） | 单位：元

	变动前	变动后	变化值
Mid	101	100.5	-0.5
Vwap	101	100	-1
Micro	101	100.1	-0.9

数据来源：华泰期货研究院

小结

可以发现，市场的虚假需求通常不会对 Micro 造成显著的影响，而只有真正的市场需求涌入时，Micro 才会发生较大的变化。这一点对于做市商来说尤为重要，因为它能够在很大程度上帮助做市商避免被市场参与者操纵价格。

总结

传统的公允价指标如 Mid 和 Vwap 存在一定缺陷，如 Mid 的自相关性和未考虑挂单量，Vwap 的高频噪音和反直觉。

Sasha Stoikov 用严谨的数学推导公式构造了 Micro，并证明了 Micro 是优于 Mid 和 Vwap 的价格指标。

国内实证结果表明，Micro 能够更好地反映当前盘口的量价信息，并在一定程度上预测未来盘口的变动。

在不同市场情景下，Micro 展现出了较强的抗打击性和对真实市场需求的敏感性。

参考文献

Hansen, P.R. and Lunde, A., Realized variance and market microstructure noise. *J. Bus. Econ. Stat.*, 2006, 24(2), 127–161.

Ait-Sahalia, Y., Mykland, P.A. and Zhang, L., Ultra high frequency volatility estimation with dependent microstructure noise. *J. Econom.*, 2011, 160(1), 160–175.

Gatheral, J. and Oomen, R.C.A., Zero-intelligence realized variance estimation. *Financ. Stoch.*, 2010, 14(2), 249–283.

Rosenbaum, M. and Robert, C.Y., On volatility and covariation estimation when microstructure noise and trading times are endogenous. *Math. Financ.*, 2012, 22, 133–164.

Sasha Stoikov. "The micro-price: a high-frequency estimator of future prices". In: *Quantitative Finance* 18.12 (2018) pp. 1959–1966.

Hagströmer, Björn. "Bias in the effective bid-ask spread." *Journal of Financial Economics* 142.1 (2021): 314-337.

Velu, Raja. *Algorithmic Trading and Quantitative Strategies*. CRC Press, 2020.

Cohen, Samuel N., Christoph Reisinger, and Sheng Wang. "Detecting and repairing arbitrage in traded option prices." *Applied Mathematical Finance* 27.5 (2020): 345-373.

免责声明

本报告基于本公司认为可靠的、已公开的信息编制，但本公司对该等信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告所载的意见、结论及预测仅反映报告发布当日的观点和判断。在不同时期，本公司可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的观点、结论和建议仅供参考，投资者并不能依靠本报告以取代行使独立判断。对投资者依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及作者均不承担任何法律责任。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构或个人不得以翻版、复制、发表、引用或再次分发他人等任何形式侵犯本公司版权。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“华泰期货研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。本公司保留追究相关责任的权力。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

华泰期货有限公司版权所有并保留一切权利。

公司总部

广州市天河区临江大道1号之一2101-2106单元 | 邮编：510000

电话：400-6280-888

网址：www.htfc.com