

# 测量高频交易领域中的指令流毒性

## ——基于我国沪深 300 指数期货的实证研究

刘文文 张合金

西南财经大学 成都 611130

**内容提要:** 作为量化投资的前沿和热点问题,市场微观结构和高频交易近年来在国内备受关注,但是由于我国的股指期货推出比较晚,学术界对此关注的并不多。本文正是在此背景下研究了我国股指期货市场的指令流毒性,当指令流逆向的选择做市商时,指令流则被认为是有毒性的。本文采用最新的测量指令流毒性的方法——等交易量信息交易的概率(VPIN),来度量我国股指期货市场上的指令流毒性。实证结果表明,VPIN 不仅可以监测到沪深 300 指数期货大跌时候的指令流毒性,在指数大涨的时候,也能很好的监测到股指期货市场的指令流毒性。跟踪 VPIN 值可以使流动性提供者控制他们的头寸风险;监管者可以监控市场的流动性质量,提前限制交易或者加强市场控制。

**关键词:** 流动性; 指令流毒性; 市场微观结构; VPIN

### 一、引言

作为量化投资的前沿和热点问题,市场微观结构和高频交易近年在国内备受关注,其主要原因在于我国于 2010 年 4 月推出了股指期货,由于它采取 t+0 交易,采取电脑程序化的高频交易更易在其中操作,并且由于其存在较高的盈利水平而吸引广大投资者以及有关监管部门的关注。

国外在市场微观结构方面的研究相对成熟一些,从最初的存货模型到信息模型,以及近期利用博弈论的研究等等。而最近的一个显著事件就是 2010 年 5 月 6 日美股市场大跌,当日道琼斯工业指数大跌了 1010.14 点,创下单日跌幅的最高纪录。针对美股这次的闪电崩盘事件,政府有关机构以及学术界、业界开始对这个事件进行调查反思。Easley et al. (2011) 在文章中指出这次的“闪跌”是由于目前市场结构中新的动力使然,即指令流毒性(order flow toxicity),当指令流逆向的选择做市商时,这些指令流就被认为是有毒性的,这时做市商在提供流动性的同时也遭受了损失。他们强调指令流毒性对流动性的供给起到了重要的作用,并且提供了一种新的程序来估计指令流毒性,即等交易量信息交易概率(Volume-Synchronized Probability of Informed Trading-VPIN),这种方法不但可以测量指令流毒性,而且还可以起到预警的作用。

收稿日期: 2012-10-20

基金项目: 本文得到国家自然科学基金《复杂衍生产品的蒙特卡洛定价方法研究》(71271173) 资助。

作者简介: 刘文文,西南财经大学金融学院博士研究生; 张合金,西南财经大学金融学院教授,博士生导师。

我国股指期货作为新兴品种,国内监管部门对其风险控制的经验尚浅,我们可以借鉴国外发展股指期货的成功经验,吸取其中的经验教训,促进我国股指期货市场的健康运作。那么 VIPN 这种方法是否适用于我国的期货市场?我们可否用这个方法监测我国期货市场指令流毒性?本文通过对我国股指期货市场的实证研究来回答上述问题。

## 二、文献综述

### (一) 市场微观结构——信息模型

市场微观结构交易的理念就是从观察到的报价数据中提取信息,并依据提取的信息进行交易以获利。市场中的信息不对称会导致逆向选择,知情交易者能够通过自己掌握的信息从不知情交易者那里获得利润。这几年来许多学者提出了很多度量信息不对称的方法,Bagehot(1971)提出买卖报价价差方法,这个方法是最粗糙的,也是最容易观测到的度量信息不对称的方法。

基于信息的影响来度量信息不对称性的研究始于 Hasbrouck(1991)。Brennan and Subrahmanyam(1996)提出了基于信息影响的向量自回归模型。Glosten and Harris(1988)提出了买卖价差中逆向选择成分的问题。他们将买卖差价分为三个部分:逆向选择风险、处理指令成本、存货风险。Huang and Stoll(1997)对这个模型进行完善。

Easley et al.(1996)提出了一种算法,即从序列报价的数据中推断知情交易概率(PIN)。Easley et al.(2008)采用 GARCH 模型扩展了这个统计方法,这个模型模拟了知情交易者和不知情交易者的时变的到达率。

### (二) 市场结构的新趋势——高频交易

高频交易如风暴一般的席卷了华尔街,据统计 2009 年美国高频交易公司分别占了 70% 的股票市场交易量和近 50% 的期货市场交易量。大多数高频交易者扮演着做市商的角色,他们对变化的市场做出反应,并且实现资金的快速周转。

Easley et al.(2011)在知情交易概率 PIN 的基础上提供了一种新的方法(VPIN)直接估计高频交易中的指令流毒性。这种方法不需要估计不可观测的一系列参数,并且 VPIN 随着新信息到达市场的速度随机的更新,克服了在交易量很大的市场里估计 PIN 的困难,提供了一个比较容易处理的方法来测量指令流毒性。他们分析表明 VPIN 可以预测短期毒性诱导的波动,尤其当它涉及到大的价格波动。Easley et al.(2011c)提供了证据证明在美国 5.16 那一天,在闪跌之前的 VPIN 值已经变得很高,很多的指令流毒性导致流动性提供者离开市场。

目前,我国在这方面的研究还处于空白。本文首次研究了我国股指期货市场的指令流毒性。虽然我国股指期货市场不是做市商制度,但是在股指期货市场中存在高频交易者或者流动性提供者,正如前文所述,高频交易者充当了做市商的角色,所以 VPIN 方法是适合于我国股指期货市场的。在 Easley et al.(2011)文章中只是考虑了指令流毒性在指数下跌时具有预警作用,本文的创新点在于考虑了指数上涨时 VPIN 是否同样有预警作用。

本文接下来的内容由这几部分组成:其中第三部分为模型;第四部分为我国沪深 300 指数期货合约的 VPIN 估计及稳健性检验;第五部分分析了 VPIN 和波动的关系;第六部分为结束语。

## 三、模 型

### (一) 基于信息交易的概率——PIN(Probability of Informed Trading)

首先,介绍一个标准测量指令流毒性的微观结构模型 PIN。这个微观结构模型把交易看成是在交易时间内( $i=1, \dots, I$ )流动性提供者和其他交易者之间的不断重复的游戏。每个交易时期的开始,

自然选择一个信息事件是否发生,这些信息事件是相互独立的并且以概率 $\alpha$ 发生。如果信息是好消息,那么信息交易者知道交易时间结束后资产的价格为 $\bar{S}_i$ ,如果信息是坏消息,那么资产价格为 $\underline{S}_i$ 并且 $\bar{S}_i > \underline{S}_i$ 。坏消息发生的概率为 $\delta$ ,好消息发生的概率为 $1-\delta$ 。交易时间内交易者到达是服从泊松分布。在交易时间内如果一个信息事件发生,信息交易者的订单到达率为 $\mu$ 。如果信息交易者得到的是好消息,则他们选择买入,反之则选择卖出。任何的交易时间内,订单买卖到达率都为 $\varepsilon$ ,这个过程如图1所示。

假设他们通过贝叶斯法则来更新他们现有的信息。随着交易的进行,流动性提供者观察交易的情况。令 $P(t) = (P_n(t), P_b(t), P_g(t))$ 为流动性提供者在时间 $t$ 时关于“无消息”、“好消息”、“坏消息”的判断,那么在0时刻 $P(0) = (1-\alpha, \alpha\delta, \alpha(1-\delta))$ 。在 $t$ 时刻条件期望为:

$$E(S_i | t) = P_n(t) \bar{S}_i + P_b(t) \underline{S}_i + P_g(t) \bar{S}_i \quad (1)$$

其中 $\bar{S}_i = \delta \underline{S}_i + (1-\delta) \bar{S}_i$ 是先前资产的期望值。

买价是当有交易者想把资产卖给流动性提供者时的资产的期望值,

$$B(t) = E[S_i | t] - \frac{\mu P_b(t)}{\varepsilon + \mu P_b(t)} (E[S_i | t] - \underline{S}_i) \quad (2)$$

同样,卖价是有交易者想从流动性提供者那里买入资产时资产的期望价值, $A(t) = E[S_i | t] + \frac{\mu P_g(t)}{\varepsilon + \mu P_g(t)} (\bar{S}_i - E[S_i | t])$  (3)

上述公式明确的说明了当信息交易者和非信息交易者到达时对价格的影响。如果没有信息交易者( $\mu = 0$ ),买价和卖价都等于先前的资产价格的期望值。若没有非信息交易者( $\varepsilon = 0$ ),则买价和卖价分别为资产的最小和最大值,这时信息交易者也不会进行交易,那么市场将要关闭。

时刻 $t$ 的买卖价差表示为 $\sum(t) = A(t) - B(t)$ ,即

$$\sum(t) = \frac{\mu P_g(t)}{\varepsilon + \mu P_g(t)} (\bar{S}_i - E[S_i | t]) + \frac{\mu P_b(t)}{\varepsilon + \mu P_b(t)} (E[S_i | t] - \underline{S}_i) \quad (4)$$

上述公式右边中第一项和第二项分别是流动性提供者和信息交易者买卖资产潜在损失的概率,当好消息和坏消息以相同的概率出现时,即 $\delta = 1-\delta$ 时,上面的公式就变为比较简单的形式,即: $\sum = \frac{\alpha\mu}{\alpha\mu + 2\varepsilon} (\bar{S}_i - \underline{S}_i)$ 。这个模型的关键部分是初始订单来自信息交易者的概率,基于信息交易的概率叫做

PIN,表达为:  $PIN = \frac{\alpha\mu}{\alpha\mu + 2\varepsilon}$  其中 $\alpha\mu + 2\varepsilon$ 为所有订单的到达率, $\alpha\mu$ 为基于信息交易订单的到达率。

## (二) 等交易量信息交易概率 VPIN

计算 PIN 的标准方法是用极大似然估计不可观测的参数( $\alpha, \mu, \delta, \varepsilon$ ),并且从这些参数中得到 PIN。Easley(2011)提出了不需要估计不可观测的参数而直接估计指令流毒性的方法,即 VPIN。

### 1. 交易篮子和买卖交易量划分

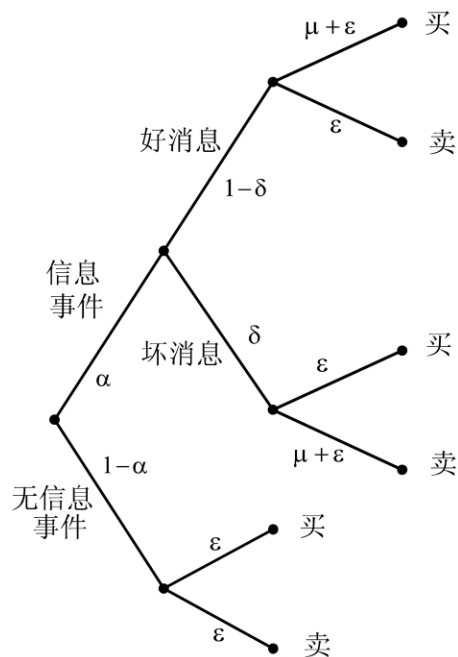


图1 不确定事件下的序贯交易

在介绍 VPIN 之前,首先将每天的交易量分成一些相等的篮子,每个篮子的交易量为一个外生的变量  $V$ ,令  $\tau = 1, \dots, n$  为每个交易篮子的下标,那么每个交易篮子可以分为买的交易量  $V_{\tau}^B$  和卖的交易量  $V_{\tau}^S$ ,即  $V_{\tau}^S + V_{\tau}^B = V$ 。

买卖交易量是按照 Easley et al. (2012) 文章中的方法划分的,“Bulk volume classification”(BVC) 算法是聚集一段时间内( time bars 时间限制) 或者一定数量的交易量,根据时间限制的起点到终点标准化的价格变化(  $\frac{P_i - P_{i-1}}{\sigma_{\Delta P}}$ ,  $\sigma_{\Delta P}$  是两个价格的标准差) 来决定买卖交易量的百分比。传统的分类算法( Lee-Ready 算法) 是把交易分为买或者卖,而 BVC 算法是把一个篮子内的交易量根据概率分为买的数量和卖的数量。

BVC 算法的具体方法是用相等的时间限制把交易量聚合起来( 本文采用的是 40 秒钟的时间限制)。交易量的聚合可以减缓订单的分裂,并且使用标准化的价格变化可以在概率条件下对交易量进行买卖分类。令

$$V_{\tau}^B = \sum_{i=t(\tau-1)+1}^{t(\tau)} V_i \cdot Z\left(\frac{P_i - P_{i-1}}{\sigma_{\Delta P}}\right) \quad V_{\tau}^S = \sum_{i=t(\tau-1)+1}^{t(\tau)} V_i \left[1 - Z\left(\frac{P_i - P_{i-1}}{\sigma_{\Delta P}}\right)\right] = V - V_{\tau}^B \quad (5)$$

其中  $t(\tau)$  为第  $\tau$  交易篮子中最后的时间限制,  $Z$  是标准正态分布的累积分布函数( CDF)。如果在相同的时间限制里价格从起点到终点都没有发生变化,那么就在这个时间限制内的交易量分为相等的买卖交易量;如果价格上涨,就赋予更多的权重于买的交易量。

## 2. VPIN 测量指令流毒性

Easley et al. (2008) 的文章中证明了不平衡交易量的期望为  $E[|V_{\tau}^S - V_{\tau}^B|] \approx \alpha\mu$ , 并且总交易量的到达率为:

$$\begin{aligned} \frac{1}{n} \sum_{\tau=1}^n (V_{\tau}^B + V_{\tau}^S) &= \alpha(1 - \delta)(\varepsilon + \mu + \varepsilon) + \alpha\delta(\mu + \varepsilon + \varepsilon) + (1 - \alpha)(\varepsilon + \varepsilon) \\ &= \alpha\mu + 2\varepsilon = V \end{aligned} \quad (6)$$

其中  $\alpha(1 - \delta)(\varepsilon + \mu + \varepsilon)$  为好消息的交易量,  $\alpha\delta(\mu + \varepsilon + \varepsilon)$  为坏消息的交易量,  $(1 - \alpha)(\varepsilon + \varepsilon)$  为没有消息的交易量。那么可以得到 VPIN:

$$VPIN = \frac{\alpha\mu}{\alpha\mu + 2\varepsilon} = \frac{\alpha\mu}{V} \approx \frac{\sum_{\tau=1}^n |V_{\tau}^S - V_{\tau}^B|}{nV} \quad (7)$$

估计 VPIN 需要选择一个篮子的大小  $V$ , 本文选取的  $V = 5000$ , 时间限制为 40 秒钟。每天所估计的交易篮子的个数为<sup>①</sup>:  $N = \frac{\text{每天的总交易量}}{V}$ 。

## 四、我国股指期货市场指令流毒性( VPIN) 的实证研究

### (一) 数据说明

本文选取从 2010 年 6 月 17 日到 2011 年 7 月 15 日沪深 300 指数的股指期货主力合约 500 毫秒数据, 数据来自交易所报价系统。通过 Matlab 编程求出了每天平均 40 个 VPIN 值, 其描述性统计分析的结果如表 1 所示。从表 1 中可以看出, 这个序列的偏度值小于 0, 超额峰度值大于 0, 说明这个序列

<sup>①</sup> Easley et al. (2012) 文章中估计 VPIN 采用的是交易篮子的个数  $N = 50$  为确定值, 也就是每天估计 50 个 VPIN 值。但是本文采用的是确定交易量的方法, 因为如果在交易量特别大的时候, 他们的方法就会出现问题的, 比如在“闪跌”那一天, 他们估计了 137 个 VPIN。采用确定交易量的方法会更加合理一些, 这样 VPIN 的更新速度可以更好的匹配信息的到达速度。



短短 15 分钟里股指从 3554 下降到 3513 ,这种情况下 VPIN 值应该反映出市场中的指令流毒性。

我们观察一下大跌当天和前后两天的 VPIN 的情况。如图 4 所示 ,其展现了 2010 年 11 月 11 日、12 日、15 日的股指期货市场上主力合约的市场价格、VPIN 值及其相应的经验 CDF( VPIN) 。

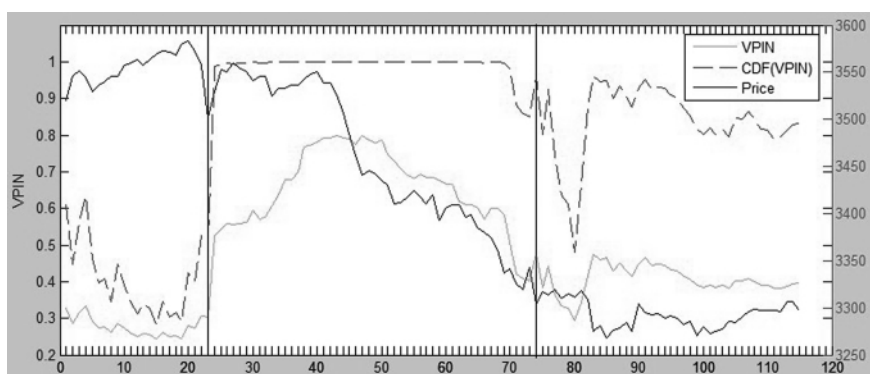


图 4 2010 年 11 月 11—2010 年 11 月 15 日沪深 300 指数期货的 VPIN

从图 4 中 ,我们可以观察到 ,VPIN 值在大跌的那一天从开盘一直上升 ,并且 VPIN 值最高达到了 0.7997 ,属于异常情形。同时 CDF( VPIN) 在开盘不久就变为 1 ,出现这种情况时 ,流动性的提供者应该保持警惕 ,因为这意味着有大量的信息交易者的出现 ,而且对他们来说指令流毒性将逐渐变得不可预测。还可以观察出 ,在大跌前一天快收盘的时候 CDF( VPIN) 已经开始变的比较高 ,这时候高频交易者就应该注意到接下来出现信息交易者的可能性非常大 ,应提前做好必要的准备。在大跌之后 CDF( VPIN) 开始回落到正常的区间水平 ,即表明出现信息交易者的概率大大降低。通过这个结论可以得出 VPIN 在我国股指期货市场上确实有预警的作用 ,在指数大跌的时候可以测量到指令流毒性。

### (三) 估计指令流毒性: 指数上涨的情形

现有的文献是使用 VPIN 估计在指数大跌的时候能否测量到指令流毒性 ,一个顺其自然的想法就是在指数大涨的时候 ,是否也可以使用 VPIN 测量到指令流毒性。估计指令流毒性主要是估计买卖交易量差的绝对值 ,既然在大跌的时候 VPIN 可以预警 ,那么在股指期货上涨的时候 ,VPIN 的值是否也异常的高呢?

我们估计了 2010 年 9 月 28、29、30 和 10 月 8 日连续 4 天的主力合约<sup>①</sup>的 VPIN 的表现。这四天的主力合约价格的表现、VPIN 值和 CDF( VPIN) 表现如图 5 所示。

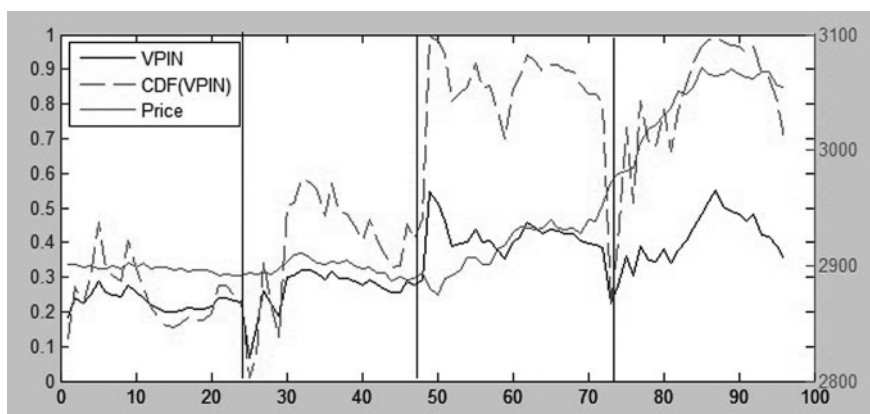


图 5 2010 年 9 月 28—2010 年 10 月 8 日沪深 300 指数期货的 VPIN

① 这几天的主力合约回报率分别为: -0.83; -0.21; 2.11; 3.7。

9月28日和29日两天VPIN值和CDF(VPIN)处于正常值水平,而9月30日开盘交易没多久CDF的值就达到了1的最大值,其VPIN值也跳跃上升,同样在10月8日这天的CDF和VPIN值也比平时要高些,从而说明,测量指令流毒性的方法VPIN不仅对指数下跌的情形起作用,对指数上涨的情形也有比较好的预警效果,只要指数出现大幅度的波动,VPIN都可以起到很好的预警和测量指令流毒性的效果。

#### (四) VPIN 的稳健性

估计VPIN涉及到许多的参数的设定问题,这部分讨论一下在估计VPIN时涉及的最重要的两个参数:一是交易量的分类问题;二是交易记录变化的问题。

##### 1. 不同交易篮子划分对VPIN的稳定性影响

选择不同的交易篮子对VPIN有很重要的影响。因为估计VPIN时,模型本身就涉及到了交易的不平衡和交易强度的问题,采用时间限制来聚集交易量,期望可以降低变量的噪音。为了分析不同交易篮子的划分对VPIN产生的影响,本文研究了我国股指期货2010年11月12日这一天的VPIN的表现,采用10秒、30秒和60秒的时间限制(BVC算法)得到的VPIN的表现同使用40秒得到的结果是相似的,都在这一天表现出了高水平的CDF(VPIN)。而采用Lee-Ready算法使用500微妙交易数据得到的结果和前面几种分类得到的结果不同(由于文章篇幅限制,在此就不一一赘述)。在Easley and O'Hara(2011a)文章中把这种现象归结为错误的对交易量进行分类造成的结果。因此在估计VPIN时不采用Lee-Ready算法500微妙这种方法。

##### 2. 交易记录的改变对VPIN结果稳定性的影响

第二个VPIN稳定性测试就是来检验交易记录的变化对VPIN的影响。交易记录中小的差错或者小变化会产生两种影响。第一,丢失的交易记录会改变交易量的不平衡性,但是在计算VPIN时采用的方法是用等量划分的交易量,因为一些典型的交易只是很少的几个合约的交易,这相对于每天总交易量是一个很少的数量,因此这个效应可以忽略不计。第二,丢失交易记录带来的效应是改变了VPIN的轨迹。我们可以通过计算交易中不同始点来得到多个VPIN的轨迹,观察不同的VPIN轨迹之间的差值来检验VPIN的稳定性。

首先,为了评估不同的初始时间点对VPIN的影响,本文先计算了11月12日一天的VPIN,时间从09:15开始至09:35,每个新计算VPIN轨迹的初始点是在前一个初始点40秒后。每隔一个时间限制计算这一天的VPIN值,最后得到30条VPIN的轨迹,并且把每一个轨迹与相对应的时间对齐,这样用第一个VPIN轨迹(也就是09:15这一时刻的对应的VPIN轨迹)和随后的29个VPIN轨迹作差,如图6所示。在开始时间里的VPIN值相差比较多,随后差值逐渐减小,但是差值最大不超过0.07。

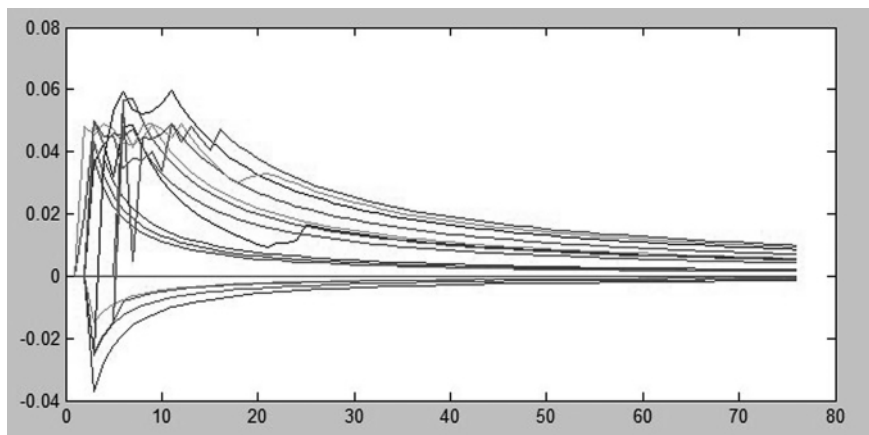


图6 10月18日不同VPIN轨迹的轨迹差

根据上述方法,本文还计算了2010年10月8日至10月21日10个交易日的VPIN,每个交易日计算10个VPIN的轨迹。这些轨迹的差的序列的均值为0.0115,这个值和VPIN的均值0.3737相比很小。因此,交易记录的改变总体而言对VPIN值的影响很小,模型的结果是稳健的。

## 五、VPIN 和价格波动

高频交易市场中,流动性提供者可以参考VPIN值来测量指令流毒性。因为毒性影响着做市商的收益,并且也影响做市商行为。本部分主要分析VPIN和未來价格波动的关系。对于高频交易市場中的做市商来说,他们是被动的交易者,被动的等待订单流的到来,因此交易量对做市商来说是很重要的参量,并且交易量也是联系VPIN和价格变动的重要变量。当流动性提供者持有头寸的时候,他们需要知道毒性是怎样影响价格的变动。

VPIN是否和未來价格的变动有关?我们用两个相邻交易篮子之间的VPIN的自然对数和价格绝对回报的Pearson's相关系数 $\rho\left(\ln(VPIN_{\tau-1}), \left|\frac{P_{\tau}}{P_{\tau-1}} - 1\right|\right)$ 来回答这个问题,下标 $\tau$ 代表第 $\tau$ 个交易篮子。因为可以通过不同的交易篮子和时间限制进行组合来计算VPIN,本文通过计算VPIN和相邻交易篮子的相关性,选取的是相关性最大的组合<sup>①</sup>,如图7所示。通过计算10758个样本,我们得到 $\rho\left(\ln(VPIN_{\tau-1}), \left|\frac{P_{\tau}}{P_{\tau-1}} - 1\right|\right) = 0.3092$ ,在95%置信区间下 $\rho\left(\ln(VPIN_{\tau-1}), \left|\frac{P_{\tau}}{P_{\tau-1}} - 1\right|\right) \in ([0.3049, 0.3135])$ 。虽然这个相关性看起来不大,但是在高频的环境中这样的相关性是很显著的。

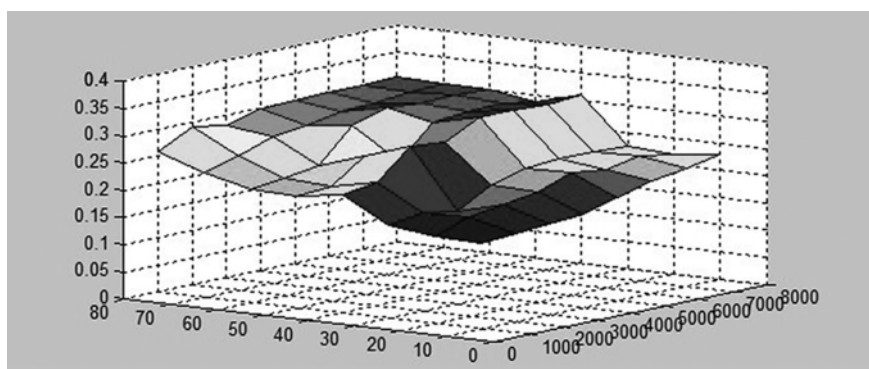


图7 VPIN 和收益率相关曲面

图8展现了沪深300指数合约相邻两个交易篮子根据先前VPIN水平的绝对回报率,图中显示了随着VPIN的上升,绝对回报率垂直的展开,表明更高的毒性(VPIN)伴随着更大的绝对回报率。

简单的相关性并不是说明问题的可靠性指标。接下来我们主要考虑这两个问题:(1)当VPIN值很高的时候,绝对收益的表现如何?(2)当绝对收益很高时,之前的VPIN值是处于什么水平?我们采用条件概率回答这两个问题。首先我们需要计算VPIN和绝对收益的联合概率分布,从联合分布中得到了两个条件概率分布。

我们来检验一下相邻的两个交易篮子之间的绝对收益的条件分布,首先,我们把绝对收益按照0.25%间隔划分归类,再把VPIN按照5%的间隔分类。如表2所示,第一行为两个相邻篮子的绝对收益,第一列为VPIN百分位数值,表中其余的每个行代表了在给定了VPIN之后绝对收益的边际分布。

① 相关性最大的组合为每个交易篮子包含5000个交易量,时间限制为40秒,即(5000,40)。

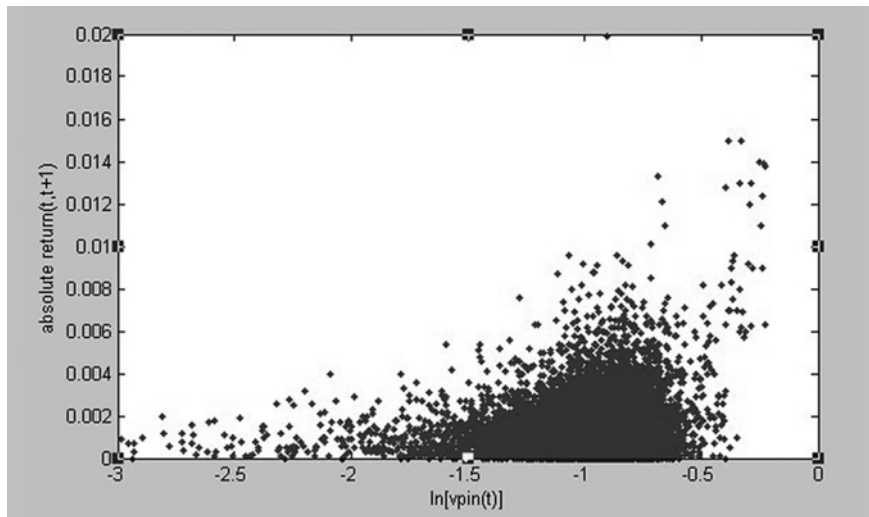


图 8 相邻交易篮子的绝对回报率和先前的 VPIN

首先,从表中很明显的看到当 VPIN 很低时,在 0% -0.25% 范围内绝对收益占到 92.04%。其次,随着 VPIN 值升高时,连续收益的条件分布更分散些,在 VPIN 很低时相邻两个交易篮子的绝对收益较高的(大于 1%) 概率为 0。最后,值得注意的是当 VPIN 很高时,相邻两个交易篮子的绝对收益很高的概率也很小。

表 2

$$\text{Prob}\left(\left|\frac{P_{\tau}}{P_{\tau-1}} - 1\right| \mid \text{VPIN}_{\tau-1}\right)$$

|      | 0.25%  | 0.50%  | 0.75%  | 1.00% | 1.25% | 1.50% | 1.75% |
|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 0.05 | 92.04% | 6.82%  | 1.14%  | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 0.10 | 98.08% | 1.92%  | 0.00%  | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 0.15 | 92.50% | 7.50%  | 0.00%  | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 0.20 | 92.77% | 7.23%  | 0.00%  | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 0.25 | 92.02% | 7.18%  | 0.80%  | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 0.30 | 92.80% | 6.68%  | 0.42%  | 0.10% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 0.35 | 89.39% | 9.68%  | 0.77%  | 0.16% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 0.40 | 84.31% | 14.03% | 1.39%  | 0.26% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 0.45 | 81.91% | 15.76% | 2.04%  | 0.24% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 0.50 | 82.33% | 14.90% | 2.56%  | 0.14% | 0.07% | 0.00% | 0.00% |
| 0.55 | 75.20% | 18.93% | 4.80%  | 0.27% | 0.53% | 0.27% | 0.00% |
| 0.60 | 74.42% | 19.77% | 5.81%  | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 0.65 | 68.67% | 20.63% | 8.95%  | 1.36% | 0.38% | 0.01% | 0.00% |
| 0.75 | 64.08% | 23.38% | 10.09% | 2.03% | 0.42% | 0.00% | 0.00% |
| 0.80 | 55.42% | 25.32% | 16.14% | 2.26% | 0.56% | 0.21% | 0.09% |

表 3 给出了在第  $\tau$  和第  $\tau + 1$  篮子中的绝对回报率给定的条件下第  $\tau$  篮子的 VPIN 的分布,表中的每一列给出了绝对收益给定时 VPIN 的边际分布。从表中我们可以看到,如果绝对收益很高,那么先前的 VPIN 值升高的概率很大。但是合约中确实也有可能会有这种情况发生,即当价格变化很大的

时候 VPIN 值很小,这表明并不是所有的波动都是由指令流毒性造成的,其他一些因素也会引起价格大幅度的波动。因此 VPIN 可以帮助监管者知道价格的涨跌是由指令流毒性引起的还是由其它原因引起的。

表 3

$$\text{Prob}\left(VPIN_{\tau-1} \mid \left| \frac{P_{\tau}}{P_{\tau-1}} - 1 \right| \right)$$

|      | 0.25% | 0.50%  | 0.75%  | 1.00%  | 1.25%  | 1.50%  | 1.75%  |
|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.05 | 5.88% | 1.43%  | 0.56%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  |
| 0.10 | 5.56% | 2.07%  | 0.78%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  |
| 0.15 | 5.81% | 2.43%  | 1.29%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  |
| 0.20 | 7.68% | 3.86%  | 1.20%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  |
| 0.25 | 7.77% | 3.92%  | 3.67%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  |
| 0.30 | 7.69% | 4.56%  | 2.22%  | 2.35%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  |
| 0.35 | 7.82% | 5.06%  | 4.78%  | 3.56%  | 0.00%  | 0.07%  | 0.00%  |
| 0.40 | 8.44% | 6.00%  | 4.32%  | 4.38%  | 0.00%  | 2.68%  | 0.00%  |
| 0.45 | 8.93% | 7.56%  | 5.96%  | 7.10%  | 0.00%  | 1.27%  | 0.00%  |
| 0.50 | 8.95% | 8.28%  | 4.92%  | 8.70%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  |
| 0.55 | 6.00% | 7.89%  | 6.65%  | 4.35%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  |
| 0.60 | 4.70% | 8.22%  | 6.08%  | 0.00%  | 0.00%  | 6.20%  | 0.00%  |
| 0.65 | 4.27% | 9.62%  | 7.67%  | 0.00%  | 0.00%  | 3.40%  | 0.00%  |
| 0.70 | 4.20% | 9.20%  | 10.56% | 13.04% | 0.00%  | 15.60% | 15.64% |
| 0.75 | 3.16% | 9.58%  | 16.78% | 30.43% | 33.33% | 26.80% | 25.44% |
| 0.80 | 3.14% | 10.32% | 22.56% | 26.09% | 66.67% | 43.98% | 58.92% |

## 六、结 论

估计指令流毒性对流动性提供者和监管者有许多应用。首先,对于流动性的提供者来说,可以用 VPIN 值作为实时的风险控制工具;其次,监管者可以监控市场流动性的“质量”,可以提前限制交易或者加强市场控制;再次,交易者也可以用 VPIN 来设计算法控制订单的执行风险。

本文采用了一个全新的方法 VPIN 来估计我国沪深 300 指数期货的指令流毒性。VPIN 测量指令流毒性及其相应的程序的一个重要的优势就是利用 VPIN 的更新来模拟信息到达的速度。本文的实证结果表明 VPIN 这种方法适合我国的期货市场,在我国的股指期货中具有显著的预警作用,可以测量到股指期货市场中的指令流毒性。当股指期货合约价格大跌的前一天 VPIN 和 CDF(VPIN) 就已经表现的比较异常,同样的预警功能在股指期货合约价格大涨的时候也很好的展示出来了。但是,在实际的资本市场运行当中,引起价格波动的因素不止指令流毒性这一个,其他的一些系统性风险也会引起价格的较大幅度波动。所以,持续较高的 VPIN 和 CDF 的值,表明信息交易者出现的概率比较大,但是不一定必然会导致期货合约价格的大幅度波动,只是发生大幅度波动的概率比较大。因此,总体而言,在存在高频交易的市场当中,无论是对投资者还是监管部门,VPIN 可以作为一个比较有效的风险管理工具。

## 主要参考文献:

- [ 1 ] Brogaard J. 2010. High Frequency Trading and Its impact on Market Quality [Z]. SSRN Working Paper.
- [ 2 ] Easley D ,Engle R F ,O'Hara M ,et al. 2008. Time-Varying Arrival Rates of Informed and Uninformed Traders [J]. *Journal of Financial Econometrics* 6 ( 2 ) : 171-207.
- [ 3 ] Easley D ,López de Prado M ,O'Hara M. 2011a. The Microstructure of the 'Flash Crash': Flow Toxicity ,Liquidity Crashes and the Probability of Informed Trading [J]. *The Journal of Portfolio Management* 37( 2 ) : 118-128.
- [ 4 ] Easley D ,López de Prado M ,O'Hara M. 2011b. The Exchange of Flow Toxicity [J]. *The Journal of Trading* 6( 2 ) : 8-13
- [ 5 ] Easley D ,López de Prado M ,O'Hara M. 2012. Bulk Classification of Trading Activity [Z]. SSRN Working Paper.
- [ 6 ] Easley D ,Kiefer N ,O'Hara M. et al. 1996. Liquidity ,Information and Infrequently Traded Stocks [J]. *Journal of Finance* 51( 4 ) : 1405-1436
- [ 7 ] Glosten L. R ,Milgrom P. 1985. Bid ask and transaction prices in a specialist market with heterogeneously informed traders [J]. *Journal of Financial Economics* 14( 2 ) : 71-100.
- [ 8 ] Huang J ,Wang J. 2009. Liquidity and Market Crashes [J]. *Review of Financial Studies* 22 ( 7 ) : 2607-2643.
- [ 9 ] Kirilenko A ,Kyle A P ,Sarni M ,et al. 2010. The Flash Crash: The Impact of High-Frequency Trading on an Electronic Market [Z]. SSRN Working paper.
- [10] 刘阳 ,马永强. 2012. 上市公司信息披露制度、股票交易与投资者保护 [J]. *中国经济问题* 4 ( 4 ) : 94-102.
- [11] 宋华. 1996. 现代期货交易机制的信息经济分析 [J]. *中国经济问题* 4 ( 6 ) : 19-27.

## Measuring Flow Toxicity in a High Frequency World

——Empirical Research based on the CSI300 Index

Liu Wenwen ,Zhang Hejin

School of Finance ,Southwestern University Finance and Economics ,Chengdu 611130

**Abstract:** In recent years ,as the leading edge of the quantitative investment and hot issue ,Market microstructure and high frequency trading has been concerned in China. But Academics' concern is not much Because of stock index futures launched relatively late in our country. In this context ,we study the flow toxicity in china's stock index futures. Order flow is regarded as toxic when it adversely selects market makers. This paper uses the newest method ,Volume-Synchronized Probability of Informed Trading( VPIN) ,to measure order flow toxicity in HS300 index futures. The empirical results show that VPIN can monitor the flow toxicity no matter index rose or crash. Tracking the VPIN would allow market makers or liquidity provider to control their risk. Regulator can monitor the "quality" of liquidity provision ,and can pro-actively move to restrict trading or impose market controls.

**Key words:** liquidity; flow toxicity; market microstructure; VPIN

(责任编辑: 靳 涛)