

上海新金融研究院工作论文系列

No. SFIWP0042

**非线性动量交易策略：  
理论和基于中国商品期货市场的应用**

李辰旭 乔坤元 高彬馨

2015年1月4日

说明：上海新金融研究院（Shanghai Finance Institute, SFI）是一家非官方、非营利性的独立智库，致力于新金融领域的政策研究。研究院成立于2011年7月14日，由中国金融四十人论坛（China Finance 40 Forum, CF40）举办，与上海市黄浦区人民政府战略合作。

本工作论文是上海新金融研究院研究人员在工作期间形成的、尚未公开发表的研究成果，文中观点仅代表作者本人，不代表本研究院。未经书面同意，谢绝任何形式的转载和复制。

# 非线性动量交易策略：理论和基于中国商品期货市场的应用

李辰旭<sup>a</sup> 乔坤元<sup>b,a</sup> 高彬馨<sup>c①</sup>

(a 北京大学光华管理学院 b 上海新金融研究院 c 哥伦比亚大学)

## 摘要

动量效应是近年来量化金融的热门研究内容,但这方面的理论和应用研究在新兴的中国金融市场相对匮乏,尤其是期货市场。本文针对中国期货市场系统地建立动量效应模型,分析了多个隐藏因子的影响,从而提出新的交易策略。借助 2012 年中国期货市场全部商品期货合约的数据,本文首次全面、准确的考察了动量效应存在的范围。通过进一步对参数空间的搜索,我们发现相比于传统方法,非线性策略能够显著提高在期货市场上的平均收益,而新提出的模型能在此基础上进一步增加收益和夏普比率。这一改善在长持有时间(50 天)和短持有时间(2 天)的情况下均得到了 Z 检验的确认。此外,本文验证大部分行业确实遵循整体市场的动量效应,同时发现了个别行业出现了动量反转现象。结果的稳健性通过 2013 年数据的样本外测试得以验证,说明在没有明显增加运算时间的前提下,这一交易策略能为量化交易的投资者和投资机构带来更高的回报。

**关键词:** 动量效应; 非线性; 隐藏因子; 商品期货

## Abstract

Momentum has been a central topic of financial research and practice in recent years. However, neither theoretical nor applied researches are sufficient in China, especially on the futures market. This paper systematically establishes a momentum model for China futures market, analyzes several hidden-factor effects and proposes new trading strategies. We thoroughly investigate the existence of momentum by employing 2012 China futures market data, and for the first time study the existence of momentum effect. It is shown that nonlinear trading strategies can significantly enhance average return through exploring the parameter space compared to traditional approaches, and the proposed model can further increase the return and Sharp Ratio. The improvements are verified in both long holding period (50 days) and short one (2 days) via Z tests. Moreover, the paper confirms that most industries follow momentum effect, while a few of them exhibit momentum reversals. The robustness of the results are verified through the out-sample test of 2013 data, suggesting that the trading strategies can bring more returns for quantitative traders and institutes without taking too much time for the calculations.

**Keywords:** Momentum; Nonlinearity; Hidden-Factor; Commodity Futures

---

① 李辰旭,北京大学光华管理学院助理教授, [cxli@gsm.pku.edu.cn](mailto:cxli@gsm.pku.edu.cn); 乔坤元,上海新金融研究院青年研究员,北京大学光华管理学院, [qiaokunyuan@gsm.pku.edu.cn](mailto:qiaokunyuan@gsm.pku.edu.cn); 高彬馨,哥伦比亚大学, [binxingao@pku.edu.cn](mailto:binxingao@pku.edu.cn). 本文即将发表于《金融学季刊》。

## 一、引言和文献综述

传统的投资方法，如基本面分析，主要是人们根据投资经验总结出的实验性结果，代表的意义模糊不清，人们看法的不同会直接影响投资的期望收益。投资者的经验在当中扮演重要的角色，但即便是最有经验的投资者，由于缺乏具体量化的标准，也无法保证投资的可靠性。相比之下，量化投资方法通过分析市场中股票和各类金融衍生品的价格，根据金融理论客观科学的对金融市场进行建模：只要数学模型依然适用，量化投资方法所带来的风险就是可以预先估计和计量的。因此，量化投资方法克服了大部分传统依赖经验的投资过程中不可避免的人为因素，可以快速高效而又系统深刻的对多个行业、多个公司进行分析。随着量化投资的理论和技术日趋成熟，使用数值方法分析价格信息、拟定投资策略的方法越来越受到学术界和实物界的重视。

本文将量化交易策略的研究拓展至动量效应，将全新的非线性动量交易策略应用于中国期货市场，借助 2012 年全部商品期货的数据全面、准确的考察了动量效应存在的范围，并使用 2013 年商品期货的数据进行样本外检验，得到了稳健和普适的结论。

我们的研究与两支文献紧密相关。第一支主要讨论了动量效应及其应用。Jegadeesh 和 Titman (1993) 提出的动量 (Momentum) 策略一直是量化投资方法中的热点领域，利用金融产品的价格在一定时间内的惯性，首先估计出变化趋势，之后按照既定的算法进行相应的投资，如果价格呈现上升趋势则买入，否则卖出。与此同时，采用线性动量策略可以使得收益具有正的偏度，也即有更大可能性获得收益而不是亏损，这也同时具有一定的理论意义。根据以往的文献，可以看出动量效应的存在范围取决于不同的市场环境和时段的选择 (Chan 等, 1996; Rouwenhorst, 1998; Hon 和 Tonks, 2003; Cooper 等, 2004)。Chan 等 (1996) 的研究表明，美国股市动量效应的存在区间为 6 个月，Cooper 等 (2004) 得到了类似的结论，并且指出对于 2 至 3 年的长期投资而言，动量效应反转，而对于更长期的投资期限不存在动量效应。与此同时，他还说明动量效应的显著性取决于时段的选择和历史趋势的统计区间。美国以外的股票市场也存在动量效应，Rouwenhorst (1998) 指出欧洲股市存在长达 20 年的动量效应，而 Hon 与 Tonks (2003) 则说明于英国股市的动量效应仅对于 6 个月的历史价格有效，并且只在 1977-1996 的数据中表现显著。

与相对发达的美国和欧洲金融市场不同，新兴的中国金融市场还不够成熟，存在较多的套利空间，一些国际市场上通用的结论在中国市场并不适用。在此情况下，以动量策略为代表的量化投资方法可以客观、准确和高效的搜索套利机会，具有巨大的潜能，也受到了研究者和交易者的广泛关注。文献对于使用动量策略是否会带来超额收益持两种不同的观点，一派观点认为动量效应并不存在。王永宏和赵学军 (2001) 使用 Jegadeesh 与 Titman (1993) 的研究方法，构建的“赢家组合”与“输家组合”检验上市时间早于 1993 年的股票的动量效应，发现两个组合都不能在持有期中稳定的保持之前的运行趋势，出现了不同程度的趋势反转现象，说明动量策略在中国股市并不能获得超额收益，投资者过度反应的非理性行为使得股票价格趋势难以持久，而罗洪浪和王浣尘 (2004) 使用 1995 至 2002 年中国股市的数据也得到了同样的结论。朱战宇等 (2003) 检验了 1995 年至 2001 年的股市的动量效应，认为期限长度超过一个月的动量策略都不能获得显著的超额收益。与此相对，近年来，随着量化理论的深入发展，另一种观点则认为使用动量策略可以在中国市场上获利。周琳杰 (2002) 认为动量策略在中国股市中有效，并研究了中国股市中动量策略的观察期、持有期时间长度与动量策略收益之间的关系，发现观察期和持有期的长度越短，相应的动量策略的收益就越高。刘煜辉等 (2003) 研究了 49 种动量策略在 1995-2002 年沪深股市中的应用效果，并发现其中 41 种都能显著的增加收益。肖峻等 (2006) 证明了在股市的低成交量股票中存在显

著的中期动量效应，而 Naughton 等（2008）对上证 A 股的研究也指出动量效应确实存在，然而实验结果表明其持续时间与国际市场差别很大。

与上述方法不同，我们没有采用传统的先观察价格运动趋势、再建立投资组合考察持有期收益的方法，而是对动量交易策略进行严谨的建模，使用量化分析的方法剔除更多人为构造的因素，从而更加高效和系统的对多个行业、多个公司进行系统的分析。与此同时，我们将理论模型应用于实际的商品期货市场数据中，通过模拟交易深入发掘动量效应在各个行业、各个观察期和持有期的存在性，不但具有理论上的创新，对于实际应用也具有指导意义。

与这一支文献不同，另一支文献丰富了动量交易策略本身，将线性动量交易策略推广到非线性交易动量策略，新提出的模型也同样使得收益产生正的偏度，并且优于传统的线性动量模型。Martin 和 Bana（2012）指出平滑的非线性模型相对于两点阶段跳跃模型具有更优的夏普比率和峰度，并且指出过度抑制的模型有可能会产生相反效果。这一研究结果具有一定理论意义的同时，缺乏足够的经验数据的支持，本文进一步拓展了理论模型、放松了假设，使得模型的应用更加广泛，并且借助中国期货市场的数据对非线性动量策略进行检验。中国的期货市场与股票市场不同。一方面，期货市场相对欧美市场还不够成熟，另一方面，由于期货价格的灵敏特性，期货市场的动量效应就更加短暂而且复杂。在美国期货市场中，Miffre 和 Rallis（2007）指出动量效应在相对较短时间（1 到 3 个月）内确实存在，因此对期货市场进行研究可以更好的检验动量交易策略。另一方面，针对中国期货市场动量效应的研究目前还是一片空白，并且期货市场比股票市场的反应更加灵敏，因此本文的研究也补充了以往的文献，为中国金融市场的行为提供了进一步的证据。研究表明，中国商品期货市场的动量效应确实存在。而且采用非线性方法相比较于传统的线性动量交易策略可以显著地增加收益。

本文在前人工作的基础上，完善并且改进了期货市场的动量效应模型，考虑了其他影响因素对模型的作用，将汇率、利率等已知变量添加进模型中。本文通过实际数据的仿真模拟，找到了期货市场中动量效应的存在区间，发现动量效应在观测间隔为 80 分钟到 3 小时，持有时间为 1 天以上，指数移动平滑取 20 到 40 周期时非常明显。与此同时，我们进一步通过对参数空间的探索，证明了所提出的非线性动量策略相比于传统方法具有显著的优势。此外，本文提出的多因子模型相比较于传统的动量策略也具有显著的提高。在单独考虑非线性因素的前提下，可以将年化平均收益从持有 50 天时的 3.4% 提高到 6%，并且将夏普比率从 0.15 提高到 0.25。本文提出的多因子模型可以进一步将平均收益和夏普比率分别提高到 6.3% 和 0.34。在短持有时间（2 天）的条件下，更是能够将平均收益从 0.06% 提高到 0.82%，对应的年化收益高达 100%。虽然该策略仅在短期内有效，但是收益依然十分可观。以上的收益提高在长持有时间和短持有时间条件下，都经过了 Z 检验的验证。与此同时，本文对于多个行业的分别研究表明，动量效应在各个行业普遍存在，而且大部分行业具有相似的动量效应，和宏观市场保持一致。然而少数行业，比如铜（Cu）和焦煤（JM），则呈现出独特的性质。我们的结论通过了 2013 年数据的样本外测试得以验证，说明在没有显著增加运算时间的前提下，新提出的交易策略能为量化投资者和投资机构带来更多的收益。

本文之后的部分安排如下。第二部分介绍非线性动量交易策略的模型和参数的选取，第三部分给出数据、估计方法和实证结果，最后一部分总结全文并给出对于投资者的启示。

## 二、 模型

金融产品的价格波动在时间上的相关性是一直以来广泛争议的话题。主要的解释有时间上的迟滞效应、反应过激以及反应不足。实际来看，一定的利好或者利空消息放出之后，由于信号传播的速度以及投资者对信息获取能力的差异，这一消息并不能瞬时表现在市场价格

波动上。另一方面，由于不同投资者对于信号的反应速度不同、投资时的反应过激和反应不足，市场消息的实际作用会在一定的时间范围内逐渐展现出来。这一时间范围一般来说并不是很长（几小时到几天），但是对于紧张激烈的期货市场来说，有可能产生一定的套利机会。从价格波动的表现上来看，这一现象的反应就是“动量效应”：价格在一定时间范围内倾向于维持之前的走势。据此理论，追涨杀跌有很大可能获取利润。

## （一）模型设定

本文在理论上的推导完善和改进 Martin 和 Bana (2012) 中的模型，拓展了模型的适用范围。我们基于对交易风险水平的考虑，全部使用经过单位风险调整的统计量进行处理，并且假定：（1）观测周期，交易在等时间间隔  $t$  的若干离散的时间点进行，例如每 2 个小时进行一次观测，并且在每次观测同时改变头寸  $\Delta$  的持有量进行投资。我们用角标  $n$  代表第  $n$  次观测的相应结果。需要注意的是，不同观测周期  $t$  的选取在实际应用中代表了不同时间尺度的投资策略。（2）持有时间  $T$ ：对于第  $n$  个观测周期金融产品的收益为  $\Delta_n(X_{n+1}-X_n)$ ，在持

有时间为  $T$  时，按照量化投资策略所能够获得的收益为：
$$\pi = \sum_{n=0}^{T/t} \Delta_n (X_{n+1} - X_n)$$

期同样，持有时间  $T$  同样代表了投资的时间尺度。

基于以上考量，对于资产  $X$  在观测周期  $n$  和  $n+1$  之间的价格波动，用表示第  $n$  个时间点的波动率，定义单位风险投资回报  $U_{n+1}$  为：
$$U_{n+1} = \frac{X_{n+1} - X_n}{\hat{\sigma}_n}$$

的目的是为了让  $U_n$  标准化，不再具有方差的变化维度。进一步，为了衡量金融产品价格的时间迟滞效应（动量效应），在公式(1.1)中，我们定义其动量指标  $V_n$  为金融产品单位风险价格变化的线性组合和平均：

$$V_n = \sum_{i=0}^{\infty} a_i U_{n-i} \quad (1.1)$$

这里使用单位风险价格的原因是，对于波动率很大的时间点，其价格的变化其实并不能够良好的反映出价格趋势的变化，而具有强烈的随机性。因而通过波动率进行标准化处理可以使得对于动量的估计更加准确合理。动量指标的大小代表了金融产品价格变化的趋势，因而对于量化投资决定持有头寸的多少具有重要意义。另外，第  $n-i$  时刻的单位风险价格波动会对于第  $n$  时刻产生权重为  $a_i$  的影响。方程所依据的金融内涵是：距离当前时间点越久远的价格波动对于当前时间点的影响越小，并且一般认为服从指数分布，从而  $a_i$  对应于指数移动平均。而还有一种解释认为当前的价格波动并不能够瞬间影响到动量，而是逐渐的体现出来。这一思路对应于双重指数滑动平均。

假如市场确实存在动量效应和价格波动的时间正自相关性，那么正的动量指标就代表了下一阶段价格有更大的可能性和期望会上升，负的动量指标就代表了价格有更大的可能会下跌。

与此同时，本文假设，动量指标的变化来源于一系列环境因素中的隐变量的影响，例如汇率、利率的变化等，由于影响种类繁多，而且有些隐变量（例如政策的推出、大事件的发生）难以量化，这些隐变量的作用难以全部精确确定，用  $I_{n+1}$  表示，基于此假设，本文采用公式(1.2)代表的模型：

$$V_{n+1} = V_n + I_{n+1} \quad (1.2)$$

$I_{n+1}$  为第  $n+1$  个时间点金融产品受到环境中隐变量的影响。动量指标  $V_n$  和  $V_{n+1}$  是价格变化趋势的表征量。本文认为下一时间的动量指标由当前的动量指标受到隐变量的线性影响所得到。如果能够对于各个隐变量的影响有一定的认识, 那么就能够相应的对于动量指标的变化进行预测, 从而刻画出价格变化的趋势, 并且进一步实现价格预测。

## (二) 参数估计

$V_{n+1}$  表达式的意义在于, 将动量的变化与实际影响的因子结合起来, 认为动量的变化实际是由于一系列隐变量的联合作用, 而信息的不完整和不可知性导致了这些隐变量不能被全部精确建模, 很大程度上只能假设为随机干扰。这里相邻两观测周期动量指标  $V_n$  和  $V_{n+1}$  的关系中, 实际含有下一阶段价格变化, 因而可以通过对于其进一步计算, 对于价格的变化进行理论预测。从该假设出发, 得到:  $I_{n+1} = a_0 U_{n+1} - \sum_{i=0}^{\infty} (a_i - a_{i+1}) U_{n-i}$ , 可以得到关于未来

价格波动的预测:  $U_{n+1} = \frac{\sum_{i=0}^{\infty} (a_i - a_{i+1}) U_{n-i}}{a_0} + \frac{I_{n+1}}{a_0}$ , 也即下一时间的单位风险价格变化由两部分决定。首先是价格变化的趋势: 如果没有外界影响, 这一趋势应当保持不变, 这一趋势由之前时刻单位风险价格变化的线性组合所确定; 另一部分是隐变量影响  $I_{n+1}$ 。这两方面的共同作用的线性累加, 确定出新的价格变化。假如本文定义:  $a'_i = (a_i - a_{i+1})/a_0$ , 以及  $\Gamma_n = I_n/a_0$ 。那么方程就变成了:

$$U_{n+1} = \sum_{i=0}^{\infty} a'_i U_{n-i} + \Gamma_{n+1} \quad (1.3)$$

方程(1.3)表明, 未来的价格波动取决于之前一定时间的价格波动的线性组合以及当前时段的市场消息影响。基于这一结论, 价格下一步的变化来源于  $\Gamma_{n+1}$  的随机性。

假如对于隐变量的影响  $\Gamma_{n+1}$  毫无头绪那么就只能假定其服从均值为 0 的分布, 根据动量指标来厘定投资方案。这样的缺陷在于, 隐变量的波动会带来额外的风险, 甚至严重影响价格的准确预估。事实上, 我们对于价格的隐变量影响  $\Gamma_{n+1}$  其实并不是一无所知, 比如, 汇率、利率会对价格产生影响是可以通过实际市场数据相对精确的建模的, 那么, 如果在投资过程中及早将这些影响考虑进去就能够进一步提高决策的准确性。基于此原理, 本文对  $\Gamma_{n+1}$  进行展开, 认为各个隐变量的影响服从线性性质:

$$I'_{n+1} = \sum_{j=1}^K \beta_j P_j + N_n \quad (1.4)$$

方程(1.4)中  $P_j$  为第  $j$  个已知隐变量的影响, 本文认为全部隐变量的影响是它们的线性累加, 线性系数  $\beta_j$  可以通过数据拟合得到, 具体来说, 针对某一只期货 (或者股票), 通过多元回归方法 (其中  $N_n$  是残差), 利用一定时间内 (例如 100 个观测间隔内) 的  $P_j$ 、 $X_t$  和  $a_t$ , 可以确定上述方程中的各个线性系数  $\beta_j$ , 从而对于之后的价格波动利用新的  $P_j$  进行预测。这样, 假如准备投资一个金融产品, 只需要对其进行一定时间的观测, 一方面计算出动量值, 另一方面根据动量预测的差值回归计算出各个因子对于价格波动的影响。在之后的投资过程

中，就可以利用计算出的影响系数进行预测：
$$\sum_{j=1}^K \beta_j P_j = U_{n+1} - \sum_{i=0}^{\infty} a_i' U_{n-i} - N_n$$
。而同时也

需要注意到，无法对于全部市场信息进行精确建模，存在大量的信息无法及时获取和精确衡量。故而，与已知信息相对的，价格还受到不可知因素  $N_n$  的影响，从而导致价格波动的不确定性。

基于这些假设，价格的变化可以表示为：
$$U_{n+1} = \sum_{j=1}^K \beta_j P_j + \sum_{i=0}^{\infty} a_i' U_{n-i} + N_{n+1}$$
。也就是

说，新的价格波动由过去的价格波动的组合（动量效应）、已知因素影响的线性叠加和未知因素的影响来共同决定。其中，动量效应和已知因素的影响可以通过观测和计算得到，它们可以被用来进行投资策略的厘定。

关于线性系数  $a_i'$  的选取，本文考虑两种不同方案：单重指数移动平均和双重指数移动平均。对于参数为  $p$  的单重指数移动平均，定义： $a_i' = (1-p)p^i$ ，也即  $a_i$  呈指数形式衰减。同时依照一般习惯，定义指数移动平均的特征长度  $N_p = (1+p)/(1-p)$ ，它可以用来衡量动量对于历史数据的参考长度。在单重指数移动平均下，本文有在理论上非常统一的结果， $a_i'$  与  $a_i$  具有同样的形式。事实上，假定  $a_i = (1-p)p^i$  则： $a_i' = (a_i - a_{i+1})/a_0 = (1-p)p^i = a_i$ 。

从形式上来看，当价格波动对于动量的影响为指数性衰减时，在投资策略中相应时段的权重也呈现出指数性衰减。这在实际应用中也很容易理解。消息一经放出，就会有大量投资者获取这一信息，而到当前时段越久远的消息，影响就越小。

另一方面，与 Miffre 和 Rallis（2007）的工作相对应，本文也尝试使用双重指数移动平均方法。也就是说，在投资策略中，取  $a_i$  为两次指数移动平滑之后的结果。从计算上来看，假定两次指数移动平滑的衰减强度为  $p_1$ 、 $p_2$ ，此时， $a_i' = (1-p_1)(1-p_2)(p_1^i - p_2^i)/(p_1 - p_2)$ 。同样的，定义特征长度： $N_{p1} = (1+p_1)/(1-p_1)$ 、 $N_{p2} = (1+p_2)/(1-p_2)$ 。

对于这里的  $a_i'$ ，可以看到，其最大值并不是在  $i=0$  时取到，而是在  $i = \log_{p_1/p_2}(\log_{p_2} p_1) - 1$  附近取到。这样也就是假定，之前当前时刻对于动量的影响不是最高。而是认为之前某一时刻对于动量的影响最大。

这两种方法的区别在于，单重指数移动平均下，当前时间占据最大的权重，而时间越久远，权重就越低。双重指数平均则不然，当前时间不再权重最高，而是之前某时刻具有最大的权重：认为当前时刻所实际对应的动量不能短时间内体现出来，而是有一定的“延迟”。在之后的实验过程中，本文对于两种方式都进行了尝试，得到了相似的结果

### (三) 投资策略的厘定

根据上述对参数的估计，我们的策略如下：
$$\Delta_n = \frac{1}{\hat{\sigma}_n} \psi \left( \sum_{j=1}^K \beta_j P_j + \sum_{i=0}^{\infty} a_i' U_{n-i} \right)$$
。其中，

$\Delta_n$  为第  $n$  到  $n+1$  观测周期中的头寸持有量。 $\psi$  为非线性函数，通过调整非线性性质，可以使得当扰动  $N'_{n+1}$  很大时避免  $\Delta_n$  过大，从而谨慎投资，避免冲击性过程带来的影响，增加收益。

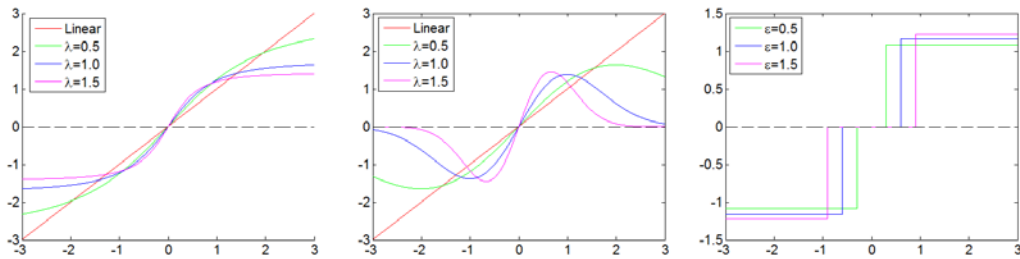
而且当波动率很大时，根据常理，应当降低头寸以避免风险，因而存在  $\frac{1}{\hat{\sigma}_n}$ 。同时，
$$\sum_{j=1}^K \beta_j P_j$$

是本文中引入的隐因子项，相比于 Martin 和 Bana（2012）的结果，更多的信息加入从本质上使得量化投资更加科学和可靠，而不仅仅是单纯的追涨杀跌。而且，本文提出的这一模型

具有很好的普适性。虽然后文中仅仅对于利率和汇率的影响进行了考量，但是该模型具有良好的潜力，可以方便应用于其他影响因子之上。另一方面，由于使用了更多的信息，可以预见的是，哪怕不使用非线性策略，仅仅使用线性项，相比于原模型也可以更好的对价格变化进行预测。

当然，在实际模拟过程中，还需要考虑交易手续费的影响。在后文的模拟过程中，本文针对不同种类的期货合约，加入了真实的交易手续费率，从而使得计算结果更加具有实际意义。

本文使用与 Martin 和 Bana (2012) 类似的三种非线性函数  $\psi$  形式：Sigmoid 函数，反转 Sigmoid 函数以及分段阶跃函数。对于  $\psi$  的选取，主要目的是当观测到的参考值变化过大时候，认为出现异常，避免过度购买或卖出以减小风险。三种函数形式的图像随着参数的变化在图 1 中给出。对于这三种函数形式：



(a) Sigmoid 函数 (b) 反转 Sigmoid 函数 (c) 分段阶跃函数

对于前两种非线性函数，当参数  $\lambda$  为 0 时，函数退化为线性。对于分段阶跃函数，当参数  $\epsilon$  为 0 时，函数退化为阶梯函数。

图 1 三种函数下的投资策略

Sigmoid 函数采用的策略是当观测值过大，则针对同样观测值的变化量降低购买或卖出的份额。也就是说在观测值过大的时候采用相对保守的策略，对于投资额度进行封顶。在参数  $\lambda=0$  时，该策略过渡为线性策略，在参数  $\lambda$  趋于无穷大时，该投资策略过度为阶跃函数，也就是说观测值为正值则进行买入，负值则进行卖出。

反转 Sigmoid 函数则表现的更加激进：当观测值变化过大，迅速清仓以避免风险。该函数的使用代表对于市场的非常不信任，对于风险的强烈厌恶。在观测到强烈动量的时候，该策略认为该动量趋势不可靠，因而避免进行投资。同样，当参数  $\lambda=0$  时，该策略过渡为线性策略。

针对分段阶跃函数，则与之前相反，只有在观测值足够大的时候才进行固定额度的买入或者卖出，这样就从另一种方面限制了风险：当动量效应不够明显时，认为该动量效应可能并不存在，因而避免购买以谨慎投资。在动量效应明显时候，则一下就使用最大投资，认为动量效应是可靠的。当参数  $\epsilon=0$  时，该投资策略过度为阶跃函数。

不同的策略对应市场和金融产品才能有最好的效果。从一般意义上讲，当确定价格将会上升时，投入全部资金，在确定价格将会下跌时，卖出从而获取全部资金，是最佳的投资方案。但实际上无法保证价格的上升或者下跌，投资永远存在一定的风险。这就使得最佳策略的厘定难以捉摸。对于实际市场来说，由于影响因子的复杂性和噪声的广泛存在，真正“最好”的非线性投资策略难以掌握，因而本文尝试使用这三种不同策略，进行全面的分析。



### 三、 实证结果

#### (一) 数据来源和实证方法

为了实证研究非线性动量策略在中国商品期货市场中的应用价值,本文从上海证券交易所、郑州证券交易和大连证券交易所数据库中提取了 2012 年中,全部 660 只商品期货合约的高频价格信息(每分钟价格,不同合约具有不同的开始日和结算日期,合约范围包含从一周到一整年)。本文首先沿用国际股市数据的研究方法,对应中国期货市场的特殊情形,探究在线性动量效应在什么尺度范围内存在。更进一步的,本文探究非线性购买方法对动量效应的影响。通过对于非线性动量交易策略的模拟,本文遍历参数空间,研究非线性参数对于夏普比率、实际期望收益和方差的作用。之后,针对提出的模型,本文对于特定市场刺激事件,例如利率、汇率的发布,研究该事件对于期货价格的影响趋势,以期进一步理解动量效应在实践中的作用。与此同时,本文针对不同行业进行分别研究,探索不同行业动量效应的差别。最后,我们使用 2013 年数据进行样本外测试来验证结果。

#### (二) 动量效应在中国期货市场中的存在尺度

非线性动量策略是基于线性动量策略的延伸和改进,因而在进一步讨论非线性动量交易策略之前,本文通过计算线性动量交易策略的平均盈利来考察动量效应的存在范围。动量效应的存在与否是有限制的,主要取决于对于过去市场的考察时间(指数移动平均的参数  $a_n$ ),执行动量策略的时间  $T$  以及观测的时间间隔  $t$ 。之前其他研究者的相关工作中,由于计算能力的匮乏,仅仅使用了少数几个参数进行估计和验证。例如 Chan 等(1996)以及 Rouwenhorst (1998) 仅仅在 6 个月的尺度上进行了实验。这样的研究方法严重依赖于研究者的直觉,而且缺乏对于临近时间点的考量,结果可能不具有稳定性。也没有能够指出动量效应存在的相对精确范围。

与他们的研究方法不同,通过使用计算机辅助工具,本文用穷举法一一尝试所有可能的参数配置。本文对于整个参数空间进行了精细的考量,取观测时间间隔 10 分钟的增量,持有时间采用 1.02 倍的指数增长进行考量。这样精确的计算不但可以确定动量效应的存在范围,确定动量效应的强度变化,也可以使得投资者更加自信,相信在一个相对大范围区间内动量效应的存在性,而不会对于各个变量过于敏感。另一方面,从尺度上来说,本文采用了从 1 分钟到全年的大规模计算,从而对于动量效应的存在范围有更详尽的解释。

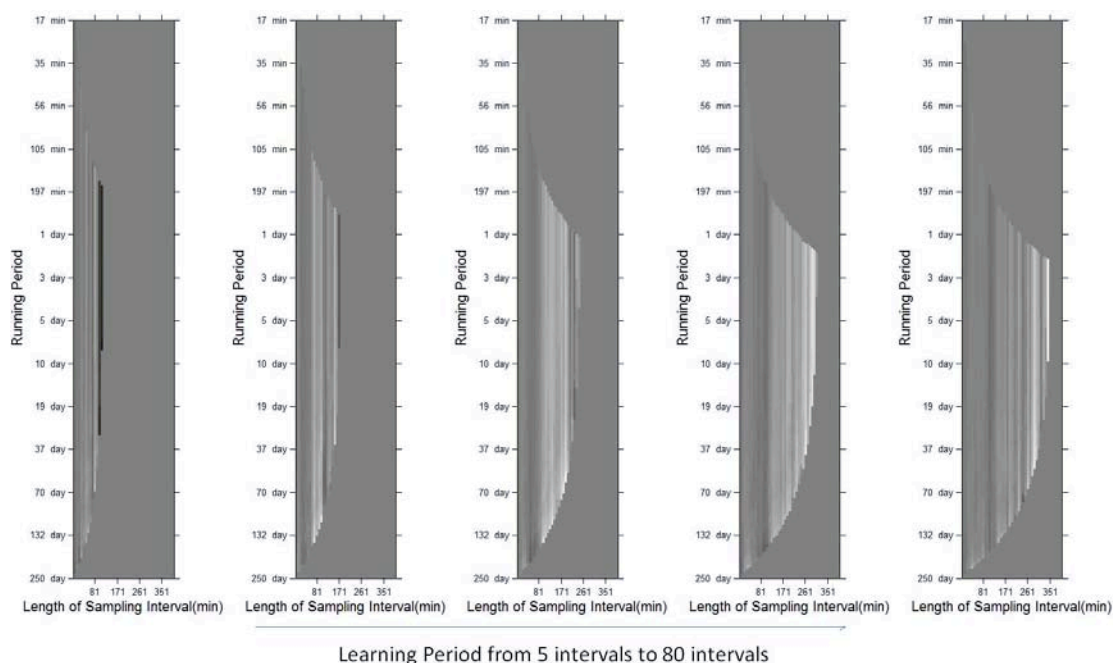
由于动量效应的建立需要时间,以及邻近交割日的剧烈变动,对于这 660 只商品期货合约的高频价格信息,我们不考虑合约开始的前 2 个小时和结束前 10 天的数据。由于拥有以分钟为单位的高频数据,本文考察的观测时间间隔周期为 1 分钟到 2 天(每天交易时间为 224 分钟)。对于策略执行时间本文计算了从 1 分钟到整个 1 年的不同取值。同时本文枚举了从 5 个周期到 80 个周期的指数移动平滑时间特征长度。不同的指数平滑长度对应于不同长度的对过去市场的考察时间,采用的长度越长,就越趋向于价格的大规模整体变化,忽略局部效应。

在计算过程中,本文考虑了真实的手续费数据,并且计算出线性动量策略下的平均收益(图 2)、平均年化收益(图 3)和夏普比率(图 4)。在图 2、3 和图 4 中,为了描绘出动量效应的存在区间,本文绘制了线性动量交易策略(取  $\psi(x)=x$ 、 $K=0$  即采用线性策略,而且只考虑动量因素)产生收益的平均收益、平均年化收益、夏普比率的对应图像。由于最终收益

有可能为负数（亏损），这里本文将盈利（正收益）部分绘制为亮色区域，将亏损（负收益）区域绘制为暗色（对于夏普比率，同样将负值绘制为暗色）。

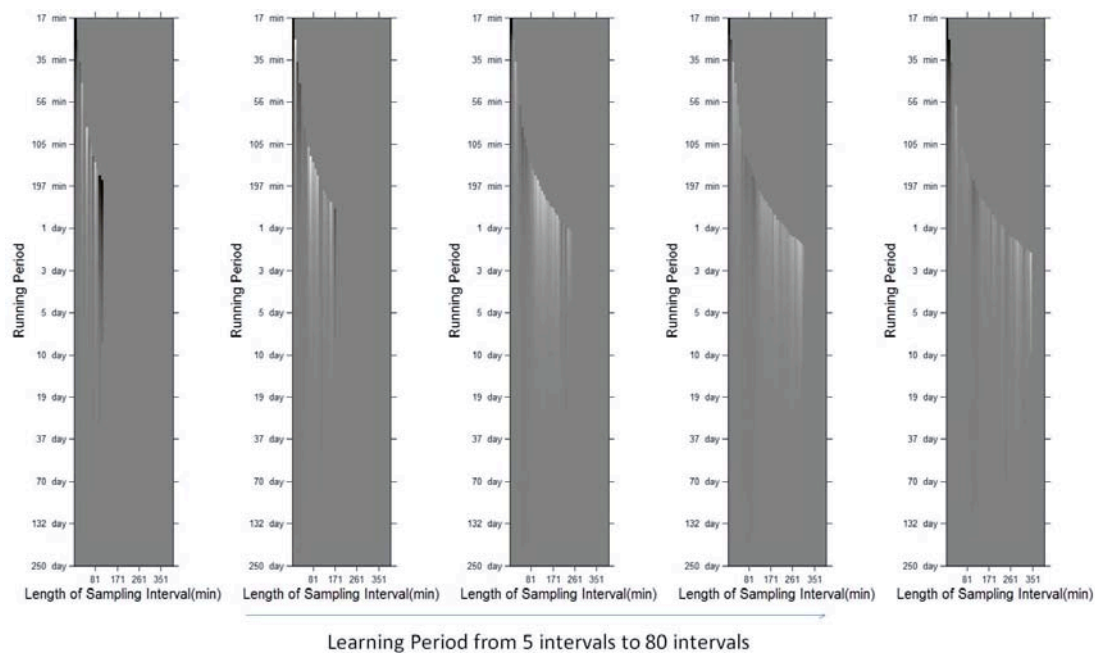
颜色的亮暗代表了收益的多少。亮色部分亮度越高，说明收益越高；暗色部分亮度越低说明亏损越大。这里本文主要考察动量效应在中国商品期货市场的存在区间，定性的观察动量效应存在的盈利区域的位置和大小。

从图中可以看出，当观测时间间隔为一到三个小时，有足够的时间进行历史价格趋势的学习（20 个周期以上）时，中国商品期货市场中可以观测到明显的动量效应。虽然平均收益随着策略执行时间增长有所增长，但是这一增长太小，以至于相应年化收益下降。然而，如果片面追求平均收益，则会导致相应的夏普比率不高，风险相对较大。以上结论也符合一般的市场规律和套利空间的一般规律，动量投资策略从本质上来说是期望达到一种套利，而从实验结果也可以看出，采用动量投资策略不适合长时间持有和投资，而仅仅能够在短时间内带来可观的利润。



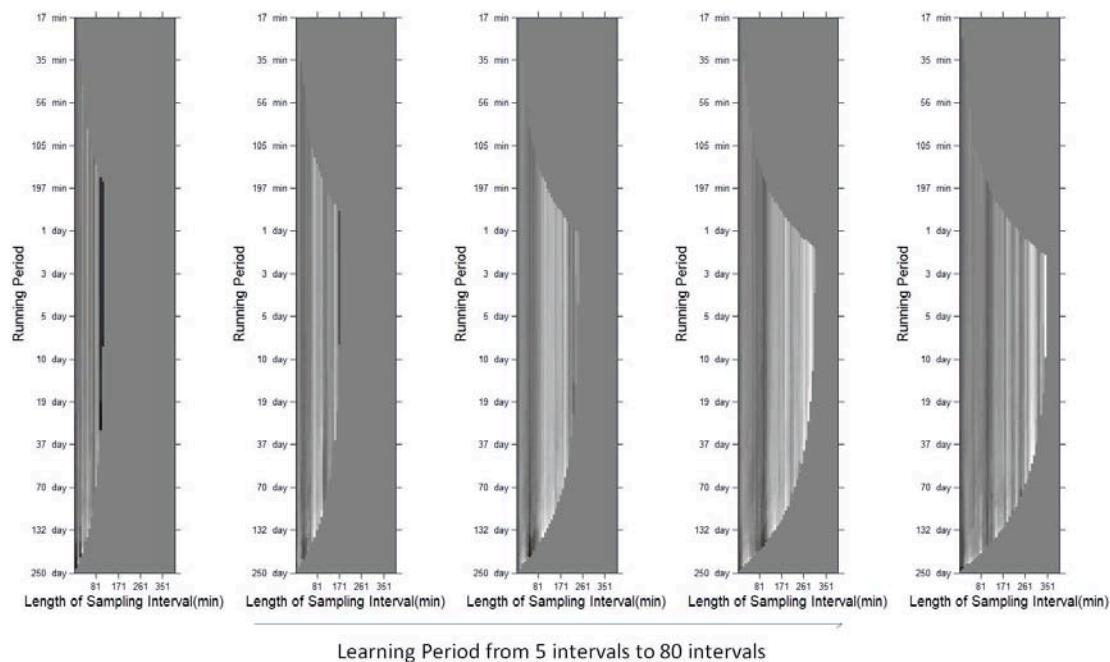
从左到右分别使用 5、10、20、40、80 个观测周期进行指数移动平滑。亮色区域为盈利区域，即有存在动量效应；暗色区域为亏损区域，即存在反向动量效应。颜色的亮度代表盈利与亏损的多少，灰色大面积部分为 0 收益。可以看到，观测采样间隔为 80 到 180 分钟，持有时间为 1 天以上，指数移动平均取 20 到 40 个观测周期时存在明显的动量效应。

图 2 线性动量策略下的平均收益



从左到右分别使用 5、10、20、40、80 个观测周期进行指数移动平滑。亮色区域为盈利区域，即有存在动量效应；暗色区域为亏损区域，即存在反向动量效应。颜色的亮度代表盈利与亏损的多少，灰色大面积部分为 0 收益。可以看到，平均收益的增加过于缓慢，以至于年化平均收益随着持有时间增加（y 方向向下）而减少（亮色亮度降低）。

图 3 线性动量策略下的平均年化收益

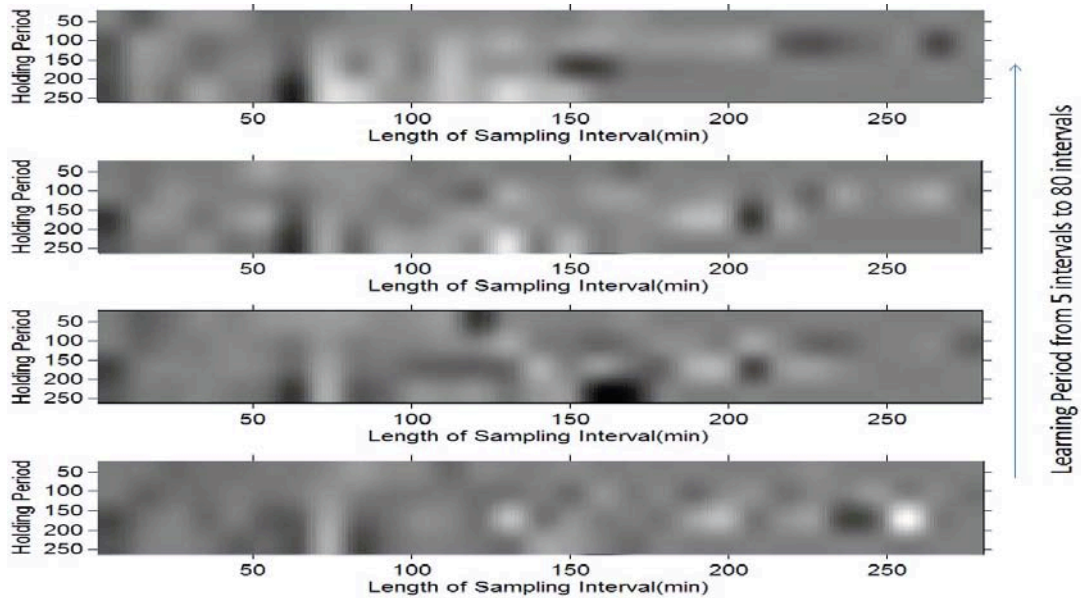


从左到右分别使用 5、10、20、40、80 个观测周期进行指数移动平滑。亮色区域为盈利区域，即有存在动量效应；暗色区域为亏损区域，即存在反向动量效应。颜色的亮度代表盈利与亏损的多少，灰色大面积部分为 0 收益。可以看到，随着持有时间增加（y 方向向下），夏普比率有所升高（亮色亮度增加）。

图 4 线性动量策略下的夏普比率

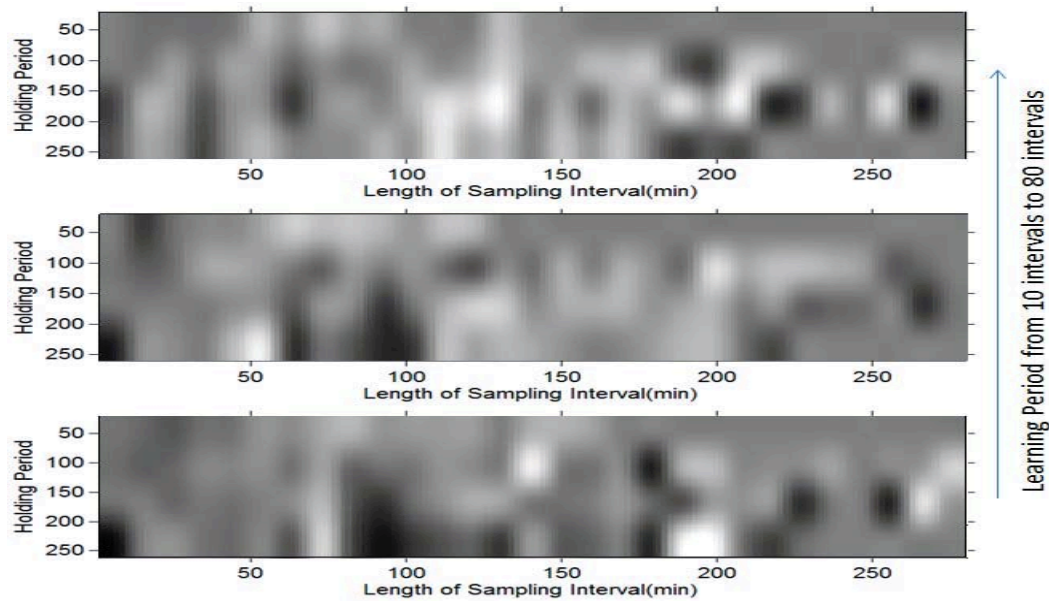
同时，从图中可见，亏损部分极少，也就是说在整体市场范围内，按照动量投资策略整体上都是能够实现盈利的，这也就更进一步表明了动量策略在中国商品期货市场的使用价

值。而且，动量策略的盈利部分在很大一片区域上存在，这代表着动量策略的盈利并不会对于各个参数非常敏感。这对于投资者来说更加有利。



从下到上分别考察过去市场上 10、20、40、80 个观测周期中的价格走势。亮色区域为盈利区域，即有存在动量效应；暗色区域为亏损区域，即存在反向动量效应。颜色的亮度代表盈利与亏损的多少。

图 5 单重指数移动平均下动量效应的存在尺度



从下到上分别考察过去市场上 10、40、80 个观测周期中的价格走势。亮色区域为盈利区域，即有存在动量效应；暗色区域为亏损区域，即存在反向动量效应。颜色的亮度代表盈利与亏损的多少。

图 6 双重指数移动平均下动量效应的存在尺度

同时，为了研究不同指数平滑策略所造成的影响，本文取持有时间为 20 到 300 个观测周期，对过去市场的考察时间为 5 到 80 个观测周期，采用单重指数平滑策略和相应的双重指数平滑策略，模拟计算出夏普比率。通过分别使用这两种平滑策略，本文得到图 5 和图 6 中的结果。为了坐标尺度上的统一，这里在持有时间上，使用的是观测周期数作为单位。当观测间隔较大、持有间隔数也比较多时，会造成数据溢出，即数据观测数目不足，这部分区域为图 5 和图 6 中右下角暗色部分。同时，为了将单重指数平滑和双重指数平滑的参数相对

应，本文对单重指数平滑进行了相比较于双重指数平滑更多一层的平滑区间测试。

从计算结果可以看出，单重指数移动平均和双重指数移动平均在平滑范围一致时，并没有大的结果差别。因此在后文中，本文采用单重指数平滑方式进行进一步研究。

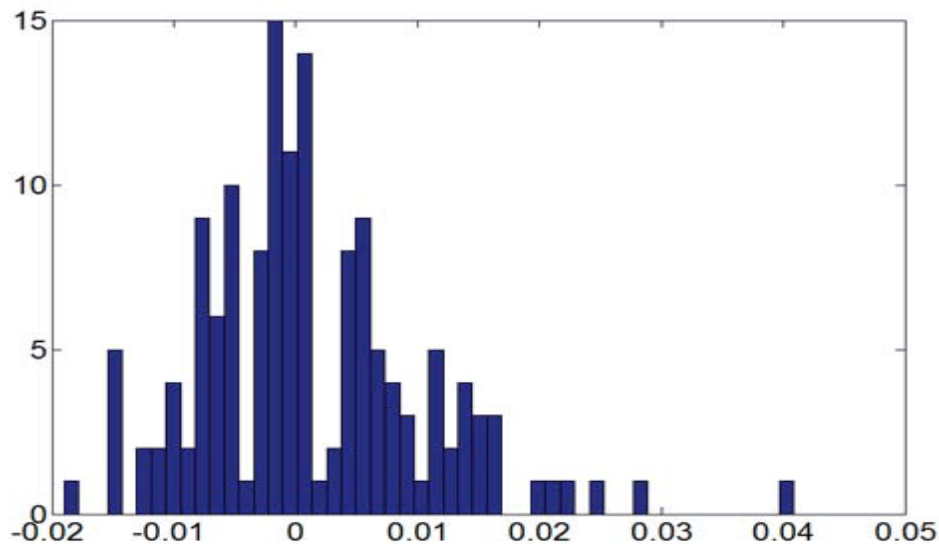
### (三) 非线性动量策略在长期持有期的应用

基于以上分析配置，本文研究非线性动量策略对于这 660 只期货合约的影响。本文对于不同期货合约所能得到的收益进行统计，计算其能带来的平均收益、标准差和夏普比率。对于之前提到的每一种非线性函数，本文对其参数空间进行遍历，做出参数相对于年化平均收益、标准差和夏普比率的图像。这里，我们对于模型参数采用从 0 开始，以 0.1 为增量到 3 的范围进行计算，在该范围内，各个函数都能够良好的展现出非线性性质的各种变化，从而使得描摹更加精确。

在本节中，我们取观测时间间隔为 2 小时，策略持续 50 天，指数平滑为 40 个周期。在这样的配置下，从图中可以看出，期货市场呈现明显稳定的动量效应和相对较高的夏普比率。

图 7 是非线性动量交易策略下，期货合约收益的典型分布图，从图中可以看出合约收益的分布具有明显的正峰度。这也就是说，采用该策略进行投资，有更大的可能性实现收益，对于风险厌恶者来说，这也是一大有利之处。

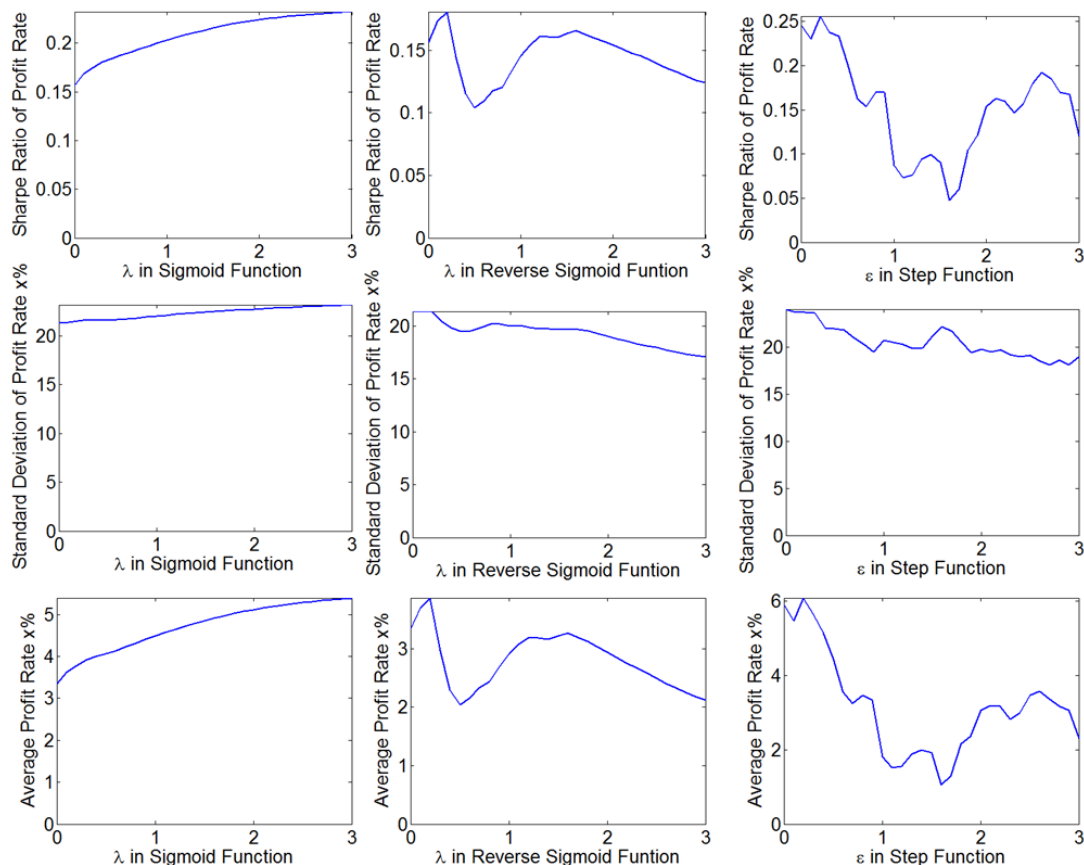
图 8 为上文提到的三种非线性函数作用下，夏普比率和年化平均收益随着函数非线性性质的变化而变化。注意到，Sigmoid 函数和反转 Sigmoid 函数在参数为 0 时的夏普比率和收益即为线性动量交易策略下的夏普比率和收益，即夏普比率 0.15，年化平均收益为 3.4%。从图中可以看出，适当的非线性性质确实能够提高夏普比率和平均收益，这体现在每一夏普比率图像中的最高点都高于线性条件下的 0.15；对应的平均收益也高于 3.4%。最高夏普比率达到 0.25，最高年化平均收益达到 6%。另外需要注意的是，这里的时间尺度是为了实现低风险的获利而设置的。



对于给定非线性函数 Sigmoid 函数、持有时间为 50 天、观测间隔为 2 小时条件下，期货合约模拟平均收益（非年化）的分布，从图中可以看出该分布具有正的峰度。也就是说采用该策略进行投资有更大的可能性获得盈利而非亏损。

图 7 期货合约模拟平均收益（非年化）的分布





三种不同非线性函数（左中右依次为 Sigmoid 函数、反转 Sigmoid 函数、阶梯函数）对应的夏普比率、标准差和年化平均收益（上中下）。Sigmoid 函数和反转 Sigmoid 函数在参数为 0 时的夏普比率和收益即为线性动量交易策略下的夏普比率和收益，即夏普比率 0.15、平均收益为 3.4%。从图中可以看出，适当的非线性性质确实能够提高夏普比率和平均收益，这体现在每一夏普比率图像中的最高点都高于线性条件下的 0.15；对应的平均收益也高于 3.4%。最高夏普比率达到 0.25，最高平均收益达到 6%（阶梯函数时取得）。

图 8 三种非线性函数的夏普比率、标准差和年化平均收益

基于之前的结论，假如缩小持有时间，在一定程度上牺牲夏普比率的情况下，可以进一步提高平均年化收益。

针对不同的非线性函数，可以看出：（1）对 Sigmoid 函数来说，当参数增加时候函数趋向于阶跃函数，同时能得到更好的夏普比率和平均收益，但是整体上来看收益呈现出稳定的随着参数增加而增长；（2）对于反转 Sigmoid 函数来说，过度的非线性性质反而不利于收益决策；（3）对于分段阶跃函数，则由于其跳跃的性质，图像非常复杂不稳定，不过依然在靠近阶跃函数的情况下实现。

结合之前的讨论，可以得到以下结论：首先，体现在靠近阶跃函数时，非线性动量策略取得最优值。这代表着使用指数移动平滑对于动量效应的估计是准确的，不需要设置高阈值（像分段阶跃函数那样）来避免动量观测值较低时噪声的影响。这就表明在 50 天的尺度上，动量效应对中国商品期货市场的整体把握是稳健的。其次，不需要在观测动量值很大的时候过于谨慎保守，这体现在反转 Sigmoid 函数并不能够实现更高的收益，也即在该尺度上中国商品期货市场受到不可知因素的影响并不会导致动量值的大幅度估计偏差，这对于投资者来说是有利的。更进一步，随着年化收益的提升，标准差也在增加，这表明高利润获得伴随着高风险。同时夏普比率的增加表明利润的升高相对于风险而言是更快更有利的。以上结论表明在 50 天尺度下依照动量效应进行投资是一种稳健有效的投资手段。

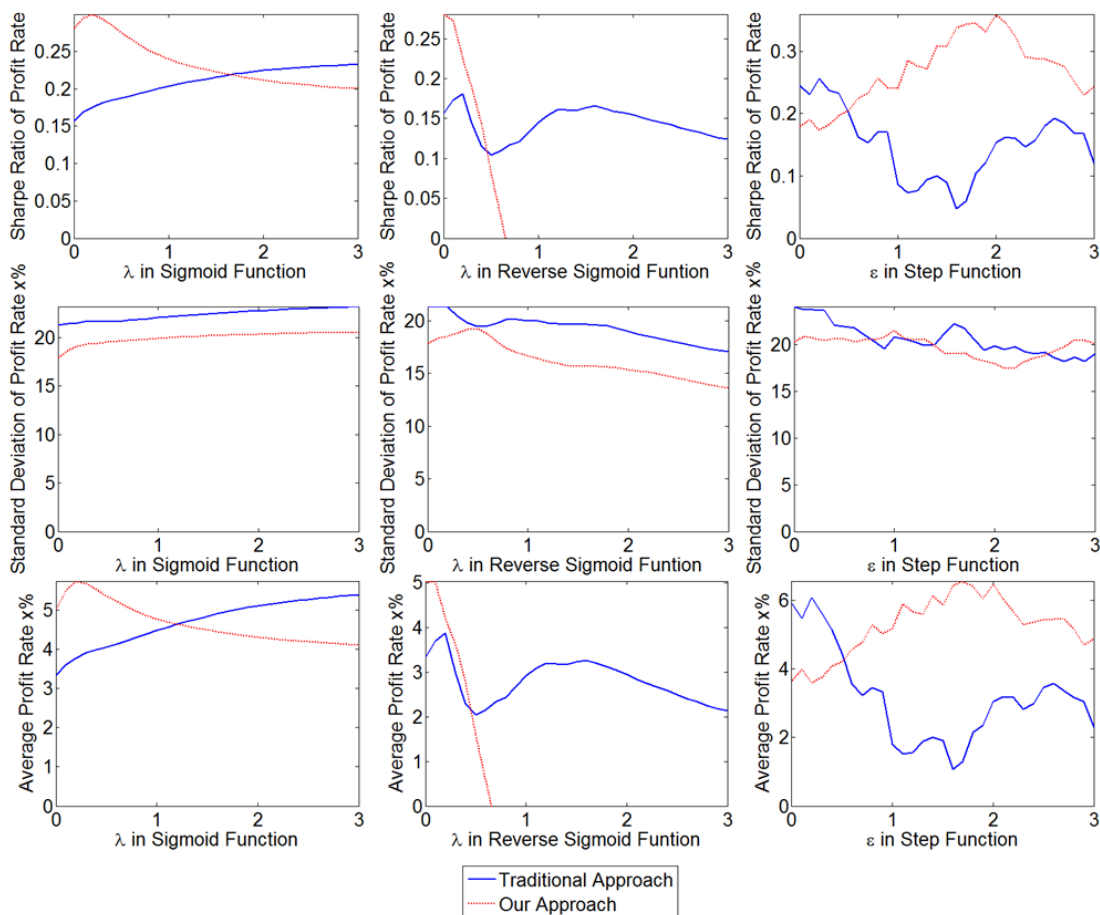
## (四) 非线性动量策略对特定刺激的响应

本文提出的模型主要贡献在于引入了其他已知变量的影响。在本文中，我们考虑汇率、Shibor 利率和 Libor 利率的影响。为此，我们使用了 2012 年中每日人民币对美元汇率、Shibor 利率和 Libor 利率的数据。由于这三种数据都是每天放出，本文中假定其影响在当天是恒定的，并且正比于其变化量。这里，由于时差关系，Libor 利率实际对应于前一天的结果。据此，本文针对每一个期货合约中前 100 个时间间隔进行线性拟合，计算出对应变量影响的权重，将之应用到之后的时间中，利用之前给出的策略，模拟计算得到新的夏普比率和平均收益。我们同时考虑不同非线性参数对于策略平均收益和夏普比率的影响，得到图 9。

从图中可以看出，本文提出的模型显著提高了所能达到夏普比率的最优值。对于 Sigmoid 函数和反转 Sigmoid 函数，本文的模型在更加接近线性的条件下取得最优值，这是因为这一模型考虑了更多的因素，因而相对激进的方案就能够取得更好的收益。整体上来看，本文提出的模型能够达到的最高夏普比率高达 0.34，比线性动量策略的 0.15 翻了一倍，比非线性动量策略的最高值 0.25 提高了 36%，平均收益达到了 6.3%（年化收益）。

以上结果表明，在 50 天的动量存在尺度下，本文提出的模型能够大幅度的降低标准差，从而提高夏普比率。同时，平均收益也有一定的提升。这是因为该模型考虑了更多的因素影响，因而对于市场规律有更精确的把握。从不同非线性函数来看：（1）对于 Sigmoid 函数，其收益走势与不考虑多因子时不同，而标准差走势保持一致。这说明考虑更多的影响因素时，接近线性的投资就能够获得良好的收益，这另一方面也是因为参数拟合的结果是在线性范围内考虑，在非线性情况下适用性降低。（2）对于反转 Sigmoid 函数，同样是在线性情况下获得最佳收益。当参数过大时，多因子的建模被反向抑制，本来应当增加头寸的时候由于策略过度谨慎，反而减少头寸，这就导致了收益的降低。（3）对于阶梯函数，当参数较大时，能够有更高的收益和夏普比率。这是因为 50 天的时间过长，多因子拟合的模型适用性在阶段后期降低，这就带来了一些噪声影响。通过控制较大的参数能够有效避免噪声影响收益。

从以上结论可以看出，当加入多因子影响时，非线性动量策略依然有着比线性动量策略更高的收益和夏普比率，而且相比较于加入多因子之前的模型，更多的信息带来了更好的预测和更优的结果：它能够大幅度降低风险（标准差），同时提高收益和夏普比率。



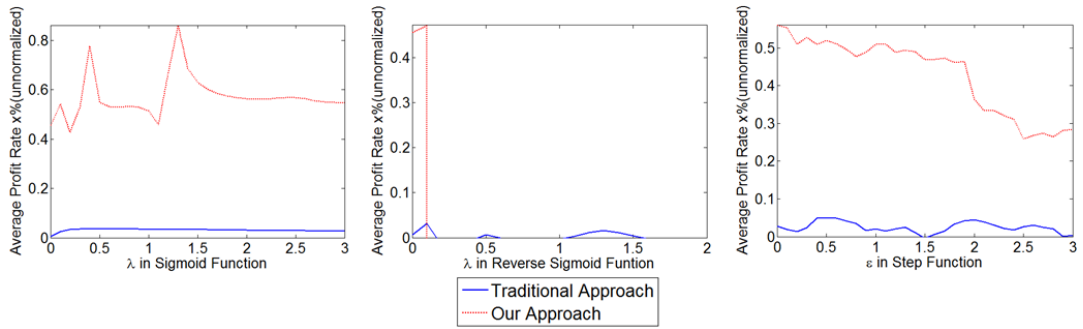
采用三种不同非线性函数（左中右依次为 Sigmoid 函数、反转 Sigmoid 函数、阶梯函数），本文提出的含有其他因子的模型（红色虚线）相对于传统动量策略的夏普比率、标准差和年化平均收益（上中下）的比较。可以看到在每种函数的情况下，本文提出的模型策略能达到更高的夏普比率和年化平均收益，而且具有更低的标准差。本文提出的模型能够最高夏普比率高达 0.34（阶梯函数），比线性动量策略的 0.15 翻了一倍，比非线性动量策略的最高值 0.25 提高了 36%，年化平均收益达到了 6.3%（阶梯函数）。

图 9 三种非线性函数与传统动量策略的比较

## (五) 短期非线性动量策略

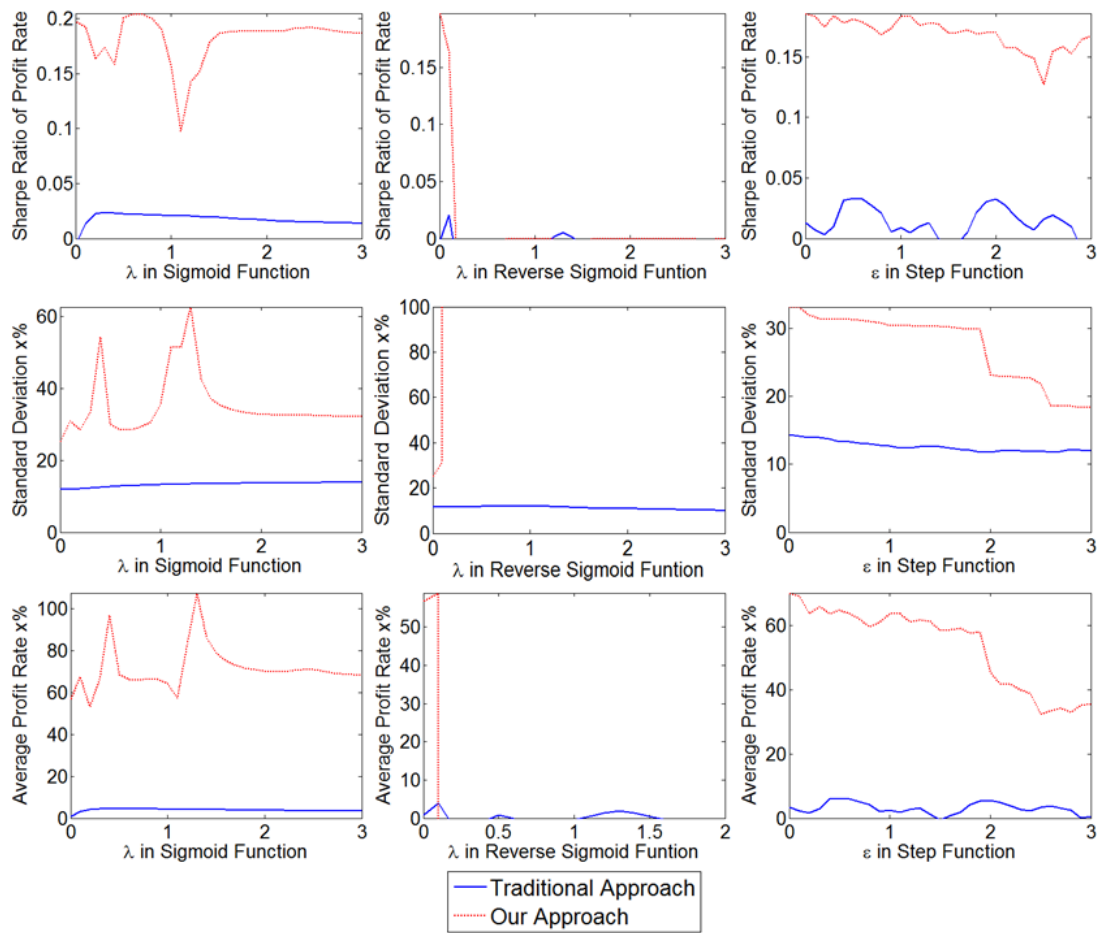
考虑到中国期货市场异常活跃，以及从图 3 中可以看出的随着持有时间年化收益递减的规律，我们进行进一步探索短持有时间情况下，非线性策略的效用和隐因子的影响。本文考虑观测时间间隔为 2 小时，策略持续 2 天，指数平滑为 20 个周期的短期非线性动量策略。相应的，针对三种不同非线性函数，本文计算出参数空间中的平均收益（图 10）、年化平均收益、标准差和夏普比率（图 11）。从图中可以看到，短期内采用合适的非线性函数并且考虑已知信息的影响，将能够大大提高年化平均收益（在 Sigmoid 函数（左下）中，从 6% 左右提高到 100%）和夏普比率（在 Sigmoid 函数（左上）中，从 0.03 左右，提高到 0.2），甚至将夏普比率提高到接近长期投资的水平。这一方面是由于短期投资中本身年化平均收益较高，另一方面也是由于短期内，针对已知因素的影响，之前拟合得到的参数能够得到更好的保持。长期条件下，由于环境因素的复杂性和宏观因素的改变，少数几个参数的影响被大大降低。





采用三种不同非线性函数（左中右依次为 Sigmoid 函数、反转 Sigmoid 函数、阶梯函数），短期非线性动量策略投资的平均收益（非年化）。红色虚线是我们提出的含有其他因子的模型。从图中可见，采用合适的非线性函数并且考虑已知信息的影响，将能够大大提高平均收益（在 Sigmoid 函数（左）中从 0.06% 左右提高到 0.82%）。

图 10 短期非线性动量策略投资的平均收益（非年化）

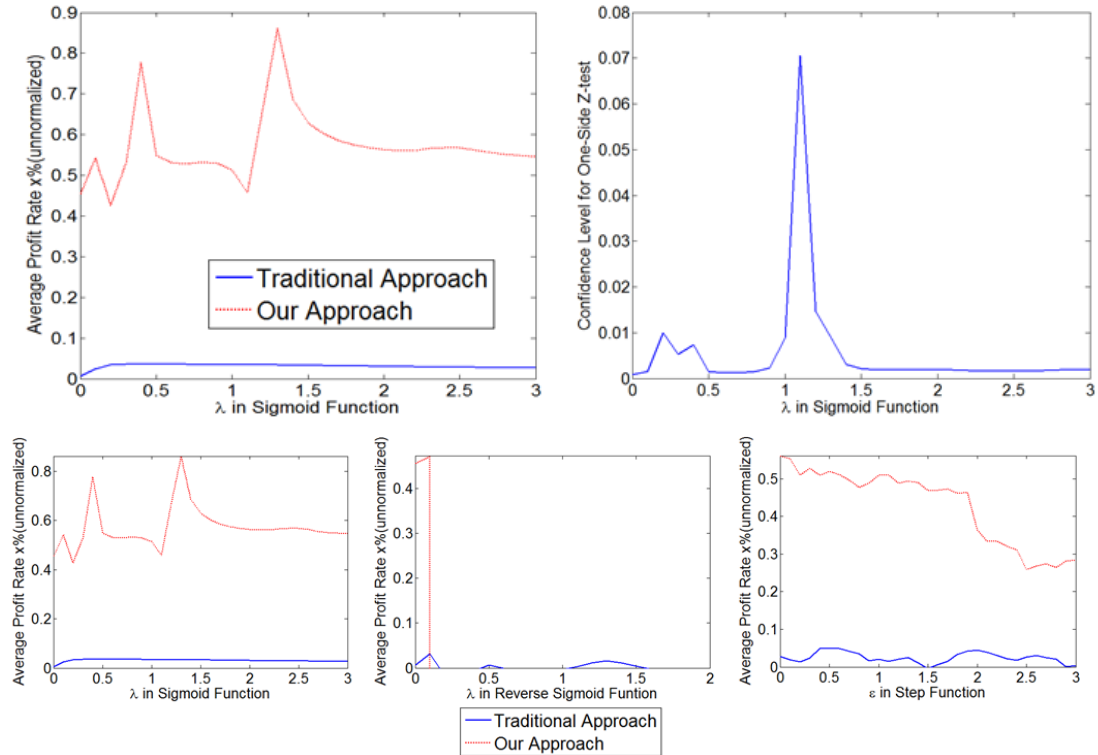


采用三种不同非线性函数（左中右依次为 Sigmoid 函数、反转 Sigmoid 函数、阶梯函数），短期非线性动量策略投资的夏普比率、标准差和年化平均收益(上中下)。红色虚线是我们提出的含有其他因子的模型。从图中可见，本文的模型可以大大提高年化平均收益(在 Sigmoid 函数（左下）中，从 6% 左右提高到 100%)和夏普比率（在 Sigmoid 函数（左上）中，从 0.03 左右，提高到 0.2）。

图 11 短期非线性动量策略与传统因子模型比较

从以上结果可见，在短期内，多因子的影响十分剧烈。这是由于在短期内，多因子拟合所找到的参数规律能够更好的保持，因而极大的提高了收益的期望。针对三种不同的非线性函数，可以看到：（1）对于 Sigmoid 函数，与不加入多因子项的情况不同，收益情况随着非线性参数变化而更加复杂。这是因为短持有时间情况下，收益具有强烈的不确定性，而且众多因素的影响，例如价格单位的取整，都会对于结果造成影响，导致价格波动的不规则分布，

从而造成图中所展现出的多个极值。(2) 对于反转 Sigmoid 函数，由于该函数对于多因子效应持非常不信任的态度，当非线性稍微增强，该函数就倾向于使用与多因子模型相反的策略，从而导致了收益的降低。(3) 对于阶梯函数，由于短时间内多因子的拟合结果相对比较准确，噪声影响很小，因此在参数趋于 0，也就是趋于阶跃函数时，取得最优值。



对于短期非线性动量策略投资平均收益（左）的单边 Z 检验（右），图中可以看到，在很优的置信度水平（普遍小于 0.01）条件下，本文提出的模型在短期非线性动量策略下有更优异的表现。

图 12 Z 检验

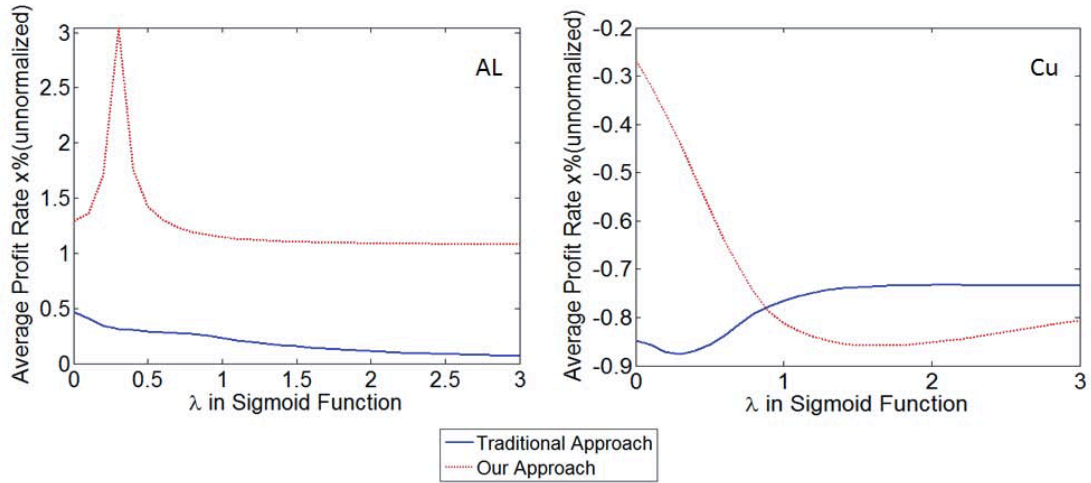
从整体上来看，多因子模型在短期内大大提高了动量策略的收益和夏普比率，虽然 0.2 的最高夏普比率依然相比较于长时间持有的最好结果 0.34，有所下滑，但是 0.83% 的平均收益和高达 100% 的年化平均收益对于风险偏好的投资者来说，是非常有吸引力的。可见，在短期内，本文提出的策略能够起到良好的风险杠杆作用。

对于计算结果，本文进行了单边 Z 检验，从图 12 中可以看出，在置信度水平为 0.07 的条件下，无论取任何函数参数值，本文给出的参数拟合方法都优于传统的非线性动量方法。在置信度水平为 0.01 的条件下，参数拟合方法的最优值显著优于传统非线性动量策略。

## (六) 基于行业的动量策略分析

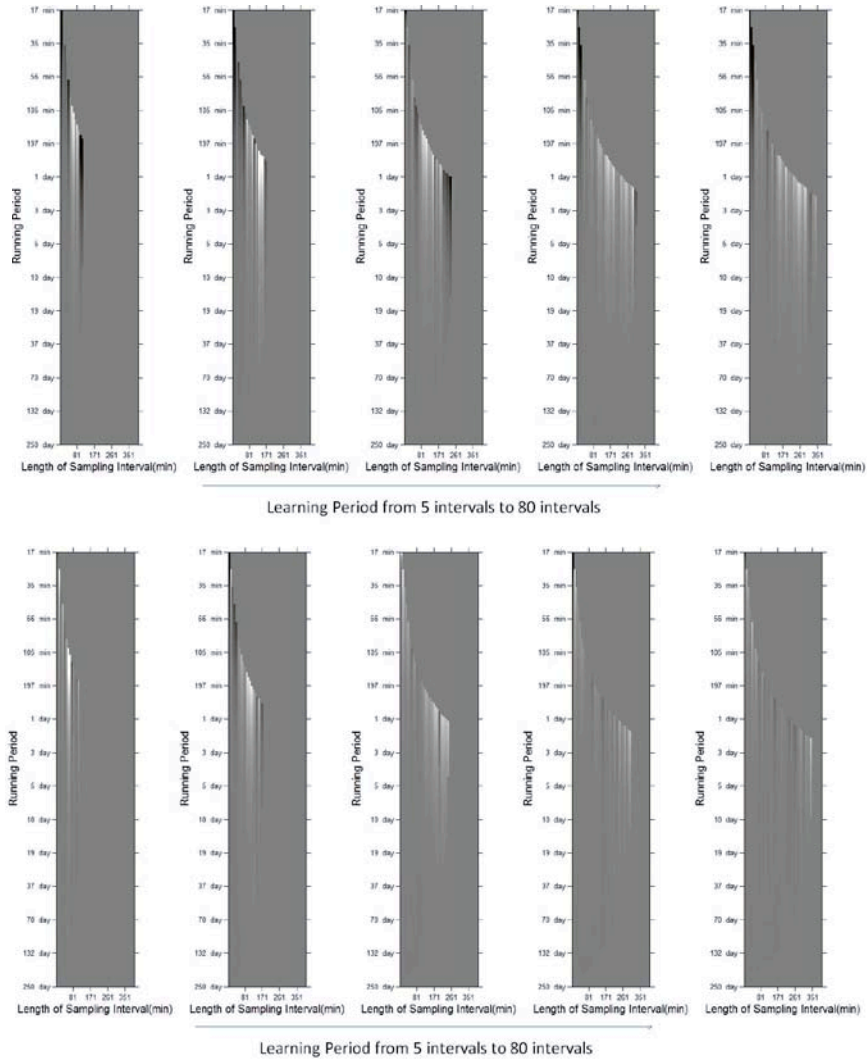
上面所做的所有分析都是基于整体期货市场的讨论。另一个亟待讨论的话题是，当实际对某个行业进行投资时，整体市场的结论是否具有参考价值。事实上，本文对于所有 35 种商品期货进行了分析，发现大部分期货都服从相近的动量效应（图 14、15）少数商品期货呈现出短期内的动量效应，比如 JM；或者反转动量效应，比如 Cu（图 16）。

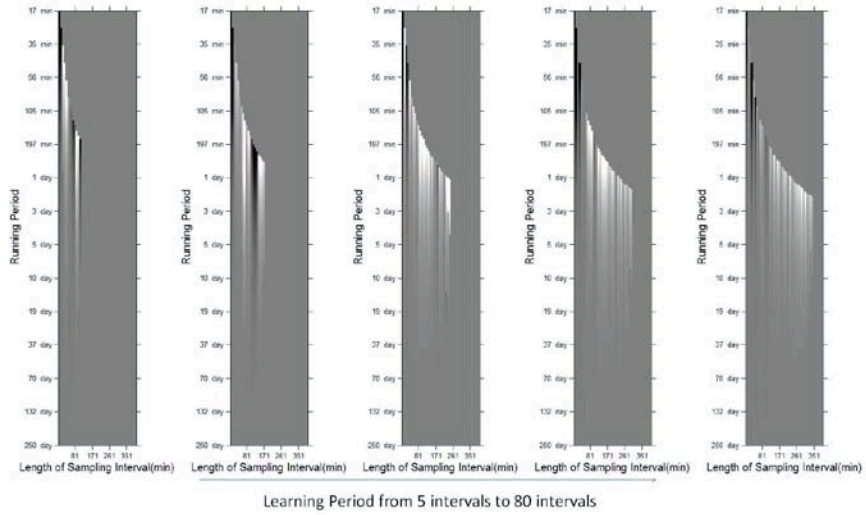
通过对于动量效应（AL）和反转动量效应（Cu）的观察（图 13），可以看到，本文提出的已知因素拟合方法在两种情况下都能起到增加收益（动量效应）和减少损失（反转动量效应）的作用。



红色虚线是本文提出的含有其他因子的模型。从图中可以看到，本文提出的模型在动量效应存在的情况下能够增加收益，收益最大值从0.5%增加到3%；对于反转动量现象，本文提出的因子模型能够减小损失，损失从0.75%降低到0.3%。

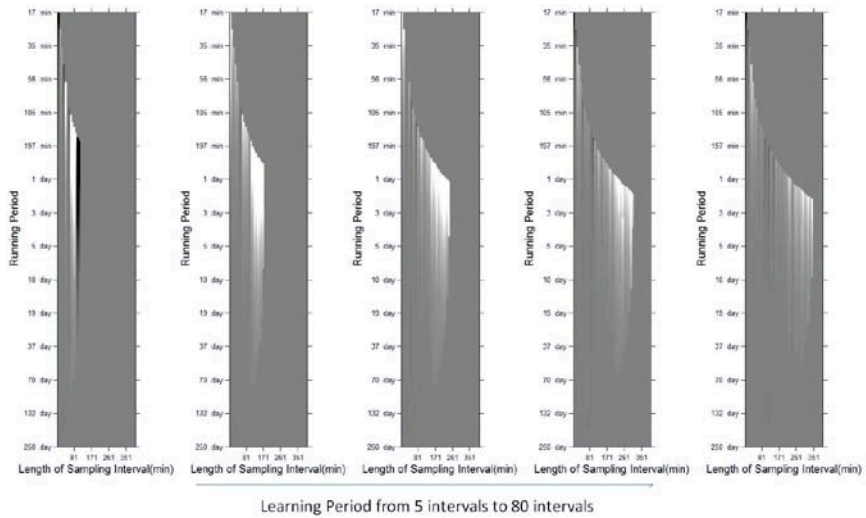
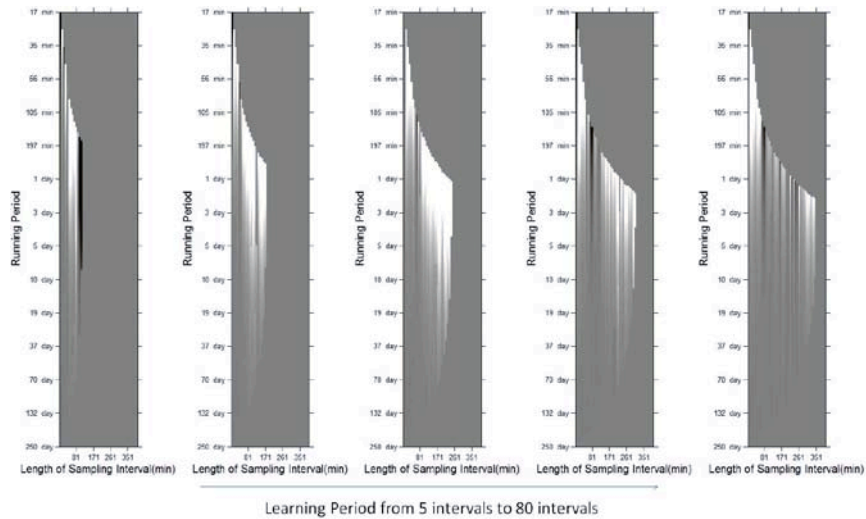
图 13 AL（动量效应，左）和 Cu（反转动量效应，右）的平均收益（非年化）。

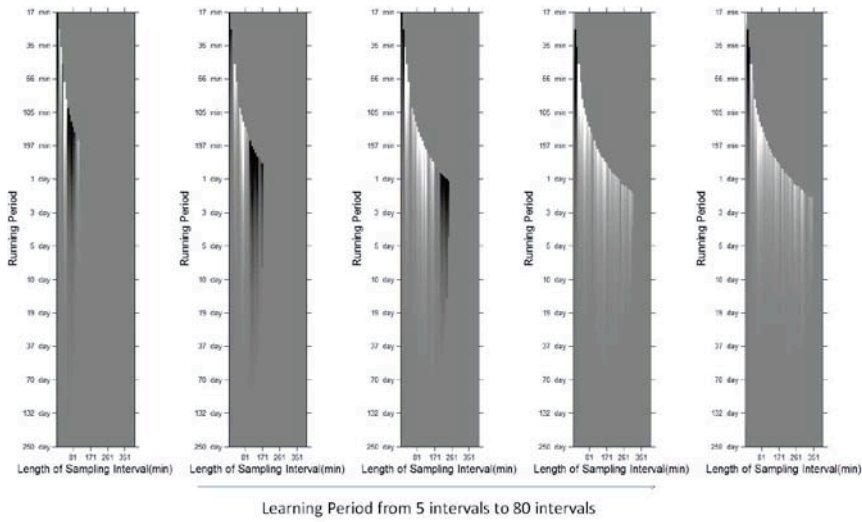




自上往下依次为，线性动量策略下 A、AL、P 的年化平均收益。从左到右分别使用 5、10、20、40、80 个观测周期进行指数移动平滑。亮色区域为盈利区域，即有存在动量效应；暗色区域为亏损区域，即存在反向动量效应。颜色的亮度代表盈利与亏损的多少，灰色大面积部分为 0 收益。从图中可以看到，各个行业的动量效应存在区域呈现出高度的一致性。

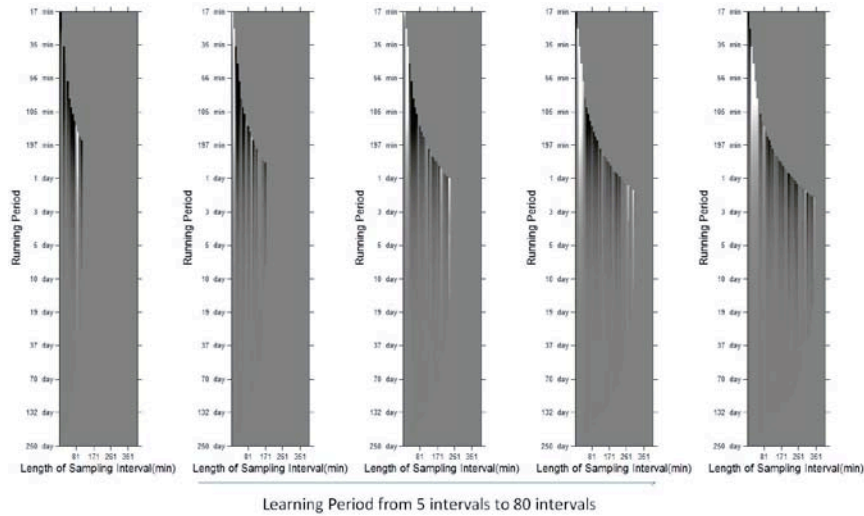
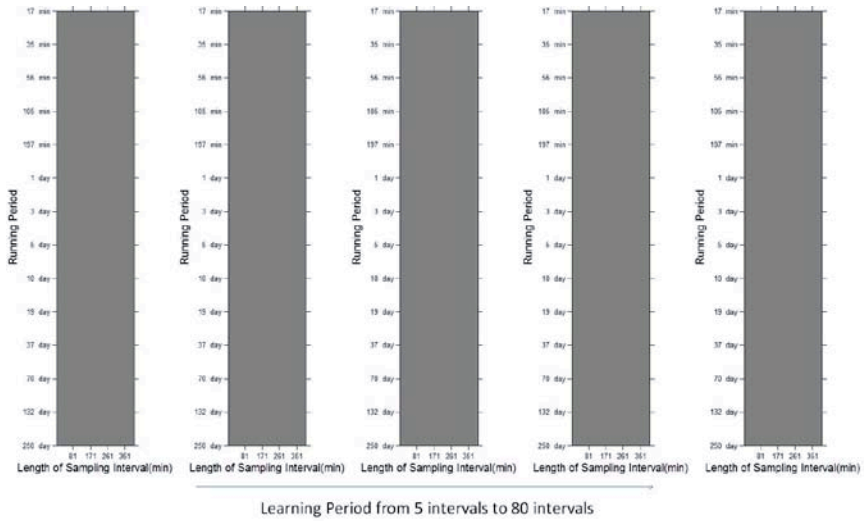
图 14 线性动量策略下，A、AL、P 的年化平均收益





自上往下依次为，线性动量策略下，J、RB、Ws 的年化平均收益。从左到右分别使用 5、10、20、40、80 个观测周期进行指数移动平滑。亮色区域为盈利区域，即有存在动量效应；暗色区域为亏损区域，即存在反向动量效应。颜色的亮度代表盈利与亏损的多少，灰色大面积部分为 0 收益。从图中可以看到，各个行业的动量效应存在区域呈现出高度的一致性。

图 15 线性动量策略下，J、RB、Ws 的年化平均收益



自上往下依次为，线性动量策略下，JM、Cu 的年化平均收益。从左到右分别使用 5、10、20、40、80 个观测周期进行指数移动平滑。



平滑。亮色区域为盈利区域，即有存在动量效应；暗色区域为亏损区域，即存在反向动量效应。颜色的亮度代表盈利与亏损的多少，灰色大面积部分为 0 收益。从图中可以看出，这两个行业与其他有显著差异。

图 16 线性动量策略下，JM、Cu 的年化平均收益

从图 16 中可以看到，本文提出的模型在动量效应存在的情况下能够增加收益，收益最大值从 0.5% 增加到 3%；对于反转动量现象，本文提出的因子模型能够减小损失，损失从 0.75% 降低到 0.3%。

从图 14、15 可以看到，大部分商品期货的动量效应存在区域呈现出高度的一致性。这是由市场整体氛围决定的。基于这一观察，针对整体市场的研究结论可以方便的应用在各个行业之中。从图 16 可以看到，Cu 和 JM 存在与其余行业不同的动量效应区域。而且 Cu 在其余行业动量效应明显的部分反而出现动量反转。这一性质在实际投资策略的厘定中需要特别注意。我们的结论与华仁海和陈百助（2004）、黄飞雪和金建东（2010）等的结论类似<sup>②</sup>，由于铜在电气、电子工业使用量最大，短期内受到的波动也更强，容易受到国内外经济走势、国际上相关市场（如伦敦金属交易所和纽约商品交易所等等）、其他能源以及汇率价格的影响（华仁海和陈百助，2004），它的众多替代品使得期货更容易出现反转的现象；相比之下，焦煤属于能源类消耗品，经济社会对它的需求更加持续并且替代能源较少（尤其在北方地区），而它极易被消耗的特点也决定了这种期货会在短期内存在动量效应（赵宇生和黄曦，2012）。

## （七） 样本外检验

为了探究本文得到的非线性动量模型和交易策略是否具有时间上的普适性和实用价值，本文接着采用 2013 年的全部 697 个商品期货合约数据，使用上文所述的非线性动量策略方法进行交易模拟，通过样本外测试来验证结果的稳健性和普适性，得到了图 17 所示的年化平均收益、标准差和夏普比率。

在这一实验中，我们采用的是从 2012 年数据中分析得到的动量效应存在区间，即：取观测时间间隔为 2 小时，策略持续 50 天，指数平滑为 40 个周期。在这样的配置下，从图中可以看出，夏普比率和年化平均收益始终保持为正值，这说明商品期货市场在同样的参数设置下，依然呈现明显稳定的动量效应。

从夏普比率的大小来看，则在这一参数下，尽管 2013 年动量效应依然存在（蓝线），但是其最高夏普比率（0.1 左右）低于 2012 年的数据（0.2 左右）。然而在使用了本文提出的回归模型，考虑利率和汇率之后，得到 0.3 左右的夏普比率（红线）与 2012 年的结果相当。这一现象表明：1. 2012 年得到的最优动量效应存在参数在 2013 年依然有效，但因为效用下降而不再是最优；2. 本文提出的回归模型能够弥补动量效应参数估计的不足，在一定程度上，即便参数估计不准，依然能够维持较高的夏普比率和年化平均收益。

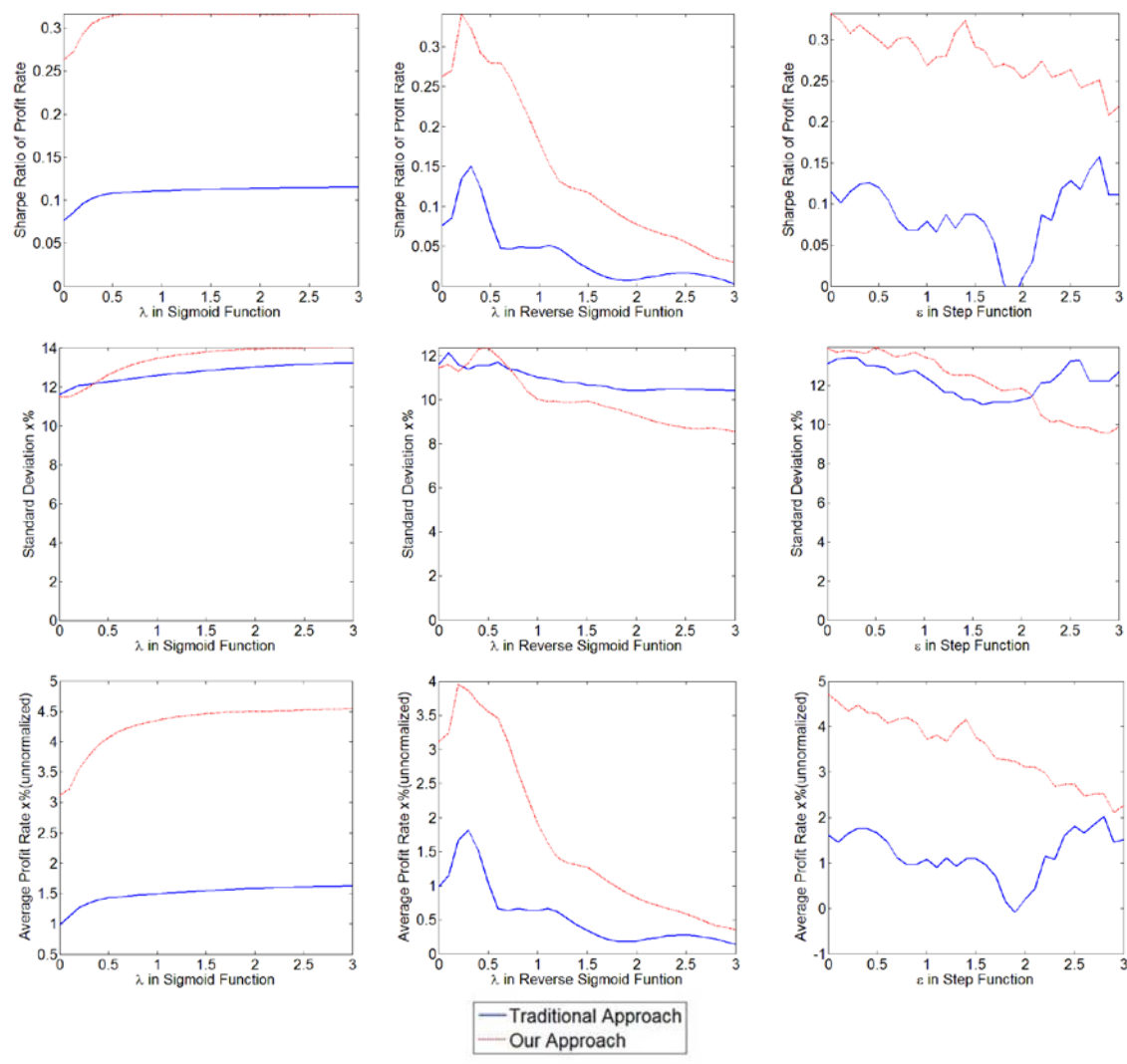
另一方面，可以看到最优值依然是在阶跃函数零点附近或者 Sigmoid 函数的极限情况下取到。这从侧面证明了市场的动量效应和价格波动性质并不会随着年份剧烈变化，之前有效的策略在之后的年份依然能够保持有效。另外，铜和焦煤的特性在 2013 年依旧存在。

综上所述，我们通过使用 2013 年的商品期货数据进行样本外检验，证明 2012 年的动量效应结果在 2013 年依然有效，而且采用回归模型可以弥补由于时间变化而带来的参数估计的不精确。因而在实际交易策略中，我们可以采用上一年的数据估计出最优的动量效应存在参数，而在当年采用本文提出的包含有利率和汇率等参数的回归模型，得到更高的收益。

与此同时，我们记录了运算时间，发现与传统方法相比，非线性动量策略并没有明显增

<sup>②</sup> 我们感谢审稿人提出的关于铜和焦煤期货特性的宝贵意见。

加运算时间：使用非线性动量策略，进行遍历参数空间需要花一整天的时间对一整年全部商品期货的数据进行计算，而使用传统的线性动量方法则需要将近半天，非线性动量策略仅比传统方法增加了一倍的运算时间，然而收益远高于传统方法。另外，如果得到已有的上一年的估计参数，我们可以更加快捷的得到当年的动量策略，计算所需的时间与传统方法几乎一样，更适用于实际的交易<sup>③</sup>。



针对 2013 年的数据采用三种不同非线性函数（左中右依次为 Sigmoid 函数、反转 Sigmoid 函数、阶梯函数），本文提出的含有其他因子的模型（红色虚线）相对于传统动量策略的夏普比率、标准差和年化平均收益（上中下）的比较。可以看到在每种函数的情况下，本文提出的模型策略能达到更高的夏普比率和年化平均收益。本文提出的模型能够最高夏普比率高达 0.34（阶梯函数），与 2012 年的结果相符合。

图 17 三种非线性函数与传统动量策略的比较

## 四、 结论

本文在前人工作的基础上，完善并且改进了期货市场的动量效应模型，并且考虑了其他影响因子对模型的影响，将汇率、利率等已知变量的影响添加进模型中。本文通过实际数据

<sup>③</sup> 我们在这里再次感谢审稿人提出的样本外测试以及记录运算时间的宝贵意见。

的仿真模拟，找到了期货市场中动量效应的存在区间，发现动量效应在观测间隔为 80 分钟到 3 小时，持有时间为 1 天以上，指数移动平滑取 20 到 40 周期时非常明显。

本文进一步通过对参数空间的探索，证明了所提出的非线性动量策略相比于传统方法具有显著的优势。此外，本文提出的多因子模型相比较于传统的动量策略也具有显著的提高。在单独考虑非线性因素的情况下，可以将年化平均收益从持有 50 天时的 3.4% 提高到 6%，并且将夏普比率从 0.15 提高到 0.25。而本文提出的多因子模型可以进一步将平均收益和夏普比率分别提高到 6.3% 和 0.34。在短持有时间（2 天）的条件下，更是能够将平均收益从 0.06% 提高到 0.82%，对应的年化收益高达 100%。虽然该策略仅在短期内有效，但是收益依然十分可观。以上的收益提高在长持有时间和短持有时间条件下，都经过了 Z 检验的验证。

本文对多个行业的分别研究表明，动量效应在各个行业普遍存在，而且大部分行业具有相似的动量效应，和宏观市场保持一致。然而少数行业，比如铜（Cu）和焦煤（JM），则呈现出独特的性质。这一点在实际投资过程中需要特别注意。

本文使用 2013 年的商品期货数据进行了样本外检验，结果表明在没有显著增加运算时间的前提下，新提出的交易策略的确能为量化投资者和投资机构带来更多的收益。

对于投资者来说，采用非线性动量策略投资，应当选取非线性动量明显而且稳定的行业，比如 A、AL、J、P、RB、Ws 等，投资过程中，采用 2 小时一次的观测间隔，通过 20 周期的指数平滑分析出动量指标，并且根据 100 个周期的数据拟合出利率、汇率的线性系数  $\beta$ ，通过非线性函数，采用合适的参数，确定当前应当持有的头寸，进而进行买入或者卖出操作。值得注意的是。当持有时间增长时，获得的期望收益并不会大幅上升，因而建议短线操作，获取利润之后就应该平仓结束。

## 参考文献

- [1] 华仁海、陈百助，2004，《国内、国际期货市场期货价格之间的关联研究》，《经济学（季刊）》，第 3 卷第 3 期，第 727-742 页。
- [2] 黄飞雪、金建东，2010，《金融危机前后中美铜期货市场的长程相关性对比》，《中大管理研究》，第 3 期，第 109-123 页。
- [3] 刘煜辉、贺菊煌、沈可挺，《中国股市中信息反应模式的实证分析》，《管理世界》，2003 年第 8 期，第 6-15 页。
- [4] 罗洪浪、王浣尘，《中国股市动量策略和反向策略的赢利性》，《系统工程理论方法应用》，2004 年第 6 期，第 495-500 页。
- [5] 王永宏、赵学军，《中国股市“惯性策略”和“反转策略”的实证分析》，《经济研究》，2001 年第 3 期，第 56-69 页。
- [6] 肖峻、王宇熹、陈伟忠，《中国股市风格动量实证研究》，《财经科学》，2006 年第 3 期，第 23-29 页。
- [7] 赵宇生、黄曦，2012，《我国焦煤期货推出的背景与意义》，《煤炭经济研究》，第 9 期，第 64-67 页。
- [8] 周琳杰，《中国股票市场动量策略赢利性研究》，《世界经济》，2002 年 8 期，第 60-64 页。
- [9] 朱战宇、吴冲锋、王承炜，《不同检验周期下中国股市价格动量的盈利性研究》，《世界经济》，2003 年第 8 期，第 62-67 页。
- [10] Chan, L. K., N. Jegadeesh, and J. Lakonishok. Momentum strategies. *The Journal of Finance*, 51(5):1681-1713, 1996.
- [11] Cooper, M. J., R. C. Gutierrez, and A. Hameed. Market states and momentum. *The Journal*



- of Finance*, 59(3):1345-1365, 2004.
- [12] Hon, M. T. and I. Tonks. Momentum in the UK stock market. *Journal of Multinational Financial Management*, 13(1):43-70, 2003.
- [13] Jegadeesh, N. and S. Titman. Returns to buying winners and selling losers: Implications for stock market efficiency. *The Journal of Finance*, 48(1):65-91, 1993.
- [14] Martin, R. and A. Bana. Non-linear momentum strategies. *Risk magazine*, 2012.
- [15] Miffre, J. and G. Rallis. Momentum strategies in commodity futures markets. *Journal of Banking & Finance*, 31(6):1863-1886, 2007.
- [16] Naughton, T., C. Truong, and M. Veeraghavan. Momentum strategies and stock returns: Chinese evidence. *Pacific-Basin Finance Journal*, 16(4):476-492, 2008.
- [17] Rouwenhorst, K. G., International momentum strategies. *The Journal of Finance*, 53(1):267-284, 1998.