

鸡蛋产业链期货套利策略

——跨品种统计套利

詹梓乐 2023.05.18

1. 摘要

本策略为鸡蛋产业链套利策略，属于跨品种统计套利，通过鸡蛋、玉米和豆粕期货合约价格差距的变动相应开仓做多鸡蛋合约、做空玉米和豆粕合约，或做空鸡蛋合约、做多玉米和豆粕合约，通过价差的波动及均值回归获利。本策略使用日频数据，通过每日收盘价生成交易信号，次日开盘进行开仓、平仓或继续持仓的交易行为。

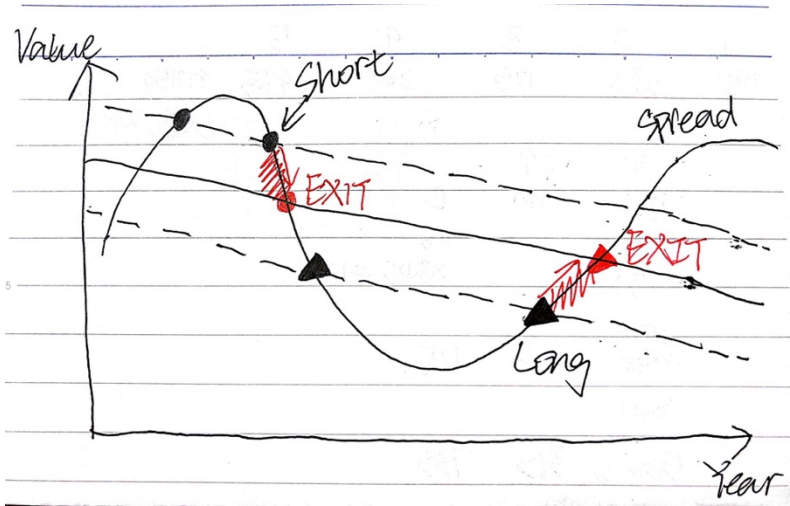
2. 策略原理

本策略为商品期货套利类日线级别低频策略，选取逻辑上有联系因此价格具有协整性的不同品种期货，由于它们的价差较为稳定，当价差出现较大的变动时，说明其中有期货被高估了或是被低估了，存在套利机会，相应对这几种期货进行做空与做多操作，当价差回归到均值时进行退出平仓，以此获得价差从偏离区域回到正常区间过程中波动的利润。

参考东方证券《商品期货套利策略实证研究》，本策略选取了鸡蛋产业链套利，交易对象为大连商品交易所的鸡蛋期货、玉米期货和豆粕期货。与研报不同，本策略主要使用统计回归的协整系数来决定各品种合约的配比系数。由于根据生产技术和基本面分析配比系数的话实际养殖户平均的饲料配比难以确定，且期货合约的价格变动不一定完全与现货价格变动同步，使用回归分析得出的配比系数会比根据鸡蛋生产情况得出的配比系数表现更好。

期货	鸡蛋	玉米	豆粕
保证金	8%	7%	7%
合约乘数	5 吨/手	10 吨/手	10 吨/手
最小变动单位	1 元/500 千克	1 元/吨	1 元/吨

在生成交易信号指标时，我使用了价差 15 日（时间窗口 Windows）加权移动平均线，以及加減一倍（Z score）标准差的上下界限作为判断条件，当价差曲线上一次向上穿越过上界限，再次向下穿越过上界限时建仓做空价差（即做空鸡蛋期货并做多玉米和豆粕期货），当价差上一次向下穿越下界限，再次向上穿越下界限时建仓做多价差（即做多鸡蛋期货并做空玉米和豆粕期货），当价差曲线回归到其加权移动平均线时退出平仓，除此之外，为了减少价差未均值回归的风险，本策略还设置了 1% 的止损点，如果到达止损点直接进行平仓。

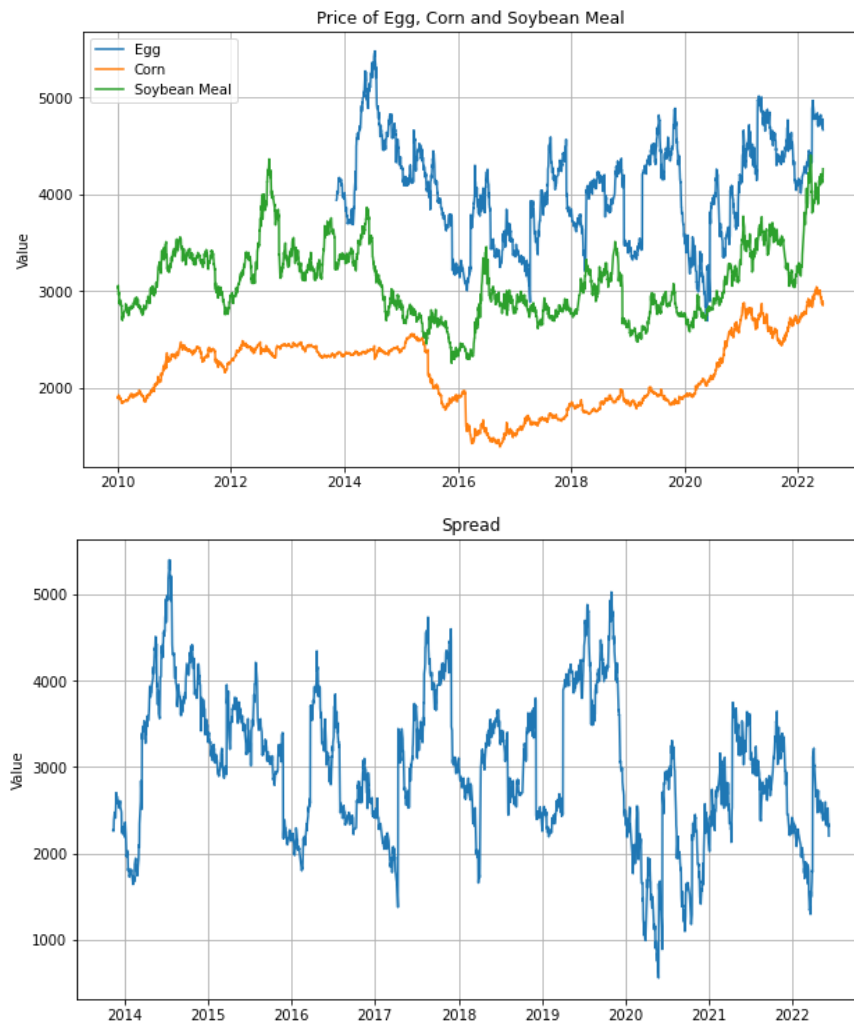


3. 指标分析

3.1 价差构造方式

价差（Spread）由两倍鸡蛋期货价格减去一倍玉米期货价格和一倍豆粕期货价格构建，即 $\text{Spread} = 2 * \text{Egg} - (\text{Corn} + \text{Soybean Meal})$ 。通过 ADF（Augmented Dickey-Fuller）测试构建的价差时间序列数据是否存在单位根，测试结果显示 P 值约为 0.00，显著证明构建的价差数据是平稳的，即平均值和方差在时间上保持恒定，存在均值回归属性，可以进行套利交易。

如图所示是自上市以来鸡蛋期货、玉米期货和豆粕期货的价格走势，以及构造的价差的价格走势。



3.2 均线 and 上下界构建方法

(1) 均线构建方法：计算价差时间窗口为 10 日的加权移动平均数，使用 pandas 中的 ewm 函数进行计算，计算公式如下：

$$EMA_t = \begin{cases} x_0, & \text{if } t = 0 \\ \alpha \times x_t + (1 - \alpha) \times EMA_{t-1}, & \text{if } t > 0 \end{cases}$$

(2) 上下界构建方法：选取 Z score 为 1，即加权移动平均数加减一倍标准差，计算公式如下：

$$\text{Lower Bound} = \text{Mean} - Z \text{ score} * \text{STD}$$

$$\text{Upper Bound} = \text{Mean} + Z \text{ score} * \text{STD}$$

(3) 信号计算方法：当价差上一次向上穿越过上界，再次向下穿过上界时， $\text{Signals} = -1$ ，当价差向下回归到均值时， $\text{Signals} = 0$ ；当价差上一次向下穿过下界，再次向上穿过下界时， $\text{Signals} = 1$ ，当价差向上回归到均值时， $\text{Signals} = 0$ ；当价差没有回归到均值，而是重新穿过上下界触碰到止损线时， $\text{Signals} = 0$ 。

(4) 信号交易规则：当 $\text{Signals} = 1$ 时，在下一个交易日的开盘使用全部资金买入 N 手鸡蛋主力合约，分别卖出 $N/2$ 手玉米和豆粕主力合约；当 $\text{Signals} = 0$ 时，在下一个交易日的开盘卖出所有当前持仓的鸡蛋主力合约，买入对应玉米和豆粕主力合约进行平仓；当 $\text{Signals} = -1$ 时，在下一个交易日的开盘使用全部资金分别买入 M 手的玉米和豆粕主力合约，卖出 $2M$ 手鸡蛋主力合约；当 $\text{Signals} = 0$ 时，在下一个交易日的开盘卖出所有当前持仓的玉米和豆粕主力合约，买入对应鸡蛋主力合约进行平仓。

(5) 交易方式总结：

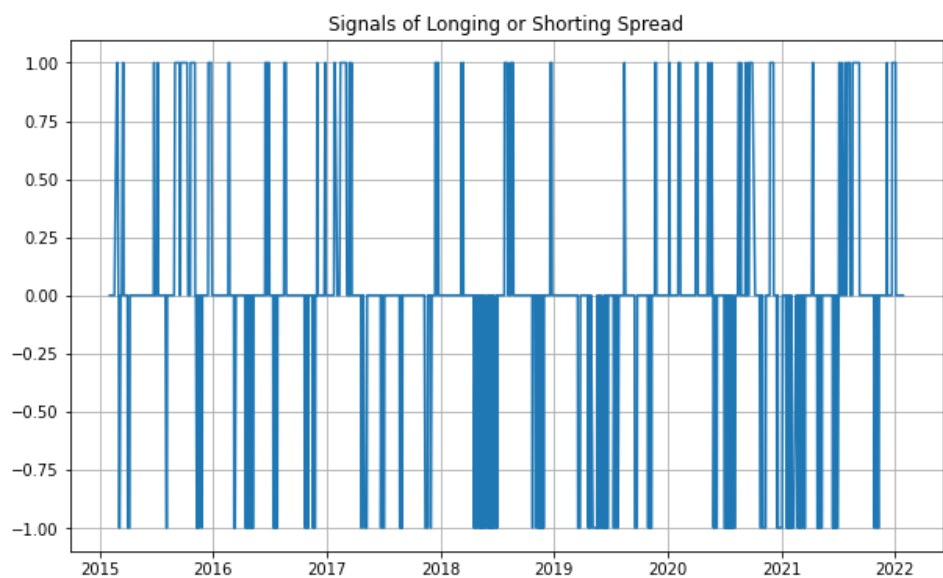
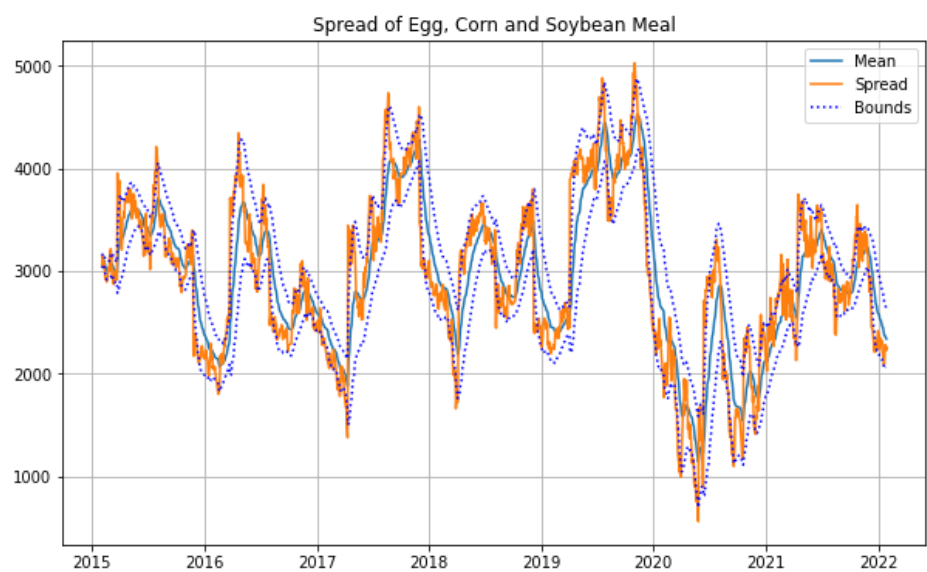
交易方式	
交易标的	鸡蛋 JD；玉米 C；豆粕 M
交易合约	主力合约
交易频率	日频，每日交易一次
交易成交时间	次日开盘成交（止损除外）
信号计算方法	见(3) 信号计算方法
信号计算使用的价格类型	日线 Close
信号交易规则	见(4) 信号交易规则
模拟成交使用的价格类型	当日日线收盘价格
是否考虑了换月	未考虑换月
收益计算类型	绝对收益
收益计算使用价格类型	复权价格

4. 策略回测

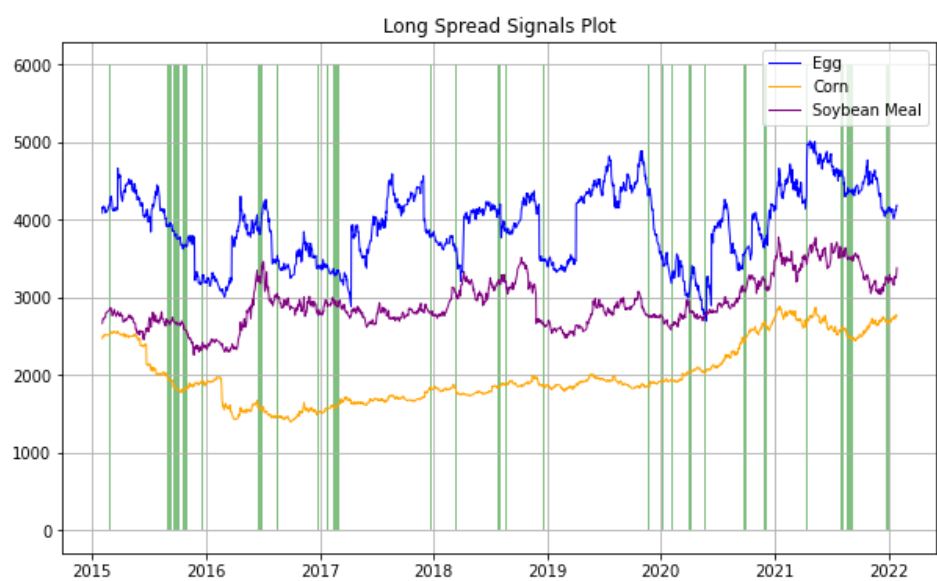
由于鸡蛋期货 2013 年底才上市，本策略选取从 2015 年 2 月到 2022 年 2 月共 7 年时间区间进行策略回测。本策略回测使用主连合约复权后的价格数据，未考虑真实价格，换月和收益计算切片方式等处理，方便策略研究。

4.1 策略运行情况

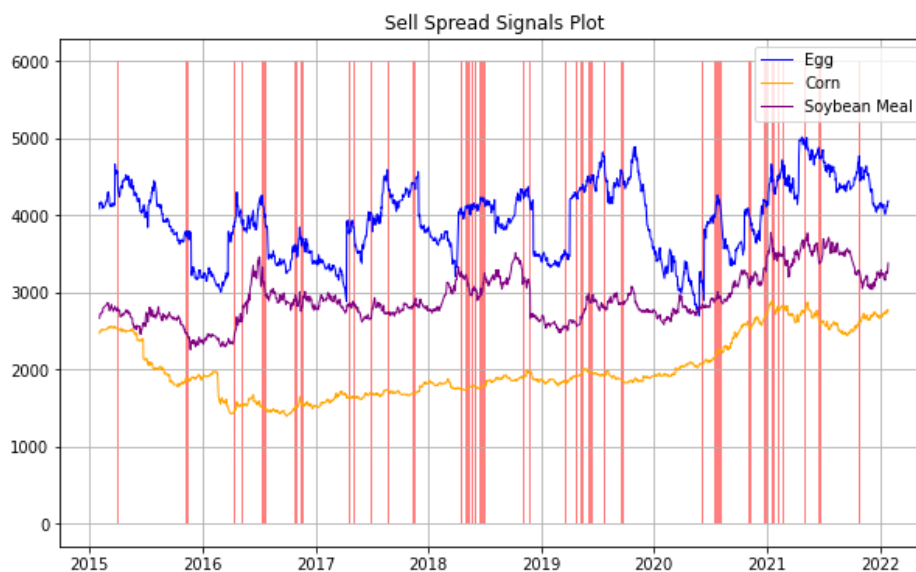
(1) 价差、指标和信号图：



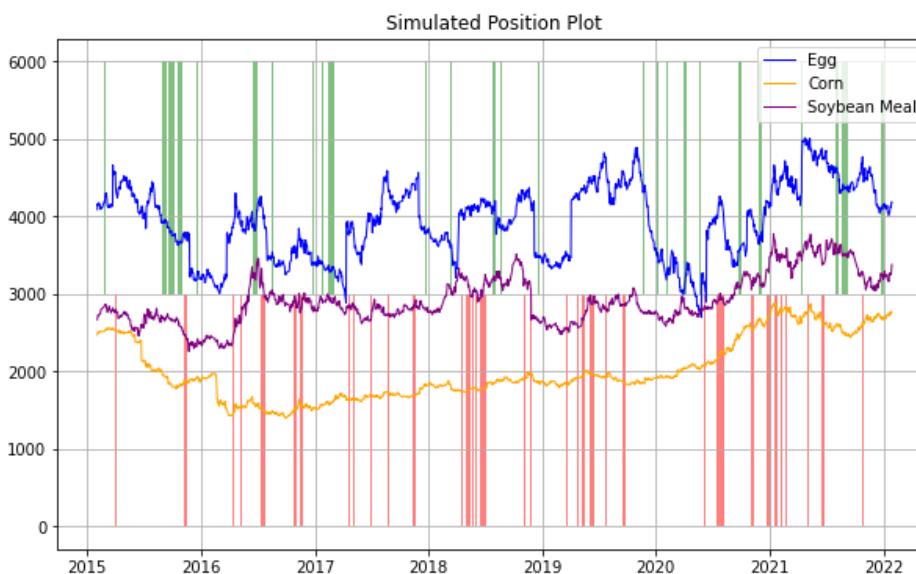
(2) 买入信号模拟图:



(3) 卖出信号模拟图:



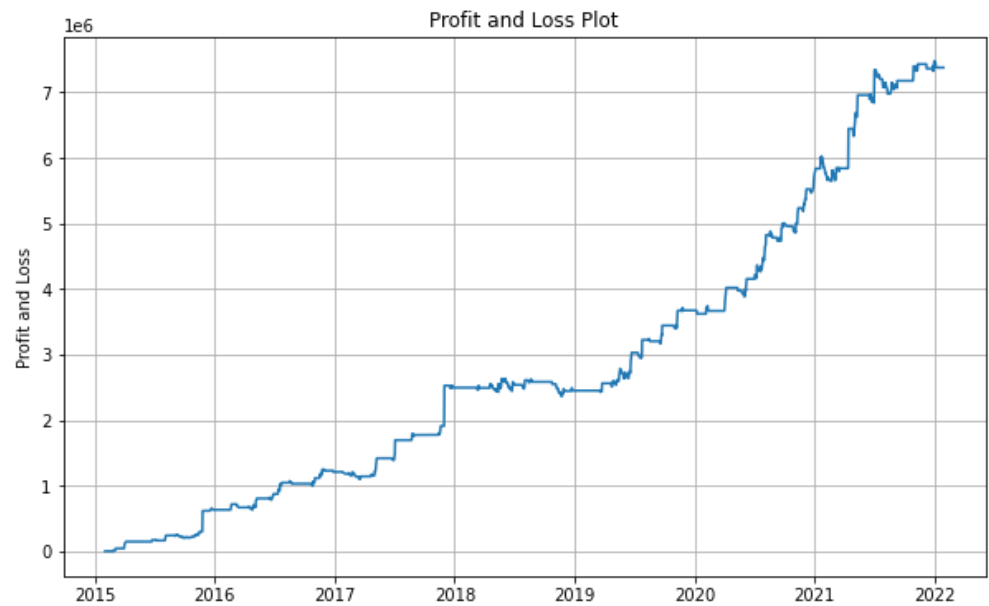
(4) 简单模拟仓位图:



通过以上四张图，可以看出信号出现的位置基本达到预期，当价差上升（鸡蛋价格上升，玉米和豆粕价格下降）时，出现做多价差信号，买入鸡蛋，卖出玉米和豆粕；当价差下降（鸡蛋价格下降，玉米和豆粕价格上升）时，出现做空价差信号，买入玉米和豆粕，卖出鸡蛋。但是仍存在不少信号产生后价格没有按照预期发展的情况，一是由于随机事件扰动，价差并不一定每次都稳定回归到均值，二是由于指标构建和信号产生的方式，虽然本策略通过先后两次穿过上下界这个条件增加了判断价差同方向变动回归到均值的准确性，但仍会存在价差没有达到均值又朝反方向背离运动、重新穿出上下界的可能性，为了防止这种情况造成的重大损失，本策略设置了 1% 的止损点进行平仓，因此优化后的建仓信号虽然减少了，但是更为准确了。除此之外，本策略还对加权移动均线的时间窗口指标 **Windows**、上下界范围的指标 **Z score** 和止损点 **maxdown** 的不同值选取进行了测试，详见参数敏感性分析部分。

4.2 策略回测表现

(1) PNL 曲线



由 PNL 曲线可见，本策略盈利表现良好，总体利润呈持续上升趋势，其中在 2015 年底、2017 年底、2019 年中到 2021 年中表现最好，总体而言没有产生太大的回撤。

(2) 策略性能指标表现：

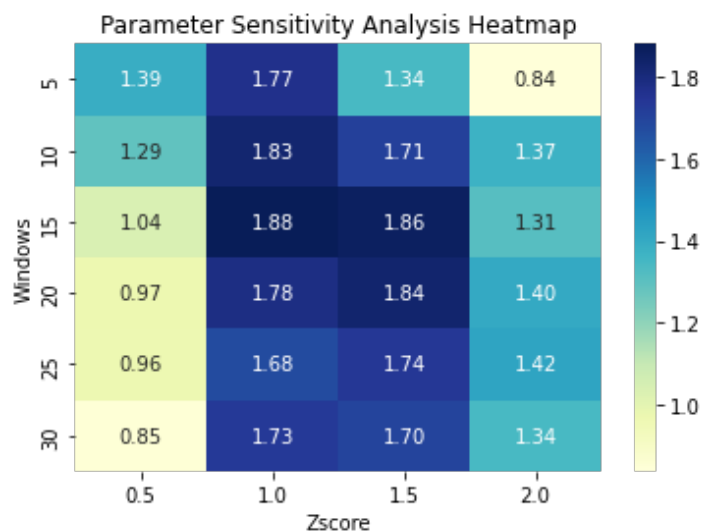
回测指标	具体表现
开始时间	2015-02-01
结束时间	2022-02-01
绝对收益率	241.65%
年化收益率	35.74%
年化波动率	18.87%
夏普比率	1.89
最大回撤	17.71%
最大回撤时间	2015-09-30
卡玛比率	2.02
胜率	48.51%
盈亏比	2.68
平均持仓周期	1.48

从策略性能指标可见，本策略累计收益率和年化收益率较高，证明鸡蛋产业链套利的可行性较高，最大回撤处于合理范围内，从最大回撤、波动率等指标来看，本策略存在一定风险，但是风险也带来了相应的收益，夏普和卡玛比率较高说明本策略每单位风险可以带来较高的收益。除此之外，本策略胜率和平均持仓周期不算高，说明策略主要靠短期波动套利。

4.3 参数敏感性分析

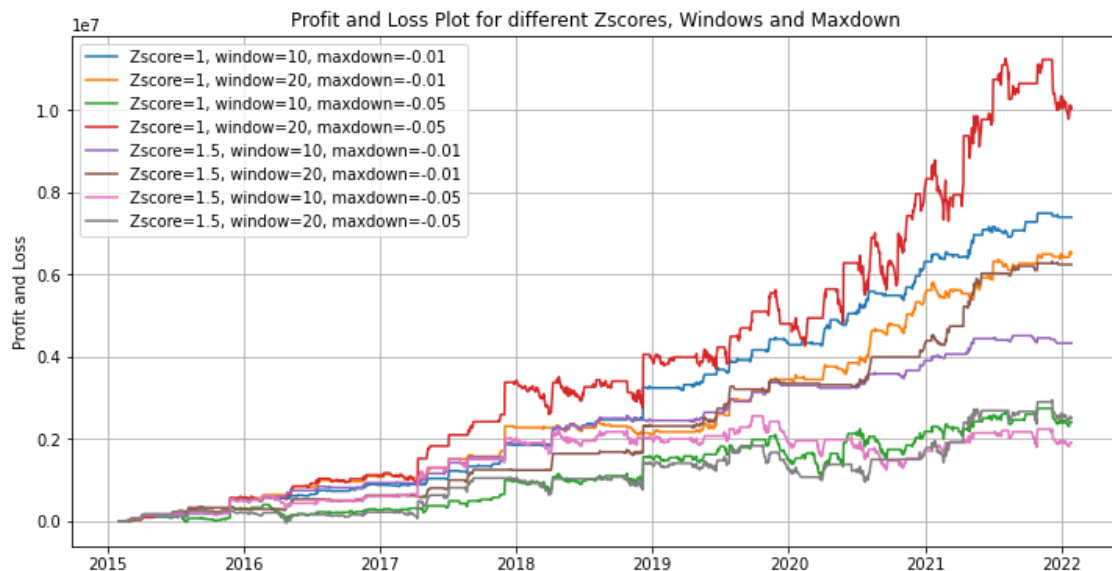
(1) 信号参数敏感性分析

本策略固定了 1% 的止损点，分别选择了 5、10、15、20、25 和 30 日的加权移动平均窗口，以及 0.5、1.0、1.5 和 2.0 的 Z score 值，进行策略回测，得到每种指标组合的夏普比率，绘制参数敏感性分析热力图如下：



由图可见，当 Z score 为 1.0 且时间窗口 Windows 为 15，以及 Z score 为 1.5 且时间窗口 Windows 为 15 时策略的夏普比率表现最好。

(2) 不同参数组合表现：



由敏感性分析热力图可知当 Z score 为 1 或 1.5 时策略表现最好，因此我选取了分别两种不同的 Z score、Windows 和 maxdown 指标组合回测得到了 PNL 曲线如上图。由图可见，当 Z score=1.0，Windows=20，maxdown=-0.01 组合时策略回报表现最好，其次是 Z score=1.0，Windows=10，maxdown=-0.01 的指标组合。

5. 总结

综上所述，按照夏普比率最高原则，本策略选取的最优参数数值为：

Z score=1.0，时间窗口 Windows=15，止损点 maxdown=-0.01；

交易配对选择比例为 2：1：1 的鸡蛋、玉米和豆粕期货合约。

夏普比率对参数敏感性较高，参数变化可以引起策略表现的巨大变化。

下一步研究思路：目前策略没有考虑真实价格，换月和收益计算切片方式等处理，对信号产生的计算方式也比较粗略，由于交易笔数较多，手续费和保证金等也将是重要考量，止损点的设置也有待考量，同时还需要进行更多时间段的回测和检验，这些都是针对鸡蛋产业链套利策略本身需要进一步研究和改进的地方。除此之外，我计划后续把本策略修改应用到其他配对品种上，如豆粕和豆油、焦煤和焦炭等，检验策略的稳定性，寻找最优进行配对交易的品种，探索统计套利策略的更多可能性。