

量化期货 A 组期末报告

数 41 李博扬 仇泽民

一、概况

本组经过讨论后确定本学期量化期货研究的目标是：在平稳过程的 CTA 策略增强框架的基础上，实现单品种仓位控制的效益，进而再进行多品种趋势策略中的仓位管理，实现策略进一步优化。

在项目开始之初，我们着力于寻找能用作仓位管理的目标策略。我们测试了菲阿里四价策略、双均线策略以及 Dual Thrust 策略在螺纹钢 2010 年 1 月-2017 年 11 月数据上的表现，最终选择了一直表现良好的 Dual Thrust 策略。

前半学期我们着重于在平稳过程条件下 CTA 策略增强框架的实现。在报告《基于平稳过程的 CTA 策略增强框架》的基础上实现了对预期收益的预测，并且解决了已知信号收益率时如何调整仓位以增强原策略的问题。最终实现了在单品种上对 Dual Thrust 策略的优化加强。

后半学期我们着重于投资组合内部多品种之间的仓位管理问题。在报告《多品种趋势策略中的仓位管理方法》的基础上实现了周期性自动调仓，根据每个品种上一周期的表现设置当前周期的仓位。其中决定当前仓位调整等级，我们使用了相关性、目标波动率、最大回撤三种方法以适应可能遇到的各种行情。在最终的交易中，进行多品种仓位调整后，在各单品种又使用前半学期研究的增强策略，达到了较为理想的效果。

二、单品种上的策略信号增强理论

众所周知，大数定律能够保证在具有正的期望收益的情况下，收益的不确定性能够被大量相互独立的类似事件抵消，从而使得期望收益不变的情况下，收益波动大大减小，进而提高收益风险比和最终盈利的概率。但是相互独立这一条件在金融市场中几乎不可能实现，我们拿到的商品期货时间序列数据也是如此。此时平稳时间序列所特有的遍历性定理，类似于时间序列情况下的大数定律，为我们带来了在择时问题中利用大数定律的可能性。

要实现单品种的仓位控制，我们希望在策略信号盈利可能性大时加大仓位，在盈利可能性小时减少仓位，于是这就需要解决两个问题：1、策略信号的预期

收益的计算。2、在已知信号预期收益情况下，信号的执行交易量的配置。下面我们分别解决这两个问题。

1、策略信号的预期收益的计算。

我们主要利用多因子模型来对第 i 次信号触发的 t_i 时刻信号预期收益率 f_{t_i} 进行预测，我们暂时采用线性回归的方法，之后我们也会换成 SVM 等机器学习方法进行尝试。本次我们与方正报告选取的因子相同：量比因子与波动趋势因子。

(1) 量比因子：最近 5min 成交均量除以最近 20min 成交均量

$$VRatio_t = MA_t^5(V)/MA_t^{20}(V)$$

可以证明，在成交量的对数变化率为平稳过程的前提下，该量比指标 $VRatio_t$ 为平稳过程。

因子预测能力测试：（按时间顺序，以若干个信号为一组，分为若干组）

(a) 对每一组，用 t_i 时刻的预测收益率 f_{t_i} 对单因子 $VRatio_{t_i}$ 作线性回归，回归数据使用组内 t_i 之前时刻的数据。得到 t_i 时刻的预测值 f_{t_i} 。

(b) 计算每组组内 $\{g_{t_i}\}$ 与 $\{f_{t_i}\}$ 之间的相关系数，计算相关系数均值，并计算相关系数大于 0 的组胜率，绘制直方图。

(2) 波动趋势因子

布林带公式：

$$\begin{cases} C_t = MA_t^n(p) \\ SD_t = std(\{p_i - C_i, i = t - n + 1, \dots, t\}) \\ U_t = C_t + 2SD_t \\ L_t = C_t - 2SD_t \end{cases}$$

其中 p_i 为 i 时刻的对数价格

波动趋势因子定义为：

$$BRatio_t = \frac{U_t^5 - C_t^5}{U_t^{20} - C_t^{20}}$$

即使用 $n=5$ 的布林带带宽除以 $n=20$ 的布林带带宽。可以证明在对数收益率为平稳过程的假设下， $BRatio_t$ 为平稳过程。

因子预测能力测试：同量比因子

(3) 多因子的混合

$$g_{t_i} = f_{t_i} + \varepsilon_{t_i} = a_0 + a_1 VRatio_{t_i} + a_2 BRatio_{t_i} + \varepsilon_{t_i}$$

在实际操作中，系数 a_0, \dots, a_m 的估计采用向前滚动回归的方法。例如，在第 i 个交易信号发生的时刻 t_i ，使用之前所有的开仓信号对应的因子值与交易信号的真实收益率 $g_k, k < i$ 作为训练样本，通过最小二乘方法拟合上述方程，得到估计值 $\hat{a}_0, \dots, \hat{a}_m$ ，随着训练样本的增长， $\hat{a}_0, \dots, \hat{a}_m$ 会逐渐收敛到真实的 a_0, \dots, a_m 。将该估计值代入 t_i 时刻的方程，得到 t_i 时刻的 f_{t_i} ：

$$\hat{f}_{t_i} = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 VRatio_{t_i} + \hat{a}_2 BRatio_{t_i}$$

2、已知信号预期收益情况下的交易量配置

我们假设第 i 个信号触发时需要对原始策略执行交易量 w 增强的权重为 w_i （可以为负，表示减弱权重）。当 $\sum w_i = 0$ 时，称为增强中性。若 $\sum w_i \neq 0$ ，我们也可通过调整原始交易信号手数为 $w + \bar{w}$ ，其中 \bar{w} 为 w_i 的均值，于是增强的手数变为 $\{w_i - \bar{w}\}$ ，满足增强中性条件。于是以下我们假设增强中性条件恒成立。

可以证明如下结论：在未来 N 次交易信号的预测值 f_{t_i} 均已知，且增强中性的条件下，使得增强收益 $R = \sum w_i g_{t_i}$ 达到最大信息比率 IR 的增强权重 $\{w_i\}$ 需满足： w_i 正比于标准化后的预期收益率 $\frac{f_{t_i} - \text{mean}(f)}{\text{std}(f)}$ ，其中 $\text{mean}(f)$ 表示未来 N 次 $\{f_{t_i}\}$ 的均值， $\text{std}(f)$ 表示未来 N 次 $\{f_{t_i}\}$ 的标准差。

但是由于 $\text{mean}(f)$ 与 $\text{std}(f)$ 的计算需要一次性用到所有 $\{f_t\}$ ，这在预测过程中是做不到的。但是如果假设 $\{f_t\}$ 为平稳过程，则利用平稳过程性质未来一段时间 $\{f_{t_i}\}$ 的均值和标准差可以通过历史数据的相关统计量逼近，并且最终随着数据量增大会收敛到真实水平。于是我们给出 $\text{mean}(f)$ 与 $\text{std}(f)$ 的估计如下：

$$\widehat{\text{mean}}(f)_{t_i} = \sum_{\{t_k < t_i\}} \frac{f_{t_k}}{N_{t_i}}$$

$$\widehat{\text{std}}(f)_{t_i} = \sqrt{\frac{\sum_{\{t_k < t_i\}} f_{t_k}^2}{N_{t_i}} - \left(\frac{\sum_{\{t_k < t_i\}} f_{t_k}}{N_{t_i}} \right)^2}$$

其中， N_{t_i} 为 t_i 时刻之前交易信号出现次数。

因此，当 w_i 正比于 $\frac{f_{t_i} - \widehat{\text{mean}}(f)}{\widehat{\text{std}}(f)}$ 时，增强策略相对于原始策略可以达到最高的增强信息比率。可以计算超额收益的信息比率近似于 $IR \approx \sqrt{N-1} \text{Corr}(f_{t_i}, g_{t_i})$ ，

这也是为什么判断因子预测能力好坏时我们选择计算 f_{t_i}, g_{t_i} 的相关系数。

在期货交易中，由于交易手数总为整数，所以光使得 w_i 正比于 $\frac{f_{t_i} - \widehat{\text{mean}}(f)}{\widehat{\text{std}}(f)}$ 还不够，我们需要一种类似四舍五入的近似方法来判断到底是选择增强信号还是减弱信号。我们设置原始策略每次交易过后最大持仓为1手，增强权重上限为1手，下限为-1手，于是经过策略增强后我们的持仓量取值范围为2,1,0,-1,-2（负数代表空仓）。由于 $\frac{f_{t_i} - \widehat{\text{mean}}(f)}{\widehat{\text{std}}(f)}$ 近似标准正态，于是 w_i 也近似均值为0的正态分布，我们选择以 ± 0.5 为界决定是否增强或减弱信号。具体操作见下表：

当前仓位	触发信号	w_i 预测值	增强交易后仓位
1	sellshort	> 0.5	-2
	sellshort	$-0.5 \sim 0.5$	-1
	sellshort	< -0.5	0
0	buy	> 0.5	2
	buy	$-0.5 \sim 0.5$	1
	buy	< -0.5	0
	sellshort	> 0.5	-2
	sellshort	$-0.5 \sim 0.5$	-1
	sellshort	< -0.5	0
-1	buy	> 0.5	2
	buy	$-0.5 \sim 0.5$	1
	buy	< -0.5	0

三、多品种仓位管理方法

在实际的期货交易中，我们当然不能只交易一种期货品种。为了分散风险，我们将资金按一定规则分配给选定的投资组合中的各种期货，作为每个品种的交易资金。并且资金的分配比例不能是一成不变的，必须适应市场规律，按一定周期性调整仓位。于是我们要解决多品种仓位管理问题，也就是需要解决如下问题：1、第一个周期的仓位如何确定。2、仓位的增加与减少范围是多少。3、从第二个周期开始的仓位如何由前一个周期的策略表现情况决定。下面就来解决这两个问题：

1、第一个周期仓位的确定

对投资组合中每一个品种利用海龟交易法则中设定的固定比例为投资组合中各品种的初始仓位。

固定比例法下合约开仓数量的计算公式为：

$$\text{Contracts} = \frac{\text{Equity} * \text{RiskFactor}}{\text{ATR}_n * \text{PointValue}}$$

其中，**Equity** 为当前组合整体价值（包括现金和持仓，我们只需知道各种期货的配比，所以这个数值可以约掉不管）；**Risk Factor** 为每个持仓品种理论上应当对组合收益造成的影响程度，本文在限定品种下设为 0.15%；**Point value** 为每一点价格变动造成的合约（1 手）的价值变动，对于大多数期货而言，等同于 **contract size**（合约乘数，网上可以找到）；**ATR** 为波动率指标，通常也可采用标准差代替，**n** 为指标周期。

2、仓位变动设置

通过基础策略叠加仓位调整的模式，验证不同仓位管理方法的效果，并设三档仓位调整等级：1.5、1、0.5，即加半仓、保持仓位和减半仓。在固定比例仓位的基础上，根据不同仓位管理方法调整仓位。

合约开仓数量 = 固定比例法计算的开仓数量*不同调整方法计算的仓位调整等级

3、仓位调整方法

（1）相关性调整法

A. 每个调整期开始，对于每个合约使用上一调整期内的收益率序列计算品种间两两相关系数（如果上一调整期没有交易，则不调整）；计算每个品种与其他品种两两相关系数小于低相关性阈值（-0.2-0.2，参数可自行选择）的配对数量。

B. 对品种按照低相关性配对数量进行排序，按由少到多将其等分到三组中，给予第一组最高的仓位调整等级 1.5，第二组为 1，第三组为 0.5。

（2）目标波动率法

以 T1（例如 3%）为组合目标波动率进行调整，具体调整过程为：

A. 在每个仓位调整期：

估计组合内各品种的事前波动率（上一个调整期的价格标准差），将事前波动率归一化作为每个品种的目标仓位；同时记录当前每个品种的实际仓位。

计算品种间两两相关系数，并估计组合的实际波动率：

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^N w_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N w_i w_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}}$$

其中 w_i 表示品种 i 当前实际仓位权重（也就是上一次调整的结果吧），满足 $\sum w_i = 1$ ， σ_i 表示品种 i 的事前波动率， ρ_{ij} 表示品种 i 和 j 上一个调整期价格的相关系数。

B. 根据以下公式调整品种的目标仓位：

仓位等级 = 组合目标波动率 / 组合实际波动率 * 品种的目标仓位 / 品种的实际仓位
其中仓位等级上限为 1.5，下限为 0.5。

（3）最大回撤法

A. 计算每个品种净值的最大回撤；

B. 计算各品种最大回撤的均值；

C. 根据以下公式调整仓位等级：

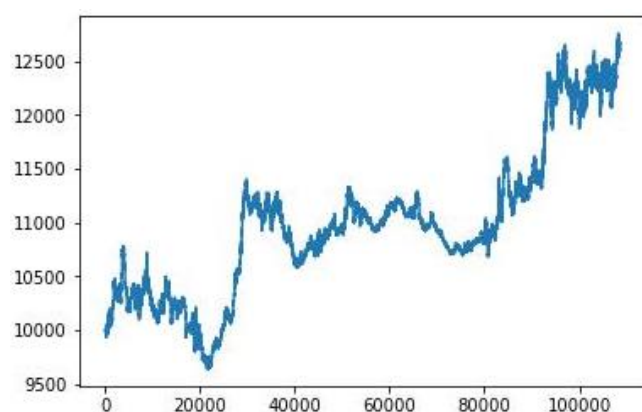
$$\text{仓位等级} = \text{各品种平均回撤} / \text{该品种最大回撤}$$

其中仓位等级上限为 1.5，下限为 0.5

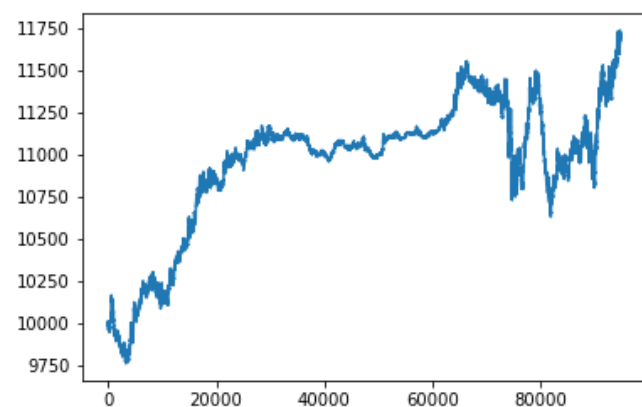
四、 单品种仓位控制实证探究

我们希望对三种不同的商品期货：螺纹钢、焦炭、焦煤实施如上仓位控制方法，以验证上述方法的普适性。以下是 DualThrust 策略不加仓位控制在这三种期货数据上回测的资产曲线。（纵坐标为资产总量，横坐标为 index，表示随时间变化）

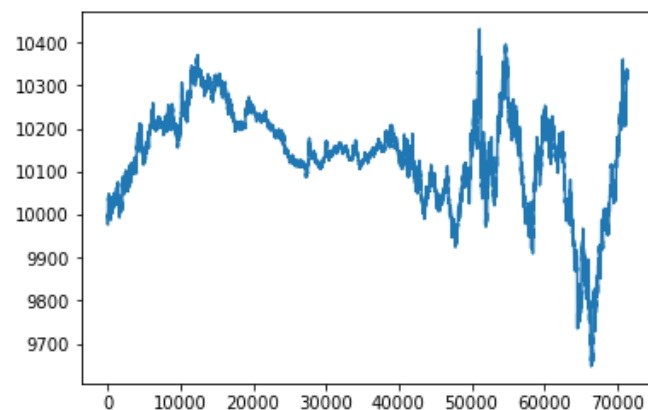
螺纹钢：



焦炭：



焦煤：



可以看到，Dualthrust 策略在螺纹钢、焦炭、焦煤上表现都很差，均有很大波动和回撤。下面我们根据理论基础中的方式来实现仓位控制效果。

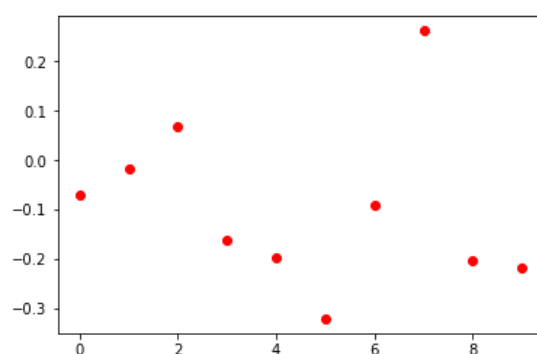
1、因子预测能力测试

理论基础部分提到，衡量因子预测能力好坏的标准是 $\{g_{t_i}\}$ 与 $\{\hat{f}_{t_i}\}$ 之间相关系数的高低，为了衡量相关系数高低的同时兼顾判断相关系数随时间变化的稳定性，我们随机选择了螺纹钢、铜、橡胶品种作为因子预测能力测试目标品种，将信号按照时间排序后，以每 30 个信号为一组，检验每组组内 $\{g_{t_i}\}$ 与 $\{\hat{f}_{t_i}\}$ 之间的相关系数，并观察相关系数大于 0 的组胜率。下图分别展示了 Dualthrust 在三个不同品种上的做多信号与做空信号每组中 $\{g_{t_i}\}$ 与 $\{\hat{f}_{t_i}\}$ 之间的相关系数数值。

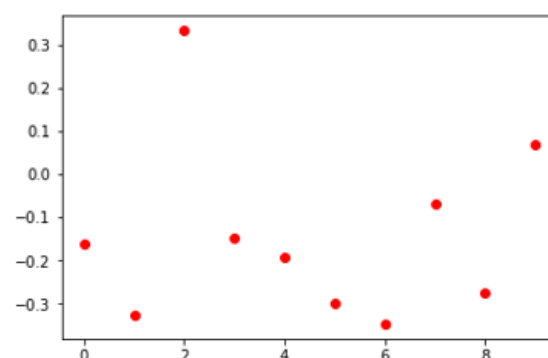
(1) 对于量比因子估计出的 $\{\hat{f}_{t_i}\}$ 与 $\{g_{t_i}\}$ 的相关系数图

A、螺纹钢：

做多信号：

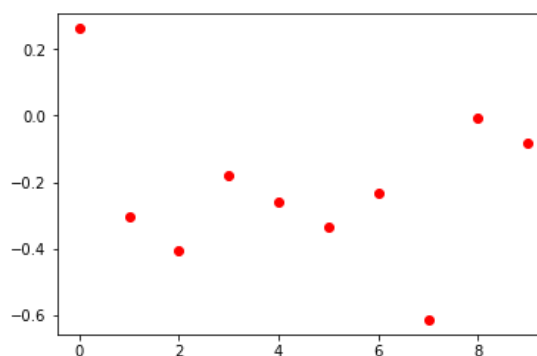


做空信号：

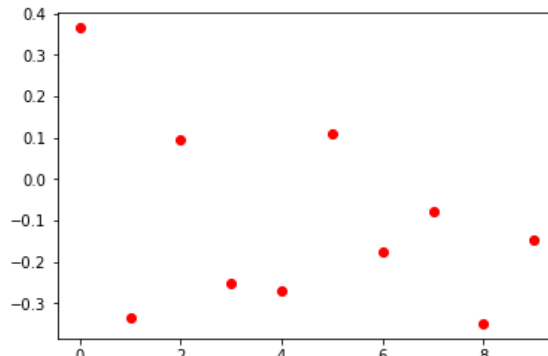


B、铜：

做多信号：

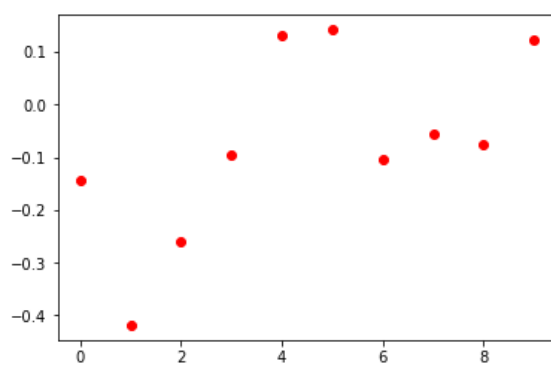


做空信号：

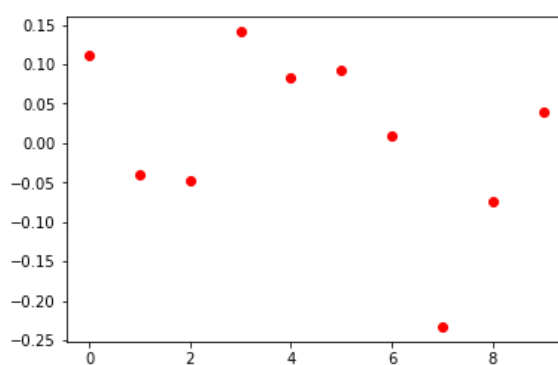


C、橡胶

做多信号:



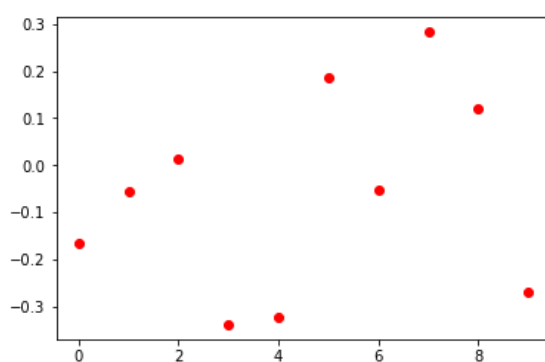
做空信号:



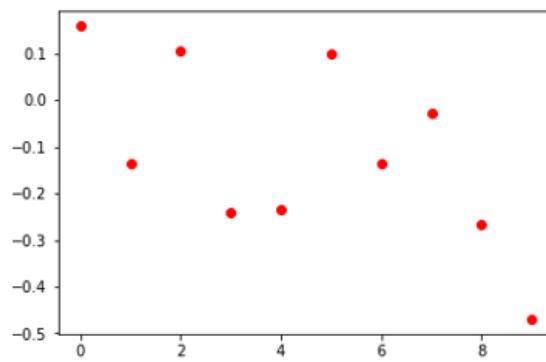
(2) 对于波动趋势因子估计出的 $\{\widehat{f}_{t_i}\}$ 与 $\{g_{t_i}\}$ 的相关系数图

A、螺纹钢:

做多信号:

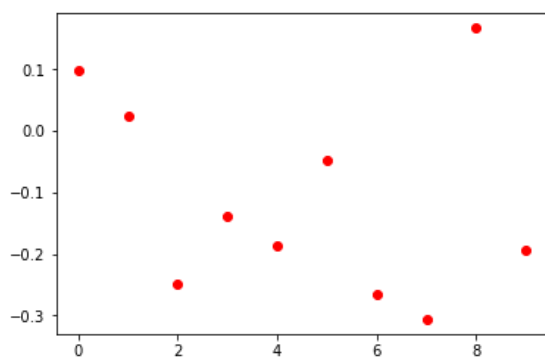


做空信号:

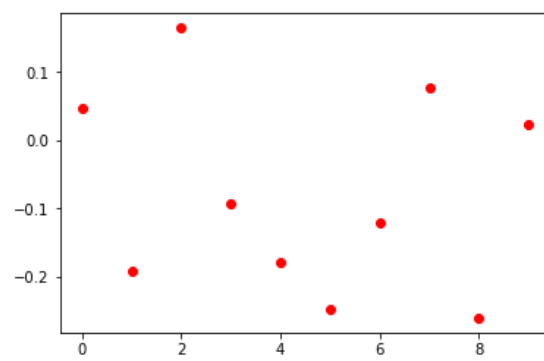


B、铜:

做多信号:



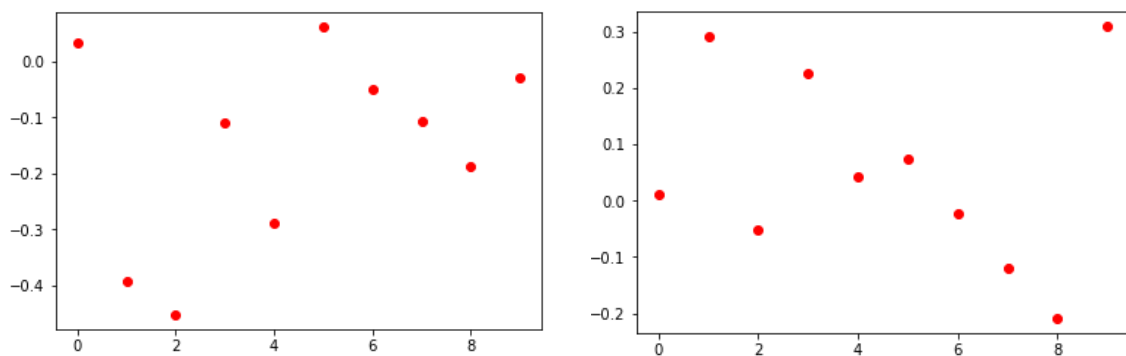
做空信号:



C、橡胶:

做多信号:

做空信号:



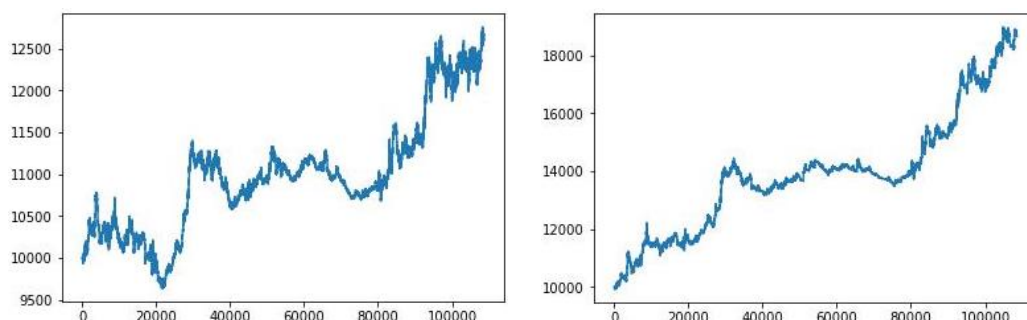
因子预测能力如下表：

因子种类	期货品种	信号类型	胜率
量比因子	螺纹钢	多	20%
		空	20%
	铜	多	10%
		空	30%
	橡胶	多	30%
		空	50%
波动趋势因子	螺纹钢	多	40%
		空	30%
	铜	多	30%
		空	40%
	橡胶	多	20%
		空	60%

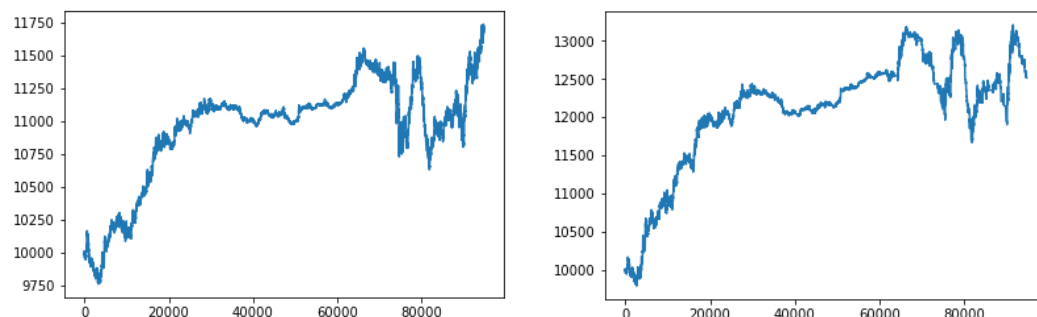
从预测值 $\{\widehat{f}_{t_i}\}$ 与 $\{g_{t_i}\}$ 的相关系数大于 0 的胜率来看，预测结果很不乐观，因此量比因子和波动趋势因子并不适合作为预期收益率的预测因子。但是由于有效的预测因子的选取本身就是个艰难的课题，所以我们此次还是选用这两个因子。

2、仓位控制前后结果对比（右图为实现仓位控制后的效果）

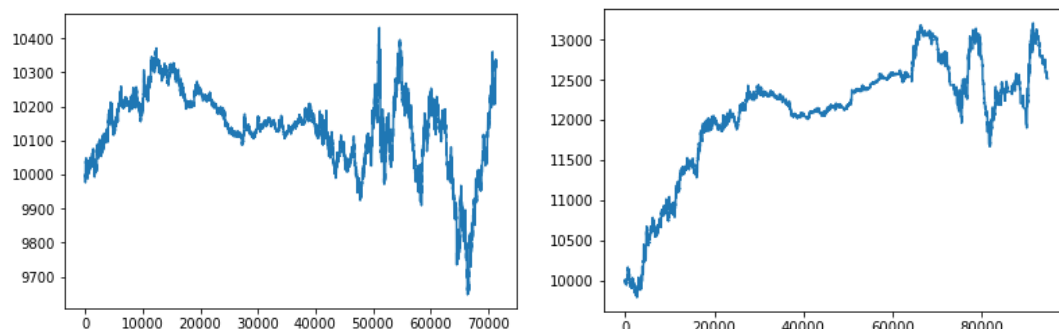
螺纹钢：



焦炭:



焦煤:



可以很明显的发现，进行仓位控制后的 **Dual Thrust** 策略在螺纹钢、焦炭、焦煤上效果都有很大的提升。收益率大幅增加，收益波动明显减小，最大回撤明显减小，理所当然夏普率大幅增大。

五、多品种仓位调整实证探究

本节我们选择螺纹钢、热轧卷板、焦炭、焦煤、橡胶作为一个投资组合来研究多品种期货交易仓位管理问题。我们选择的交易周期为 **20** 天，目标波动率法选择目标波动率为 **3%**，其他相关操作在第三节已详述。进行完多品种仓位调整之后，我们在各个单品种上再利用第二节的策略信号增强方法进一步优化策略。下面是多品种仓位管理方法与单品种仓位控制联合使用后的效果：

- 1、投资组合不进行仓位管理（一直使用第一个周期海龟固定比例法算出的仓位交易）

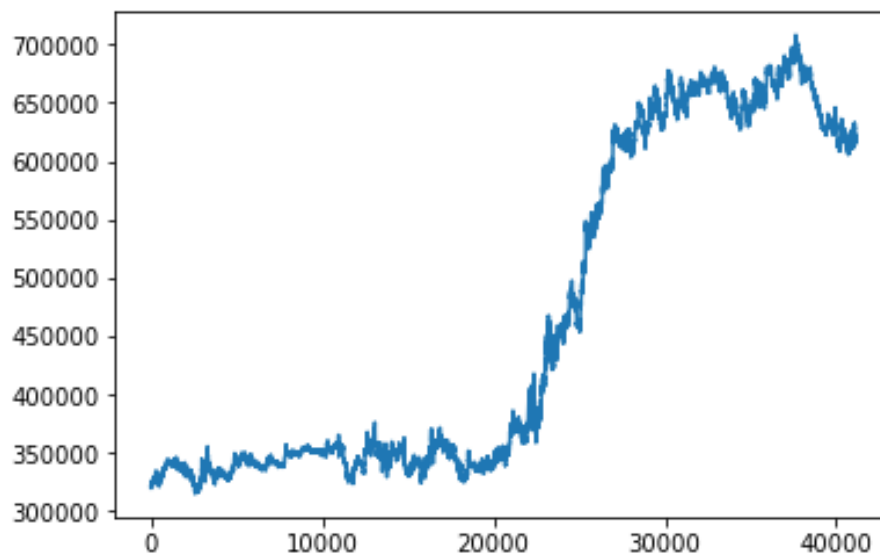


图 5-1 不进行仓位管理的资金净值曲线

2、投资组合每个周期都利用海龟固定比例法调整仓位

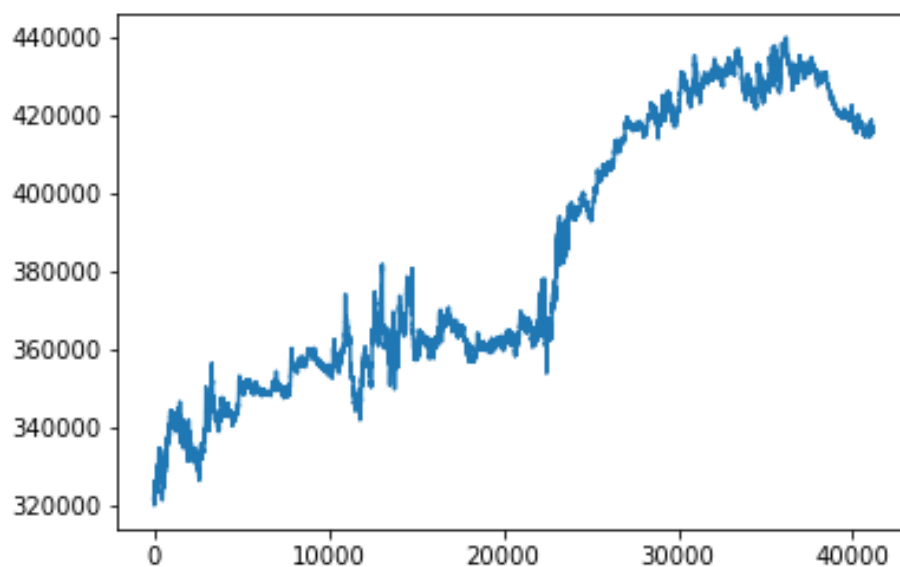


图 5-2 利用固定比例法调整仓位的资金净值曲线

3、投资组合每个周期利用海龟固定比例法得出基础仓位，再利用第三节所提到的相关性调整法和最大回撤法计算出仓位调整等级(0.5-1.5)。最后用基础仓位*仓位调整等级来作为当前周期的仓位。

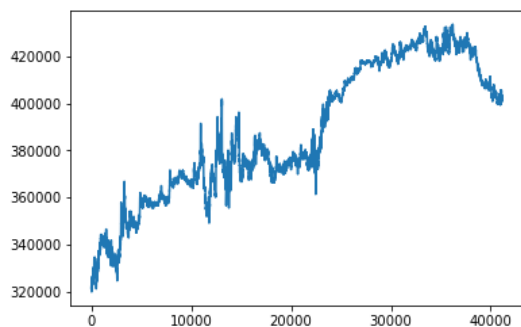


图 5-2 基于海龟相关性调整法资金净值曲线

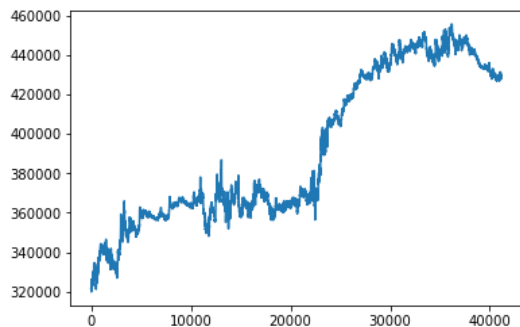


图 5-3 基于海龟最大回撤法资金净值曲线

注意这里之所以没有目标波动率法，是因为目标波动率法追求的是价格的波动在某一范围带来的收益，DualThrust 策略时一种趋势策略，所以需要波动率较大时才能起效。而这里使用的海龟固定比例法更多的追求一种平稳，所以本质上与目标波动率法相违背。所以同时使用海龟固定比例计算基础仓位和目标波动率法计算仓位调整等级是不合逻辑的。

4、仅在第一个交易周期使用海龟固定比例法进行开仓仓位确定，之后的周期都在此仓位基础上利用第三节所述的三种特定方法确定仓位。

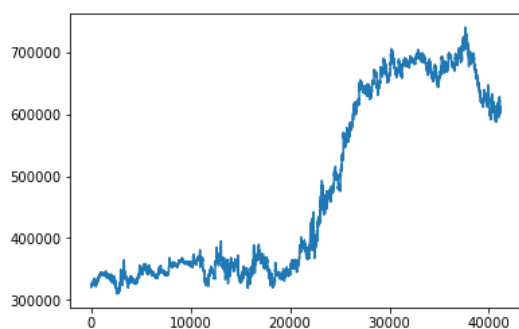


图 5-4 相关性调整法资金净值曲线

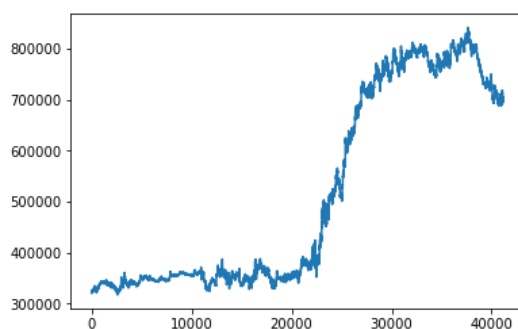


图 5-5 最大回撤法资金净值曲线

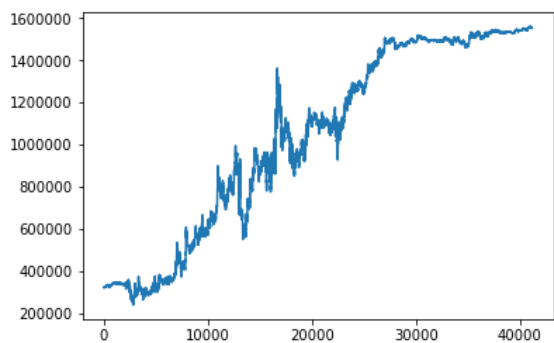


图 5-6 目标波动率法资金净值曲线

各类操作得到的效果指标如下表：

仓位调整方法	是否基于海龟固定比例法	年化收益率	夏普率	最大回撤率
无	否	46.09%	1.5034	14.46%
无	是	14.70%	1.2557	8.65%
相关性调整法	否	44.21%	1.2473	20.72%
相关性调整法	是	12.46%	0.9682	11.52%
目标波动率法	否	191.74%	1.6755	44.62%
最大回撤法	否	58.72%	1.5806	18.24%
最大回撤法	是	16.66%	1.3249	9.02%

不难发现，在不做任何调整的仓位下，年化收益率、夏普率、最大回撤率的表现都较好。这也印证了 DualThrust 策略确实是一个经典的好策略。当每个周期使用海龟固定比例作为基础仓位时，年化收益率都大幅缩水，夏普率与最大回撤率都在减少。这也印证了海龟固定比例方法确实是一个保守的方法，与趋势性策略 DualThrust 想违背，因此结合使用会屏蔽掉一些高收益的交易，当然也避免了一些损失，但总体上策略被削弱了。在不使用海龟固定比例法时，相关性调整法结果略微削弱了策略，年化收益率、夏普率都减小，最大回撤率反而增大；最大回撤法年化收益率增大，夏普率与最大回撤均减小，效果几乎与原策略持平；目标波动率法则惊人的达到年化 191.74% 的收益率，夏普率也得到了提升。当然，风险与收益是同在的，最大回测率也翻了一番。

六、 结论与展望

本文综合了两篇报告《基于平稳过程的 CTA 策略增强框架》与《多品种趋势策略中的仓位管理方法》仓位管理方法，分别对单品种和多品种期货交易进行了仓位管理。首先，在单品种上，基于平稳过程的 CTA 策略增强框架确实能起到加强收益、降低损失的作用，交易结果得到了优化。而多品种仓位管理由于不同的管理方法对不同类型策略适应性不同，结果就差别很大。比如加入海龟固定比例

法的策略效果明显变差，而仅用相关性调整法和最大回撤法的策略结果与原 DualThrust 策略直接应用结果相差不大。但是，仅用目标波动率法调整仓位则能带来巨大年化收益率和相对其他方法最高的夏普率。尽管最大回撤率也大幅升高，但是可以说明目标波动率法还有很大的优化空间，只要控制好止损，一定能得出理想的仓位管理效果。

在研究过程中，我们认为未来还可以进行如下改进：

- 1、在单品种仓位控制估计预期收益率时，我们选用的因子预测能力实际上是不理想的。于是我们可以通过找到对预期收益率预测能力更强的因子来使整个仓位管理方法大幅度优化。其次当我们选定预测因子时，可以尝试除了线性回归之外的方法，比如换成机器学习算法就是一个很好的改进方向。
- 2、在多品种仓位管理时，对每个周期的基础仓位的计算，实际上还可以直接使用上个周期的实际仓位作为本周期基础仓位进行动态调整。这样更能反映期货市场的连续变化规律，而不是一直使用第一周期的仓位作为基础仓位保持不变。