



#MCM

2208834

一句话简介：利用序列之间的协整性进行配对交易

## 假设和数据预处理

假设：每天交易的价格都是收盘价，不允许杠杆和做空

缺失值补充：利用每个缺失值前面第一个合法的有效值进行填补

平稳性检验：一阶差分平稳

## STEP 1: 第一问——配对交易策略

由于从图中可以看出，比特币的价格相比于黄金，有一定的滞后性，因此试图检验协整性。经过检验，发现通过。于是建立配对交易策略。首先定义对数收益

$$R_G(t_1, t_2) = \ln \left( \frac{P_G(t_2)}{P_G(t_1)} \right) \quad R_B(t_1, t_2) = \ln \left( \frac{P_B(t_2)}{P_B(t_1)} \right)$$

二者的平均价格定义为

$$\bar{R} = \frac{1}{2}(R_G + R_B)$$

定义比特币和黄金的收益偏离

$$\tilde{R}_G = R_G - \bar{R} \quad \tilde{R}_B = R_B - \bar{R}$$

交易逻辑：

- 每天计算收益偏离值  $\tilde{R}_G, \tilde{R}_B$

- 如果  $|\tilde{R}_G(t-1, t) - \tilde{R}_B(t-1, t)| > \epsilon$  , 就去买涨幅小的 (跌幅大的) 资产
- 如果有一个资产  $\tilde{R}(t-1, t) \times \tilde{R}(t-2, t-1) < 0$  (该资产涨幅在两天内碰到了平均值) , 则平仓

## STEP 2 : 第二大问——模型的对比和评估

本文的基本方法是把这个模型和其他 Baselines 进行对比, 这一部分写的非常令人迷惑, 作者给出的 Baselines 包括:

- 依赖技术指标 (没说明白)
- 依赖随机游走 (没说明白)
- 依赖 XGBoost 预测
- 依赖 LSTM 预测

之后, 作者计算策略的回报率和波动性、每日收益、Jensen's alpha、夏普比率、信息比率等等, 证明自己的策略好。(这一段思路没问题, 因为你无法正面论证这个策略是最好的, 只能与其他策略对比、评价)

## STEP 3 : 第三大问——市场风险的影响、敏感性分析

$MCAR_n$  indicates the change of the overall risk brought by a 1 % change in the weight of asset  $n$ , means:

$$MCAR_n = \frac{\partial \sigma_p}{\partial w_n} \quad (26)$$

Based on the above formula derivation, the non-trading interval related to the return rate of a single, the cost of buying and selling asset is set:

$$IR * MCAR_n - SC_n + R_f \leq R_n \leq IR * MCAR_n + PC_n + R_f \quad (27)$$

Therefore, based on the above analysis, once the predicted return of gold or bitcoin falls within the above range, our trading strategy immediately changes to hold the corresponding cash.

## 6.2 The Influence of Individuals' Risk Aversion on Trading Strategy

Although the Markowitz efficient frontier model used in the calculation of portfolio holding ratio assumes that all investors are completely risk-averse, in reality, different investors have different degrees of risk aversion, namely, given risk aversion coefficient ( $\lambda$ ).

$$\lambda_A = \frac{IR}{2 * \varphi_p} \quad (28)$$

Where  $\varphi_p$  stands for the optimal active risk (varies between individuals).

The reason why different degrees of risk aversion have an impact on investment strategies is that investment returns have the following utility function for investors:

$$U = \alpha_n - \lambda_A * \varphi_p^2 - TC \quad (29)$$

Where  $TC$  stands for transaction cost.

Then  $Max(U)$  can be calculated by using partial derivative of  $\varphi_p$  and operations research method, and the corresponding asset holding ratio and cash holding ratio can be adjusted again.

语文建模，不看了

本文开始的时候思路非常好，但是没有成功走下去

## 2204883 (北京理工大学)

一句话简介：LSTM 预测，多目标规划决策

### Model 1: 价格预测与决策模型

预测：直接使用标准的 LSTM 模型

(。首先，金融时间序列信噪比相当低，不适合 ML/DL 算法预测；其次，该序列不平稳；再次，我相信直接用前一天的结果作为后一天的预测值，效果和 LSTM 差不多)

决策：

使用  $S_g, S_b$  表示黄金和比特币在近 10 天价格的标准差，那么定义新的一天 ( $t + 1$ ) 的交易风险是

$$R = (x'_g - x_g)S_g + (x'_b - x_b)S_b$$

(注意：这个交易风险被定义成以新增加的仓位为权重的加权标准差，这可能不太符合常识)

再定义预期回报

$$P = \left( \frac{\hat{r}_{g,t+1} - r_{g,t}}{r_{g,t}} \right) (x'_g - x_g) + \left( \frac{\hat{r}_{b,t+1} - r_{b,t}}{r_{b,t}} \right) (x'_b - x_b)$$

(注意：这个收益被定义为新增加的仓位与涨幅的乘积，这个也不太符合常识)

那么我们的优化目标变成  $\max P, \min R$ , 或者  $\min -P, R$

此后，作者将交易的类型分为 6 类，作为例子，我们仅仅分析其中一种：

- 买入比特币和黄金

考虑到比特币和黄金的手续费，实际上的仓位增加应该是  $(1 - \alpha_g)\Delta x_g$ ，将仓位增加量代入目标函数，得到优化模型：

$$\min \quad -\frac{\hat{r}_{g,t+1} - r_{g,t}}{r_{g,t}} \cdot (1 - \alpha_g)\Delta x_g - \frac{\hat{r}_{b,t+1} - r_{b,t}}{r_{b,t}} \cdot (1 - \alpha_b)\Delta x_b$$
$$\min \quad (1 - \alpha_g)\Delta x_g S_g + (1 - \alpha_b)\Delta x_b S_b$$

$$s.t. \quad \begin{cases} \Delta x_g + \Delta x_b < x_c \\ \Delta x_g > 0 \\ \Delta x_b > 0 \end{cases}$$

(在九种情况中，本文没有讨论很多情况，例如黄金不动，只多/空比特币，等等，但这是一个小问题，我们暂不追究)

此外，当预测的收入小于手续费时，交易将不会进行。

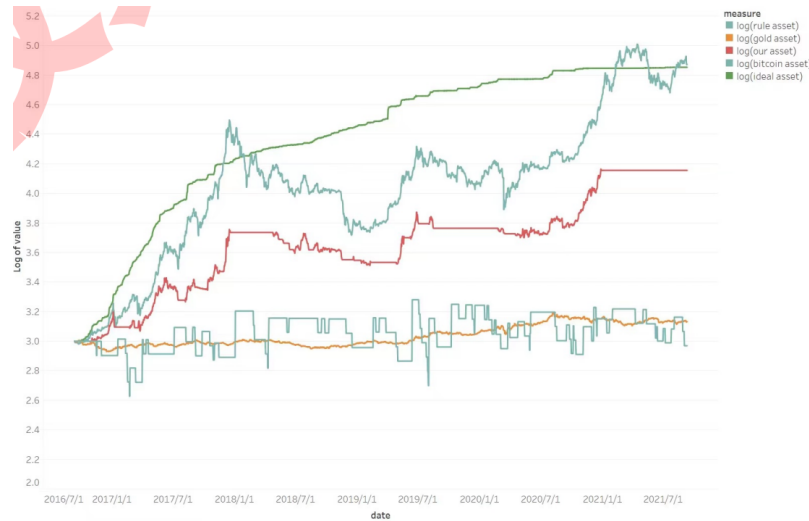
本文没有具体提出采取了何种方法求解这个最优化问题

## Model 2 : 证明本文提出了最优策略

本文仍然采取了将自身策略和许多 Baseline 对比的方式进行。作者首先提出了以下指标：

- 年收益率
- 损益比
- 交易次数
- 胜率
- 最大单次收益
- 最大单次损失
- 最大连续盈利次数
- 最大连续损失次数
- 最大回撤

- 夏普比率  
作者提出了以下 Baseline Models:
- 全仓黄金 (5 年)
- 全仓比特币 (5 年)
- 上帝视角的理想化的最大收益
- 基于均线金叉、死叉的交易策略



Strategies \ Metrics	ARR	PLR	NT	WR	MPA
Our Asset	266.36%	1.41	848	53.54%	1044.51
Gold Asset	15.88%	1.08	1	52.38%	80.35
Bitcoin Asset	906.88%	1.15	1	54.28%	7436.2
Ideal Asset	1406.66%	7.55	1401	73.59%	5171.07
Rule Asset	8.53%	1.47	41	21.95%	475.6
Strategies \ Metrics	MLA	MCP	MCL	MDD	SR
Our Asset	-867.44	8	7	42.92%	0.0791
Gold Asset	-104.85	10	11	18.54%	0.0268
Bitcoin Asset	-7742.91	10	9	83.37%	0.078
Ideal Asset	-868.93	20	3	1.89%	0.2955
Rule Asset	-194.45	1	6	30.06%	0.0247

(不太明白为什么这个上帝视角策略还会有回撤 (可能是求解优化模型的时候做的不太好), 以及均线策略画出来的图为什么长成这个样子)

经过上面两张图, 说明这个策略是好的。

## Model 3: 对于手续费的敏感性分析

以黄金为例, 直接调节黄金的手续费占比, 观察黄金在投资组合中的所占比例和策略表现:

Commission of Gold	$v_g$	$v_b$	$V_g$	$V_b$	$V_a$
0%	0.7622	0.8286	6	52	58
1%	0.6333	0.8391	10	40	50
2%	0.9497	0.8307	2	38	40
3%	-	0.8223	0	40	40
4%	-	0.8255	0	40	40

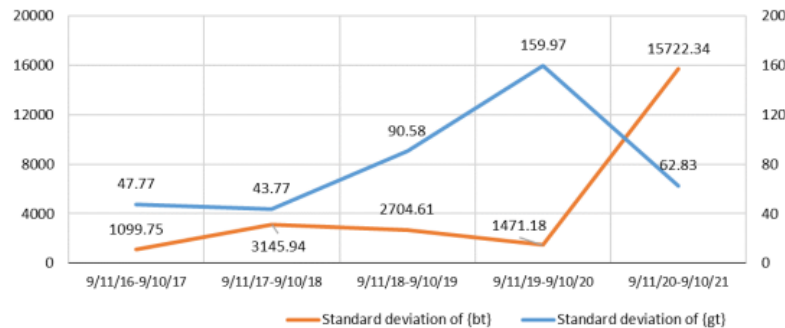
Commission of Gold	$\Delta w$	$WR$
0%	10874.24	0.2745
1%	14325.13	0.381
2%	13069.35	0.4474
3%	14587.49	0.4103
4%	10865.78	0.4615

比特币同理。

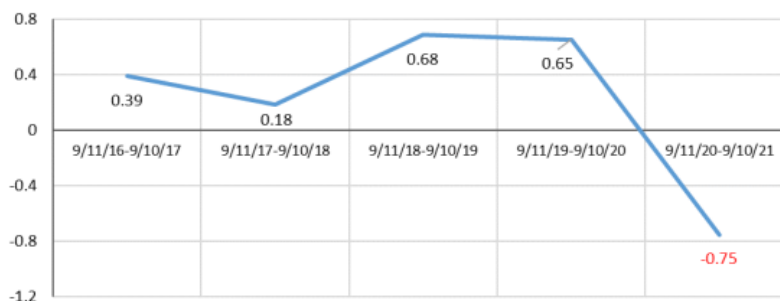
**2218743**

## Model 0：数据的描述性统计

在这一部分，作者主要分析了黄金和比特币的最高值、最低值、波动性和相关系数



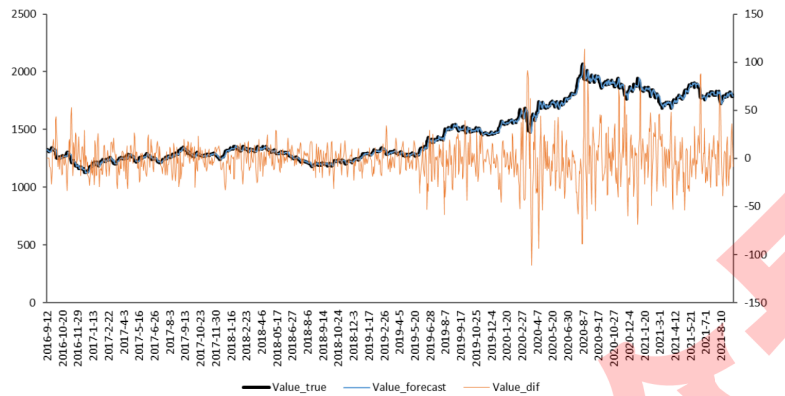
(a) Standard deviation.



(b) Correlation coefficient.

## Model 1: 黄金和比特币的价格预测模型

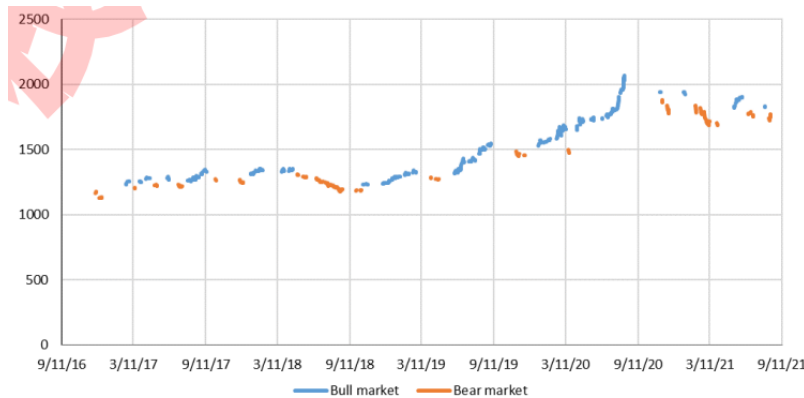
原序列的平稳性检验一定不能通过，于是先一阶差分，之后再进行预测。预测完成之后发现残差是白噪声，符合要求，预测较为准确



## Model 2: 牛市和熊市的判断模型

作者使用均线多头（空头）排列的方式判断牛市/熊市：选定 10 根均线，如果均线多头排列，且 10 根均线中 8 根均线的斜率都为正，则可以判断目前为牛市；若所有均线空头排列，且 10 根均线中有 8 根斜率为负，则可以判断目前为熊市。对于其余时候，认为市场处于波动状态。

下图中，蓝线表示识别到的牛市，黄线表示识别到的熊市



## Model 3: 投资组合风险的衡量与决策

### 基本模型



作者使用 CVaR 模型来表达风险的大小。记资产回报为  $r$ ，显著性水平为  $\alpha$ ，那么这一资产的风险被表达为

$$CVaR = C(\alpha)\sigma(r) - E(r)$$

(实际操作里，可以拿最近的一段时间的资产回报计算标准差和均值)

那么，在规划最优的投资策略时，要平衡风险和收益。记第  $t$  天（现金，黄金，比特币）的仓位为  $[x_t, y_t, z_t]$ ，价格为  $g_t, b_t$ ，第  $t$  天的预测价格为  $G_t, B_t$ ，则第  $t$  天的期望收益是：

$$\tilde{I}_t = -0.01|y_t - y_{t-1}|G_t + 0.02|z_t - z_{t-1}|B_t + (G_t - g_{t-1})y_t + (B_t - b_{t-1})z_t$$

接下来表达资产的风险，定义每个资产的权重是

$$w_{1,t} = \frac{x_t}{x_t + y_t G_t + z_t B_t}$$

三个权重组成向量  $W_t$ ，再将三个资产的平均收益组成向量  $\mu_t$ ，协方差矩阵为  $C_t$ ，那么 CVaR 可以被表述为：

$$CVaR = C(\alpha)\sqrt{W_t^T C_t W_t} - W_t^T \mu_t$$

此外，由于我们已经识别了牛市和熊市，因此只有在一个资产确定处于牛市和熊市时才启动交易，而该资产处于震荡中时，不交易。

还有不许做空、不许加杠杆的假设。

## 求解方式与最终的决策

首先，使用 NSGA-II 算法求解 Pareto 前沿，再从前沿上选点：

某些研究表明，资本市场上通常出现方差不对称性，作为投资者，我们通常更关注下跌过程中，损失的风险有多大。因此，我们现在不再计算上涨日涨幅的方差，而是将下跌日跌幅的协方差矩阵记作  $C^-$ ，那么下半方差就被记作：

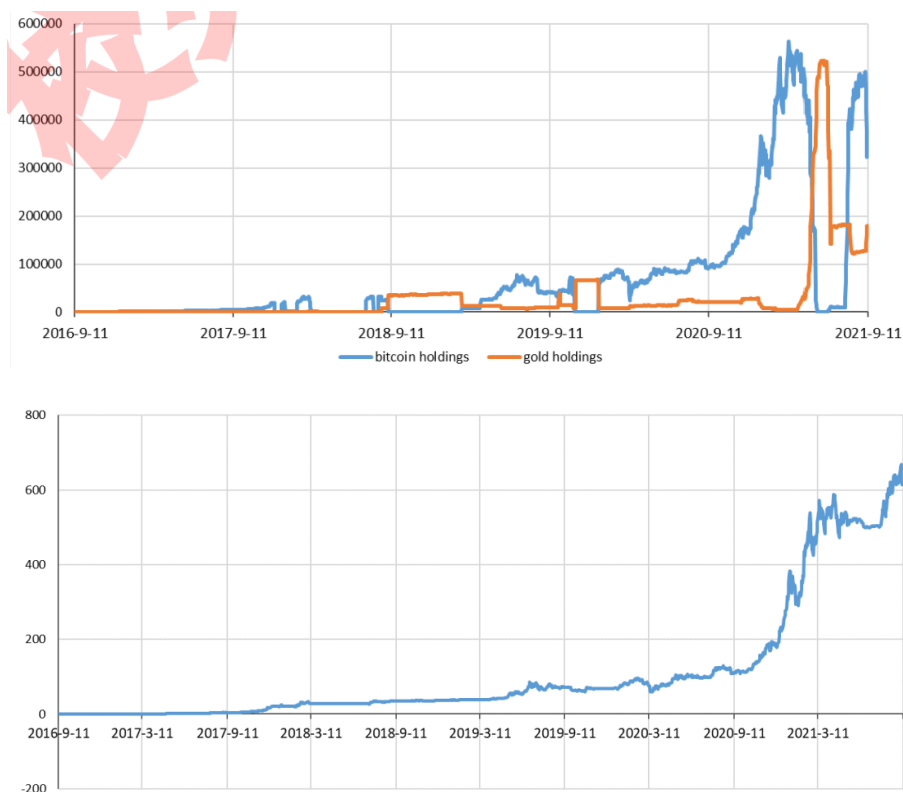
$$V = W^T C^- W$$

将前沿上的所有点按照下半方差从小到大排序，选择 70%分位数作为投资者能够承受的极限，将 70%上面收益最高的点作为最优的投资组合。

不断迭代，直到得到每一天的投资策略为止。

## 结果





## Model 4：证明自己的投资模型是最好的

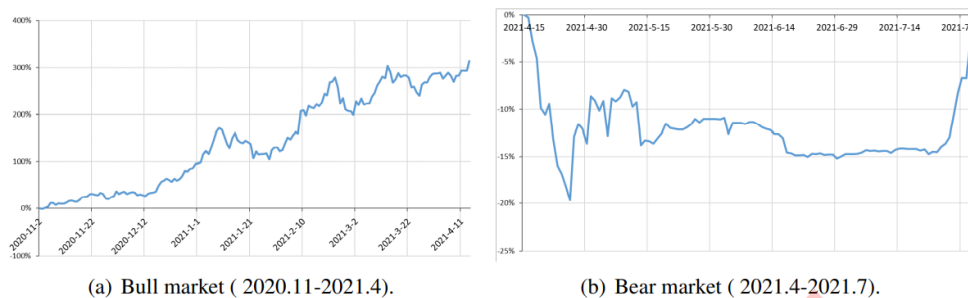
作者从三（四）个方面证明自己投资策略的优越性：

### 时间序列预测的精确性

Table 2: Prediction error evaluation index results.

Assets	MSE	RMSE	MAE	MAPE	R2-score
Gold	395.8478	19.8959	13.6976	0.009	0.9486
Bitcoin	1205107.406	1097.7738	542.9281	0.0402	0.9486

### 牛市里大量盈利、熊市里有足够鲁棒性



### 在策略被微扰的情况下显示出鲁棒性

	$I_{1st \text{ year}}$	$I_{2nd \text{ year}}$	$I_{3rd \text{ year}}$	$I_{4th \text{ year}}$	$I_{5th \text{ year}}$	$\bar{I}_{1-5 \text{ year}}$
Actual investment	368.99%	664.69%	102.48%	55.60%	453.03%	261.41%
Simulated investment	328.65%	610.85%	91.53%	49.61%	422.62%	240.45%

### 对于手续费的鲁棒性

Table 4: Annual rate of return on investment under different transaction costs.

Transaction Costs	$I_{1st \text{ year}}$	$I_{2nd \text{ year}}$	$I_{3rd \text{ year}}$	$I_{4th \text{ year}}$	$I_{5th \text{ year}}$	$\bar{I}_{1-5 \text{ year}}$
$\alpha_{bitcoin}=1\%, \alpha_{gold}=0.5\%$	371.92%	712.55%	97.77%	57.37%	442.04%	263.93%
$\alpha_{bitcoin}=1\%, \alpha_{gold}=1\%$	370.39%	710.64%	97.85%	56.36%	442.61%	263.16%
$\alpha_{bitcoin}=1\%, \alpha_{gold}=1.5\%$	368.86%	708.71%	97.92%	55.33%	443.20%	262.37%
$\alpha_{bitcoin}=2\%, \alpha_{gold}=0.5\%$	370.52%	666.76%	102.37%	56.66%	452.31%	262.20%
$\alpha_{bitcoin}=2\%, \alpha_{gold}=1\%$	368.99%	664.69%	102.48%	55.60%	453.03%	261.41%
$\alpha_{bitcoin}=2\%, \alpha_{gold}=1.5\%$	367.46%	662.60%	102.59%	54.54%	453.77%	260.62%
$\alpha_{bitcoin}=3\%, \alpha_{gold}=0.5\%$	369.12%	620.69%	107.59%	55.89%	463.51%	260.44%
$\alpha_{bitcoin}=3\%, \alpha_{gold}=1\%$	367.59%	618.46%	107.73%	54.79%	464.40%	259.63%
$\alpha_{bitcoin}=3\%, \alpha_{gold}=1.5\%$	367.46%	662.60%	102.59%	54.54%	453.76%	260.61%