**Shannon’s Demon with Leverage**

**作者 九天** [**szy@tsinghua.org.cn**](mailto:szy@tsinghua.org.cn) **2020.12.30**

1. **前言**
2. 香农简介

香农是20世纪最伟大的数学家之一，信息论的创始人，提出了信息熵的概念，是现代通信理论的奠基者。

在香农提出信息论之前，人们曾普遍认为，以固定速率发送信息，而忽略误差概率的传输系统是不可能做到的。然而，香农却从理论上证明了，只要通信速率低于信道容量C，总可以找到一种编码方式，使得误差概率接近于0。而信道容量C可以通过一个简洁的公式——香农公式，根据信道的带宽和噪声特征简单的计算出来。这结论震惊了整个通信理论界。

1. 有效市场假说与股价随机游走假设

诺贝尔经济学奖得主尤金法玛教授提出了有效市场假说，这个假说促使人们进行被动投资，购买指数，经过了半个世纪的演绎，现如今指数基金的规模已经占据了半壁江山，美股里一半的市值是在指数基金手里。在尤金法玛教授1965年的论文中，阐述了股价随机游走与有效市场的渊源：

在一个“有效市场”里，数量众多的参与者相互竞争的行为，会导致证券实际价格的“随机游走”，（因为）如果价格与价值的“背离”本质上是系统性的而非随机的，那么对于这种背离的认知将助使那些聪明机智的市场参与者预测出价格回归价值的路径。然而当许多聪明的交易员试图以此谋利，他们的行动会将价格序列里的系统性变化给抵消掉。虽然关于内在价值的非确定性仍然存在，但证券的实际价格将会随机游走。

1. 香农的恶魔

香农阐述了一个通过随机游走赚钱的方法。试想一只价格随机上下波动的股票，上下波动并不存在整体趋势。然后把一半资金投入股票，另一半放在“现金”账户中。每天，股票的价格都会发生变化。每天中午你都要“调整”投资组合。也就是说，要计算出整个投资组合（股票+现金账户）现在的市值，然后从股票投资中抽出一部分加到现金账户或者从现金账户抽出一部分加到股票投资当中，使最新的股票市值和现金各占一半。每天进行上述调整。

如果股票价格是随机游走的，那么香农的上述方法，与一直持有股票相比，不仅获得的投资回报更高，风险调整后的回报也更高。

这也是固定比例调整型投资组合的雏形，马克鲁宾斯坦和尤金法玛教授也在研究这类组合。

1. 香农的麻烦

在当时，有人问香农：在他自己的投资中是否用到了这一策略系统？香农回答：“没有，因为交易手续费高得能让策略失去意义”。也就是只有波动足够高的股票，波动高到可以轻松覆盖交易费用，策略才会达到理想的效果。

1. 杠杆加强的香农网格交易

考虑到实际中，股票的波动范围经常在±20%以内，那么是否可以在股价波动到-20%时全买成股票，涨至+20%时全换成现金呢？设想一下，假如真实的起始资金是10万元，我们假想有一个虚拟账户起始资金是50万，每次再平衡时，我们使用虚拟账户的股票和现金进行计算，得到的买卖股数和金额在真实的10万元账户中进行操作，那么，真实10万元账户中的股票和现金，将不会等值，我们保持虚拟账户中的股票和现金等值即可，这相当于有了“5倍杠杆加强”的香农网格策略。之所以加“网格”两字，是因为这个的策略最终的交易表现得和网格交易很像。

这里杠杆加强的香农网格交易思想，属于本人独创。

1. 运行结果的启示

在策略运行结果中发现，对于快速上涨趋势的股票，应用该策略会非常明显的少赚。上涨趋势的股票，并不是简单的围绕均线上下波动，而是会经常突然拔高快速上涨。​这有两个启示：第一点，对于牛股，最好的策略就是买入持有​；第二点，非常重要的一点，香农策略比买入持有少赚，是不是反过来也证明随机游走理论​在此并不成立，尤其对牛股上，也证明了有效市场假说，并不是总成立的。

其实仔细想想也能想到，即使所有的信息都是公开的，这个市场上也总是会有一些特别厉害的人，他们能在公开信息中洞察到其他人所没有洞察到的重大信息，从而战胜市场。那些坚持市场永远100%有效的教授们，​应该是错了的。​

1. **变量说明**

B balance 实际资金额

S stocks 实际股票数量

vB virtual balance 虚拟资金额

vS virtual stocks 虚拟股票数量

Bbase balance base 均衡时（资金额等于股票市值）资金额

Sbase stocks base 均衡时（资金额等于股票市值）股票数量

vBbase virtual balance base 均衡时（资金额等于股票市值）虚拟资金额

vSbase virtual stocks base 均衡时（资金额等于股票市值）虚拟股票数量

Bwant want balance 需要达到的资金额

Swant want stocks 需要达到的股票数量

L leverage 杠杆率，即(vB+vS\*Pnow) / (B+S\*Pnow)

P price 股票价格

Pinit price initial 起始股票价格

Pmin minimum price 最低股票价格

Pmax maximum price 最高股票价格

Pbase base price,middle price 均衡时（资金额等于股票市值）股价

Pnow price now 现在股票价格

Pbuy price buy 挂单买入价格

Psell price sell 挂单卖出价格

Anow asset now 当前资产总额

diffA different asset 资金与股票市值的差额

diffAnow different asset at price now 在Pnow时资金减股票市值

diffAbuy different asset at price buy 在Pbuy时资金减股票市值

diffAsell different asset at price sell 在Psell时资金减股票市值

ratio ratio of diffAsset and total asset 资金与股票市值的差额与总资产的比例

rationow ratio at price now 在Pnow时的ratio

ratiobuy ratio at price buy 在Pbuy时的ratio

ratiosell ratio at price sell 在Psell时的ratio

T threshold ratio的阈值，达到T时进行平衡买卖

1. **提前挂单价Pbuy与Psell的确定**
2. diffA与ratio的计算

diffA = 0.5 \* (vB - vS \* P) ①

ratio = diffA / (0.5 \* (vB + vS \* P)) ②

1. Pbuy的确定

已知：vB，vS，Pinit，T

求：在Pbuy时，ratio达到阈值T，求Pbuy。

diffAbuy = 0.5 \* (vB - vS \* Pbuy) ③

ratiobuy = diffAbuy / (0.5\*(vB + vS \* Pbuy)) ④

ratiobuy = T ⑤

带入得

T = (vB - vS \* Pbuy)/ (vB + vS \* Pbuy)

求得

Pbuy = (vB\*(1-T)) / (vS\*(1+T)) = Pinit \* (1-T)/(1+T) ⑥

此时

diffAbuy = vB\*T / (1+T)

1. Psell的确定

已知：vB，vS，Pinit，T

求：在Psell时，ratio达到阈值-T，求Psell。

diffAsell = 0.5 \* (vB - vS \* Pbuy) ⑥

ratiosell = diffAsell / (0.5 \* (vB + vS \* Pbuy)) ⑦

ratiosell = -T ⑧

带入得

T = -(vB - vS \* Psell) / (vB + vS \* Psell)

求得

Psell = (vB\*(1+T)) / (vS\*(1-T)) = Pinit \* (1+T)/(1-T)

此时

diffAsell = -vB\*T / (1-T)

1. **最大L（leverage）的确定**

已知：Pinit，Pmin，Pmax，B，S

求：当P达到Pmin和Pmax时，能使B或者S刚好降为0的L。

1. 初始Pinit时，达到平衡

B = S \* Pinit ①

vB = vS \* Pinit ②

vB = L \* B ③

vS = L \* S ④

1. P=Pmin时，diffAssetBuy=B

diffAbuy = 0.5 \* (vB – vS \* Pmin) ⑤

diffAbuy = B ⑥

求得

Pmin = (B/S) \* (L-2) / L = Pinit \* (L-2) / L

L = 2 \* Pinit / (Pinit-Pmin)

即P达到Pmin时，L达到的极值。

1. P=Pmax时，-diffAssetSell=B

diffAsell = 0.5 \* (vB – vS \* Pmax) ⑦

-diffAsell = B ⑧

求得

Pmax = (B/S) \* L / (L-2) = Pinit\*L / (L-2)

L = 2 \* Pmax / (Pmax – Pinit)

即P达到Pmax时，L达到的极值。

1. **由在Pnow时B、S立即达到Bwant、Swant所需要的vB，vS的确定。**

已知：Anow、L、B、S、Bwant、Swant、Pnow

求：vB、vS，使得diffAnow = B – Bwant ①

另：

diffAnow = 0.5 \* ( vBn – vSn \* Pnow) ②

vB + vS \* Pnow = L \* Anow ③

由①②③得：

0.5 \* (vB – L \* Anow + vB) = B – Bwant

即：

vB = 0.5 \* L \* Anow + B – Bwant

vS = (L \* Anow – vB) / Pnow = (0.5 \* L \* Anow – B + Bwant) / Pnow

1. **Pnow与Pbase不同时，vB、vS值的确定**

已知：股票的平衡基价为Pbase，在Pbase时B、S达到平衡；当前价格Pnow；L；Anow

求：使在Pbase达到B、S平衡的vB、vS在当前价格Pnow下的Bwant，Swant，以及此时的vB、vS

在Pbase时达到平衡，即：

Bbase = Sbase \* Pbase ①

vBbase = L \* Bbase ②

vSbase = L \* Sbase ③

当价格由Pbase变为Pnow时：

diffA = 0.5 \* (vBbase – vSbase \* Pnow) ④

Bwant = Bbase – diffA ⑤

Swant = Sbase + diffA / Pnow ⑥

Bwant + Swant \* Pnow = Anow ⑦

上面①②③④⑤⑥⑦中，Pbase、Pnow、L、Anow均为已知量，分别将其他未知变量（共7个）转化为未知变量Sbase的表达式，可求得Sbase。

② => vBbase = L \* Sbase \* Pbase

④ => diffA = 0.5 \* (L \* Sbase \* Pbase – L \* Sbase \* Pnow)

⑤ => Bnow = Sbase \* Pbase – 0.5 \* (L \* Sbase \* Pbase – L \* Sbase \* Pnow)

⑥ => Snow = Sb + 0.5 \* (L \* Sbase \* Pbase – L \* Sbase \* Pnow) / Pnow

⑦ => Sbase \* Pbase + Sbase \* Pnow = Anow

求得：

Sbase = Anow / (Pbase + Pnow)

Bwant = ( Pbase – 0.5\*L\*Pbase + 0.5\*L\*Pnow ) \* Anow / (Pbase + Pnow)

Swant = ( Pnow – 0.5\*L\*Pnow + 0.5\*L\*Pbase ) \* Anow / (Pbase + Pnow) / Pnow

然后根据（三）中计算，求得vB、vS