

关于低延迟趋势线 LLT 的研究报告

在数字图像处理中可以知道一个图像可以在频域和空间域之间转换，而在频域中，高频部分表示着空间域中图像变化较为迅速的部分如黑白的边界，它反映的是图像的细节信息，占全部信息的小部分。低频部分表示图像变化中较为平滑的部分，占图像的大多数。体现在投资方面，我们可以过滤掉小部分干扰信息（高频），保留价格运行的主趋势（低频），构造一个低通滤波器（允许低频信号通过），就可以完成趋势判定工作。

LLT 低延迟趋势线，就是一个二阶低通滤波器。EMA 也是一个一阶低通滤波器，平均数 MA 也是一种滤波，它把高频分量去掉，曲线更平滑，本质上就是滤波。

滤波器实际上是一个输入信号 x ，通过滤波器会有一个输出信号 y 。做了 Z 变幻之后是一个函数关系，如果不做 Z 变幻，是一个卷积的形式。 Z 变幻降低了复杂度，只要做相除就可以表示输入输出的关系。滤波器，就是寻找 $H(Z)$ 这个系统，能让低频信号保持，高频信号滤掉。

在分析中，价格是输入信号，均线是输出信号：所以 $H(Z) = \text{EMA}/\text{price}$ 。经过推导的传输函数 $H(z)$ ，它的分母上 z 的指数是 -1 ，代表 1 阶，这代表了分母上只有 1 个 Y 轴的 0 点。当 $z-1=1/(1-\alpha)$ 的时候，分母 $=0$ 。

$H1$ 滤波器公式中， α 除以 0 的时候，这个信号是无穷大，任何信号都可以通过，这就是一阶的定义。如果是 Z 的平方，就有 2 个值对应 Y 轴的 0，因此可以看出一阶就是一级的滤波器，二阶就是两个滤波器并联或串联。

但是 $H1$ 滤波器中，由于当 Z 负 1 次方 $= -1$ 时，传输函数等于 $\alpha/(2-\alpha)$ ，也就是说仍然有低频分量输出。而信号处理中， $1-\text{低通滤波器} = \text{其对应的高通滤波器}$ ， $1-H1(z)$ 得到的传输函数，并不能包含所有的高频分量。

再经过一些数学上的技巧修正 EMA 滤波器，使之成为一个合格的低通滤波器—— $H2$ ，其对应的传输函数是 $H2(z)$ 。这也是一个低通滤波器，特性是分母上的 0 叫做极点，分子上的 0 叫做 0 点，这个滤波器会比较好。

做这个变幻之后，在频率 $= 0.5$ 的位置，幅度就完全 $= 0$ 了，这个特性非常好，这就是后文中测试的修正 EMA 指标，是性能较好的一阶滤波器。

二阶滤波器可以表示成两个一阶滤波器相乘的结果。从时域角度讲就是两个滤波器卷积的过程，经过 Z 变幻，就是相乘的过程。卷积在 $H(z)$ 变幻里，对应的就是相乘。

二阶有一个非常好的性质，在低频部分，衰减很快。极限情况是，有一个矩形窗口滤波器，把低频部分全部滤掉。因此可以通过构造一个优秀的高通滤波器的方式再进行 $1-\text{高通滤波器}$ 来得到对应的表现优秀的低通滤波器。因此在文中找到了一个好的高通滤波器 $H4$ ，然后通过 $1 - H4 = H5$ 就得到了 $H5$ 这样一个低通滤波器。