

第三篇 算法交易

3.1 算法交易概述

很多人把程序化交易和算法交易混淆，本书定义程序化交易包含算法交易，算法交易是程序化交易的一个子集。

算法交易属于程序化交易，其交易指令也是通过电子计算机下达，即由编写为计算机程序的交易算法根据市场状况决定交易委托的时间、价格、数量、笔数等。算法交易跟其他程序化交易相比特殊的地方在于，其算法目的不是直接实现投资策略的投资盈利，而是通过将大额交易分解为若干笔小额交易，适时适量地下达交易订单，以期获得更低的冲击成本、订单暴露和市场风险。

算法交易是一种交易辅助手段，可以广泛的应用于股票、期货、期权、外汇、债券等各类交易，也可以融入到篮子交易、套利交易、做市交易等其他程序化交易之中形成混合型交易策略。算法交易已被国内外众多券商投行、公募基金、私募基金、养老基金以及其他机构交易者广泛使用，一些大的交易平台开发商也提供专门的算法交易模块，当然我们也可以在各自的交易系统中编写算法交易策略，让我们的交易更具个性化，获得更好的执行价格和投资收益。

3.2 出了名的 TWAP 和 VWAP

对程序化交易有点了解，听说过算法交易这词的人，提起算法交易，总会祭出 TWAP 和 VWAP 这对兄弟。确实，这两个交易策略简单易行，容易理解，实乃算法交易中“居家旅行，必备良药”。本书就从原始版本的 TWAP 和 VWAP 开始，逐步深入讲解算法交易。

既然是原始版本，各项交易条件也都从简，假设每笔大单都可以被拆分成若干整手的小单，没有零股；每次交易都能在规定时间内正好完全整手成交，没有剩余。

TWAP 是 Time Weighted Average Price 的缩写，即时间加权平均价格。该交易算法先对交易时间段进行 N 等分，再将委托订单平均拆分成 N 份，在每个等分的交易时间内完成 1 份子订单交易。

相比直接将数量巨大的委托订单下到交易市场，使用 TWAP 交易算法将大单拆分成多

笔小单在整个交易时间段内均匀地分笔交易，减小了大笔订单对市场价格造成的冲击（卖出时大幅打压价格，买入时大幅拉抬价格），也避免了在上涨行情中过早地卖出或在下行行情中过早地买入整个订单（但也可能导致在市场下跌时卖出太晚或上涨时买入太晚）。

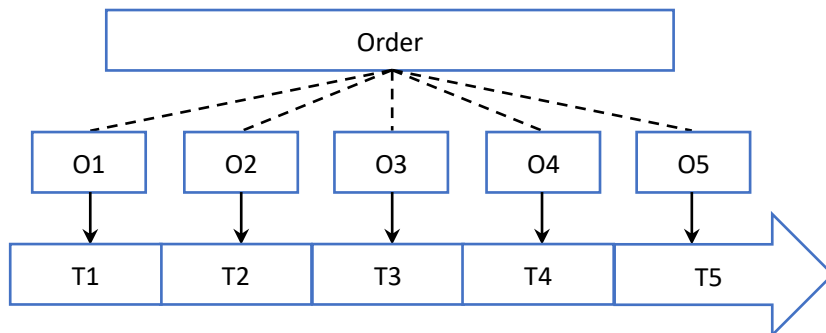


图 3.2.1 TWAP 示意图

VWAP 是 Volume Weighted Average Price 的缩写，即成交量加权平均价格。该交易算法在 TWAP 的基础上对拆单方式进行调整，不再使用平均拆分，而是根据每个等分的交易时间内成交量大小来调整委托订单拆分数量。

举个最简单的例子，假设使用前一交易日的成交量分布作为当日 VWAP 交易算法订单拆分数量参考，在全天 4 个小时的交易中，前一交易日每小时的成交量分别为 4000 手、3000 手、2000 手和 3000 手，当日总共需要交易 1200 手，1 小时下一次单，则订单会被拆分成 400 手、300 手、200 手和 300 手依次进行交易。

由市场成交量决定拆分后每笔小单的委托数量，就能解决 TWAP 的平均交易价格与以成交量作为加权的市场平均成交价格存在很大差异的问题。当然，要想实际平均成交价与市场平均成交价尽量接近，就得在 VWAP 的当日成交量分布预测上下功夫。

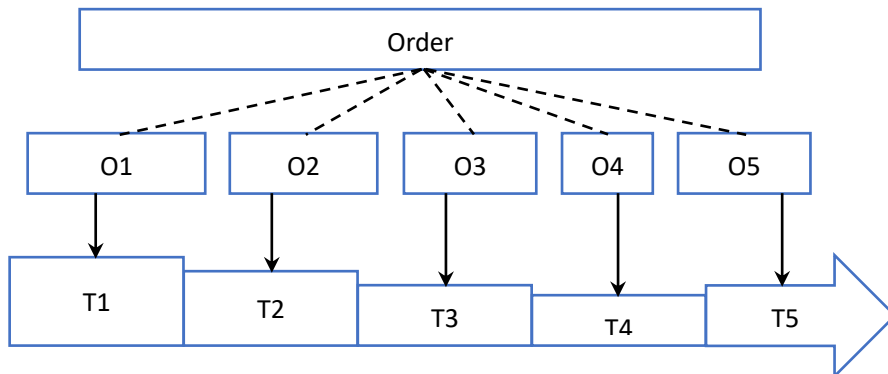


图 3.2.2 VWAP 示意图

3.3 改进版 VWAP 算法^{<01>}

上一节讲的 TWAP 和 VWAP 算法太简易，不可能用于实际交易，本小节将尝试改进 VWAP 算法，使其具有实用性。

这里的描述侧重于单个标的的交易，多个标的的交易可以参考本书第五篇中篮子批量交易的内容，将两者结合起来会更加实用。

3.3.1 交易时间分段

沪深交易所交易时间，上午 2 小时，下午 2 小时，各 120 分钟，各 7200 秒，各包含 480 个 15 秒，按 15 秒整数切割，划分方法和整数分段如下：

```
for i in range(1, 481):
    a = 480.0 / float(i)
    if int(a) == a:
        print(i, i * 15, 480 / i)
```

计数	时间(秒)	分段(段)	计数	时间(秒)	分段(段)
1	15	480	24	360	20
2	30	240	30	450	16
3	45	160	32	480	15
4	60	120	40	600	12
5	75	96	48	720	10
6	90	80	60	900	8
8	120	60	80	1200	6
10	150	48	96	1440	5
12	180	40	120	1800	4
15	225	32	160	2400	3
16	240	30	240	3600	2
20	300	24	480	7200	1

表 3.3.1 整数分段（15 秒）

这里取 15 秒只是出于通用性考虑，可以包含 30 秒、1 分钟、5 分钟等常见的交易时间划分，使用 5 秒 10 秒这种比 15 秒更精细的划分也可以，一切视市场和需求来定。

另外也不是一定要做交易时间划分，这里要图简单的话，直接按照计算（后文会讲到）得到的某个时间值作为委托挂单时长即可，但是因此也会增加之后整体交易计划安排的复

杂性，相比较其实还是做划分更为简便。

3.3.2 成交量的预测

VWAP 算法最核心的是对成交量的预测。

首先获取 N_E 个取样交易日期，然后获取每个标的每个取样交易日的 15 秒 K 线的成交量数据，根据这些历史成交量计算预测交易当日的成交量分布。

	20200706	20200707	20200708	...	20200812	20200813	20200814	均值
0	1130800	2345046	1045598	...	381800	329200	181500	624125
1	884400	2372944	907402	...	345500	319533	89000	634073
2	699900	2108346	620009	...	233057	61667	94800	380623
...	...	...	...	...	...	...	...	...
958	0	0	0	...	0	0	0	0
959	0	0	0	...	0	0	0	0
960	1948974	1524476	1027432	...	436868	479363	618500	1057623

表 3.3.2 成交量预测数据

上表所示的最后一列，是所在行（一行为一个15秒切片）每个取样历史交易日切片时间段成交量的算术平均值，将此值作为成交量的预测值，用柱状图显示如下：

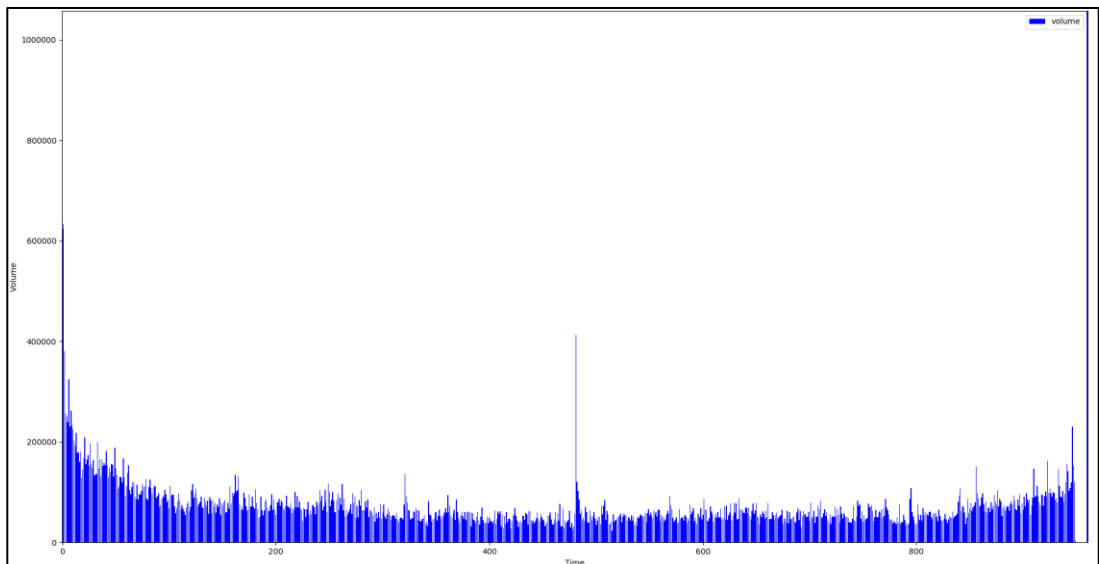


图 3.3.1 成交量预测结果

当然也可以使用线性回归、一元多项回归等稍微复杂的数值预测方法根据历史成交

量计算当日预期成交量情况。下图是算术平均（红）、线性回归（蓝）和一元多项回归（黑）三种预测方法的均方根误差（RMSE）比对，与当日实际成交量的差异还是最简单的算术平均法最小。

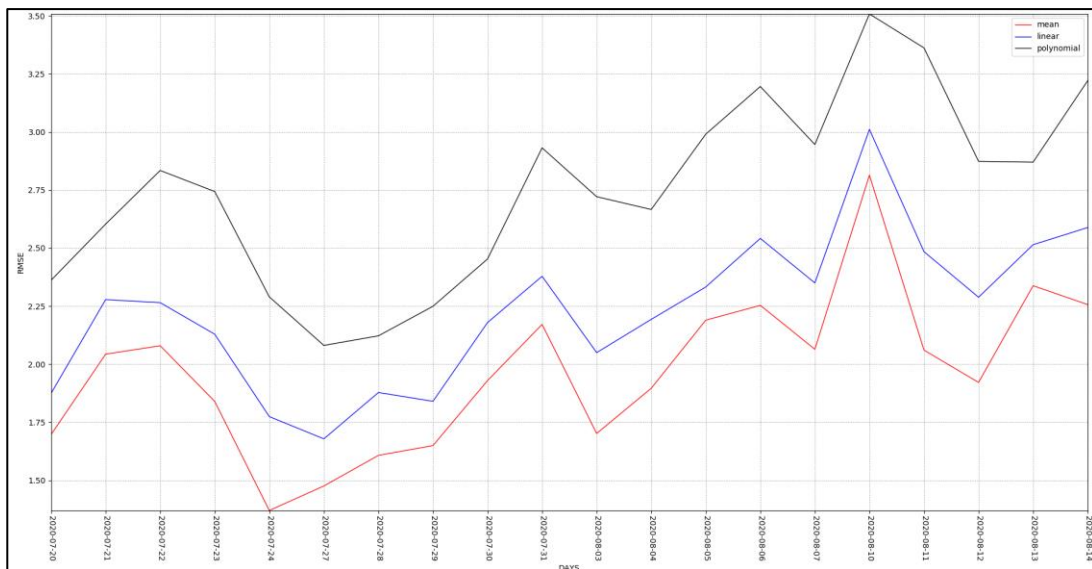


图 3.3.2 三种预测算法误差比对

3.3.3 平均挂单时间

将本小节开始时按 15 秒整数倍划分的时间分段保存至 `cycle_size_list` 列表。

15	30	45	60	75	90	120	150
180	225	240	300	360	450	480	600
720	900	1200	1440	1800	2400	3600	7200

表 3.3.3 `cycle_size_list` 划分（秒）

也可以将上表中相邻两个时间的中间数作为分段保存至 `cycle_half_list` 列表。

22.5	37.5	52.5	67.5	82.5	105.0	135.0	165.0
202.5	232.5	270.0	330.0	405.0	465.0	540.0	660.0
810.0	1050.0	1320.0	1620.0	2100.0	3000.0	5400.0	10800.0

表 3.3.4 `cycle_half_list` 划分（秒）

对 N_e 个取样交易日中最近 N_e 个交易日计算买一档和卖一档被吃掉的平均耗时，可以使用多种方法将平均耗时转换为与 15 秒对齐的挂单时间，比如直接向上取整至 15 秒整数倍的值、向上取 `cycle_size_list` 中最接近档的值（往大的靠，如图 3.3.3 所示）、向上

取cycle_half_list中最接近档在cycle_size_list中对应档的值（往中间靠，如图3.3.4所示）。

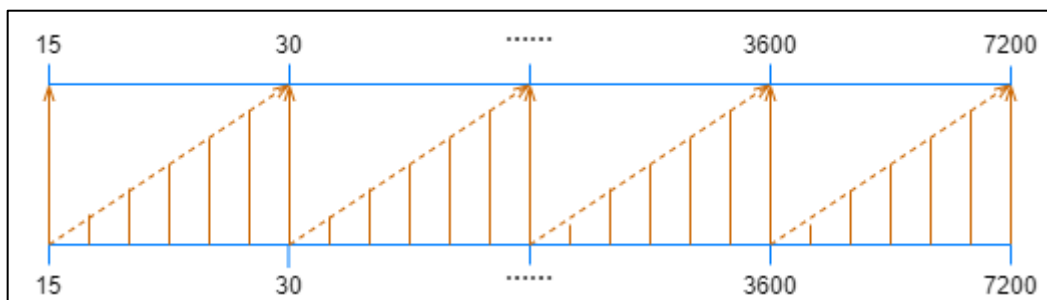


图 3.3.3 耗时取整归档 cycle_size_list

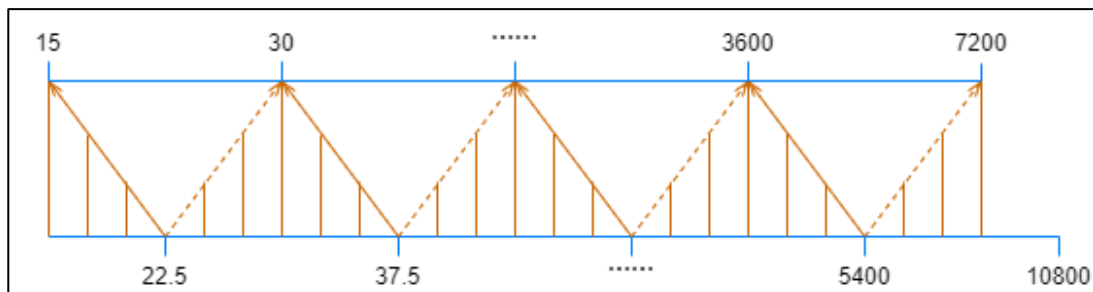


图 3.3.4 耗时取整归档 cycle_half_list

这里得到的挂单时间将作为下一节中交易计划的计划单元耗时，其中包含少量预留撤单时间。因为本身取的是最优买卖档被吃掉的多日平均耗时，所以使用这几种简单的取整方式，也将少量预留撤单时间包含在内，不需要很精确，大概即可。

3.3.4 制定交易计划

交易计划是本书自创的一个词，可以说是编写算法交易策略时结构性最强的概念和方法，交易计划在手，整个交易过程就清晰了然。

交易计划包含若干计划单元，每个计划单元对应特定交易时间段内的交易任务。一般包含计划单元耗时、委托数量、拆单数量、成交数量、交易标识、成交量预测数量、成交量预测占比、交易开始时间、交易撤单时间、交易结束时间等。

通过之前计算的平均挂单时间，可以得到上午和下午交易时段所含计划单元数量、计划单元耗时、交易开始时间、交易结束时间，结合预留撤单耗时可以得到交易撤单时间。根据计划单元耗时所占交易时间分段，对所涉分段预测成交量加总，得到计划单元所耗时段对应的成交量预测数量，再除以该标的所有计划单元成交量预测数量之和，就

得到该计划单元的成交量预测占比。

交易前，每个计划单元的委托数量由总委托数量乘以成交量预测占比得到，根据预设的拆单次数，得到计划单元的拆单数量。由实际交易启动时间，判断标的的每一个计划单元是否已经过时，将过时的计划单元交易标识设置为不做交易。将存在需要交易的交易单元的原始委托放入买卖原始委托列表执行交易。

3.3.5 动态委托数量

对于一些特殊需求，比如总委托数量不限制，而是需要交易量更好地与市场成交量相匹配，并且总交易量要大概控制在市场成交量的一定比例。

这时根据历史成交量预测的当天成交量估算值，因为市场行情变化，很可能会与当天成交量实际值产生很大出入，为达成预设交易目标，需要对委托数量进行实时的动态调整。

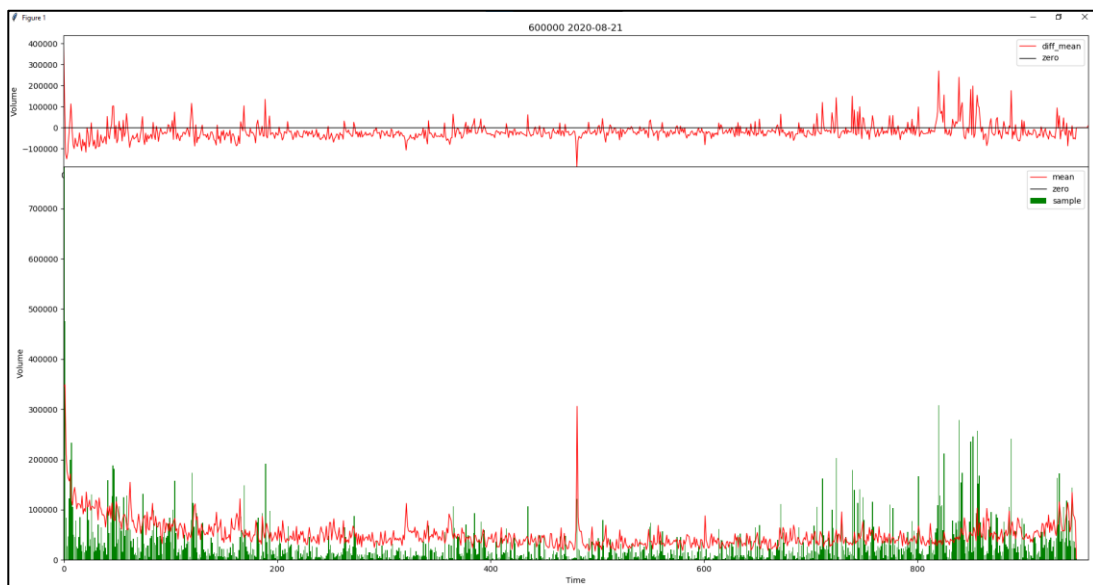


图 3.3.5 预测交易量与实际交易量产生偏离

为了与某个变量值贴合，证券投资领域最常用的方法是使用移动平均。计算移动平均值时，使用的周期数量越多（窗口越宽），对所计算变量的平滑作用越强，敏感性越低；使用的周期数量越少（窗口越窄），对所计算变量的平滑作用越弱，敏感性越高。

对当日交易时间的实时行情计算移动成交量。首先是将快照行情处理成15秒为周期的K线数据。因为使用固定时长的交易计划单元进行下单，这里计算移动成交量的周期数

量就取成与计划单元时长相一致。每次执行新的交易计划单元前，先计算前一计划单元时长内标的成交量之和，然后与前一计划单元的计划交易量相比较，得到一个比率，这个比率就作为当前计划单元委托数量的动态调整比率。比率大于1则说明前一时段中标的实际成交量比预测成交量大，当前计划单元委托数量也作相应放大；比率小于1则说明前一时段中标的实际成交量比预测成交量小，当前计划单元委托数量也作相应缩小。

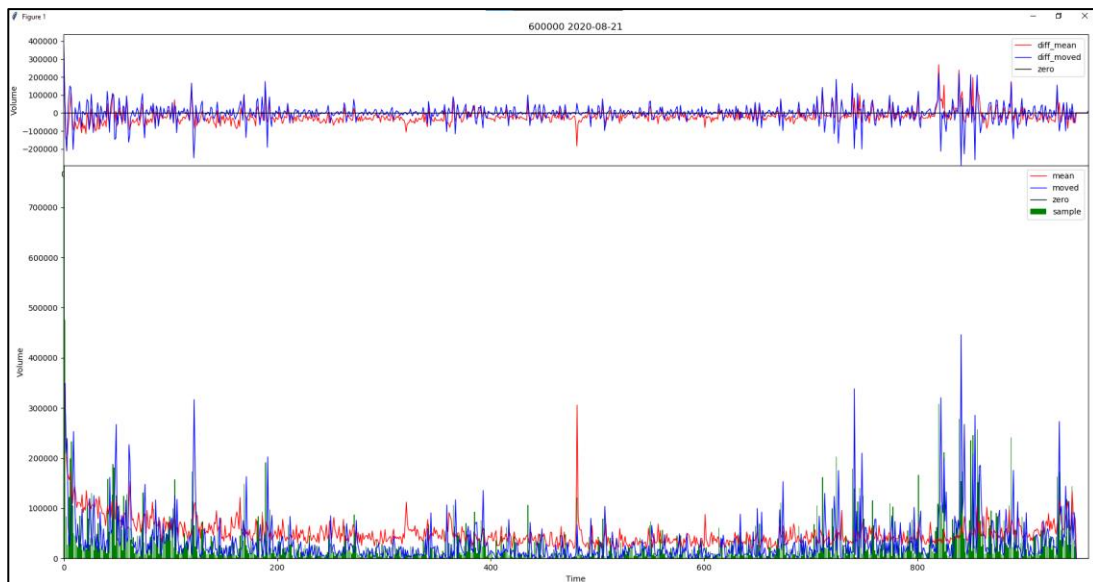


图 3.3.6 使用移动交易量动态调整委托数量

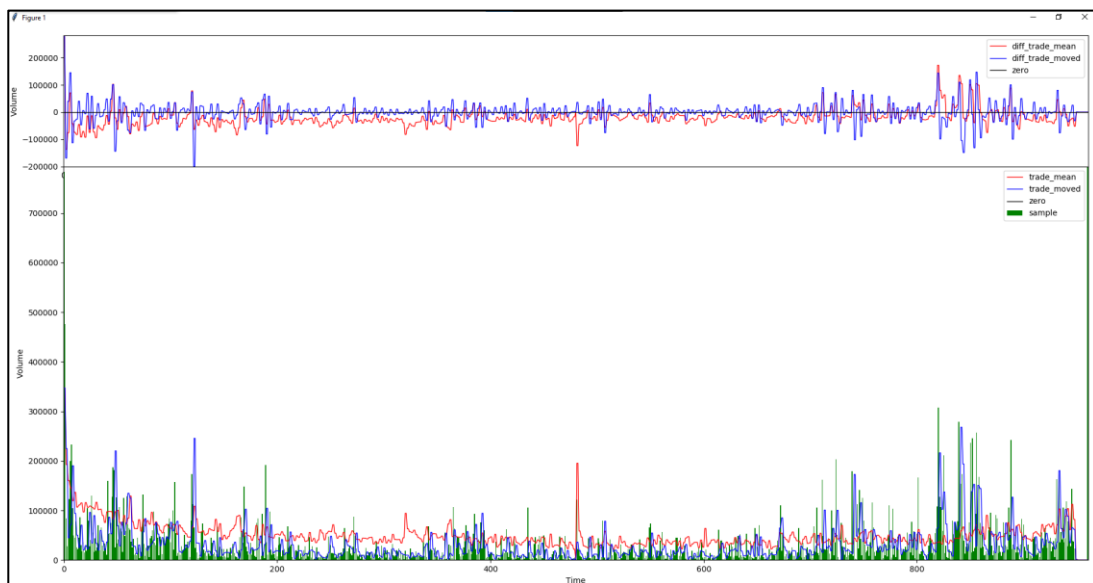


图 3.3.7 交易计划视角下的动态调整

这样就能根据市场实际情况动态调整委托数量，当然未来时段的成交量总归是无法预测的，根据已发生成交量进行调整，其滞后性不可避免，但对达成预设交易目标起到很大的作用。

3.3.6 决定委托价格

如果是计划单元首次下单，则需要先判断买卖趋势，决定委托价格是使用被动价还是对手价。如果已不是首次下单，则直接使用对手价成交。

就如低买高卖才能赚钱一样，要想价格上涨必须有足够的主动买单吃掉卖价上的挂单，要想价格下跌必须有足够的主动卖单吃掉买价上的挂单，都是市场硬道理，故买卖趋势判断方法如下：

将接收到的快照行情和逐笔成交缓存于交易标的委托对象的列表中，根据快照时间和成交时间，分别将两个快照间大于等于卖一价或小于等于买一价的主动成交数量之和除以前一快照五档卖方挂单或买方挂单数量之和，作为前一快照下的主买占比和主卖占比，同时累计该标的主买数量和主卖数量。

根据缓存的第一笔逐笔成交时间、最新一笔逐笔成交时间、上午下午交易时间段计算已接收行情时长。计划单元的委托数量减去已成交数量得到未成交数量。标的累计的主买数量或主卖数量除以行情时长再乘以计划单元交易时长（执行时长减去撤单预留）即为预测的计划单元交易时长内可能的主买量或主卖量。对于买入，如果该计划单元交易时长内主卖量可以吃掉已有买一挂单与一半计划单元委托数量之和，则为卖出强势；对于卖出，如果该计划单元交易时长内主买量可以吃掉已有卖一挂单与一半计划单元委托数量之和，则为买入强势。

上一步无有效结果，则取最近若干个快照累加其主买占比和主卖占比，主卖占比大于主买占比（超过若干比率）则卖出强势，主买占比大于主卖占比（超过若干比率）则买入强势。要是还没有有效结果，则取默认的买卖势均。

如果是买入，卖出强势取买一价被动等待成交，买入强势取卖一价主动立即成交；如果是卖出，卖出强势取买一价主动立即成交，买入强势取卖一价被动等待成交。即不管是买入还是卖出，卖出强势取买一价，买入强势取卖一价。买卖势均则取最新成交价。

如果买一卖一价差连续（价差大于最小价格变动单位），此时可以钻个空子。对于买入，就不用着急挂卖一价，而是虚设卖一价和最新价均为买一价加一个最小价格变动单位，如果此时买入强势则挂虚设的卖一价，买卖势均则挂虚设的最新价，卖出强势则挂实际的买一价；对于卖出，也不用着急挂买一价，而是虚设买一价和最新价均为卖一价减一个最小价格变动单位，如果此时卖出强势则挂虚设的买一价，买卖势均则挂虚设的最新价，买入强势则挂实际的卖一价。当然对于成交活跃急涨急跌价格变动剧烈的情况也可能会拖慢

成交，产生一些机会成本。

3.3.7 交易异常处理

在交易发生异常或用户提前终止时，尚未交易的计划单元（或原始委托）交易标识会被置为不做交易，正在交易的计划单元其交易撤单时间会被设为当前系统时间，尽快发起撤单操作。

启动交易时已经过时的计划单元不再交易。因为等待行情或资金导致系统时间超过计划单元交易结束时间的该计划单元不再交易。涨停跌停的标的不再交易。其他交易异常会终止该标的的所有交易。

3.4 算法交易

算法交易。

算法交易。

注释说明

<01>. 本小节所述方法均为自主原创，如需转载请务必联系作者并注明出处。

<02>.

<03>.

参考文献

[01].

[02].

[03].