

Project

Гординский Д.М.

Введение

Была поставлена задача разработать и протестировать стратегии управления ликвидностью на платформе Uniswap V3 с элементами адаптации под рыночные условия. В работе были исследованы подходы на основе классической τ -reset стратегии, модифицированной с учётом торговой активности и ценовой динамики.

Были разработаны и протестированы две стратегии: одна учитывает только торговый объём (*Volume-Adjusted τ -reset*), вторая – дополнительно адаптирует диапазон по волатильности и скорости изменения цены (*Volume-Volatility-Velocity τ -reset*).

Обе стратегии были протестированы на исторических данных и сопоставлены с базовой реализацией из библиотеки fractal-defi.

Volume-Adjusted τ -Reset Liquidity Strategy

Данная стратегия является модификацией классической τ -reset стратегии управления ликвидностью в Uniswap V3.

Цель

Адаптировать диапазон ликвидности под рыночную активность, снижая частоту выхода за границы диапазона при высокой активности и концентрируя ликвидность при низкой.

Параметры

Symbol	Название	Тип	Описание
τ	reset interval	int (в часах)	Интервал ребалансировки
δ_0	base delta	float	Базовая ширина диапазона
k	volume sensitivity	float	Коэффициент чувствительности диапазона к объёму
γ	fee	float	Комиссия пула Uniswap V3 (в долях)
W_0	initial capital	float	Начальный капитал в USDC
h	volume window	int	Длина окна (в часах) для усреднения объёма

Псевдокод

```

1 Initialization;
2  $t_0 \leftarrow$  initial time;
3  $P_0 \leftarrow$  price( $t_0$ );
4  $\bar{V}_0 \leftarrow$  initialize_volume_window( $h$ );
5  $\delta_0 \leftarrow$  base delta;
6  $W_0 \leftarrow$  initial capital;
7 Compute initial price range;
8  $P_{\text{lower}}^{(0)} \leftarrow P_0 \cdot (1 - \delta_0)$ ;
9  $P_{\text{upper}}^{(0)} \leftarrow P_0 \cdot (1 + \delta_0)$ ;
10  $L_0 \leftarrow \frac{W_0}{\sqrt{P_{\text{upper}}^{(0)}} - \sqrt{P_{\text{lower}}^{(0)}}}$ ;
11 Provide liquidity  $L_0$  in  $[P_{\text{lower}}^{(0)}, P_{\text{upper}}^{(0)}]$ ;
12 while strategy is active do
13     Wait  $\tau$  hours;
14      $t_k \leftarrow$  current time;
15     Withdraw  $L_{k-1}$ ;
16     Step 1: Range Adaptation;
17      $V_k \leftarrow$  volume( $t_k$ );
18      $\bar{V}_k \leftarrow \frac{1}{h} \sum_{i=k-h}^{k-1} \text{volume}(i)$ ;
19      $R_k \leftarrow \frac{V_k}{\bar{V}_k}$ ;
20      $\delta_k \leftarrow \delta_0 + k \cdot (R_k - 1)$ ;
21      $\delta_k \leftarrow \max(0.01, \min(0.2, \delta_k))$ ;
22     Step 2: Update Price Bounds;
23      $P_k \leftarrow$  price( $t_k$ );
24      $P_{\text{lower}}^{(k)} \leftarrow P_k \cdot (1 - \delta_k)$ ;
25      $P_{\text{upper}}^{(k)} \leftarrow P_k \cdot (1 + \delta_k)$ ;
26     Step 3: Calculate Impermanent Loss;
27      $P_{\text{prev}} \leftarrow$  price( $t_{k-1}$ );
28      $\text{IL} \leftarrow \frac{2\sqrt{P_k/P_{\text{prev}}}}{1 + P_k/P_{\text{prev}}} - 1$ ;
29     Step 4: Capital Adjustment;
30      $W_k \leftarrow W_{k-1} \cdot (1 + \text{IL}) \cdot (1 - \gamma)$ ;
31     Step 5: Liquidity Redistribution;
32      $L_k \leftarrow \frac{W_k}{\sqrt{P_{\text{upper}}^{(k)}} - \sqrt{P_{\text{lower}}^{(k)}}}$ ;
33     Provide liquidity  $L_k$  in  $[P_{\text{lower}}^{(k)}, P_{\text{upper}}^{(k)}]$ ;
34     State Update;
35      $t_{\text{last reset}} \leftarrow t_k$ ;

```

Отличие от классической τ -reset strategy

Компонент	VolumeAdjusted τ -reset	TauResetStrategy из fractal-defi
Δ (ширина диапазона)	динамическая: зависит от объёма	фиксированная
Основание для адаптации	Скользкий средний объём	Нет адаптации
IL (имперманентные потери)	Учитываются явно через формулу	Учитываются косвенно
Реакция на рынок	Гибкая, учитывает активность	Жёстко фиксированная

Ограничения

- Ликвидность считается пропорционально капиталу, упрощая реальные расчёты токенов A и B.
- Все средства всегда реинвестируются при ребалансировке.
- Цена пула извлекается как агрегированная (напр., из Binance или TWAP Uniswap).
- Объём измеряется в USD-эквиваленте и сравнивается по rolling window.
- Нет исполнения частичных выводов или дельта-хеджирования.

Volume-Volatility Adjusted τ -reset strategy

Идея:

Адаптируем ширину диапазона Δ по двум факторам:

- **Объём** (V) – как и раньше;
- **Волатильность** (σ) – стандартное отклонение цен за окно.

Ширина диапазона рассчитывается как:

$$\delta_t = \delta_0 + k_v \cdot \left(\frac{V_t}{\bar{V}_t} - 1 \right) + k_\sigma \cdot \left(\frac{\sigma_t}{\bar{\sigma}_t} - 1 \right)$$

Псевдокод

```

1 Initialization;
2  $t_0 \leftarrow$  initial time;
3  $P_0 \leftarrow$  price( $t_0$ );
4  $\bar{V}_0 \leftarrow$  initialize_volume_window( $W$ );
5  $\bar{\sigma}_0 \leftarrow$  initialize_volatility_window( $W$ );
6  $\delta_0 \leftarrow$  base delta;
7  $W_0 \leftarrow$  initial capital;
8 Compute initial range;;
9  $P_{\text{lower}}^{(0)} \leftarrow P_0(1 - \delta_0)$ ;
10  $P_{\text{upper}}^{(0)} \leftarrow P_0(1 + \delta_0)$ ;
11  $L_0 \leftarrow \frac{W_0}{\sqrt{P_{\text{upper}}^{(0)}} - \sqrt{P_{\text{lower}}^{(0)}}}$ ;
12 Provide liquidity  $L_0$  in  $[P_{\text{lower}}^{(0)}, P_{\text{upper}}^{(0)}]$ ;
13 while strategy active do
14     Wait  $\tau$  hours;
15      $t_k \leftarrow$  current time;
16     Withdraw  $L_{k-1}$ ;
17     Step 1: Dual-Factor Adaptation;
18      $V_k \leftarrow$  volume( $t_k$ );
19      $\bar{V}_k \leftarrow$  mean( $V_{k-W:k}$ );
20      $\sigma_{\text{long}} \leftarrow$  std( $P_{k-W:k}$ );
21      $\sigma_{\text{short}} \leftarrow$  std( $P_{k-5:k}$ );
22      $R_{\text{vol}} \leftarrow V_k / \bar{V}_k$ ;
23      $R_{\sigma} \leftarrow \sigma_{\text{short}} / \sigma_{\text{long}}$ ;
24      $\delta_k \leftarrow \delta_0 + K_V(R_{\text{vol}} - 1) + K_{\sigma}(R_{\sigma} - 1)$ ;
25      $\delta_k \leftarrow$  clip( $\delta_k, 0.01, 0.2$ );
26     Step 2: Update Price Bounds;
27      $P_k \leftarrow$  price( $t_k$ );
28      $P_{\text{lower}}^{(k)} \leftarrow P_k(1 - \delta_k)$ ;
29      $P_{\text{upper}}^{(k)} \leftarrow P_k(1 + \delta_k)$ ;
30     Step 3: Calculate Impermanent Loss;
31     if  $P_{\text{prev}}$  exists then
32          $\text{IL} \leftarrow \frac{2\sqrt{P_k/P_{\text{prev}}}}{1 + P_k/P_{\text{prev}}} - 1$ ;
33          $W_k \leftarrow W_{k-1}(1 + \text{IL})$ ;
34     Step 4: Fee Deduction;
35      $W_k \leftarrow W_k(1 - \gamma)$ ;
36     Step 5: Liquidity Redistribution;
37      $L_k \leftarrow \frac{W_k}{\sqrt{P_{\text{upper}}^{(k)}} - \sqrt{P_{\text{lower}}^{(k)}}}$ ;
38     Provide  $L_k$  in  $[P_{\text{lower}}^{(k)}, P_{\text{upper}}^{(k)}]$ ;
39     State Update;
40      $t_{\text{last reset}} \leftarrow t_k$ ;
41      $P_{\text{prev}} \leftarrow P_k$ ;

```

Попытки улучшений

- Динамический интервал ребалансировки (τ)

Вместо фиксированного τ , использовался динамический, зависящий от текущей волатильности. При повышенной волатильности стратегия снижает частоту ребалансировок, уменьшая издержки на комиссии.

$$\tau_{\text{dynamic}} = \frac{\tau}{1 + \alpha \cdot \frac{\sigma_{\text{short}}}{\bar{\sigma}}}$$

где σ_{short} – краткосрочная волатильность, $\bar{\sigma}$ – ЕМА-долгосрочная.

- Velocity-адаптация

Введён показатель *velocity* – относительное изменение цены на последнем шаге. Он позволил реагировать на быструю динамику рынка:

$$\text{velocity} = \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1$$

Этот фактор использовался при расчёте диапазона δ_t вместе с логарифмически нормализованными метриками объема и волатильности:

$$\delta_t = \delta_0 \cdot (1 + w_v \cdot \log(1 + R_v) + w_\sigma \cdot \log(1 + R_\sigma) + w_{\text{vel}} \cdot \text{velocity})$$

- Тренд-фильтрация и сдвиг диапазона

Использовался тренд-фильтр, основанный на z-отклонении текущей цены от скользящего среднего, для сдвига диапазона ликвидности в сторону преобладающего направления:

$$\text{skew} = 0.5 + \beta \cdot \text{trend}$$

где $\text{trend} = \frac{P_t - \text{MA}(P)}{P_t}$. При восходящем тренде диапазон смещался вверх, концентрируя ликвидность ближе к вероятной будущей цене.

- Confidence-driven доля ликвидности

Была введена метрика *confidence* – на основе объема, волатильности и *velocity*, пропущенных через сигмоиду. Она управляла долей капитала, пущенного в ликвидность:

$$\text{confidence} = \sigma(\log(R_v) + \log(R_\sigma) + \text{velocity})$$

$$\text{LP fraction} = 0.1 + 0.4 \cdot \text{confidence}$$

Также были протестированы:

- Momentum-фильтр (блокировка при сильных рывках цены)
- Отклонение от скользящей средней (фильтрация аномальных движений)

Да, они показали в среднем улучшение стабильности модели, но сами по себе принесли только “убыток” в метриках.

Графики

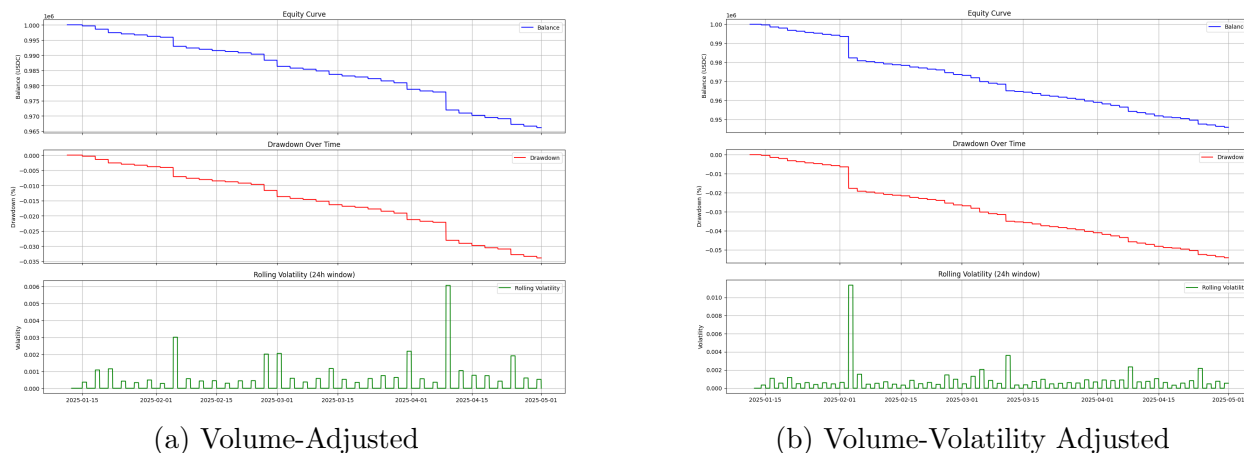


Figure 1: Метрики стратегий

Вывод

Обе стратегии демонстрировали адаптивную реакцию на рыночную активность, перераспределяя ликвидность в зависимости от объема торгов и волатильности цены. Однако, как показал бэктест на реальных данных за годовой период, усложнение модели не всегда приводит к улучшению результатов.

Volume-Adjusted стратегия, основанная только на объеме, показала наилучший баланс между стабильностью и интерпретируемостью. Она уступает в абсолютной доходности, но имеет меньшие просадки и наилучший Sharpe среди протестированных моделей.

С другой стороны, Volume-Volatility-Velocity стратегия, хотя и включает более сложную адаптацию (velocity-фильтры, confidence-метрики, динамический τ), не показала устойчивого превосходства по ключевым метрикам. Вероятно, чрезмерная чувствительность к шуму и высокая частота ребалансировки в условиях нестабильного рынка привели к излишним комиссиям и ухудшению итогового баланса.

Стратегия	PnL (%)	Sharpe	Max Drawdown (%)
Base τ-reset (fractal)	-6.99	-1.33	17.39
Volume-Adjusted τ-reset	-1.46	-0.20	1.64
Volume-Volatility-Velocity τ-reset	\sim -1.8	\sim -0.30	\sim 2.1

References

1. <https://arxiv.org/abs/2106.12033>
2. <https://logarithm-labs.gitbook.io/fractal>